



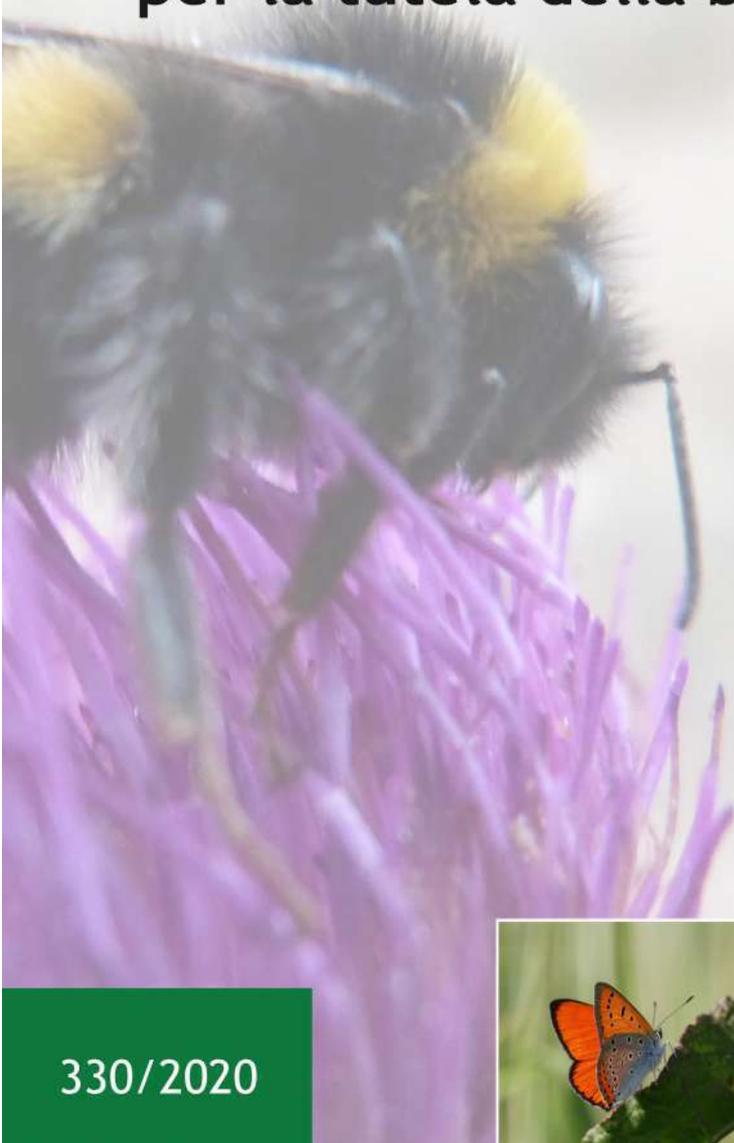
ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



**Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente**

La sperimentazione dell'efficacia delle Misure del Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN) per la tutela della biodiversità



330/2020

RAPPORTI

La sperimentazione dell'efficacia delle Misure del Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN) per la tutela della biodiversità

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema **Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente** (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Rapporti 330/2020

ISBN 978-88-448-1029-0

Citazione consigliata:

D'Antoni S., Bonelli S., Gori M., Macchio S., Maggi C., Nazzini L., Onorati F., Rivella E., Vercelli M., 2020. La sperimentazione dell'efficacia delle Misure del Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN) per la tutela della biodiversità. ISPRA, Serie Rapporti, 330/2020

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Elena Porrazzo

Foto di copertina: V. Ferri, O. Profili, E. Rivella, M. Stocchi, M. Vercelli,

ISPRA – Area Comunicazione

Coordinamento tipografico:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Stampato da: Tipografia Facciotti S.n.c. – Vicolo Pian due Torri n. 74 – 00146 Roma

Finito di stampare nel mese di dicembre 2020

Volume a cura di:

Susanna D'Antoni¹, Simona Bonelli², Michela Gori¹, Stefano Macchio¹, Chiara Maggi¹, Luisa Nazzini¹, Fulvio Onorati¹, Enrico Rivella³, Monica Vercelli⁴

¹ *Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*

² *Università degli Studi di Torino – DBIOS*

³ *ARPA Piemonte*

⁴ *Università degli Studi di Torino – DISAFA*

Autori

ISPRA: Susanna D'Antoni, Valter Bellucci, Maria Teresa Berducci, Serena Bernabei, Pietro Massimiliano Bianco, Barbara Catalano, Dania Esposito, Michela Gori, Marilena Insolubile, Carlo Jacomini, Stefano Macchio, Chiara Maggi, Stefania Mandrone, Isabel Mercatali, Ginevra Moltedo, Riccardo Nardelli, Luisa Nazzini, Fulvio Onorati, Andrea Paina, Silvia Properzi, Giulia Romanelli, Giulio Sesta, Andrea Tornambé, Chiara Vicini, Giorgio Vizzini. Giuliano Marconcini (Tirocinio ISPRA - Università degli Studi di Roma La Sapienza). **ARPA Piemonte:** Enrico Rivella, Mauro Camino, Lucia Pompilio. **Università degli Studi di Torino:** Simona Bonelli, Monica Vercelli Michela Audisio, Daniele Seglie, Roberto Toffoli, Giovanni Soldato, Francesca Barbero. **Università degli Studi di Roma 2 Tor Vergata:** Marco Mattocchia, Stefano De Felici, Vincenzo Ferri, Jacopo Lorusso. **Università degli Studi Roma 3:** Leonardo Vignoli Giulia Simbula. **SIN/AGEA:** Carlo Del Lungo, Marco Magnanimi, Davide Rizzi, Paolo Tosi.

Revisori

ISPRA: Susanna D'Antoni, Michela Gori, Carlo Jacomini, Chiara Maggi, Stefania Mandrone, Stefano Macchio, Ginevra Moltedo, Luisa Nazzini, Fulvio Onorati, Silvia Properzi. **ARPA Piemonte:** Enrico Rivella; **Università degli Studi di Torino:** Simona Bonelli, Monica Vercelli,

Collaboratori:

ISPRA: Marina Amici, Federico Araneo, Rosanna Augello, Fabio Baiocco, Eugenia Bartolucci, Vanessa Bellaria, Nicoletta Calace, Michele Catalano, Gianluca Chiaretti, Giuseppina Ciuffa, Andrea Colasanti, Antonella Cozzolino, Manuela Dattolo, Olga Faraponova, Francesca Floccia, Michele Fratini, Andrea Giovannini, Maurizio Guerra, Valerio Fabrizi, Piera Innocenzi, Anna Lauria, Lucia Cecilia Lorusso, Stefano Lucci, Lorenzo Lusco, Cristina Martone, Luigi Marangio, Giacomo Martuccio, Gianluca Maschio, Paolo Censi Neri, Tiziana Pacione, Alessandra Pati, Valentina Perini, Monica Potalivo, Roberta Parravano, Elisa Raso, Silvia Rosamilia, Flavia Saccomandi, Ursino Stefano. *Per Reporting Direttiva Habitat:* Pierangela Angelini, Laura Casella, Alessandra Grignetti. **ARPA Piemonte:** Maurizio Battezzatore, Andrea Bertola, Bruna Buttiglione, Monica Chiusolo, Lorenzo Giordano, Andrea Giovannini, Nicoletta Pepe. **Università degli studi di Torino:** Giada Lentini, Luca Anselmo, Marta Depetris, Cristina Lemno, Luca Bresciani, Germano Andrea Nurisso, Elena Piano, Giovanni Andricciola. **Università degli Studi di Roma 2 Tor Vergata:** Lorenzo Talarico, Alessandra Ventura, Marco Ciambotta, Ilaria Grossi, Daniele Druella, Roberta Castrignano, Sanja Jelena Gargano, Domenico Veroli. **ARPA Lazio:** Angiolo Martinelli, Luca Amendola, Donatella Franchi, Maurizio Guidotti, Malgorzata Owczarek.

Ringraziamenti:

Si ringrazia il Dirigente dott. Carlo Zagli, DG-PNA del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare per aver finanziato il progetto e la referente della Convenzione con ISPRA, dott.ssa Laura Pettiti, per aver contribuito alla sua definizione e realizzazione; il Direttore del Dipartimento per il Monitoraggio e la Tutela dell'Ambiente e per la Conservazione della Biodiversità Ing. Luciano Bonci; il Centro nazionale per la rete nazionale dei laboratori di ISPRA, con particolare riferimento alle Aree Biologia, Chimica, Ecotossicologia, Fisica geologia, geotecnica per l'importante collaborazione svolta. Un ringraziamento particolare va a tutte le aziende che hanno permesso di effettuare i campionamenti nei loro campi, rendendosi disponibili a fornire i dati relativi alle loro pratiche agronomiche e agli apicoltori che hanno messo a disposizione i loro alveari per la sperimentazione.

INDICE

PREMESSA	6
PREMESSA	7
INTRODUZIONE	8
1. L'AGRICOLTURA NELLE AREE PROTETTE E NEI SITI NATURA 2000 E LE MISURE DEL PAN PER LA BIODIVERSITÀ	10
1.1 Le specie e gli habitat sensibili ai prodotti fitosanitari	11
1.2 L'agricoltura biologica nella Rete Natura 2000 e nelle aree protette	29
1.2.1 <i>Dati di base e metodi</i>	29
1.2.2 <i>Risultati</i>	30
1.2.3 <i>Conclusioni</i>	35
1.3 Il PAN e le Misure delle Linee guida per la tutela degli ecosistemi acquatici e la biodiversità nelle aree protette e nei Siti Natura 2000	35
1.4 Stato di attuazione delle misure nel PAN per la tutela di habitat e specie a livello Regionale e di Province autonome	37
1.5 La mortalità delle api da miele causata dall'uso dei prodotti fitosanitari	41
2. LE COLTURE E LE AREE DI STUDIO SELEZIONATE PER LE INDAGINI	45
2.1 Scelta dei coltivi, criteri e modalità di selezione delle aziende	45
2.2 Le aree di studio in Piemonte	47
2.2.1 <i>Caratteristiche ambientali e agricole delle aree in cui sono presenti le aziende</i>	47
2.2.2 <i>Residui dei prodotti fitosanitari rilevati nelle acque superficiali e sotterranee dell'area risicola</i>	55
2.2.3 <i>Residui dei prodotti fitosanitari rilevati nelle acque superficiali e sotterranee dell'area viticola</i>	59
2.2.4 <i>Stato di qualità dei corpi idrici dell'area di studio risicola e viticola secondo la DQA</i> ... 65	
2.3 Le aree di studio nel Lazio	68
2.3.1 <i>Caratteristiche ambientali e agricole delle aree in cui sono presenti le aziende</i>	68
2.3.2 <i>Residui dei prodotti fitosanitari rilevati nelle acque superficiali e sotterranee dell'area del viterbese</i>	76
2.3.3 <i>Residui dei prodotti fitosanitari rilevati nelle acque superficiali e sotterranee dell'area reatina</i>	77
2.3.4 <i>Stato di qualità dei corpi idrici dell'area di studio nelle province di Viterbo, Rieti e Roma secondo la DQA</i>	78
3. METODI	82
3.1 Covariate considerate per la comparazione delle aziende	82
3.2 Valutazione dei prodotti fitosanitari utilizzati dalle aziende in base alla Misura n. 13 83	
3.3 Bioindicatori considerati per la verifica dell'efficacia delle misure del PAN	85
3.3.1 <i>Flora e vegetazione</i>	85
3.3.2 <i>Pedofauna</i>	86
3.3.3 <i>Artropodi del suolo</i>	86
3.3.4 <i>Odonati</i>	87
3.3.5 <i>Lepidotteri</i>	88
3.3.6 <i>Apoidei</i>	89
3.3.7 <i>Anfibi</i>	91

3.3.8	<i>Rettili</i>	91
3.3.9	<i>Chiroterri</i>	92
3.4	Campionamento della flora e della vegetazione e censimento delle specie in fioritura utili agli insetti impollinatori	93
3.4.1	<i>Campionamenti quantitativi</i>	95
3.4.2	<i>Censimento delle specie in fioritura utili agli insetti impollinatori</i>	95
3.5	Campionamento della pedofauna e indice QBS-ar	96
3.5.1	<i>Campionamento</i>	97
3.5.2	<i>Estrazione e conservazione dei microartropodi</i>	97
3.6	Campionamento degli artropodi del suolo	99
3.7	Campionamento degli Odonati	99
3.8	Campionamento dei Lepidotteri	100
3.9	Campionamento degli Apoidei	101
3.10	Campionamento degli Anfibi	103
3.10.1	<i>Diversità erpetologica</i>	103
3.10.2	<i>Salute della popolazione di <i>Pelophylax lessonae-esculentus</i> cpx.</i>	103
3.11	Campionamento dei Rettili	104
3.12	Campionamento dei Chiroterri	104
3.13	Campionamento del suolo per analisi granulometriche	106
3.14	Campionamento per analisi chimiche ed ecotossicologiche	108
3.14.1	<i>Suolo</i>	108
3.14.2	<i>Acque</i>	109
3.15	Analisi granulometriche dei suoli	109
3.15.1	<i>Il contenuto d'acqua naturale</i>	110
3.15.2	<i>Analisi granulometrica per setacciatura ed aerometria</i>	110
3.15.3	<i>Peso dell'unità di volume della parte solida, peso di volume naturale e porosità</i>	111
3.16	Analisi chimiche nel suolo e delle acque	111
3.16.1	<i>Suolo</i>	111
3.16.2	<i>Acque</i>	112
3.17	Analisi ecotossicologiche del suolo e delle acque	112
3.17.1	<i>Metodo per la valutazione dell'indice ecotossicologico</i>	115
3.17.2	<i>Analisi statistica dei dati chimici ed ecotossicologici</i>	118
3.18	Analisi statistica e integrata dei dati	118
3.18.1	<i>Riduzione delle covariate</i>	119
3.18.2	<i>Relazioni bioindicatori – variabili ambientali</i>	120
4	RISULTATI RISAIE	122
4.1	Tipologia dei trattamenti fitosanitari e compatibilità con la Misura n. 13	122
4.2	Rischi potenziali per flora e fauna associati all'uso dei prodotti fitosanitari	125
4.3	Risultati delle Analisi granulometriche dei suoli	126
4.4	Risultati Analisi chimiche nei suoli e nelle acque	128
4.5	Risultati Analisi ecotossicologiche nei suoli e nelle acque	131
4.5.1	<i>Indice integrato di valutazione del pericolo ecotossicologico</i>	133

4.6	Comunità floristiche e della vegetazione, presenza di specie in fioritura utili agli insetti impollinatori	138
4.7	Pedofauna e Indice QBS	144
4.8	Odonati.....	147
4.9	Lepidotteri.....	150
4.10	Apoidei.....	153
4.11	Anfibi.....	158
4.11.1	<i>Diversità batracologica.....</i>	<i>158</i>
4.11.2	<i>Salute delle popolazioni di rane verdi.....</i>	<i>158</i>
4.12	Chiroteri.....	161
4.13	Indicazioni per pratiche agricole compatibili con la conservazione della biodiversità	164
5.	VIGNETI	168
5.1	Tipologia dei trattamenti fitosanitari e compatibilità con la Misura n. 13	168
5.2	Rischi potenziali per flora e fauna associati all'uso dei prodotti fitosanitari utilizzati	176
5.3	Analisi granulometriche dei suoli.....	177
5.4	Analisi chimiche nei suoli.....	180
5.5	Analisi ecotossicologiche nei suoli	181
5.5.1	<i>Indice integrato di valutazione del pericolo ecotossicologico</i>	<i>182</i>
5.5.2	<i>Analisi statistica dei dati chimico-ecotossicologici.....</i>	<i>183</i>
5.6	Comunità floristiche e della vegetazione, presenza di specie in fioritura utili agli insetti impollinatori	184
5.7	Pedofauna e Indice QBS	189
5.8	Lepidotteri.....	194
5.9	Apoidei.....	197
5.10	Chiroteri.....	201
5.11	Indicazioni per pratiche agricole compatibili con la conservazione della biodiversità	204
6.	NOCCIOLETI.....	209
6.1	Tipologia dei trattamenti fitosanitari e compatibilità con la Misura n. 13	209
6.2	Rischi potenziali per flora e fauna associati all'uso dei prodotti fitosanitari utilizzati	211
6.3	Analisi granulometriche dei suoli.....	213
6.4	Analisi chimiche nei suoli.....	218
6.5	Analisi ecotossicologiche nei suoli	220
6.5.1	<i>Indice integrato di valutazione del pericolo ecotossicologico</i>	<i>221</i>
6.5.2	<i>Analisi statistica dei dati chimico-ecotossicologici.....</i>	<i>222</i>
6.6	Comunità floristiche e della vegetazione, presenza di specie in fioritura utili agli insetti impollinatori	223
6.7	Pedofauna e Indice QBS	229
6.7.1	<i>Risultati 2015 – 2016</i>	<i>229</i>
6.7.2	<i>Risultati 2018 – 2019</i>	<i>230</i>
6.8	Artropodi del suolo.....	233
6.8.1	<i>Biennio 2015-2016</i>	<i>233</i>
6.8.2	<i>Biennio 2018-2019</i>	<i>235</i>
6.8.3	<i>Considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca</i>	<i>237</i>

6.8.4	Approfondimento sui Carabidi: biennio 2015-2016	237
6.8.5	Approfondimento sui Carabidi: biennio 2018-2019	239
6.8.6	Approfondimento sui Carabidi: considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca	241
6.9	Lepidotteri.....	242
6.9.1	Biennio 2015-2016	242
6.9.2	Biennio 2018-2019	244
6.9.3	Considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca	247
6.10	Apoidei.....	248
6.10.1	Biennio 2015-2016	248
6.10.2	Biennio 2018-2019	249
6.10.3	Considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca	251
6.11	Rettili	251
6.11.1	Anno 2016.....	251
6.11.2	Biennio 2018-2019	252
6.11.3	Considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca	253
6.12	Chirotter.....	253
6.12.1	Biennio 2015-2016	253
6.12.2	Biennio 2018-2019	256
6.12.3	Considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca	258
6.13	Indicazioni per pratiche agricole compatibili con conservazione biodiversità	258
7.	SEMINATIVI	264
7.1	Tipologia dei trattamenti fitosanitari e compatibilità con la Misura n. 13	264
7.2	Rischi potenziali per flora e fauna associati all'uso dei prodotti fitosanitari utilizzati.....	267
7.3	Analisi chimiche dei residui di PF nei suoli e delle acque.....	267
7.4	Analisi ecotossicologiche nei suoli e nelle acque.	269
7.5	Analisi granulometriche dei suoli.....	270
7.6	Indicazioni per pratiche agricole compatibili con conservazione biodiversità	271
8	RISULTATI ANALISI CANONICA DELLE CORRISPONDENZE (CCA).....	276
8.1	Risaie	276
8.1.1	Pedofauna.....	276
8.1.2	Lepidotteri	277
8.1.3	Chirotter.....	279
8.1.4	Odonati.....	280
8.1.5	Flora.....	282
8.2	Vigneti	283
8.2.1	Pedofauna.....	284
8.2.2	Lepidotteri	285
8.2.3	Chirotter.....	287
8.2.4	Flora.....	288
8.3	NOCCIOLETI.....	290
8.3.1	Pedofauna.....	290
8.3.2	Artropodi	292

8.3.3	<i>Carabidi</i>	293
8.3.4	<i>Chiropteri</i>	295
8.4	CONCLUSIONI	296
9.	ALTRE TIPOLOGIE DI INDICATORI E DI ANALISI SPERIMENTATI	297
9.1	Residui prodotti fitosanitari sulla vegetazione	297
9.1.1	<i>Metodi</i>	297
9.1.2	<i>Risultati</i>	298
9.1.3	<i>Conclusioni</i>	298
9.2	Residui di prodotti fitosanitari nel polline raccolto dalle api da miele	299
9.2.1	<i>Metodi</i>	299
9.2.2	<i>Risultati</i>	300
9.2.3	<i>Conclusioni</i>	302
9.3	Analisi dei biomarker su <i>Podarcis siculus</i>	304
9.3.1	<i>Metodi</i>	304
9.3.2	<i>Risultati e conclusioni</i>	305
9.4	Il campionamento degli uccelli nelle risaie	307
9.4.1	<i>Metodi</i>	308
9.4.2	<i>Risultati e conclusioni</i>	308
10.	CONCLUSIONI	311
10.1	Valutazione dell'efficacia dei bioindicatori e degli indici proposti per il monitoraggio degli effetti dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità	311
10.1.1	<i>Risaie</i>	311
10.1.2	<i>Vigneti</i>	313
10.1.3	<i>Noccioleti</i>	315
10.1.4	<i>Valutazione complessiva dei bioindicatori considerati</i>	318
10.2	Valutazione dell'efficacia delle misure del PAN per la conservazione della biodiversità nelle aree protette e nei siti Natura 2000	320
10.3	Conclusioni generali	322
BIBLIOGRAFIA		325
	Metodi e Standard Internazionali	341
	Riferimenti normativi	342
	Sitografia	343
ALLEGATO I		345
ALLEGATO II. TABELLE SUI RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE		353
	Allegati al Capitolo 4 - Risultati analisi chimiche ed ecotossicologiche risaie	353
	Allegati al Capitolo 5 - Risultati analisi chimiche ed ecotossicologiche vigneti	373
	Allegati al Capitolo 6 - Risultati analisi chimiche ed ecotossicologiche noccioleti	379
	Allegati al Capitolo 7 - Risultati analisi ecotossicologiche seminativi	388

PREMESSA

Questo Rapporto ha una rilevanza particolare, nell'ambito delle iniziative che questa Direzione ha messo in campo negli ultimi anni sullo stato di conservazione di habitat e specie, perché conclude una fase di studio sugli ecosistemi attualmente più a rischio legati alle attività agricole.

Si tratta di uno studio iniziato tra il 2014 e il 2015, con il primo rapporto ISPRA sulla Valutazione del rischio potenziale dei prodotti fitosanitari nelle aree natura 2000, che ha permesso di approfondire gradualmente le conoscenze relative agli effetti sulla biodiversità delle sostanze attive presenti nei prodotti fitosanitari utilizzati in agricoltura.

Queste conoscenze favoriscono la definizione delle misure, attuate nell'ambito del Piano d'azione nazionale (PAN) per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, finalizzate a mitigare gli impatti negativi dei prodotti fitosanitari sulla conservazione di habitat e specie.

Il recente rapporto pubblicato dalla Commissione Europea sullo Stato della natura nell'Unione Europea - COM(2020) 635 – predisposto sulla base dei risultati presentati dall'Agenzia Europea per l'Ambiente¹, conferma che le pressioni segnalate con maggiore frequenza sia per gli habitat che per le specie derivino proprio dai sistemi agricoli intensivi, che hanno sostituito nel corso degli ultimi 50 anni le pratiche agricole proprie dell'agricoltura estensiva.

Rispetto al 2015, la valutazione degli habitat evidenzia un peggioramento generale dello stato di conservazione: le valutazioni di stato buono sono scese dal 14 % al 12 %, mentre quelle di stato cattivo sono aumentate dal 39 % al 45 % e solo l'8% degli habitat agricoli mostra una tendenza in miglioramento.

Particolarmente importante è la congiuntura in cui questo rapporto vede la luce: la comunità amministrativa, la comunità scientifica e buona parte dell'opinione pubblica sono sempre più consapevoli della necessità di affrontare in modo ambizioso ed efficace la questione della perdita di biodiversità che, insieme ai cambiamenti climatici, rappresenta una delle sfide ambientali più importanti a livello globale.

La nuova Strategia dell'UE sulla biodiversità al 2030, la Strategia “Farm to fork” e la riforma della PAC post 2020 rappresentano i prossimi passaggi chiave per “invertire la rotta”, sia a livello di Unione Europea sia a livello internazionale nel quadro dei negoziati che si svolgeranno nel 2021 sui temi della biodiversità e dei cambiamenti climatici.

Il Ministero dell'ambiente e l'ISPRA, sulla base di una costante attività di valutazione basata su dati scientifici affidabili, intendono portare avanti il confronto con gli attori istituzionali e i portatori di interessi, con l'obiettivo di individuare soluzioni e mezzi capaci di accelerare quella transizione ecologica che appare sempre più urgente e ineludibile.

Questo Rapporto è un tassello importante nella direzione auspicata e grazie al lavoro svolto dagli esperti dell'ISPRA, che hanno saputo costruire un confronto proficuo con gli altri istituti di ricerca coinvolti, gli enti territoriali e, non ultime, le aziende agricole che hanno partecipato al progetto, potrà contribuire allo sviluppo di un modello di agricoltura sostenibile basata, proprio, sulla ricchezza di habitat e specie.

Dott. Carlo Zaghi

Direttore della Direzione Generale per il patrimonio naturalistico
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

¹ *State of nature in the EU — results from reporting under the nature directives 2013-2018*, Agenzia europea dell'ambiente, disponibile unitamente ad ulteriori materiali online, tra cui sintesi per Stato membro, all'indirizzo: <https://www.eea.europa.eu/themes/biodiversity/state-of-nature-in-the-eu/state-of-nature-2020>
https://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/rep_habitats/index_en.htm

PREMESSA

ISPRA svolge un'ampia gamma di attività a supporto di Ministeri dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali (MIPAAF), in alcuni casi in collaborazione con altri enti di ricerca e Università, sul tema dell'agricoltura sostenibile, dei prodotti fitosanitari, dei nitrati, della sostenibilità dei sistemi alimentari, dell'acquacoltura e contribuisce ai tavoli del MIPAAF sulla nuova PAC post 2020.

Il progetto per la sperimentazione delle Misure del Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN) volte alla tutela della biodiversità in particolare nei Siti Natura 2000 e nelle aree naturali protette, rientra fra le attività svolte da ISPRA a supporto del MATTM per l'attuazione del PAN e per la sua revisione (in corso). Fra queste, si cita la pubblicazione annuale dei risultati del monitoraggio dei prodotti fitosanitari nelle acque superficiali e sotterranee, forniti dalle ARPA e dalle Regioni. Inoltre ISPRA predispose i documenti di indirizzo per la programmazione del monitoraggio dei prodotti fitosanitari nelle acque, coordina il popolamento della banca dati sugli indicatori del PAN Fitosanitari (stabiliti dal Decreto interministeriale del 15 luglio 2015), garantendo l'aggiornamento di tali indicatori sul sito di ISPRA (<https://indicatori-pan-fitosanitari.isprambiente.it/>). Quest'ultima attività è svolta in stretta collaborazione con i tre ministeri competenti (i Ministeri dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, e della Salute), con l'ISTAT, ISS e CREA.

Questo progetto è stato preceduto da un altro, sempre finanziato dal MATTM nel 2014, che ha permesso di definire, su base teorica, il pericolo derivante dall'uso dei prodotti fitosanitari sulle specie e gli habitat tutelati dalle Direttive Habitat e Uccelli e di fornire un contributo conoscitivo utile a definire le misure per l'uso dei prodotti fitosanitari nelle aree protette e nei siti Natura 2000 del primo PAN fitofarmaci del 2014, in linea con quanto previsto dalla Direttiva europea 2009/128/CE.

L'attività di ricerca degli effetti dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità è stata accompagnata nel 2017, sempre per conto del MATTM, da un progetto finalizzato a conoscere sia lo stato di attuazione del PAN nelle Zone Ramsar, sia a comprendere le criticità delle aziende per la sua attuazione, sia a valutare i servizi ecosistemici legati al ciclo dell'acqua (in collaborazione con l'Università di Urbino e il CREN s. c. a. r. l.), in relazione al diverso uso di prodotti fitosanitari.

Fra i servizi ecosistemici essenziali per l'agricoltura e per l'uomo, ricordiamo quello dell'impollinazione, minacciato anche dall'uso dei prodotti fitosanitari. Tale servizio, è fondamentale per la sicurezza alimentare del Pianeta, essendo circa il 70% delle specie d'interesse agrario, dipendenti dall'impollinazione per resa e qualità del raccolto, e presenta con un valore economico stimato pari a circa 2 miliardi di euro l'anno (Terzo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia, Comitato Capitale Naturale, 2019).

Per contribuire all'attuazione dell'Iniziativa europea sugli impollinatori (COM/2018/395), ISPRA sta fornendo supporto tecnico ai Parchi Nazionali per l'attuazione delle Direttive del Ministro dell'Ambiente (2019, 2020) per la tutela degli impollinatori, che prevedono anche l'attuazione delle misure del PAN ed il monitoraggio degli impollinatori secondo le metodologie indicate da ISPRA, definite nell'ambito di questo progetto, e in linea con quelle proposte a livello europeo. Tali metodi che sono stati sperimentati nel corso dello studio, sono stati definiti e applicati con il supporto sostanziale di ARPA Piemonte e Lazio e delle Università di Torino e di Roma Tor Vergata che hanno collaborato al progetto di sperimentazione delle misure del PAN per la biodiversità.

Attraverso questo progetto sono state attivate delle positive collaborazioni anche con altri enti fra cui l'AGEA, con cui è in atto una convenzione da alcuni anni, per la definizione della distribuzione delle aree agricole gestite con il metodo biologico a livello nazionale, e con l'Università di Roma Tre per un'analisi con biomarker degli effetti dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità svolta insieme a Centro nazionale della rete dei laboratori di ISPRA.

Il progetto di cui vengono presentati i risultati in questo Rapporto ha come risultato finale anche quello di proporre delle misure per diminuire gli impatti dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità e degli indicatori e dei metodi di monitoraggio per la valutazione degli effetti di tali prodotti sulle specie e habitat di interesse comunitario e sugli impollinatori. Sulla base di tali proposte ci auguriamo che si possa aprire un confronto con il sistema SNPA, con le Regioni e gli enti parco per poter applicare tali metodologie così da estendere la sperimentazione dell'efficacia delle misure del PAN per la Biodiversità in altri contesti territoriali e su altre colture.

Ing. Luciano Bonci
Direttore del Dipartimento per il monitoraggio e la tutela ambiente
e per la conservazione della biodiversità.
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

INTRODUZIONE

Molti studi a livello internazionale hanno messo in evidenza che i prodotti fitosanitari costituiscono un fattore limitante per molte specie vegetali e animali provocando effetti tossici sia a breve termine (acuti) che a lungo termine (cronici), letali o sub-letali; in particolare fra questi ultimi si evidenziano i cambiamenti del comportamento, del metabolismo, dello sviluppo, l'alterazione della catena alimentare o dell'habitat degli organismi non target (effetti su organismi in ambienti acquatici: Beketov et al., 2008 a,b; Mohr et al., 2012; Slooff et al., 1983; Van Wijngaarden et al., 2005, Subramanian et al., 2019; su Anfibi: Bru et al., 2011; Bru et al., 2013; Howe et al., 2004; su insetti impollinatori: Desnev et al., 2007; Van Swaay et al. 2012; Botias et al., 2019; su uccelli: Donald et al., 2000; Wolanski, 2011; EFSA, 2013; sui chiroteri: Stahlschmidt & Bru, 2012).

Il Rapporto ISPRA 216/2015 riporta una sintesi di un'ampia ricerca bibliografica effettuata su questo tema e i risultati di uno studio svolto da ISPRA e finanziato dal MATTM nel 2014, finalizzato a valutare il pericolo potenziale derivante dall'utilizzo dei prodotti fitosanitari nella Rete Natura 2000. Tale studio ha confermato che le specie e gli habitat più sensibili ai prodotti fitosanitari sono legati principalmente agli ecosistemi acquatici e presentano, in generale, una scarsa distribuzione e un cattivo stato di conservazione (Rapporti ISPRA n. 194/2014, 216/2015, 219/2015). Per quanto riguarda gli uccelli, il declino descritto a livello europeo è stato registrato anche a livello nazionale, come dimostrano i dati relativi dell'indicatore "Popolazioni di uccelli sensibili ai prodotti fitosanitari" (previsto dal Decreto Interministeriale MATTM, MIPAAF, MINSAL del 15/7/2015), da cui emerge una tendenza alla diminuzione degli uccelli sensibili ai prodotti fitosanitari del 63,34 % nel 2014, rispetto alle quantità registrate nel 2000. Tali specie sono state individuate a partire dalla lista delle specie nidificanti che compongono il *Farmland Bird Index* (FBI), cui sono state aggiunte altre specie ritenute particolarmente esposte ai PF sulla base delle informazioni relative all'impiego e alla distribuzione dei prodotti fitosanitari in Italia e alla loro ecologia (https://indicatori-pan-fitosanitari.isprambiente.it/sys_ind/14). L'Unione Europea ha previsto all'art. 12 della Direttiva 2009/128/CE (recepita con il D.Lgs. n. 150 del 14/8/2012), la riduzione al minimo o il divieto dell'uso dei prodotti fitosanitari nelle aree protette di cui alla Direttiva 2000/60/CE (inserite nei Registri delle aree protette dei Piani di Distretto Idrografico, fra cui rientrano le aree protette) o altre aree designate dalle Direttive Habitat (92/43/CEE) e Uccelli (2009/147/CE).

Per far fronte al notevole declino degli impollinatori registrato in Europa, nel 2018 l'UE ha adottato la *European Pollinator Initiative* ([EU Pollinators - Environment](#)) (COM(2018) 395 final) che ha posto l'utilizzo di prodotti fitosanitari fra le principali minacce per gli impollinatori e al servizio di impollinazione da cui dipendono più dell'80 % delle colture agricole e della flora spontanea, per un valore economico pari a 153,9 miliardi di euro nel mondo e 1,5 miliardi in Italia (Gallai et al, 2009; Brittain et al., 2010; FAO, 2014; Bellucci et al., 2019; Botias et al., 2019). Inoltre l'Europa ha messo in campo a maggio 2020 la Strategia sulla Biodiversità 2030 e la Strategia *Farm to Fork* che prevedono la riduzione dell'uso complessivo del 50 % di pesticidi chimici e dei rischi ad essi connessi e la riduzione del 50 % di quelli più pericolosi, entro il 2030. La Strategia UE prevede di destinare il 10 % della superficie agricola a elementi caratteristici del paesaggio con elevata biodiversità (fasce tampone, siepi, filari, terrazzamenti, stagni ecc.) e che almeno il 25 % delle aree agricole dell'UE sia coltivato con il metodo biologico. Altro importante obiettivo della Strategia UE è il raggiungimento dello stato di conservazione soddisfacente di almeno il 30 % delle specie e degli habitat di interesse comunitario. I dati attuali del monitoraggio ex art. 17 Dir. 92/43/CEE dello stato di conservazione delle specie e degli habitat, riportati nel presente Rapporto, indicano che tale percentuale è ben lontana dall'essere raggiunta soprattutto per gli habitat sensibili ai prodotti fitosanitari (<http://www.reportingdirettivahabitat.it/>).

Il Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN - DM 22/1/2014, attualmente in fase di revisione), è lo strumento per l'attuazione della Direttiva 2009/128/CE, e prevede al punto A.5.8 le misure generali per le aree protette e i Siti Natura 2000, definite in modo più preciso nelle "*Linee guida di indirizzo per la tutela dell'ambiente acquatico e dell'acqua potabile e per la riduzione dell'uso di prodotti fitosanitari e dei relativi rischi nei Siti Natura 2000 e nelle aree naturali protette*", pubblicate nel DM del 10/3/2015 (GU n. 71 del 26/3/2015).

Nel presente studio finanziato dal MATTM (nel 2015, 2016, 2018-2020), è stata effettuata una sperimentazione delle misure del PAN per la tutela della biodiversità, prendendo in considerazione in particolare le Misure n. 13 e n. 16 delle suddette Linee Guida. La prima misura pone una serie di indicazioni per la limitazione/eliminazione/sostituzione di prodotti fitosanitari che possono avere impatti negativi sulle specie e gli habitat tutelati, in particolare nei siti Natura 2000 e nelle aree protette, collocando l'agricoltura biologica come il metodo più compatibile con la conservazione della biodiversità, mentre la seconda fornisce indicazioni di tipo gestionale in linea con i principi dell'agroecologia.

Gli obiettivi del progetto, di cui si riportano i risultati in questo Rapporto tecnico, sono:

- a) effettuare la sperimentazione delle misure previste dalle Linee Guida per l'attuazione del PAN specifiche per la biodiversità (Misura n. 13 e 16);
- b) definire degli indicatori di monitoraggio degli effetti dell'uso dei prodotti fitosanitari sulle specie e gli habitat.

Il progetto, coordinato da ISPRA e svolto in collaborazione con ARPA Lazio (annualità 2015-2016), ARPA Piemonte (annualità 2015, 2018-2020), Università degli Studi di Torino (Dipartimenti DBIOS e DISAFA), Università degli Studi di Roma Tor Vergata (Dip. DIBIOS), ha considerato i vigneti e le risaie in Piemonte e i seminativi e i nocciuoli nel Lazio (Cap. 2 – Scelta delle colture). Nel corso del progetto sono stati effettuati incontri con le aziende che hanno messo a disposizione i propri campi, con associazioni, comitati locali, personale di aree protette, esperti di altri enti di ricerca o amministrazioni pubbliche, per un confronto sulle criticità legate all'attuazione delle misure del PAN per la tutela della biodiversità.

I primi due anni del progetto 2015-2016 sono stati utilizzati principalmente per mettere a punto le metodologie e per la selezione delle covariate per una corretta individuazione dei campi biologici e convenzionali da considerare per il confronto a coppie dei dati derivanti dalle analisi fisico-chimiche, ecotossicologiche e dei parametri considerati per la valutazione dello stato della biodiversità.

Le metodologie utilizzate, descritte in modo sintetico in questo Rapporto tecnico, sono state riportate in specifici protocolli di monitoraggio degli effetti dell'uso dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità che saranno disponibili sul sito www.isprambiente.gov.it, al fine di una condivisione con le Agenzie del Sistema Nazionale di Protezione Ambiente, le Regioni e gli enti gestori di aree protette.

Il presente Rapporto contiene per ciascuna coltura considerata, delle buone pratiche che possono essere adottate per evitare l'utilizzo dei prodotti fitosanitari pericolosi per la biodiversità, che sono state condivise anche con le aziende agricole che hanno partecipato al progetto o che hanno partecipato ad incontri svolti a livello locale.

Il progetto ha inoltre previsto la sperimentazione di diverse metodologie per valutare gli effetti dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità, oltre a quelle descritte nel cap. 3, svolte in collaborazione con altri enti di ricerca (vedi cap. 9).

La sperimentazione dell'efficacia delle misure del PAN per la biodiversità è stata resa possibile grazie alla collaborazione di enti gestori di aree protette in cui sono state individuate delle aziende anche se solo per alcuni periodi (Riserva Naturale Tevere Farfa, Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripasottile, Riserva Naturale del Lago di Vico), uffici regionali del Lazio e Piemonte che si occupano di biodiversità e Aree protette e, in particolar modo, alla disponibilità delle aziende in cui sono stati selezionati campi, a cui va un particolare e sincero ringraziamento e riconoscimento. Infatti citando la Strategia Europea per la Biodiversità al 2030 *“Gli agricoltori sono i custodi delle nostre terre e, in quanto tali, svolgono un ruolo essenziale nel preservare la biodiversità: sono tra i primi a risentire delle conseguenze della sua perdita, ma anche tra i primi a beneficiare del suo ripristino”*.

Dr.ssa Susanna D'Antoni
Resp. Sezione Aree protette, pianificazione e gestione del territorio e del paesaggio
Servizio BIO-SOST
Dipartimento per il Monitoraggio e la Tutela dell'Ambiente
e per la Conservazione della Biodiversità
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

1. L'AGRICOLTURA NELLE AREE PROTETTE E NEI SITI NATURA 2000 E LE MISURE DEL PAN PER LA BIODIVERSITÀ

Come ribadito in diversi documenti della Commissione UE e nel Documento Farming for Natura 2000 (2014), l'agricoltura è uno dei settori che maggiormente contribuisce al mantenimento di habitat e di specie vegetali e animali, grazie a pratiche colturali che hanno accompagnato la storia dell'uomo e hanno permesso la creazione di un mosaico di ambienti seminaturali spesso di importanza fondamentale per la conservazione della biodiversità (Farming for Natura 2000, UE, 2014). Inoltre, una grande varietà di specie è legata all'ambiente agricolo in senso lato, sia poiché costituisce un habitat sostitutivo rispetto a quelli ottimali (ad esempio per le specie di prateria, ambienti steppici, zone umide, ecotoni, arbusteti, ecc.), sia perché le specie sono legate alle risorse trofiche reperibili nei coltivi, nei prati-pascolo, nei frutteti e vigneti, ecc. La relazione delle specie e degli habitat con gli ambienti agricoli può anche essere determinata dall'influenza che le pratiche agricole hanno sul loro stato di conservazione. L'abbandono delle campagne, soprattutto nell'ambito montano e sub-montano con la progressiva chiusura delle aree aperte che prima erano dedicate al pascolo o alla coltivazione di cereali o foraggio e che vengono ricolonizzate dal bosco e da arbusteti pionieri, costituisce una notevole minaccia per le specie animali e vegetali legate a questi ambienti. Anche la semplificazione degli agroecosistemi (per lo più in ambito collinare e di pianura) che vengono privati di elementi tradizionali del paesaggio agrario (come siepi, filari, pozze, fontanili), importantissimi perché forniscono cibo, protezione dai predatori e siti di nidificazione, nonché l'utilizzo diffuso di pesticidi e fertilizzanti chimici, costituiscono delle minacce alla conservazione di queste specie e habitat.

Pertanto, gli obiettivi di conservazione e gestione degli habitat devono essere integrati con quelli del mantenimento di pratiche agricole compatibili con la conservazione della biodiversità, fra cui quelle che hanno creato e mantenuto questi stessi habitat seminaturali. Tale integrazione è ancor più importante se si considerano i benefici forniti dalla biodiversità all'agricoltura, ovvero i servizi ecosistemici quali quelli dell'impollinazione, della fitodepurazione, della fertilità dei suoli. Tali servizi ecosistemici possono essere compromessi da pratiche agricole che prevedono una notevole meccanizzazione, lavorazione del suolo, utilizzo di prodotti fitosanitari e di fertilizzanti, anche in base a quanto previsto dalle Direttive Habitat e Uccelli, Acque e dalla Direttiva per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari 2009/128/CE e dalla nuova Strategia Europea sulla Biodiversità al 2030. Occorre, quindi, quanto prima attuare le misure di conservazione legate alla gestione degli agroecosistemi, mirate alla conservazione degli habitat e delle specie di interesse conservazionistico (tra cui quelle tutelate dalle Direttive Habitat e Uccelli e minacciate di estinzione). Fra queste misure vi sono quelle indicate dal PAN (Piano d'Azione Nazionale sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari - DIM 22/1/2014) che prevedono sia l'uso di sostanze che non compromettono lo stato di conservazione di specie e habitat, sia pratiche agricole che permettono di evitare e/o ridurre drasticamente l'uso di prodotti fitosanitari, attraverso il mantenimento di catene trofiche ben strutturate e resilienti all'attacco di parassiti e dei consumatori delle specie coltivate.

Tuttavia, per evitare l'abbandono delle campagne occorre accompagnare la conversione verso pratiche più sostenibili con azioni che incentivino, premino e valorizzino gli agricoltori e le loro produzioni.

In questo capitolo sono descritti i dati relativi allo stato di conservazione delle specie e degli habitat sensibili ai prodotti fitosanitari (individuati secondo i criteri descritti nel Rapporto tecnico ISPRA 216/2015), allo stato di attuazione delle Misure previste dal PAN per la conservazione della biodiversità, in base ai risultati degli indicatori (<https://indicatori-pan-fitosanitari.isprambiente.it/2019/list>) e alla tipologia di agricoltura presente nelle aree protette, nei Siti Natura 2000 e nelle Zone Ramsar.

1.1 Le specie e gli habitat sensibili ai prodotti fitosanitari

Una lista preliminare di specie e habitat tutelati dalle Direttive Habitat e Uccelli che possono essere considerate sensibili ai prodotti fitosanitari è stata pubblicata nel Rapporto tecnico ISPRA 216/2015 che contiene i risultati del progetto svolto da ISPRA e finanziato dal MATTM, per la valutazione del pericolo potenziale derivante dall'uso dei prodotti fitosanitari nei Siti Natura 2000 (2014-2015).

La sensibilità delle specie e habitat è stata attribuita sulla scorta di un giudizio esperto, basato in linea generale sui dati emersi da un'approfondita ricerca bibliografica, fra cui studi che hanno dimostrato l'impatto di alcune tipologie di classe fitoiatrica di prodotti fitosanitari (erbicidi, fungicidi, insetticidi, acaricidi) su popolazioni di specie vegetali e animali con un'ecologia simile a quella delle specie tutelate dalle Direttive Habitat e Uccelli. Solo in pochi casi sono emersi studi effettuati su specie di interesse comunitario in cui sono stati constatati o supposti effetti derivanti da tali prodotti, come nello studio sugli effetti subletali del Glifosate sul lepidottero protetto *Lycaena dispar* (Santovito et al., 2020).

Al fine di definire un quadro quanto più completo delle specie e degli habitat sensibili ai prodotti fitosanitari, oltre alle liste inserite nel Rapporto tecnico ISPRA 216/2015, sono state prese in considerazione anche specie e habitat minacciati dai biocidi e prodotti fitosanitari in base al parere del panel di esperti che collabora alla redazione dei Report definiti in base all'art. 17 della Direttiva Habitat e all'art. 12 della Direttiva Uccelli. A tal fine sono stati inclusi, nelle liste di seguito riportate, le specie e gli habitat per le quali sono state indicate pressioni o minacce derivanti dall'uso di prodotti fitosanitari, sia nel III Report ex art. 17 (periodo 2007-2012 – codice minaccia A07 = Uso di biocidi, ormoni e prodotti chimici), che nel IV Report ex art. 17 (periodo 2013-2018 – codice minaccia A021 = Uso di agrofarmaci in agricoltura: Uso di sostanze chimiche di protezione delle piante in agricoltura - ad esempio pesticidi, fungicidi, ritardanti della crescita, ormoni, semi trattati, ecc.). Per gli uccelli sono indicate le specie dell'Allegato I della Direttiva Uccelli che, per il regime trofico e il tipo di habitat frequentato per l'alimentazione sono state considerate più esposte agli effetti, sia diretti che indiretti, dell'uso di prodotti fitosanitari.

Pertanto le Tabelle 1.11-1.1.4 riportano un insieme di specie e di habitat sensibili ai prodotti fitosanitari, con il relativo stato di conservazione e trend del IV Report della Direttiva Habitat e della Direttiva Uccelli relativi al periodo 2013-2018, che coincide in parte con il periodo di vigenza del PAN, entrato in vigore il DM 22/1/2014.

Tabella 1.1.1 – Specie di uccelli tutelate dalla Direttiva 2009/147/CE All. I sensibili ai prodotti fitosanitari (secondo i criteri descritti nel Rapporto ISPRA 216/2015) con relativo stato secondo le categorie IUCN (CR = in pericolo critico, EN = in pericolo, VU = vulnerabile, NT = quasi minacciato, LC = minor preoccupazione, DD = carente di dati, NE = non valutabile - <http://www.iucn.it/categorie.php>) e trend delle popolazioni (tratto da Report ex art. 12 Direttiva Uccelli 2019)

Euring code	Species code	Species name	season	Common species name	Population trend	Population trend long	Red List 2019
950	A021	<i>Botaurus stellaris</i>	B	Tarabuso	non conosciuto	Incremento	EN
980	A022	<i>Ixobrychus minutus</i>	B	Tarabusino	decremento	stabile	VU
1040	A023	<i>Nycticorax nycticorax</i>	B	Nitticora	decremento	decremento	LC
1080	A024	<i>Ardeola ralloides</i>	B	Sgarza ciuffetto	decremento	stabile	NT
1190	A026	<i>Egretta garzetta</i>	B	Garzetta	decremento	stabile	LC
1210	A773	<i>Ardea alba</i>	B	Airone bianco maggiore	Incremento	Incremento	NT
1240	A029	<i>Ardea purpurea</i>	B	Airone rosso	Incremento	Incremento	LC
1310	A030	<i>Ciconia nigra</i>	B	Cicogna nera	Incremento	Incremento	EN
1340	A031	<i>Ciconia ciconia</i>	B	Cicogna bianca	Incremento	Incremento	LC
1440	A034	<i>Platalea leucorodia</i>	B	Spatola	Incremento	Incremento	NT
1472	A663	<i>Phoenixopterus ruber</i>	B	Fenicottero	Incremento	Incremento	LC
1950	A057	<i>Marmaronetta angustirostris</i>	B	Anatra marmorizzata	Incremento	Incremento	EN
2020	A060	<i>Aythya nyroca</i>	B	Moretta tabaccata	Incremento	Incremento	EN
2470	A077	<i>Neophron percnopterus</i>	B	Capovaccaio	stabile	decremento	CR
2560	A080	<i>Circaetus gallicus</i>	B	Biancone	Incremento	Incremento	LC
2610	A082	<i>Circus cyaneus</i>	W	Albanella reale	Incremento	non conosciuto	
2630	A084	<i>Circus pygargus</i>	B	Albanella minore	non conosciuto	Incremento	VU
2990	A707	<i>Aquila fasciata</i>	B	Aquila di Bonelli	Incremento	Incremento	EN
3030	A095	<i>Falco naumanni</i>	B	Grillaio	Incremento	Incremento	LC
3070	A097	<i>Falco vespertinus</i>	B	Falco cuculo	non conosciuto	Incremento	VU
3140	A101	<i>Falco biarmicus</i>	B	Lanario	decremento	stabile	EN
3200	A103	<i>Falco peregrinus</i>	B	Falco pellegrino	stabile	Incremento	LC
3570	A413	<i>Alectoris graeca whitakeri</i>	B	Coturnice di Sicilia	non conosciuto	decremento	VU
3570	A878	<i>Alectoris graeca</i>	B	Coturnice	non conosciuto	decremento	VU
3590	A111	<i>Alectoris barbara</i>	B	Pernice sarda	non conosciuto	Incremento	DD
3670	A414	<i>Perdix perdix italica</i>	B	Starna italiana	non conosciuto	decremento	RE
4210	A122	<i>Crex crex</i>	B	Re di quaglie	decremento	Incremento	VU
4271	A722	<i>Porphyrio porphyrio</i>	B	Pollo sultano	non conosciuto	Incremento	NT
4420	A128	<i>Tetrax tetrax</i>	B	Gallina prataiola	stabile	Incremento	EN
4550	A131	<i>Himantopus himantopus</i>	B	Cavaliere d'Italia	non conosciuto	Incremento	LC
4560	A132	<i>Recurvirostra avosetta</i>	B	Avocetta	Incremento	Incremento	LC
4590	A133	<i>Burhinus oedicephalus</i>	B	Occhione	non conosciuto	Incremento	LC
4650	A135	<i>Glareola pratensis</i>	B	Pernice di mare	non conosciuto	Incremento	EN
7440	A215	<i>Bubo bubo</i>	B	Gufo reale	Incremento	Incremento	NT
7780	A224	<i>Caprimulgus europaeus</i>	B	Succiacapre	non conosciuto	Incremento	LC
8410	A231	<i>Coracias garrulus</i>	B	Ghiandaia marina	Incremento	Incremento	LC
9610	A242	<i>Melanocorypha calandra</i>	B	Calandra	decremento	stabile	VU
9680	A243	<i>Calandrella brachydactyla</i>	B	Calandrella	stabile	stabile	NT
9740	A246	<i>Lullula arborea</i>	B	Tottavilla	Incremento	stabile	LC

Euring code	Species code	Species name	season	Common species name	Population trend	Population trend long	Red List 2019
10050	A255	<i>Anthus campestris</i>	B	Calandro	decremento	stabile	VU
15150	A338	<i>Lanius collurio</i>	B	Averla piccola	decremento	decremento	VU
15190	A339	<i>Lanius minor</i>	B	Averla cenerina	decremento	decremento	EN
18660	A379	<i>Emberiza hortulana</i>	B	Ortolano	stabile	Incremento	VU
950	A021	<i>Botaurus stellaris</i>	B	Tarabuso	non conosciuto	Incremento	EN
980	A022	<i>Ixobrychus minutus</i>	B	Tarabusino	decremento	stabile	VU

Per quanto riguarda gli uccelli inseriti nell'All. I della Direttiva Uccelli, per le quali le Regioni e le Province autonome devono attuare misure per assicurare la conservazione delle loro popolazioni nel medio-lungo termine, 43 specie (tabella 1.1.1) sono state associate a classi di sensibilità più alta rispetto agli effetti dei prodotti fitosanitari (corrispondente ai valori 4 e 5 di cui al Rapporto ISPRA 216/2015). Tra queste si segnalano alcune specie legate agli habitat agricoli e inserite nelle categorie di maggiore minaccia nella Lista Rossa italiana, quali il Capovaccaio (in uno stato critico di conservazione, CR), la Gallina prataiola (in pericolo, EN), e diverse specie classificate come vulnerabili (VU), quali l'Albanella minore, la Coturnice, la Calandra, il Re di quaglie, l'Averla piccola e il Calandro, di cui le ultime quattro risultano con trend in diminuzione nel breve termine. Come mostrato in Figura 1.1.1 le 43 specie rientrano per più del 60% nelle categorie di minaccia maggiori (VU, NT, EN, CR).

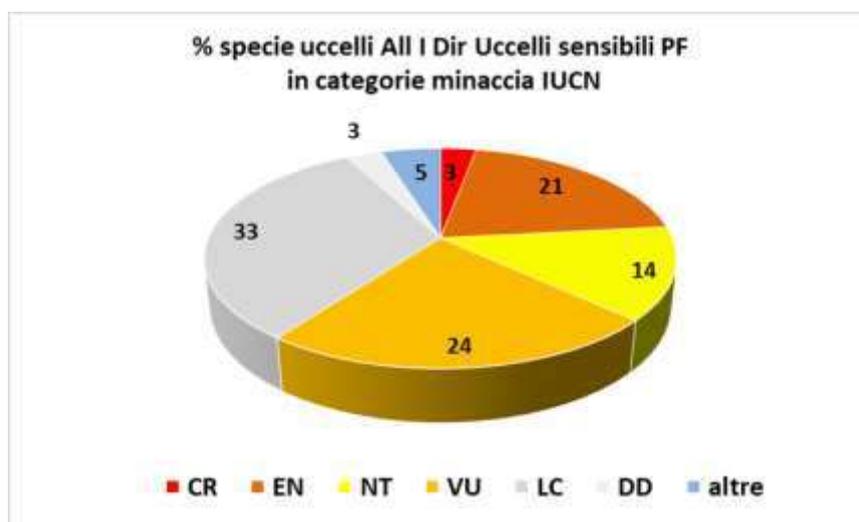


Figura 1.1.1 – Percentuale di specie di uccelli tutelate dalla Direttiva 2009/147/CE All. I sensibili ai prodotti fitosanitari (secondo criteri descritti nel Rapporto ISPRA 216/2015) che ricadono nelle diverse categorie di minaccia IUCN (CR = in pericolo critico, EN = in pericolo, VU = vulnerabile, NT = quasi minacciato, LC = minor preoccupazione, DD = carente di dati, NE = non valutabile - <http://www.iucn.it/categorie.phpe> (tratto da Report ex art. 12 Direttiva Uccelli 2019)

Le specie vegetali tutelate dalla Direttiva Habitat che sono risultate sensibili ai prodotti fitosanitari, come si vede in Tabella 1.1.2, sono in totale 12, di cui 4 in stato di conservazione soddisfacente (FV), 4 in stato di conservazione Inadeguato (U1), 4 in stato Inadeguato/Cattivo (U2). Quelle che sono sia in stato di conservazione inadeguato e cattivo con trend in decremento (rispetto ai dati del III Report) sono *Liparis loeselii* nella Regione biogeografica alpina, *Ophrys lunulata* nella Regione biogeografica Mediterranea. *Astragalus aquilanus* è l'unica fra queste specie che sta in uno stato di conservazione favorevole e in trend stabile/crescente rispetto ai dati del III Report.

Tabella 1.1.2 – Specie vegetali tutelate dalla Direttiva 92/43/CEE All. II e IV sensibili ai prodotti fitosanitari (secondo criteri descritti nel Rapporto ISPRA 2016/2015) con relativo stato di conservazione SC (tratto dal IV Report ex art. 17 Dir. Habitat) e trend delle popolazioni (rispetto allo SC del III Report ex art. 17 Dir. Habitat). FV = favorevole, U1 = inadeguato, U2 = cattivo. Per trend complessivo: S = stabile, D = decremento, I= incremento. Le frecce indicano i cambiamenti dello stato di conservazione dal 3 al 4 report: freccia grigia = stabile, freccia rossa = peggioramento, freccia verde = miglioramento

Codice	Nome Specie	Regione Biogeografica	Stato Conservazione Complessivo (2013-2018)	Trend Complessivo (2013-2018)	Cambiamento rispetto ai dati del III Report (2007-2012)
1558	<i>Astragalus aquilanus</i>	ALP	FV	S	↗
1558	<i>Astragalus aquilanus</i>	MED	FV	S	↗
6269	<i>Astragalus alopecurus</i>	ALP	FV	S	→
1548	<i>Astragalus maritimus</i>	MED	U2	D	→
1555	<i>Astragalus verrucosus</i>	MED	U1	D	→
1902	<i>Cypripedium calceolus</i>	ALP	FV	S	→
1546	<i>Cytisus aeolicus</i>	MED	U1	D	→
4104	<i>Himantoglossum adriaticum</i>	CON	FV	S	→
4104	<i>Himantoglossum adriaticum</i>	MED	FV	S	→
1903	<i>Liparis loeselii</i>	ALP	U2	D	↘
1903	<i>Liparis loeselii</i>	CON	U2	D	→
1905	<i>Ophrys lunulata</i>	MED	U1	S	↘
1415	<i>Isoëtes malinverniana</i>	CON	U2	D	→
1725	<i>Lindernia procumbens</i>	CON	U1	D	
1428	<i>Marsilea quadrifolia</i>	CON	U2	D	→

Le specie animali tutelate dalla Direttiva Habitat (All. II e IV) che sono sensibili ai prodotti fitosanitari sono in totale 68, di cui 21 in stato di conservazione soddisfacente (FV), 26 in stato di conservazione inadeguato (U1) e 25 in stato di conservazione Inadeguato/cattivo (U2); per due specie di invertebrati (*Lindenia tetraphylla* e *Myrmecophilus baronii*) non vi sono dati sufficienti per definire lo stato di conservazione, tuttavia i dati a disposizione indicano un decremento delle due specie rispetto ai dati del III Report. Oltre a queste due specie, quelle per le quali risulta un peggioramento dello stato di conservazione sono *Lycaena dispar*, *Triturus carnifex* e *Salamandrina terdigitata* nella Regione biogeografica continentale; quest'ultima risulta in peggioramento anche nella Regione biogeografica alpina e Mediterranea. Fra i mammiferi, *Myotis bechsteinii* presenta uno stato di conservazione in peggioramento nelle tre Regioni biogeografiche in cui è presente, mentre *Lutra lutra* nella Regione biogeografica alpina (Tabella 1.1.3).

Tabella 1.1.3 – Specie animali tutelate dalla Direttiva 92/43/CEE All. II e IV sensibili ai prodotti fitosanitari (secondo criteri descritti nel Rapporto ISPRA 216/2015, specie per cui i PF risultano fra le minacce nel III e IV Report ex art. 17 Dir. Habitat) con relativo stato di conservazione SC (tratto dal IV Report ex art. 17 Dir. Habitat) e trend delle popolazioni (rispetto allo SC del III Report ex art. 17 Dir. Habitat). FV = favorevole, U1 = inadeguato, U2 = cattivo. Per trend complessivo: S = stabile, D = decremento, I= incremento. Le frecce indicano i cambiamenti dello stato di conservazione dal 3 al 4 report: freccia grigia = stabile, freccia rossa = peggioramento, freccia verde = miglioramento

Gruppo tassonomico	Codice	Nome Specie	Regione Biogeografica	Stato Conservazione Complessivo (2013-2018)	Trend Complessivo (2013-2018)	Direzione del cambiamento rispetto ai dati del III Report (2007-2012)
Odonati	1037	<i>Ophiogomphus cecilia</i>	CON	FV	I	→
Odonati	1041	<i>Oxygastra curtisi</i>	MED	FV	S	↗
Odonati	1041	<i>Oxygastra curtisi</i>	CON	FV	I	→
Odonati	1042	<i>Leucorrina pectoralis</i>	ALP	U1	S	↗
Odonati	1043	<i>Lindenia tetraphylla</i>	MED	XX		↘
Odonati	1044	<i>Coenagrion mercuriale</i>	CON	U1	D	→
Odonati	1044	<i>Coenagrion mercuriale</i>	MED	FV	S	→
Odonati	1047	<i>Cordulegaster trinacriae</i>	MED	FV	S	→
Odonati	4046	<i>Cordulegaster heros</i>	CON	U1	D	↗
Lepidotteri	6169	<i>Euphydryas maturna</i>	ALP	U1		↗
Lepidotteri	1055	<i>Papilio hospiton</i>	MED	FV	S	→
Lepidotteri	1060	<i>Lycaena dispar</i>	ALP	U1	D	
Lepidotteri	1060	<i>Lycaena dispar</i>	CON	U1	D	↘
Lepidotteri	1060	<i>Lycaena dispar</i>	MED	U1	D	→
Lepidotteri	1062	<i>Melanargia arge</i>	ALP	FV	I	
Lepidotteri	1062	<i>Melanargia arge</i>	MED	FV	I	↗
Lepidotteri	1065	<i>Euphydryas aurinia</i>	ALP	FV	S	→
Lepidotteri	1065	<i>Euphydryas aurinia</i>	CON	U2	D	→
Lepidotteri	1065	<i>Euphydryas aurinia</i>	MED	FV	S	→
Lepidotteri	1071	<i>Coenonympha oedippus</i>	CON	U1	D	→
Lepidotteri	1072	<i>Erebia calcaria</i>	ALP	FV	S	→
Lepidotteri	1073	<i>Erebia christi</i>	ALP	U1	S	→
Lepidotteri	1074	<i>Eriogaster catax</i>	ALP	FV	S	↗
Lepidotteri	1074	<i>Eriogaster catax</i>	CON	FV	S	↗
Lepidotteri	1074	<i>Eriogaster catax</i>	MED	FV	S	→
Lepidotteri	4027	<i>Arytrura musculus</i>	CON	U2	xx	→
Lepidotteri	4033	<i>Erannis ankeraria</i>	CON	FV	S	→
Lepidotteri	4033	<i>Erannis ankeraria</i>	MED	FV	S	→
Lepidotteri	1059	<i>Maculinea teleius</i>	ALP	U2	D	
Lepidotteri	1059	<i>Maculinea teleius</i>	CON	U2	D	→
Lepidotteri	1078	<i>Callimorpha quadripunctaria</i>	ALP	FV	S	→

Lepidotteri	1078	<i>Callimorpha quadripunctaria</i>	CON	FV	S	→
Lepidotteri	1078	<i>Callimorpha quadripunctaria</i>	MED	FV	S	→
Invertebrati	4047	<i>Brachytrupes megacephalus</i>	MED	U1	I	↗
Invertebrati	4051	<i>Myrmecophilus baronii</i>	MED	XX	S	↘
Crostacei	1092	<i>Austropotamobius pallipes</i>	ALP	FV	S	→
Crostacei	1092	<i>Austropotamobius pallipes</i>	CON	FV	S	↗
Crostacei	1092	<i>Austropotamobius pallipes</i>	MED	FV	S	↗
Crostacei	1093	<i>Austropotamobius torrentium</i>	ALP	U1	D	↗
Pesci Agnati	1095	<i>Petromizon marinus</i>	CON	U2	D	→
Pesci Agnati	1095	<i>Petromizon marinus</i>	MED	U2	D	→
Pesci Agnati	1096	<i>Lampetra planeri</i>	CON	U2	D	→
Pesci Agnati	1096	<i>Lampetra planeri</i>	MED	U2	D	→
Pesci Agnati	1099	<i>Lampetra fluviatilis</i>	MED	U2	D	→
Pesci Agnati	1097	<i>Lethenteron zanandreae</i>	ALP	U1	I	→
Pesci Agnati	1097	<i>Lethenteron zanandreae</i>	CON	U1	I	↗
Pesci Osteitti	1100	<i>Acipenser naccarii</i>	CON	U2	I	→
Pesci Osteitti	1107	<i>Salmo trutta marmoratus</i>	ALP	U1	S	↗
Pesci Osteitti	1107	<i>Salmo trutta marmoratus</i>	CON	U2	D	→
Pesci Osteitti	1114	<i>Rutilus pigus</i>	ALP	U2	D	→
Pesci Osteitti	1114	<i>Rutilus pigus</i>	CON	U2	S	→
Pesci Osteitti	5962	<i>Protochondrostom a genei</i>	CON	U2	S	→
Pesci Osteitti	1137	<i>Barbus plebejus</i>	ALP	U1	I	→
Pesci Osteitti	1137	<i>Barbus plebejus</i>	CON	U2	D	→
Pesci Osteitti	5086	<i>Barbus caninus</i>	ALP	U2	D	→
Pesci Osteitti	5086	<i>Barbus caninus</i>	CON	U2	S	→
Pesci Osteitti	5086	<i>Barbus caninus</i>	MED	U2	D	→
Pesci Osteitti	1155	<i>Knipowitschia panizzae</i>	CON	FV	S	→
Pesci Osteitti	1155	<i>Knipowitschia panizzae</i>	MED	FV	S	→
Pesci Osteitti	1156	<i>Podagobius nigricans</i>	CON	U2	D	→

Pesci Osteitti	1156	<i>Podagobius nigricans</i>	MED	U2	D	→
Pesci Osteitti	6965	<i>Cottus gobio</i> all others	ALP	FV	I	↗
Pesci Osteitti	6965	<i>Cottus gobio</i> all others	CON	U2	D	→
Pesci Osteitti	5304	<i>Cobitis bilineata</i>	ALP	U1	I	→
Pesci Osteitti	5304	<i>Cobitis bilineata</i>	CON	U1	I	→
Pesci Osteitti	5304	<i>Cobitis bilineata</i>	MED	U1	D	→
Pesci Osteitti	5305	<i>Cobitis zanandreaei</i>	MED	U2	S	→
Pesci Osteitti	5349	<i>Salmo cetti</i>	CON	U2	D	→
Pesci Osteitti	5349	<i>Salmo cetti</i>	MED	U2	I	→
Pesci Osteitti	6135	<i>Salmo trutta macrostigma</i>				
Anfibi Urodeli	1167	<i>Triturus carnifex</i>	ALP	U1	D	→
Anfibi Urodeli	1167	<i>Triturus carnifex</i>	CON	U2	D	↘
Anfibi Urodeli	1167	<i>Triturus carnifex</i>	MED	U1	D	→
Anfibi Urodeli	1175	<i>Salamandrina terdigitata</i>	ALP	U1	D	↘
Anfibi Urodeli	1175	<i>Salamandrina terdigitata</i>	CON	U1	D	↘
Anfibi Urodeli	1175	<i>Salamandrina terdigitata</i>	MED	U1	D	↘
Anfibi Urodeli	1178	<i>Salamandra [atra] aurore</i>	ALP	U2	D	→
Anfibi Anuri	1190	<i>Discoglussus sardus</i>	MED	U1	D	↗
Anfibi Anuri	1193	<i>Bombina variegata</i>	ALP	U2	D	→
Anfibi Anuri	1193	<i>Bombina variegata</i>	CON	U2	D	→
Anfibi Anuri	1199	<i>Pelobates fuscus insubricus</i>	CON	U2	D	→
Anfibi Anuri	1215	<i>Rana latastei</i>	ALP	U1	D	→
Anfibi Anuri	1215	<i>Rana latastei</i>	CON	U1	D	→
Anfibi Anuri	5357	<i>Bombina pachipus</i>	ALP	U2	D	
Anfibi Anuri	5357	<i>Bombina pachipus</i>	CON	U2	D	
Anfibi Anuri	5357	<i>Bombina pachipus</i>	MED	U2	D	→
Anfibi Urodeli	5367	<i>Salamandrina perspicillata</i>				
Anfibi	6962	<i>Bufo</i> <i>viridis</i> Complex	ALP	FV	S	→
Anfibi	6962	<i>Bufo</i> <i>viridis</i> Complex	CON	FV	S	→

Anfibi	6962	<i>Bufo viridis</i> Complex	MED	FV	S	→
Anfibi	1203	<i>Hyla arborea</i>	ALP	U1	D	→
Anfibi	1203	<i>Hyla arborea</i>	CON	U1	D	→
Rettili	1244	<i>Podarcis</i> <i>waglerianus</i>	MED	FV	S	→
Rettili	5670	<i>Hierophis</i> <i>viridiflavus</i>	ALP	FV	S	→
Rettili	5670	<i>Hierophis</i> <i>viridiflavus</i>	CON	FV	S	→
Rettili	5670	<i>Hierophis</i> <i>viridiflavus</i>	MED	FV	S	→
Rettili	1220	<i>Emys orbicularis</i>	CON	U2	D	→
Rettili	1220	<i>Emys orbicularis</i>	MED	U2	D	→
Rettili	5370	<i>Emys trinacris</i>	MED	FV	S	↗
Mammiferi- Chiroterri	1302	<i>Rhinolophus</i> <i>mehelyi</i>	MED	U1	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1303	<i>Rhinolophus</i> <i>hipposideros</i>	ALP	U1	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1303	<i>Rhinolophus</i> <i>hipposideros</i>	CON	U1	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1303	<i>Rhinolophus</i> <i>hipposideros</i>	MED	U1	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1304	<i>Rhinolophus</i> <i>ferumequinum</i>	ALP	U1	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1304	<i>Rhinolophus</i> <i>ferumequinum</i>	CON	U1	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1304	<i>Rhinolophus</i> <i>ferumequinum</i>	MED	U1	D	↗
Mammiferi- Chiroterri	1305	<i>Rhinolophus</i> <i>euryale</i>	ALP	U2	D	
Mammiferi- Chiroterri	1305	<i>Rhinolophus</i> <i>euryale</i>	CON	U2	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1305	<i>Rhinolophus</i> <i>euryale</i>	MED	U2	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1307	<i>Myotis blythii</i>	ALP	U1	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1307	<i>Myotis blythii</i>	CON	U1	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1307	<i>Myotis blythii</i>	MED	U1	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1308	<i>Barbastella</i> <i>barbastellus</i>	ALP	U1	S	→
Mammiferi- Chiroterri	1308	<i>Barbastella</i> <i>barbastellus</i>	CON	U1	D	↗
Mammiferi- Chiroterri	1308	<i>Barbastella</i> <i>barbastellus</i>	MED	U1	D	↗
Mammiferi- Chiroterri	1310	<i>Miniopterus</i> <i>schreibersii</i>	ALP	U1	D	↗
Mammiferi- Chiroterri	1310	<i>Miniopterus</i> <i>schreibersii</i>	CON	U1	S	↗
Mammiferi- Chiroterri	1310	<i>Miniopterus</i> <i>schreibersii</i>	MED	U1	D	↗
Mammiferi- Chiroterri	1316	<i>Myotis capaccini</i>	ALP	U2	D	→
Mammiferi- Chiroterri	1316	<i>Myotis capaccini</i>	CON	U2	D	→

Mammiferi-Chiroterri	1316	<i>Myotis capaccini</i>	MED	U2	D	→
Mammiferi-Chiroterri	1321	<i>Myotis emarginatus</i>	ALP	U1	S	→
Mammiferi-Chiroterri	1321	<i>Myotis emarginatus</i>	CON	U1	S	→
Mammiferi-Chiroterri	1321	<i>Myotis emarginatus</i>	MED	U1	S	→
Mammiferi-Chiroterri	1323	<i>Myotis bechsteinii</i>	ALP	U2	D	↘
Mammiferi-Chiroterri	1323	<i>Myotis bechsteinii</i>	CON	U2	I	↘
Mammiferi-Chiroterri	1323	<i>Myotis bechsteinii</i>	MED	U2	D	↘
Mammiferi-Chiroterri	1324	<i>Myotis myotis</i>	ALP	U1	D	→
Mammiferi-Chiroterri	1324	<i>Myotis myotis</i>	CON	U1	D	→
Mammiferi-Chiroterri	1324	<i>Myotis myotis</i>	MED	U1	D	→
Mammiferi-Carnivori	1355	<i>Lutra lutra</i>	ALP	U2	I	↘
Mammiferi-Carnivori	1355	<i>Lutra lutra</i>	MED	FV	I	→
Mammiferi-Carnivori	1358	<i>Mustela putorius</i>	ALP	FV	S	→
Mammiferi-Carnivori	1358	<i>Mustela putorius</i>	CON	FV	S	→
Mammiferi-Carnivori	1358	<i>Mustela putorius</i>	MED	FV	S	↗
Mammiferi	1367	<i>Canis lupus</i>	MED	FV	I	

Come si vede nella Figura 1.1.2, circa il 70% delle specie animali sensibili ai prodotti fitosanitari tutelate dalla Direttiva Habitat sono in uno stato di conservazione Inadeguato e Cattivo.

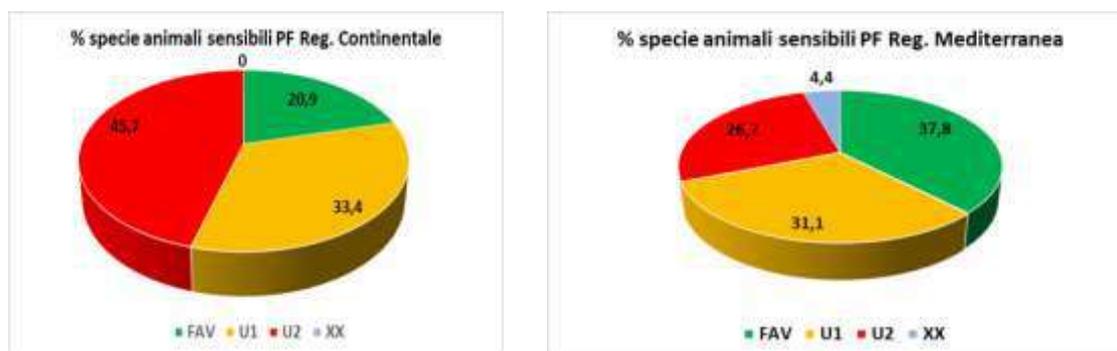


Figura 1.1.2 – Percentuale di specie animali tutelate dalla Direttiva Habitat sensibili ai prodotti fitosanitari (secondo criteri descritti nel Rapporto ISPRA 216/2015 e integrate con i risultati del III e IV REport ex art. 17 Direttiva Habitat) che ricadono nelle diverse categorie di stato di conservazione

Gli habitat inseriti nell'allegato I della Direttiva Habitat che risultano sensibili ai prodotti fitosanitari sono in totale 108. Di questi, circa il 90% presentano uno stato di conservazione Inadeguato o Cattivo come mostrato dalla Tabella 1.1.4 e dalla Figura 1.1.3.

Tabella 1.1.4 – Habitat tutelati dalla Direttiva 92/43/CEE All. I sensibili ai prodotti fitosanitari (secondo criteri descritti nel Rapporto ISPRA 216/2015, integrati con habitat per cui i PF risultano fra le minacce nel III e IV Report ex art. 17 Dir. Habitat) con relativo stato di conservazione SC (tratto dal IV Report ex art. 17 Dir. Habitat) e trend (rispetto allo SC del III Report ex art. 17 Dir. Habitat). FV = favorevole, U1 = inadeguato, U2 = cattivo. Per trend complessivo: S = stabile, D = decremento, I= incremento. Le frecce indicano i cambiamenti dello stato di conservazione dal 3 al 4 report: freccia grigia = stabile, freccia rossa = peggioramento, freccia verde = miglioramento

Codice	Nome Habitat	Regione Biogeografica	Stato Conservazione Complessivo (2013-2018)	Trend Complessivo (2013-2018)	Direzione del cambiamento rispetto ai dati del III Report (2007-2012)
1210	Vegetazione annua delle linee di deposito marine	CON	U1	D	→
1210	Vegetazione annua delle linee di deposito marine	MED	U1	S	↘
1240	Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con <i>Limonium</i> spp. endemici	CON	U1	S	↘
1240	Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con <i>Limonium</i> spp. endemici	MED	U1	S	→
1310	Vegetazione annua pioniera a <i>Salicornia</i> e altre specie delle zone fangose e sabbiose	CON	U1	S	→
1310	Vegetazione annua pioniera a <i>Salicornia</i> e altre specie delle zone fangose e sabbiose	MED	U1	S	→
1320	Prati di <i>Spartina</i> (<i>Spartinion maritimae</i>)	CON	U2	D	→
1340	Pascoli inondati continentali (<i>Puccinellietalia distantis</i>)	CON	U1	S	→

1410	Pascoli inondatai mediterranei (Juncetalia maritimi)	CON	U2	D	→
1410	Pascoli inondatai mediterranei (Juncetalia maritimi)	MED	U1	D	→
1420	Praterie e fruticeti mediterranee e termo-atlantici (Sarcocornetea fruticosi)	CON	U1	I	→
1420	Praterie e fruticeti mediterranee e termo-atlantici (Sarcocornetea fruticosi)	MED	U1	D	→
1430	Praterie e fruticeti alonitrofilo (Pegano-Salsoletea)	MED	U2	D	↘
1510	Steppe salate mediterranee (Limonietaia)	MED	U2	D	→
2110	Dune mobili embrionali	CON	U2	D	→
2110	Dune mobili embrionali	MED	U2	S	→
2120	Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> ("dune bianche")	CON	U2	D	→
2120	Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> ("dune bianche")	MED	U2	D	→
2130	Dune costiere fisse a vegetazione erbacea ("dune grigie")	CON	U2	D	→
2160	Dune con presenza di <i>Hippophae rhamnoides</i>	CON	U2	D	→
2210	Dune fisse del litorale del <i>Crucianellion maritimae</i>	MED	U2	D	→
2230	Dune con prati dei Malcolmietalia	CON	U2	D	→
2230	Dune con prati dei Malcolmietalia	MED	U2	D	↘
2240	Dune con prati dei Brachypodietalia e vegetazione annua	CON	U2	Unk	
2240	Dune con prati dei Brachypodietalia e vegetazione annua	MED	U2	D	↘
2250	Dune costiere con <i>Juniperus</i> spp.	CON	U2	D	→
2250	Dune costiere con <i>Juniperus</i> spp.	MED	U2	S	→
2260	Dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto-Lavanduletalia	CON	U2	S	→
2260	Dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto-Lavanduletalia	MED	U2	D	→
2270	Dune con foreste di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i>	CON	U1	D	↘
2270	Dune con foreste di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i>	MED	U1	S	→
2330	Praterie aperte a <i>Corynephorus</i> e <i>Agrostis</i> su dossi sabbiosi interni	ALP	U2	Unk	
2330	Praterie aperte a <i>Corynephorus</i> e <i>Agrostis</i> su dossi sabbiosi interni	CON	U2	D	→
3110	Acque oligotrofe a bassissimo contenuto minerale delle pianure sabbiose (Littorelletalia uniflorae)	ALP	U2	S	→
3110	Acque oligotrofe a bassissimo contenuto minerale delle pianure sabbiose (Littorelletalia uniflorae)	CON	U2	Unk	→
3120	Acque oligotrofe a bassissimo contenuto minerale su terreni generalmente sabbiosi del Mediterraneo occidentale con <i>Isoetes</i> spp.	MED	U2	D	↘
3130	Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei Littorelletea uniflorae e/o degli Isoeto-Nanojuncetea	ALP	U2	D	→

3130	Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei Littorelletea uniflorae e/o degli Isoeto-Nanojuncetea	CON	U2	D	→
3130	Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei Littorelletea uniflorae e/o degli Isoeto-Nanojuncetea	MED	U2	D	
3140	Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di <i>Chara</i> spp.	ALP	U2	D	↘
3140	Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di <i>Chara</i> spp.	CON	U2	Unk	↘
3140	Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di <i>Chara</i> spp.	MED	U2	D	↘
3150	Laghi eutrofici naturali con vegetazione del Magnopotamion o Hydrocharition	ALP	U2	D	→
3150	Laghi eutrofici naturali con vegetazione del Magnopotamion o Hydrocharition	CON	U2	D	→
3150	Laghi eutrofici naturali con vegetazione del Magnopotamion o Hydrocharition	MED	U2	D	↘
3160	Laghi e stagni distrofici naturali	ALP	U2	D	→
3160	Laghi e stagni distrofici naturali	CON	XX		
3170	Stagni temporanei mediterranei	ALP	XX		→
3170	Stagni temporanei mediterranei	CON	U2	D	→
3170	Stagni temporanei mediterranei	MED	U2	D	↘
3220	Fiumi alpini e loro vegetazione riparia erbacea	ALP	U1	S	→
3220	Fiumi alpini e loro vegetazione riparia erbacea	CON	U1	D	→
3240	Fiumi alpini con vegetazione riparia legnosa a <i>Salix elaeagnos</i>	ALP	U1	I	→
3240	Fiumi alpini con vegetazione riparia legnosa a <i>Salix elaeagnos</i>	CON	U1	D	→
3240	Fiumi alpini con vegetazione riparia legnosa a <i>Salix elaeagnos</i>	MED	U2	S	
3250	Fiumi mediterranei a flusso permanente con <i>Glaucium flavum</i>	CON	U2	Unk	
3250	Fiumi mediterranei a flusso permanente con <i>Glaucium flavum</i>	MED	U2	D	↘
3260	Fiumi delle pianure e montani con vegetazione del Ranunculion fluitantis e Callitricho-Batrachion	ALP	U2	D	→
3260	Fiumi delle pianure e montani con vegetazione del Ranunculion fluitantis e Callitricho-Batrachion	CON	U2	D	→
3260	Fiumi delle pianure e montani con vegetazione del Ranunculion fluitantis e Callitricho-Batrachion	MED	U2	D	→
3270	Fiumi con argini melmosi con vegetazione del Chenopodion rubri p.p. e Bidention p.p.	ALP	XX		
3270	Fiumi con argini melmosi con vegetazione del Chenopodion rubri p.p. e Bidention p.p.	CON	U1	D	→
3270	Fiumi con argini melmosi con vegetazione del Chenopodion rubri p.p. e Bidention p.p.	MED	U1	D	↘

3280	Fiumi mediterranei a flusso permanente con il Paspalo-Agrostidion e con filari ripari di <i>Salix</i> e <i>Populus alba</i>	ALP	U1	Unk	
3280	Fiumi mediterranei a flusso permanente con il Paspalo-Agrostidion e con filari ripari di <i>Salix</i> e <i>Populus alba</i>	CON	U1	Unk	
3280	Fiumi mediterranei a flusso permanente con il Paspalo-Agrostidion e con filari ripari di <i>Salix</i> e <i>Populus alba</i>	MED	U2	Unk	↘
3290	Fiumi mediterranei a flusso intermittente con il Paspalo-Agrostidion	MED	U1	Unk	↘
4030	Lande secche europee	ALP	FV	I	
4030	Lande secche europee	CON	U2	S	↘
4030	Lande secche europee	MED	U1	D	
4090	Lande oro-mediterranee endemiche a ginestre spinose	ALP	U2	D	
4090	Lande oro-mediterranee endemiche a ginestre spinose	CON	XX		
4090	Lande oro-mediterranee endemiche a ginestre spinose	MED	FV	S	→
5110	Formazioni stabili xerotermofile a <i>Buxus sempervirens</i> sui pendii rocciosi (Berberidion p.p.)	ALP	U1	S	→
5110	Formazioni stabili xerotermofile a <i>Buxus sempervirens</i> sui pendii rocciosi (Berberidion p.p.)	CON	FV	I	↗
5110	Formazioni stabili xerotermofile a <i>Buxus sempervirens</i> sui pendii rocciosi (Berberidion p.p.)	MED	U1	S	↘
5130	Formazioni a <i>Juniperus communis</i> su lande o prati calcicoli	ALP	U1	S	↘
5130	Formazioni a <i>Juniperus communis</i> su lande o prati calcicoli	CON	U1	S	↘
5130	Formazioni a <i>Juniperus communis</i> su lande o prati calcicoli	MED	U1	S	↘
5210	Matorral arborescenti a <i>Juniperus</i> spp.	ALP	U2	D	↘
5210	Matorral arborescenti a <i>Juniperus</i> spp.	CON	U2	D	↘
5210	Matorral arborescenti a <i>Juniperus</i> spp.	MED	U2	D	↘
5220	Matorral arborescenti di <i>Zyziphus</i>	MED	U2	S	→
5230	Matorral arborescenti di <i>Laurus nobilis</i>	CON	FV	I	→
5230	Matorral arborescenti di <i>Laurus nobilis</i>	MED	U1	D	→
5310	Boscaglia fitta di <i>Laurus nobilis</i>	CON	FV	S	↗
5310	Boscaglia fitta di <i>Laurus nobilis</i>	MED	XX		→
5320	Formazioni basse di euforbie vicino alle scogliere	MED	U1	S	↘
5330	Arbusteti termomediterranei e pre-desertici	CON	U1	S	↘
5330	Arbusteti termomediterranei e pre-desertici	MED	U1	S	→
5410	Phrygane del Mediterraneo occidentale sulla sommità di scogliere (Astragalo-Plantagnetum subulatae)	MED	U1	D	↗
5420	Frigane a <i>Sarcopoterium spinosum</i>	MED	U1	S	↘
5430	Phrygana endemiche dell'Euphorbio-Verbascion	MED	U1	S	→
6110	Formazioni erbose rupicole calcicole o basofile dell'Alyso-Sedion albi	ALP	U1	I	↗
6110	Formazioni erbose rupicole calcicole o basofile dell'Alyso-Sedion albi	CON	U1	I	→
6110	Formazioni erbose rupicole calcicole o basofile dell'Alyso-Sedion albi	MED	U1	D	

6130	Formazioni erbose calaminari dei Violetalia calaminariae	ALP	U1	S	
6130	Formazioni erbose calaminari dei Violetalia calaminariae	CON	U1	I	
6130	Formazioni erbose calaminari dei Violetalia calaminariae	MED	U2	D	↘
6210	Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (Festuco-Brometalia) (*importanti siti d'orchidee)	ALP	U2	D	↘
6210	Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (Festuco-Brometalia) (*importanti siti d'orchidee)	CON	U2	D	↘
6210	Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (Festuco-Brometalia) (*importanti siti d'orchidee)	MED	U2	D	↘
6220	Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei Thero-Brachypodietea	ALP	U1	S	
6220	Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei Thero-Brachypodietea	CON	U2	D	↘
6220	Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei Thero-Brachypodietea	MED	U2	D	↘
6230	Formazioni erbose a Nardus, ricche di specie, su substrato siliceo delle zone montane (e delle zone submontane dell'Europa continentale)	ALP	U1	S	↗
6230	Formazioni erbose a Nardus, ricche di specie, su substrato siliceo delle zone montane (e delle zone submontane dell'Europa continentale)	CON	U2	D	↘
6230	Formazioni erbose a Nardus, ricche di specie, su substrato siliceo delle zone montane (e delle zone submontane dell'Europa continentale)	MED	U2	D	↘
6240	Formazioni erbose steppiche sub-pannoniche	ALP	U2	S	→
6310	Dehesas con Quercus ssp. sempreverde	MED	U2	D	↘
6410	Praterie con Molinia su terreni calcarei, torbosi o argilloso-limosi (Molinion coeruleae)	ALP	U1	S	↗
6410	Praterie con Molinia su terreni calcarei, torbosi o argilloso-limosi (Molinion coeruleae)	CON	U2	S	↘
6410	Praterie con Molinia su terreni calcarei, torbosi o argilloso-limosi (Molinion coeruleae)	MED	U2	S	→
6420	Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del Molinio-Holoschoenion	ALP	U2	D	
6420	Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del Molinio-Holoschoenion	CON	U2	D	↘
6420	Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del Molinio-Holoschoenion	MED	U1	D	→
6430	Bordure planiziali, montane e alpine di megafornie idrofile	ALP	U1	I	→
6430	Bordure planiziali, montane e alpine di megafornie idrofile	CON	U1	D	↘
6430	Bordure planiziali, montane e alpine di megafornie idrofile	MED	U1	D	→

6510	Praterie magre da fieno a bassa altitudine <i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>	ALP	U1	S	↗
6510	Praterie magre da fieno a bassa altitudine <i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>	CON	U1	I	→
6510	Praterie magre da fieno a bassa altitudine <i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>	MED	U2	D	↘
6520	Praterie montane da fieno	ALP	U1	I	↗
6520	Praterie montane da fieno	CON	U2	D	→
6520	Praterie montane da fieno	MED	U1	Unk	
7120	Torbiere alte degradate ancora suscettibili di rigenerazione naturale	ALP	U2	I	
7140	Torbiere di transizione e instabili	ALP	U1	S	↗
7140	Torbiere di transizione e instabili	CON	U2	D	→
7140	Torbiere di transizione e instabili	MED	U2	S	↘
7150	Depressioni su substrati torbosi del Rhyncosporion	ALP	U2	D	→
7150	Depressioni su substrati torbosi del Rhyncosporion	CON	U2	Unk	
7150	Depressioni su substrati torbosi del Rhyncosporion	MED	U1	Unk	
7210	Paludi calcaree con <i>Cladium mariscus</i> e specie del Caricion davallianae	ALP	U2	S	→
7210	Paludi calcaree con <i>Cladium mariscus</i> e specie del Caricion davallianae	CON	U1	S	↗
7210	Paludi calcaree con <i>Cladium mariscus</i> e specie del Caricion davallianae	MED	U1	S	↗
7220	Sorgenti petrificanti con formazione di travertino (Cratoneurion)	ALP	U2	I	↘
7220	Sorgenti petrificanti con formazione di travertino (Cratoneurion)	CON	U2	D	↘
7220	Sorgenti petrificanti con formazione di travertino (Cratoneurion)	MED	U1	S	→
7230	Torbiere basse alcaline	ALP	U1	S	↗
7230	Torbiere basse alcaline	CON	U2	D	→
7230	Torbiere basse alcaline	MED	U1	I	→
8130	Ghiaioni del Mediterraneo occidentale e termofili	ALP	FV	I	↗
8130	Ghiaioni del Mediterraneo occidentale e termofili	CON	U1	S	↘
8130	Ghiaioni del Mediterraneo occidentale e termofili	MED	U1	S	↘
8210	Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofitica	ALP	FV	I	→
8210	Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofitica	CON	U1	S	↘
8210	Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofitica	MED	U1	D	↘
8220	Pareti rocciose silicee con vegetazione casmofitica	ALP	FV	I	→
8220	Pareti rocciose silicee con vegetazione casmofitica	CON	U1	S	↘
8220	Pareti rocciose silicee con vegetazione casmofitica	MED	U1	S	↘
8230	Rocce silicee con vegetazione pioniera del Sedo-Scleranthion o del Sedo albi-Veronicion dillenii	ALP	U1	S	→
8230	Rocce silicee con vegetazione pioniera del Sedo-Scleranthion o del Sedo albi-Veronicion dillenii	CON	U1	S	↘

8230	Rocce silicee con vegetazione pioniera del Sedo-Scleranthion o del Sedo albi-Veronicion dillenii	MED	U1	S	↘
8240	Pavimenti calcarei	ALP	U1	S	↘
8240	Pavimenti calcarei	CON	U1	S	↘
8240	Pavimenti calcarei	MED	U1	S	↘
8310	Grotte non ancora sfruttate a livello turistico	ALP	U1	S	→
8310	Grotte non ancora sfruttate a livello turistico	CON	U1	S	→
8310	Grotte non ancora sfruttate a livello turistico	MED	U1	S	→
8320	Campi di lava e cavità naturali	MED	U1	S	↘
9110	Faggeti del Luzulo-Fagetum	ALP	U1	D	→
9110	Faggeti del Luzulo-Fagetum	CON	U1	S	↘
9110	Faggeti del Luzulo-Fagetum	MED	U1	Unk	
9120	Faggeti acidofili atlantici con sottobosco di <i>Ilex</i> e a volte di <i>Taxus</i> (Quercion robori-petraeae o Ilici-Fagenion)	MED	XX		→
9130	Faggete di Asperulo-Fagetum	ALP	U1	D	→
9130	Faggete di Asperulo-Fagetum	CON	U1	S	→
9150	Faggeti calcicoli dell'Europa Centrale del Cephalanthero-Fagion	ALP	U2	D	↘
9150	Faggeti calcicoli dell'Europa Centrale del Cephalanthero-Fagion	MED	U2	Unk	
9160	Querceti di farnia o rovere subatlantici e dell'Europa centrale del Carpinion betuli	ALP	U2	D	→
9160	Querceti di farnia o rovere subatlantici e dell'Europa centrale del Carpinion betuli	CON	U1	D	
9160	Querceti di farnia o rovere subatlantici e dell'Europa centrale del Carpinion betuli	MED	XX		
9170	Querceti di rovere del Galio-Carpinetum	ALP	U2	D	→
9180	Foreste di versanti, ghiaioni e valloni del Tilio-Acerion	ALP	U1	S	↗
9180	Foreste di versanti, ghiaioni e valloni del Tilio-Acerion	CON	U1	S	→
9180	Foreste di versanti, ghiaioni e valloni del Tilio-Acerion	MED	U1	Unk	→
9190	Vecchi querceti acidofili delle pianure sabbiose con <i>Quercus robur</i>	CON	U2	D	→
91AA	Boschi orientali di quercia bianca	ALP	U1	D	
91AA	Boschi orientali di quercia bianca	CON	U2	D	→
91AA	Boschi orientali di quercia bianca	MED	U2	S	→
91B0	Frassineti termofili a <i>Fraxinus angustifolia</i>	CON	U2	D	→
91B0	Frassineti termofili a <i>Fraxinus angustifolia</i>	MED	U2	S	→
91D0	Torbiere boschive	ALP	U1	D	→
91EO	Foreste alluvionali di <i>Alnus glutinosa</i> e <i>Fraxinus excelsior</i> (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae)	ALP	U2	D	→
91EO	Foreste alluvionali di <i>Alnus glutinosa</i> e <i>Fraxinus excelsior</i> (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae)	CON	U2	D	→
91EO	Foreste alluvionali di <i>Alnus glutinosa</i> e <i>Fraxinus excelsior</i> (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae)	MED	U1	S	→

91F0	Foreste miste riparie di grandi fiumi a <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> e <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> o <i>Fraxinus angustifolia</i> (Ulmenion minoris)	ALP	U2	D	→
91F0	Foreste miste riparie di grandi fiumi a <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> e <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> o <i>Fraxinus angustifolia</i> (Ulmenion minoris)	CON	U2	D	→
91F0	Foreste miste riparie di grandi fiumi a <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> e <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> o <i>Fraxinus angustifolia</i> (Ulmenion minoris)	MED	U2	S	→
91H0	Boschi pannonici di <i>Quercus pubescens</i>	ALP	U2	D	→
91K0	Foreste illiriche a <i>Fagus sylvatica</i>	ALP	U1	S	→
91L0	Querco-Carpineti illirici (Erythronio-Carpinion)	ALP	U2	D	→
91L0	Querco-Carpineti illirici (Erythronio-Carpinion)	CON	U1	D	→
91L0	Querco-Carpineti illirici (Erythronio-Carpinion)	MED	U1	S	→
91M0	Foreste Pannonico-Balcaniche di cerro e rovere	CON	FV	S	↗
91M0	Foreste Pannonico-Balcaniche di cerro e rovere	MED	U1	S	→
92A0	Foreste a galleria di <i>Salix alba</i> e <i>Populus alba</i>	ALP	U1	S	→
92A0	Foreste a galleria di <i>Salix alba</i> e <i>Populus alba</i>	CON	U2	D	→
92A0	Foreste a galleria di <i>Salix alba</i> e <i>Populus alba</i>	MED	U2	S	→
92C0	Foreste di <i>Platanus orientalis</i> e <i>Liquidambar orientalis</i> (Platanion orientalis)	MED	U1	S	→
92D0	Gallerie e forteti ripari meridionali (Nerio-Tamaricetea e Securinegion tinctoriae)	MED	U1	S	→
95A0	Foreste di Pino oromediterranee	MED	U1	S	→
9210	Apennine beech forests with <i>Taxus</i> and <i>Ilex</i>	ALP	U1	D	↘
9210	Faggeti degli Appennini con <i>Taxus</i> e <i>Ilex</i>	CON	U2	D	↘
9210	Faggeti degli Appennini con <i>Taxus</i> e <i>Ilex</i>	MED	FV	S	→
9220	Faggeti degli Appennini con <i>Abies alba</i> e faggeti con <i>Abies nebrodensis</i>	ALP	U1	I	↘
9220	Faggeti degli Appennini con <i>Abies alba</i> e faggeti con <i>Abies nebrodensis</i>	CON	FV	S	→
9220	Faggeti degli Appennini con <i>Abies alba</i> e faggeti con <i>Abies nebrodensis</i>	MED	FV	S	→
9250	Querceti a <i>Quercus trojana</i>	MED	U1	Unk	→
9260	Foreste di <i>Castanea sativa</i>	ALP	U1	D	→
9260	Foreste di <i>Castanea sativa</i>	CON	U1	D	→
9260	Foreste di <i>Castanea sativa</i>	MED	U1	Unk	→
9320	Foreste di <i>Olea</i> e <i>Ceratonia</i>	MED	U1	S	→
9330	Foreste di <i>Quercus suber</i>	MED	U1	S	→
9340	Foreste di <i>Quercus ilex</i> e <i>Quercus rotundifolia</i>	ALP	U1	S	→
9340	Foreste di <i>Quercus ilex</i> e <i>Quercus rotundifolia</i>	CON	FV	S	→
9340	Foreste di <i>Quercus ilex</i> e <i>Quercus rotundifolia</i>	MED	U1	S	→
9350	Foreste di <i>Quercus macrolepis</i>	MED	U2	S	→
9380	Foreste di <i>Ilex aquifolium</i>	MED	U1	S	→
9410	Foreste acidofile montane e alpine di <i>Picea</i> (Vaccinio-Piceetea)	ALP	U1	D	→

9410	Foreste acidofile montane e alpine di <i>Picea</i> (Vaccinio-Piceetea)	CON	U1	S	→
9530	Pinete (sub-)mediterranee di pini neri endemici	ALP	U1	S	→
9530	Pinete (sub-)mediterranee di pini neri endemici	CON	U1	Unk	→
9530	Pinete (sub-)mediterranee di pini neri endemici	MED	FV	S	→
9540	Pinete mediterranee di pini mesogeni endemici	CON	U2	S	→
9540	Pinete mediterranee di pini mesogeni endemici	MED	U1	S	→
9560	Foreste Mediterranee endemiche di <i>Juniperus</i> spp.	ALP	U1	D	→
9580	Foreste mediterranee di <i>Taxus baccata</i>	MED	U1	S	→

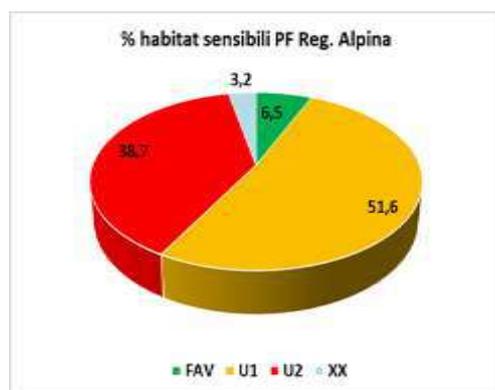


Figura 1.1.3 – Percentuale di habitat tutelati dalla Direttiva Habitat sensibili ai prodotti fitosanitari (secondo criteri descritti nel Rapporto ISPRA 216/2015 e integrate con i risultati del III e IV Report ex art. 17 Direttiva Habitat) che ricadono nelle diverse categorie di stato di conservazione

1.2 L'agricoltura biologica nella Rete Natura 2000 e nelle aree protette

Lo scambio di dati e informazioni tra AGEA ed ISPRA sull'attività agricola biologica svolta all'interno delle EUAP, dei Siti facenti parte della Rete Natura 2000 e delle zone Ramsar, si colloca nel contesto della collaborazione che l'Agenzia e l'Istituto hanno da più di dieci anni, formalizzato con una convenzione stipulata nel 2014, che prevedeva una collaborazione sinergica nel rispetto delle specifiche competenze e ai fini comuni.

Al fine di ottenere un quadro quanto più realistico della superficie agricola presente nelle Aree protette, nei Siti Natura 2000 e nelle Zone Ramsar (di seguito indicate in generale "aree protette"), fra cui quella gestita con il metodo biologico, e del numero di aziende presenti in tali aree, i due enti hanno messo a sistema i dati a loro disposizione.

1.2.1 Dati di base e metodi

I dati messi a disposizione da ISPRA per il suddetto scopo sono i poligoni (shape file) di:

- Aree protette istituite in base alla L. 394/1991 (e relative leggi di recepimento regionali) e inserite nell'Elenco Ufficiale (EUAP) integrato e aggiornato con il dato del CDDA (Common Database Designated Areas) che ISPRA trasmette annualmente all'Agenzia Europea per l'Ambiente
- Siti Natura 2000 ovvero SIC-ZSC istituite in base alla Direttiva Habitat 92/43/CEE e ZPS istituite in base alla Direttiva Uccelli 2009/147/CE disponibili sul sito del MATTM www.minambiente.it
- Zone Ramsar designate in base alla Convenzione di Ramsar ratificata con DPR n. 448 del 13 marzo 1976 e con il successivo DPR n. 184 dell'11 febbraio 1987, forniti dal MATTM

I dati messi a disposizione da AGEA sono, in formato Esri Shape file, i poligoni delimitati dagli usi del suolo dichiarati dalle aziende agricole, fra cui quelle biologiche, che hanno un fascicolo attivo registrato nella banca dati SIAN e che sono operanti all'interno dei confini dell'insieme delle suddette aree protette. Tali dati sono stati tratti dai Piani di Coltivazione Grafici (PCG) presenti nella banca dati SIAN. I poligoni degli usi del suolo dichiarati delle aziende agricole sono stati intersecati con i perimetri delle suddette aree protette (Aree protette EUAP, Siti Natura 2000 e Zone Ramsar).

Visto che i dati relativi alle aziende agricole forniti da AGEA sono aggiornati a dicembre 2018, che corrisponde alla data più recente dell'ultimo aggiornamento dei PCG, è stato utilizzato l'aggiornamento per quella data anche dei dati relativi alle Aree protette, Siti Natura 2000 e Zone Ramsar.

Il poligono riferito alle aziende incluse nelle suddette aree protette contiene il codice dell'uso del suolo dichiarato a quella data ma anche gli annessi agricoli. Pertanto il dato fornito permette di calcolare sia la Superficie Agricola Totale (SAT), sia la Superficie Agricola Utilizzata (SAU).

I dati forniti sono stati riuniti in un unico database nazionale, che contiene tutte le superfici agricole, fra cui quelle biologiche, relative alle aziende che, a dicembre 2018, presentavano almeno un poligono all'interno di un'Area protetta, Sito Natura 2000 e/o Zona Ramsar.

È stata esclusa dall'analisi la parte di superficie di aree protette/Siti Natura 2000/Zone Ramsar (porzione di sito e/o intero sito) che ricadeva in mare. Per il calcolo della superficie totale dei Siti Natura 2000, è stata calcolata la superficie totale derivante dalla sovrapposizione di tutti i Siti di Importanza Comunitaria-Zone Speciali di Conservazione con le Zone di Protezione Speciale, calcolando solo una volta le aree di sovrapposizione. Il calcolo delle superfici di questo tipo di aree è stato effettuato attribuendo a ciascuna Regione la parte di sito effettivamente ricadente nel proprio territorio.

Per il calcolo delle superfici agricole delle aziende sono stati adottati due criteri differenti: il primo è quello della "residenza dell'azienda", basato sulla localizzazione della sede legale dell'azienda agricola presente in un'area protetta (Natura 2000, EUAP, RAMSAR) indicata nel fascicolo aziendale; il secondo è quello su base "territoriale", basato cioè sulla presenza di almeno una particella dell'azienda agricola all'interno del territorio di un'area protetta.

Possono verificarsi infatti diverse casistiche: un'azienda agricola può avere sede legale in un Comune o addirittura in una Regione diversa dalla localizzazione di un'area protetta, oppure una parte dei propri terreni ricadenti in un'area protetta e una parte al di fuori di essa, o parte in una regione e parte in altre aree protette della stessa regione o di regioni diverse, o addirittura non avere nessuna parcella di SAU all'interno di questa ma nelle sue immediate vicinanze.

Il primo criterio, basato sulla "residenza dell'azienda", consente quindi di conteggiare una sola volta la singola azienda agricola in relazione alla localizzazione della sua sede legale. Il secondo criterio, invece consente di quantificare con precisione la SAT e SAU aziendale nei siti, incrociando i dati presenti nel fascicolo aziendale delle aziende agricole, ottenuto con il rilevamento satellitare dell'uso del suolo. Questo dato viene utilizzato dall'organismo pagatore AGEA, con il supporto tecnico di SIN SpA, per le sue attività di controllo delle dichiarazioni delle aziende agricole in relazione ai pagamenti del primo e secondo pilastro della PAC.

Dai dati forniti (superfici agricole convenzionali e biologiche all'interno delle aree protette in esame) grazie ad una chiave di corrispondenza tra codice di occupazione del suolo e SAU (fornito da AGEA), è stato possibile estrapolare la SAU effettivamente appartenente alle singole aziende suddividendole poi per regione.

La SAU biologica e convenzionale è stata calcolata quindi per varie tipologie di aree protette separatamente.

Dal calcolo sono state eliminate gli elementi con SAU = 0 corrispondenti a: corsi d'acqua, i canali e le idrovie, la vegetazione ripariale, gli invasi e piccoli bacini d'acqua, i laghi e i bacini d'acqua di superficie significativa, le aree non coltivabili, i manufatti, l'arboricoltura da legno, le aree non coltivabili, l'area a vegetazione sclerofilla, le aree verdi urbane, i boschi di conifere e/o di latifoglie, i cespuglieti, le siepi e i filari, le rocce nude, le falesie, i ghiacciai e le nevi perenni.

1.2.2 Risultati

Le tabelle seguenti illustrano la distribuzione della SAU di tutte le aziende agricole e quelle della superficie biologica suddivisa nelle singole regioni italiane e nelle diverse tipologie di aree protette in esame. Per ogni regione viene anche riportato il numero di aziende agricole in base al dato contenuto nel fascicolo aziendale e il numero di aziende biologiche calcolate in base alle sedi legali ricadenti nelle aree protette.

In particolare, nella tabella 1.2.1 viene riportato il valore di superficie SAU, biologica e totale, nei siti Natura 2000 (al netto delle sovrapposizioni fra SIC-ZSC e ZPS), la percentuale di superficie SAU biologica rispetto alla SAU totale e il numero di aziende agricole biologiche in essi presenti.

Tabella 1.2.1 – Numero aziende biologiche e superficie biologica rispetto alla SAU totale in Siti Natura 2000 (SIC-ZSC/ZPS, aggiornamento 2018)

REGIONE	Superficie SAU tot. in Natura 2000 (ettari)	Superficie SAU BIO in Natura 2000 (ha)	Numero aziende agricole (Fascicolo Aziendale)	Numero aziende biologiche (Sede Legale)	% di SAU tot./sup. Natura 2000	% di SAU bio/SAU tot in Natura2000	% di SAU BIO/sup. tot Natura 2000
Abruzzo	60.488,53	6.328,31	4.324	247	14,13	10,46	1,48
Basilicata	22.374,97	2.609,50	3.041	165	12,97	11,66	1,51
Calabria	60.578,70	17.596,74	10.135	1.577	20,71	29,05	6,02
Campania	69.029,90	8.657,23	14.243	1.220	18,39	12,54	2,31
Emilia Romagna	64.422,25	13.644,43	5.171	537	24,35	21,18	5,16
Friuli Venezia Giulia	11.219,10	1.332,86	1.582	124	7,58	11,88	0,90
Lazio	81.264,90	17.111,64	7.083	722	21,40	21,06	4,51
Liguria	6.925,09	553,46	823	87	4,95	7,99	0,40
Lombardia	90.608,38	4.177,29	3.947	257	24,27	4,61	1,12
Marche	32.936,22	6.188,14	2.136	357	24,12	18,79	4,53
Molise	36.844,20	1.744,41	5.577	148	31,11	4,73	1,47
Piemonte	88.277,23	3.462,54	4.855	206	23,91	3,92	0,94
Puglia	98.719,87	29.845,21	19.473	1.908	24,32	30,23	7,35
Sardegna	148.594,12	9.709,75	5.358	461	32,68	6,53	2,14
Sicilia	153.896,69	14.886,92	15.770	1.561	32,50	9,67	3,14
Toscana	38.439,20	7.961,87	3.185	454	11,99	20,71	2,48
Trentino Alto Adige	41.414,91	1.220,14	1.592	177	12,70	2,95	0,37
Umbria	25.605,05	2.740,79	3.032	305	19,66	10,70	2,10
Valle d'Aosta	11.369,70	384,66	259	10	8,56	3,38	0,29
Veneto	24.809,77	3.365,98	5.311	404	5,99	13,57	0,81
TOTALE	1.167.818,76	153.521,88	116.897	10.927	19,94	13,15	2,62

*elenco delle aziende agricole presenti nel fascicolo aziendale

** nei casi in cui nel fascicolo non è presente nessun riferimento di tipo amministrativo, è stato utilizzato il criterio 'territoriale' dell'azienda.

Tabella 1.2.2 – Numero aziende biologiche e superficie biologica rispetto alla SAU totale in EUAP/CDDA (aggiornamento 2018)

REGIONE	Superficie SAU tot. in EUAP (ettari)	Superficie SAU BIO in EUAP (ha)	Numero aziende agricole (Fascicolo Aziendale)	Numero aziende biologiche (Sede Legale)	% di SAU tot/ sup. EUAP	% di SAU BIO/ SAU tot in EUAP	% di SAU BIO/ sup. tot EUAP
Abruzzo	61.298,87	5.412,88	2.181	192	20,08	8,83	1,77
Basilicata	26.469,54	2.916,71	2.365	170	13,34	11,02	1,47
Calabria	33.193,53	7.022,16	3.564	581	12,88	21,16	2,73
Campania	34.882,41	7.591,85	6.141	1.093	9,88	21,76	2,15
Emilia Romagna	9.400,39	2.470,26	1.214	165	10,59	26,28	2,78
Friuli Venezia Giulia	847,48	87,52	139	16	1,60	10,33	0,16
Lazio	43.192,92	7.882,54	3.060	424	20,01	18,25	3,65
Liguria	811,75	21,84	115	21	2,77	2,69	0,07
Lombardia	19.660,07	464,28	1.755	106	14,63	2,36	0,35
Marche	17.497,66	4.143,67	917	197	19,59	23,68	4,64
Molise	251,34	14,61	56	3	3,81	5,81	0,22
Piemonte	32.566,37	1.208,18	2.141	86	18,82	3,71	0,70
Puglia	60.322,50	19.000,28	6.173	1.409	22,25	31,50	7,01
Sardegna	20.267,99	2.331,40	1.016	99	21,48	11,50	2,47
Sicilia	78.728,31	9.209,86	7.111	831	28,71	11,70	3,36
Toscana	10.349,42	2.506,29	1.009	162	7,21	24,22	1,75
Trentino Alto Adige	33.754,89	781,37	1.421	130	12,56	2,31	0,29
Umbria	13.207,72	1.982,32	1.234	120	20,97	15,01	3,15
Valle d'Aosta	2.705,39	45,45	119	4	6,25	1,68	0,10
Veneto	6.600,32	1.422,10	1.295	126	7,64	21,55	1,65
TOTALE	506.008,85	76.515,56	43.026	5.935	16,07	15,12	2,43

*elenco delle aziende agricole presenti nel fascicolo aziendale

** nei casi in cui nel fascicolo non è presente nessun riferimento di tipo amministrativo, è stato utilizzato il criterio 'territoriale' dell'azienda

La SAU totale nelle aree protette EUAP è pari al 16% della superficie totale; la SAU gestita con il metodo biologico nelle aree protette EUAP (aggiornamento CDDA 2018) corrisponde al 15,12% della SAU totale, ed è pari a 76.515,56 ha. In totale le aziende biologiche con sede legale in queste aree sono 5.935 pari a circa il 13,8% delle aziende agricole totali pari a 43.026. La Regione con una superficie maggiore SAU gestita a biologico in aree EUAP è la Puglia, con il 31% rispetto alla SAU totale. Le Regioni che presentano un valore di SAU gestita con il metodo biologico dal 20 al 26% della SAU totale nelle aree EUAP sono Emilia Romagna, Toscana, Marche, Campania, Veneto, Calabria. Le Regioni con la minor percentuale di SAU biologica rispetto alla totale in questo tipo di aree sono il Trentino Alto Adige, la Valle d'Aosta, la Lombardia, la Liguria e il Piemonte.

Nella tabella 1.2.3 viene riportato il valore di superficie SAU, biologica e totale, la percentuale di superficie SAU biologica e il numero di aziende agricole e quelle biologiche nei siti EUAP suddivisi per tipologia di aree protette. Come si può notare il numero di aziende totali è variato, ovvero risultato 43.883 rispetto e 43.026 rispetto al dato riportato nella tabella 1.2.2. Questa differenza rappresenta il caso a cui si accennava all'inizio ovvero: la stessa azienda agricola presenta parcelle che ricadono in diverse tipologie di aree protette, quindi nella somma totale riportata nella tabella sono state contate più volte. Pertanto il numero totale delle aziende è quello riportato nella tabella 1.2.2.

Tab 1.2.3 – Superficie SAU biologica rispetto alla SAU totale in EUAP/CDDA divise per tipologia di AAPP (aggiornamento 2018) – Legenda: AANP = Altre aree Naturali Protette, PNR = Parchi Naturali Regionali, PNZ = Parchi Nazionali, RNR = Riserve Naturali Regionali, RNS = Riserve Naturali Statali

Tipologia sito EUAP	Superficie (ha) SAU tot.	Superficie (ha) SAU BIO	Numero aziende agricole (Fascicolo Aziendale)	Numero aziende biologiche (Sede Legale)	% di SAU tot/ sup. EUAP	% di SAU bio/SAU tot in EUAP	% di SAU BIO/sup. tot
AANP	5.459,58	603,00	1461	116	12,72	11,04	1,41
PNR	198.989,37	27.733,58	17114	2347	15,69	13,94	2,19
PNZ	239.070,26	41.013,53	15917	2626	15,51	17,16	2,66
RNR	51.015,39	5.534,56	8280	888	21,67	10,85	2,35
RNS	13.982,58	1.714,57	1111	139	10,84	12,26	1,33
TOTALE	508.517,18	76.599,23	43.883***	*** 6116	15,81	15,06	2,38

*elenco delle aziende agricole presenti nel fascicolo aziendale

*** in molti casi la stessa azienda ricade in diverse tipologie di AAPP

Le aree protette EUAP che presentano una percentuale maggiore di superficie SAU sono le Riserve Naturali Regionali, mentre quelle con la percentuale maggiore di SAU gestita a biologico sono i Parchi Nazionali con SAU BIO pari al 17,16% della SAU totale e 2.347 aziende biologiche pari 13,7% del totale delle aziende (pari a 17.114). Le altre tipologie di aree protette presentano una percentuale di SAU biologica sotto la media del 15%, con il minimo nelle Altre aree naturali protette (pari a 11,04%). Il totale delle aziende biologiche nelle aree EUAP è pari a 6.116 che corrispondono a circa il 14% del totale delle aziende presenti (pari a 43.883).

Nella tabella 1.2.4 viene riportato il valore di superficie SAU, biologica e totale, la percentuale di superficie SAU biologica e il numero di aziende agricole e quelle biologiche nelle Zone RAMSAR, suddivise per regione (non tutte le Regioni presentano Zone Ramsar). È interessante notare che ci sono delle aziende la cui superficie agricola ricade all'interno delle Zone Ramsar ma che hanno sede legale in un'altra regione; ciò si verifica sia per aziende biologiche che per le convenzionali.

Circa il 12% del territorio delle Zone Ramsar è caratterizzata dalla presenza di SAU; la SAU gestita con il metodo biologico nelle Zone Ramsar è pari al 19,76% rispetto alla SAU totale. Le aziende biologiche sono circa il 9% delle aziende agricole presenti in questa tipologia di aree protette (146 su 1.638). Le Regioni Emilia Romagna, Sicilia, Basilicata e Calabria presentano una percentuale SAU BIO/SAU tot. compresa fra il 24 e il 33%.

Tabella 1.2.4 – Numero aziende biologiche e superficie biologica rispetto alla SAU totale in Zone Ramsar (aggiornamento 2018)

REGIONE	Superficie SAU tot. in RAMSAR (ettari)	superficie SAU_BIO in RAMSAR (ha)	Numero aziende agricole (Fascicolo Aziendale)	Numero aziende biologiche (Sede Legale)	% di SAU tot/sup. RAMSAR	% di SAU bio/SAU tot in RAMSAR	% di SAU BIO/sup. tot RAMSAR
Abruzzo	-	-	1	1	-	-	-
Basilicata	439,97	119,08	78	5	19,04	27,07	5,15
Calabria	242,39	58,39	100	24	27,54	24,09	6,63
Campania	14,05	0,00	20	3	3,79	0,00	0,00
Emilia Romagna	1.461,08	488,66	82	16	6,26	33,45	2,09
Friuli Venezia Giulia	262,99	4,68	48	3	6,34	1,78	0,11
Lazio	606,66	89,03	47	7	15,61	14,68	2,29
Liguria			2				
Lombardia	907,32	23,90	221	11	23,15	2,63	0,61
Marche			1				
Piemonte			1				
Puglia	103,78	6,40	161	10	1,69	6,16	0,10
Sardegna	943,36	19,42	248	5	7,28	2,06	0,15
Sicilia	683,95	192,02	289	40	20,00	28,08	5,62
Trentino Alto Adige	-	-	-	-	-	-	-
Toscana	3.613,90	871,27	270	10	18,54	24,11	4,47
Umbria	47,34	0,06	34	1	29,07	0,12	0,04
Veneto	232,28	16,22	35	10	18,89	6,98	1,32
TOTALE	9.559,08	1.889,14	1.638	146	11,59	19,76	2,29

*elenco delle aziende agricole presenti nel fascicolo aziendale

1.2.3 Conclusioni

L'integrazione dei dati relativi alle diverse tipologie di aree protette (Siti Natura 2000, Aree protette EUAP e nelle Zone Ramsar) con quelli delle superfici e delle sedi legali delle aziende agricole ha permesso di definire un primo quadro a livello nazionale sull'agricoltura nei diversi tipi di aree protette. Le aree protette con una maggiore percentuale di SAU rispetto alla superficie totale sono i Siti Natura 2000 con circa il 20%, a seguire le aree EUAP con circa il 16% e le Zone Ramsar con il 12%. Tali rapporti si invertono se si considerano le percentuali di SAU biologica rispetto alla SAU totale. Infatti le Zone Ramsar, presentano un rapporto maggiore delle altre tipologie di aree protette, con circa il 20% di SAU biologica rispetto alla SAU totale; a seguire vi sono le aree EUAP con il 15,6% (fra cui i Parchi Nazionali con il 17,16%) e i Siti Natura 2000 con il 13,15%.

L'integrazione dei dati disponibili per le diverse tipologie di aree protette e sulle superfici SAU delle aziende agricole in esse presenti può costituire una base conoscitiva utile all'attuazione delle misure del PAN e della PAC.

Oltre ad aver permesso di ottenere il dato relativo alla presenza delle superfici agricole e in particolare di quelle gestite con il metodo biologico nelle diverse tipologie di aree protette, l'analisi cartografica effettuata ha consentito di approfondire e stabilire una metodologia e dei criteri di calcolo che potranno essere riutilizzati in caso si intenda monitorare l'estensione delle diverse tipologie di superfici e di aziende agricole nel corso degli anni per valutare l'attuazione dei suddetti Piani e della Strategia sulla Biodiversità al 2030.

1.3 Il PAN e le Misure delle Linee guida per la tutela degli ecosistemi acquatici e la biodiversità nelle aree protette e nei Siti Natura 2000

Il PAN o Piano di Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (DM 22/01/2014) è lo strumento per l'attuazione della Direttiva 2009/128/CE (recepita dal Dlgs. 152/2012), che si propone di raggiungere i seguenti obiettivi generali:

- ridurre i rischi e gli impatti dei prodotti fitosanitari (PF) sulla salute umana, sull'ambiente e sulla biodiversità;
- promuovere l'applicazione della difesa integrata, dell'agricoltura biologica e di altri approcci alternativi all'uso di prodotti fitosanitari;
- proteggere gli utilizzatori dei prodotti fitosanitari e la popolazione interessata e tutelare i consumatori;
- salvaguardare l'ambiente acquatico e le acque potabili;
- conservare la biodiversità e tutelare gli ecosistemi.

Il PAN, attualmente in fase di revisione, riporta al punto A.5.8 delle misure generiche per la tutela della biodiversità nelle aree protette e nei Siti Natura 2000, le quali prevedono che gli enti gestori e le Regioni e le Province autonome definiscano le misure per la tutela della biodiversità e integrino i Piani di gestione di siti Natura 2000 e delle aree protette e/o le misure di conservazione definite a scala regionale o di sito, considerando le attività agricole presenti e le caratteristiche di pericolo e di rischio delle sostanze attive e dei prodotti fitosanitari utilizzati dalle aziende presenti nel territorio. Tali misure vanno definite al fine di tutelare gli habitat e le specie legate agli ecosistemi acquatici (indicate nell'All. V del PAN) e terrestri, e gli habitat che dipendono da api e altri impollinatori.

Le Regioni e le Province autonome possono definire ulteriori misure per specie endemiche e rare e promuovere un'attività formativa per gli agricoltori, in particolare per quelli presenti in aree protette e in Siti Natura 2000, sui rischi per la biodiversità derivanti dall'uso dei prodotti fitosanitari.

Le Misure delle Linee guida di indirizzo per la tutela dell'ambiente acquatico e dell'acqua potabile e per la riduzione dell'uso di prodotti fitosanitari e dei relativi rischi nei Siti Natura 2000 e nelle aree naturali protette, pubblicate nel DM 10/3/2015, riportano 18 misure, nonché i relativi criteri di scelta per le Regioni e le Province autonome per l'attuazione del PAN e riguardano:

- misure per la mitigazione dei rischi associati alla deriva, al ruscellamento ed alla lisciviazione dei prodotti fitosanitari e di limitazione/sostituzione/eliminazione di prodotti fitosanitari per la tutela dell'ambiente acquatico e dell'acqua potabile (Misure 1-12);
- misure specifiche di mitigazione del rischio derivante dall'uso dei prodotti fitosanitari nei Siti Natura 2000 e nelle aree naturali protette, da inserire nei piani di gestione e nelle misure di conservazione (Misure 13 e 16);
- misure per la sicurezza del deposito e conservazione dei prodotti fitosanitari (Misure 14 e 15);
- misure per la formazione degli agricoltori, di supporto nell'applicazione delle misure del PAN e per il marketing per la vendita dei prodotti di qualità con basso o nullo apporto di prodotti

fitosanitari, provenienti da ambiti ad elevata valenza ambientale, fra cui Siti Natura 2000 e aree protette (Misure 17 e 18).

L'agricoltura biologica è considerata il metodo più compatibile con la conservazione della biodiversità, anche in base a quanto riportato nella Misura 13 delle linee guida, di cui si riporta un estratto del testo: *“Ai fini della conservazione degli habitat e delle specie tutelati nei Siti Natura 2000 e nelle aree naturali protette, sono messe a punto nell'ambito di ciascuna Regione dagli uffici competenti idonee strategie per l'attuazione delle misure di sostituzione/limitazione/eliminazione di specifiche tipologie di prodotti fitosanitari utilizzati nella difesa delle colture, avendo come riferimento il metodo dell'agricoltura biologica (Reg CE 834/07) e i disciplinari di produzione che prevedono l'applicazione della difesa integrata volontaria (legge n. 4 del 3 febbraio 2011). Le suddette strategie di difesa definiscono le misure di riduzione dell'uso dei prodotti fitosanitari e/o dei rischi di cui all'art. 15 del decreto legislativo n. 150/2012, sulla base dei seguenti criteri:*

- **uso di mezzi tecnici e/o prodotti fitosanitari, individuati prioritariamente fra quelli ammessi in agricoltura biologica, che presentino minore rischio per gli organismi da tutelare e per l'ambiente e che:**
 - **non presentino in etichetta frasi di precauzione per l'ambiente (SPe) definite dalla Direttiva 2003/82/CE;**
 - **oppure presentino in etichetta frasi di precauzione (SPe), che indicano ridotte misure di mitigazione per la protezione degli organismi acquatici;**
 - **oppure non siano classificati pericolosi per l'ambiente (N).**

La Misura 13 fornisce una serie di indicazioni secondo cui occorre sostituire/limitare/eliminare i prodotti fitosanitari contenenti delle specifiche Frasi di Precauzione per l'ambiente (SPe, di cui alla Direttiva 2003/82/CE, Auteri et al., 2007). In particolare, in Siti Natura 2000 o in aree protette in cui devono essere tutelati specie e habitat legate agli ambienti acquatici, occorre sostituire/limitare/eliminare prodotti fitosanitari con frasi SPe3 e SPe4. Oppure se in tali siti sono presenti specie legate alle acque sotterranee (come ad es. *Speleomantes* spp., *Proteus anguinus*), occorre sostituire/limitare/eliminare i prodotti fitosanitari contenenti le frasi di precauzione SPe1 e SPe2. Per altri tipi di specie e habitat occorre sostituire/limitare/eliminare i prodotti fitosanitari contenenti le frasi di precauzione SPe indicate nelle Tabella 1 e 2 del DM n. 16 del 10/3/2014. In particolare per la tutela di insetti impollinatori occorre sostituire/limitare/eliminare i prodotti fitosanitari contenenti le frasi di precauzione SPe8.

La misura 13 prevede anche delle specifiche misure di accompagnamento che costituiscono delle buone pratiche finalizzate a favorire la sopravvivenza di specie e habitat nei coltivi e diminuire la necessità di utilizzo di prodotti fitosanitari. In queste vi sono delle specifiche misure per le risaie che si riportano qui di seguito: realizzazione di solchi profondi circa 1 m; mantenimento della vegetazione dei canali mediante semina e sviluppo di vegetazione autoctona; utilizzo del diserbo meccanico; mantenimento delle stoppie in inverno fino alla fine di febbraio; mantenimento di una frazione allagata della risaia (5-20 cm di acqua); lavorazione poco profonda del fondo delle camere con mezzi meccanici evitando il rovesciamento.

Tali misure di accompagnamento sono da integrare sia con le prescrizioni relative ai prodotti fitosanitari indicate dalla Misura n. 13, sia con l'attuazione della Misura n. 11 relativa alle “Risaie in cui le falde soggiacenti sono particolarmente esposte al rischio contaminazione da prodotti fitosanitari”. Tale misura prevede le pratiche che possono minimizzare la possibilità di contaminare le falde soggiacenti le risaie attraverso: l'avvicendamento colturale; l'avvicendamento tra risaia tradizionale con semina in sommersione e risaia in asciutta; la falsa semina; l'utilizzo ad anni alterni o su un terzo della superficie da ruotare negli anni delle sostanze per le quali siano stati ritrovati valori residuali elevati; l'adozione di strategie atte alla limitazione degli interventi solo su una percentuale della superficie a riso; l'esecuzione di falsa semina e lavorazioni meccaniche per il controllo del riso crodo.

Per le altre colture rispetto, per minimizzare i potenziali effetti negativi causati dai prodotti fitosanitari sulle specie e gli habitat, la Misura 13 prevede le seguenti misure di accompagnamento: il mantenimento della varietà delle colture del territorio; l'uso di cultivar locali resistenti ai patogeni; il taglio della vegetazione lungo i fossi con mezzi meccanici possibilmente a lati alterni; il mantenimento lungo i margini dei coltivi di zone vegetate, siepi, filari, maceri, stagni ecc.; creazione di fasce con specie erbacee che attirano impollinatori in particolare le specie di farfalle da tutelare; mantenimento o ripristino di pozze, sviluppo di vegetazione; creazione di consociazioni colturali (brassicacee, leguminose, composite, graminacee); inerbimento degli interfilari; allettamento della flora erbacea con rullo sgomato; mantenimento o ripristino di muretti a secco.

Anche la Misura 16 prevede le seguenti pratiche agronomiche finalizzate al miglioramento ambientale delle aree agricole che favoriscono la riduzione o il non uso di prodotti fitosanitari:

- Creazione di fasce inerbite non trattate attorno ai coltivi per la conservazione degli insetti utili e da tutelare, possibilmente non inferiori a 5 m, selezionando specie autoctone miste che garantiscano la presenza di fioriture nei diversi periodi della stagione di volo e riproduzione delle specie di impollinatori, piante nutrici per le farfalle da tutelare, evitare di sfalciare anche meccanicamente la fascia inerbita nel periodo di fioritura o di sviluppo larvale delle specie protette, mantenere sempre alcune fasce fiorite.
- Creazione/ripristino di aree umide (es. stagni, prati e prati ad allagamento stagionale) per la tutela degli anfibi, riqualificazione o creazione di aree umide dove esistono tipologie di suoli adatti al mantenimento dell'acqua e possibilmente in prossimità con elementi di connessione (siepi, filari, abbeveratoi, boschetti, ecc.), ripristino e manutenzione di fontanili posizionando una piccola rampa di risalita per permettere agli anfibi di muoversi, creazione e/o ripristino di piccole pozze e stagni, realizzazione di buche scavate appositamente e riempite con grosse pietre e rami verdi per l'estivazione.
- Mantenimento/creazione di zone di connessione e di vegetazione arbustiva lungo i fossi per aumentare la presenza di uccelli acquatici e di altre specie animali legate agli ambienti acquatici, zone di intersezione dei fossi con acque stagnanti e fangose per creare habitat idonei agli invertebrati, molinieti gestiti con un pascolo a basso carico di bestiame, fasce inerbite non trattate tra i 5 e 10 m, i muretti a secco che conservano le caratteristiche originarie del manufatto (ad es. senza l'ausilio di leganti come malta e cemento).

Le Linee guida del DM 10/3/2015 raccomandano che le Misure per la tutela della biodiversità, ovvero le Misure 13 e 16, vengano recepite nei Piani di gestione e nelle Misure di conservazione in accompagnamento alla Misura n. 17 e 18. La prima prevede la formazione e la consulenza degli agricoltori presenti in aree protette e in Siti Natura 2000 sugli effetti dei prodotti fitosanitari sugli habitat e le specie (con particolare riguardo agli impollinatori) e sugli ecosistemi acquatici e terrestri. Inoltre, la misura n. 17 prevede la divulgazione delle tecniche di agricoltura biologica e integrata volontaria, nonché le indicazioni per la scelta di prodotti fitosanitari compatibili con la conservazione della biodiversità nei Siti Natura 2000 e nelle Aree protette.

La Misura n. 18 prevede azioni di marketing finalizzate alla promozione di prodotti realizzati con un uso sostenibile dei prodotti fitosanitari in aree protette/rete Natura 2000 (in linea con quanto stabilito dalla Misura n. 13) o in aree omogenee dal punto di vista territoriale, come ad es. un bacino o un sottobacino idrografico, o lacustre, anche attraverso l'attuazione di contratti di fiume, di lago o territoriali.

Le misure del PAN principalmente considerate per la sperimentazione effettuata nell'ambito del presente studio sono le Misure n. 13 e n. 16, che andrebbero attuate prioritariamente nei Siti Natura 2000 e nelle aree protette.

1.4 Stato di attuazione delle misure nel PAN per la tutela di habitat e specie a livello Regionale e di Province autonome

Fra gli indicatori del PAN previsti nel Decreto Interministeriale 15 luglio 2015, relativo alla Modalità di raccolta ed elaborazione dei dati per l'applicazione degli indicatori previsti dal Piano d'Azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, l'unico attualmente definito per la valutazione dello stato di attuazione delle Misure per la tutela della biodiversità nei Siti Natura 2000 e nelle aree naturali protette di cui al punto A.5.8, è l'indicatore "Misure relative alla gestione dei prodotti fitosanitari nei siti rete natura 2000 e nelle aree naturali protette", che ha lo scopo di valutare nel tempo il recepimento delle suddette misure nei Piani di gestione e nelle Misure di conservazione definite per le aree naturali protette e/o per i Siti Natura 2000.

Tale indicatore fornisce informazioni sul numero e la tipologia delle misure regolamentari, amministrative o contrattuali riguardanti l'uso dei prodotti fitosanitari inserite nei Piani di gestione (Pdg) dei Siti Natura 2000, e/o nei Piani dei Parchi. L'indicatore consente di valutare nel tempo il recepimento delle Misure del PAN nei Pdg dei Siti Natura 2000 e/o nei Piani dei Parchi caratterizzati da una percentuale di SAU maggiore o uguale al 20 % della superficie totale.

I dati relativi allo stato di attuazione delle misure del PAN per la tutela di habitat e specie nei Pdg sono stati desunti da:

- Relazioni fornite dalle Regioni/Province Autonome al MiPAAF (entro dicembre 2016 e successive integrazioni), come previsto dall'art. 6 comma 8 del D.Lgs. 14 agosto 2012, n. 150 (Attuazione della direttiva 2009/128/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi);

-
- Delibere di Giunta Regionale/Provinciale emanate dal 2015, ovvero dall'entrata in vigore dell'obbligatorietà del recepimento da parte delle Regioni e Province autonome delle misure del PAN, (punto A.5.8);
 - Piani di gestione di Siti Natura 2000 e Piani di Parchi nazionali approvati a partire dal 2015;
 - Misure di conservazione specifiche, trasversali, generali, pubblicate sui siti web delle Regioni, delle Province Autonome e del MATTM, approvate dal 2015.

La verifica degli strumenti di gestione e delle misure di conservazione relative ai Siti Natura 2000 ed ai Parchi Nazionali che presentano misure sull'uso dei prodotti fitosanitari è stata possibile attraverso i seguenti passaggi:

1. Individuazione dei Siti Natura 2000 caratterizzati da una percentuale di SAU uguale e superiore al 20 % di superficie agricola, valutando l'estensione delle classi di CORINE Land Cover 2012, riferite all'agricoltura 2.1.1 (Seminativi in aree non irrigue), 2.1.2 (Seminativi in aree irrigue), 2.1.3 (Risaie), 2.2.1 (Vigneti) e 2.2.2 (Frutteti e frutti minori).
2. Analisi degli strumenti di gestione dei Siti Natura 2000, adottati dal 2015 al 2018 dalle Regioni e dalle Province autonome che, nel report inviato al MIPAAF sopra richiamato, hanno dichiarato di aver previsto misure relative all'utilizzo dei prodotti fitosanitari nelle aree protette e nei Siti Natura 2000.
3. Valutazione del numero di misure generali e/o specifiche per ogni sito come sopra identificato, che mostravano un'attinenza con il tema della regolamentazione dell'uso dei prodotti fitosanitari in zona agricola e distinzione delle stesse nelle categorie "Misure attinenti al PAN" e "Misure generiche", rispettivamente in base a quanto previsto dalle linee guida n. 13 e 16 del PAN.
4. Distinzione delle misure di conservazione generiche in regolamentari, amministrative o contrattuali (come previsto dall'art. 6 della dir. Habitat 92/43/CEE) e secondo le definizioni del Manuale di gestione dei Siti Natura 2000 (MATTM, 2003), ovvero: interventi di gestione attiva (IA), di regolamentazioni (RE), di incentivazione (IN), di programmi didattici-formazione-sensibilizzazione (PD), di monitoraggio e ricerca (MR). Nell'analisi effettuata non è stata considerata la tipologia di misura MR (monitoraggio e ricerca), in quanto non utile ai fini dell'indicatore del PAN.
5. Calcolo per ciascun Sito Natura 2000 e di ciascuna Regione/PPAA (selezionate in base al punto 1), del numero di Misure di Conservazione generali o specifiche/attinenti al PAN e delle misure generiche riferibili alle categorie IA, RE, IN e PD (di cui al punto precedente).

Per i Piani dei Parchi Nazionali è stata effettuata una procedura analoga a quella descritta, ma non è stato possibile completare la verifica delle misure di conservazione relative all'uso dei prodotti fitosanitari per le aree naturali protette regionali e per le Riserve Statali per indisponibilità di raccolte e repertori regionali di detti strumenti di gestione ed in diversi casi per assenza degli stessi.

Tuttavia, poiché la Rete Natura 2000 (SIC-ZSC/ZPS), nella maggioranza dei casi comprende quasi totalmente la superficie del territorio interessato dalle aree naturali protette (EUAP), si può assumere che l'analisi effettuata sui Piani di gestione dei SIC/ZSC e ZPS possa ben rappresentare il quadro generale di attuazione delle misure per la tutela della biodiversità ai fini del PAN, nell'intero territorio nazionale protetto.

Risultati relativi ai Siti Natura 2000

In base ai contenuti delle relazioni fornite dalle Regioni/Province Autonome al MIPAAFT nel 2016, come previsto dall'art. 6 comma 8 del D.lgs. 150/2012, è risultato che i siti di 13 Regioni e di 1 Provincia Autonoma, pari al 66,7% del totale di siti considerati, hanno definito delle misure di conservazione riguardanti l'uso di prodotti fitosanitari per i Siti Natura 2000, in attuazione del punto A.5.8 del PAN (DM 22/1/2014): Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Friuli Venezia Giulia, PA Bolzano, Veneto, Liguria, Emilia Romagna, Toscana, Umbria, Lazio, Marche, Molise, Puglia.

Come riportato in Tabella 1.4.1, in queste Regioni e PA, i siti Natura 2000 che presentano superfici utilizzate a scopo agricolo (SAU) maggiori o uguali al 20%, sono il 31,25% (633 su 1683); di questi siti, quelli per cui sono state definite misure di conservazione assimilabili all'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari sono 526, pari all'83,1% dei siti con superficie agricola \geq 20%.

Tabella 1.4.1 – Numero di siti con superficie agricola $\geq 20\%$ (calcolata in base alla distribuzione di classi del c.l.c. riferibili ad ambienti agricoli) per i quali sono state definite misure di conservazione riguardanti l'uso di prodotti fitosanitari

Regione	N. siti totali*	N. siti con Sup. agri $\geq 20\%$	N. siti con Sup. agri $\geq 20\%$ con Misure
Puglia	87	44	43
Emilia Romagna	158	103	65
Liguria	133	8	8
Piemonte	151	65	61
Molise	88	61	37
Toscana	153	32	32
FVG	66	22	22
Lazio	200	62	62
Marche	96	30	30
Lombardia	245	75	67
Valle d'Aosta	30	9	9
Bolzano	44	10	10
Veneto	130	64	36
Umbria	102	48	44
Totali	1683	633	526

Le Regioni che hanno definito misure di conservazione su fitofarmaci in tutti i siti Natura 2000 con una superficie agricola maggiore o uguale al 20% della superficie totale sono: Liguria, Toscana, Friuli Venezia Giulia, Lazio, Marche, Valle d'Aosta e PA di Bolzano. Il totale delle misure di conservazione definite dalle suddette Regioni e prov. aut. di Bolzano che riguardano in generale l'uso dei prodotti fitosanitari sono 1647. Di queste, 1620 sono generiche, pari al 98,5%, ovvero non conformi a quanto previsto dal PAN e dalle Linee guida per la sua applicazione. In generale, dette misure generiche hanno riguardato, essenzialmente, misure di incentivazione (IN), pari al 46,6% delle misure generiche totali, che nella maggioranza dei casi sono relative non alla determinazione di reali incentivi, ma piuttosto a previsioni di incentivazione (ad es. incentivare l'agricoltura biologica). Il 26,9% delle misure generiche ha invece previsto interventi di gestione attiva (IA o GA) e il 24% sono misure regolamentari (ad es. divieti), definite prioritariamente dalla Puglia (143 su 574), dal Piemonte (155 su 391) e dalla Toscana (45 su 128). Il 2,5% delle misure generiche, infine, riguardano la sensibilizzazione e/o la formazione (programmi di sensibilizzazione - PD) degli agricoltori sugli effetti dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità (in Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna e Toscana).

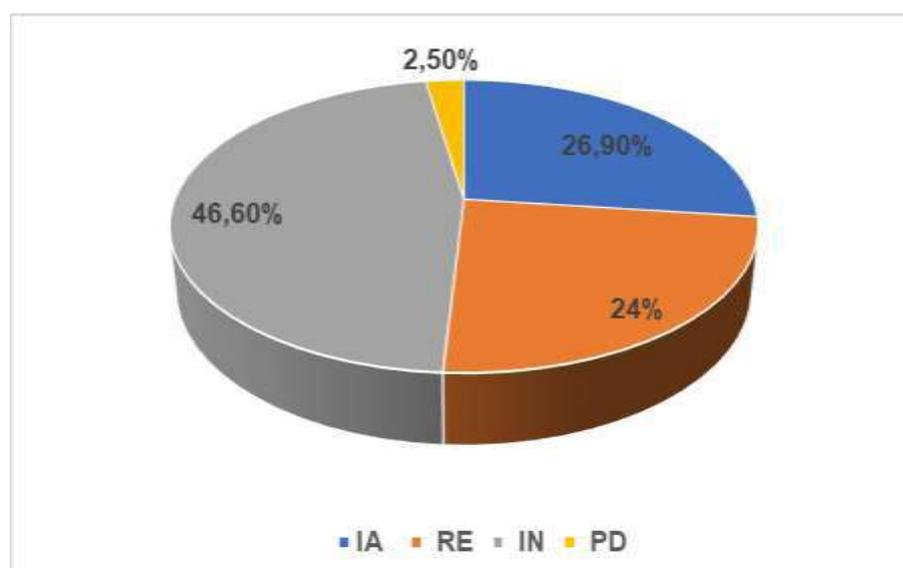


Figura 1.4.1 – Percentuali di Misure generiche relative all'uso di prodotti fitosanitari per tipologia di misura/azione secondo Manuale di gestione dei siti Natura 2000 (MATTM, 2003): IA/GA = interventi di gestione attiva, RE = regolamentari, IN = di incentivazione, PD = programmi di sensibilizzazione, educazione, formazione

Le misure di conservazione definite per i Siti Natura 2000 che sono compatibili con le misure n. 13 e 16 delle Linee Guida del PAN (DM 10/3/2019) sono in tutto 27 sulle 1647 misure assimilabili all'uso dei prodotti fitosanitari, ovvero pari solo all'1,6 di queste. Le Regioni che hanno definito Misure conformi al PAN sono il Piemonte, con 14 misure (su 391) e il Friuli Venezia Giulia, con 13 misure (su 46), delle quali 11 riferibili alla misura 16 delle Linee guida.

Risultati relativi ai Parchi Nazionali

A completamento dell'analisi sui Piani dei Parchi Nazionali, condotta, con la medesima metodologia utilizzata per i Piani di Gestione/Misure di conservazione dei Siti Natura 2000, risulta che dal 2015 nessun Piano o Regolamento di Parco Nazionale è stato adottato (2019).

Attualmente il DPR istitutivo del Parco Nazionale di Pantelleria emanato nel 2016 è l'unico che riporta un richiamo specifico al recepimento del PAN. Per il resto dei Parchi Nazionali, come è stato anche sottolineato nel corso della riunione del 06/02/2019 dai colleghi del MATTM-DPN, allo stato attuale (riferimento anno 2019) non risulta alcun recepimento nei relativi strumenti di pianificazione dei Parchi nazionali delle misure del PAN per la tutela della biodiversità relative al punto A.5.8.

Il Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni e il Parco Nazionale dell'Appennino Lucano-Val d'Agri-Lagonegrese, con delibera dei rispettivi Consigli direttivi, hanno previsto il divieto dell'uso del glifosate nei territori di propria competenza.

Conclusioni

L'analisi effettuata ha rilevato che il 98,5 % delle misure indicate dalle Regioni e dalle Province autonome (tot. n. 1647) nei Piani di gestione e nelle Misure di conservazione per la tutela delle specie e habitat di interesse comunitario, sono generiche e non rispondono a quanto previsto dalla Linee guida per l'attuazione del PAN. Fra queste, il 24 %, quelle di tipo regolamentare (RE) riguardano solo alcuni specifici aspetti relativi l'uso dei prodotti fitosanitari (ad es. non trattare a 10 metri da un habitat Natura 2000), ma non prevedono una regolamentazione complessiva dell'uso dei Prodotti fitosanitari pericolosi per la biodiversità che possono determinare impatti sullo stato di conservazione delle specie e degli habitat oggetto di tutela, come previsto dal punto A.5.8 del PAN.

Per quanto riguarda le misure compatibili con la misura 13 del PAN, è emerso che il Piemonte ne ha definite 14 (su 391) e il Friuli Venezia Giulia 13 (su 46).

Occorre evidenziare che alcune Regioni, in particolare l'Emilia Romagna, nonostante abbiano identificato fra le minacce alla conservazione di diverse specie e habitat oggetto di tutela nei Siti Natura 2000 l'uso dei prodotti fitosanitari, non hanno però definito, in nessun Sito, prescrizioni per l'uso di tali prodotti.

Quindi, alla luce del quadro complessivo descritto si evince che, a dicembre 2018, per la maggior parte dei Siti Natura 2000 nelle diverse Regioni/PPAA non erano state definite delle misure che limitano l'uso dei prodotti fitosanitari in modo adeguato e conforme con quanto previsto dal PAN e dalle relative Linee guida, né misure di formazione/sensibilizzazione, né reali incentivi per l'adozione di metodi di gestione che prevedano un utilizzo ridotto o nullo dei prodotti fitosanitari, al fine della conservazione della biodiversità nelle aree naturali protette e nei Siti Natura 2000.

1.5 La mortalità delle api da miele causata dall'uso dei prodotti fitosanitari

Le api da miele (*Apis mellifera* L.), il polline e le altre matrici apistiche possono fornire indicazioni sullo stato dell'ambiente e sull'eventuale contaminazione chimica da prodotti fitosanitari (Celli e Maccagnani, 2003; Girotti et al., 2013). Le analisi di laboratorio permettono di misurare sulle api e sulle altre matrici apistiche le sostanze attive presenti nei prodotti fitosanitari utilizzati nelle aree sulle quali le api effettuano i voli e bottinano (Sabatini et al., 2003; Rişcu e Bura, 2013).

L'ISPRA partecipa da alcuni decenni ad attività di ricerca mirate a stabilire i possibili fattori di mortalità delle famiglie di api, anche a seguito delle diverse pratiche fitoiatriche implementate nelle aree naturali e a vocazione agricola (ISPRA, 2011; Bellucci et al., 2019). I dati rilevati nelle diverse ricerche, evidenziano un aumento dei casi di moria di api. Quanto osservato non è solo imputabile all'aumentata esposizione ai prodotti fitosanitari, ma anche a un incremento della sensibilità di rilevazione da parte di apicoltori e organi di controllo preposti: Ministero della Salute, Uffici Veterinari delle ASL, associazioni e singoli apicoltori.

Nel Decreto Interministeriale 15 luglio 2015 (Indicatori del PAN, uso sostenibile Prodotti Fitosanitari), vengono stabiliti gli indicatori ambientali da popolare ai fini di una corretta valutazione dell'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari. Tra questi, l'indicatore "Mortalità delle api causata dall'uso dei prodotti fitosanitari". Tale indicatore specifico del PAN mette in relazione i fenomeni di moria delle api da miele registrate sul territorio nazionale (Figura 1.5.1) con il rinvenimento di principi attivi dei prodotti fitosanitari nelle matrici apistiche, confermato da laboratori di analisi di: Servizi veterinari delle Aziende Sanitarie Locali (AA.SS.LL), Istituti Zooprofilattici Sperimentali (I.ZZ.SS), Agenzie Regionali Protezione Ambiente (ARPA), Istituto Centrale Qualità e Repressioni Frodi (ICQRF) e altri, preposti e riconosciuti dalla normativa (Reg. CE n.854-882/2004).



Figura 1.5.1 - Morie di api registrate nel Roero, in provincia di Cuneo, area oggetto della sperimentazione

La metodologia per la raccolta dei dati prevede sopralluoghi e rilievi presso gli apiari per accertare lo stato di salute degli stessi e le cause delle eventuali morie. I dati sono raccolti tramite monitoraggio e le relative analisi di laboratorio sono condotte su api e prodotti dell'alveare. I controlli prevedono il coinvolgimento dei Servizi veterinari pubblici, dei Servizi Fitosanitari e dei laboratori I.ZZ.SS. che operano in maniera integrata e sinergica con altre istituzioni, attraverso l'applicazione di appositi protocolli e linee guida (Linee Guida Ministero della Salute, 2014). I dati si ottengono da sopralluoghi e rilievi presso gli apiari per accertare lo stato di salute degli stessi e le cause delle eventuali morie. I servizi veterinari delle AA.SS.LL inviano i dati e i campioni effettuati, a seguito delle segnalazioni degli apicoltori, agli I.ZZ.SS e al centro di riferimento nazionale per l'apicoltura presso l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (IZSVe) di Padova che elabora, valida e aggrega i dati. ISPRA, in collaborazione con l'IZSVe, elabora le informazioni su base regionale con analisi dei trend annuali. In aggiunta, l'indicatore può essere alimentato anche da segnalazioni pervenute da apicoltori e risultati di progetti di ricerca (es. progetto SPIA- BEENET del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, MiPAAF). L'attività di monitoraggio sistematica ha consentito, a partire dal 2015, di rilevare in modo ufficiale e continuo i casi di avvelenamento, evidenziando un costante incremento di morie delle api denunciate, indicando così anche i possibili impatti sull'ambiente dovuti all'impiego, spesso improprio, di prodotti fitosanitari.

La finalità dell'indicatore è monitorare l'entità degli avvelenamenti su scala nazionale e associare fenomeni di moria ai principi attivi dei prodotti fitosanitari utilizzati. I dati raccolti forniscono informazioni anche sulla diffusione della contaminazione ambientale da prodotti fitosanitari, stabilendo se sia di portata nazionale oppure applicabile ai temi ambientali e/o agricoli a livello regionale, e quanto sia sensibile ai cambiamenti che avvengono nel settore agricolo.

Poiché le rilevazioni e la raccolta dei dati e delle informazioni circa gli avvelenamenti sono su base volontaria, i risultati potrebbero essere sottostimati, considerato che sono previste drastiche misure di tutela ambientale, quali il sequestro degli apiari interessati.

Al fine di fare emergere un maggior numero di casi di moria, potrebbe essere opportuno inserire una misura che incentivi l'apicoltore a collaborare con gli organi di controllo, consentendo al contempo il proseguimento delle indagini, senza il rischio di interrompere l'attività lavorativa dell'azienda apistica.

Purtroppo l'indicatore non è facilmente relazionabile all'impiego di prodotti fitosanitari in quanto i principi attivi tossici si degradano rapidamente se le api morte non vengono congelate dopo il decesso (ad esempio nel caso dei neonicotinoidi). Inoltre, va considerato che non sempre vengono segnalati i casi di moria, soprattutto se l'attività non risulta regolarmente registrata presso l'anagrafe apistica nazionale, e che talvolta non si ha un intervento tempestivo o non si fornisce una risposta rapida degli accertamenti rispetto alla segnalazione effettuata dell'apicoltore.

Alla luce di quanto sopra esposto, l'indicatore potrebbe sottostimare i casi di morte e spopolamento effettivamente avvenuti.

Stato e trend

I dati rilevati nel 2015, 2016, 2017 e 2019 evidenziano un aumento dei casi di moria di api nel tempo mentre vi è un'eccezione per il 2018 dove si registra una lieve flessione, con 32 casi con presenza di principi attivi; nel 2019 i casi con presenza di principi attivi rilevati sono addirittura 56. L'incremento osservato non è solo imputabile a aumentata esposizione ai prodotti fitosanitari, quanto anche a un miglioramento nella sensibilità di rilevazione da parte di apicoltori e organi di controllo preposti (Ministero della Salute, Uffici Veterinari delle ASL, associazioni e singoli apicoltori), anche a seguito dell'adozione da parte del Ministero della Salute delle Linee Guida (Linee Guida, Ministero della Salute, 2014). Nel 2015 il numero di casi di morie di api registrati a scala nazionale, in cui dalle analisi di laboratorio si evidenziano la presenza di uno o più principi attivi di prodotti fitosanitari, sono stati 31. La diminuzione di casi osservata nel corso del 2018 potrebbe indicare un effetto positivo dei provvedimenti di legge e dell'opera di sensibilizzazione condotta dalle istituzioni nell'utilizzo maggiormente responsabile dei prodotti fitosanitari, ma andrebbe indagato in dettaglio se sia avvalorata l'ipotesi che le minori denunce di avvelenamenti da parte degli apicoltori siano dovute alla preoccupazione del possibile blocco e verifica della loro attività.

Le cause di mortalità anomale, secondo le informazioni fornite, possono essere attribuite sia ad avvelenamento da prodotti fitosanitari, sia all'azione dei diversi patogeni sulle api.

Tabella 1.5.1 - *Morie di api registrate nelle cinque annualità disponibili e con presenza di uno o più principi attivi riscontrati, suddivise per regione*

Regioni/Prov. Aut.	2015	2016	2017	2018	2019
Abruzzo	---	1	---	---	---
Basilicata	---	---	---	1	---
Calabria	---	2	---	6	2
Campania	1	---	1	2	2
Emilia-Romagna	3	1	1	---	---
Friuli Venezia Giulia	1	2	6	1	11
Lazio	---	4	---	---	---
Liguria	---	---	1	---	---
Lombardia	10	11	---	---	---
Marche	---	0	---	---	---
Molise	---	---	---	---	---
Piemonte	---	---	4	3	5
Prov. Aut. Bolzano	3	10	15	3	12
Prov. Aut. Trento	5	2	4	1	2
Puglia	---	2	3	1	---
Sardegna	---	---	---	---	---
Sicilia	---	---	---	---	---
Toscana	2	2	---	---	---
Umbria	---	1	---	---	---
Valle d'Aosta	---	---	8	5	3
Veneto	6	11	7	9	19
Totale Italia	31	49	50	32	56

Nei casi in cui le analisi per la ricerca dei principi attivi, contenuti nei prodotti fitosanitari, abbiano dato esito positivo, è stata rinvenuta spesso la presenza di più principi attivi, indicando così come una combinazione di più fattori possa aver determinato mortalità anomale e spopolamento degli alveari (Tavolo tecnico per l'intesa apistica).

Nel corso del 2017 sono state registrate 124 segnalazioni di mortalità o spopolamenti di alveari, delle quali 50 con presenza di principi attivi rinvenuti nelle api. Anche nel 2019 sono stati segnalati 93 sospetti avvelenamenti di apiari legati all'uso di fitosanitari, 56 dei quali con presenza di almeno un principio attivo.

Nella Tabella 1.5.1 le segnalazioni con presenza di principi attivi sono state suddivise per regione e mostrano la presenza dei differenti principi attivi su campioni di api morte.

Da evidenziare che i dati possono non rappresentare la totalità degli eventi di moria delle api in quanto spesso gli apicoltori, per non incorrere nelle verifiche degli organi di controllo e visti spesso i lunghi tempi di attesa per i referti, preferiscono sovente non segnalare le eventuali morie di api, anche per non pregiudicare la stagione apistica in corso. Nel 2015, la regione con maggior numero di episodi di moria è stata la Lombardia (10 casi), seguita dal Veneto e dalla provincia autonoma di Trento, rispettivamente con 6 e 5 casi (Tabella 1.5.1). Anche nel 2016, il Veneto e la Lombardia, entrambi con 11 casi osservati, sono state le regioni che hanno registrato il numero più elevato di avvelenamenti, seguite dalla provincia autonoma di Bolzano con 10 casi. Nel 2017 invece, la maggioranza dei casi osservati si evidenzia nella provincia autonoma di Bolzano (15), seguita da Valle d'Aosta (8) e Veneto (7). Nel 2018, il numero maggiore di casi verificati per regione si registrano in Veneto e Calabria, con rispettivamente 9 e 6 probabili avvelenamenti registrati; seguono 5 campioni di api morte contenenti principi attivi nella Valle d'Aosta, 3 sia in Piemonte, sia nella P.A. di Bolzano e 2 campioni di api morte contenenti principi attivi in Campania.

Nel 2019, le regioni che hanno fatto registrare un maggior numero di casi di morie di api con presenza di principi attivi rilevati durante le indagini sono state nell'ordine: Veneto con 19 casi, Trentino-Alto Adige con 14, il Friuli Venezia Giulia con 11, Piemonte con 5, Valle d'Aosta con 3 e Calabria e Campania ciascuna con due casi di morie. Nel corso del 2019 sono state effettuate ben 93 segnalazioni di cui 56 hanno evidenziato presenza di residui di fitosanitari sul corpo delle api morte, sul polline e in alcuni casi sulla vegetazione circostante. Nell'anno precedente, ovvero nel 2018, sono stati invece segnalati solo 51 casi di morie di cui 19 sono poi risultati negativi alla presenza di principi attivi; dalle stesse analisi dei campioni inoltre è emerso, sempre per il 2018, che su 32 casi erano presenti uno più principi attivi.

Secondo quanto evidenziato dalle analisi dei dati disponibili per i cinque anni, le sostanze attive più tossiche per le api e maggiormente riscontrate nei campioni sono:

- nella classe dei neonicotinoidi troviamo Imidacloprid, con 6 campioni positivi sia nel 2015 che nel 2016, assente nel 2017, con 5 positivi nel 2018 e ben 11 nel 2019; Clothianidin, con 4 campioni positivi nel 2015, 1 nel 2016, 4 nel 2017 e 3 nel 2018, assente nel 2019; Thiamethoxam è presente con 4 campioni positivi nel 2016, 2 nel 2018, mentre risulta assente nel 2015 e 2019;
- Chlorpyrifos (insetticida organofosforico), rilevato in 2 casi di morie nel 2015 e in 6 casi di morie nel 2016; nel 2017 era presente in ben 14 casi, solo 2 casi nel 2018 e in ben 8 casi nel 2019. Il chlorpyrifos è una sostanza che i monitoraggi ambientali su diverse matrici, non solo apistiche, indicano come inquinante diffuso e presente nelle acque, sulla vegetazione e nei suoli; ne è stato abolito l'uso nell'unione europea, a partire dal 16 aprile 2020 per gli effetti tossici sulla salute umana, sulle api e organismi acquatici;
- Permethrin, insetticida piretroide largamente utilizzato soprattutto per le disinfestazioni contro le zanzare e altri insetti molesti, sia in ambiente rurale che urbano, altamente tossico per le api, è stato rinvenuto in 1 caso di moria nel 2015, 6 nel 2016, 7 nel 2017, 5 nel 2018 e ben 8 nel 2019;
- Dimethoate, insetticida organofosforico sistemico, riscontrato in 3 campioni di api morte nel 2015, che invece risultava assente nei casi registrati nel 2016, 2017 e 2019, ma presente nel 2018, su 5 campioni di api morte;
- Fluvalinate, acaricida, il più riscontrato che esula però dall'uso in agricoltura in quanto è un acaricida usato dall'apicoltore stesso per la lotta all'acaro parassita dell'ape *Varroa destructor*.

Infine dall'analisi del trend mensile nei vari anni si evince che i mesi con maggior numero di casi di morie sono presenti ad aprile, maggio e giugno, coincidenti con le fioriture primaverili (Tabella 1.5.2). In tali periodi, nei quali è vietato effettuare trattamenti fitosanitari, le api svolgono un'intensa attività di bottinamento che le rende maggiormente vulnerabili alla presenza di inquinanti diffusi presenti nell'ambiente, in particolare i fitosanitari nelle aree agricole dopo i trattamenti, che contaminano polline e nettare dei fiori.

Tabella 1.5.2 - Morie di api registrate nelle cinque annualità disponibili con presenza di e numero di principi attivi riscontrati, nei diversi mesi (Fonte: SSN, dati elaborati da ISPRA e IZSVE)

Mese	2015	2016	2017	2018	2019
Gennaio	1	2	---	---	---
Febbraio	---	1	2	---	1
Marzo	7	1	1	---	7
Aprile	3	11	12	8	12
Maggio	8	15	21	16	12
Giugno	9	10	5	---	18
Luglio	1	6	3	5	2
Agosto	---	1	1	---	2
Settembre	---	1	1	---	1
Ottobre	1	1	2	2	---
Novembre	1	---	2	1	---
Dicembre	---	---	---	---	1
Totale	31	49	50	32	56

2. LE COLTURE E LE AREE DI STUDIO SELEZIONATE PER LE INDAGINI

Le colture individuate come aree di studio sono state selezionate sulla base della loro estensione in termini percentuali nei territori dei Siti Natura 2000/Aree protette, nonché sulla base della quantità di trattamenti fitosanitari a cui sono sottoposte durante la stagione colturale, in caso di gestione agronomica di tipo convenzionale. I sistemi colturali scelti per le attività di campionamento previste sono dunque: risaie, vigneti, seminativi (mais e girasole) e noccioleti.

Le Regioni in cui sono state individuate le aziende agricole con le colture sopra indicate sono il Piemonte e il Lazio. In Piemonte vi è una considerevole presenza di risaie ricadenti in Siti Natura 2000, nonché di vigneti che costituiscono anche un'importante risorsa economica rappresentata da produzioni vinicole di qualità e paesaggi vitivinicoli di forte richiamo turistico, per via della tradizione storico-culturale, che sono in alcuni casi compresi in Aree protette, Siti Natura 2000 o riconosciuti come Patrimonio Mondiale Unesco. Nel Lazio, invece, sono state individuate le Aree protette/Siti Natura 2000 con maggiore presenza di coltivi che rientrano nella tipologia seminativi e frutteti, per i quali l'uso dei prodotti fitosanitari costituisce una criticità. Nello specifico, è stata considerata la corilicoltura, in quanto è una produzione con un florido mercato in espansione, derivante soprattutto dalla richiesta dell'industria dolciaria, con un discreto ritorno economico ai proprietari delle aziende. Inoltre, questo tipo di coltura è in via di espansione a livello nazionale anche per accordi dell'industria privata con le Regioni che interessano anche ambiti sottoposti a tutela per la conservazione della biodiversità. Nel territorio italiano l'agricoltura biologica è considerata il metodo di gestione agricola maggiormente compatibile con la conservazione della biodiversità, così come indicato nella Misura 13 delle Linee guida (approvate con DIM 10/3/2015) descritte nel paragrafo 1.3.

Pertanto, nel presente studio si è scelto di selezionare prioritariamente come campi di "sperimentazione", coltivi di aziende gestite con il metodo dell'agricoltura biologica e, in via subordinata, aziende non certificate come aziende biologiche, ma che non utilizzano prodotti fitosanitari. I campi individuati per gli scopi del progetto sono definiti:

- di "sperimentazione", denominati in seguito "biologici", ovvero quelli in cui, sulla base di quanto previsto dalla Misura 13 delle Linee guida di attuazione del PAN, vengono utilizzati metodi di produzione biologica o metodi che prevedono un uso ridotto o nullo di prodotti fitosanitari. I prodotti eventualmente utilizzati devono comunque avere determinate caratteristiche:
- in etichetta non devono presentare frasi di precauzione per l'ambiente (SPe) definite dalla Direttiva 2003/82/CE, con particolare riferimento a quelle per cui è ipotizzato un impatto sulle specie e sugli habitat presenti nel sito Natura 2000/Area protetta sulla base della loro sensibilità (Rapporto ISPRA 216/2015) o che indicano un maggior pericolo per gli ecosistemi acquatici (SPe1, SPe2, SPe3, SPe4);
- non devono essere classificati pericolosi per l'ambiente (Frase N in etichetta);
- di "controllo", denominati in seguito "convenzionali", in cui i trattamenti fitosanitari per le specifiche colture vengono effettuati secondo le modalità dell'agricoltura convenzionale/integrata e sulla base delle indicazioni riportate nelle etichette dei prodotti utilizzati e dei disciplinari fitosanitari.

2.1 Scelta dei coltivi, criteri e modalità di selezione delle aziende

La selezione dei coltivi ha rappresentato una delle fasi più impegnative e delicate del progetto, per la necessità sia di disporre di coppie di campi biologici e convenzionali confrontabili sia per la difficoltà di individuare aziende disponibili a collaborare al progetto volontariamente, in modo affidabile e continuativo nel tempo.

La selezione delle aziende in cui circoscrivere i campi convenzionali e biologici che potessero essere messi a confronto a coppie si è basata sui seguenti criteri:

- a) simili matrici ambientali in cui sono inseriti i coltivi;
- b) simile disponibilità di habitat per le specie floristiche e faunistiche di interesse comunitario e/o conservazionistico;
- c) presenza di canali o di punti di raccolta dell'acqua, in modo da poter effettuare i campionamenti delle acque;
- d) simili caratteristiche pedologiche del suolo;
- e) analoga presenza di annessi antropici nel buffer del coltivo;
- f) affidabilità e disponibilità del proprietario o del conduttore dell'azienda;
- g) inclusione in Siti Natura 2000 e/o Area protetta.

Su quest'ultimo criterio, vista la scarsa presenza di aziende biologiche nelle Aree protette/Siti Natura 2000 (descritta nel Prf. 1.2), contrariamente a quanto atteso, si è cercato di individuare aziende entro un buffer di 500 m da tali aree. Se anche questo parametro non poteva essere soddisfatto, soprattutto nel secondo biennio di campionamenti (2018-2019) si è optato per la non applicazione di questo criterio a favore di una maggiore similitudine dei campi dal punto di vista delle covariate (paragrafo 3.1).

Per la ricerca delle aziende, in primo luogo è stata effettuata un'analisi cartografica attraverso metodologie GIS per circoscrivere le aree territoriali più idonee alle esigenze del progetto dal punto di vista ambientale secondo i criteri sopra descritti. Successivamente è stata svolta un'ampia ricerca delle aziende agricole nelle Aree protette/Siti Natura 2000 che presentassero le suddette colture e che rispondessero ai suddetti criteri, anche con il supporto di:

- MIPAAF - Settore agricoltura biologica, che collabora con aziende per la sperimentazione di metodi di produzione biologica;
- CREA (Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi in Economia Agraria);
- personale che si occupa di agricoltura e Aree protette/Siti Natura 2000 delle Regioni Lazio e Piemonte;
- AIAAB (Associazione Italiana Agricoltori Agricoltura Biologica);
- ex ARP (Agenzia Regionale Parchi) Regione Lazio;
- ARSIAL (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio) nel Lazio.
- Enti gestori di Aree protette;
- Associazioni e cooperative di agricoltori
- Comitati promotori di biodistretti.

Inoltre, nella ricerca delle aziende sono stati attivamente coinvolti diversi enti gestori di Aree protette che hanno fornito un significativo contributo non solo per la selezione delle aziende, ma anche come intermediari nei confronti degli agricoltori verso i quali il lavoro di comunicazione è fondamentale.

A seguito di questa approfondita ricerca sono stati effettuati numerosi sopralluoghi nel Lazio e in Piemonte sia per verificare la rispondenza dei coltivi ai suddetti requisiti, sia per incontrare i proprietari delle aziende che avevano preliminarmente dato una loro disponibilità di massima, al fine di spiegare loro le finalità del progetto, concordando le modalità di comunicazione riguardo le lavorazioni e i trattamenti dei campi, in modo da poter organizzare in modo opportuno i campionamenti.

La sperimentazione è stata effettuata nel corso dei due bienni 2015-2016 e 2018-2019. Per ogni tipologia di coltivi sono stati individuati due (nel biennio 2015-2016) o tre (nel biennio 2018-2019) campi convenzionali e due (nel biennio 2015-2016) o tre (nel biennio 2018-2019) campi biologici di dimensioni simili (in genere di circa 1 ettaro ciascuno), che potessero essere confrontabili a coppie.

Inoltre, nelle prime due annualità di campionamento, per i seminativi e per i nocioleti, sono stati individuati anche due campi incolti e non trattati, considerati di "bianco", sempre di circa 1 ha ciascuno, al fine di sperimentare l'indice di pericolo Pe.Nat. 2000 (Rapporto ISPRA 216/2015).

Nei campi convenzionali, secondo quanto concordato con i proprietari delle aziende, i trattamenti fitosanitari per le specifiche colture sono stati effettuati secondo le modalità riportate in etichetta e sulla base dei disciplinari fitosanitari, descritti nel capitolo 3.

Le aziende scelte sono state codificate in modo da proteggere la loro privacy, avendo aderito volontariamente al progetto.

Molti dei campi selezionati nel primo biennio (2015-2016) sono stati successivamente sostituiti anche alla luce dei risultati, che hanno permesso di definire e descrivere in modo dettagliato le covariate di cui tener conto nella selezione dei coltivi, per permettere un adeguato confronto tra i dati emersi per ciascuna coppia di campi "convenzionale" vs "biologico".

La selezione dei campi considerati nel secondo biennio (2018-2019) ha tenuto conto delle covariate descritte nel paragrafo 3.1 al fine di ridurre quanto più possibile le diverse influenze che altri fattori di tipo ambientale e/o di origine antropica possono aver avuto sulla biodiversità. In tal modo, le differenze evidenziate nell'analisi degli indicatori di biodiversità tra i campi convenzionali e biologici possono essere addotte con maggiore ragionevolezza all'uso dei prodotti fitosanitari. Le covariate considerate per la scelta dei coltivi permettono, quindi, di individuare coltivi simili per elementi naturali e antropici presenti, del suolo, e della matrice ambientale in cui sono inseriti.

La scheda delle covariate considerate è riportata a questo indirizzo:

<https://www.isprambiente.gov.it/it/events/la-sperimentazione-dell2019efficacia-delle-misure-del-pan-per-la-tutela-della-biodiversita>

In generale, nella selezione dei coltivi del secondo biennio, laddove possibile si è comunque cercato di dare continuità ai coltivi già individuati per i primi due anni. Nello specifico, per le risaie si è data continuità alle aziende già selezionate, individuando però nella loro proprietà campi differenti da quelli selezionati nel primo biennio, in quanto maggiormente idonei per il confronto con le nuove aziende.

Inoltre, nel secondo biennio si è deciso di non considerare i seminativi, sebbene questi costituiscano la coltura maggiormente estesa nei Siti Natura 2000 e nelle Aree protette, in quanto dall'esame dei risultati dei primi due anni di attività relativi ai campi di girasole e mais, sono state riscontrate alcune criticità. In particolare, essendo i seminativi soggetti a rotazione, non è possibile ripetere i campionamenti negli stessi campi per più di un anno; inoltre, è raro trovare colture biologiche a seminativo delle stesse tipologie di colture di quelle convenzionali (in genere le aziende biologiche in Aree protette producono farro, orzo o grani antichi che però non vengono coltivate da aziende convenzionali).

A seguito del primo biennio di campionamenti e a seguito delle attività di un altro progetto svolto in 6 Zone Ramsar per conto del MATTM (per la verifica dell'attuazione del PAN, in cui sono stati intervistati più di 100 agricoltori al fine di conoscere la tipologia e il numero di trattamenti da loro effettuati), si è constatato che nei seminativi in Aree protette e nei Siti Natura 2000, in genere, non vengono effettuati più di due trattamenti (in pre e post emergenza). Pertanto, per il biennio 2018 - 2019, si è ritenuto importante concentrarsi sulle colture interessate da un maggior numero di trattamenti fitosanitari, al fine di aumentare la robustezza dell'analisi statistica dei dati.

A valle dell'analisi dei dati della prima fase del progetto è stato osservato che l'appartenenza dei coltivi al territorio delle Aree protette è una delle covariate meno influenti ai fini della sperimentazione e del raggiungimento degli obiettivi del progetto. Quindi, diverse aziende individuate nel secondo biennio, sia nel Lazio che in Piemonte, ricadono al di fuori del territorio di Aree protette/Siti Natura 2000, pur essendo in continuità ecologica con le Aree protette circostanti.

Per l'individuazione delle aziende anche nella seconda fase, come già accennato, sono stati contattati diversi enti e associazioni che si occupano di Aree protette e agricoltura. Anche in questo caso si è cercato sempre di individuare campi biologici e convenzionali di circa 1 ha, ma ci sono stati casi in cui, per ridurre l'effetto margine derivante dalla presenza di altre tipologie di coltivo intorno al campo selezionato, si è preferito ritagliare un'area di campionamento minore rispetto all'ettaro, sia nel campo biologico che in quello convenzionale.

2.2 Le aree di studio in Piemonte

2.2.1 Caratteristiche ambientali e agricole delle aree in cui sono presenti le aziende

Le risaie

L'area risicola nella pianura padana tra Piemonte e Lombardia è un vasto territorio agricolo in cui, per esigenze di gestione irrigua, la coltura del riso è prevalentemente di tipo monocolturale, con successione ininterrotta di camere risaia intrecciate a un ampio e articolato reticolo irriguo funzionale alla distribuzione delle acque per i fabbisogni della coltura. Nelle risaie gli spazi naturali si sono ulteriormente ridotti negli ultimi anni per processi legati alla meccanizzazione agricola e porzioni naturali relitte sono costituite da risorgive della falda sub-superficiale, dette fontanili e da rarissimi ambienti forestali planiziali e palustri residuali. Il valore ambientale dell'area, tuttavia, è mantenuto elevato, come testimonia la presenza di alcuni Siti Natura 2000, grazie alle caratteristiche omogenee di zona umida artificiale che, anche se attualmente meno rispetto al passato, risulta particolarmente attrattiva per alcuni gruppi animali, in particolare Uccelli (l'area ospita alcune tra le popolazioni di Ardeidi più importanti a livello europeo, oltre a rappresentare uno strategico punto di stop-over per diversi limicoli durante la migrazione primaverile). Il valore ambientale dell'area è dovuto anche alla permanenza, nella zona di pianura ai piedi delle Alpi, di particolari habitat di brughiera su terrazzi sopraelevati, relitti degli antichi livelli della pianura detti, in Piemonte, "baragge".

L'allagamento delle risaie è alla base di una catena alimentare che ha come componenti animali specie che si sono adattate a sfruttare la risaia come habitat sostitutivo delle zone umide naturali (Fasola e Ruiz, 1996; Giuliano et al., 2018), appartenenti sia ai vertebrati (Uccelli e Rettili acquatici, Anfibi) che agli invertebrati, soprattutto tra quest'ultimi Odonati (tra le specie più interessanti a livello conservazionistico *Sympetma paedisca*, *Oxygastra curtisii* e *Sympetrum depressiusculum*) e Lepidotteri (es. *Lycaena dispar*). Tali elementi fanno di questo territorio, seppure intensivamente coltivato e soggetto a varie pressioni antropiche, un serbatoio di biodiversità di livello nazionale ed in alcuni casi continentale per la presenza di diverse specie tutelate dalle Direttive Habitat e Uccelli.

Le aree di studio sono localizzate nella pianura vercellese, delimitata verso Nord-Ovest dai contrafforti dell'Anfiteatro morenico d'Ivrea, verso Sud dal Po, verso Ovest dalla Dora Baltea e verso Est dal fiume Sesia.

Al fine di rappresentare i principali gradienti ecologici presenti in risaia, legati al tipo di suolo e alla distanza dal punto di origine delle acque costituito dalla catena alpina, le aree sono state distribuite equamente nei due principali settori in cui può essere suddivisa la pianura: l'alta pianura con substrati costituiti da alluvioni fluvio-glaciali antiche, contraddistinti dalla povertà di elementi nutritivi e da un

notevole ristagno idrico e acque mediamente più fredde e meno eutrofizzate, e la bassa pianura che termina nel Po, con alluvioni più recenti e acque più eutrofizzate. Le aziende situate tra Villarboit e Crova, collocate rispettivamente al margine inferiore e superiore dei due settori di pianura, appartengono a una fascia geografica di transizione non ben demarcabile tra i due settori.

Le aree di studio interessano cinque aree protette della Rete Natura 2000, in particolare, da nord a sud:

- ● la ZSC IT1120004 “Baraggia di Rovasenda” e il SIC IT1120026 “Stazioni di Isoetes malinverniana” (comuni di Brusnengo, Roasio, Rovasenda);
- ● la ZSC/ZPS IT1120014 “Garzaia del rio Druma” (comune di Villarboit);
- ● la ZPS IT1120021 “Risaie vercellesi” (comuni di Livorno Ferraris e Crova);
- ● la ZPS IT1120029 “Paludi di San Genuario e San Silvestro”;
- ● il SIC IT1120007 “Palude di S. Genuario” (comuni di Trino e di Crescentino).

La ZSC della Baraggia di Rovasenda, nelle aree non occupate dalle risaie, ospita ampie aree naturali sui terrazzi antichi e lungo i corsi d’acqua che delimitano i terrazzi delle baragge, dove si alternano estese fasce boscate a lande di brughiera a molinia e brugo (Habitat Natura 2000 cod. 4030) con piccole comunità erbacee igrofile in depressioni torbose costantemente umide (Habitat Natura 2000 cod. 7150). Proprio la presenza di ambienti umidi temporanei rende la baraggia un habitat idoneo alla presenza di anfibi. Qui si trovano abbondanti popolazioni di Raganella italiana (*Hyla intermedia*), di Rana agile (*Rana dalmatina*) e di Rana di Lessona (*Pelophylax lessonae*), tutte inserite nell’Allegato IV della Direttiva Habitat; ben rappresentato è anche il tritone crestato (*Triturus carnifex*, Allegati II e IV), specie assai rara e in declino nel resto del territorio regionale. Questo è anche l’habitat elettivo di *Coenonympha oedippus*, lepidottero diurno minacciato di estinzione a livello Europeo (Endangered nella Lista Rossa Europea), inserito negli allegati II e IV della Direttiva, che depone le sue uova sulla *Molinia* sp. di cui la larva si nutre, e *Sympecma peadisca*, una delle Libellule più rare e localizzate sul territorio nazionale (per i dati disponibili a livello nazionale sullo stato di conservazione vedi prf. 1.1).

Il SIC della Stazione di Isoetes malinverniana tutela le ultime stazioni documentate della felce acquatica endemica del settore nord occidentale della pianura Padana, specie inserita negli All. II e IV della Direttiva insediata proprio all’interno del reticolo irriguo delle risaie, grazie alla presenza di risorgive e di substrati meno melmosi che si incontrano in quest’area di alta pianura.

La ZSC e ZPS della Garzaia del rio Druma conserva un raro quercocarpinetto di pianura (9160), che ospita circa 35 specie nidificanti di Uccelli, tra i quali diverse specie di Ardeidi che occupano alcune centinaia di nidi della popolosa garzaia qui presente, tutte inserite nell’All. I della Direttiva Uccelli.

La ZPS Risaie vercellesi è un sito importante sia per la sosta di molti limicoli (alcuni nidificanti, come il Cavaliere d’Italia *Himantopus himantopus* o la Pavoncella *Vanellus vanellus*), sia per la valenza trofica di molte specie di ardeidi che nidificano nell’area o negli immediati dintorni. Tra le altre specie ornitiche di maggior interesse vi sono inoltre la Pittima reale (*Limosa limosa*), il Mignattino comune (*Chlidonias niger*) e il Mignattino alibianche (*Chlidonia leucopterus*), per le quali la ZPS costituisce l’unico sito di riproduzione in Italia. L’importanza di questo sito Natura 2000 è data anche dalla presenza di numerosi habitat acquatici legati alla presenza di fontanili con habitat Natura 2000 cod. 3260 - Fossi e canali a lento corso con vegetazione acquatica e dalle specie ad essi associate.

La Palude di San Genuario è costituita da un’area di risorgive recintata di circa 23 ha, originariamente utilizzata come allevamento ittico e in seguito all’abbandono progressivamente naturalizzata. Gli habitat d’interesse comunitario presenti sono le cenosi acquatiche dei fossi e canali a lento corso (3260), i popolamenti monospecifici di alghe del genere *Chara* (3140) e la vegetazione acquatica sommersa e galleggiante (3150), impreziosita dalla presenza della ninfea gialla *Nuphar luteum*. Sono state osservate ben 165 specie di Uccelli, di cui 36 inserite nell’All. I della Direttiva Uccelli; tra le 60 nidificanti certe, 8 sono di interesse comunitario. Per ciò che riguarda i rettili, gli ambienti umidi ospitano una delle ultime popolazioni regionali della rara testuggine palustre (*Emys orbicularis*), specie inserita negli Allegati II e IV della Direttiva Habitat e ritenuta prioritaria per la conservazione del sito insieme agli uccelli di canneto (Seglie, 2013).

Per quanto riguarda infine i Chiroterri, tutti tutelati dalla Direttiva Habitat, in nessuna delle ZPS e ZSC individuate vi sono delle informazioni storiche o recenti circa la loro presenza o sull’importanza di tali siti per la loro conservazione. Tuttavia, è ipotizzabile, in base a dati per aree vicine, la frequentazione di specie legate agli ambienti palustri come il *Pipistrellus pygmaeus* e il *Pipistrellus nathusii*. Solo per quanto riguarda la Palude di San Genuario sono note segnalazioni di *Pipistrellus kuhlii* e *Rhinolophus ferrumequinum*.

In tabella 2.2.1 vengono elencate le risaie sperimentali oggetto di studio, i codici identificativi, il comune di appartenenza, il metodo di conduzione agronomico, la stagione di campionamento e il relativo campo di confronto.

Tabella 2.2.1 - Campi di riso individuati in Piemonte

CODICE CAMPO	COMUNE/PROVINCIA	AREA PROTETTA/SITO NATURA 2000 ENTRO CUI RICADE IL CAMPO	PRATICA AGRICOLA	STAGIONE DI CAMPIONAMENTO	CAMPI DI CONFRONTO
RT1	Villarboit (VC)	ZSC/ZPS IT1120014 Garzaia del rio Druma	convenzionale	2015; 2016; 2018; 2019	RB1 nel 2015 e 2016; RB4 nel 2018; RB6 nel 2019
RT2	Trino Vercellese (VC)	-	convenzionale	2015; 2016	RB2 nel 2015
RB1	Rovasenda (VC)	*ZSC IT1120004 Baraggia di Rovasenda *EUAP0349 Riserva naturale delle Baragge	biologico	2015; 2016	RT1 nel 2015 e 2016
RB2	Livorno Ferraris (VC)	*ZPS IT1120021 Risaie Vercellese	biologico	2015; 2016	RT2 nel 2015
RT3	Brusnengo (Bi)	-	convenzionale	2016	RB3 nel 2016
RB3	Roasio (VC)	*ZSC IT1120004 Baraggia di Rovasenda *EUAP0349 Riserva naturale delle Baragge	biologico	2016	RT3 nel 2016
RB1_b	Rovasenda (VC)	*SIC IT1120026 Stazioni di Isoetes malinverniana	biologico	2018; 2019	RT4 nel 2018 e 2019
RT4	Rovasenda (VC)	*SIC IT1120026 Stazioni di Isoetes malinverniana	convenzionale	2018; 2019	RB1_b nel 2018 e 2019
RT5	Crescentino (VC)	-	convenzionale	2018; 2019	RB5 nel 2018 e 2019
RB4	Villarboit (VC)	ZSC/ZPS IT1120014 Garzaia del rio Druma	biologico	2018	RT1 nel 2018
RB5	Crescentino (VC)	-	biologico	2018; 2019	RT5 nel 2018 e 2019
RB6	Crova (VC)	*ZPS IT1120021 RisaieVercellesi	biologico	2019	RT1 nel 2019

L'asterisco (*) indica che il campo ricade nel buffer di 500 m dell'Area protetta/sito Natura 2000.

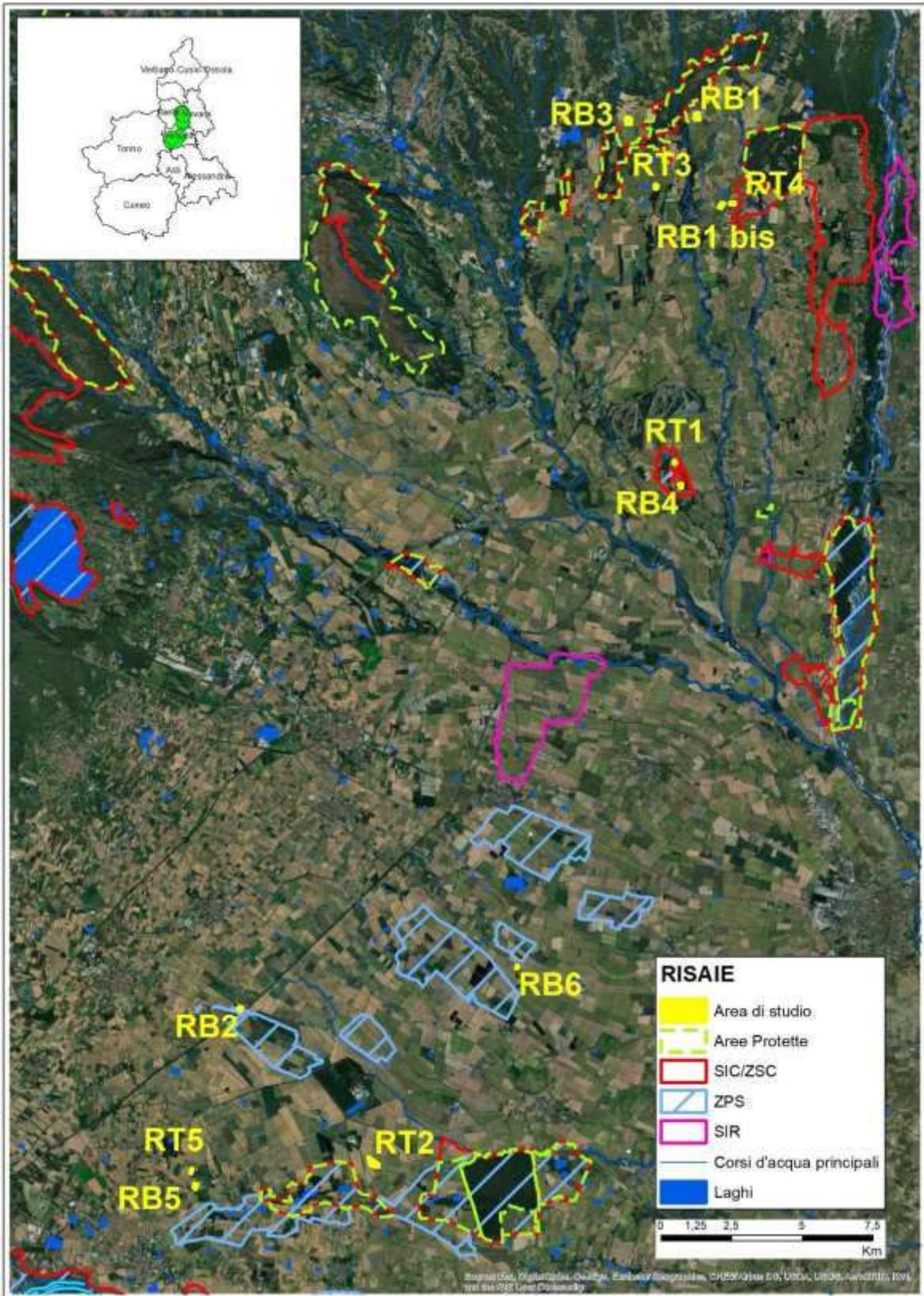


Figura 2.2.1 - Inquadramento territoriale delle risaie oggetto di studio in Piemonte

I vigneti

Come il riso nella parte nord orientale della pianura piemontese, la vigna è componente fondamentale del paesaggio collinare piemontese, perlopiù concentrato in un sistema centrale, detto “Bacino Terziario Piemontese”, una potente serie di sedimenti di origine marina che si eleva dalla sponda destra del Po fino all'estrema propaggine dell'Appennino settentrionale occupando circa un quarto del territorio regionale.

L'intricato dedalo di colline rivela ad un'attenta analisi differenze sostanziali, dando origine a sottoinsiemi paesistici schematicamente riconducibili a Langhe, Monferrato, Roero, Astigiano e Collina Torinese, che si innestano gradatamente in continuità l'uno nell'altro e si distinguono anche in funzione di macro zone viticole storiche (caratterizzate da vitigni in gran parte autoctoni ed esclusivi di questo territorio), che tuttavia condividono la stessa tipologia culturale incentrata sulla piccola proprietà e la stessa forma di allevamento a spalliera, se non per le aree terrazzate dell'alta collina.

L'agroecosistema vigneto è da sempre impostato su estensioni notevoli in tutto il territorio piemontese, dalla bassa all'alta collina, ma in un contesto di promiscuità delle colture che crea, con le forme collinari, un mosaico di interesse ecologico dove le tessere naturali e quelle dell'attività umana si distribuiscono equamente.

Negli ultimi decenni si sono acuite le differenze tra territori in cui, complice un successo internazionale, si sono affermati modelli monoculturali intensivi e altri dove il processo di spopolamento ha conservato il vigneto solo nelle posizioni più vocate e incrementato gli habitat di sostituzione e le aree boscate, a favore però della Robinia. I vigneti di conseguenza possono variare da situazioni molto semplificate ad altre dove il vigneto assume, grazie alla copertura erbacea ed alla presenza di microhabitat di margine (siepi, arbusteti, prati naturali e ambienti boschivi), caratteristiche di habitat vicariante per diverse specie legate all'habitat Natura 2000 cod.6210 delle “Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (*Festuco brometalia*)”, riconducibile nei casi di vigneto in alta collina alla variante prioritaria secondo la Direttiva Habitat per la presenza di “stupende fioriture di orchidee”. D'altronde il territorio piemontese vanta una delle più ricche orchidoflore nazionali.

Dal punto di vista della presenza di aree tutelate dalla rete Natura 2000, nonostante la vastità del territorio, sono scarse e frammentate le aree che interessano il vigneto. Nei primi due anni del progetto sono state selezionate aziende presenti in due di queste aree:

- ●ZSC IT1160012 “Boschi e Rocche del Roero”;
- ●ZSC IT1180010 “Langhe di Spigno Monferrato”.

Il territorio della ZPS “Boschi e le Rocche del Roero” è prevalentemente boscato e occupato da una profonda incisione a forra lunga alcuni chilometri che crea interessanti varietà di ambienti in un range che va da condizioni mesofile ad altre tipicamente termo xerofile (sono segnalate in Lista Rossa italiana diverse specie floristiche di questa natura). Le formazioni forestali, talora degradate per la presenza di robinia, sono costituite in netta prevalenza da quercu-carpineti (Habitat Natura 2000 cod. 9160) e da castagneti (Habitat Natura 2000 cod. 9260), ai quali si associa la presenza sporadica di ambienti prativi sia da sfalcio (Habitat Natura 2000 cod. 6510) che xerici (Habitat Natura 2000 cod. 6210), entrambi frequentemente colonizzati da orchidee selvatiche.

Per la fauna si distinguono diverse specie di erpetofauna e di chiroterri in Direttiva Habitat (in particolare si evidenzia la presenza del chiroterro *Myotis bechsteini*, All. II e IV), e tra gli uccelli, di 10 specie inserite nell'All. I della Direttiva Uccelli tra cui i rapaci (biancone, falco pecchiaiolo, nibbio bruno e albanella reale) e passeriformi submediterranei come il succiacapre, l'ortolano e la tottavilla. L'ambiente viticolo si concentra nel settore meridionale in una modesta vallecola.

Le Langhe di Spigno Monferrato sono una vasta area di alta collina (800 m), appartenente all'Alta Langa al confine con la Liguria, caratterizzato dal più tipico paesaggio rurale di alta collina con prati-pascoli a facies secca seminaturali, e boschi termofili (orno-querceti di roverella), terrazzamenti in pietra a secco e mosaici culturali, e da uno spettacolare fenomeno calanchivo impostato nelle marne. È un hot spot floristico con abbondante presenza di flora termoxerofila di tipo submediterraneo e di festucobrometi (Habitat Natura 2000 cod. habitat 6210), prioritari grazie alle abbondanti fioriture di orchidee.

L'elevata frammentarietà dei vigneti in queste due ZSC ha costretto a ricercare vigneti di confronto in zone simili, con presenza di altri tipi di istituto di protezione. Per la ZSC del Roero è stata individuata la presenza di un'Area di salvaguardia regionale che tutela le Rocche del Roero, con caratteristiche sostanzialmente simili all'ambiente in Natura 2000, mentre per le Langhe di Spigno (AL), sono state trovate caratteristiche omologhe nei vigneti di Loazzolo (AT) compresi all'interno dell'Oasi WWF “Forteto della Luja”, che tutela un mosaico tra boschi termofili e prati xerici a *Bromus erectus* (Habitat Natura 2000 cod. 6210) che custodiscono un'orchidoflora di 23 specie, circa 60 specie di farfalle diurne e altre specie rare di invertebrati, oltre a erpetofauna ed avifauna protette.

Nel biennio di campionamento 2018-2019, al fine di selezionare vigneti maggiormente confrontabili dal punto di vista delle covariate, sono state individuate 6 aree di studio in diversi contesti viticoli esterni alla Rete Natura o ad Aree protette, ma connesse con aree di pregio ambientale o comunque significative dal punto di vista dell'interazione con gli ecosistemi naturali e seminaturali. La coppia rappresentativa di condizioni di viticoltura monocolturale è stata individuata tra Sinio e Serralunga d'Alba, nell'ambito del paesaggio viticolo intensivo più emblematico del Piemonte, ricadente nella zona della D.O.C.G. Barolo, tutelata come Patrimonio Mondiale Unesco, avendo però l'accortezza di selezionare le aree studio nell'ambito della sua fascia altitudinale più alta (500 m), dove il vigneto interagisce con piccoli ambienti boscati.

Una coppia rappresentativa di condizioni di intensività intermedia è stata selezionata al confine tra Monferrato astigiano e Collina Torinese, in comune di Pino d'Asti (AT), in una zona vocata di eccellente qualità e di grande pregio ampelografico (Freisa, Malvasia, Bonarda, Barbera, Albugnano) che conserva un equilibrio tra altri paesaggi agrari con quello del vigneto, nota anche a livello conservazionistico per la presenza di hot spot floristici legati a flora termoxerofila (Correggia, 2002).

Per la terza coppia, è stata ricercata una situazione il più possibile omologabile alla definizione europea di agricoltura ad alto valore naturale HN VF (High Natural Value Farming), che per il vigneto si applica ai contesti di vigneto terrazzato con muretti a pietra a secco, di difficile meccanizzazione e con presenza al margine di habitat seminaturali di alta collina. Tale condizione è stata riscontrata in un contesto viticolo nell'area della Langa ricadente nell'ambito della zona del Moscato della Valle Belbo nel comune di Castino (CN), un ambito limitrofo ad un'area in condizioni pressoché simili che la Regione Piemonte, con una propria normativa di tutela dei piccoli biotopi del 1997, ha individuato come sito di interesse regionale (S.I.R.) col nome "San Bovo di Castino", cod. IT1160052. Si tratta di un'area a cavallo di un versante xerofilo a pino silvestre e roverella, con presenza dell'habitat Natura 2000 cod. 5130 "Formazioni di *Juniperus communis* su lande o prati calcarei".

In Tabella 2.2.2 vengono elencati i vigneti oggetto di studio, i codici identificativi, il comune di appartenenza, il metodo di conduzione agronomico, la stagione di campionamento e il relativo campo di confronto.

Tabella 2.2.2 - Vigneti individuati in Piemonte

CODICE CAMPO	COMUNE/PROVINCIA	AREA PROTETTA / SITO NATURA 2000 ENTRO CUI RICADE IL CAMPO	PRATICA AGRICOLA	STAGIONE DI CAMPIONAMENTO	CAMPI DI CONFRONTO
VT1	Sommariva Perno (CN)	ZSC IT1160012 Boschi e Rocche del Roero Zona naturale di salvaguardia dei Boschi e delle Rocche del Roero (EUAP0541)	convenzionale	2015; 2016	VB1 nel 2015; VB3 nel 2016
VT2	Spigno Monferrato (AL)	ZSC IT1180010 Langhe di Spigno Monferrato	convenzionale	2015	VB2 nel 2015
VB1	Santo Stefano Roero (CN)	-	biologico	2015	VT1 nel 2015
VB2	Loazzolo (AT)	Oasi WWF Forteto della Luja	biologico	2015	VT2 nel 2015
VT3	Castellinaldo d'Alba (CN)	-	convenzionale	2016	VB4 nel 2016
VB3	Veza d'Alba (CN)	-	biologico	2016	VT1 nel 2016
VB4	Castellinaldo d'Alba (CN)	-	biologico	2016	VT3 nel 2016
VT4	Pino d'Asti (AT)	-	convenzionale	2018; 2019	VB5 nel 2018 e 2019
VB5	Pino d'Asti (AT)	-	biologico	2018; 2019	VT4 nel 2018 e 2019
VT5	Castino (CN)	-	convenzionale	2018; 2019	VB6 nel 2018 e 2019
VB6	Castino (CN)	* Biotopo di San Bovo di Castino (codice biotopo IT1160052, L.r. 3 aprile 1995, n. 47)	biologico	2018; 2019	VT5 nel 2018 e 2019
VT6	Sinio (CN)	-	convenzionale	2018; 2019	VB7 nel 2018 e 2019
VB7	Sinio (CN)	-	biologico	2018; 2019	VT6 nel 2018 e 2019

L'asterisco (*) indica che il campo ricade nel buffer di 500m dell'Area protetta/sito Natura 2000.

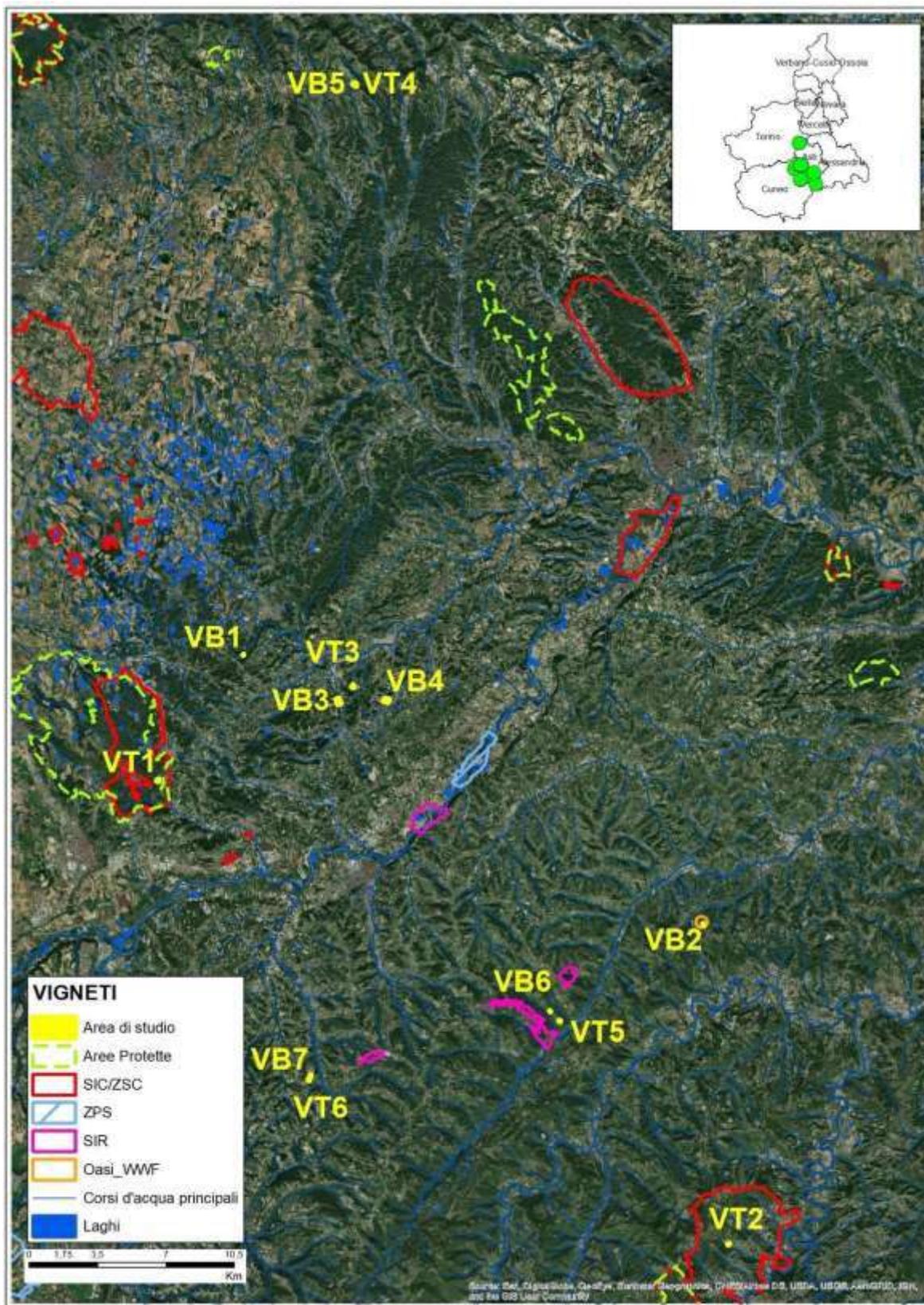


Figura 2.2.2 - Inquadramento territoriale dei vigneti oggetto di studio in Piemonte

2.2.2 Residui dei prodotti fitosanitari rilevati nelle acque superficiali e sotterranee dell'area risicola

Di seguito, vengono presentati i dati dei residui delle sostanze attive rilevate nei corpi idrici superficiali e sotterranei, riferiti alla provincia di Vercelli (Figura 2.2.3 e Tabella 2.2.3). Le informazioni si basano sui dati utilizzati per la redazione del “Rapporto nazionale pesticidi nelle acque” (nel seguito indicato come “Rapporto pesticidi”), redatto da ISPRA e SNPA (Paris et. al., 2018, 2020) nell’ambito dei compiti stabiliti dal Decreto 22 gennaio 2014 (Piano di Azione Nazionale per l’utilizzo sostenibile dei pesticidi [DM 35/2014]), che ha tra le sue finalità quella di rilevare eventuali effetti derivanti dei pesticidi, non previsti nella fase di autorizzazione e non adeguatamente controllati in fase di utilizzo. Il rapporto di monitoraggio coinvolge le Regioni e le Agenzie Regionali/provinciali per la Protezione dell’Ambiente che effettuano il monitoraggio nell’ambito dei programmi di rilevazione previsti dal D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152, mentre l’Istituto fornisce gli indirizzi tecnico-scientifici, raccoglie i dati, li elabora, li valuta ed evidenzia le criticità riscontrate. Per ulteriori informazioni e approfondimenti si rimanda ai documenti ISPRA sui rapporti sul monitoraggio nazionale dei pesticidi nelle acque e sui documenti di indirizzo, consultabili al sito dell’ISPRA (www.pesticidi.isprambiente.it)

Dalle informazioni disponibili a livello nazionale, con l’ultimo aggiornamento relativo al 2018, è stato possibile estrapolare i dati relativi alla provincia di Vercelli, per ciascun anno di riferimento (2015, 2016 e 2018). I dati sono riportati per le stazioni di monitoraggio (siti) presenti all’interno della provincia e le relative presenze di sostanze in base al superamento del limite di quantificazione della metodica analitica (LoQ). Nella Provincia di Vercelli i valori di LoQ per la quasi totalità delle sostanze ricercate è di 0,020 µg/l., con un minimo di 0,002 µg/l ad un massimo di 0,1µg/l (relativo solo al Glifosate e al suo metabolita acido aminometilfosfonico o AMPA ricercati dal 2016). Nella provincia di Vercelli nel 2015 sono stati monitorati 58 siti (11 nelle acque superficiali e 47 nelle acque sotterranee). In tutti gli 11 siti delle acque superficiali (100 %) e in 29 siti nelle acque sotterranee (circa 62 %) sono stati rilevati residui di sostanze attive che compongono i prodotti fitosanitari. Sono state ricercate in tutto 93 sostanze (di cui 77 solo nelle acque sotterranee). Nelle acque superficiali sono state rilevate 30 sostanze. Triciclazolo, Imazamox e Quinclorac sono le sostanze più frequenti in termine di percentuale di presenze nei campioni analizzati; nelle acque sotterranee sono state ritrovate 21 sostanze di cui Bentazone, Imazamox e Oxadiazon sono le più frequenti.

Nel 2016 i punti di monitoraggio sono stati in tutto 99 (12 per le acque superficiali e 87 per le acque sotterranee). Anche nel 2016 tutti i 12 siti (100%) delle acque superficiali sono risultati con residui, mentre nelle acque sotterranee 68 siti (circa 78,2 %). Nel complesso sono 102 le sostanze ricercate. Delle 94 sostanze cercate nelle acque superficiali, ne sono state ritrovate 25 (Oxadiazon, Quinclorac e Triciclazolo le più frequenti). Nelle acque sotterranee sono state trovate 27 sostanze su un totale di 87 cercate. Terbutilazina-Desetil, Oxadiazon e Atrazina Desetil sono le più frequenti.

Nel 2018 sono stati monitorati 84 siti (11 nelle acque superficiali e 73 nelle acque sotterranee). Come per gli anni precedenti, sono stati rilevati residui in tutti i siti delle acque superficiali (100 %), mentre nelle acque sotterranee sono stati trovati residui in 48 punti (circa 66 %). Nel complesso sono state cercate 95 sostanze, 94 nelle acque superficiali e 82 nelle acque sotterranee. Sono stati rilevati 51 residui solo nelle acque superficiali (AMPA, Bentazone e Glifosate le più frequenti) e 34 nelle acque sotterranee (Bentazone, Terbutilazina-Desetil, Oxadiazon le più frequenti).

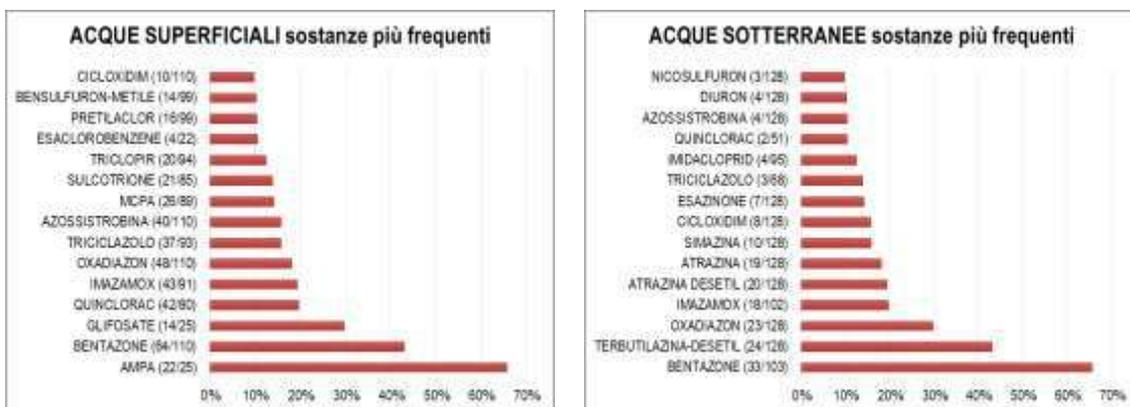


Figura 2.2.3 - Sostanze più trovate nel 2018 in termini di frequenza nei campioni nella provincia di Vercelli (%trovato/cercato)

Tabella 2.2.3 - Sintesi dei risultati di monitoraggio per punti di monitoraggio e sostanze, per gli anni 2015, 2016 e 2018 nella provincia di Vercelli (SW: acque superficiali; GW: acque sotterranee)

----- ----- --- 21Sin tesi	PUNTI MONITORAGGIO									SOSTANZE					
	2015			2016			2018			2015		2016		2018	
	tot ali	con resid ui	% con resid ui	tot ali	con resid ui	% con resid ui	tot ali	con resid ui	% con resid ui	cerc ate	trov ate	cerc ate	trov ate	cerc ate	trov ate
SW	11	11	100	12	12	100	11	11	100	93	30	94	25	94	51
GW	47	29	61,7	87	68	78,2	73	48	65,7	77	21	87	27	82	34
Totale	58	40	69	99	80	80,8	84	59	70,2	93	32	102	38	95	61

Fitosanitari in Corpi Idrici con bacini ad alta densità di risaia

Segue qui un'analisi dei dati rilevati nei campioni raccolti da ARPA Piemonte nel corso del periodo le annualità 2017-2019 in 4 corpi idrici della pianura risicola vercellese in stretta relazione con le aree di studio, in modo da discriminare l'apporto di residui di fitosanitari che possono essere veicolati nelle acque superficiali.

Analizzando la presenza di residui di prodotti fitosanitari nelle acque dei Corpi idrici della pianura vercellese in diretta relazione ai siti monitorati (T. Rovasenda, T. Marchiazza per i siti nell'alta pianura e T. Marcova e Roggia Bona per i siti nella bassa pianura), riscontrata da ARPA Piemonte nel corso dei monitoraggi 2017-2019 per il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità delle Acque, è possibile evidenziare la presenza ubiquitaria di alcuni principi attivi che spiega l'ecotossicità diffusa, dovuta probabilmente alla modalità di distribuzione delle acque irrigue e di circolazione idrica in continuità tra le camere di risaia indifferentemente se a gestione biologica o convenzionale. I dati vengono di seguito presentati evidenziando solo i principi attivi ritrovati in più del 20 % dei ricercati, citando il numero di record di campioni per avere una dimensione della diffusione, e i picchi massimi riscontrati per avere un quadro delle concentrazioni che si possono raggiungere a livello territoriale. Nei grafici di figura 2.2.4 sono riportati comunque tutti i principi attivi riscontrati.

Le sostanze più rappresentate nelle acque del torrente Marcova (Figura 2.2.4) sono l'Oxadiazon e il Bentazone, riscontrati 20 volte nei campionamenti. Oxadiazon raggiunge valori massimi di concentrazione di 0,81µg/l; seguono il Quinclorac (14 volte, con picchi di 0,53 µg/l), Imazamox (13 volte), Azoxystrobina, (11 volte, con picchi di 1,22 µg/l); Bensulfuron metile, (10 volte), Triciclazolo, (9 volte), MCPA, (8 volte, Sulcotrione (8 volte, con picchi di 3,20 µg/l), Desetilterbutilazina, 7 volte, Metolaclo (7 volte), Clomazone, (6 volte), AMPA (6 volte, con picchi di 1 µg/l), Triclopir, (6 volte), Cicloxidim (5 volte, con picchi di 1.6 µg/l), Glifosate (5 volte, con picchi di 2 µg/l).

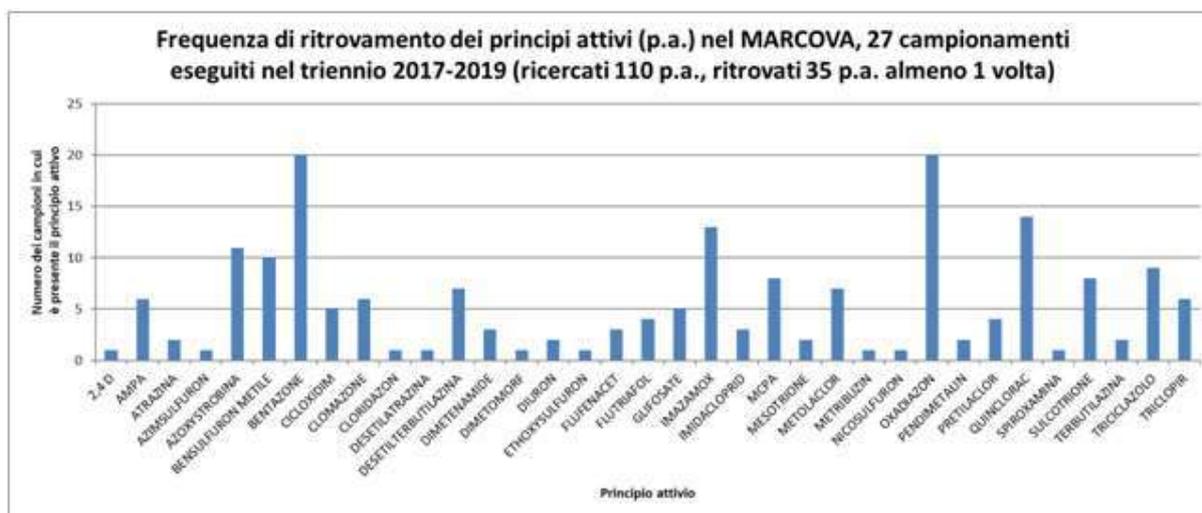


Figura 2.2.4 - Sostanze più trovate, nel 2017-2019, in termini di frequenza nel Torrente Marcova (VC).
Le sostanze più rappresentate nel Roggia Bona (VC) (Figura 2.2.5) sono il Bentazone (23 volte), l'Oxadiazon (18 volte, con picco di 0,91 µg/l) e l'Imazamox (15 volte); seguono, Azoxystrobina (12 volte), Quinclorac (12 volte), Sulcotrione (11 volte con picchi di 3,70 µg/l, Triciclazolo (11 volte), MCPA (8 volte); Metolaclor (8 volte)

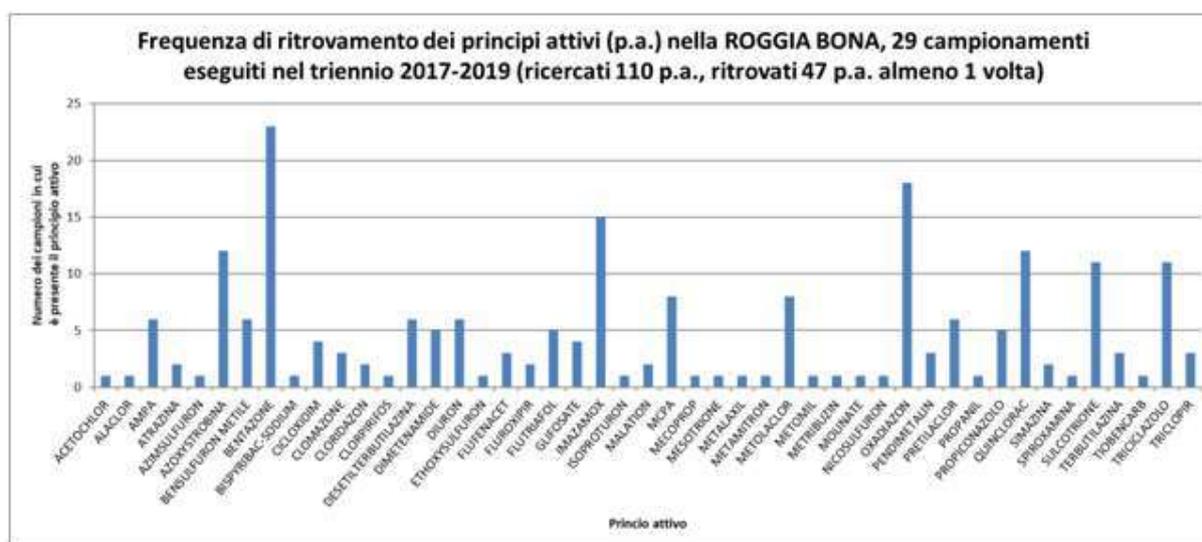


Figura 2.2.5 - Sostanze più trovate, nel 2017-2019, in termini di frequenza nella Roggia Bona (VC).
Le sostanze più rappresentate nel Torrente Rovasenda (VC) (Figura 2.2.6) sono il Triciclazolo (19 volte), l'Oxadiazon (18 volte, con picco di 1.46 µg/l), il Bentazone (17 volte) e l'Azoxystrobina (17 volte, con picco di 6,50 µg/l). Seguono Quinclorac (15 volte, con picco di 1.62 µg/l), Imazamox (14 volte), MCPA (10 volte), Sulcotrione (10 volte, con picco di 6,30 µg/l), Flufenacet (7 volte, con picco di 2.98 µg/l), Clomazone (7 volte), Cicloxidim, Pretilaclor, Triclopir (6 volte ciascuno), Dimetenamide e Bispyribac-Sodium (5 volte)

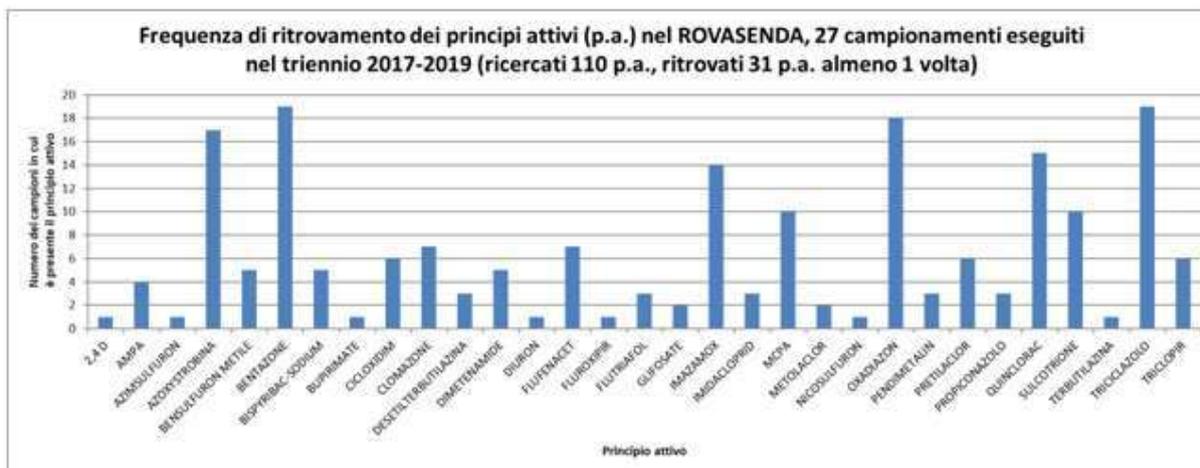


Figura 2.2.6 - Sostanze più trovate, nel 2017-2019, in termini di frequenza nel Torrente Rovasenda (VC)

Le sostanze più rappresentate nel Torrente Marchiazza (Figura 2.2.7) sono il Bentazone e l'Oxadiazon, presenti in 22 campioni, con picchi rispettivamente di 2,82 $\mu\text{g/l}$ e di 3,86 $\mu\text{g/l}$. Segue il Triciclazolo (21 volte), Quinclorac (19 volte), Azoxystrobina (17 volte con picco di 2,86 $\mu\text{g/l}$), Imazamox, (16 volte), Sulcotrione, (10 volte con picco di 4,9 $\mu\text{g/l}$), MCPA e Pretilaclor (9 volte), Triclopip e Flufenacet (7 volte, con picco di Flufenacet di 1,92 $\mu\text{g/l}$), Cicloxidim, Clomazone, Bensulfuron metile e AMPA (6 volte con picco di 1 $\mu\text{g/l}$).

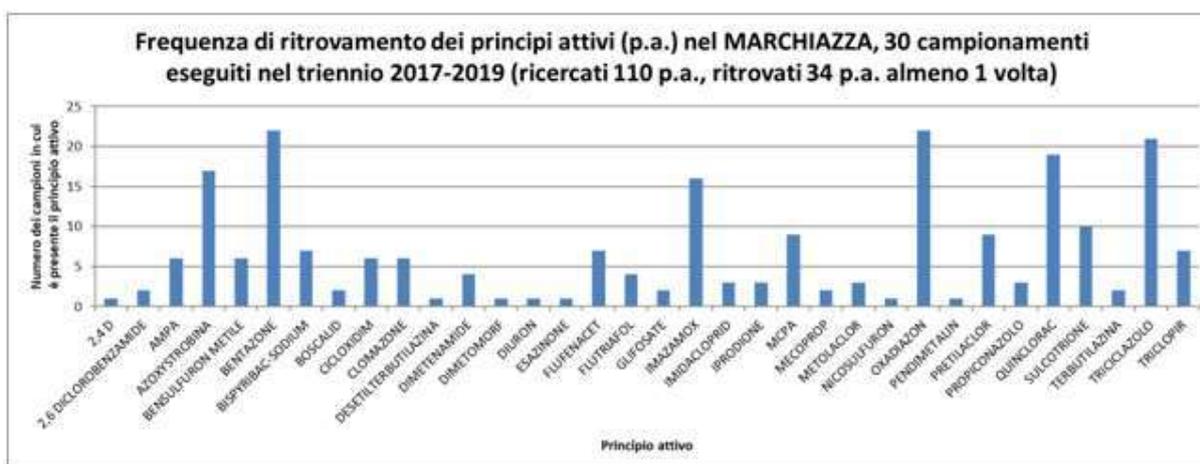


Figura 2.2.7 - Sostanze più trovate, nel 2017-2019, in termini di frequenza nel Torrente Marchiazza (VC)

A commento di questi risultati, nei corpi idrici illustrati, considerando il numero di campioni analizzati (n.30) Bentazone, Oxadiazon e, secondariamente, Triciclazolo, Imazamox, Azoxystrobina, Quinclorac, sono stabilmente rappresentati in circa due terzi dei campioni dei campioni.

2.2.3 Residui dei prodotti fitosanitari rilevati nelle acque superficiali e sotterranee dell'area viticola

Vengono presentati i dati dei residui delle sostanze attive rilevate nei corpi idrici superficiali e sotterranei, nelle provincie di Asti (Figura 2.2.8 e Tabella 2.2.4) e Cuneo (Figura 2.2.9 e Tabella 2.2.5), tratti dal “Rapporto pesticidi” (Paris et. al., 2018, 2020) nell’ambito dei compiti stabiliti dal DM 35 del 22 gennaio 2014 (Piano di Azione Nazionale per l’utilizzo sostenibile dei pesticidi).

Dalle informazioni disponibili a livello nazionale è stato possibile estrapolare i dati relativi alle provincie di Asti e Cuneo, per ciascun anno di riferimento (2015, 2016 e 2018). I dati sono riportati per le stazioni di monitoraggio (siti) presenti all’interno della provincia e le relative presenze di sostanze in base ai superamenti dei limiti di quantificazione analitica (LoQ). Anche nelle Provincie di Asti e Cuneo i valori di LoQ per la quasi totalità delle sostanze ricercate, è di 0,020 µg/l, con un minimo di 0,002 µg/l ad un massimo di 0,1 µg/l (relativo solo al Glifosate e Ampa ricercate dal 2016). Segue quindi un’analisi dei dati rilevati nei campioni raccolti da ARPA Piemonte nel corso delle annualità 2017-2019 nei corpi idrici della provincia di Cuneo con porzioni significative del bacino drenante, settori ad alta specializzazione viticola, quali il fiume Tanaro e i torrenti Belbo e Borbore (all’interno di quest’ultimo ricadono anche diverse aree di studio oggetto di indagine); mentre per la provincia di Asti è stata selezionata una porzione di bacino del torrente Triversa in cui sono state individuate due aree di studio. Tali analisi sono state poi confrontate con i risultati di una campagna di indagine effettuata nell’agosto 2019 sui rii minori, ma a portata costante di bacini quasi esclusivamente coltivati a vigneto, in modo da ricomprendere l’apporto di residui di fitosanitari eventualmente veicolati nelle acque superficiali dalle aree viticole.

Provincia di ASTI

Nel 2015 sono stati monitorati 27 siti (14 nelle acque superficiali e 13 nelle acque sotterranee). Sono stati trovati residui nell’85,7% dei siti nelle acque superficiali e nel 30,7% nelle sotterranee. Nel complesso sono state ricercate 79 sostanze, di cui 68 nelle acque sotterranee. Nelle acque superficiali sono state rilevate 33 sostanze mentre nelle acque sotterranee 9. Imidacloprid, Metolaclor e Terbutilazina sono le tre sostanze rilevate con maggior frequenza nelle acque superficiali e sotterranee. Nel 2016 i siti di monitoraggio sono stati 48 (17 per le acque superficiali e 31 per le acque sotterranee); sono stati trovati residui in 15 siti delle acque superficiali (88,2 %) e in 15 siti delle acque sotterranee (48,4 %). Nel complesso sono state ricercate 99 sostanze, 93 nelle acque superficiali e 85 nelle acque sotterranee. Nelle acque superficiali sono state rilevate 30 sostanze e 16 nelle acque sotterranee. Cloridazon, Boscalid, Fluopicolide sono le tre sostanze rilevate con maggior frequenza nelle acque superficiali, mentre Terbutilazina, Metolaclor e Terbutilazina-Desetil nelle acque sotterranee.

Nel 2018 i siti monitorati sono stati 36 (14 nelle acque superficiali e 22 nelle sotterranee). Sono stati trovati residui in tutti i punti delle acque superficiali (100 %) e in 9 punti delle acque sotterranee (40,9 %). Nel complesso sono state cercate 98 sostanze, 87 nelle acque superficiali e 84 nelle sotterranee. Sono state rilevate 40 sostanze nelle acque superficiali (Boscalid, Fluopicolide e Metolaclor le più frequenti) e 11 nelle sotterranee (Ampa, 2,6-Diclorobenzammide e Metolaclor tra le più frequenti).

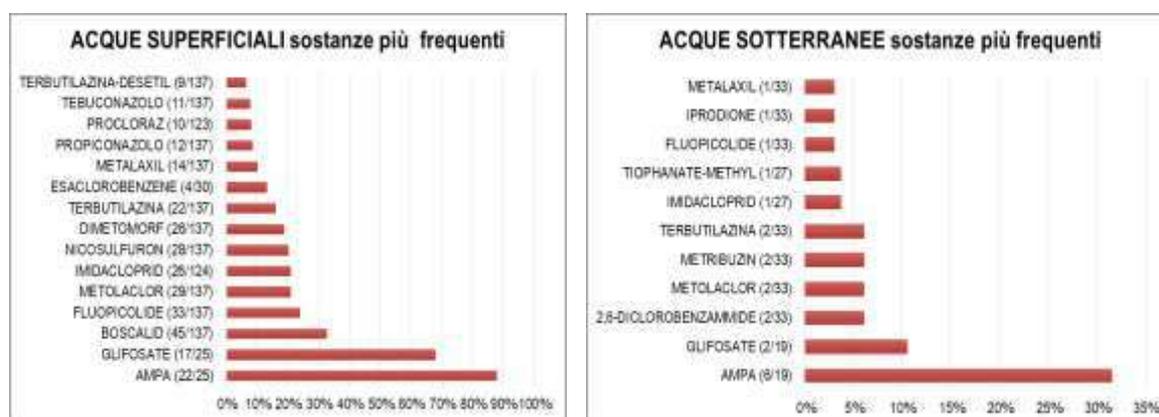


Figura 2.2.8 - Sostanze attive più trovate, nel 2018, in termini di frequenza nei campioni nella provincia di Asti (% trovato/cercato)

Tabella 2.2.4 - Sintesi dei risultati di monitoraggio dei prodotti fitosanitari per punti di monitoraggio e sostanze, per gli anni 2015, 2016 e 2018 nella provincia di Asti (SW: acque superficiali; GW: acque sotterranee)

Sintesi	PUNTI MONITORAGGIO									SOSTANZE					
	2015			2016			2018			2015		2016		2018	
	totali	con residui	% con residui	totali	con residui	% con residui	totali	con residui	% con residui	cercate	trovate	cercate	trovate	cercate	trovate
SW	14	12	85,7	17	15	88,2	14	14	100,0	79	33	93	30	87	40
GW	13	4	30,8	31	15	48,4	22	9	40,9	68	9	85	16	84	11
Totale	27	16	59,3	48	30	62,5	36	23	63,9	79	36	99	38	98	40

Provincia di CUNEO

Nel 2015 sono stati monitorati 96 siti (17 nelle acque superficiali e 79 nelle acque sotterranee). Sono stati trovati residui in 15 siti delle acque superficiali (88,2 %) e in 19 delle sotterranee (24 %). Nel complesso sono state cercate 79 sostanze, di cui 68 nelle acque sotterranee. Sono state rilevate 24 sostanze nelle acque superficiali e 14 nelle acque sotterranee. Le tre sostanze più frequenti sono risultate Metolaclor, Terbutilazina e Boscalid nelle acque superficiali e Terbutilazina-Desetil, Metolaclor e Nicosulfuron nelle sotterranee.

Nel 2016, i siti di monitoraggio sono stati 142 (21 per le acque superficiali e 121 per le acque sotterranee). Sono stati trovati residui in 19 siti delle acque superficiali (90,5 %) e in 82 (67,8 %) delle acque sotterranee. Nel complesso sono state ricercate 103 sostanze, 97 nelle acque superficiali e 88 nelle acque sotterranee. Sono state rilevate 31 sostanze nelle acque superficiali e 41 nelle acque sotterranee. Terbutilazina, Fluopicolide e Terbutilazina-Desetil sono le tre sostanze rilevate con maggior frequenza nelle acque superficiali, Terbutilazina-Desetil, Atrazina Desetil e Terbutilazina nelle acque sotterranee. Nel 2018, i siti monitorati sono stati 113 (11 nelle acque superficiali e 102 nelle sotterranee). Sono stati trovati residui in 10 punti di monitoraggio delle acque superficiali (90,1%) e in 57 punti delle acque sotterranee (55,9%). Nel complesso sono state ricercate 99 sostanze, 97 nelle acque superficiali e 84 nelle sotterranee. Sono state rilevate 38 sostanze nelle acque superficiali (Boscalid, Nicosulfuron e Fluopicolide le più frequenti) e 19 nelle sotterranee (Terbutilazina-Desetil, Atrazina Desetil e Nicosulfuron tra le più frequenti).

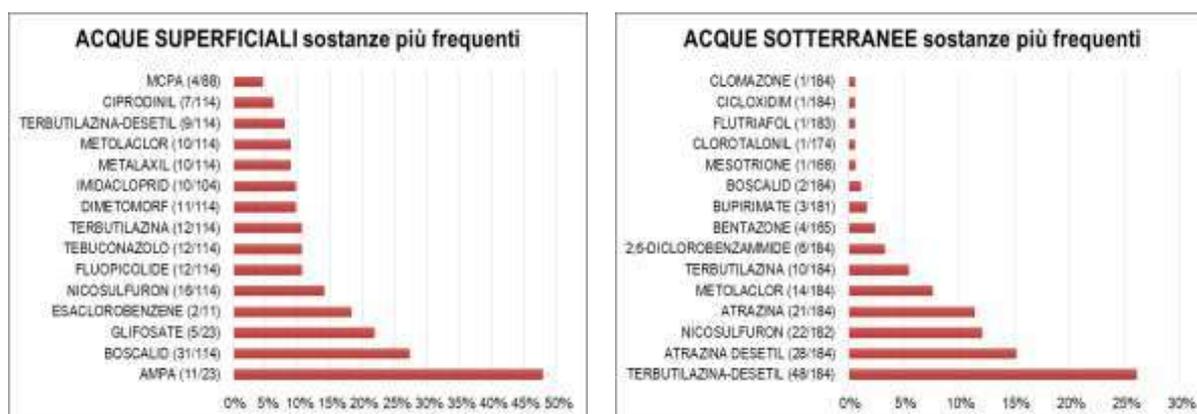


Figura 2.2.9 - Sostanze più trovate, nel 2018 in termini di frequenza nei campioni nella provincia di Cuneo (% trovato/cercato)

Tabella 2.2.5 - Sintesi dei risultati di monitoraggio per punti di monitoraggio e sostanze, per gli anni 2015, 2016 e 2018 nella provincia di Cuneo (SW: acque superficiali; GW: acque sotterranee)

S i n t e s i	PUNTI MONITORAGGIO									SOSTANZE					
	2015			2016			2018			2015		2016		2018	
	totali	con residui	% con residui	totali	con residui	% con residui	totali	con residui	% con residui	cercate	trovate	cercate	trovate	cercate	trovate
SW	17	15	88,2	21	19	90,5	11	10	90,9	79	24	97	31	97	38
GW	79	19	24,1	121	82	67,8	102	57	55,9	68	14	88	41	84	19
Totale	96	34	35,4	142	101	71,1	113	67	59,3	79	30	103	53	99	45

Fitosanitari in Corpi Idrici con bacini ad alta densità di vigneto

Le aziende VB1, VT1, VB3, VT3, VB4 si riferiscono al Torrente Borbore (CN) (Figura 2.2.10). I principi attivi che superano il 20% dei record di 2 anni di monitoraggio sono risultati: Boscalid (37 volte, con 0,80 µg/l di concentrazione media), Dimetomorf (32 volte, con 0,12 µg/l di concentrazione media), Imidacloprid (28 volte, con 0,08 µg/l di concentrazione media), Tebuconazolo (24 volte, con 0,05 µg/l), Terbutilazina (17 volte, 0,09 µg/l di media), Metalaxil (16 volte, 0,14 µg/l con un picco di 1,17 µg/l), Metolaclor (15 volte, 0,17 µg/l). Sono presenti più del 10% di records per: Fluopicolide, Desetilterbutilazina (metabolita di Terbutilazina, ndr), AMPA (metabolita, di Glifosate con un picco di 6,50 µg/l), Glifosate (con un picco di 2,3 µg/l), Captano (con un picco di 1,17 µg/l), Esaclorobenzene.

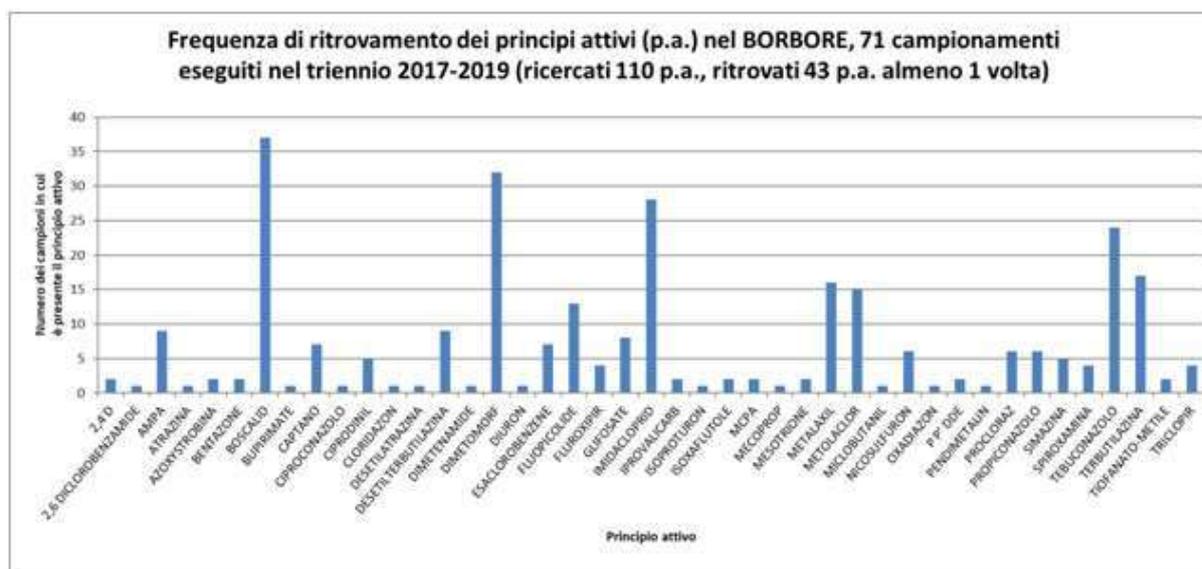


Figura 2.2.10 - Sostanze più trovate, nel 2017-2019, in termini di frequenza nel Torrente Borbore (CN)

Nel Torrente Belbo (CN) confluiscono le acque drenanti il piccolo bacino laterale del torrente (Figura 2.2.11) in cui sono localizzate le aziende VB6 e VT5, a monte dell'area viticola del Moscato d'Asti che ha il suo epicentro in valle Belbo. La stazione di monitoraggio presa a riferimento è collocata poco a valle della confluenza del piccolo rio laterale, in un'area ancora ricca di copertura boschiva e prativa rispetto ai comprensori più a valle a monocultura viticola. I principi attivi che superano il 20% dei record di 2 anni di monitoraggio sono: Boscalid (46 volte, 0,124 µg/l di media con picco di 1,33 µg/l e Dimetomorf (28 volte, 0,3 µg/l con picco di 3,38 µg/l). Sono presenti più del 10% di record per Fluopicolide e Metalaxil

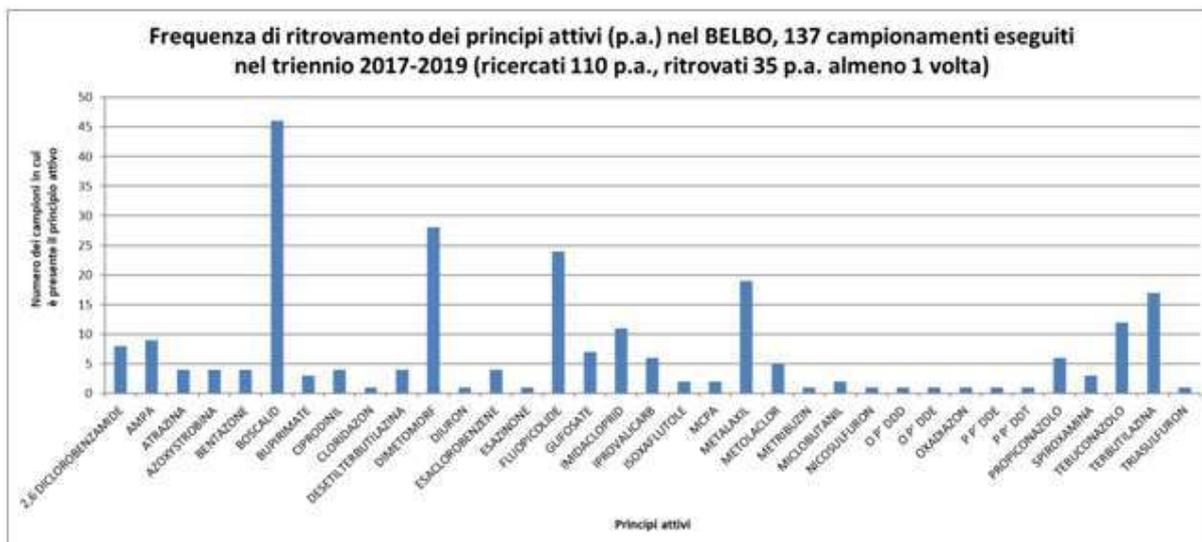


Figura 2.2.11- Sostanze più trovate, nel 2017-2019, in termini di frequenza nel Torrente Belbo (CN)

Le dimensioni del Fiume Tanaro (CN) (Figura 2.2.12), uno dei più grandi d'Italia, sono tali che il bacino drenante raccoglie un reticolo idrico proveniente da un contesto territoriale eterogeneo caratterizzato da colture diversificate e le portate hanno un potere diluente molto più rilevante rispetto ai torrenti citati in precedenza. Le stazioni selezionate corrispondono comunque a un lungo tratto che drena tutte le aree vitate della Bassa Langa (tra cui quelle delle aziende VB7 e VT6) e una buona porzione di quella del Roero. Un solo principio attivo supera la soglia dei 20 % dei record in 2 anni di monitoraggio ed è il Metolachlor, rilevato 33 volte con una media di 0,06 µg/l. Tra i fitosanitari presenti in più del 10 % dei campioni ci sono: Terbutilazina (28 volte), AMPA (24 volte, con una media di concentrazione di 0,48 µg/l), Desetilterbutilazina (21 volte), Boscalid (18 volte), Nicosulfuron (17 volte).

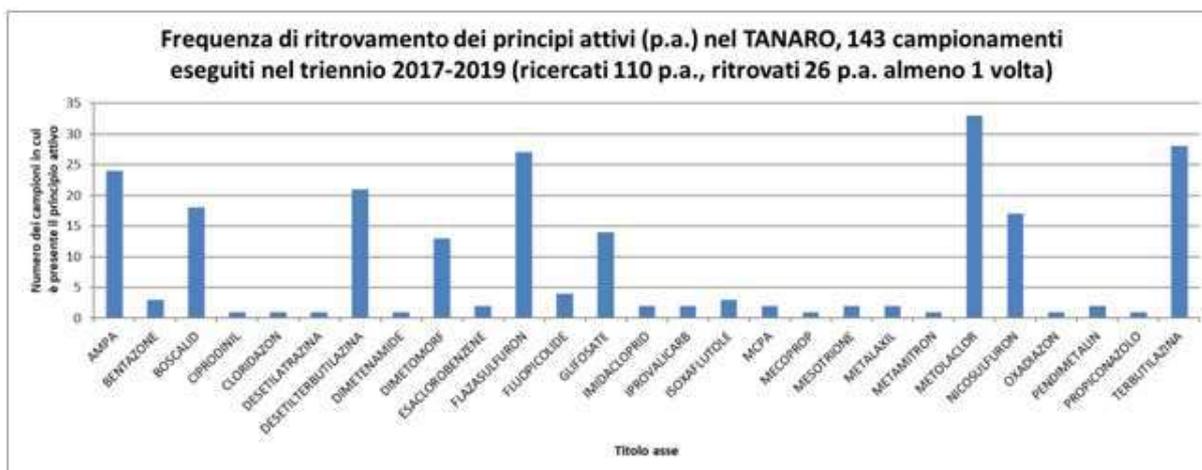


Figura 2.2.12 - Sostanze più trovate, nel 2017-2019, in termini di frequenza nel Fiume Tanaro (CN)

Nel Torrente Trivera (Figura 2.2.13) confluiscono le acque dei vigneti di Pino d'Asti (VB5, VT4). A valle il bacino del torrente risulta caratterizzato da una matrice più forestale, perdendo la vocazione viticola. I principi attivi che superano il 20 % dei record sono: Metolaclo, 15 volte, con 0,07 µg/l di concentrazione media; Terbutilazina, 9 volte, con 0,24 µg/l di media e con un picco di 1,44 µg/l; Imidacloprid, 7 volte, con 0,02 µg/l di concentrazione media; AMPA, 6 volte, con 0,97 µg/l di concentrazione media e con un picco di 1,2 µg/l; Glifosate, 6 volte, con 0,28µg/l di media. L'unico principio attiva che supera la soglia del 10 % di ritrovamenti è risultato il Nicosulfuron (3 volte).

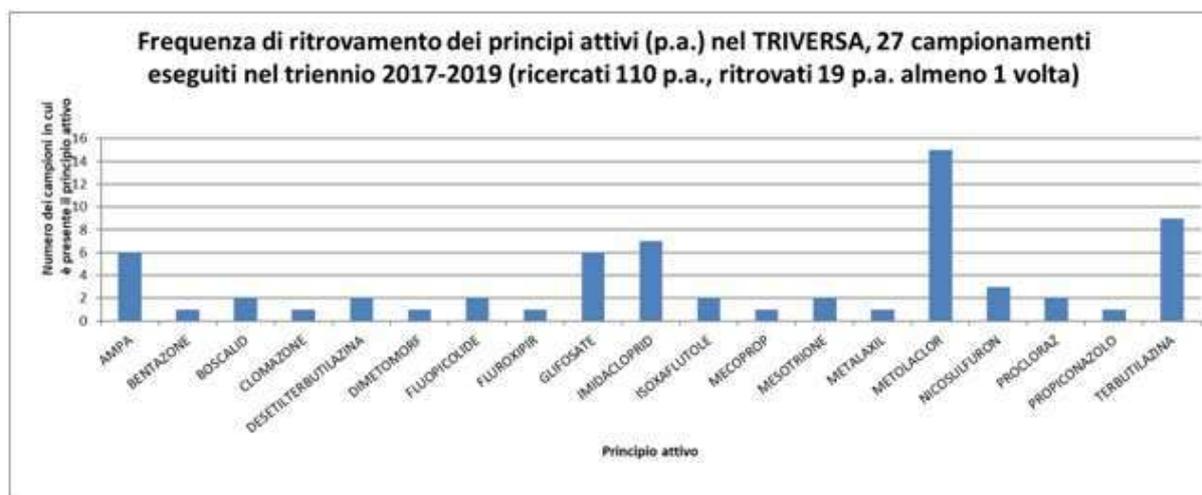


Figura 2.2.13 - Sostanze più trovate, nel 2017-2019, in termini di frequenza nel Torrente Trivera

Rii minori in zone viticole intensive e in sezioni sottese alle aree di studio

Il 7 agosto 2019, al termine della stagione dei trattamenti in vigneto, ARPA Piemonte ha effettuato nell'ambito del presente studio un approfondimento su alcuni rii minori collinari drenanti settori ad elevata densità di vigneto e con acqua fluente anche in periodo estivo, in modo da acquisire un primo set di dati sulle concentrazioni circolanti e veicolabili nei Corpi Idrici oggetto di monitoraggio. I campioni sono stati così individuati:

- n°5 campioni (V1, V2, V3, V4, V5) lungo il corso della Talloria di Castiglione, nei comuni di Monforte d'Alba, Serralunga d'Alba e Castiglione Falletto nell'ambito dell'area viticola del Barolo, bacino caratterizzato da monocoltura intensiva e pressoché esclusiva di vigneto, con distanze pressoché omogenee tra le stazioni, al fine di evidenziare eventuali gradienti di concentrazione;
- n°3 campioni (V6, V7 e V8) su sezioni terminali prima della confluenza nel fiume Tanaro, su altrettanti corpi idrici drenanti l'area viticola del Barbaresco, nei comuni di Neive, Barbaresco e Treiso;
- n°2 campioni (V9 e V10) nella zona viticola del Monferrato a Pino d'Asti. Il campione V9, rappresentativo di un'area collinare particolarmente integra che potrà fungere da bianco (zona dell'alneto di Santonco, in comune di Piovà Massaia) ed il V10 nell'ambito dell'area viticola di Pino d'Asti, oggetto delle campagne di monitoraggio dei vigneti VB5 e VT4 (Tabella 2.2.2).

Per ogni punto di campionamento, sono stati prelevati: un litro di acqua in bottiglia di vetro scuro; 50 ml di acqua in contenitore tipo Falcon; n°3 campioni di sedimento setacciato a 2 mm in contenitori tipo Falcon da 50 ml. I campioni di acqua sono stati analizzati per la ricerca di residui di fitosanitari presso il Laboratorio Microinquinanti di ARPA Piemonte a Grugliasco (TO), mentre i campioni di sedimento sono stati analizzati presso i Laboratori di Ecotossicologia di ISPRA a Castel Romano (Roma).

I risultati sono riportati nella Tabella 2.2.6. Mentre per i sedimenti non c'è stato riscontro di residui e di ecotossicità, nelle acque sono stati rilevati i principi attivi riportati nella tabella, con buona corrispondenza (per quanto riguarda Boscalid, Dimetomorf, Metalaxil, Fluopicolide, Triclopir, Tebuconazolo, Imidacloprid) con i risultati riscontrati nel medesimo periodo nei corpi idrici in cui confluiscono i rii minori.

Tra i principi attivi non riscontrati con frequenza nei campioni analizzati, si osserva la diffusione in tutti i rii di Spiroamina. A livello di picchi di concentrazione si evidenziano: un dato di 2,95 µg/l di Metalaxil nella stazione V7 di Barbaresco, 0,58 µg/l di Tebuconazolo in V6 a Neive un gradiente di incremento da monte a valle nelle 5 stazioni della Talloria di Castiglione per Dimetomorf (da 0,03 a

0,06 µg/l) e Spiroxamina (da 0,02 a 0,04 µg/l) una maggior varietà di principi attivi nelle stazioni V6 e V7 a Neive (con 8 PF) e Barbaresco (con 9 PF). Nel torrente Trivera si è riscontrata l'assenza di principi attivi anche nella sezione immediatamente sottesa al comprensorio viticolo di Pino d'Asti, drenante a breve distanza le aree di studio VT4 e VB5. Nel corso delle analisi si è titolato anche il Rame disciolto nelle acque. Tutti i campioni risultano al di sotto di 5 µg/l tranne V2 sulla Talloria (10,1 µg/l), V6 a Neive (14,3 µg/l) e V7 a Barbaresco (5,5 µg/l).

Tabella 2.2.6 - Risultati della campagna di monitoraggio delle acque superficiali di rii minori in aree

CAMPIO NE	LOCALITÀ	PRINCIPIO ATTIVO	CONC. (µG/L)
V1	Rio Talloria di Castiglione (tra Monforte d'Alba, Serralunga d'Alba e Castiglione Falletto)	Dimetomorf	0,03
		2,6-diclorobenzamide	0,04
V2	Rio Talloria di Castiglione (tra Monforte d'Alba, Serralunga d'Alba e Castiglione Falletto)	Dimetomorf	0,02
		Metalaxil	0,06
		Rame disciolto	10,1
V3	Rio Talloria di Castiglione (tra Monforte d'Alba, Serralunga d'Alba e Castiglione Falletto)	Dimetomorf	0,05
		Spiroxamina	0,02
V4	Rio Talloria di Castiglione (tra Monforte d'Alba, Serralunga d'Alba e Castiglione Falletto)	Dimetomorf	0,03
		Spiroxamina	0,03
V5	Rio Talloria di Castiglione (tra Monforte d'Alba, Serralunga d'Alba e Castiglione Falletto)	Boscalid	0,04
		Dimetomorf	0,06
		Spiroxamina	0,04
V6	Neive	Boscalid	0,06
		Dimetomorf	0,20
		Fluopicolide	0,04
		Imidacloprid	0,02
		Metalaxil	0,03
		Spiroxamina	0,07
		Tebuconazolo	0,58
		Rame disciolto	14,3
V7	Barbaresco	Boscalid	0,08
		Dimetomorf	0,27
		Imidacloprid	0,03
		Metalaxil	2,95
		Simazina	0,07
		Spiroxamina	0,07
		Tebuconazolo	0,11
		Triclopir	0,05
Rame disciolto	5,5		
V8	Treiso	Dimetomorf	0,05
V9	Piovà Massaia	-	-
V10	Pino d'Asti	-	-

2.2.4 Stato di qualità dei corpi idrici dell'area di studio risicola e viticola secondo la DQA

Inquadramento normativo

La direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque – DQA), recepita a livello nazionale dal D. L.gs 152/2006 e ss.mm.ii., ha istituito un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque, con l'obiettivo di prevenire il deterioramento qualitativo e quantitativo, migliorare lo stato delle acque e assicurare un utilizzo sostenibile, basato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili. La DQA si propone di raggiungere i seguenti obiettivi generali:

- ampliare la protezione delle acque, sia superficiali che sotterranee;
- raggiungere lo stato "buono" per tutte le acque;
- gestire le risorse idriche sulla base di bacini idrografici indipendentemente dalle strutture amministrative;
- procedere attraverso un'azione che unisca limiti delle emissioni e standard di qualità;
- riconoscere a tutti i servizi idrici il giusto prezzo che tenga conto del loro costo economico reale;
- rendere partecipi i cittadini delle scelte adottate in materia.

La DQA stabilisce che i singoli Stati Membri affrontino la tutela delle acque a livello di "bacino idrografico" e l'unità territoriale di riferimento per la gestione del bacino è individuata nel "distretto idrografico", area di terra e di mare, costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle rispettive acque sotterranee e costiere. Per ciascun distretto idrografico è prevista la predisposizione di un Piano di Gestione (PdG) con validità sessennale che prevede cicli di monitoraggio triennali o sessennali in relazione alla tipologia di monitoraggio applicato, in particolare: ciclo triennale se operativo, con monitoraggio più frequente e mirato, e ciclo sessennale riferiti al monitoraggio di sorveglianza a frequenza minore.

I risultati derivanti dal sessennio di monitoraggio 2010 - 2015 dei corpi idrici superficiali sono stati trasmessi da ISPRA alla Commissione europea con il Reporting WISE 2016. Il successivo PdG sarà riferito al sessennio 2016 - 2021.

Le ARPA annualmente eseguono le attività di monitoraggio, a seguito di una dettagliata programmazione, i cui risultati concorrono alla definizione dello stato dei corpi idrici riferibili al successivo sessennio.

Lo stato del corpo idrico superficiale deriva dalla valutazione attribuita allo "stato ecologico" e allo "stato chimico". In Figura 2.2.14 sono riportate le rappresentazioni cromatiche.

CORPI IDRICI SUPERFICIALI:	
STATO ECOLOGICO	
Classe di qualità	Colore convenzionale
ELEVATO	Blu
BUONO	Verde
SUFFICIENTE	Giallo
SCARSO	Arancione
CATTIVO	Rosso
STATO CHIMICO	
Classe di qualità	Colore convenzionale
BUONO	Blu
NON BUONO	Rosso

Figura 2.2.14 - Rappresentazioni cromatiche dello Stato Ecologico e dello Stato Chimico dei corpi idrici superficiali

Area di studio risicola e viticola

Di seguito si riporta la rappresentazione grafica (areogramma) della classificazione a livello provinciale del sessennio 2010-2015 dei corpi idrici significativi del Piemonte e un dettaglio delle successive classificazioni intermedie che si estendono nelle aree di indagine del presente documento.

Le aree oggetto di indagine sono descritte nei precedenti paragrafi; in particolare nella provincia di Vercelli i corpi idrici insistono in aree risicole, nella provincia di Asti e Cuneo in aree a vigneti. I corpi idrici significativi risentono delle pressioni delle aree di studio anche tramite i propri immissari che, dal punto di vista idrogeografico, sono prossimi alle aree indagate, ma anche di altre pressioni del bacino a monte.

ASTI E CUNEO

In riferimento alla classificazione sessennale 2010 - 2015 solo il 17 % dei corpi idrici significativi della provincia di Asti raggiunge lo stato ecologico “buono”, raggiunto invece nel 94 % dei corpi idrici per quanto riguarda lo stato chimico (Figura 2.2.15).

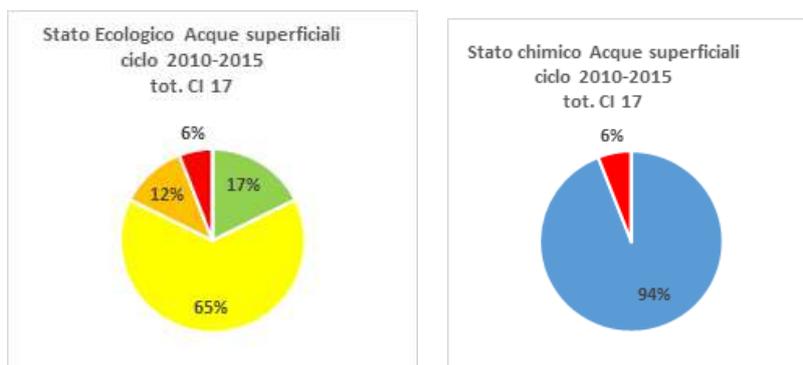


Figura 2.2.15 - ASTI. Stato acque superficiali dell'area oggetto di studio, ciclo di monitoraggio sessennale 2010-2015. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

Per la provincia di Cuneo, in riferimento alla classificazione sessennale 2010-2015, il 72% dei corpi idrici raggiunge il “buono” stato ecologico e il 100% il buono stato chimico (Figura 2.16).

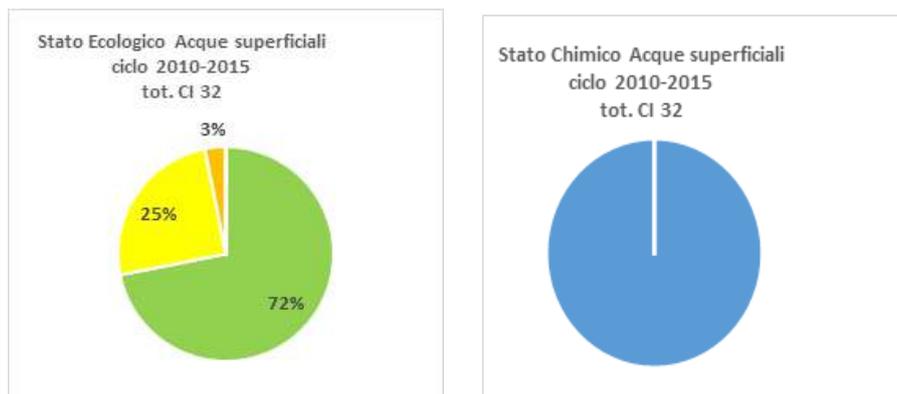


Figura 2.2.16 - CUNEO. Stato acque superficiali e Stato chimico acque sotterranee dell'area oggetto di studio, ciclo di monitoraggio sessennale 2010 - 2015. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

Nelle aree oggetto di studio, interessate da coltivazioni di vigneti, ricadono corpi idrici superficiali monitorati ai sensi della DQA. Nella Tabella 2.2.7 si riporta lo stato chimico ed ecologico di classificazione sessennale (2010-2015) e lo stato chimico ed ecologico riferito al periodo di classificazione intermedio 2014-2016.

Tabella 2.2.7 - Stato ecologico e chimico dei corpi idrici superficiali interni che insistono nelle aree colturali indagate. Fonte: Dati Arpa Piemonte e Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

CI	CODICE WFD	Periodo di classificazione			
		2010-2015	2010-2015	2014-2016	2014-2016
vigneti					
		STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO	STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO
BORBORE	05SS1N057 PI	SUFFICIENTE	BUONO	CATTIVO	BUONO
BORBORE	05SS3N059 PI	SUFFICIENTE	BUONO	SCARSO	BUONO
TRIVERSA	05SS3N847 PI	SUFFICIENTE	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
TANARO	06SS4F802 PI	BUONO	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
TANARO	05SS4N804 PI	BUONO	NON BUONO	SUFFICIENTE	NON BUONO
BELBO	08SS2N044 PI	BUONO	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
BELBO	08SS3N045 PI	SUFFICIENTE	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
BELBO	05SS3T046 PI	BUONO	BUONO	BUONO	BUONO
BELBO	05SS3T046 PI	BUONO	BUONO	BUONO	BUONO
BELBO	06SS3T047 PI			BUONO	BUONO
MELLEA	05SS2N311 PI	SUFFICIENTE	BUONO	SCARSO	BUONO
TALLORIA DI SINIO	08SS2N797 PI			SCARSO	BUONO

Mentre lo stato chimico risulta confermato, si registra un peggioramento dello stato ecologico nei periodi indicati in quasi tutti i corpi idrici.

VERCELLI

In riferimento al sessennio di classificazione 2010 - 2015, il 15% dei corpi idrici della provincia di Vercelli raggiunge il buono stato ecologico e l'85% il buono stato chimico (Figura 2.2.17).

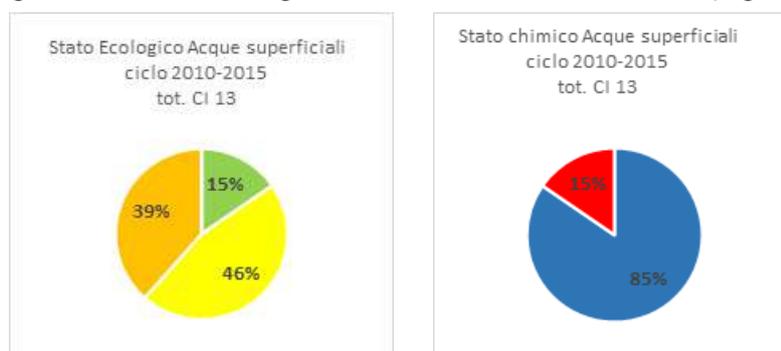


Figura 2.2.17 - VERCELLI. Stato ecologico e chimico dei corpi idrici superficiali interni, ciclo di monitoraggio sessennale 2010-2015. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

In particolare, in tale contesto territoriale riferito ad aree destinate a risaie, ricadono corpi idrici significativi monitorati ai sensi DQA, per i quali si rappresenta in Tabella 2.2.8 lo stato chimico e lo stato ecologico riferito al sessennio di classificazione 2010 - 2015 e allo stato triennale intermedio (2014 - 2016).

Tabella 2.2.8 - Stato ecologico e chimico dei corpi idrici superficiali interni che insistono nelle aree colturali indagate. Fonte: Dati Arpa Piemonte e Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

CI	CODICE WFD	Periodo di classificazione			
		2010-2015	2010-2015	2014-2016	2014-2016
risaie					
		STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO	STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO
ROGGIA BONA	06SS2T976 PI	SUFFICIENTE	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
MARCOVA	06SS2T298 PI			SUFFICIENTE	NON BUONO
ROVASENDA	06SS2T687 PI	SCARSO	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
MARCHIAZZA	06SS1T296 PI	SUFFICIENTE	NON BUONO	SCARSO	BUONO
MARCHIAZZA	06SS2T297 PI	SCARSO	BUONO	SCARSO	BUONO
CANALE DI CIGLIANO	06SS3N983 PI	BUONO	BUONO	BUONO	BUONO

La classificazione dei due periodi temporali risulta pressoché confermata, escludendo lo stato ecologico dei corpi idrici Rovasenda e Marchiazza che vedono nel primo caso un miglioramento dello stato (da scarso a sufficiente), nel secondo caso un peggioramento (da sufficiente a scarso), associato invece ad un miglioramento dello stato chimico (da non buono a buono).

2.3 Le aree di studio nel Lazio

2.3.1 Caratteristiche ambientali e agricole delle aree in cui sono presenti le aziende

Noccioleti

L'Italia è il secondo produttore al mondo di nocciole dopo la Turchia, con una produzione stimata tra le 100mila e le 130mila tonnellate annue, con oltre 70mila ettari coltivati che rappresentano l'11% della superficie mondiale. A causa delle quotazioni di mercato soddisfacenti, vi è un numero sempre maggiore di agricoltori che stanno convertendo i propri terreni in noccioleti, tanto che tra il 2013 e il 2017 si è registrato un aumento del 12% delle superfici coltivate a nocciolo (da Agronotizie, T. Cinquemani <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2020/09/11/si-espande-il-nocciolo-italia-ma-non-mancano-le-sfide/67819>).

Il territorio in cui sono state selezionate le aziende ricade nella Provincia di Viterbo, particolarmente interessata dalla presenza e dallo sviluppo della corilicoltura.

Nei primi due anni di sperimentazione le aziende sono state ricercate nella Riserva Naturale di Lago di Vico, in quanto dalle indagini preliminari effettuate risulta l'area protetta laziale in cui la corilicoltura è maggiormente presente. La Riserva si colloca nel territorio dei monti Cimini, caratterizzato da un sistema di modesti rilievi di origine vulcanica che raggiungono l'altezza massima di 1.053 m s.l.m. sul monte Cimino, uno dei principali centri vulcanici, mentre l'altro centro eruttivo, il vulcano Vicano, è parzialmente sprofondata, originando una profonda caldera quasi interamente occupata dal lago di Vico. Le principali emergenze naturalistiche sono rappresentate dal lago, con vegetazione lacustre e palustre, e dagli imponenti boschi di cerro e faggio che lo circondano. I boschi di cerro ammantano in parte anche i versanti esterni dove sono stati significativamente sostituiti in tempi storici da castagneti da frutto, localmente inselvaticiti o gestiti a fustaia e riferibili all'habitat Natura 2000 cod. 9260 "Foreste di Castanea sativa" e, a partire dagli anni '60, da noccioleti coltivati. Le faggete si caratterizzano per raggiungere quote inferiori alla media appenninica e sono riferiti all'habitat Natura 2000 prioritario cod. 9210 "Faggeti degli Appennini con *Taxus* e *Ilex**". Le zone a minor pendenza o pianiziali sia nella caldera che nei versanti esterni del comprensorio sono occupati da ampie distese di noccioleti impiantati in prevalenza a partire dagli anni '60.

Come già accennato, ancora molto diffuso in tutta l'area è il Castagno europeo (*Castanea sativa* Miller), coltivato sia per i frutti sia per la produzione di legname. Dal punto di vista dell'interesse apistico è una pianta di grande importanza e da essa se ne ricavano grandi quantità di miele uniflorale.

La Riserva Naturale di Lago di Vico è interessata da un'intensa attività di produzione di nocciole con diversi trattamenti fitosanitari (erbicidi, fungicidi, insetticidi) e di fertilizzazione che si presume abbiano determinato impatti sugli ecosistemi naturali e subnaturali.

In particolare, i nocciolieti convenzionali interni alla caldera, a causa dei trattamenti fitosanitari e di fertilizzazione, rappresentano la principale pressione per la qualità delle acque del lago che ospita numerose comunità vegetali riferite agli habitat Natura 2000: cod. 3130 "Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe con vegetazione dei *Littorelletea uniflorae* e/o degli Isoëto-Nanojuncetea", cod. 3140 "Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di *Chara* spp.", cod. 3150 "Laghi eutrofici naturali con vegetazione del Magnopotamion o Hydrocharition". Oltre a queste comunità, nel lago sono presenti significative estensioni di canneti e formazioni elofitiche, importanti per la sopravvivenza, nidificazione e riproduzione di pesci, anfibi e uccelli. Sulla riva del Lago di Vico immediatamente retrostante della zona palustre si sviluppa una formazione vegetale tra le più estese della regione Lazio a giunco palustre (*Juncus conglomeratus*) ed altre elofite quali *Thypha angustifolia* e *Schoenoplectus lacustris*. Le aree paludose sono circondate da estesi pascoli, alcuni acquitrinosi, dove si mantiene ancora un'attività zootecnica che prima dell'impianto estensivo dei nocciolieti era molto più diffusa. La Riserva Naturale del Lago di Vico è anche in parte sovrapposta al SIC IT6010024 e alla ZPS IT6010057. L'ambiente ripariale del Lago di Vico ha visto molte trasformazioni collegate all'azione dell'uomo. Molte comunità si sono contratte fin quasi a sparire (la vegetazione della classe sintassonomica Isoëto-Nanojuncetea, la vegetazione a grandi carici, le formazioni ad idrofite natanti).

La compromissione della qualità delle acque del lago di Vico è nota ed oggetto di studi, ricerche e progetti da parte di Enti e Università (Istituto superiore di Sanità, Consiglio nazionale delle Ricerche - CNR, Università della Tuscia, Università di Roma La Sapienza e Università degli Studi Roma Tre) (Mazza, 2008). Essa si caratterizza per la marcata riduzione del quantitativo di ossigeno, aumento della clorofilla e della biomassa algale ed è da attribuirsi alle massive fioriture del Cianobatterio *Plankthotrix rubescens*, detto comunemente alga rossa e di altre specie cianobatteriche quali *Limnothrix redekei* e *Aphanizomenon ovalisporum*.

L'eutrofizzazione delle acque del lago ha intaccato fortemente la vegetazione sommersa. Nel 1971 le Characeae si spingevano fino a una profondità di circa 18 m, mentre nel 2009 raggiungevano al massimo una profondità di 10 metri, ed ancora nell'estate 2010 risultavano assenti oltre i 10 metri di profondità, segnando una perdita di 2 metri nella profondità di chiusura rispetto all'estate 2007. L'areale si è ristretto passando da 534 ettari a 340 ettari (Azzella & Scarfò, 2010).

Tutti gli habitat umidi e la loro fauna sono potenzialmente minacciati dall'uso di prodotti fitosanitari e fertilizzanti. In particolare, l'habitat 3140 "Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di *Chara* spp." è ancora ben rappresentato, ma dall'analisi dei dati storici sulla distribuzione di queste praterie risulta evidente una forte regressione.

Sono invece scomparse le formazioni a *Nymphaea alba* probabilmente per il passato uso di diserbanti. I due nocciolieti NB1 (biologico) e NT1 (convenzionale) della campagna 2015 - 2016 sono interni alla Riserva Naturale e circondati da un lato da ambienti boschivi e negli altri lati da altri nocciolieti trattati e per un lato restante da strade di servizio. I campi NB2 e NT2, invece, sono situati fuori riserva in località Capannacce e Campo Spinella, nel comune di Capranica. La scelta dei siti esterni alla Riserva è stata determinata dal fatto che all'interno della Riserva Naturale di Lago di Vico non sono state rilevate aziende biologiche per quanto riguarda la coltura di nocciolo. Infatti NB1, interno alla Riserva, non è gestito con il metodo biologico ma non è stato sottoposto ad intensi trattamenti nei due anni precedenti ai campionamenti.

NT1 è a contatto con una cerreta e con un bosco di faggio riferibile all'habitat Natura 2000 cod. 9210 "Faggeti degli Appennini con *Taxus* e *Ilex**", mentre NB1 con un cespuglieto a *Cytisus* riferibile all'habitat EUNIS cod. F3.26 "Ginestreti tirrenici che fa da mantello a una cerreta". NB1 presenta sui margini anche frammenti di cespuglieti a *Rovo* e *Prugnolo* riferibili all'habitat EUNIS cod. F3.23 "Cespuglieti di latifoglie decidue sub-mediterranei della regione tirrenica".

I due nocciolieti NT2 e NB2, esterni alla Riserva, sono confinanti per un lato con la ferrovia che li divide, per un lato dalla strada e NT2 per gli altri lati da altri nocciolieti trattati, mentre NB2 da un lato con la restante parte del nocciolo della stessa azienda che è a conduzione biologica. Entrambi presentano sui margini frammenti di formazioni arbustive riferibili all'habitat EUNIS cod. F3.23 "Cespuglieti di latifoglie decidue sub-mediterranei della regione tirrenica".

Nel 2018 - 2019, a seguito di una migliore individuazione dei campi di sperimentazione e controllo, (come descritto nel paragrafo 3.1), sono state selezionate altre tre coppie di nocciolieti (convenzionale vs biologico) tutti esterni alla Riserva Naturale di Lago di Vico, a causa soprattutto della mancanza di aziende biologiche con nocciolieti.

I nocciolieti NT3 e NB3 si trovano nel comune di Valleranello in una zona dove si alternano nocciolieti e castagneti. NT3 è circondato a Est e a Sud da altri nocciolieti convenzionali, a Nord da una fascia

inerbita antistante un castagneto da frutto, a Ovest da un castagneto da frutto. NB3 è circondato su 2 lati da castagneti, a Nord da un incolto e a Est da noccioletti.

I noccioletti NT4 e NT5 si trovano alle pendici orientali del Comprensorio Vicano, nel comune di Corchiano, sono circondati da altri noccioletti in un paesaggio monocolturale alquanto uniforme, interrotto solo qui e là da vigneti e oliveti. In prossimità di questi noccioletti si trova il Monumento Naturale delle Forre di Corchiano, un ripidissimo canyon inciso nei terreni tufacei caratterizzato da una notevole varietà ambientale e una ricca comunità animale. I noccioletti NB4 e NB5 si trovano nel comune di Civitacastellana, a qualche chilometro dai rispettivi campi convenzionali (NT4 e NT5), nelle ultime propaggini tufacee orientali del Comprensorio Cimino-Vicano prima della Valle del Tevere. Il paesaggio è rappresentato da un mosaico di colture a rotazione e permanenti con significative spallette di querce.

NB6 e NT6 si trovano nel comune di Vasanello, alle pendici orientali del monte Cimino. La vegetazione naturale è rappresentata da estese cerrete. Nelle zone un tempo occupate da pascoli e seminativi, sono attualmente dominanti noccioletti coltivati che circondano completamente entrambi i campi sperimentali. In Tabella 2.3.1 vengono elencati i noccioletti oggetto di studio, i codici identificativi, il comune di appartenenza, il metodo di conduzione agronomico, la stagione di campionamento e il relativo campo di confronto. La mappa che rappresenta la distribuzione dei noccioletti selezionati e delle Aree protette e siti Natura 2000 è riportata nella Figura 2.3.1.

Tabella 2.3.1 - Campi di nocciolo individuati nel Lazio

CODICE CAMPO	COMUNE/PROVINCIA	AREA PROTETTA/SITO NATURA 2000 ENTRO CUI RICADE IL CAMPO	COLTURA	PRATICA AGRICOLA	STAGIONE DI CAMPIONAMENTO	CAMPI DI CONFRONTO
NT1	Caprarola (VT)	EUAP 0271 Riserva Naturale Lago di Vico	nocciolo	convenzionale	2015; 2016	NB1-NI
NB1	Caprarola (VT)		nocciolo	biologico	2015; 2016	NT1-NI
NI	Caprarola (VT)		incolto/bianco	faggeta	2015; 2016	NB1-NT1
NT2	Caprarola (VT)	-	nocciolo	convenzionale	2015; 2016	NB2-NI
NB2	Caprarola (VT)	-	nocciolo	biologico	2015; 2016	NT2-NI
NT3	Vallerano (VT)	-	nocciolo	convenzionale	2018; 2019	NB3
NT4	Corchiano (VT)	-	nocciolo	convenzionale	2018; 2019	NB4
NT5	Corchiano (VT)	-	nocciolo	convenzionale	2018; 2019	NB5
NT6	Soriano del Cimino - Vasanello (VT)	-	nocciolo	convenzionale	2018; 2019	NB6
NB3	Vallerano (VT)	-	nocciolo	biologico	2018; 2019	NT3
NB4	Civitacastellana (VT)	-	nocciolo	biologico	2018; 2019	NT4
NB5	Civitacastellana (VT)	-	nocciolo	biologico	2018; 2019	NT5
NB6	Soriano del Cimino - Vasanello (VT)	-	nocciolo	biologico	2018; 2019	NT6

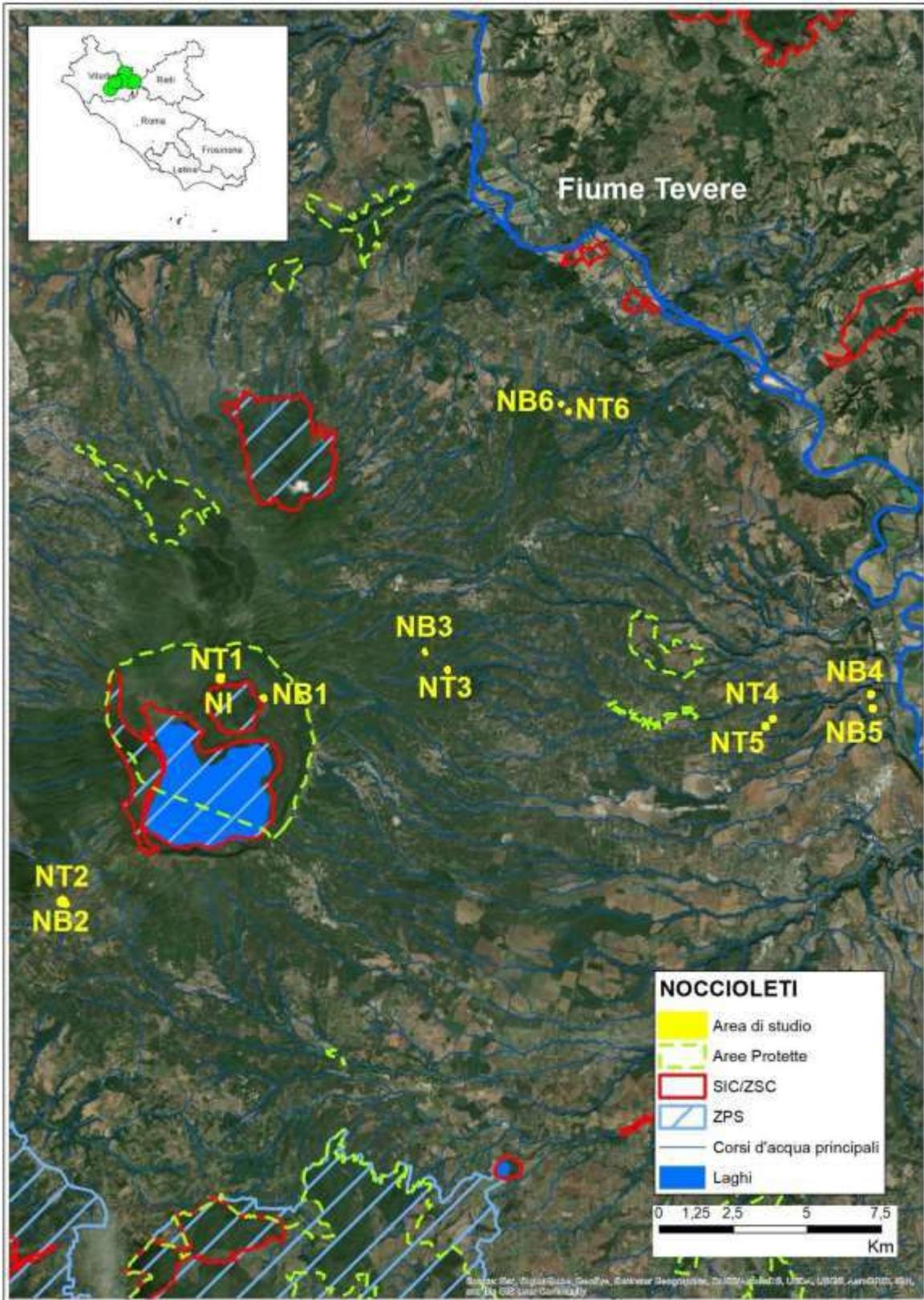


Figura 2.3.1 – Inquadramento territoriale dei noccioleti oggetto di studio nel Lazio

Seminativi nella Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripasottile – SIC-ZSC/ZPS IT6020011

La Riserva dei Laghi Lungo e Ripasottile, estesa per circa 3.300 ettari, è situata nella porzione settentrionale della Piana di Rieti, tra i Monti Reatini e i Monti Sabini, ad una quota media di 370 metri s.l.m., caratterizzata da un'ampia pianura che presenta ampie superfici di seminativi. I due laghi sono un residuo dell'antico "Lacus Velinus" che, prima delle consistenti opere di bonifica iniziate già in epoca romana, occupava parte della pianura reatina settentrionale. Il Lago di Ripasottile ha un'estensione di 80 ha e una profondità di 3,8 metri. Il Lago Lungo è esteso per 60 ha con una profondità di 2,5 metri. I due laghi, distanti circa 2 Km, sono collegati da un canale artificiale ed il livello delle acque viene tenuto costante da idrovore che riversano l'acqua in eccesso nel fiume Velino.

Nelle aree con maggiore quota altimetrica, al limite o a ridosso della riserva, vi sono i tipici paesaggi con prati e pascoli che nel periodo primaverile-estivo presentano una grande varietà di fiori dai quali gli impollinatori ricavano nettare dalle mille fragranze diverse. Fra queste, vi sono più generi appartenenti alle famiglie: delle Compositae come *Carduus* L., *Cirsium* Miller, *Centaurea* L., *Petasites* Miller, *Taraxacum* Weber, (da cui si ricavano anche un miele uniflorale molto caratteristico), *Solidago* L., *Eupatorium* L.; delle Leguminose, come ad esempio *Onobrychis* spp, di cui la più importante da un punto di vista apistico è *Onobrychis vicifolia* Scop. (Lupinella), *Lotus* L., *Trifolium* L., ossia i Trifogli spontanei che rappresentano una buona dose di nettare e di polline per tutti gli impollinatori, e il *Melilotus* Miller, a fioritura primaverile o estiva); delle *Rosaceae* (*Rubus* L., tra i più noti arbusti bottinati dagli insetti sia per il polline che per il nettare).

L'attuale zona umida comprende anche alcuni specchi d'acqua minori, le cosiddette lame, sorgenti e prati stagionalmente sommersi, fiumi e rii minori. I bacini lacustri sono caratterizzati principalmente dalla presenza di estese e continue fasce perimetrali di canneto a cannuccia di palude (*Phragmites australis*), cui segue una zona di scirpeto a lisca del Tabernemontano (*Schoenoplectus tabernaemontani*) e lisca a foglie strette (*Typha angustifolia*). Di rilievo la presenza di vaste zone di macrofite natanti a ninfea bianca (*Nymphaea alba*) e ninfea gialla (*Nuphar lutea*). Sulle rive sono presenti nuclei residui di boschi ripariali a salice comune (*Salix alba*), salice da ceste (*Salix triandra*) e salice cinereo (*Salix cinerea*), a cui si accompagnano sambuchi comuni (*Sambucus nigra*), pioppi bianchi (*Populus alba*) e pioppi canadesi (*Populus canadensis*).

La zona umida ed il territorio circostante sono di estremo interesse per l'avifauna, soprattutto per quella acquatica e per tale motivo l'area è stata individuata come Important Bird Areas (IBA) e designata come ZPS e SIC-ZSC, denominata "Laghi Lungo e Ripasottile" (codice IT6020011), estesa 907,5 ettari.

La vegetazione della Riserva risulta fortemente influenzata dalle attività agricole, per la presenza di ambienti pianeggianti e della disponibilità di risorse idriche per l'irrigazione, con generalizzato impoverimento nel tempo delle comunità soprattutto acquatiche causato anche dagli interventi in alveo. Tra gli habitat Natura 2000 risultano a rischio, in particolare habitat Natura 2000 cod. 3270 "Fiumi con argini melmosi con vegetazione del *Chenopodium rubri* e *Bidention*", habitat Natura 2000 cod. 7210* "Paludi calcaree con *Cladium mariscus* e specie del *Caricion davallianae*".

Gli impatti dell'attività agricola sono stati evidenziati nel Piano di gestione della Riserva, sulle specie e gli habitat legati agli ecosistemi acquatici dei laghi e dei corsi d'acqua presenti (fra cui il Canale di S. Susanna).

I campi coltivati a girasoli scelti per la sperimentazione si sviluppano in una piana alluvionale prevalentemente destinata a colture a rotazione e foraggiere e sono interni alla Riserva Parziale Naturale dei Laghi Lungo e Ripasottile ma esterni al SIC-ZSC/ZPS IT6020011.

La vegetazione di interesse conservazionistico adiacente alle parcelle sperimentali è rappresentata dalle comunità a macrofite nel Canale di Santa Susanna riferibili all'habitat Natura 2000 cod. 3260 "Fiumi delle pianure e montani con vegetazione del *Ranunculion fluitantis* e *Callitriche-Batrachion*" e dai boschi ripariali riferibili all'habitat Natura 2000 cod. 92A0 "Foreste a galleria di *Salix alba* e *Populus alba*".

Sono presenti cariceti e fragmiteti al margine di fossi e canali, che possono rappresentare habitat di specie oltre a ricordare le estese formazioni palustri che si stendevano nella piana reatina prima delle bonifiche.

Per la Riserva Naturale Regionale "Laghi Lungo e Ripasottile", non vengono riportate specie floristiche appartenenti all'Allegato II della Direttiva Habitat, mentre 7 specie vegetali sono riportate tra le "Altre specie importanti di Flora e Fauna": *Butomus umbellatus*, *Euphorbia palustris*, *Hippuris vulgaris*, (EN, nella Lista Rossa della Flora Italiana), *Lemna trisulca*, *Nuphar lutea*, *Thelypteris palustris*, *Utricularia vulgaris*. Di queste, solo 4 (*Hippuris vulgaris*, *Lemna trisulca*, *Nuphar luteum*, *Thelypteris palustris*) sono state recentemente ritrovate nel territorio della Riserva (Regione Lazio, 2014).

Nelle aree buffer dei campi sperimentali, lungo le sponde del canale di Santa Susanna presso il campo GB (considerato nel 2016), è stata rilevata la *Carex paniculata*, considerata una specie di pregio nel Lazio per la sua rarità.

Nell'area buffer del campo GB sono presenti, seppur danneggiati dalle periodiche pulizie dell'alveo, frammenti di *Mentho-juncetum inflexi*. Nell'acqua del canale di Santa Susanna sono presenti formazioni idrofittiche riferibili al *Callitricetum obtusangulae* Seibert 1962, *Ceratophylletum demersi* Hild 1956, *Potametum pectinati* Carstensen 1955, *Beruletum submersae* Roll 1939 che si distribuiscono in relazione alla profondità dell'acqua e alla velocità della corrente.

Per quanto riguarda il campo GT (considerato nel 2016) la vegetazione nei dintorni dell'area coltivata è riferibile agli *Stellarietea media*. Si tratta di comunità degli incolti resistenti ai trattamenti agricoli. Una striscia lasciata a riposo è popolata da *Elytrigia repens* (Convolvulo-Agropyretum repentis). Nell'area buffer intorno a GT, sono presenti canali irrigui che ospitano canneti fortemente impoveriti dal punto di vista floristico riferibili al *Phragmitetum australis*. Sul bordo del canale limitrofo al campo, è stata rilevata una piccola formazione riferibile al *Dactylo glomeratae-Equisetetum telmatejae*, riferibile alla classe *Artemisietea vulgaris*. Nel tratto del canale di Santa Susanna adiacente al campo sono presenti formazioni riferibili al *Potametum pectinati* Carstensen 1955, al *Ceratophylletum demersi* Hild 1956 e, più rare, al *Callitricetum obtusangulae* Seibert 1962.

Seminativi nel SIC-ZSC/ZPS Riserva Naturale Tevere Farfa IT6030012

Il SIC/ZPS IT6030012 "Riserva Naturale Tevere-Farfa" comprende un bacino fluviale con aree paludose creato a seguito della costruzione di una diga per un progetto di energia idroelettrica sul fiume Tevere nel 1955, vicino alla sua confluenza con il fiume Farfa, un affluente sulla sinistra del Tevere.

Il territorio presenta una notevole varietà di ambienti come canneti, foreste ripariali, macchia mediterranea, foreste, aree agricole e post-culturali, che formano habitat diversificati per molte specie di flora e fauna. Le sponde del bacino sono state colonizzate da salici, pioppi e ontani dando origine ad uno dei più significativi esempi di "bosco ripariale" nel Lazio. Estesi sono i canneti formati a *Phragmites australis*, *Typha latifolia* e *Typha angustifolia*. Significative le praterie di piante sommerse e natanti, habitat molto importanti per la riproduzione di pesci, insetti ed anfibi come il tritone punteggiato e la rana verde e per gli uccelli fitofagi.

Gli aspetti geomorfologici quanto mai vari e il clima mediterraneo di transizione, favoriti dall'azione termoregolatrice del fiume, hanno portato a un'alta variabilità ecologica caratterizzata da diversi gruppi di vegetazione distribuiti in base al rilievo del terreno e umidità. Questa area della valle del Tevere è, inoltre, una stazione molto importante lungo le rotte degli uccelli migratori che collegano il Mar Tirreno con l'Appennino.

Negli ambienti terrestri della Riserva sono segnalate alcune orchidee spontanee come *Orchis purpurea* (cespuglieti e radure nei boschi), *Spiranthes spiralis* (pascoli), *Dactylorhiza maculata* (terreni acquitrinosi), *Ophrys apifera* (pascoli, cespuglieti chiari e nei boschi), *Ophrys sphegodes* (pascoli), *Serapias vomeracea* (pascoli asciutti), *Epipactis palustris*. Quest'ultima orchidea è una specie relittuale indicatrice di un'antica presenza in questa zona di ambienti palustri di tipo boreale, fino a poco tempo fa presente nel territorio della Riserva in prossimità del corso d'acqua del Tevere, anche se attualmente è stata rilevata solo al di fuori dei confini dell'area.

Sulle sponde dei numerosi corsi d'acqua presenti nelle Riserve Naturali sia di Nazzano-Tevere Farfa che dei laghi Lungo e Ripa Sottile, crescono alcune specie di *Salix* L., visitate per il loro nettare, polline e a volte melata; meno importanti per la raccolta di nettare sono le piante di ontano (*Alnus glutinosa* L.) e pioppo (*Populus* spp.), quest'ultima però ha un importante ruolo in quanto la resina che ricopre le gemme, viene bottinata dalle api per la propoli.

Nel 2016 sono stati individuati due campi di Mais (MT ed MB) nel comune di Torrita Tiberina all'interno del Sito Natura 2000, ma esterni alla Riserva.

I due campi utilizzati per la sperimentazione sono compresi tra una fascia ripariale riferibile al *Populetum canescentis* (Habitat Natura 2000 cod. "Foreste a galleria di *Salix alba* e *Populus alba*") e una fascia di bosco collinare a dominanza di Cerri (Coronillo emeri-*Quercetum cerridis*) riferibile all'habitat Natura 2000 cod. 91M0: Foreste Pannonico-Balcaniche di cerro e rovere.

Nei campi MB e MT si sviluppa vegetazione infestante riferibile al *Setario verticillatae* - *Echinochloetum cruris-galli* Peinado, (Bartolomé & Martínez-Parras 1985).

In Tabella 2.3.2 vengono elencati i seminativi oggetto di studio, i codici identificativi, il comune di appartenenza, il metodo di conduzione agronomico, la stagione di campionamento e il relativo campo di confronto. La Figura 2.3.2 riporta la mappa del territorio reatino e della porzione nord della Provincia di Roma in cui si collocano le aree di studio selezionate.

Tabella 2.3.2 - Campi di seminativi individuati nel Lazio

CODICE CAMPO	COMUNE/ PROVINCIA	AREA PROTETTA/SITO NATURA 2000 ENTRO CUI RICADE IL CAMPO	COLTURA	PRATICA AGRICOLA	STAGIONE DI CAMPIONAMENTO	CAMPI DI CONFRONTO
GB1	Rivodutri (RI)	SIC/ZPS IT6020011 Laghi Lungo e Ripasottile Riserva parziale Naturale dei Laghi Lungo e Ripasottile (EUAP 0266)	girasole	biologico	2015	GT1-GI1
GB2	Rivodutri (RI)		girasole	biologico	2015	GT2-GI1
GT1	Rivodutri (RI)	-	girasole	convenzionale	2015	GB1-GI1
GT2	Rivodutri (RI)	-	girasole	convenzionale	2015	GB2-GI1
GI1	Rivodutri (RI)	-	incolto/bianco	pascolo	2015	GB1-GB2-GT1-GT2
GB	Rivodutri (RI)	-	girasole	biologico	2016	GT-GI2
GT	Rivodutri (RI)	-	girasole	convenzionale	2016	GB-GI2
GI2	Rivodutri (RI)	SIC/ZPS IT6020011 Laghi Lungo e Ripasottile Riserva parziale Naturale dei Laghi Lungo e Ripasottile (EUAP 0266)	incolto/bianco	incolto	2016	GT-GB
MT	Torrita Tiberina (RM)	SIC/ZPS IT6030012 Riserva Naturale Tevere Farfa	mais	convenzionale	2015; 2016	MB-MI
MB	Torrita Tiberina (RM)		mais	biologico	2015; 2016	MT-MI
MI	Torrita Tiberina (RM)		incolto/bianco		2015; 2016	MB-MT

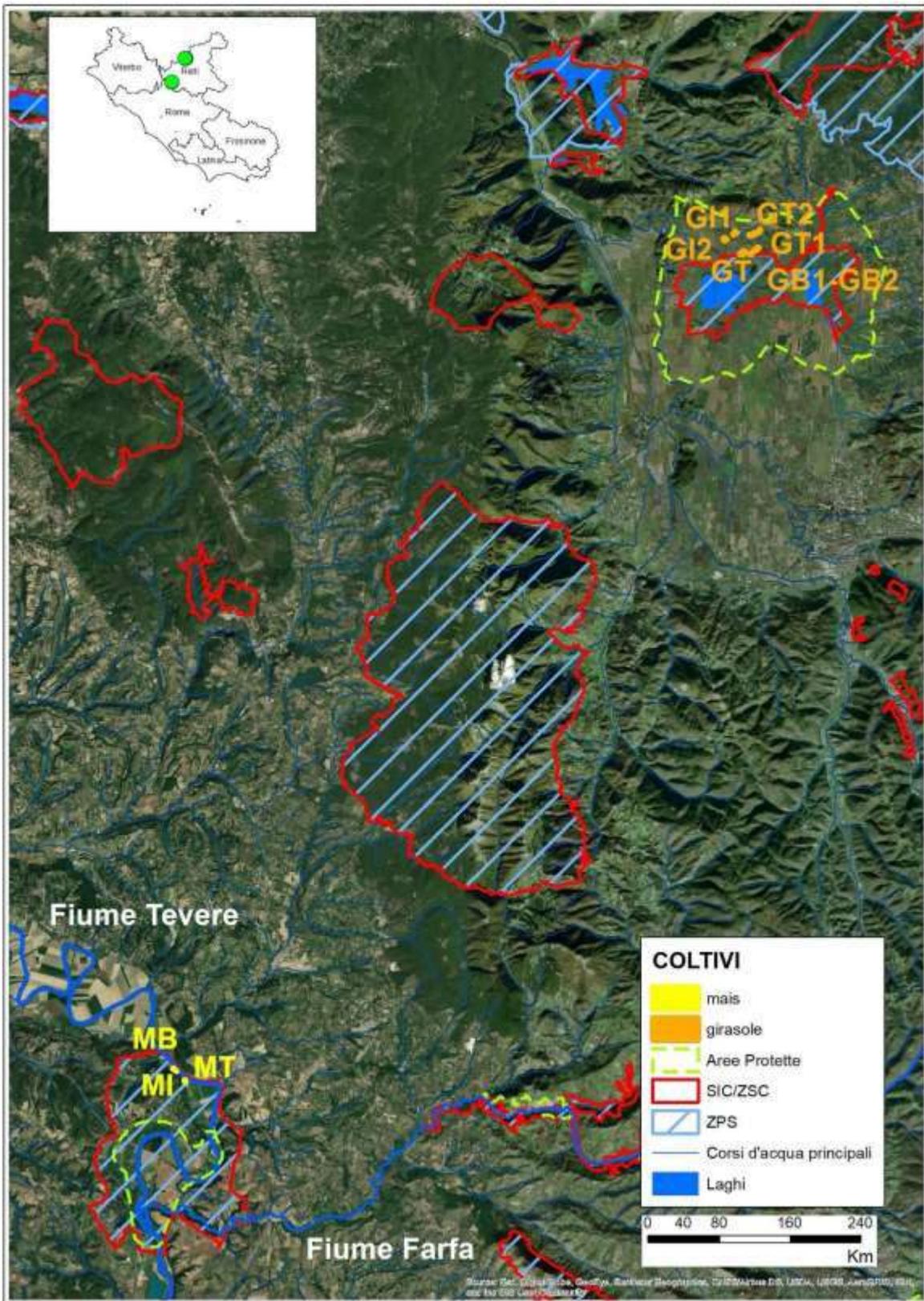


Figura 2.3.2 – Inquadramento territoriale dei seminativi oggetto di studio nel Lazio

2.3.2 Residui dei prodotti fitosanitari rilevati nelle acque superficiali e sotterranee dell'area del viterbese

Di seguito vengono presentati i dati dei residui delle sostanze attive rilevate nei corpi idrici superficiali e sotterranei, nell'area del viterbese (Figura 2.3.3 e Tabella 2.3.3) tratti dal "Rapporto nazionale pesticidi nelle acque", (Paris et. al., 2018, 2020), nell'ambito dei compiti stabiliti dal DM 35/2014 (Piano di Azione Nazionale per l'utilizzo sostenibile dei pesticidi). Per ulteriori informazioni e approfondimenti si rimanda ai documenti ISPRA sui rapporti sul monitoraggio nazionale dei pesticidi nelle acque e sui documenti di indirizzo, consultabili al sito dell'ISPRA (www.pesticidi.isprambiente.it).

Le informazioni disponibili a livello nazionale hanno reso possibile estrapolare i dati relativi alle stazioni di monitoraggio (siti) presenti all'interno della provincia di Viterbo per gli anni 2015, 2016, 2018. Le presenze di sostanze sono in base al superamento del limite di quantificazione della metodica analitica (LoQ). Nella Provincia di Viterbo i valori di LoQ delle sostanze ricercate sono risultati compresi tra 0,0002 µg/l e 1,500 µg/l.

Nel 2015 risultano 33 i siti monitorati (27 per le acque superficiali e 6 per le acque sotterranee). Le sostanze ricercate sono state 40 in tutto e nessun residuo è stato rilevato sopra i limiti di quantificazione analitico.

Nel 2016 i siti di monitoraggio erano in tutto 32 (26 per le acque superficiali e 6 per le acque sotterranee). Le sostanze analizzate sono state 40 con 1 solo residuo rilevato in un sito delle acque superficiali (1,2-Dicloroetano alla concentrazione pari al LoQ (0,500 µg/l).

Nel 2018 aumentano sia i siti, sia le sostanze cercate. Nei 41 siti di monitoraggio (16 nelle acque superficiali e 25 nelle acque sotterranee) sono state cercate 128 sostanze in tutto, 126 nelle acque superficiali e 10 nelle acque sotterranee. Sono stati rilevati 33 residui solo nelle acque superficiali. Le sostanze risultate ad una concentrazione maggiore o uguale a 0,1 µg/l sono le seguenti: Imidacloprid, Permetrina, 2,4-Diclorofenossiacetico Acido, Dimetomorf, Atrazina.



Figura 2.3.3 - Sostanze più trovate, nel 2018 in termini di frequenza nei campioni nella provincia di Viterbo (% trovato/cercato)

Tabella 2.3.3 - Sintesi dei risultati per punti di monitoraggio e sostanze, per gli anni 2015, 2016 e 2018 nella provincia di Viterbo (SW: acque superficiali; GW: acque sotterranee)

Sintesi	PUNTI MONITORAGGIO									SOSTANZE					
	2015			2016			2018			2015		2016		2018	
	totali	con residui	% con residui	totali	con residui	% con residui	totali	con residui	% con residui	cercate	trovate	cercate	trovate	cercate	trovate
SW	27	0	0,0	26	1	3,8	16	15	93,8	40	0	40	1	126	33
GW	6	0	0,0	6	0	0,0	25	0	0,0	25	0	25	0	10	0
Totale	33	0	0,0	32	1	3,1	41	15	36,6	40	0	40	1	128	33

Nessuno dei ritrovamenti della provincia di Viterbo riguarda i corpi idrici in cui ricadono le aree di studio. In particolare, nei 4 siti (due relativi a Lago di Vico, uno a Rio Vicano e uno al Fiume Tevere) sono state ricercate fino ad un massimo di 21 sostanze, mai rilevate al di sopra dei valori di LoQ nel biennio 2015-2016.

2.3.3 Residui dei prodotti fitosanitari rilevati nelle acque superficiali e sotterranee dell'area reatina

Di seguito vengono presentati i dati dei residui delle sostanze attive rilevate nei corpi idrici superficiali e sotterranei, nell'area reatina, negli anni di riferimento (2015, 2016) (Tabella 2.3.4).

Dalle informazioni disponibili a livello nazionale è stato possibile estrapolare i dati relativi alle stazioni di monitoraggio (siti) presenti all'interno della provincia di Rieti. Le presenze di sostanze sono in base al superamento del limite di quantificazione della metodica analitica (LoQ). Nella Provincia di Rieti i valori di LoQ delle sostanze ricercate variano da un minimo di 0,005 µg/l ad un massimo di 1,000 µg/l. Si precisa, tuttavia, che per la maggior parte delle misure il LoQ è di 0,005µg/l.

Nel 2015 sono stati monitorati 21 siti (18 per le acque superficiali e 3 per le acque sotterranee). Sono state cercate 39 sostanze in tutto e i residui rilevati sono stati 2 nelle acque superficiali (DDT-pp e il Procimidone) e 2 sostanze in un solo punto di monitoraggio nelle acque sotterranee (Metolaclor e Terbutilazina).

Nel 2016 i siti di monitoraggio sono in tutto 23 (20 per le acque superficiali e 3 per le acque sotterranee). Le sostanze analizzate sono state 39 in tutto. Nelle acque superficiali è stata rilevata la Terbutilazina in un sito alla concentrazione uguale al LoQ uguale a 0,01µg/l, mentre nelle acque sotterranee sono stati trovati due sostanze in un punto di monitoraggio (Metolaclor e Terbutilazina).

Tabella 2.3.4- Sintesi dei risultati per punti di monitoraggio e sostanze, per gli anni 2015 e 2016 nella provincia di Rieti (SW: acque superficiali; GW: acque sotterranee)

Sintesi	PUNTI MONITORAGGIO						SOSTANZE			
	2015			2016			2015		2016	
	Totali	Con residui	% con residui	Totali	Con residui	% con residui	Cercate	Trovate	Cercate	Trovate
SW	18	2	11,1	20	1	5,0	39	2	39	1
GW	3	1	33,3	3	1	33,3	27	2	27	2
Totale	21	3	14,3	23	2	8,7	39	4	39	2

Anche per quanto riguarda la provincia di Rieti, nei tre siti relativi i corpi idrici in cui ricadono le aree di studio (Lago Lungo, Ripasottile e S. Susanna) sono stati ricercate fino ad un massimo di 17 sostanze, mai rilevate al di sopra dei valori di LoQ nel biennio 2015-2016.

2.3.4 Stato di qualità dei corpi idrici dell'area di studio nelle province di Viterbo, Rieti e Roma secondo la DQA

Le aree oggetto di studio vengono qui rappresentate attraverso i dati dei monitoraggi ai sensi DQA a livello provinciale, riferiti al sessennio 2010-2015. Si riportano inoltre i dati di Stato Chimico e Stato Ecologico dei Corpi Idrici significativi riferiti al triennio 2015-2017, limitrofi alle aree in cui sono state individuate le aziende biologiche e convenzionali, che concorreranno poi alla classificazione sessennale del ciclo di gestione del Distretto Idrografico.

Si rimanda al paragrafo 2.2.4 per l'inquadramento normativo.

RIETI

In riferimento al sessennio 2010-2015, il 67% dei corpi idrici della provincia di Rieti raggiunge l'obiettivo di qualità per lo stato ecologico (Figura 2.3.4). Per il Fiume Santa Susanna e il Lago Ripa Sottile, ricadenti nella Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripasottile in cui sono stati individuati campi di girasole biologici e convenzionali, nell'area di studio è stato registrato un declassamento della qualità nella valutazione del triennio 2015-2017, ovvero da "buono" a "sufficiente" per lo stato ecologico del Fiume Santa Susanna e da "sufficiente" a "scarso" per il Lago di Ripa Sottile, mentre lo stato ecologico del Lago Lungo è risultato "scarso" nei due periodi a cui si riferiscono i dati riportati in Tabella 2.3.5. Per quanto riguarda lo stato chimico, il 97% dei corpi idrici monitorati a livello provinciale sono in stato "buono", confermato nel triennio 2015-2017, fra cui anche lo stato relativo ai tre corpi idrici ricadenti nell'area di indagine Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripasottile (Figura 2.3.4 e tabella 2.3.5).

Figura 2.3.4 - RIETI. Stato ecologico e chimico delle acque superficiali dell'area oggetto di studio, ciclo di monitoraggio sessennale 2010-2015. Per la rappresentazione cromatica fare riferimento alla Figura 2.14
Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

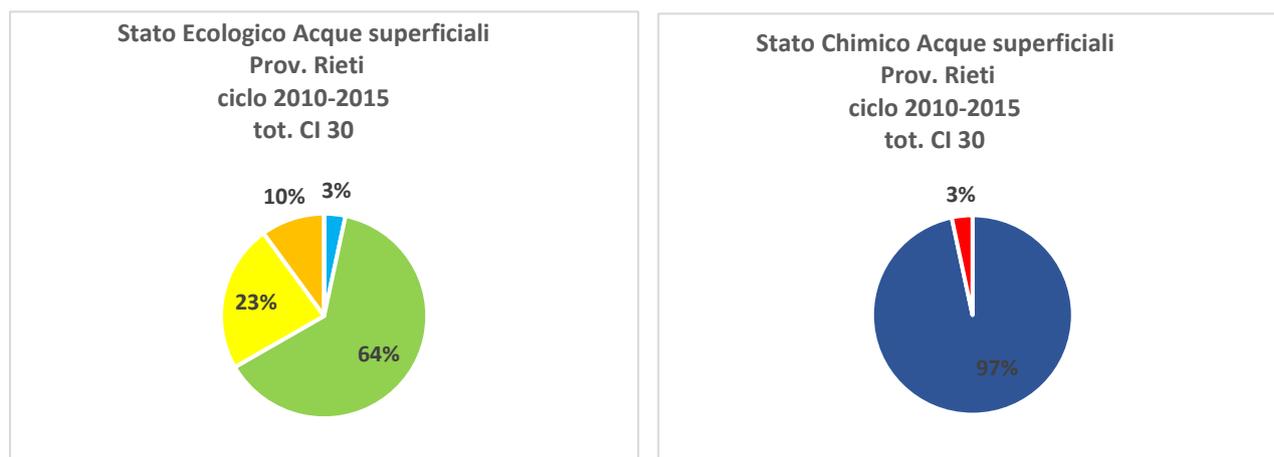


Tabella 2.3.5 - Stato ecologico e chimico dei corpi idrici superficiali interni che insistono nelle aree colturali indagate. Per la rappresentazione cromatica fare riferimento alla Figura 2.14

CI		CODICE WFD	PERIODO DI CLASSIFICAZIONE			
			2010-2015		2015-2017	
			STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO	STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO
Fiume	S. Susanna	IT12N010_SSUSANNA_13SR2T	BUONO	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
Lago	Ripa Sottile	IT12N010_RIPASOTTILE_ME3	SUFFICIENTE	BUONO	SCARSO	BUONO
Lago	Lungo	IT12N010_LUNGO_ME3	SCARSO	BUONO	SCARSO	BUONO

Fonte: Dati Arpa Lazio e Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

ROMA

Per la sperimentazione riferita ai campi di mais in provincia di Roma sono state selezionate le due sezioni del Fiume Tevere di prossimità che vengono monitorate ai sensi della DQA. In riferimento al sessennio di classificazione 2010-2015, a livello della provinciale solo il 12% dei corpi idrici raggiungono il “buono” stato ecologico, mentre il 90% dei corpi idrici raggiungono il “buono” stato chimico (Figura 2.3.5). Il monitoraggio triennale intermedio riferito ai soli due corpi idrici interessati dall’area di studio conferma la classificazione sessennale sia per lo stato ecologico sia per lo stato chimico (Tabella 2.3.6).

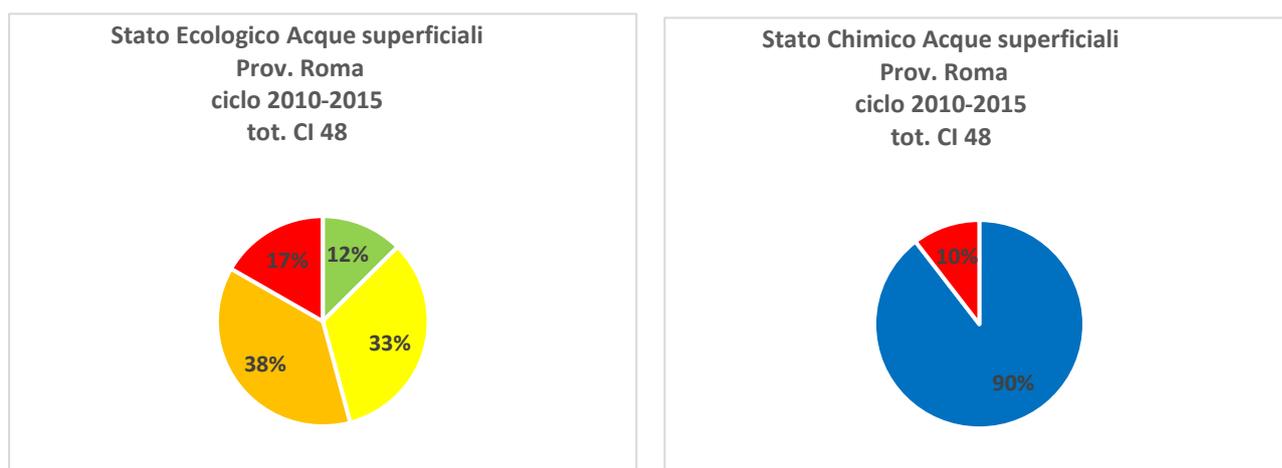


Figura 2.3.5 - ROMA. Stato ecologico e chimico delle acque superficiali dell’area oggetto di studio, ciclo di monitoraggio sessennale 2010-2015. Per la rappresentazione cromatica fare riferimento alla Figura 2.14

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

Tabella 2.3.6 - Stato ecologico e chimico delle acque superficiali dell’area oggetto di studio, ciclo di monitoraggio sessennale 2010-2015. Per la rappresentazione cromatica fare riferimento alla Figura 2.14

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

CI		CODICE WFD	PERIODO DI CLASSIFICAZIONE			
			2010-2015		2015-2017	
			STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO	STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO
Fiume	Tevere	IT12N010_TEVERE_11SS5T_02	SUFFICIENTE	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
Fiume	Tevere	IT12N010_TEVERE_14SS5D_01	SUFFICIENTE	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO

Stato dei corpi idrici che insistono nelle aree colturali indagate. Per la rappresentazione cromatica fare riferimento alla Figura 2.14.

Fonte: Dati Arpa Lazio e Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

VITERBO

I dati di classificazione del sessennio 2010-2015 a livello provinciale per Viterbo mostrano il raggiungimento dello stato ecologico “buono” nel 18% e il raggiungimento dello stato chimico “buono” nel 96% dei corpi idrici (Figura 2.3.6). Tra questi, in particolare, il Lago di Vico e il suo emissario, Rio Vicano, che insistono nel territorio oggetto di studio, hanno registrato un peggioramento dello stato ecologico e chimico nei periodi di classificazione sessennale (2010-2015) e intermedio (2015-2017), (Tabella 2.3.7).



Figura 2.3.6 - VITERBO. Stato ecologico e chimico delle acque superficiali dell'area oggetto di studio, ciclo di monitoraggio sessennale 2010-2015. Per la rappresentazione cromatica fare riferimento alla Figura 2.14

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

Tabella 2.3.7 - Stato dei corpi idrici che insistono nelle aree colturali indagate. Per la rappresentazione cromatica fare riferimento alla Figura 2.14

Fonte: Dati Arpa Lazio e Reporting Water Information System for Europe-WISE-2016

CI		CODICE WFD	PERIODO DI CLASSIFICAZIONE			
			2010-2015		2015-2017	
			STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO	STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO
Fiume	Rio Vicano	IT12N010_RIOVICANO_14SS1T	SCARSO	BUONO	CATTIVO	NON BUONO
Fiume	Rio Vicano	IT12N010_RIOVICANO_14SS2T	SUFFICIENTE	BUONO	SCARSO	NON BUONO
Lago	Vico	IT12N010_VICO_ME7	BUONO	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO

3. METODI

La necessità di verificare in maniera rapida, ma allo stesso tempo rigorosa e scientificamente valida, l'efficacia di piani di gestione, lo status di conservazione delle aree protette e di identificare priorità ed emergenze conservazionistiche, rende necessario utilizzare gruppi tassonomici identificati come bioindicatori (Gerlach et al., 2013). Tra le varie proprietà che un bioindicatore dovrebbe avere, sono generalmente riconosciuti tre punti cruciali: l'attendibilità scientifica, la praticità con cui è possibile ottenere dati dalle operazioni di monitoraggio, la rilevanza politica e sociale (e.g., de Heer et al., 2005; Brereton et al., 2011).

I campionamenti relativi ai bioindicatori selezionati, dal suolo e alle acque per le analisi chimico-fisiche ed ecotossicologiche, finalizzati a determinare gli effetti dei prodotti fitosanitari sulle taxocenosi vegetali e animali considerati, sono stati effettuati prima e dopo i trattamenti fitosanitari, secondo le modalità descritte nei seguenti paragrafi.

In linea generale, i campionamenti di suolo, delle acque e della pedofauna sono stati effettuati al tempo t0, prima dei trattamenti, e al tempo t1, dopo circa una settimana dal trattamento. Nei primi due anni (2015 - 2016) i campionamenti sono stati effettuati anche dopo il secondo e il terzo trattamento (t2, t3). Nel secondo biennio (2018 - 2019) si è deciso di concentrare i campionamenti del suolo e delle acque per le analisi fisiche, chimiche ed ecotossicologiche e della pedofauna dopo il trattamento centrale o più pericoloso per la biodiversità (in caso l'azienda avesse previsto di farne più di uno), in modo da individuare eventuali risposte più evidenti da parte dei bioindicatori. Quindi, in generale, nei due bienni è stato effettuato il campionamento prima dell'inizio dei trattamenti della stagione colturale, uno dopo almeno un trattamento e uno a chiusura della stagione colturale post-raccolta. I campionamenti sono stati effettuati di regola nello stesso giorno o in date molto ravvicinate per ciascuna coppia convenzionale-biologico, descritte nel Cap. 2, in modo da poter confrontare i dati relativi ai parametri rappresentativi dello stato dei bioindicatori.

Per i metodi di campionamento utilizzati per gli altri bioindicatori analizzati si rimanda ai paragrafi successivi.

3.1 Covariate considerate per la comparazione delle aziende

In generale, per la valutazione dei fattori che influiscono sul dato relativo allo stato dei bioindicatori, sono stati considerati 4 tipi di descrittori: 1) biologici, ovvero presenza/assenza e abbondanza delle specie appartenenti alle taxocenosi indicatrici considerate (bioindicatori); 2) ambientali, derivanti dalle caratteristiche dell'ambiente circostante (ad es. mosaico ambientale, presenza di habitat nell'intorno di buffer fino da 500 a 10m) e dalla disponibilità di habitat per le specie indicatrici all'interno del campo; 3) pratiche agronomiche utilizzate (ad es. profondità della lavorazione del suolo, numero di sfalci, irrigazione ecc.) e alla fertilizzazione, 4) uso dei prodotti fitosanitari.

Complessivamente le covariate rilevate, che descrivono i suddetti descrittori, sono: A) misure; B) variabili categoriche; C) variabili ordinali, queste ultime di gran lunga più frequenti. Le covariate sono state organizzate in gruppi, mediante fogli elettronici, in base alla coerenza delle informazioni. Dai dati primari rilevati sono stati derivati anche ulteriori descrittori quali versioni ordinali (ranghi) di misure o dati categoriali, oppure per il calcolo di rapporti tra covariate primarie diverse.

La scheda in excel utilizzata per la raccolta dei dati sulle covariate, descritta in modo sintetico in **Allegato I**, è strutturata in 11 fogli il cui contenuto viene di seguito descritto.

Le informazioni relative all'azienda agricola e alla coltura sono state raggruppate nel foglio 01 (FG01) e oltre alle cultivar coltivate, includono età e sesto di impianto, il numero e tipo di sostanze chimiche (fertilizzanti e prodotti fitosanitari) e il tipo di irroratrici e sistemi di irrigazione utilizzati, nonché eventuali colture seminate per cover crop, uso del minimum tillage, le misure delle superfici, quota, pendenza, esposizione, coordinate geografiche.

I fogli 02, 03 e 04 ("Calendari") sono stati finalizzati a registrare le tempistiche rispettivamente delle pratiche agronomiche (FG02), dei trattamenti con prodotti fitosanitari (FG03) e delle fertilizzazioni (FG04).

Il foglio 05 è adibito a registrare la presenza e le dimensioni (sviluppo lineare, altezza e profondità) di annessi all'attività agricola (muri a secco, siepi, filari arborei) e delle colture in una fascia di 10 metri intorno al perimetro del campo monitorato.

Il foglio 06 è adibito a registrare la copertura percentuale delle categorie EUNIS e di uso del suolo in una fascia di 10 m attorno al perimetro del campo monitorato. Per le categorie EUNIS relative a vegetazioni arboree è stata prevista anche la misurazione di parametri strutturali di base (diametro del tronco e altezza) e la valutazione della maturità della formazione in classi.

Il foglio 07 è stato destinato alle covariate relative allo sviluppo della coltura e della eventuale vegetazione naturale nell'ambito del campo monitorato, nonché della struttura, grado di fioritura e fruttificazione della vegetazione naturale nella fascia perimetrale dei 10 metri, con registrazione di eventuale attività di sfalcio, trinciatura o rullatura in tale fascia.

Il foglio 08 prevede l'inserimento delle informazioni meteorologiche (nuvolosità, forza e direzione del vento, temperatura e umidità dell'aria), relative al giorno stesso del campionamento e alle giornate precedenti.

Il foglio 09 prevede l'inserimento di dati pedologici e di altre covariate rilevati direttamente in fase di campionamento e in grado di influenzare a livello di microscala i campioni di bioindicatori zoologici (entomofauna e pedofauna in particolare) e botanici, quali i parametri chimico-fisici e lo stato della coltura e/o della vegetazione naturale in un intorno di 1 metro dal punto di campionamento della pedofauna.

Il foglio 10 è stato riservato alle analisi di laboratorio dei campioni pedologici con calcolo delle proporzioni granulometriche, contenuto d'acqua, alcuni parametri chimico-fisici (pH, salinità) e altre caratteristiche del suolo previste anche per i rilevamenti diretti sul campo (foglio 09), quali adesività e plasticità.

Infine, è stato aggiunto il foglio 11 per la registrazione di dati estratti dal CORINE Land Cover per buffer di 10, 50, 100, 200 e 500 metri dal perimetro del campo considerato, relativamente a distanza, tipo e dimensioni dei corpi idrici eventualmente intercettanti i buffer, copertura percentuale delle diverse categorie di uso del suolo CORINE Land Cover, dati di morfologia del territorio (pendenza, esposizione, quota), perimetro e superficie dei campi monitorati ed eventuale proporzione rientrante in aree Natura 2000 e in aree protette..

Dell'insieme delle covariate complessivamente previste, alcune sono state escluse laddove sono risultate troppo poco variabili o eccessivamente incomplete nell'ambito del campione esaminato, pur risultando fondamentali per l'individuazione delle coppie di campi biologico - convenzionali (paragrafo 2.21).

3.2 Valutazione dei prodotti fitosanitari utilizzati dalle aziende in base alla Misura n. 13

Al fine di effettuare una valutazione relativamente all'uso di prodotti fitosanitari utilizzati dalle aziende nei campi oggetto di studio, in attuazione delle misure delle Linee guida del PAN, sono stati attribuiti dei punteggi a ciascun prodotto, secondo i criteri di seguito descritti.

Sulla base dei suddetti criteri è stata dunque verificata la compatibilità dei prodotti fitosanitari utilizzati dalle aziende biologiche e da quelle convenzionali con la Misura 13, che prevede che nelle aree protette, nei Siti Natura 2000 e nelle Zone Ramsar, in linea generale non debbano essere utilizzati prodotti che presentano in etichetta frasi di precauzione per l'ambiente (SPe) definite dalla Direttiva 2003/82/CE, in quanto in grado di comportare rischi sugli organismi non target, e che non siano classificati pericolosi per l'ambiente (frase "N" indicato dal pittogramma con il pesce morto e l'albero secco). Tuttavia, nelle etichette dei prodotti fitosanitari non sempre vengono riportate le frasi di precauzione per l'ambiente SPe come sigla, ma spesso vengono riportate solo le frasi scritte per intero riportate in Tabella 3.2.1.

Tabella 3.2.1 – Frasi di precauzione per l'ambiente (SPe) definite dalla Direttiva 2003/82/CE (Auteri & Azimonti 2007)

Frasi di Precauzione per l'ambiente SPe	Descrizione
SPe 1	Per proteggere [le acque sotterranee/gli organismi del suolo] non applicare questo o altri prodotti contenenti (specificare la sostanza attiva o la classe di sostanze, secondo il caso) più di (indicare la durata o la frequenza).
SPe 2	Per proteggere [le acque sotterranee/gli organismi acquatici] non applicare su suoli (indicare il tipo di suolo o la situazione).
SPe 3	Per proteggere [gli organismi acquatici/gli insetti/le piante non bersaglio/gli artropodi non bersaglio] rispettare una zona cuscinetto non trattata di (precisare la distanza) da [zona non coltivata/corpi idrici superficiali].

SPe 4	Per proteggere [gli organismi acquatici/le piante non bersaglio] non applicare su superfici impermeabili quali bitume, cemento, acciottolato, [binari ferroviari] e negli altri casi ad alto rischio di deflusso superficiale.
SPe 5	Per proteggere [gli uccelli/i mammiferi selvatici] il prodotto deve essere interamente incorporato al terreno; assicurarsi che il prodotto sia completamente incorporato all'estremità dei solchi.
SPe 6	Per proteggere [gli uccelli/i mammiferi selvatici] recuperare il prodotto fuoriuscito accidentalmente.
SPe 7	Non applicare nel periodo di riproduzione degli uccelli.
SPe 8	Pericoloso per le api/Per proteggere le api e altri insetti impollinatori non applicare alle colture al momento della fioritura/Non utilizzare in presenza di api/Rimuovere o coprire gli alveari durante l'applicazione e per (indicare il periodo) dopo il trattamento/Non applicare in presenza di piante infestanti in fiore/Eliminare le piante infestanti prima della fioritura/Non applicare prima di (indicare il periodo).

Pertanto, nella valutazione della compatibilità dei prodotti fitosanitari utilizzati dalle aziende, si è deciso di considerare anche le frasi di rischio H (Hazard) riportate in etichetta, con particolare riguardo per quelle che indicano gli effetti per gli ecosistemi acquatici (H4), ovvero:

- H400 – Molto tossico per gli organismi acquatici;
- H410 – Molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata;
- H411 – Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata;
- H412 – Nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata;
- H413 – Può essere nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata.

La Misura 13 prevede che occorre sostituire/limitare/eliminare anche i prodotti fitosanitari che contengono sostanze attive o famiglie chimiche su cui è posta l'attenzione a livello internazionale ed europeo per la loro pericolosità, oppure che sono considerate pericolose per le api, i pronubi, per la tutela degli habitat la cui diversità floristica è dipendente dall'impollinazione, per gli uccelli e i mammiferi, sulla base dei Conclusion Report prodotti dall'EFSA e/o nei Review Report prodotti dalla Commissione europea. Pertanto a questa tipologia di prodotti, come ad esempio il Rame, è stato dato un punteggio molto negativo.

Partendo dall'assunto che i prodotti autorizzati dall'agricoltura biologica che non hanno frasi SPe o N o H sono quelli con un punteggio pari a 0, a ciascun prodotto fitosanitario utilizzato nei campi biologici e convenzionali, dichiarati dai proprietari delle aziende, è stato attribuito un punteggio da 0 a -1, secondo i criteri descritti di seguito.

Punteggio PF:

- a. **Prodotti Candidati alla sostituzione e revocati = - 1;**
- b. **Prodotti tossici per l'ambiente (N) = - 0,75;**
- c. **Prodotti con Frasi di precauzione per l'ambiente SPe** che indicano possibili impatti su ecosistemi acquatici (**Spe3 e Spe4**) e per gli uccelli (**Spe7**); Frasi **H400** Molto tossico per gli organismi acquatici; **H410** Molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata = - 0,50;
- d. **Prodotti con frasi di rischio per gli ecosistemi acquatici (H411, H412, H413) = - 0,25;**
- e. **Prodotti autorizzati nel biologico senza frasi di precauzione o pericolo per l'ambiente = 0**

Per ciascuna azienda, i valori attribuiti ai prodotti fitosanitari utilizzati sono stati sommati, anche in base al numero di trattamenti effettuati, al fine di avere un quadro delle colture maggiormente sottoposte a trattamenti pericolosi per la biodiversità.

3.3 Bioindicatori considerati per la verifica dell'efficacia delle misure del PAN

Al fine di individuare e descrivere gli effetti dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità, sono stati individuati diversi taxa, a diversi livelli della rete trofica (produttori e consumatori primari e secondari, predatori, etc) selezionati poiché presenti negli agroecosistemi e pertanto esposti ai trattamenti fitosanitari legati a diverse tipologie di matrice ambientale (suolo, acqua, aria) (Figura 3.3.1). I taxa selezionati sono tutti facilmente contattabili, noti e campionabili con protocolli altamente condivisi e standardizzati.

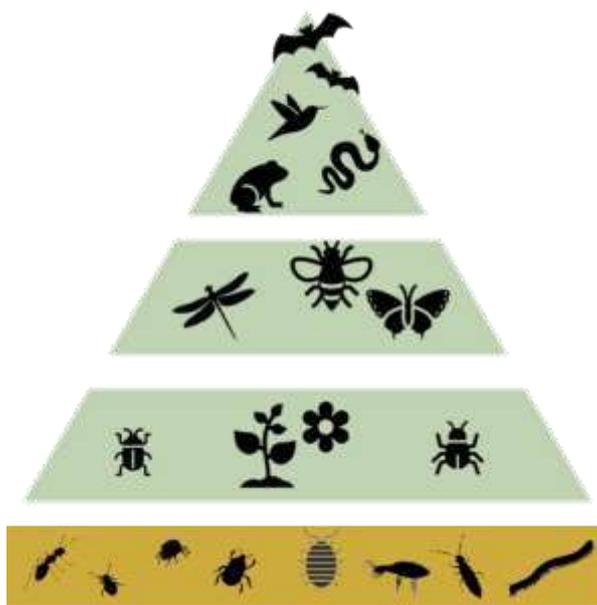


Figura 3.3.1 - Taxa che caratterizzano la rete trofica degli agroecosistemi (produttori e consumatori, primari e secondari, predatori, detritivori) considerati come bioindicatori per la verifica degli effetti dei prodotti fitosanitari

Le metodologie utilizzate per il monitoraggio di specie e habitat sono tutte conformi e in linea con quelle previste in attuazione della Direttiva Habitat (Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario, Manuali ISPRA 140/2016, 141/2016, 142/2016 <http://www.reportingdirettivahabitat.it/downloads>). Mentre, per quanto riguarda gli insetti impollinatori, Apoidei e Lepidotteri diurni, i protocolli sono stati definiti in linea con quelli proposti a livello europeo, nell'ambito dell'European Pollinator Initiative (<https://wikis.ec.europa.eu/display/EUPKH/EU+Pollinator+Monitoring+Scheme>).

3.3.1 Flora e vegetazione

La crescita delle piante è regolata in maniera ben precisa da una serie di fattori ecologici e storici che giustificano o meno la loro presenza in un determinato luogo. L'ampiezza dell'ambito di tolleranza entro il quale ogni specie vegetale può svolgere le proprie funzioni vitali varia da specie a specie e quelle più esigenti forniscono il contributo più utile in termini di bioindicazione. I fattori ecologici possono controllare anche la consistenza delle popolazioni, agendo sul tasso di riproduzione, sulla competitività, sulla capacità di germinazione e sulla velocità di crescita.

Sulla base di questi capisaldi sono stati messi a punto diversi dispositivi per interpretare i risultati dei campionamenti di comunità di specie vegetali, coniugando le stime quantitative di copertura e abbondanza delle piante con i sistemi di bioindicazione di Ellenberg (1974) e di Landolt (1977), che consistono in un insieme di valori assegnati a ciascuna specie vegetale che ne quantificano il carattere di indicatore ambientale o con indici di emerobia che esprimono il grado di adattamento al disturbo di una specie vegetale, calcolando la frequenza percentuale della specie nei diversi tipi di ambiente, da quello più naturale a quello più antropizzato. Nei terreni coltivati soggetti ad apporti esterni di fertilizzanti e acqua, e continue movimentazioni meccaniche del substrato di crescita, l'applicazione di tali sistemi, pone una serie di questioni di difficile risoluzione dovuti ai rapporti quantitativi spesso

irregolari a breve distanza e mutevoli in breve tempo che non consentono di individuare comunità in equilibrio con la coltura e regolarità nell'espressione nel tempo e nello spazio.

Nel caso di vegetazione di tipo colturale e post-culturale, spesso non è possibile individuare una caratterizzazione a livello di formazione vegetale e le dominanze possono essere estremamente variabili anche a scala molto piccola; quindi, a livello di confronto tra aree è preferibile utilizzare per le elaborazioni statistiche il dato qualitativo di presenza/assenza, laddove la perdita o la comparsa di determinate tipologie di specie vegetali segnala l'effetto di azioni colturali.

3.3.2 *Pedofauna*

La crescente consapevolezza dei problemi legati all'inquinamento dei suoli ha contribuito a individuare lo studio della pedofauna come una necessità prioritaria nell'ambito dello sviluppo delle ricerche relative alla valutazione della qualità del territorio.

Dal punto di vista metodologico, la divisione della fauna del suolo in relazione alle dimensioni e all'habitat assume un significato particolare (Górny e Grüm, 1993). Le suddivisioni comunemente accettate comprendono: la microfauna (con organismi compresi tra 0,02 e 0,2 mm di diametro), la mesofauna (0,2 - 2,0 mm), la macrofauna (2 - 20 mm) e la megafauna (> 20 mm). Ad esse corrispondono reti trofiche che hanno tempi di rigenerazione, spazi vitali e tassi vitali proporzionalmente differenti (Lavelle e Spain, 2001).

La fauna edafica può, inoltre, essere suddivisa in: hyperedaphon, che vive nella bassa vegetazione, ma talora si trova nell'ambiente edafico; piedaphon, che vive sulla superficie del suolo (in genere nella lettiera); hemiedaphon, che vive a media profondità, fino agli strati superficiali del suolo; euedaphon, che vive negli strati profondi del suolo (Bullini et al., 1998).

Una zoocenosi che sembra particolarmente idonea alla valutazione della qualità del suolo è quella della mesofauna in quanto, rispetto ad altri gruppi (Gupta e Yeates, 1997), è caratterizzata da:

- maggiore affidabilità nella determinazione sistematica essendo ben descritti i taxa che la compongono;
- una buona conoscenza della distribuzione degli organismi nei diversi orizzonti/strati del terreno;
- disponibilità di specifici indici sintetici standardizzati per la valutazione dello stato ecologico del suolo;
- possibilità di utilizzare dati di riferimento elaborati in altri contesti geografici o per altri tipi di suolo.

Inoltre: 1) il ruolo svolto dalla mesofauna nel ciclo della formazione e del rinnovamento del suolo, riveste sicuramente una grande importanza ecologica ed economica; 2) l'area coperta durante il loro ciclo vitale, non avendo vagilità eccessiva, è significativamente rappresentativa del sito in esame; 3) la loro storia naturale permette di conoscere le condizioni ecologiche del suolo; 4) molte specie sono state identificate come utili bioindicatori della qualità del suolo.

A conferma di ciò, i microartropodi hanno assunto sempre più spazio nei monitoraggi ambientali e l'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione (ISO) sta già utilizzando la mesofauna tra i metodi di valutazione del suolo (ISO 11266:1994; ISO 11267:1999; ISO 11268-1:1993; ISO 11268-2:1998; ISO 16387:2004). In generale, gli indici di qualità basati sugli invertebrati del suolo valutano la consistenza delle popolazioni presenti. Alcuni metodi, utilizzati prevalentemente dagli entomologi, prevedono di campionare con delle trappole a caduta la macrofauna che cammina sulla superficie del suolo (APAT, 2004, Par. 3.3.3 di questo volume). Un approccio innovativo è stato proposto dal Prof. Parisi dell'Università di Parma nel 2001, con l'applicazione di un indice sintetico per la valutazione della qualità biologica del suolo (QBS-ar), che descrive il grado di sofferenza delle popolazioni di microartropodi, analizzando la funzionalità e il livello di adattamento delle forme presenti e senza prevedere le conte degli individui o la classificazione a livello di specie estremamente faticosa e difficoltosa per i non esperti (Parisi, 2001; Parisi et al., 2005).

3.3.3 *Artropodi del suolo*

La fauna del suolo (Figura 3.3.1) è costituita da organismi molto sensibili alle alterazioni di origine naturale o antropica e agli equilibri chimico-fisici che caratterizzano il suolo stesso. Questi organismi sono quindi ritenuti buoni indicatori per valutare le diverse condizioni del suolo. Tra i diversi taxa costituenti la fauna del suolo, i coleotteri Carabidae sono una delle famiglie più rappresentate, sia come diversità specifica sia come biomassa totale. Sono diffusi in tutto il mondo e in tutti gli ambienti con oltre 40.000 specie, di cui circa 1.350 in Italia (Vigna Taglianti, 2005). Si tratta di coleotteri con dimensioni comprese tra 1 e 50 mm circa che popolano tutti i tipi di ambienti terrestri: dalle aree ripariali alle zone desertiche, dagli ambienti steppici, alle paludi e ai boschi. Molte specie vivono sulla superficie o entro gli strati più superficiali del suolo ma non mancano quelle che si arrampicano regolarmente sulla

vegetazione, quelle che vivono nell'ambiente sotterraneo superficiale e quelle strettamente troglobie. Attivi perlopiù di notte, ma non di rado diurni (Luff, 1978), i Carabidi comprendono sia specie in grado di volare sia specie con ali metatoraciche ridotte, incapaci quindi di volare. Tradizionalmente ritenuti quasi esclusivamente predatori, alla luce delle più recenti revisioni dei regimi alimentari, i Carabidi hanno mostrato un quadro diversificato di regimi alimentari che comprende, oltre alle specie zoofaghe, numerose specie polifaghe e addirittura interi generi del tutto fitofagi, specializzati nel consumo di semi di piante erbacee. Nella maggioranza dei casi i Carabidi presentano cicli di vita annuali con una sola generazione l'anno: la riproduzione avviene in primavera-inizio estate, lo sviluppo avviene nei mesi estivi (summer larvae) ed emergenza della nuova generazione a fine estate-inizio autunno. Gli individui subiscono quindi una diapausa invernale per riemergere e riprodursi nella primavera successiva. Non di rado e a seconda degli ambienti, avviene che la riproduzione abbia luogo in piena estate e siano le larve o le pupe a svernare in diapausa (winter larvae), eventualmente insieme a un certo numero di adulti. Naturalmente, anche in questo caso non mancano eccezioni allo schema generale per cui, in determinate aree, anche in funzione delle caratteristiche ambientali, alcune specie possono presentare due fasi riproduttive l'anno o, all'opposto, cicli biennali.

Per la loro diversità e abbondanza i Carabidi costituiscono una componente importante della "catena di detrito" degli ecosistemi terrestri nella quale giocano il ruolo di consumatori di secondo livello, a loro volta predati dai vertebrati terrestri. Essi sono sensibili a fattori abiotici quali il microclima e il tipo di suolo. Alla luce delle caratteristiche accennate, dello sviluppo delle conoscenze sistematiche, delle disponibilità di expertise necessaria per il riconoscimento e dell'efficienza ed economicità dei metodi di cattura, i Carabidi sono tra gli invertebrati terrestri meglio studiati e più utilizzati come organismi indicatori del livello di inquinamento, per la classificazione degli habitat per la protezione della natura, per la caratterizzazione dello stato dei nutrienti dei suoli forestali ed anche come indicatori della biodiversità (Brandmayr, 1975; Thiele, 1977; Lövei & Sunderland, 1996; Brandmayr et al., 2002; Rainio & Niemelä, 2003).

3.3.4 Odonati

Le libellule sono uno dei gruppi di insetti più antichi. Probabilmente esistono da più di 350 milioni di anni e i reperti fossili portano testimonianza di esemplari con un'apertura alare fino a 75 centimetri. Dimensioni a parte, decisamente ridotte nel corso dei millenni, il loro aspetto è rimasto praticamente invariato, caratterizzato dalla presenza di grandi occhi che occupano quasi l'intera testa, dall'addome lungo e slanciato, dalla colorazione spesso sgargiante e dalla struttura delle ali che ne conferiscono le ottime capacità di volo.

Sono predatori in tutti gli stadi della loro esistenza, ponendosi quindi in cima alla catena alimentare degli habitat frequentati e regolandone l'entomofauna, svolgendo indubbiamente un ruolo importante all'interno delle reti trofiche.

Sono insetti emimetaboli, ovvero aventi lo sviluppo larvale che si compie in ambiente differente da quello frequentato in fase adulta. In questo caso le forme larvali necessitano dell'ambiente acquatico, mentre gli adulti sono predatori volanti diurni che vivono quindi in ambiente terrestre seppur preferendo aree situate nei pressi di corpi idrici quali stagni, pozze o corsi d'acqua.

Il forte depauperamento delle zone umide, soprattutto nelle aree planiziali, è tra le principali cause del sensibile declino che le libellule hanno subito nel corso degli ultimi decenni, sia in termini di ricchezza specifica, sia in termini di abbondanza (Riservato et al., 2014a). La massiccia conversione a pratiche culturali di tipo intensivo che ha interessato vaste porzioni di territorio, portando alla graduale scomparsa di fossati, stagni o vasche di laminazione, ha contribuito alla riduzione dei siti potenzialmente idonei alla riproduzione delle libellule. Persino l'habitat di risaia che, nella Pianura Padana occidentale, ha da sempre rappresentato un valido surrogato alle zone umide naturali, è divenuto via via meno ospitale a causa del cambiamento della gestione dei livelli idrici, ormai sempre più disallineati rispetto alle esigenze legate alle fasi fenologiche della fauna selvatica. L'esigenza di sempre minori quantità di acqua, grazie all'utilizzo dei moderni strumenti che rendono possibile il livellamento del suolo con precisione millimetrica, e le asciutte ripetute provocano la mortalità massiccia degli organismi acquatici per i quali la risaia si è inevitabilmente trasformata in una trappola ecologica, a cominciare dagli insetti nei vari stadi larvali, che hanno ovvie ridotte capacità di spostamento (Raebel et al., 2010).

Delle 93 specie presenti nella fauna italiana (Riservato et al., 2014b), in Piemonte ne è stata accertata la presenza di ben 64, facendo risultare la Regione tra le più ricche in termini di diversità (Boano et al., 2007).

Considerando il ruolo importante che gli Odonati rivestono nel contesto degli ecosistemi in cui vivono, la caratterizzazione della comunità odonatologica risulta utile per la valutazione del livello di integrità degli habitat acquatici (Sato et al., 2008). Questa infatti risente non solo delle eventuali interferenze

dirette, ma anche di quelle indirette che, ad esempio, possono influire sull'abbondanza di molte altre specie di insetti delle quali le libellule si nutrono.

Mentre è ampiamente dimostrato che un degrado della qualità degli ambienti acquatici e una conseguente diminuzione in termini di biodiversità ha effetti negativi anche sulla componente odonatologica, pochi sono gli studi svolti sull'impatto diretto dei fitofarmaci sulle libellule; in linea di massima queste sembrano avere soglie di tolleranza relativamente alte. Uno studio americano ad esempio non ha riscontrato alcun effetto dell'atrazina (un diffuso erbicida) sulle larve di *Aeshna junius* (Rorh et al., 2005). Sempre negli Stati Uniti sono state invece dimostrate le differenze degli effetti di Glyphosate e Fusilate DX su larve di piccole dimensioni, tipicamente caratterizzate da sviluppo annuale, e su specie di dimensioni maggiori (grossi Anisotteri): queste ultime sembrano avere una più alta resistenza all'esposizione a questi agenti chimici (Zajac, 2014). Effetti irrilevanti degli erbicidi (per i quali è opportuno sottolineare, gli insetti non sono gli organismi bersaglio) sono stati dimostrati anche nei confronti di alcune specie di Zigotteri tipici delle zone risicole malesi, prendendo in considerazione 4 diversi prodotti utilizzati in quel contesto: propanile, Quinclorac, molinate e bensulfuron (Rawi et al., 2012). In anni meno recenti sono inoltre stati valutati gli effetti cumulativi dei trattamenti di erbicidi e di altri prodotti fitosanitari in ambienti fluviali del Giappone (Takamura et al., 1991), dove è stata riscontrata una minore diversità specifica nei tratti a valle delle aree maggiormente trattate. Questo risultato è probabilmente dovuto a quanto accennato precedentemente, ovvero che più degli effetti diretti, le libellule soffrono dell'impoverimento della comunità entomologica degli ecosistemi acquatici che indubbiamente può portare ad una minore disponibilità delle loro prede.

3.3.5 *Lepidotteri*

Diversi studi hanno mostrato come le farfalle diurne rispondano in tempi rapidi a cambiamenti ambientali, sia su scala di paesaggio sia a livello di microhabitat, e come variazioni della comunità e/o della fenologia di specie target rispecchino alterazioni in altre componenti della biodiversità, rendendole indicatori ottimali per molteplici ecosistemi terrestri (e.g., Maes e Van Dyck, 2001; Thomas, 2005), inclusi quelli fortemente antropizzati come gli ambienti urbani (Ramírez-Restrepo e MacGregor-Fors, 2017).

I lepidotteri Ropaloceri rappresentano ottimi bioindicatori, sia per alcune loro caratteristiche ecologiche e fisiologiche, sia per le conoscenze di base già a disposizione, a livello internazionale e nazionale.

Le farfalle diurne sono presenti in una grande varietà di habitat, con un elevato numero di specie, e comprendono, accanto ad elementi generalisti, un buon numero di elementi altamente specializzati, con esigenze ecologiche ristrette. Inoltre, rispetto a molti altri gruppi di insetti, sono caratterizzate dall'aver una tassonomia nota e relativamente stabile e da buone conoscenze di base sull'ecologia e sulla biologia delle singole specie. A causa del ciclo vitale breve, spesso di poco inferiore a un anno, le risposte delle farfalle alle variazioni nella qualità dell'habitat sono decisamente più rapide rispetto ad altri gruppi (Thomas, 2005). Recenti lavori dimostrano come questo gruppo sia in declino a causa dell'intensificazione dell'agricoltura (Habel et al., 2019). Nelle liste rosse redatte per questo gruppo a livello Europeo (Van Swaay et al., 2010), Mediterraneo (Numa et al., 2016) e Italiano (Bonelli et al., 2018), l'intensificazione dell'agricoltura è sempre la minaccia più rilevante.

Una sensibilità ai neonicotinoidi è stata evidenziata da diversi autori (i.e. Gilburn et al., 2015; Whitehorn et al., 2018). L'olometabolismo, con stadi pre-immaginali scarsamente mobili, spesso caratterizzati da esigenze ecologiche differenti dagli adulti, rende le farfalle buoni indicatori di biotopi complessi, in cui le esigenze degli stadi larvali devono almeno parzialmente sovrapporsi a quelle degli adulti.

Dal punto di vista metodologico, poi, tutte le tecniche di monitoraggio esistenti sono state ampiamente sperimentate e standardizzate, sia per quanto riguarda gli studi a livello di comunità (e.g., Pollard e Yates, 1993), sia per quanto riguarda la valutazione della dinamica di popolazione delle singole specie (e.g., Nowicki et al., 2005).

Infine, non è da sottovalutare come le farfalle diurne siano tra i pochi invertebrati giudicati positivamente dal grande pubblico: si tratta di specie carismatiche, che riescono ad attirare l'attenzione e il consenso dell'opinione pubblica su progetti conservazionistici o di ricerca che altrimenti sarebbero più difficilmente supportati, sono cioè delle ottime specie bandiera.

I lepidotteri diurni sono gli unici invertebrati per i quali è presente una rete di monitoraggio paneuropea: il Butterfly Monitoring Scheme, che costituisce anche una delle più grandi reti di monitoraggio di insetti. I dati raccolti in oltre 7000 siti in 14 paesi europei sono utilizzati per produrre il Grassland Butterfly Indicator che ogni 5 anni la Butterfly Conservation Europe consegna alla Comunità Europea (Van Swaay et al., 2019). Questo indicatore riporta l'andamento negli anni di un certo numero di specie legate alle praterie seminaturali. Il trend misurato mostra un continuo declino.

Il loro ruolo di impollinatori selvatici messo in evidenza dalla recente Pollinator Initiative Europea, li ha candidati a far parte della rete di monitoraggio degli impollinatori (Pollinator Monitoring Scheme) in fase di elaborazione.

Infine, i lepidotteri diurni comprendono il gruppo più numeroso di invertebrati protetti dalla Direttiva Habitat. In Italia sono 17 le specie protette per le quali è obbligatorio il monitoraggio per la redazione del periodico reporting ai sensi dell'art 17. I monitoraggi condotti secondo le Linee Guida al monitoraggio di ISPRA 141/2016 (Stoch e Genovesi, 2016) sono basati per la maggior parte delle specie sullo stesso protocollo del Butterfly Monitoring Scheme.

3.3.6 Apoidei

La presenza degli insetti impollinatori e il binomio pianta-impollinatore sono di fondamentale importanza per il mantenimento della biodiversità (Potts et al., 2003; Potts et al., 2010). Il 35% delle colture agrarie e il 60-80% della flora spontanea è impollinata dall'ape da miele e dagli altri impollinatori selvatici (Klein et al., 2007). Il valore economico del servizio di impollinazione è di 152,9 miliardi di euro/anno nel mondo e 14,6 miliardi/anno in Europa (Gallai et al., 2009; Leonhardt et al., 2013).

Gli Apoidei, insetti diffusi in ogni parte del mondo e caratterizzati da un connubio inscindibile con le piante Angiosperme (con i tipici fiori e ovuli contenuti in un ovario), notoriamente costituiscono gli impollinatori più efficaci, grazie a strutture morfologiche e a aspetti comportamentali che li rendono particolarmente efficaci nell'attività di impollinazione, realizzata lungo complessi percorsi evolutivi attraverso adattamenti specifici tra di loro e le piante. Tra gli Apoidei si distinguono specie monolettiche, vincolate alla frequenza di una sola specie vegetale, per la quale rappresentano un elemento vincolante per la sopravvivenza, specie oligolettiche, che frequentano e quindi impollinano un numero limitato di piante, e specie poliolettiche, come l'ape da miele, *Apis mellifera* L., che esercita la sua opera impollinatrice su una grandissima varietà di specie botaniche, risultando particolarmente preziosa in quanto molto plastica, capace di adattarsi ad ambienti e piante nuove, e quindi utile per effettuare l'impollinazione in ambienti svariati, dove la sua opera può servire anche per supplire alla scarsità sempre maggiore di impollinatori selvatici. L'altra importante prerogativa dell'ape da miele è di poter essere supportata dall'uomo in periodi di scarsità di risorse spontanee, e quindi di poter esercitare la sua preziosa opera dove è necessaria, ad esempio per favorire il ripristino della vegetazione in ambienti degradati.

La necessità di trovare fonti di cibo, nettare e polline, per il loro sostentamento e per la nutrizione della covata rende gli Apoidei solerti esploratori del territorio, ma proprio la loro attività di ricerca li mette a contatto con tutte le possibili fonti di contaminazione che coinvolgono le piante coltivate e spesso anche le piante spontanee. L'ape da miele può allontanarsi dal suo alveare per un raggio di oltre 10 km, coprendo quindi ampi spazi che ne fanno dei "guardiani dell'ambiente" molto efficaci. Negli ultimi anni, gli insetti impollinatori e in particolar modo le api da miele, sono colpiti da varie problematiche, tra cui i cambiamenti nell'uso del suolo e l'agricoltura intensiva che prevede l'utilizzo di prodotti fitosanitari (Banaszak, 1995; Porrini et al., 2016; Botias et al., 2017; Bellucci et al., 2019); la diminuzione delle risorse di nettare e di polline (Goulson et al., 2015), la frammentazione e l'isolamento degli habitat (Jennersten, 1988; Steffan-Dewenter e Tschardtke, 1999), il cambiamento climatico (Price e Waser, 1998; FAO 2019).

L'ape da miele, i suoi prodotti e gli altri Apoidei sono quindi impiegati da lungo tempo come efficienti bioindicatori di inquinamenti da pesticidi di vario genere (Chauzat et al., 2006; Brittain et al., 2010; Shrivastava et al., 2018), dagli insetticidi agli acaricidi ai diserbanti, da emissioni industriali (Giglio et al., 2017; Wiest et al., 2011) e da polluzioni radioattive. Un altro pertinente utilizzo di questi bioindicatori riguarda gli ambienti urbani, spesso ricchi di fonti di nutrimento a cadenza scalare ma anche di innumerevoli fonti di inquinamento, dai riscaldamenti domestici al traffico veicolare (Marletto e Ferrazzi, 1984; Negri et al., 2015; Feldhaar e Otti, 2020).

Dal momento che gli Apoidei e ancor più le api da miele, in quanto ampiamente distribuite su tutto il pianeta poiché diffuse e gestite dall'uomo, possono raccogliere polline anche su piante che non richiedono impollinazione, le loro possibilità di contatto con vegetazione sottoposta a trattamenti con fitofarmaci aumentano. Tale problematica è stata constatata ormai da tempo, a partire da un massiccio avvelenamento di api verificatosi proprio in vigneti del Roero nel 1975, quando la frequentazione della vite da parte di *A. mellifera* per la raccolta del polline era ancora ignorata in Italia. Con quell'apicidio vennero scoperti gli effetti del carbaryl, insetticida che era stato distribuito sui vigneti mediante elicottero, individuato nel polline di vite contaminato presente nelle cestelle di api campionate e immagazzinate nelle cellette dei favi (Vidano et al., 1976). Le recenti problematiche, dirette e indirette, indotte da insetticidi sistemici come i neonicotinoidi su api locate presso campi di mais o di altre colture nate da semi trattati con tali prodotti fitosanitari (Di Prisco et al., 2013; Alburaki et al., 2015; Woodcock

et al., 2017) danno una misura di come questi possano impattare sulle api da miele in maniera visibile, ma anche in maniera più occulta sugli Apoidei selvatici, molto più difficili da monitorare. Alcune specie di Apoidei, come bombi e osmie, vengono allevate per l'impollinazione di specifiche colture e in particolare per l'utilizzo nelle serre, dove vengono a contatto con molteplici problematiche, rendendo possibile un biomonitoraggio sperimentale e controllato anche mediante queste specie. I trattamenti praticati sulle piante coltivate sono causa di gravi ripercussioni sugli Apoidei anche quando le colture non sono direttamente visitate per la raccolta di cibo, come nel caso delle risaie: l'acqua, raccolta direttamente, diventa un cocktail di insetticidi e diserbanti, che a seguito della deriva dei trattamenti e della circolazione delle acque di risaia giungono anche su piante e fioriture circostanti, frequentate quindi da questi insetti con risultati nefasti. Emergono per gravità l'impatto del diserbante glifosate (Rubio et al., 2014; Farina et al., 2019), il cui uso indiscriminato elimina le fioriture di zone ruderali e delle capezzagne dei campi, e i cambiamenti nella gestione agronomica delle aziende agricole, che hanno portato alla perdita dei corridoi ecologici e delle fasce tampone con ricadute sulla disponibilità delle risorse alimentari per gli Apoidei (Ferrazzi e Vercelli, 2016; Quaranta et al., 2004). I residui di fitofarmaci permangono nel suolo, nell'aria e nell'acqua con cui gli Apoidei vengono a contatto, acquisendo direttamente da essi le sostanze inquinanti.

Tutte le fonti di inquinazione che agiscono sugli Apoidei stanno riducendo in maniera molto pesante le loro popolazioni, come rilevato da un numero sempre crescente di ricerche (Goulson et al., 2008; Sanchez-Bayo et al., 2019). Per tutti i motivi enunciati la presenza, l'entità delle popolazioni e la diversità degli Apoidei possono costituire un termometro dello stato del territorio. L'abbondanza di Apoidei in ambienti con scarsa diversità vegetale, che si può rilevare in certi agroecosistemi, può essere indice di una discreta qualità ambientale, ma un'elevata ricchezza in specie vegetali si traduce in una ricchezza di specie di Apoidei e viceversa (Fontaine et al., 2006; Sutter et al., 2017).

A livello italiano, il Piano di Azione Nazionale (PAN) per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari fa riferimento agli habitat, con particolare attenzione ai Siti Natura 2000, in cui è necessario tutelare le api e gli altri impollinatori. Il PAN, inoltre, annovera le api tra gli indicatori specifici per la verifica del raggiungimento degli obiettivi e prevede la tutela e la salvaguardia del patrimonio apistico. A livello mondiale ed europeo l'utilizzo di prodotti fitosanitari è regolamentato al fine di salvaguardare la salute umana e l'ambiente, ponendo l'attenzione anche su api, apicoltura e fioriture (IPBES, 2016; Underwood et al., 2017).

Inoltre, le campagne promosse dall'Unione Europea, l'European Red List of Bees, la Lista Rossa IUCN delle api italiane, strumenti importanti per la salvaguardia della biodiversità a livello globale, forniscono informazioni, analisi e previsioni sulle specie, sull'andamento delle loro popolazioni e sulle minacce che su di esse incombono, in modo da poter sviluppare proposte adeguate (Nieto et al., 2014; Quaranta et al., 2018). Tra le raccomandazioni viene indicata la protezione degli habitat per sostenere maggiori livelli di biodiversità tra gli Apoidei, con particolare attenzione alle aree mediterranee e ai siti Natura 2000. Finalmente l'attenzione è stata posta sugli Apoidei, preziosi indicatori della qualità ambientale, che devono essere salvaguardati per conservare l'imprescindibile interazione tra vegetazione, impollinatori e specie umana.

Il monitoraggio degli Apoidei è di fondamentale importanza in quanto tali bioindicatori sono stati utilizzati in diversi studi per controllare lo stato di salute di diversi comparti ambientali (suolo, aria, acqua, vegetazione). Un bioindicatore deve avere alcune caratteristiche quali: attendibilità scientifica, praticità di campionamento, rilevanza politica e sociale (Brereton et al., 2011). Gli Apoidei rispecchiano questi requisiti e costituiscono quindi degli ottimi bioindicatori, sia in relazione alle specifiche della loro ecologia e fisiologia, sia a riguardo delle vaste conoscenze pertinenti a questo gruppo.

Come gli Apoidei riescono a monitorare questi comparti ambientali? Il suolo è la matrice che accoglie i nidi di molte di queste specie, ad esempio i bombi, perciò un suolo contaminato, desertificato e privo di vegetazione non può ospitare molte specie di apoidei. L'acqua è una componente essenziale della dieta di queste specie, e rappresenta anche il mezzo attraverso il quale le api da miele riescono ad abbassare le temperature elevate all'interno degli alveari. Un'acqua che diventa un cocktail di diserbanti e insetticidi, come avviene talvolta nelle risaie, rappresenta un pericolo molto grave per tutti gli Apoidei. Se risulta relativamente facile rilevare mortalità rilevanti, causate nelle famiglie di api da contaminazioni dell'acqua, e in minor misura da stillicidi, ben più difficile è rilevare la mortalità degli altri apoidei, per i quali non ci possono essere riferimenti numerici: essi spariscono senza lasciare traccia. Per questo sono fondamentali gli indici di diversità, che disegnano non solo la mappa della diversità degli Apoidei, ma anche della vegetazione per la quale, attraverso il processo dell'impollinazione, si sviluppano relazioni di vantaggi reciproci che garantiscono la conservazione della biodiversità. Atmosfere tossiche di varia natura esercitano la loro azione nefasta sugli Apoidei, come dimostrano studi effettuati in microcosmi (Ferrazzi et al., 2002). Possiamo perciò asserire che il monitoraggio effettuato tramite gli Apoidei è uno strumento utile per fornire agli agricoltori e alle pubbliche amministrazioni indicazioni che consentano

di proteggere e conservare l'ambiente e la salute umana, e di adottare le opportune misure per preservarli.

3.3.7 Anfibi

Gli anfibi colonizzano sia habitat acquatici che terrestri e per questo sono esposti alle alterazioni di entrambe le tipologie ambientali. Gli anfibi, inoltre, hanno una pelle estremamente permeabile ed uno sviluppo embrionale a diretto contatto con l'ambiente esterno che li rendono più suscettibili alle tossine rispetto ai mammiferi, ai rettili e ai pesci.

Con il sempre maggior utilizzo dei prodotti fitosanitari in agricoltura, sono stati condotti numerosi studi per determinare i loro effetti sugli anfibi. Tra i potenziali effetti sub-letali dei prodotti/sostanze attive sugli anfibi riportati in letteratura vi sono: ritardo nella metamorfosi, immunosoppressione, ermafroditismo, problemi di sviluppo, problemi endocrini ed aumento della mortalità.

I due scienziati leader nello studio degli effetti degli erbicidi sono Rick Relyea e Tyrone Hayes. Le ricerche condotte da Rick Relyea della Università di Pittsburgh sono state riassunte nel contributo "Pesticides and Amphibians: The importance of Community Context" (Relyea et al., 2005) che esamina gli effetti del Roundup (Glyphosate) sulle larve di anfibi.

Tyrone Hayes ha condotto, invece, studi sull'effetto dell'Atrazina® sugli anfibi ed in particolare sull'interferenza endocrina di tale composto.

Qui di seguito viene presentata una tabella che riassume la letteratura concernente l'effetto sugli anfibi da parte dei principali prodotti fitosanitari che sono stati utilizzati nelle risaie studiate (tabella 3.2.1).

Tabella 3.2.1 - Formulati e principi attivi dei fitofarmaci utilizzati nelle risaie sperimentali e fonti bibliografiche relative agli effetti di tali fitofarmaci sugli anfibi

FORMULATO	PRINCIPIO ATTIVO	FONTE
Ronstar	Oxidiasone	Mesleard et al., 2016
Round-up	Glyphosate	Gungordu et al., 2016; Relyea, 2005; Relyea et al., 2005; Edginton et al., 2004; Howe et al., 2004; Wojtaszek et al., 2004; Lajmanovich et al., 2003; Perkins et al., 2000; Mann & Bidwell, 1999; Bidwell & Gorrie, 1995.
Viper	Penoxsulam	Franca et al., 2015; Li Wei et al., 2014.
Fenoxilene	MCPA	Paccas Zaffaroni et al., 1986; Zavanella et al., 1988.

3.3.8 Rettili

Il progressivo declino della biodiversità è una delle problematiche attuali che suscita sempre più preoccupazione tra i biologi della conservazione. Tra i vertebrati, rettili e anfibi sono tra i gruppi a maggior rischio di estinzione, mostrando tassi di declino più elevati rispetto a mammiferi e uccelli (IUCN, 2008; Hoffmann et al., 2010). I fattori che contribuiscono a tale declino sono molteplici: (i) distruzione e sfruttamento dell'habitat, (ii) malattie, (iii) specie invasive e (iv) uso di prodotti fitosanitari. Negli ultimi dieci anni diverse ricerche hanno confermato che l'uso di tali prodotti autorizzati in Europa ha un impatto negativo (tossicità) sulle popolazioni naturali di rettili, specialmente in combinazione con altri fattori di stress, rappresentando una delle cause principali del loro declino (Relyea, 2003; Alford, 2010; Todd et al., 2010). Un esempio è quello delle lucertole del genere *Podarcis*, spesso utilizzate come specie modello in studi eco-tossicologici per la loro ampia presenza in molti habitat, su cui sono stati osservati diversi effetti sullo stato di salute e sulle capacità riproduttive a seguito dell'esposizione a prodotti fitosanitari (Trinchella et al., 2006; Verderame et al., 2016). Tuttavia, ancora fino a pochi anni fa, i rettili (insieme agli anfibi) erano i soli vertebrati a non essere direttamente presi in considerazione nella valutazione del rischio ambientale (ERA) dei prodotti fitosanitari (EFSA, 2009; Regulation - EC - No 1107/2009), assumendo che gli effetti di tali prodotti sui rettili fossero valutabili da analisi condotte su altri vertebrati. Solo nel 2013 l'Unione Europea ha pubblicato i primi due regolamenti che

incorporano specificamente rettili e anfibi nell'ERA dei prodotti fitosanitari. Successivamente, nel febbraio 2018 l'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA), ha presentato un parere scientifico per esaminare l'attuale conoscenza relativa all'ERA di prodotti fitosanitari per rettili e anfibi. Tale valutazione ha evidenziato la grande scarsità di dati disponibili, specialmente per i rettili, e ha permesso di identificare gli aspetti prioritari da affrontare allo scopo di creare un futuro documento guida che dovrà descrivere in dettaglio le procedure da seguire per l'eventuale autorizzazione dei prodotti fitosanitari garantendo una maggiore protezione per queste categorie di vertebrati. Per quanto riguarda i rettili, è stato osservato come le difficoltà negli studi eco-tossicologici siano dovute all'estrema diversificazione di questo gruppo per storia evolutiva, forme, funzioni, strategie e uso dell'habitat, rendendo molto complessa l'identificazione delle diverse vie di esposizione ai pesticidi e su quale stadio dello sviluppo focalizzare le sperimentazioni. La conseguente presenza di dati non uniformi ed omogenei sulla tossicità di molte sostanze in uso per questo gruppo animale ha limitato il progresso di un metodo di lavoro standardizzato.

Attualmente in Europa, l'associazione "COST PERIAMAR" (PEsticide RIsk AssessMent for Amphibians and Reptiles) affronta, attraverso una rete multidisciplinare di scienziati provenienti da istituti di ricerca, agenzie di regolamentazione, industria chimica, ONG e imprese private, la sfida di garantire una procedura semplificata per evitare rischi nell'applicazione di pesticidi per anfibi e rettili, contribuendo a risolvere le attuali incertezze e a sostenere gli sforzi prodotti a livello europeo per migliorare l'efficacia dell'intero schema di valutazione del rischio ambientale dei pesticidi. Le attività proposte dal PERIAMAR riguardano tutti i livelli biologici della diversità dell'erpetofauna e mirano a (i) stabilire tutti i potenziali scenari ambientali per l'esposizione a prodotti fitosanitari; (ii) considerare, elencare e dare priorità alle diverse vie d'esposizione per i diversi gruppi e stadi vitali, parametrizzando le variabili più rilevanti (es. tasso di assorbimento della pelle); (iii) sviluppare biomarcatori idonei e specifici ed estrapolare l'effetto di tossicità dal livello sub-organico a quello individuale; (iv) determinare specie target legate ai paesaggi agricoli a scala continentale e locale e aumentare le conoscenze sull'uso dell'habitat, sul comportamento, dieta e fenologia delle specie per evidenziare pattern temporali e spaziali di rischio di esposizione ai pesticidi; (v) ampliare la conoscenza sulla distribuzione delle applicazioni di pesticidi per stimare il rischio di sovrapposizione spazio-temporale con gli animali; (vi) utilizzare test in vitro predittivi della tossicità in vivo.

3.3.9 Chiroterri

I Chiroterri sono i Mammiferi europei a più alto rischio di estinzione poiché richiedono la tutela di molteplici habitat a causa della loro estrema specializzazione, della particolare biologia e della vulnerabilità alle rapide modificazioni dell'ambiente e all'interazione con le attività antropiche (Hutson et al., 2001). Grazie ai particolari adattamenti fisiologici e comportamentali i Chiroterri sono uno dei pochi gruppi di Mammiferi in grado di colonizzare gli ambienti più disparati. Insieme all'adattamento al volo, infatti, presentano diverse caratteristiche peculiari: la capacità di "vedere" nella più completa oscurità, grazie ad un sistema di ecolocalizzazione ad ultrasuoni; la capacità di sopravvivere ai lunghi mesi invernali (quando le prede scarseggiano e le temperature sono basse), grazie alla riduzione dell'elevato metabolismo (stato di ibernazione/torpare/letargo) (Agnelli et al., 2004).

Tutte le specie di Chiroterri europei sono elencate nella Red List della IUCN con differenti gradi di minaccia e con gravi problemi di conservazione e per questo sono protetti da diverse Direttive e Convenzioni internazionali: Convenzione di Berna del 1979 per la Conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa (L. 503/81); Convenzione di Bonn del 1979 per la Conservazione delle specie migratorie appartenenti alla fauna selvatica (L. 42/83); European Bat Agreement o Eurobats del 1991 (L. 104/2005); Direttiva Habitat 92/43/CEE (D.P.R. 357/97), per la Conservazione della Natura; Direttiva Responsabilità Ambientale 2004/35/CEE (D.L. 152/06) per la Prevenzione e riparazione del danno ambientale.

In Italia i Chiroterri sono giuridicamente protetti dal 1939 (Art. 38 della Legge sulla Caccia 5/6/1939 n° 1016) per la loro utilità in agricoltura come efficaci distruttori di insetti nocivi. Altre norme legislative nazionali attualmente in vigore in Italia sono contenute nella Legge Quadro in materia di fauna selvatica e attività venatoria (L. 157/92) e nei documenti relativi alle principali Direttive e Convenzioni europee, tra cui Eurobats, di cui l'Italia è parte contraente (https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/biodiversita/Adesione_della_Repubblica_Italiana_all'accordo_sulla_Conservazione_dei_Pipistrelli_in_Europa.PDF)

Tra le minacce principali alla biodiversità del gruppo figurano l'alterazione, la frammentazione e la distruzione dei loro habitat di caccia e di rifugio, l'impiego sempre più massiccio di biocidi e di altri trattamenti chimici in agricoltura (Clark, 1981; O'Shea e Johnson, 2009), nonché le oscillazioni climatiche (Agnelli et al., 2004; Quesada et al., 2004; Adams, 2010; Lučan, Weiser & Hanak, 2013;

Sherwin et al., 2013) cui si aggiunge la persecuzione diretta da parte dell'uomo alimentata da leggende infondate e luoghi comuni (Wilson, 1997; Nowak, 1999).

In particolare l'agricoltura intensiva può essere considerata una delle principali cause di riduzione dei Chiropter in Europa durante la seconda metà del ventesimo secolo. In particolare l'incremento dell'uso di prodotti chimici ha ridotto drasticamente le disponibilità delle prede determinando una diminuzione delle popolazioni di molte specie nelle aree più intensamente coltivate.

Vi sono prove dirette che i prodotti fitosanitari utilizzati nell'agricoltura convenzionale ingeriti -anche se in livelli sub letali- attraverso gli insetti predati sono responsabili di una forte mortalità in alcune specie, come in *Tadarida brasiliensis* nel New Mexico (Geluso et al., 1976, 1979, Clark, 1981).

I prodotti fitosanitari ingeriti dalle femmine, infatti, vengono mobilizzati durante l'allattamento e trasferiti nel latte ai piccoli che muoiono di conseguenza (Geluso et al., 1981). Jefferies (1972) ha dimostrato che i pipistrelli prelevati da una delle aree più intensamente coltivate del Regno Unito erano più contaminati da residui di DDT rispetto agli uccelli insettivori o ai mammiferi carnivori. I pipistrelli presentavano nel proprio corpo un terzo del livello letale di insetticidi organoclorurati, ma durante l'ibernazione invernale la quantità si avvicinava ai livelli letali. Questi risultati suggeriscono che i residui organoclorurati potrebbero aver causato una diminuzione della popolazione nei pipistrelli (Jefferies 1972).

Negli Stati Uniti, molti *Myotis grisescens*, una specie a rischio di estinzione, sono stati trovati morti con livelli cerebrali letali di Dieldrin (Clark et al., 1978), e alti livelli di DDT rilevati in esami effettuati su campioni epidermici sono stati collegati al progressivo declino di *Tadarida brasiliensis* nelle famose Carlsbad Caverns, del New Mexico durante gli anni '50 e '60 (Clark, 2001).

L'utilizzo di pratiche agronomiche di tipo biologico costituisce uno strumento importante per aumentare la disponibilità di prede e aree di foraggiamento negli agrosistemi. Ed è stata osservata una attività dei Chiropter maggiore in coltivazioni biologiche, dove non viene fatto uso di prodotti fitosanitari, rispetto a quelle convenzionali (Wickramasinghe et al., 2003; Wickramasinghe et al., 2004). Tutto questo conferma il ruolo di bioindicatori fondamentali di questi predatori (Park, 2015).

3.4 Campionamento della flora e della vegetazione e censimento delle specie in fioritura utili agli insetti impollinatori

Per avere un quadro delle specie di flora presenti durante tutto il ciclo colturale i campi selezionati sono stati visitati diverse volte durante la stagione vegetativa, di cui almeno una nel periodo primaverile delle fioriture precoci, una nel periodo delle fioriture tardo primaverile-estivo (periodo del solstizio) e una a settembre, quando le operazioni colturali (tranne il raccolto) sono pressoché terminate e la comunità vegetale erbacea raggiunge un suo equilibrio con la coltura in atto.

In entrambi i bienni 2015-2016 e 2018-2019, il campionamento è consistito nella registrazione delle specie osservate sul campo (rimandando la determinazione all'esame in laboratorio degli esemplari prelevati in caso di difficoltà) e alla stima delle abbondanze tramite classi di copertura percentuale.

I rilevamenti sono stati effettuati nelle fasce periferiche immediatamente esterne al coltivo, a seconda degli spazi di margine tipici di ogni coltura (nell'ambito di una fascia non superiore ai 2,5 metri dal bordo del campo verso l'esterno), e all'interno, nel caso in cui il coltivo possedesse spazi tra la vegetazione coltivata dove si può inserire la vegetazione spontanea (es. interfilari di frutteti e vigneti).

Per le risaie i campionamenti sono stati limitati ai soli arginelli delle camere di risaia.

Inoltre al fine di correlare meglio i rilievi della flora con quelli dei Lepidotteri e degli Apoidei, da essa direttamente dipendenti, i campionamenti sono stati effettuati percorrendo gli stessi tratti georeferenziati e codificati per ogni cambio di direzione (lati, filari ecc..) lungo i medesimi transetti utilizzati per il campionamento dei Lepidotteri (400 m x 5 m) effettuato in entrambi i bienni e/o degli Apoidei (250 m x 4 m) effettuato nel biennio 2018-2019 (vedi i metodi di campionamento per Lepidotteri e Apoidei nei paragrafi 3.8 e 3.9 e figura 3.8.1), individuati sul bordo delle coltivazioni e, nel caso di vigneti e nocciolati, anche lungo alcuni interfilari.

Le specie determinate a fine del ciclo stagionale di tutte le aziende per un dato tipo di coltura, sono state inserite in una tabella generale affiancando le colonne delle aziende oggetto di confronto (biologico vs convenzionale), che prende il nome di "Elenco delle specie floristiche riscontrate in (NOME DELLA COLTURA) nell'anno (ANNO DI INDAGINE) per ogni singola azienda". In tal modo è possibile avere un quadro complessivo delle specie riscontrate e della loro presenza nelle varie aziende lungo tutta la annualità; tale dato è quello in base al quale vengono computati i vari indici ecologici utilizzati per il confronto e l'interpretazione della flora presente nei campi biologici e convenzionali (Tabella 3.4.1).

Tabella 3.4.1 - Esempio di tabella con l'elenco delle specie floristiche riscontrate nelle risaie per ogni singola azienda considerata, 0 = assente, 1 = presente. RT = risaia convenzionale; RB = risaia biologica

FLORA RILEVATA NELLE RISAIE – ANNO 2018						
Specie	RT5	RB5	RT4	RB1	RT1	RB4
<i>Achillea millefolium L.</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Agrostis stolonifera L.</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Alisma plantago-aquatica L.</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Amaranthus retroflexus L.</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Ambrosia artemisifolia L.</i>	0	0	1	0	1	0

Gli indici ecologici utilizzati per evidenziare il livello di biodiversità e il grado di disturbo della comunità vegetale associato alla coltivazione sono elencati di seguito.

– Numero di specie: la ricchezza specifica, in particolare in comunità erbacee quale quelle in oggetto esprime direttamente il livello di biodiversità, supposto maggiore nelle comunità meno disturbate e nelle parcelle gestite con metodi a basso impatto sulla diversità floristica.

- % di elementi di pregio: le specie delle comunità di riferimento ascrivibili agli habitat Natura 2000 (inseriti nell'All. I della Direttiva Habitat) e legati alle successioni dinamiche naturali sono generalmente più sensibili ai trattamenti fitosanitari e tendono a diminuire laddove sono utilizzati prodotti fitosanitari. Si considerano le specie appartenenti a:

- gruppi di pregio floristico (specie protette, endemismi, specie in All.II e IV della Direttiva Habitat);

- classi fitosociologiche che appartengono alla successione dinamica di riferimento;

- specie riscontrate negli ambienti colturali meno disturbati (da pratiche agricole e da trattamenti fitosanitari)

– % di elementi infestanti: viene preso a riferimento l'appartenenza alla classe fitosociologica degli Stellarietea che raggruppa specie adattate ai sistemi agricoli, comprese specie resistenti all'uso ripetuto di erbicidi, e che tendono ad aumentare in condizioni di forte disturbo e di alterazione ambientale.

– % di emicriptofite: i tipi morfologici delle piante, catalogati da Rankiaer nel 1934 come Forme biologiche, sulla base della posizione delle gemme nella pianta ed il modo in cui queste vengono protette, possono fornire importanti indicazioni. Le emicriptofite sono specie, per lo più perenni (o bienni), caratterizzate dalla presenza di gemme svernanti portate al livello del suolo e avvolte dalle foglie; sono indicatrici di ambiti poco disturbati e sono spesso legate a dinamiche successionali verso la vegetazione potenziale.

– % di terofite: le terofite sono specie annuali prevalentemente pioniere ed indicano quindi ambienti disturbati. Molte di esse sono anche specie degli Stellarietea e comprendono specie resistenti agli erbicidi. Tendono ad aumentare con il disturbo (ad es. uso di diserbanti, arature).

– Indice di Maturità: l'Indice Ecologico di Maturità (Taffetani e Rismondo, 2009) lega ciascuna specie alla posizione successionale e quindi sintetizza le informazioni sulla "maturità" di una data formazione vegetale. Può essere utilizzato per singole particelle per sintetizzare la qualità ecologica delle stesse, relativamente alla presenza di specie di margine e di ambiti più naturali rispetto alle specie pioniere legate alle attività colturali. Si esprime con valori che variano da 0 (elevato disturbo della vegetazione) a 9 (vegetazione indisturbata). Per ciascuno dei suddetti gruppi, si calcola la percentuale di questi elementi rispetto al numero totale di specie riscontrate nell'azienda.

3.4.1 Campionamenti quantitativi

Eventuali valutazioni quantitative sono state effettuate solo dove sono state rilevate formazioni vegetali di interesse floristico omogenee ed estese (almeno più del 20% del transetto lineare).

I campionamenti quantitativi delle coperture delle specie (in % di copertura rispetto alla superficie del transetto) sono utili per valutare le differenze nella distribuzione delle specie che possono essere attribuite sia alle pratiche antropiche diverse da un anno all'altro (comparando periodi analoghi dei due anni), sia alle diverse tipologie di gestione nella coppia di campi bio vs convenzionale, attraverso il confronto dell'andamento dei vari gruppi di indicatori di specie (infestanti, specie di pregio, terofite, emicriptofite).

Il campionamento quantitativo è stato condotto nel biennio 2018-2019 al culmine della stagione vegetativa e al termine della stagione colturale. Nel caso di colture a frutteto (noccioletti) si sono effettuati campionamenti areali ricorrendo al classico metodo fitosociologico.

Nel caso di colture impostate su filari (vigneti) o con vegetazione spontanea solo a bordo campo come gli argini delle risaie, si sono effettuati campionamenti lineari su transetto. In questi casi sono state individuate porzioni omogenee denominate Unità Vegetazionali caratterizzate da differenze evidenti nei rapporti di dominanza tra le specie, considerando tutte le specie superiori al 5% di copertura dell'area di dette unità.

Per ciascuna Unità Vegetazionale (UV) sono state registrate:

- lunghezza (in m);
- elenco delle specie dominanti e codominanti (con copertura > 5%) e di quelle presenti in modo sporadico (<3-5 %) ma più ricorrenti e frequenti che concorrono a completare la copertura dell'UV;
- la percentuale di ricoprimento del soprassuolo relativa a ciascuna delle specie individuate evidenziando la percentuale di suolo nudo.

3.4.2 Censimento delle specie in fioritura utili agli insetti impollinatori

Nel biennio 2018-2019 il campionamento relativo alle specie vegetali in fioritura utili agli insetti impollinatori è stato effettuato mediante una valutazione qualitativa e quantitativa in classi (0: <10%; 1: 11-30%; 2: 31-50%; 3: >51%). (Figura 3.4.2.1). Tale valutazione è stata effettuata percorrendo il transetto, utilizzato per il campionamento degli Apoidei e dei Lepidotteri, immediatamente prima di iniziare il percorso per il rilevamento degli Apoidei (metodi di campionamento Apoidei, paragrafo 3.8) (Quaranta et al., 2004) (Figura 3.4.2.2). Sono state registrate specie vegetali fonti di nettare, polline e melata, importanti come sostentamento e sviluppo per gli insetti impollinatori. Le specie vegetali non identificabili in campo sono state raccolte e classificate successivamente ricorrendo all'uso di guide di riconoscimento (Pignatti 2017, 2018, 2019). Il campionamento è stato effettuato una volta al mese, da maggio a ottobre, nei campi di ciascuna coppia di coltivi da confrontare (convenzionale e biologico). I dati raccolti sono stati riuniti in tabelle che mettono in evidenza le specie in fioritura, disponibili per gli insetti impollinatori, registrate durante ciascun rilievo nei campi sperimentali (Figura 3.4.2.3).



Figura 3.4.2.1 - Annotazione delle specie vegetali in fioritura utili agli insetti impollinatori presenti lungo il transetto



Figura 3.4.2.2 - Transetto utilizzato per il campionamento delle specie vegetali in fioritura, utili agli insetti impollinatori, in una risaia biologica, suddiviso in sezioni, A, B, C, D

Specie vegetale	VT4						VB5						VT5						VB6						VT6						VB7					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
<i>Achillea millefolium</i>																																				
<i>Ajuga genevensis</i>																																				
<i>Ajuga reptans</i>																																				
<i>Anagallis arvensis</i>																																				
<i>Astragalus manspessulanus</i>																																				
<i>Ballota nigra</i>																																				
<i>Blackstonia perfoliata</i>																																				
...																																				
...																																				

Figura 3.4.2.3 - Esempio di tabella che contiene i dati relativi alle specie vegetali in fioritura, utili agli insetti impollinatori, suddivisi per campo sperimentale e per mese. I numeri da 1 a 6 indicano la sequenza dei mesi, da maggio a ottobre

3.5 Campionamento della pedofauna e indice QBS-ar

Per valutare gli effetti dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità del suolo sono stati studiati i microartropodi edafici seguendo il metodo QBS-ar proposto da Parisi (2001), presentato all'OECD/OCSE nel 2003 (Francaviglia, 2004) e poi approfondito da Parisi et al. (2005). Tale metodo, adottato dall'ARPA Piemonte già dal 2002, è stato proposto anche come indice conclusivo nella Proposta di guida tecnica sugli indicatori biologici per il suolo e i siti contaminati (APAT, 2004).

L'indice QBS-ar si basa sul concetto secondo cui maggiore è la qualità del suolo, maggiore sarà il numero di gruppi di microartropodi (forme biologiche – FB) ben adattati alla vita nel suolo stesso. Esso studia i microartropodi basandosi, infatti, sul loro livello di adattamento alla vita edafica superando, dunque, le grandi difficoltà del riconoscimento tassonomico a livello di specie. I microartropodi del suolo mostrano infatti caratteri che rivelano il loro stato di adattamento alla vita edafica, come ad esempio: riduzione o perdita di pigmentazione e dell'apparato visivo; perdita di appendici, peli, ali; riduzione di antenne, zampe.

Il metodo per il calcolo dell'Indice di qualità biologica del suolo QBS-ar (Parisi, 2001 e Parisi et al., 2005) prevede diverse fasi che, per il presente studio, sono state articolate come di seguito descritto.

3.5.1 Campionamento

Ciascun campione per l'analisi della pedofauna è costituito da 3 repliche, vale a dire 3 zolle cubiche di suolo con lato di 10 cm. In ogni area di studio le 3 repliche sono state raccolte, seguendo lo schema di campionamento riportato in Figura 3.5.1.1, scegliendo delle aree omogenee, evitando microambienti particolari quali accumuli di sostanza organica, come escrementi o letame, radici o sassi, oppure zone in cui fossero evidenti ristagni d'acqua. Dopo aver rimosso l'eventuale lettiera o copertura erbacea, le repliche sono state riposte in sacchetti di plastica chiusi ermeticamente, avendo cura di lasciare all'interno una certa quantità d'aria, e trasportati nelle 24 ore successive in laboratorio.

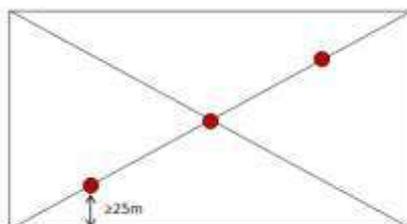


Figura 3.5.1.1 - Schema di raccolta delle 3 repliche all'interno di un campo previste lungo una delle diagonali del campo e, al fine di minimizzare l'effetto margine da habitat limitrofi, ad una distanza minima di 25 m dai confini del campo

Per il biennio 2018 – 2019 sono stati previsti 3 campionamenti per stagione colturale. Il primo (t0) programmato a inizio primavera, prima dell'inizio delle lavorazioni dei campi, il secondo (t1) previsto entro 10 giorni dal trattamento del campo con prodotti fitosanitari ed il terzo (t2) a conclusione della stagione colturale, circa a fine estate inizio autunno. Per il biennio 2015-2016, invece, in alcuni casi è stato effettuato un numero maggiore di campionamenti per stagione colturale a seguito di almeno un altro trattamento fitosanitario, come specificato nel paragrafo risultati.

3.5.2 Estrazione e conservazione dei microartropodi

In laboratorio le 3 repliche sono state posizionate ciascuna su un setaccio in maglie di acciaio con lume di 2 mm all'interno del selettore di tipo "Berlese-Tullgren modificato" (Górny e Grüm, 1993) costituito da imbuto in polipropilene di 25 cm di diametro sotto cui viene posta una provetta da 50 ml contenente etanolo al 70% con 1,5 ml di glicerina. A una distanza di 20 cm sopra al setaccio è posizionata una lampada alogena a incandescenza da 40 Watt.

Tale metodologia sfrutta i tropismi verticali della fauna edafica in relazione all'umidità del suolo: l'essiccamento del suolo forza gli organismi a scendere via via verso il basso, fino a cadere nell'imbuto e da lì nel liquido fissatore. I campioni sono stati tenuti nel selettore per 14 giorni.

3.5.2 Determinazione delle forme biologiche (FB) e calcolo dell'indice QBS-ar

Gli organismi estratti dal campione sono stati osservati al microscopio ottico stereoscopico con ingrandimenti variabili da 6X a 60X, utilizzando capsule Petri e medesimo liquido di conservazione, al fine di determinare le FB presenti nella selettura. Per FB si intendono, quindi, gruppi caratterizzati dall'avere gli stessi caratteri morfologici convergenti. Questa ripartizione viene fatta in base ai caratteri indicati nelle tabelle degli Indici Ecomorfologici (EMI), che permettono di associare ad ogni gruppo un valore numerico, come riportato in Tabella 3.5.2.1 (da Parisi, 2001).

In alcuni casi le FB corrispondono alle categorie tassonomiche (ad es., Acari), in altri a diversi stadi del ciclo vitale di uno stesso taxon (ad es., larve di Dittero e Ditteri adulti sono FB distinte), in altri casi ancora, all'interno di un taxon (ad es., Collemboli) sono individuate FB diverse a seconda del diverso grado di adattamento alla vita nel suolo.

Tabella 3.5.2.1 - *Forme biologiche (FB) e Indici ecomorfologici per il calcolo dell'indice QBS-ar (Parisi, 2001). Per alcuni gruppi sistematici è indicato un solo valore di EMI ritenuto rappresentativo di tutto il gruppo. Laddove è presente un intervallo significa che all'interno del taxon sono individuate FB con diversi gradi di adattamento alla vita nel suolo e quindi diversi valori di EMI*

CALCOLO INDICE ECOMORFOLOGICO (EMI)	
Acari	20
Araneidi	1-5
Opilioni	10
Palpigradi	20
Pseudoscorpioni	20
Scorpioni (juveniles)	10
Isopodi	10
Diplopodi	10-20
Chilopodi	10-20
Paupodi	20
Sinfili	20
Proturi	20
Dipluri	20
Collemboli	1-20
Microcorifi	10
Zigentomi	10
Dermatteri	1
Ortotteri	1-20
Embiotteri	10
Fasmoidei	1
Mantoidei	1
Mecotteri	1-10
Isotteri	10
Blattari	5
Psocotteri	1
Emitteri	1-10
Rafidiotteri	1-10
Tisanotteri	1
Coleotteri (adulti)	1-20
Coleotteri (larve)	10
Imenotteri	1
Ditteri	1
Ditteri larve	10
Planipenni (juveniles)	10
Altre larve	10

Per ogni replica, il valore del QBS-ar è dato dalla somma degli EMI attribuiti alle forme biologiche presenti. Per il calcolo del valore dell'indice QBS-ar di ciascun campione (insieme delle 3 repliche), si è utilizzato il metodo chiamato da Parisi "massimale": tale sistema prevede l'uso di tutte le FB riscontrate nelle tre diverse repliche, anche se presenti in una sola di esse, prendendo in caso di copresenza il valore di EMI più elevato. La somma degli EMI così ottenuti rappresenta il valore di QBS-ar massimale della stazione di campionamento.

Oltre che per il calcolo dell'indice QBS-ar, per tutte le colture oggetto di studio, i dati sono stati utilizzati anche per confrontare il numero medio di Forme Biologiche (FB) dei campi biologici con i convenzionali. Per i nocioleti è stato fatto un ulteriore approfondimento calcolando le abbondanze e, quindi, confrontando la media del Numero di individui (N) dei campioni dei nocioleti biologici con i nocioleti convenzionali.

3.6 Campionamento degli artropodi del suolo

La metodologia impiegata in tutte le parcelle studiate per la cattura di Carabidi, altri Coleotteri e diversi artropodi della superficie del suolo, è quella standard per questo tipo di ricerche, che prevede l'utilizzo di trappole a caduta (pitfall-traps o Barbertraps degli autori anglosassoni e tedeschi) (Adis, 1979). Benché esistano altri metodi di campionamento, quello delle trappole a caduta è il metodo maggiormente utilizzato in indagini a scopo ecologico.

Nonostante le controversie e i limiti riconosciuti, le trappole a caduta costituiscono un sistema efficace e idoneo per indagare gli aspetti qualitativi e quantitativi degli artropodi del suolo largamente utilizzato anche grazie agli innegabili vantaggi che possono essere così riassunti:

- passività nella raccolta, i cui risultati sono svincolati dall'abilità del raccogliitore;
- efficacia nelle raccolte la cui abbondanza permette l'elaborazione statistica dei risultati;
- facilità di gestione anche da parte di non esperti;
- economicità dei tempi e costi ridotti di gestione;
- disponibilità di una vasta letteratura di riferimento.

Le trappole a caduta utilizzate nel presente lavoro sono costituite da bicchieri di plastica (capacità 400 cc, altezza 13 cm e diametro alla bocca 8,5 cm). Ogni bicchiere, preventivamente forato in prossimità del bordo superiore per evitare che il contenuto tracimasse in caso di pioggia e riempito per tre quarti con aceto di vino bianco, è stato interrato fino all'orlo. Ciascun bicchiere è stato inoltre siglato con un codice alfa-numerico indicante il sito di campionamento e la posizione della trappola. Il bicchiere è stato poi ricoperto con una piastrella di ceramica (forma quadrata, lato 20 cm, colore bianco) per evitare e limitare allagamenti causati dalla pioggia, accumulo di foglie e detrito, disturbo di animali. La piastrella è stata posizionata all'altezza di circa 2 cm dal suolo, per consentire il passaggio degli invertebrati al di sotto.

In ciascuna delle 8 stazioni prescelte, è stato posizionato un set di trappole a caduta per campionare gli invertebrati del suolo. I rilievi, effettuati da maggio ad ottobre, hanno avuto cadenza bisettimanale o, per il solo mese di agosto, mensile (10 campionamenti totali). In ogni stazione le trappole sono state collocate a circa 10 metri l'una dall'altra, sempre secondo lo stesso schema di campionamento. Ad ogni campionamento veniva raccolto il contenuto delle pitfall traps, veniva quindi aggiunto l'aceto in ogni bicchiere al fine di mantenerne il livello standard e la trappola veniva riposizionata e coperta. Laddove le trappole risultavano manomesse o disinnescate, si procedeva a sostituirle con altre nuove o a riposizionarle. Il materiale raccolto per ciascun campione è stato conservato in alcol etilico a 70° e successivamente smistato presso i Laboratori di Ecologia Sperimentale e Acquacoltura dell'Università di Roma Tor Vergata.

Lo smistamento e il relativo conteggio degli individui hanno riguardato i principali taxa dell'artropofauna edafica: Carabidi e altri Coleotteri, Dermatteri, Ortotteri, Ragni, Opilioni, Pseudoscorpioni, Scorpioni, Chilopodi, Diplopodi e crostacei Isopodi. Per il solo gruppo dei Carabidi è stata effettuata la determinazione fino a livello specifico.

3.7 Campionamento degli Odonati

La metodologia utilizzata per monitorare l'odonatofauna è basata sulle osservazioni dirette (visual census), effettuate a vista e/o con l'utilizzo di ausili ottici, percorrendo a velocità costante i transetti predefiniti, nel caso delle risaie, coincidenti con gli argini, conteggiando tutti gli individui adulti osservati entro una determinata distanza dall'osservatore, pari a circa 5 metri per lato del transetto (Smallshire e Beynon, 2010) (Figura 3.7.1). Mediamente la lunghezza totale di un transetto è di circa 500 m, e il tempo impiegato per transetto corrisponde a circa 30 minuti.

Le sessioni di campionamento hanno avuto luogo nelle ore centrali della giornata, indicativamente tra le ore 10:00 e le ore 16:00, in condizioni meteorologiche idonee, ovvero in giornate prevalentemente assolate, in assenza di precipitazioni e di vento.

La cadenza di suddette sessioni è stata circa di una ogni 20-25 giorni, in un intervallo che in Piemonte è andato dal mese di maggio alla metà del mese di settembre.

Gli individui non riconoscibili a vista o con l'ausilio di un binocolo 10x42 sono stati momentaneamente catturati con un apposito retino entomologico per procedere alla corretta identificazione della specie, con l'ausilio di una guida al riconoscimento da campo e una lente di ingrandimento (Dijkstra & Lewington, 2006).



Figura 3.7.1 - Operatore impegnato nell'effettuazione dei transetti di rilievi degli Odonati lungo un argine di una camera di risaia

3.8 Campionamento dei Lepidotteri

I lepidotteri diurni sono stati monitorati mediante un metodo di conta semi-quantitativo noto come “transetto di Pollard” (Pollard e Yates 1993). Più in dettaglio, un transetto è costituito da un percorso lineare, scelto dall'operatore e mantenuto fisso per tutta la stagione di campionamento, in cui le farfalle sono contate a cadenza regolare (solitamente ogni 1-2 settimane). Spesso il transetto viene suddiviso in sezioni, definite da una lunghezza fissa o dalla presenza di ambienti o caratteristiche ambientali differenti. Normalmente la lunghezza totale di un transetto è di circa 500 m, ed il tempo impiegato per transetto corrisponde a circa 30 minuti. Il metodo standardizzato prevede che l'operatore cammini lungo il transetto a passo costante, contando il numero di individui di farfalle di ogni specie avvistata all'interno di una scatola immaginaria di 2,5 m per lato e 5 m di fronte e al di sopra, senza voltarsi indietro per evitare doppie conte (Figura 3.8.1). I dati vengono riportati su una scheda di campo per ogni sezione del transetto (Sevilleja et al., 2019). Gli esemplari di difficile identificazione vengono catturati mediante un retino entomologico ed identificati mediante osservazione del pattern alare con l'ausilio di guide al riconoscimento (e.g. Tolman e Lewington, 2008) oppure sacrificati e diagnosticati in laboratorio attraverso l'analisi delle armature genitali (Hesperiidae del genere *Pyrgus*, alcuni Licenidi e il genere *Leptidea*). Il monitoraggio viene effettuato durante il periodo primaverile/tardo estivo, ovvero quando le farfalle sono presenti in fase adulta. I transetti devono essere percorsi in condizioni climatiche ottimali, quando le farfalle sono maggiormente attive. In particolare, si raccomanda di campionare nelle ore centrali della giornata (9:30-16:30 circa), in assenza di vento e con una temperatura dell'aria maggiore di 13°C. Oltre alla data e all'ora di inizio e fine del campionamento (anche la presenza di vento secondo la scala di Beaufort e la copertura nuvolosa vanno registrate sulla scheda di campo. Nel caso delle aree coinvolte nel progetto in questione, sono stati fissati transetti di circa 400 m lungo il perimetro di un campo coltivato (per le risaie) o posizionati in parte lungo alcuni lati del perimetro del campo ed in parte lungo gli interfilari all'interno della coltura (per i vigneti in Piemonte e per i noccioleti nel Lazio); tali transetti sono stati suddivisi in sezioni (solitamente quattro) corrispondenti a ciascun lato e/o interfilare, ed indicate con lettere diverse (A,B,C,D,...). Oltre alle comuni variabili climatiche, per ogni sezione sono state annotate anche alcune covariate ambientali: altezza dell'erba, tipo di vegetazione (erbacea/arbustiva/arborea), abbondanza di specie vegetali utili agli impollinatori (indice da 0 a 3), abbondanza di frutti (indice da 0 a 5), tipo di gestione (assente oppure sfalcio chimico/meccanico) e presenza di acqua nel campo (solo per le risaie). La frequenza di ripetizione del campionamento è stata di circa 15 giorni per le risaie ed i vigneti. Solo per le aree a noccioleto nel Lazio durante i monitoraggi del biennio 2015-2016 i transetti si estendevano per soli 150 metri lungo fasce perimetrali del campo ed avevano una frequenza di ripetizione mensile. Solo per le risaie, ad ogni transetto sono stati anche rilevati i parametri di abbondanza e stato della pianta nutrice (piante del genere *Rumex*), nonché l'eventuale presenza di uova e larve di *Lycaena dispar* (specie protetta dalla Direttiva Habitat, Allegati

II e IV), trivoltina presente da fine aprile a settembre sugli argini delle risaie (secondo le Linee Guida al monitoraggio di ISPRA 141/2016, Stoch e Genovesi, 2016).

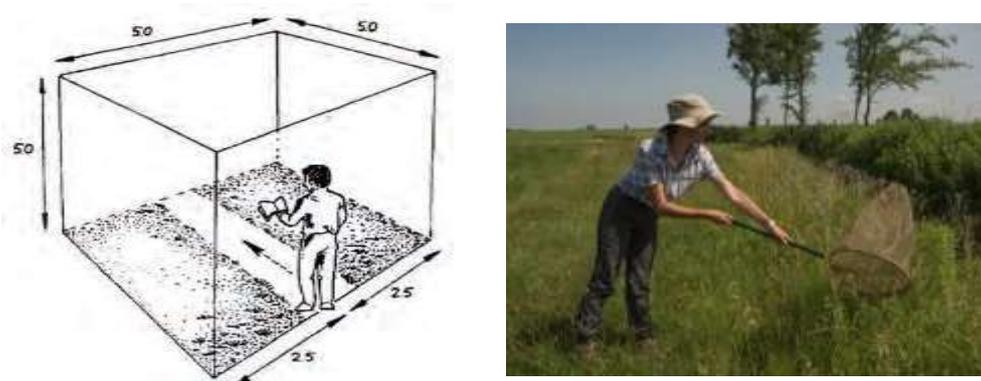


Figura 3.8.1 – Rappresentazione grafica del cubo immaginario dentro il quale si campionano le farfalle lungo il transetto (Tratto da: van Swaay et al., 2015) (a). Operatore durante il campionamento mediante retino entomologico (b)

3.9 Campionamento degli Apoidei

Il monitoraggio degli Apoidei è stato effettuato mediante il metodo del “transetto fisso”, principale metodo utilizzato per studi dettagliati sulle associazioni plant-pollinators (Quaranta et al., 2004; Westphal et al., 2008; Nielsen et al., 2011; Dennis et al., 2012). Il transetto fisso è un corridoio vegetato permanente lungo il quale gli esemplari vengono individuati, mediante l’uso del retino o osservazioni dirette, e contati durante una camminata regolare. Lungo il transetto viene anche registrata la pianta visitata. Le specie vegetali non identificabili sono state prelevate e classificate successivamente ricorrendo all’uso di manuali di riconoscimento (Pignatti 2017, 2018, 2019).

Nel biennio 2015-2016 il campionamento è stato effettuato soltanto nel Lazio, nelle aree coltivate a nocciolo, e i transetti fissi si sono estesi per 150 metri lungo fasce perimetrali (Figura 3.9.1) e ha riguardato soltanto il genere *Bombus*.

Nel biennio 2018-2019 il transetto, di dimensioni di 250x4m, è stato percorso in 50 minuti circa negli agroecosistemi risaia, vigneto, nocciolo. Tale transetto non era lineare, ma è stato suddiviso in sezioni, indicate con lettere diverse (A, B, C, D,...), definite dalle caratteristiche del campo o dell’ambiente. Nell’agroecosistema risaia i transetti fissi sono stati posizionati lungo il perimetro dei campi mentre, nei vigneti, oltre al perimetro è stato sempre considerato almeno un interfilare (Figura 3.9.2); se il campo era piccolo il transetto corrispondeva all’intero perimetro sommato a uno o più interfilari. Il transetto si è sovrapposto in parte con quello utilizzato per i Lepidotteri (400x5m). Il dato è stato raccolto per ciascun lato del transetto, al fine di porre in evidenza eventuali differenze tra, ad esempio, bordo incolto, capezzagna, interfilare, ecc.

Il campionamento è stato effettuato una volta al mese, da maggio a ottobre, eseguendo i rilievi nei campi di ciascuna coppia di coltivi da confrontare (convenzionale e biologico), uno di seguito all’altro, e con tempi più ravvicinati possibile. Tra un campionamento e il successivo si è alternato l’ordine delle aziende da visitare nel corso della giornata, in modo che i rilievi nelle diverse aziende non ricadessero sempre nelle stesse fasce orarie. I rilievi sono stati eseguiti in condizioni climatiche ottimali, ovvero in assenza di pioggia e vento, e con una temperatura superiore a 15°C, dalle ore 8 alle ore 17, per tenere conto dei pattern dell’attività degli Apoidei. Quando il campionamento mensile non coincideva con la fioritura della coltura presente nel campo selezionato, si è effettuato un campionamento aggiuntivo per valutare le visite degli Apoidei anche sulle piante della coltura presente e verificare eventuali morie dovute ai trattamenti con prodotti fitosanitari.



Figura 3.9.1 – Esempio, a sinistra (in rosso), del percorso utilizzato in un nocciolo biologico del Lazio come transetto fisso per il campionamento di Apoidei *Bombinae*. A destra un individuo di *Bombus terrestris* intento a bottinare su fiore di *Rubus* sp. sulla fascia marginale al transetto.



Figura 3.9.2 – Esempio, a sinistra, di percorso utilizzato come transetto fisso in un vigneto biologico, sono indicate le Sezioni A, B, C, D. A destra il campionamento di Apoidei mediante l'utilizzo del retino.

I dati, raccolti per ogni sezione del transetto, sono stati registrati su una scheda di campo dove sono state annotate anche altre informazioni utili come le condizioni climatiche, l'abbondanza di specie vegetali utili agli impollinatori presenti lungo il transetto, le modalità di gestione del campo (assente oppure sfalcio chimico/meccanico), il tipo di vegetazione (erbacea/arbustiva/arborea) presente nel buffer del campo considerato.

La determinazione degli Apoidei è stata effettuata a livello di specie per l'ape da miele (unica specie, *Apis mellifera* L.) e per il genere *Bombus* (Michener 2007; Intoppa et al., 2009). Tutti gli altri Apoidei sono stati conteggiati in un unico gruppo "Altri Apoidei". Per gli esemplari di difficile identificazione, si è proceduto con la cattura e il successivo riconoscimento in laboratorio. In fase di restituzione dei dati è stata specificata la percentuale di individui identificati a seguito della cattura.

3.10 Campionamento degli Anfibi

Per ciò che concerne l'erpetofauna, al fine di confrontare la diversità erpetologica tra le aziende convenzionali e quelle “biologiche”, sono stati scelti i seguenti indicatori: 1) Diversità erpetologica; 2) Salute delle popolazioni di *Pelophylax lessonae-esculentus* cpx.

3.10.1 Diversità erpetologica

La diversità erpetologica è stata rilevata nella camera di risaia scelta e lungo i suoi argini. I rilievi sono iniziati pochi giorni dopo l'allagamento della risaia; sono stati effettuati 6 rilievi a distanza di 15 giorni circa l'uno dall'altro. Il dato rilevato in questa fase è di tipo qualitativo (presenza/assenza) per tutte le specie, ad esclusione delle rane verdi su cui è stato effettuato un conteggio di adulti e sub-adulti (cfr. paragrafo “Densità di adulti”).

La diversità erpetologica è stata valutata in termini di ricchezza specifica. Le tecniche utilizzate sono state quelle standard per il censimento dell'erpetofauna: Visual Encounter Survey (VES); Call surveys; Egg surveys e Dip-netting.

– Visual Encounter Survey (VES) e Call surveys: la ricerca visiva e l'ascolto dei canti sono stati effettuati lungo transetti posizionati sugli argini della risaia; per ogni camera di risaia sono stati effettuati 4 transetti lunghi 50 m, uno per ogni lato della camera (per un totale di 200 m); i transetti sono stati percorsi contestualmente a quelli per il conteggio degli adulti di rana verde (cfr. paragrafo “Densità adulti”).

– Egg surveys e Dip-netting: queste metodologie prevedono la ricerca di uova e di larve in acqua presso le sponde della risaia, in corrispondenza dei transetti lungo l'argine effettuati per i rilievi a vista e l'ascolto dei canti; per la ricerca di ovature procedendo in acqua all'interno della risaia sono state esaminate le sponde alla ricerca di ammassi di uova (anuri) o uova di tritoni (per questi ultimi è necessario cercare foglie di vegetazione ripiegate, all'interno delle quali si trovano le uova); l'utilizzo del retino è stato impiegato per la cattura delle larve di tutte le specie; sono state effettuate 10 retinate per transetto (in totale 40 retinate per tutta la camera, seguendo la metodologia indicata nel paragrafo “Densità larvale”).

3.10.2 Salute della popolazione di *Pelophylax lessonae-esculentus* cpx.

Densità larvale 2016-2018-2019

Il conteggio delle larve è stato effettuato utilizzando un guadino a maglia fine della dimensione della bocca di circa 20x20 cm: si posiziona il retino in verticale appoggiato sul fondo, parallelamente alla sponda, a circa 50 cm di distanza dall'argine, si trascina la testa lungo il fondo della risaia fino verso la riva, sempre tenendo il retino in posizione verticale; quindi si fa emergere il retino raschiando bene la sponda. Sono state effettuate 10 retinate per ogni lato (A, B, C, D) della camera di risaia. Sono state conteggiate le larve presenti dopo lo stadio 30 di Gosner (Gosner, 1960) e comunque con lunghezza totale maggiore di 2 cm; le larve a stadi inferiori non sono state conteggiate.

Per il conteggio delle larve sono state effettuate 5 giornate di campo, iniziando il campionamento circa 15 giorni dopo l'allagamento della risaia.

Densità larvale 2015

La tecnica utilizzata nel 2015 è stata quella del Catch per unit effort (CPUE) che prevede il conteggio delle larve in un'unità di superficie nota. Il conteggio è stato effettuato posizionando e infossando una bacinella priva di fondo all'interno della risaia: quindi sono state conteggiate le larve prelevandole mediante guadino; l'operazione è stata effettuata 10 volte in punti diversi della risaia, per tre sessioni a distanza di circa un mese a partire da giugno, solo sul Lato A. Il campionario di forma quadrata misurava 50 x 50 cm (quindi un'unità di superficie pari a 0,25 mq); ad ogni campionamento è stato anche misurato il livello dell'acqua nella risaia.

Densità di adulti

La stima della densità di adulti è stata effettuata mediante il conteggio degli individui adulti e sub-adulti di rane verdi (*Pelophylax* sp.) lungo transetti posizionati sugli argini della risaia oggetto di studio; per ogni camera di risaia nel periodo 2018-2019 sono stati effettuati 4 transetti lunghi 50 m, uno per ogni lato della camera di risaia (lati A, B, C, D, per un totale di 200 m), nel 2015-2016 sono stati effettuati tre transetti da 100 metri su tre lati della camera (A, B, C.). I transetti sono stati percorsi al mattino durante il picco di attività di basking delle rane: in questo periodo gli individui, infatti, si concentrano lungo le sponde per termoregolare. Sono stati conteggiati tutti gli adulti e i sub-adulti che si tuffavano

in acqua, o che erano visibili in acqua fino a 50 cm circa dalla riva. Essendo standardizzata la lunghezza, il tempo di rilievo può essere variabile, ma è necessario procedere lentamente lungo il transetto. I rilievi sono iniziati pochi giorni dopo l'allagamento della risaia; sono stati effettuati 6 rilievi a distanza di 15 giorni circa l'uno dall'altro.

3.11 Campionamento dei Rettili

I rilevamenti sono stati estesi a tutte le zone accessibili o almeno a quelle circostanti i sentieri e le carrarecce perimetrali alle aree di studio, con una metodica assimilabile al Systematic Sampling Survey (Heyer et al., 1994). La ricerca è stata effettuata a vista o attraverso il rilievo di resti della muta. La livrea criptica e l'elevata elusività della specie hanno imposto rilevamenti effettuati da poche persone in movimento su distinti transetti di ricerca e nella stessa direzione; inoltre, è stata data la massima attenzione visiva e la minima produzione di rumore nel corso degli spostamenti, ponendo attenzione ad eventuali ombre, che devono seguire e non anticipare il rilevatore. La ricerca è stata favorita anche dal sollevamento di materiali diversi appoggiati al suolo o appena interrati che si sono rilevati quali possibili rifugi temporaneo degli Ofidi, soprattutto di giovani individui.

Il campionamento è stato effettuato una volta al mese, da maggio a ottobre, eseguendo i rilievi nei campi di ciascuna coppia di coltivi da confrontare (convenzionale e biologico), uno di seguito all'altro, e con tempi più ravvicinati possibile. Tra un campionamento e il successivo si è alternato l'ordine delle aziende da visitare nel corso della giornata, in modo che i rilievi nelle diverse aziende non ricadessero sempre nelle stesse fasce orarie. L'unità di campionamento è costituita da percorsi fissi di lunghezza pari a circa 250x4 m per ogni sito, lungo una linea spezzata sia lungo la diagonale che lungo i lati. Gli individui osservati sono stati registrati e solo in alcuni casi dubbi, catturati. Successivamente alla determinazione tassonomica gli stessi individui sono stati immediatamente rilasciati nel sito di cattura.

3.12 Campionamento dei Chiroteri

Il campo del monitoraggio acustico dei pipistrelli è cambiato drasticamente negli ultimi decenni. Dal 1950, gli strumenti necessari per monitorare acusticamente i pipistrelli sono passati da apparecchiature ingombranti, disponibili solo per specialisti accademici, a piccoli dispositivi portatili, alcuni dei quali relativamente economici. Questi cambiamenti tecnologici sono stati monitorati e apprezzati da una crescente comunità di professionisti e specialisti che applicano metodologie di rilevamento acustico per ricercare e monitorare le comunità di pipistrelli in tutto il mondo. L'ecolocalizzazione dei pipistrelli è tuttora un'area della ricerca di base in forte evoluzione e poiché questi mammiferi volanti sono sempre più minacciati da fattori naturali e antropici, aumentano le richieste per attivare corretti monitoraggi delle popolazioni locali (Fraser et al., 2020).

Il monitoraggio acustico è spesso il modo migliore per soddisfare queste richieste, ma è indispensabile utilizzare strumenti, seguire protocolli e rispettare standard che possano permettere adeguati confronti negli anni. Sono infatti oggi disponibili innumerevoli hardware e software per la raccolta e l'analisi dei contatti acustici, ciascuno con un insieme unico di funzionalità e presupposti associati. Per questo la progettazione di un monitoraggio, la scelta delle apparecchiature da utilizzare ed il modo di gestire l'enorme set di dati risultanti (si tratta di acquisire, archiviare, analizzare file digitali di suoni ad alta frequenza per una quantità di terabyte difficilmente prevedibile) sono passaggi fondamentali per garantire i migliori risultati da questa attività di ricerca.

Il monitoraggio acustico nelle diverse aree coinvolte nel progetto in questione è stato realizzato mediante l'utilizzo di bat detector automatici (Batlogger Elekon AG; Ultramic Dodotronic; Song Meter WildLife Acoustics Inc., Ult.Det. Pettersson Elektronik AB), strumentazione più efficace in termini di qualità e quantità dei dati acquisiti e necessari per la valutazione della frequentazione degli habitat da parte dei Chiroteri (Stahlschmidt e Brhul, 2012).

Per ogni azienda indagata è stata individuata una stazione di campionamento posta al centro dei campi oggetto di monitoraggio (sull'argine nel caso delle risaie), lontano per quanto possibile da elementi lineari del paesaggio (i filari perimetrali dei vigneti e noccioleti) o da elementi naturaliformi (il margine di boschi o di siepi) allo scopo di evitare un sovra-campionamento legato ad attività intensa dei Chiroteri in prossimità di patch di habitat naturali.

Ogni stazione è stata campionata 3 volte per ciascun anno di studio, nel periodo compreso tra maggio e settembre (la prima sessione tra metà maggio e metà giugno, la seconda sessione a luglio, la terza sessione tra l'ultima decade di agosto e la prima di settembre). Il campionamento è stato realizzato nelle serate con condizioni meteo favorevoli all'attività dei Chiroteri; risultano infatti controproducenti per questi rilevamenti periodi di pioggia, anche se di bassa intensità, presenza di vento, basse temperature. I microfoni audio-ultrasonici dei bat detector sono stati programmati per la registrazione da mezz'ora

dopo il tramonto a mezz'ora prima dell'alba, ad una frequenza di campionamento a 384 kHz, posizionati per ciascuna area di studio ad almeno 1,5 metri di altezza (su un palo indipendente o comunque lontano da foglie, tronchi o altri ostacoli acustici).

I bat detector automatici che fanno uso di trigger sono stati settati in modo che l'attivazione, e la conseguente registrazione, avvenisse con una frequenza soglia di 8 kHz, un threshold di -18 dB e un pre trigger di almeno 1 minuto. Nel caso fossero utilizzati bat detector che registrano in continuo, i parametri indicati non sono stati considerati.

Prima di passare all'identificazione dei Chiroteri a livello di specie o gruppi di specie sono state gestite opportunamente e preventivamente le sequenze acustiche ottenute. Per i bat detector che non generano file ora-datati (es. Batlogger, Pettersson) è stato necessario rinominare i files indicando la data e l'ora in cui sono stati generati (data di modifica) nel formato YYYYMMDD_HHMMSS. Per questo è stato utilizzato un software per rinominare i files (es. Bulk Rename Utility <https://www.bulkrenameutility.co.uk/Download.php>). Successivamente sono stati suddivisi i file acustici registrati in continuo e quindi di grandi dimensioni, in file standard della durata di 5s con il software Kaleidoscope (versione PRO o versione FREE) <https://www.wildlifeacoustics.com/products/kaleidoscope-pro>.

L'identificazione acustica è avvenuta con una pre-identificazione utilizzando software classificatori automatici (es. SONOCHIRO, Kaleidoscope, BatId), che sono stati valutati preventivamente per conoscerne la soglia di affidabilità (Toffoli e Rughetti, 2017), per poi procedere manualmente attraverso il software BatSound Pettersson El. alla validazione e identificazione definitiva a livello di specie e/o gruppo secondo Barataud (2015).

Durante l'identificazione è stata valutata la presenza di feeding buzz (ultrasuoni emessi in cerca di prede) all'interno della sequenza acustica allo scopo di considerarla come evento di caccia nell'ambito delle analisi.

I dati così acquisiti sono stati analizzati calcolando Indici orari di Frequentazione (per specie, gruppo di specie, complessivi) intesi come numero di contatti acustici (sequenze standard di 5s) per ora di registrazione. Gli indici orari sono stati calcolati sia nel complesso delle sequenze acustiche registrate (con o senza feeding buzz), allo scopo di fornire un Indice complessivo di Frequentazione, sia utilizzando le sole sequenze con feeding buzz, per valutare l'importanza della stazione nell'ambito delle attività trofiche.

Gli Indici medi di Frequentazione (contatti acustici/ora o minuto positivo/ora) e quelli relativi ai feeding buzz, calcolati per le diverse aziende e tipologie agronomiche considerate, sono state confrontate per valutare eventuali variazioni, tenendo conto delle covariate relative al paesaggio (valutando buffer concentrici dal punto di campionamento di 500 m e di 1 km e calcolando superfici variabili del paesaggio quali presenza di aree forestate, elementi lineari come siepi e filari, corsi d'acqua, zone edificati, ecc.) che possono aver influenzato l'attività dei chiroteri (Kelly et al., 2016).



Figura 3.11.1 – Bat detector e Bat logger (Elekon M) posizionati sui perimetri delle risaie studiate in Piemonte.



Figura 3.11.2 – Bat detector Ultramic Dodotronic 384K utilizzato durante i monitoraggi nei Noccioleti del Lazio

3.13 Campionamento del suolo per analisi granulometriche

Nell’ambito del presente progetto, nel periodo 2015-2016 e 2018-2019, sono state effettuate dal laboratorio di Meccanica dei terreni e delle rocce dell’ISPRA analisi su campioni di suolo prelevati dalle aree in studio, allo scopo di fornire un quadro conoscitivo delle caratteristiche fisiche del suolo per i campi coltivati in maniera convenzionale e con trattamento biologico, selezionati come campi di sperimentazione con caratteristiche simili per conformazione morfologica, climatica e tipologia di coltivazione.

Il campionamento è stato effettuato prevalentemente dal personale dell’ISPRA che si è avvalso, per il prelievo dei campioni in Piemonte, della collaborazione dei tecnici dell’ARPA Piemonte e, nel 2016, dell’Università di Torino DISAFA.

Il campionamento, per la determinazione delle analisi granulometriche, ha riguardato 32 campi differenti; nella tabella 3.13.1 è riportato l’elenco dei siti individuati, con le relative località di provenienza e le tipologie di coltivazione.

Tabella 3.13.1 - Elenco dei campi in studio, con indicazione della provenienza geografica e relativa tipologia di coltivazione

ELENCO DEI CAMPI ESAMINATI NEL QUADRIENNIO 2015-2016 E 2018-2019				
Anno di campionamento	Region e	Località	Tipo di coltivazione	Sigla del campo
2015	Lazio	Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripa Sottile (RI)	Girasole	GT1
		Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripa Sottile (RI)	Girasole	GT2
		Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripa Sottile (RI)	Girasole	GB1
		Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripa Sottile (RI)	Girasole	GB2
		Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripa Sottile (RI)	Incolto	GI
		Riserva Naturale Lago di Vico (VT)	Nocciolo	NT1
		Riserva Naturale Lago di Vico (VT)	nocciolo	NT2
		Riserva Naturale Lago di Vico (VT)	Area di bianco	NI
2016	Lazio	Rivodutri (RI)	Girasole	GT
		Torrita Tiberina (RM)	Mais	MI
	Piemont e	Sommariva Perno (CN)	Vigneto	VT1
		Castellinaldo d’Alba (CN)	Vigneto	VT3
2018-2019	Lazio	Vallerano (VT)	Nocciolo	NT3
		Vallerano (VT)	Nocciolo	NB3
		Corchiano (VT)	Nocciolo	NT4
		Corchiano (VT)	Nocciolo	NB4

		Corchiano (VT)	Noccioleto	NT5
		Corchiano (VT)	Noccioleto	NB5
		Vasanello (VT)	Noccioleto	NT6
		Vasanello (VT)	Noccioleto	NB6
	Piemont e	Villarboit (VC)	Risaia	RT1
		Rovasenda (VC)	Risaia	RB1
		Rovasenda (VC)	Risaia	RT4
		Villarboit (VC)	Risaia	RB4
		Crescentino (VC)	Risaia	RT5
		Crescentino (VC)	Risaia	RB5
		Pino d'Asti (AT)	Vigneto	VT4
		Castino (CN)	Vitigno	VT5
		Pino d'Asti (AT)	Vitigno	VB5
		Sinio (CN)	Vigneto	VT6
		Castino (CN)	Vigneto	VB6
		Sinio (CN)	Vigneto	VB7

Nel primo biennio (2015-2016) il campionamento è stato effettuato allo scopo di determinare esclusivamente la frazione granulometrica costituente il suolo, raccogliendo in sacchetti di plastica un'aliquota rappresentativa di tutto il campo esaminato. I campioni sono stati prelevati (figura 3.13.1), per ciascun campo, a due profondità diverse: un primo prelievo è stato effettuato in un intervallo spaziale (più superficiale) compreso tra lo 0 e i 40 cm dal p.c. (piano campagna) e un successivo campionamento è stato eseguito, nello stesso punto, ad una profondità compresa tra i 60 e i 100 cm dal p.c.



Figura 3.13.1 – Immagini relative alle fasi di campionamento effettuate nel 2015

Per il biennio 2018-2019, oltre al campionamento effettuato per la caratterizzazione granulometrica, è stato effettuato un campionamento funzionale anche alla determinazione di altre caratteristiche fisiche (umidità, peso di volume e porosità). Tale campionamento è stato effettuato soltanto per i campioni provenienti dai campi laziali coltivati a nocchioleto, il cui prelievo è stato eseguito in modalità puntuale, al fine di disporre di un dato confrontabile, sia nello spazio che nel tempo, con quello relativo al campionamento della pedofauna, ma anche utilizzabile per le analisi chimiche, biologiche ed ecotossicologiche.

La procedura del campionamento puntuale è stata effettuata avendo cura che il prelievo dei campioni fosse effettuato ad una profondità superiore i 10 cm dal piano campagna (p.c.), scavando una buca quadrata di circa 10 cm di lato ed eliminando la parte superficiale (figura 3.13.2 B), alterata. Per esigenze analitiche, al fine di effettuare la determinazione del peso di volume e la porosità del suolo, il campionamento ha previsto, in alcuni casi, l'infissione di fustelle in acciaio inox, per ottenere campioni "indisturbati" e preservare le caratteristiche volumetriche (figura 3.13.2 A).



Figura 3.13.2 – Immagini relative al prelievo dei campioni destinati alle analisi fisiche; A) l’infissione di una fustella, effettuata accanto ad un prelievo per analisi biologiche, B) scavo per il prelievo dei campioni in sacchetti di plastica

Tutti i campioni prelevati sono stati conservati in scatole di polistirolo, per attenuare gli urti durante il trasporto ma soprattutto per coibentare e preservare il suolo raccolto da perdite di umidità. Una volta arrivati in laboratorio, i campioni, confezionati e sigillati, sono stati conservati nella camera climatica, a temperatura e umidità costante.

3.14 Campionamento per analisi chimiche ed ecotossicologiche

3.14.1 Suolo

Nella campagna 2015 il campionamento nelle colture a nocciolo e nei seminativi è stato eseguito con l’ausilio di una trivella pedologica, prelevando due campioni distinti per ciascuno dei sei punti individuati all’interno dell’area di studio; i due campioni sono stati prelevati ad una profondità compresa tra 0 e 40 cm, nell’orizzonte agrario e in un orizzonte di profondità compreso tra 60 e 100 cm.

Nella campagna 2016 il campionamento dei suoli nei noccioli e nei seminativi è stato eseguito con le stesse modalità, ma prelevando solo il campione nell’orizzonte agrario (0 – 40 cm) in prossimità del punto di campionamento per le analisi QBS.

Per il biennio 2018-2019 il prelievo dei campioni di suolo nelle colture a nocciolo e nei vigneti è stato effettuato con l’ausilio di pala e/o vanga da giardinaggio in corrispondenza dei medesimi punti di campionamento per le analisi QBS. In ciascun punto è stata prelevata una “zolla” di suolo di circa 10 cm × 10 cm a profondità compresa tra 5 e 10 cm. Le sei aliquote prelevate sono state poi miscelate in campo per ottenere un campione composito.

Nel 2018 il campionamento di suolo nelle colture a risaia è stato effettuato sull’argine della camera (ARG) e, ove il periodo culturale lo ha consentito, anche all’interno della camera stessa (CAM), in parallelo con i campioni per la determinazione del QBS.

Il campionamento all’interno della camera di risaia non è stato effettuato nella campagna 2019, in quanto i lunghi periodi di allagamento della risaia hanno reso il suolo asfittico e quindi non indicativo ai fini del QBS.

Il campionamento dei suoli sull’argine della risaia ha previsto il prelievo di 4 aliquote, una per ogni lato della camera; i singoli campioni sono stati poi uniti, omogeneizzati e setacciati con vaglio a 2 mm direttamente in campo e conservati a -20 °C, fino al momento dell’esecuzione dei saggi biologici.

Un’aliquota per ciascun campo campionato è stata prelevata per la determinazione di pH, contenuto d’acqua e capacità di ritenzione idrica (WHC).

Il piano di campionamento della matrice suolo per le analisi chimiche ed ecotossicologiche nei coltivi a nocciolo e nei vigneti per l’esecuzione delle analisi ecotossicologiche e chimiche ha previsto la perimetrazione di un’area di circa 1 ha (100 m × 100 m) in un punto interno dell’appezzamento agricolo, al fine di evitare, per quanto possibile, eventuali interferenze dovute a strade carrabili o altre colture confinanti.

All’interno dell’area sono stati individuati sei punti di campionamento equamente distribuiti e, nel biennio 2018-2019, anche in relazione con i campionamenti della pedofauna; per ogni punto di campionamento è stata prelevata un’aliquota per le analisi chimiche ed ecotossicologiche; poi si è proceduto a miscelare le sei aliquote costituendo un campione composito rappresentativo dell’intera area.

Al fine di rilevare l’eventuale effetto ecotossicologico riconducibile alla presenza di prodotti fitosanitari nel suolo sono stati prelevati durante il ciclo culturale di ogni campo individuato, due o più campioni,

all'inizio della stagione colturale, ovvero prima di qualsiasi trattamento fitosanitario (t0) e dopo un trattamento fitosanitario (t1, t2, t3, ecc.).

I campioni sono stati sottoposti direttamente in campo a setacciatura manuale con l'ausilio di un vaglio a maglie di 2 mm e conservati in sacchetti di plastica per alimenti in singole aliquote di circa 2 - 2.5 kg ciascuno. I campioni sono stati conservati fino all'arrivo in laboratorio a temperatura di circa 4 - 6 °C, mentre successivamente a -20 °C.

I campioni per i quali il contenuto di umidità non consentiva di effettuare la setacciatura direttamente in campo sono stati prelevati tal quali e la setacciatura è stata effettuata in laboratorio, dopo parziale essiccazione in stufa a temperatura non superiore a 35 °C.

Su ciascun campione sono state effettuate le seguenti determinazioni:

- peso secco, in conformità alla norma UNI EN ISO 11465:1993;
- capacità di ritenzione idrica (WHC, Water Holding Capacity) in conformità all'allegato C della norma tecnica UNI EN ISO 11268-1:2015;
- pH secondo quanto previsto dal metodo III.1 del DM 13/09/1999, utilizzando una soluzione 0,01M di CaCl₂.

Nel 2018 il campionamento di suolo nelle colture a risaia è stato effettuato sull'argine della camera (ARG) e, ove il periodo colturale lo ha consentito, anche all'interno della camera stessa (CAM), in parallelo con i campioni per la determinazione del QBS.

Il campionamento all'interno della camera di risaia non è stato effettuato nella campagna 2019, in quanto i lunghi periodi di allagamento della risaia hanno reso il suolo asfittico e quindi non indicativo ai fini del QBS.

Il campionamento dei suoli sull'argine della risaia ha previsto il prelievo di 4 aliquote, una per ogni lato della camera; i singoli campioni sono stati poi uniti, omogeneizzati e setacciati con vaglio a 2 mm direttamente in campo e conservati a -20 °C, fino al momento dell'esecuzione dei saggi biologici.

Un'aliquota per ciascun campo campionato è stata prelevata per la determinazione di pH, contenuto d'acqua e capacità di ritenzione idrica (WHC).

3.14.2 Acque

La strategia di campionamento delle acque in risaia ha previsto, come per i suoli, un prelievo in due fasi: un campione all'inizio della stagione colturale, ovvero prima di un trattamento fitosanitario (t0) e un secondo dopo uno o più trattamenti fitosanitari (t1, t2, ecc.).

Per ciascuna fase, nel caso in cui vi era la presenza di un flusso d'acqua, i campioni sono stati prelevati uno nel punto d'entrata ed uno nel punto d'uscita dalla risaia. In assenza di tale flusso, ovvero con le bocchette di entrata e di uscita chiuse, sono stati prelevati due campioni in prossimità dei canali di entrata e uscita dell'acqua dalla risaia. Questo doppio campionamento è stato effettuato sia a t0 che per ogni campione prelevato dopo un trattamento fitosanitario. Tale strategia aveva l'obiettivo di identificare gli eventuali apporti di contaminanti già presenti nelle acque in entrata in risaia e, discriminandoli, per quanto possibile, dagli apporti dovuti ad esempio, ad un trattamento fitosanitario. Tale strategia permette di verificare frequenti apporti di sostanze contaminanti di origine esterna, ovvero già presenti nelle acque prima del loro ingresso nella camera di risaia.

I campioni d'acqua sono stati prelevati e conservati in bottiglie di vetro etichettate con l'attribuzione in campo del codice campione. I campioni appena giunti in laboratorio sono stati posti a -20 °C.

I saggi ecotossicologici sono stati avviati contemporaneamente su tutte le specie test, utilizzando la medesima aliquota campionaria.

3.15 Analisi granulometriche dei suoli

Le analisi per la caratterizzazione fisica dei suoli sono state effettuate dal laboratorio di Meccanica dei terreni e delle rocce afferente all'Area Fisica del CN-LAB. Essendo tale laboratorio specializzato in indagini geotecniche, per l'esecuzione delle prove di laboratorio sono state utilizzate le metodologie indicate dai principali standard normativi geotecnici (ASTM, UNI EN, BS, DIMS, etc.), comunemente in uso nel laboratorio, ma applicabili anche alla geo-pedologia.

Tutte le analisi sono state eseguite in conformità con le procedure ed istruzioni operative indicate nel Sistema di Gestione della Qualità, che regolano tutte le attività di laboratorio.

Nella tabella 3.15.1 è riportato l'elenco delle analisi effettuate, le norme di riferimento applicate e il numero dei campioni pedologici analizzati.

Tabella 3.15.1 – *Elenco delle analisi fisiche eseguite sui campioni in studio, con indicazione dei riferimenti normativi adottati e del numero di campioni analizzati*

ANALISI DI LABORATORIO PER CARATTERIZZAZIONE FISICA DEI SUOLI		
Analisi di laboratorio eseguite	Norma di riferimento utilizzata	N° di campioni analizzati
Contenuto d'Acqua Naturale	ASTM D 2974	222
Analisi Granulometrica	ASTM D 422-63	46
Peso dell'Unità di Volume della Parte Solida	ASTM D 854	62
Peso di Volume Naturale	Raccomandazioni AGI 1994	23
Porosità	Raccomandazioni AGI 1994	16

3.15.1 Il contenuto d'acqua naturale

La determinazione del contenuto d'acqua naturale è stata attuata seguendo le indicazioni contenute nella norma ASTM D 2974 ("Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils"). La prova è stata effettuata su tre provini dello stesso campione determinando la media dei risultati ottenuti. La procedura prevede la determinazione dell'umidità naturale del campione, confrontando la perdita percentuale in peso, tra la massa del campione umido e quella secca, ottenuta mettendo i provini in forno per 24 ore ad una temperatura non superiore a 105°C. Essendo i risultati di questa analisi variabili in funzione del punto di campionamento e delle condizioni meteorologiche, tutte le determinazioni sono state effettuate per punti di prelievo allo scopo di fornire un dettaglio sul grado di umidità (ad un tempo determinato), da affiancare soprattutto alle analisi di carattere biologico (QBS).

3.15.2 Analisi granulometrica per setacciatura ed aerometria

L'esecuzione dell'analisi granulometriche è stata effettuata secondo gli standard ASTM D 422-63 ("Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils"), prevista per l'analisi granulometrica di terreni geotecnici. Questa metodologia prevede la stima delle percentuali in peso dei granuli aventi un determinato diametro dei clasti, effettuata con l'utilizzo di setacci aventi luce delle maglie decrescente, per i granuli maggiori di 63 micron (analisi granulometrica per setacciatura) e con la prova di sedimentazione (analisi granulometrica per aerometria), che determina in base alla densità e alla velocità di sedimentazione il valore del diametro equivalente dei granuli minori di 63 micron. Per via della presenza di abbondante sostanza organica, la procedura ha previsto anche il pretrattamento dei campioni per l'eliminazione dell'humus, con acqua ossigenata.

La classificazione granulometrica è stata effettuata seguendo la classificazione standard USDA, ossia quella del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, che prende in considerazione soltanto la parte relativa alle terre fini (sabbia + limo + argilla), escludendo lo scheletro (frazione > 2 mm) (tabella 3.15.2.1). Le analisi sono state effettuate su un'aliquota di campione prelevato dai diversi punti di campionamento nello stesso campo. Questo ha permesso di determinare mediamente la dimensione dei granuli costituenti i suoli di ciascun campo analizzato. L'analisi granulometrica è stata effettuata una sola volta per campo, in quanto costituisce un parametro non suscettibile di variazione temporale.

Tabella 3.15.2.1 – *Suddivisione delle frazioni granulometriche in classi, secondo la classificazione USDA*

Suddivisione granulometrica dei terreni secondo la classificazione USDA	
Classe granulometrica	Frazione granulometrica (intervallo dimensionale del diametro D del granulo)
SCHELETRO	$D > 2 \text{ mm}$
SABBIA	$2 \text{ mm} \leq D < 0,05 \text{ mm}$
LIMO	$0,05 \text{ mm} \leq D < 0,002 \text{ mm}$
ARGILLA	$D \leq 0,002 \text{ mm}$

3.15.3 Peso dell'unità di volume della parte solida, peso di volume naturale e porosità

La determinazione del peso specifico è stata effettuata sulla frazione < 63 micron, riducendola in particelle finissime. La procedura seguita, secondo lo standard ASTM D 854 (2010), è stata effettuata con l'ausilio di due picnometri, e ha avuto la finalità di valutare il rapporto tra il peso effettivo delle particelle solide e il loro volume. La stima di tale valore è utilizzata nei calcoli per la determinazione dell'analisi granulometrica.

Per quanto riguarda il peso di volume naturale e della porosità (parametro puntuale), queste grandezze sono state determinate secondo quanto indicato nelle Raccomandazione AGI (1994), prelevando il campione indisturbato dal terreno, con una fustella a volume tarato, e misurando in laboratorio il peso netto del campione ancora umido. Il rapporto tra peso netto umido del campione ed il suo volume ha determinato il peso di volume naturale (in g/cm³), mentre la porosità (%) del materiale è stata calcolata in funzione del suo peso di volume, del suo peso specifico e del suo contenuto d'acqua.

3.16 Analisi chimiche nel suolo e delle acque

3.16.1 Suolo

TOC, Azoto totale e Carbonio Totale

I campioni sono stati sottoposti ad essiccazione e omogeneizzazione tramite macinatura con Mulino a lame IKA. Carbonio Totale (TC), Azoto Totale (TN), Carbonio Organico Totale (TOC) sono stati determinati con un analizzatore elementare Vario Micro Cube Elementar e riferiti al peso secco.

Per CT e TN sono state utilizzate capsule di stagno, per TOC capsule di argento. Il carbonio inorganico viene eliminato per sviluppo di CO₂ mediante aggiunte progressive di HCl, poi evaporato in stufa a circa 50 °C. L'analizzatore esegue una combustione controllata (900 °C circa), quindi una ossidazione catalitica (Cromo ossido) e infine una riduzione ad opera del rame metallico (Cu). La CO₂ e l'N₂ sviluppati sono determinati da un rilevatore di conduttività termica dopo la loro separazione gascromatografica.

Il controllo qualità è stato effettuato mediante analisi giornaliera di Acetanilide e ripetute analisi di due tipologie di suolo standard (Boden Standard A IVA Analysentechnik e Soil standard 2.1 Elementar).

Contenuto di acqua e Sostanza organica

Il contenuto di sostanza organica viene determinato ricorrendo a un metodo gravimetrico basato sulla perdita in peso (L.O.I., Loss On Ignition) dopo calcinazione a 540 °C.

La determinazione del contenuto di umidità residua è stata eseguita come riportato nel D.M. 185 del 13/09/99 (metodo II.2) (stufa a 105 °C per 8 ore fino a peso costante).

Ca, K e Mg

Il campione, essiccato in stufa a 35 °C per 48 ore e omogeneizzato in un mortaio di agata, viene sottoposto a digestione acida in microonde mediante una miscela 1:3 di acido nitrico e cloridrico concentrati (EPA 3051A, 2007). La determinazione strumentale di Ca, Mg e K avviene mediante spettroscopia di emissione atomica con plasma induttivamente accoppiato (ICP-OES, EPA 6010c) alle seguenti lunghezze d'onda: K 766.492 nm; Ca 422.673 nm; Mg 279.800 nm. Le concentrazioni sono riferite al peso secco. I limiti di quantificazione sono per tutti e tre i macroelementi pari a 0.010 %. La messa a punto del metodo ed il controllo di qualità sono stati effettuati mediante l'impiego di materiali di riferimento certificati di sedimento (PACS-2) e suolo (SRM 2709).

Pesticidi inorganici (Cu e S)

Il campione, essiccato in stufa a 35 °C per 48 ore e omogeneizzato in un mortaio di agata, viene sottoposto a digestione acida in microonde mediante una miscela 1:3 di acido nitrico e cloridrico concentrati (EPA 3051a). La determinazione strumentale di Cu e S avviene mediante spettroscopia di emissione atomica con plasma induttivamente accoppiato (EPA 6010c) a 181.972 nm (S) e 327.395 nm (Cu). I risultati sono espressi in mg/kg rispetto al peso secco. I limiti di quantificazione sono per entrambi gli analiti pari a 1 mg/kg. La messa a punto del metodo ed il controllo di qualità sono stati effettuati mediante l'impiego di materiali di riferimento certificati di sedimento (PACS-2) e suolo (SRM 2709).

Per alcuni campioni, la determinazione di Cu è stata effettuata mediante EPA 7010 (assorbimento atomico con fornello di grafite, GF-AAS) con limite di quantificazione 0.05 mg/kg.

Pesticidi organici

Su tutti i campioni sono stati ricercati i residui dei seguenti fitosanitari: Clorpirifos, Penconazolo, Metalaxil, Metrafenone, Pendimethalin, Metolaclo, Alfa Endosulfan, Beta Endosulfan, Oxadiazon, Boscalid, Deltametrina, Lambda Cialotrina, Oxifluorfen, Tebuconazolo, Folpet, Dimetomorf, Kresoxim metile. I campioni sono stati conservati a -20 °C, liofilizzati, setacciati su maglie da 2 mm e macinati in mulino elettrico con lama tritillante. Sono stati quindi estratti mediante fluido pressurizzato, disidratati, concentrati sotto soffio d'azoto, filtrati e analizzati mediante gascromatografia accoppiata a spettrometro di massa a triplo quadrupolo (GC/MS/MS) in modalità MRM. L'identificazione è basata sulla presenza di almeno due transizioni caratteristiche per ogni analita. La quantificazione avviene mediante standard interni di iniezione deuterati. Il limite di quantificazione del metodo (LOQ) è 0.1 mg/Kg per ciascun analita.

Il metodo è stato sviluppato mediante prove di recupero su campioni fortificati, il controllo qualità è avvenuto mediante l'analisi, ad ogni sequenza, di bianchi, repliche e prove di recupero.

3.16.2 Acque

Ca, K e Mg

La determinazione viene eseguita sul campione tal quale, previa acidificazione con acido nitrico al 2 %, mediante spettroscopia di emissione atomica con plasma induttivamente accoppiato (EPA 6010c) alle seguenti lunghezze d'onda K 766.492 nm; Ca 422.673 nm; Mg 279.800 nm. Le concentrazioni sono riportate in mg/L. I limiti di quantificazione sono pari a 4 mg/L per il Calcio e 1 mg/L per Mg e K. Il controllo di qualità è stato effettuato mediante il materiale di riferimento certificato NIST 1643.

Pesticidi inorganici (Cu e S)

La determinazione dello zolfo viene eseguita sul campione tal quale, previa acidificazione con acido nitrico al 2 %, mediante spettroscopia di emissione atomica con plasma induttivamente accoppiato (EPA 6010c) alla lunghezza d'onda di 181.972 nm. Il limite di quantificazione (LOQ) è 1 mg/L.

La determinazione del Rame viene effettuata mediante spettroscopia di assorbimento atomico con fornello di grafite (EPA 7010) alla lunghezza d'onda di 327.4 nm. Il limite di quantificazione per il Rame (LOQ) è 1 µg/L.

Il controllo di qualità è stato effettuato mediante i materiali di riferimento certificati NIST 1643b (per il Rame) e SRM2709 (per lo Zolfo).

Pesticidi organici

Su tutti i campioni sono stati ricercati i residui dei seguenti fitosanitari: Thiamethoxam, Clorpirifos, Penconazolo, Metalaxil, Metrafenone, Pendimethalin, Metolaclo, Alfa Endosulfan, Beta Endosulfan, Oxadiazon, Boscalid, Deltametrina, Lambda Cialotrina, Oxifluorfen, Tebuconazolo, Folpet, Dimetomorf, Kresoxim metile.

Il campione è stato prelevato in bottiglia di vetro da 1 L e congelato alla T di - 20 °C fino al momento dell'analisi. A 200 mL di campione acquoso è stata aggiunta una soluzione di standard interni deuterati ed è stata eseguita per tre volte un'estrazione con diclorometano per dibattimento in imbuto separatore. L'estratto disidratato con sodio solfato anidro è stato portato a piccolo volume mediante soffio d'azoto e quindi analizzato mediante gas cromatografo con rivelatore a spettrometria di massa in modalità SIM. L'identificazione è stata effettuata mediante confronto degli indici di ritenzione con quelli degli standard e confronto delle abbondanze relative degli ioni.

Il controllo di qualità è stato assicurato mediante l'analisi, per ogni batch di campioni analizzati, di standard di controllo, bianchi di processo, prove di recupero su fortificato. Il limite di quantificazione del metodo (LOQ) per Folpet e Deltametrina è pari a 0,20 µg/L, per tutte le altre sostanze è pari a 0,10 µg/L.

3.17 Analisi ecotossicologiche del suolo e delle acque

Al fine di ottimizzare la rappresentatività ecologica dei saggi biologici considerati rispetto alle caratteristiche ambientali delle colture oggetto di studio, sono state allestite e applicate batterie di saggi ecotossicologici differenti, sia in termini di specie-test, sia di matrice ambientale. Nelle tabelle 3.17.1 e 3.17.2 sono riepilogate le principali caratteristiche delle specifiche batterie di saggi biologici impiegati per ciascun tipo di coltura. In particolare, la batteria di saggi biologici di cui alla tabella 3.17.1 può essere considerata rappresentativa per lo studio degli effetti su matrici ambientali solide (suolo), mentre la seconda rappresentativa del comparto acque.

Tabella 3.17.1 – Batteria di saggi biologici impiegata per lo studio dei suoli dei coltivi a nocioleti, vigneti e risaie

Specie	Nome comune	Matrice	End-point	esposizione	Metodo
<i>Lepidium sativum</i>	Crescione	suolo	germinazione e allungamento radicale	72 h	ISO 18763:2016
<i>Sinapis alba</i>	Senape	suolo	germinazione e allungamento radicale	72 h	ISO 18763:2016
<i>Sorghum saccharatum</i>	Sorgo	suolo	germinazione e allungamento radicale	72 h	ISO 18763:2016
<i>Eisenia</i> sp*	Lombrico	suolo	sopravvivenza	14 gg	ISO 11268-1:2012
<i>Aliivibrio fischeri</i>	Batterio	lisciviato	bioluminescenza	30 min.	ISO 11348-3:2019

*il test con *Eisenia* sp è stato applicato solo per i nocioleti.

Tabella 3.17.2 – Batteria di saggi biologici impiegata per lo studio delle acque nei coltivi a risaie

Specie	Nome comune	Matrice	End-point	esposizione	Metodo
<i>Raphidocelis subcapitata</i>	microalga	acqua	tasso di crescita	72 h	ISO 8692:2012
<i>Daphnia magna</i>	crostaceo	acqua	immobilizzazione	24 h	ISO 6341:2013
<i>Spirodela polyrhiza</i>	pianta acquatica	acqua	crescita fogliare	72 h	ISO 20227:2017
<i>Aliivibrio fischeri</i>	Batterio	acqua	bioluminescenza	30 min.	ISO 11348-3:2019

Tutti i saggi sono stati eseguiti secondo metodi ISO standardizzati nei laboratori ISPRA della sede di Castel Romano, certificati in qualità ai sensi della UNI EN ISO 9001:2015.

Saggi di inibizione della bioluminescenza con *Aliivibrio fischeri*

Il sistema Microtox® è un test biologico di tossicità acuta basato sulla misura della bioluminescenza naturale di *Aliivibrio fischeri*. La preparazione dei lisciviati è stata eseguita in conformità alla norma UNI EN ISO 18772:2014, utilizzando un rapporto di diluizione di 1:10 (solido:liquido), con una soluzione di CaCl₂ 0,001 M come lisciviante. I campioni sono stati sottoposti ad agitazione per 24 ore e successiva centrifugazione per 30 min. a 2000 g, il sovrinatante così ottenuto è stato saggiato con il batterio.

Il saggio con *Aliivibrio fischeri* su acque e lisciviati è stato eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 11348-3:2019, utilizzando il protocollo Basic 90 % con sette diluizioni seriali e tre controlli, a partire dal 90 %. La relazione dose-risposta è stata elaborata mediante software dedicato (Microtox Omni™ v. 1.16) e il risultato è stato espresso come EC₅₀, come EC₂₀ o come effetto massimo quando anche la EC₂₀ è risultata maggiore del 90%.

Saggi di inibizione della germinazione e crescita radicale

I test di fitotossicità sono stati eseguiti utilizzando il kit PhytoToxKit F™ della MicroBioTests, un sistema miniaturizzato previsto dalla norma ISO 18763:2016. Il test viene condotto in piastre test riempite con i campioni di suolo, impiegando dieci semi per piastra; le piastre vengono poi incubate verticalmente in armadio termostatico, a 25 ± 2 °C al buio per 72 h. Sono stati utilizzati i semi di tre piante differenti, due dicotiledoni (*Lepidium sativum* e *Sinapis alba*) e una monocotiledone (*Sorghum saccharatum*).

I risultati sono stati espressi in termini di percentuale di inibizione radicale e di inibizione della germinazione rispetto ai controlli negativi. La significatività statistica è stata valutata tramite t-test di Student, adottando una soglia minima di effetto del 30 % rispetto ai controlli.

Saggio per la determinazione della tossicità acuta con *Eisenia* sp.

Il saggio con Anellidi terrestri del genere *Eisenia* (*Eisenia foetida* o *Eisenia andreei*) è stato condotto secondo la norma tecnica UNI EN ISO 11268-1:2012, valutando la sopravvivenza (mortalità) degli individui esposti per 14 giorni, precedentemente acclimatati nel suolo di allevamento in contenitori di vetro a 20 ± 2 °C e umidità relativa > 60 %, per almeno una settimana prima dei test. Come terreno di controllo è stato utilizzato un substrato artificiale (5 % torba di sfagno, 20 % argilla caolinitica, 85 % di sabbia fine di fiume con granulometria inferiore a 200 µm). I saggi sono stati condotti in contenitori in vetro con 500 g di campione e 10 organismi per ogni contenitore, in quattro repliche. Al termine del periodo di esposizione gli organismi sopravvissuti sono stati pesati singolarmente, previo lavaggio e tamponatura, per valutare anche la variazione di biomassa totale.

I risultati sono stati espressi come percentuale di mortalità media per campione.

Saggio di inibizione della crescita algale

I saggi biologici con *Raphidocelis subcapitata* sono stati eseguiti su campioni di acque di risaia, in conformità alla norma UNI EN ISO 8692:2012, utilizzando una coltura derivante da un ceppo certificato (strain number SAG 61.81, University of Göttingen - Germania). Il principio del saggio consiste nell'espore una coltura pura, in fase di crescita esponenziale, al campione tal quale o a varie diluizioni dello stesso, per diverse generazioni e in condizioni standardizzate. Al termine del periodo di incubazione viene confrontata la crescita algale nel campione con quella del controllo.

I campioni di acqua di risaia, decongelati e poi filtrati su membrana di nylon (0.45 µm), sono stati testati non diluiti, addizionati di nutrienti.

Per alcuni campioni il saggio è stato ripetuto, su aliquote differenti, con diluizioni seriali per individuare l'EC50%72h.

I test sono stati eseguiti in piastre da 24 pozzetti, in sei repliche (per campione e controllo), con una concentrazione iniziale di circa 10000 cellule/ml ± 5 %. Le piastre chiuse sono state poste ad incubare per 72 h in armadio termostatico a 25 ± 0.5 °C, sotto illuminazione continua (luce fredda, 4000 Kelvin) a circa 10000 lux. Al termine è stata misurata la densità algale tramite conta-particelle elettronico a doppia soglia.

I risultati sono stati espressi come percentuale media di inibizione del tasso di crescita dei campioni rispetto ai controlli. La significatività statistica è stata stimata tramite test di Tamhane-Dunnett, preceduto dal test F per l'omogeneità della varianza (ISO/TS 20281:2006). Per i saggi eseguiti con le diluizioni l'EC50%72h è stata calcolata tramite analisi di regressione non lineare (modello Logit), utilizzando il foglio di calcolo REGTOX (https://www.normalesup.org/~vindimian/en_index.html).

Saggio di inibizione della crescita con *Spirodela polyrhiza*

Il saggio con *S. polyrhiza*, una pianta acquatica flottante (pleustofite), cosmopolita, appartenente alla famiglia delle Lemnaceae, è stato eseguito in conformità alla norma tecnica ISO 20227:2017, utilizzando il kit Spirodela Duckweed Toxkit™ della MicroBioTests, che ha come end-point l'inibizione della crescita della prima fronda di foglioline che germinano dal turione (gemma vegetativa dormiente) rispetto al controllo negativo. L'allestimento del saggio richiede la germinazione dei turioni per 72 h in specifico mezzo di coltura (Steinberg medium), a 25 ± 1 °C e con illuminazione continua (> 6000 lux). Dopo 72 h i turioni germinati vengono trasferiti in una piastra da 48 pozzetti riempiti con 1 mL di mezzo di coltura (controllo) o di campione al quale vengono aggiunti i sali concentrati costituenti il mezzo di coltura. La piastra viene fotografata al tempo zero e dopo 72h di incubazione alle medesime condizioni ambientali. Le immagini vengono elaborate tramite un software dedicato che misura la superficie di sviluppo della prima fogliolina schiusa dal turione.

I risultati sono espressi come inibizione media dello sviluppo fogliare nei campioni rispetto ai controlli negativi.

Saggio di immobilizzazione con *Daphnia magna*

Daphnia magna Straus (Cladocera, Crostacei) è un crostaceo ben studiato ed ampiamente utilizzato come organismo modello per valutazioni qualitative dell'ambiente acquatico. I saggi con *Daphnia magna* sono stati condotti in conformità alla norma tecnica EN ISO 6341:2012, utilizzando il kit Daphtoxkit F™ della Microbiotests. La procedura prevede l'utilizzo di organismi allo stadio di ephippi (uova invernali) che vengono posti per la schiusa nel mezzo di coltura per 72 ore. I neonati durante il

test non vengono nutriti, ma alimentati unicamente due ore prima dell'inizio dell'esposizione con una sospensione di microalghe (Spirulina).

I saggi sulle acque di risaia sono stati eseguiti sul campione tal quale, in piastre di policarbonato da 30 pozzetti. Prima del saggio ogni campione è stato filtrato su membrana di nylon a 0.45 µm ed aerato per circa 15 minuti. Per ogni saggio sono stati utilizzati 5 individui per replica, con 4 - 8 repliche per ogni campione e per ciascun controllo in mezzo di coltura completo. Le piastre così allestite sono state incubate in condizioni controllate di temperatura (20 ± 2 °C) e in assenza di luce. Le osservazioni di immobilizzazione degli organismi sono state effettuate dopo 24 h e 48 h di esposizione.

I risultati sono stati espressi come percentuale media di immobilizzazione rispetto al controllo negativo.

3.17.1 Metodo per la valutazione dell'indice ecotossicologico

Nell'ambito dei lavori che hanno condotto alla stesura dell'allegato tecnico al DM 173/2016 che disciplina la movimentazione dei fondali marini in relazione all'immersione in mare, ISPRA ha sviluppato un modello per l'analisi di rischio ecologico dei sedimenti marini in collaborazione con il Dipartimento di Scienze dell'Univ. Politecnica delle Marche.

Il modello, per mezzo di una struttura modulare che segue un approccio del tipo LOE (Line Of Evidence), grazie a una serie di indici sintetici innovativi, permette di stimare in maniera integrata il pericolo ecologico-ambientale di sedimenti marini, combinando in maniera ponderata le caratteristiche chimiche, biologiche ed ecotossicologiche.

La struttura del modello SediquaSoft_109® con la procedura di calcolo è dettagliata in Piva et al. (2011) e Benedetti et. (2011), oltre che nel citato allegato tecnico. I passaggi salienti della procedura di calcolo dell'Hazard Quotient (HQ) specifico per le analisi ecotossicologiche sono illustrati nel flow-chart di figura 3.17.1.

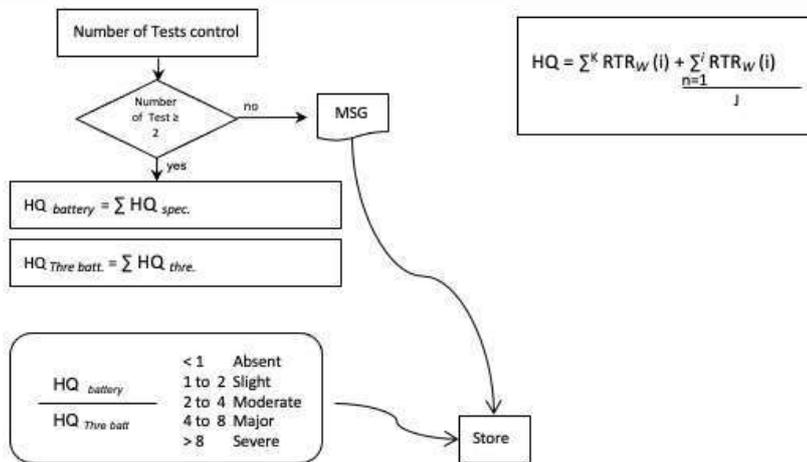
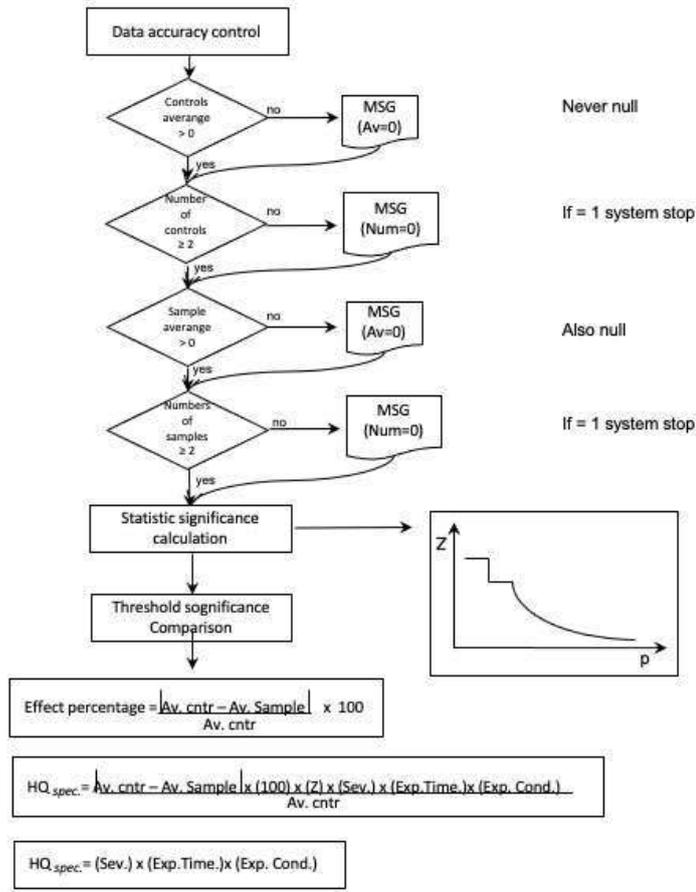


Figura 3.17.1.1 - Flow chart relativo alla procedura di calcolo dell'indice di pericolo ecotossicologico HQ (Hazard Quotient) specifico per sedimenti marini

Per ciascun saggio biologico facente parte della batteria impiegata il modello calcola l'effetto percentuale compensando l'effetto del controllo negativo; dopodiché corregge il risultato mediante un coefficiente Z funzione della significatività statistica della differenza tra le misure degli effetti nel campione e nel controllo, attraverso un semplice t-test per dati con varianza disomogenea; tale risultato viene rapportato con la specifica soglia di tossicità e moltiplicato per un fattore w2 dipendente dal tipo di end-point misurato (crescita, sviluppo, sopravvivenza, ecc.), dalla matrice saggiata (elutriato, sedimento tal quale, acqua interstiziale, ecc.) e dalla esposizione (acuta o cronica). Successivamente gli effetti pesati e corretti per ciascun componente della batteria vengono sommati in un HQ complessivo e normalizzati rispetto ad una scala 1:10. Infine, l'HQ, in funzione del suo valore, viene collocato in una delle 5 classi di pericolo di cui alla figura 3.17.1.1.

La struttura dell'indice, essendo molto versatile, si presta facilmente ad adattamenti e modifiche in funzione delle batterie di saggi e degli ambienti di studio, semplicemente variando i pesi di alcune variabili e inserendo le specifiche relative agli organismi test che compongono la batteria di saggi biologici utilizzata.

Nel caso degli ambienti continentali oggetto della presente indagine, per il calcolo dell'Hazard Quotient a risaie, vigneti e nocciuleti, sono stati adottati i pesi di cui alla tabella 3.17.1.1.

Tabella 3.17.1.1 - Pesi attribuiti alle variabili considerate nell'indice integrato per la stima dell'Hazard

Specie	End-point	Matrix	Exposure	Threshold
<i>Aliivibrio fischeri</i>	Bioluminescence	Water	Acute	15
		Eluate		
		Soil		25
		Soil river bank		
		Soil chamber		
		Sediment		
<i>Daphnia magna</i>	Survival	Water/eluate	Acute	10
<i>Eisenia sp.</i>	Survival	Soil	Acute	10
	Growth	Soil river bank		20
		Soil chamber		
		Soil		
	Survival	Soil river bank		
		Soil chamber		
<i>Lepidium sativum</i>	Germination	Soil river bank	Acute	
		Soil chamber		
		Soil		
	Radical elongation	Soil river bank		
		Soil chamber		
		Soil		
<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Algal Growth	Water/eluate	Chronic	10
<i>Sinapis alba</i>	Germination	Soil river bank	Acute	30
		Soil chamber		
		Soil		
	Radical elongation	Soil river bank	Acute	
		Soil chamber		
		Soil		

End-point	Value	Matrix	Value	Exposure	Value
Survival	2.2	Eluate	1	Acute	1
Radical elongation	1.1	Sediment	0.9	Chronic	0.7
Growth	1	Soil	0.8		
Germination	2	Soil chamber	0.8		
Bioluminescence	1.8	Soil river bank	0.7		
Algal Growth	1.6	Water	0.9		

3.17.2 Analisi statistica dei dati chimici ed ecotossicologici

Al fine di porre a confronto le risultanze ecotossicologiche ottenute nei campi biologici rispetto a quelle dalle colture convenzionali ad essi associati, è stato applicato un t-test specifico per dati accoppiati. Il risultato di ciascun saggio applicato ad un campo biologico è stato posto a confronto con il medesimo saggio applicato al corrispondente campo convenzionale, utilizzando come livello di confidenza $p = 0,05$.

Gli stessi dati sono stati sottoposti anche a un test non parametrico (Mann-Whitney U test), ponendo a confronto per ciascun saggio biologico l'effetto percentuale misurato tra tutti i campioni provenienti da colture convenzionali rispetto a quelle biologiche.

Infine, allo scopo di valutare possibili relazioni tra le risposte ecotossicologiche misurate e le caratteristiche chimiche rilevate nelle varie matrici è stata effettuata un'analisi multivariata (PCA), considerando sia l'analisi delle componenti principali, Le elaborazioni statistiche sono effettuate mediante il Software Past 4.02.

3.18 Analisi statistica e integrata dei dati

Analisi statistica e indici di diversità

Al fine di valutare la risposta di ogni indicatore esaminato a seconda della gestione (biologica e convenzionale) è stato utilizzato il test non parametrico di Wilcoxon-Mann-Whitney. Le analisi statistiche sono state condotte utilizzando il software R (R Core Team, 2018).

Inoltre, per alcuni bioindicatori sono stati calcolati degli indici di valenza ecologica, nello specifico l'indice di Margalef (1958), e l'indice di Shannon-Wiener (1949); il primo è basato sul rapporto tra il numero di specie e il numero totale di individui. Si calcola come:

$$d = (S-1)/\ln(N),$$

dove:

S= numero delle specie trovate;

N= numero degli individui trovati.

L'indice di Shannon-Wiener fornisce una misura relativa della diversità di una comunità. Tale indice considera sia l'abbondanza di individui presenti nella comunità oggetto di studio, sia la loro ripartizione tra le varie specie che compongono tale comunità. L'indice varia tra 0 ed infinito, rispettivamente per comunità i cui individui appartengono tutti alla stessa specie e per popolazioni infinite costituite da infinite specie. La formula per il calcolo dell'indice è la seguente:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln p_i$$

dove:

p_i = frequenza della i-esima specie, ovvero il rapporto tra il numero di individui della specie i-esima e il numero totale di individui del campione;

S = numero delle specie trovate.

È un indice molto utilizzato in ecologia e può fornire informazioni preziose se impiegato per confrontare campioni simili.

3.18.1 Riduzione delle covariate

L'approccio comporta la necessità di trattare insieme una mole considerevole di dati biologici e di dati ambientali, entrambi caratterizzati da una grande variabilità e da una considerevole quota di “rumore di fondo” che ne rende particolarmente difficile l'interpretazione.

I metodi della statistica multivariata forniscono uno strumento efficace per separare la variazione sistematica dal rumore di fondo.

Il consistente numero di covariate coinvolte (variabili ambientali addizionali) e la diffusa multicollinearità ha comportato, quale primo passo, quello di procedere a una riduzione numerica delle stesse combinandole in un minor numero di nuove variabili (chiamate componenti o coordinate principali a seconda del metodo adottato) in grado di spiegare almeno il 70% di quelle originarie. Esistono molti approcci multivariati per perseguire tale riduzione, ciascuno dei quali è correttamente applicabile con alcune tipologie di dati, ma non con altre.

L'Analisi delle Componenti Principali (PCA) è la tecnica di ordinamento più nota e sarebbe stata la più semplice da applicare, basandosi esclusivamente su una rotazione rigida degli assi dello spazio multidimensionale dei dati in modo tale da orientarli in maniera coerente con i pattern di dispersione degli stessi. La PCA, inoltre, avrebbe consentito anche una rappresentazione delle relazioni fra i descrittori originari e fra questi ultimi e le Componenti Principali. Come per la maggior parte delle tecniche di ordinamento, anche per l'Analisi delle Componenti Principali è necessaria l'estrazione di autovalori ed autovettori da una matrice. Nel caso specifico si tratta in genere di una matrice di covarianza o di correlazione. L'Analisi delle Componenti Principali richiede però, per una corretta applicazione, che i descrittori siano di tipo quantitativo e che la loro distribuzione sia di tipo normale. Inoltre, si assume che essi siano legati da relazioni lineari e che la matrice dei dati non contenga un numero eccessivo di zeri. Il tipo di distanza correttamente preservata nella PCA è la distanza euclidea. In considerazione del fatto che la maggior parte delle covariate utilizzate nella presente indagine sono costituite da dati semiquantitativi (ordinali), binari e conteggi, con distribuzioni non riconducibili alla normale neppure tramite trasformazione, si è ritenuto non corretto applicare la PCA e si è proceduto alla riduzione dei dati tramite l'Analisi delle Coordinate Principali (“PCoA”). Le nuove variabili sono codificate in modo da indicare il gruppo di covariate originarie dal quale sono state derivate (indicato con il numero iniziale riferito al foglio oppure al buffer in metri nel quale sono contenute o sono state estratte le covariate originarie) e una lettera indicante l'ordine di estrazione della variabile derivata (o “vettore ambientale”), corrispondente anche al grado di importanza rispetto alla variabilità spiegata (vedi tabella 3.18.1). Tale tecnica di ordinamento ha la proprietà di preservare al meglio le distanze originali fra gli oggetti nello spazio ridotto definito dagli assi principali. Diversamente dalla PCA, le cui componenti principali sono semplici combinazioni lineari dei descrittori originali (eventualmente standardizzati), nella PCoA le coordinate principali sono funzioni delle variabili originali mediate tramite la funzione di distanza o similarità utilizzata. La PCoA, a differenza della PCA, non consente di ottenere una rappresentazione delle relazioni fra i descrittori originari e fra questi ultimi e le coordinate principali da questi derivate.

Tabella 3.18.1 - Sigle dei vettori ambientali utilizzate nei grafici della CCA e relative percentuali di variabilità spiegata rispetto alle covariate originarie raggruppate nei diversi fogli

FOGLIO	ASSE	Eigenvalue	% variabilità spiegata	Nome Vettore
RISAIE				
FG01	1	0,366	63,368	01Am
	2	0,102	17,707	01Bm
FG06	1	0,829	81,796	06Am
FG07	1	1,466	64,643	07Am
	2	0,586	25,845	07Bm
FG10	1	0,097	89,266	10A
FG11 buffer 500m	1	0,350	77,967	500a
FG11 buffer 200m	1	0,512	97,408	200a
FG11 buffer 100m	1	0,555	96,620	100a
FG11 buffer 50m	1	0,406	97,487	50a
FG11 buffer 10m	1	0,723	99,487	10a
VIGNETI				
FG01	1	0,437	88,519	01A1

	1	0,155	64,851	01A2
	2	0,031	12,951	01B2
FG05	1	0,442	57,964	05Am
	2	0,243	31,815	05Bm
FG06	1	1,541	87,100	06Am
FG07	1	2,743	68,783	07Am
	2	0,401	10,056	07Bm
FG10	1	0,023	59,347	10A
	2	0,009	24,058	10B
FG11 buffer 500m	1	0,174	47,139	500a
	2	0,062	16,711	500b
	3	0,036	9,616	500c
FG11 buffer 200m	1	0,803	58,842	200a
	2	0,169	12,410	200b
FG11 buffer 100m	1	1,448	54,335	100a
	2	0,402	15,092	100b
	3	0,317	11,914	100c
FG11 buffer 50m	1	1,156	53,432	50a
	2	0,429	19,810	50b
FG11 buffer 10m	1	0,843	66,600	10a
	2	0,147	11,607	10b
NOCCIOLETTI				
FG01	1	0,353	63,102	01Am
	2	0,079	14,070	01Bm
FG05	1	3,093	83,976	05Am
FG06	1	0,261	62,836	06Am
	2	0,088	21,171	06Bm
FG07	1	0,599	68,405	07Am
	2	0,059	6,694	07Bm
FG10	1	0,337	70,358	10A
	2	0,060	12,629	10B
FG11 buffer 500m	1	0,191	46,843	500a
	2	0,075	18,327	500b
	3	0,038	9,300	500c
FG11 buffer 200m	1	0,442	50,141	200a
	2	0,188	21,337	200b
FG11 buffer 100m	1	0,273	71,442	100a
FG11 buffer 50m	1	0,296	75,687	50a
FG11 buffer 10m	1	0,350	80,007	10a

3.18.2 Relazioni bioindicatori – variabili ambientali

Le caratteristiche che distinguono i dati ecologici sono: 1) il fatto che la maggior parte delle specie è presente solo in alcuni campioni e non in altri; 2) le relazioni tra le specie e le variabili ambientali sono di norma non lineari e spesso neppure monotoniche. Ciò comporta che l'abbondanza delle singole specie o la probabilità della loro presenza sono spesso funzione unimodale delle variabili ambientali e, di conseguenza, che i metodi tradizionali multivariati basati su funzioni lineari siano poco idonei. Per tali ragioni si è scelto di utilizzare l'analisi canonica della corrispondenza (CCA). La CCA aggiunge all'analisi della corrispondenza (CA) la metodologia della regressione, andando a modellizzare una tabella di dati tramite i descrittori di una seconda tabella di dati. La CCA non si limita a scalare insieme i siti e le specie delle taxocenosi considerate, come fa la CA, ma consente anche di esaminare come le posizioni relative tra siti e specie sono associate ai valori delle variabili e delle covariate ambientali. Nella CCA gli assi principali sono estratti non solo in modo tale da spiegare la maggior parte dell'inerzia totale (mancanza di indipendenza tra siti e specie), ma anche in modo tale che la loro correlazione con le variabili ambientali sia massimizzata.

La CCA definisce assi che rappresentano le massime correlazioni con combinazioni lineari delle variabili ambientali. In sintesi, la CCA rappresenta un valido strumento per svelare come una

molitudine di specie risponde simultaneamente a fattori esterni quali variabili ambientali, inquinanti, regime gestionale, ecc.

I criteri e le convenzioni seguiti per l'interpretazione dei grafici ottenuti con la CCA sono i seguenti:

- Il codice di ciascun campo indica con la prima lettera il tipo di coltura (N = Nocchie, R = Risaie, V = Vigneti), con la seconda il tipo di gestione (T = campi in cui si fa uso di prodotti fitosanitari (detti "convenzionali"), B = campi ad agricoltura biologica) e quindi un numero identificativo;
- Ciascun asse principale del grafico rappresenta una specifica combinazione lineare delle variabili ambientali considerate, tale da realizzare un gradiente ambientale quanto più possibile efficace nello spiegare il gradiente delle abbondanze delle unità tassonomiche campionate nei diversi siti;
- Gli assi dei grafici sono numerati in base alla quota decrescente di variabilità spiegata nella taxocenosi considerata, così l'asse 1 spiega di più dell'asse 2 e così via;
- Per ciascun caso (coltura e taxocenosi indicatrice) è stato considerato un numero di assi principali tale da spiegare oltre il 70% della variabilità, sino ad un massimo di 4 assi;
- Sono stati riportati solo i grafici relativi ai primi 2 assi principali esponendo nei commenti ai risultati gli ulteriori riscontri derivanti dall'esame dei successivi assi;
- Per ciascun gruppo di campi a differente tipo di gestione è stato delineato il più piccolo poligono convesso in grado di includere tutti i membri del gruppo stesso, individuandone il baricentro rispettivamente con le sigle "CON" (gestione convenzionale con utilizzo di prodotti fitosanitari) e "BIO" (gestione con approccio biologico senza utilizzo di prodotti fitosanitari);
- Gli assi dei grafici sono numerati in base alla quota decrescente di variabilità spiegata nella taxocenosi considerata, così l'asse 1 spiega di più dell'asse 2 e così via;
- La capacità del campione esaminato di discriminare bene tra campi biologici e convenzionali può essere suggerita da alcuni riscontri: 1) minor numero di assi principali in grado di spiegare più del 70% della varianza; 2) autovalori (eigenvalues) degli assi principali più elevati; 3) baricentri ben distanziati e su quadranti opposti del grafico (ovvero con posizioni di segno opposto per entrambi i gradienti ambientali espressi dagli assi); 4) minima sovrapposizione dei poligoni minimi convessi (a indicazione di una più precisa discriminazione operata dal bioindicatore considerato tra campi biologici e convenzionali)..
- L'importanza dei singoli vettori ambientali nel differenziare le taxocenosi tra campi biologici e convenzionali può essere valutata, in sintesi, individuando quei vettori maggiormente paralleli alla direttrice che connette idealmente i baricentri dei due gruppi e, tra questi, quelli di lunghezza maggiore.

4 RISULTATI RISAIE

4.1 Tipologia dei trattamenti fitosanitari e compatibilità con la Misura n. 13

In risaia sono per lo più effettuati trattamenti fitosanitari in tre periodi stagionali:

- un trattamento erbicida in presemina, tra aprile e inizio maggio;
- un trattamento erbicida in post-emergenza del riso in giugno;
- un trattamento anticrittogamico contro il brusone a fine luglio-inizio agosto.

Nelle aziende agricole convenzionali sono stati utilizzati nel corso delle varie annualità i formulati, con i rispettivi principi attivi riportati nella seguente tabella 4.1.1, che contiene una valutazione rispetto alla compatibilità con quanto previsto dalla Misura 13, secondo il metodo descritto nel par. 3.2.

Tabella 4.1.1 – *Elenco dei formulati e dei principi attivi utilizzati nelle aziende risicole di studio nel corso di tutte le annualità (cfr. par. 3.2)*

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
RT4	2019	3LOGY	Thymol (Timolo), Geraniol, Eugenol	Fungicida	Autorizzato in biologico	0
RT1, RT5	2019	AURA	Profoxydim	Erbicida	N - H410. Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Da considerare come avente proprietà d'interferente endocrino che può causare effetti avversi negli esseri umani (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408). La sostanza attiva è pericolosa per l'ambiente ma mancano frasi Spe.	-1
RT1*,** RT2*	2015* 2016**	BEAM	Triciclazolo	Fungicida	N - H411 - Prodotto revocato dal 30/03/2009, esaurimento scorte entro il 30/11/2009. Il principio attivo Triciclazolo è stato revocato il 30/06/2017 ma autorizzato ripetutamente in deroga.	-1
RT2* RT4** RT5**	2015*, 2018- 19**	BEYOND	Imazamox	Erbicida	N - H410 - SPe2 - Da iscrivere tra s.a. candidate alla sostituzione considerata sostanza persistente e tossica (Reg UE 2015/408)	-1
RT1	2019	BUGGY 360 SG N.E.T.	Glifosate	Erbicida	N - Revoca mancato adempimento a normative. Data smaltimento scorte 03/11/2019. SPe 2, SPe 3	-1
RT1	2016	CADOU	Flufenacet	Erbicida	N - H410. Nonostante sia pericoloso per gli organismi acquatici mancano le relative frasi Spe	-0.75

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
RT1	2016	CLINCHER	Cialof-Butile	Erbicida	Revoca mancato adempimento a normative. Data smaltimento scorte 16/10/2018	-1
RT1 RT4, RT5	2018, 2019	CLINCHER ONE	Cialof-Butile	Erbicida	N – H410 - Autorizzato con procedura zonale.	-0.75
RT5	2019	COMMAND 36 CS_00604	Clomazone	Erbicida	N - H413	-0.75
RT1	2019	CONTEST	Alpha-Cypermethrin	Insetticida	N – H410 -	-0.75
RT1* RT4**	2016* 2019**	DASH	MetilOleato/MetilPalmitato	Coadiuv.	N - H411. Revocato. Smaltimento scorte entro il 22/05/2017.	-1
RT3	2016	FACET	Quinclorac	Erbicida	Revoca non iscrizione sostanza attiva in allegato I. Manca la frase Spe nonostante gli effetti sugli anfibi e sul suolo.	-1
RT1* ** RT5**	2015* 2018, 2019**	FENOXILENE 200	MCPA	Erbicida	N - H411 - SPe2, SPe3	-0.75
RT1	2018, 2019	FLINT	Trifloxystrobin	Fungicida	N – H410 - SPe2	-0.75
RT1* , ** RT3, RT4**	2016*, 2018, 2019**	KARATE ZEON	Lambda-Cyhalothrin	Insetticida	N – H410 - SPe3, SPe8 - Il formulato contiene una sostanza attiva molto tossica per gli artropodi utili. Non trattare in fioritura	-0.75
RT1	2019	KRONOS	Oxyfluorfen	Erbicida	N - H410. La sostanza attiva è da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanze persistente, bioaccumulabile, tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408).	-1
RT4	2019	LOYANT	Florpyrauxifen Benzyl	Erbicida	N - H410 - Non ha frasi Spe.	-0.75
RT1	2019	MIRADOR	Azoxystrobin	Fungicida	N - H410. Profilo negativo per il comapto suolo ma non ha frasi Spe.	-0.75
RT1	2016, 2019	RIFIT EC 500	Pretilachlor	Erbicida	N - H410. Scaduto. Revoca per mancato rinnovo	-1

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
					approvazione s.a. data smaltimento scorte 16/04/2020. Autorizzato in deroga (art. 53 Reg. 1107/2009). È fatto divieto di utilizzo nelle aree Natura 2000, definite come SIC, ZPS o ZSC.	
RT1*,** RT2*,** RT3** RT4, RT5***	2015* 2016** 2018, 2019***	RONSTAR FL	Oxadiazon	Erbicida	N - H410 - Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione - Persistente e tossico Revocato. Data smaltimento scorte 30/06/2020.	-1
RT4, RT5	2018, 2019	ROUNDUP 450 PLUS	Glifosate	Erbicida	N - H412 - SPe2, SPe3. Non presente nella banca dati dei prodotti fitosanitari del Minsitero della Salute.	-0.75
RT3	2016	ROUNDUP MAX	Glifosate	Erbicida	Spe2_Revoca mancato adempimento a normative. Smaltimento scorte al 22/05/2017	-1
RT1* RT4** RT5***	2016* 2018* 2019**	STRATOS	Cycloxiidim	Erbicida	N - - H411 -SPe3	-0.75
RT1	2019	TAIFUN MK CL	Glifosate	Erbicida	SPe2 - Divieto ai fini della protezione delle acque sotterranee. Mancano le frasi H nonostante il profilo della sostanza attiva.	-1
RT1	2019	THIOPRON	Zolfo	Fungicida	Spe8 - Autorizzato in agricoltura biologica	-0.5
RT1	2019	TRIPION	MCPA	Erbicida	N- H410 - Spe3. Scadenza il 31/10/2020	-0.75
RT1*,*** RT3**, RT4**	2015* 2016** 2019***	VIPER	Penoxsulam	Erbicida	N - H410.	-0.75

4.2 Rischi potenziali per flora e fauna associati all'uso dei prodotti fitosanitari

Nel periodo 2018-2019 su un totale di 21 prodotti utilizzati, ben 18 sono definiti tossici o molto tossici per la fauna acquatica e 17 con effetti di lunga durata sugli ecosistemi.

Dei principi attivi frequentemente riscontrati nelle acque irrigue (cap.2) un rilievo particolare riguarda l'Oxadiazone contenuto nel Ronstar, un erbicida ad ampio spettro utilizzato per azione antigermine su risaie pre-allagata o prima della semina particolarmente persistente e poco solubile in acqua. Oltre a determinare la scomparsa di specie vegetali chiave per gli habitat acquatici, il prodotto un prodotto resistente al metabolismo microbico, impoverendo gradualmente la microflora, da moderatamente ad altamente tossico per i pesci, anfibi, con effetti tossici subcronici e cronici nei test su apparati riproduttivi dei mammiferi. Anche l'Imazamox, contenuto nel Beyond, un prodotto impiegato per il contenimento delle infestazioni di riso crodo (*Oryza sativa var. sylvatica*) in abbinamento alla tecnologia Clearfield Riso, basata sulla tolleranza all'erbicida imidazolinone, è frequentemente riscontrato nelle acque circolanti. Si applica in due passate, la prima in asciutta e prima dell'accestimento della coltura, e una seconda in pieno accestimento anche per controllare altre piante. Si tratta di un prodotto altamente tossico per gli organismi acquatici che può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico. Agisce sulle piante acquatiche determinando impoverimento floristico e alterazione delle comunità vegetali acquatiche.

Il MCPA (Fenoxilene) è un erbicida tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata. Sono stati osservati effetti tossici su batteri del suolo.

Tra i prodotti da segnalare per la potenziale pericolosità per la biodiversità, utilizzati nelle risaie piemontesi oggetto di studio nel 2018-2019, troviamo il MIRADOR SC_01925 a base di Azoxystrobin. Il principio attivo è sospetto persistente nell'ambiente (ECHA, all. 3); può persistere più di 1 anno nel suolo (PPDB, Rodrigues, 2016) ed ha un'elevata persistenza in acqua (ARPAT, 2017). È una delle sostanze attive più frequentemente rinvenute nelle acque superficiali e sotterranee italiane (ISPRA, 2018). Riduce la diversità micologica nel suolo (Adetutu et al., 2008) ed ha un'alta tossicità per i lombrichi (Wang et al., 2012).

Tuttavia, nell'etichetta del prodotto non è indicata nessuna frase di precauzione per l'ambiente SPe.

In tutti gli anni di osservazione sono stati utilizzati prodotti a base dell'erbicida Pretilachlor (RIFIT ec 500 e Rifit), vietato a partire dal 31.12.2007, ma autorizzato dal Ministero della Salute dal 2014, che ne ha consentito l'utilizzo con autorizzazione in deroga per situazioni di emergenza fitosanitaria su riso, ai sensi dell'art. 53, paragrafo 1, del regolamento (CE) n. 1107/2009 sui prodotti fitosanitari.

Anche il prodotto CLINCHER a base di Cialofop-Butile è stato revocato per mancato adempimento a normative, con una data di smaltimento delle scorte fissata al 16 ottobre 2018. Il principio attivo è tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata.

Passando alle etichette, il prodotto Aura, contenente il principio attivo Profoxydim, non ha frasi SPe. Tuttavia, la sostanza attiva, ai sensi del Regolamento di esecuzione UE 2015/408 è da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione, in quanto avente proprietà di interferente endocrino. La sostanza attiva è tossica per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata. Si tratta quindi di un prodotto potenzialmente pericoloso per la fauna terrestre e acquatica.

Con il Regolamento di esecuzione (UE) 2017/983, decorrenza 30/06/2017, l'Unione Europea ha stabilito la non approvazione nell'ambito territoriale UE del Triciclazolo, sostanza attiva ad azione specifica per il controllo del brusone (*Pyricularia oryzae*), contenuta anche nel prodotto Beam utilizzato durante la campagna 2015. Il Triciclazolo è stato revocato in seguito alla mancanza di dati relativi al «potenziale genotossico e cancerogeno», alla «possibilità di agire come interferente endocrino» e alla valutazione riguardo il «rischio di contaminazione delle acque sotterranee».

Il prodotto CONTEST_00625, utilizzato nelle risaie nel 2019, non ha frasi SPe, contiene il principio attivo Alpha-Cypermethrin, potenzialmente neurotossica per gli uccelli (ISPRA 2015, tab. 48), tossico per gli Odonati (ISPRA, 2014, all. 2 tab. 46), molto tossico per le api e i bombi (PPDB; FAO, 2009, 2013; Arena & Sgolastra, 2013), e viene impiegato contro i lepidotteri. Questo anche in riferimento al prodotto Karate Zeon a base di Lambda Cyalothrin, che ha tossicità per gli organismi non target del tutto paragonabile, anche se meno persistente; tale prodotto però presenta frasi di rischio SPe3 e SPe8.

Nelle risaie sono stati utilizzati anche prodotti a base di glifosate. In particolare, BUGGY 360 SG N.E.T. è stato revocato, mentre ROUNDUP 450 PLUS, che è ancora consentito e che presenta in etichetta frasi SPe2, SPe3. Quest'ultimo principio attivo presenta un profilo ambientale non favorevole. L'esposizione dei mammiferi a glifosate prima della concezione della prole è stata associata a rischi elevati di aborti tardivi. Agisce inibendo il complesso enzimatico del Citocromo P450, normale sistema metabolismo di molte specie diverse di organismi. Sono infatti noti e ben dimostrati gli effetti di alterazione e distruzione di gran parte della flora microbica intestinale da parte del glifosate su diversi organismi quali: api, bovini

e suini. Sono inoltre stati dimostrati effetti avversi sugli apparati riproduttivi di diversi organismi; infine provoca malformazioni congenite, soprattutto cardiache e ossee negli anfibi e risulta tossico per i chiropteri. Molti di questi effetti si verificano anche con l'esposizione a basse dosi (Antoniou et al., 2012 a; Brooker et al., 1991; Carman et al., 2013; Krüger et al., 2013a; Mnif et al., 2011; CLP classification 2013; Suresh, 1993; ISPRA 2015; Arbuckle et al., 2001; Suarez-Lopez et al., 2013; Samsel & Senef, 2013a, b, 2015, 2017).

Il metabolita AMPA è sospetto mutageno (ECHA, 2016) ed è un interferente endocrino. Vari prodotti contenenti glifosate, hanno effetti tossici diretti negli adulti e nei girini degli anfibi e causano aumento della loro mortalità (Relyea, 2005a, Relyea, 2005b; Reylea & Jones, 2009; Lajmanovich et al., 2005; Jayawardena et al., 2010).

Tra i prodotti che possono avere un elevato impatto ambientale si segnala Kronos, che contiene Oxyfluorfen, sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente, bioaccumulabile e tossica secondo il Regolamento di esecuzione UE, 2015/408.

4.3 Risultati delle Analisi granulometriche dei suoli

Le analisi compiute hanno permesso di effettuare alcune considerazioni sulla natura fisica dei terreni prelevati presso le risaie piemontesi. In particolare, è stata determinata la distribuzione e le dimensioni dei granuli costituenti e stimato il peso specifico degli stessi. La stima della classe tessiturale è stata effettuata utilizzando gli standard del USDA (Dipartimento di Agricoltura degli Stati Uniti d'America), che prevedono l'individuazione della tessitura basandosi sulle abbondanze percentuali di sabbia, limo e argilla, escludendo dal computo la frazione maggiore di 2 mm (scheletro). In tutto, sono state effettuate le analisi su 6 campioni (tabella 4.3.1).

Tabella 4.3.1 – Distribuzione delle frazioni granulometriche, secondo la classificazione USDA, dei campioni provenienti dalle zone piemontesi

ANALISI GRANULOMETRICA						
<i>Classe granulometrica</i>	<i>Campi in studio (Piemonte)</i>					
	<i>CON</i>	<i>BIO</i>	<i>CON</i>	<i>BIO</i>	<i>CON</i>	<i>BIO</i>
	<i>RT1</i>	<i>RB4</i>	<i>RT4</i>	<i>RB1</i>	<i>RT5</i>	<i>RB5</i>
<i>SABBIA %</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>8</i>	<i>12</i>	<i>39</i>	<i>48</i>
<i>LIMO %</i>	<i>69</i>	<i>70</i>	<i>62</i>	<i>60</i>	<i>46</i>	<i>38</i>
<i>ARGILLA %</i>	<i>20</i>	<i>18</i>	<i>30</i>	<i>28</i>	<i>15</i>	<i>14</i>

Come visibile dai valori ottenuti, in base alle abbondanze delle frazioni granulometriche e secondo le norme di classificazione dell'USDA, esiste una evidente correlazione diretta tra i campi di confronto in studio, nonostante essi siano classificati in classi tessiturali diverse. I campi RT1 e RB4 hanno una tessitura medio-limosa, i campi RT4 e RB1 risultano essere a tessitura medio argillosa tendenzialmente limosa e i campi RT5 e RB5 appartengono alla classe granulometrica a tessitura di grana media (costituiti da una maggiore componente granulometrica grossolana rispetto agli altri campi in studio). Nella figura 4.3.1 è riportata, nel diagramma ternario, l'abbondanza delle componenti sabbiose, limose ed argillose. Il confronto a coppie evidenzia comunque una totale similitudine, tra i campi a trattamento convenzionale e biologico.

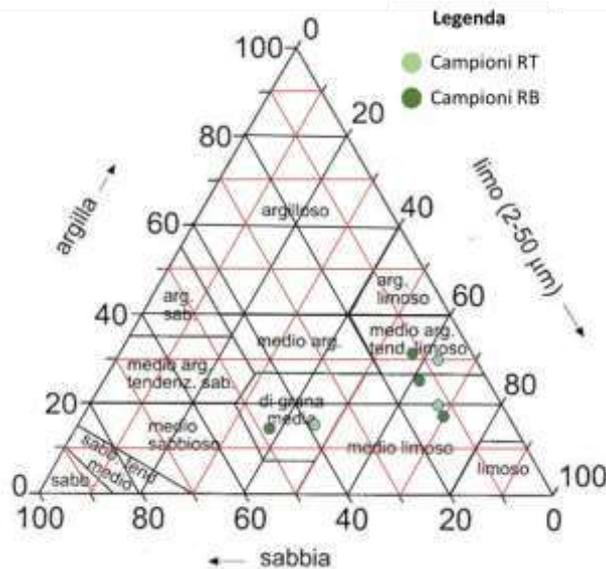


Figura 4.3.1 – Diagramma ternario contenente la classificazione dei suoli prelevati nelle risaie piemontesi, in funzione dell’abbondanza percentuale della componente granulometrica

A conferma della correlazione tra i campi di confronto, anche la stima delle abbondanze dello scheletro (frazione granulometrica maggiore di 2 mm) mostra una netta confrontabilità dei valori rilevati nelle diverse coppie dei campi in studio, come visibile nella tabella 4.3.2.

Tabella 4.3.2 – Valori dell’abbondanza dello scheletro nei campioni in studio, provenienti dalle risaie del Piemonte

ABBONDANZA DELLO SCHELETRO			
Regione	Sigla campo		abbondanza %
Piemonte	CON	RT1	< 1
	BIO	RB4	< 1
	CON	RT4	8
	BIO	RB1	13
	CON	RT5	37
	BIO	RB5	43

In coerenza con le analisi granulometriche, anche il valore del peso di volume della parte solida (peso specifico - γ_s) riportato nella tabella 4.3.3 evidenzia una netta correlazione tra i campi di confronto. In particolare, vi è una similitudine tra le coppie dei campi RT1-RB4 e RT4-RB1 che, in base ai valori del peso specifico, sono costituiti da granuli formati da minerali a densità minore (mediamente 2,73 g/cm³, corrispondente a 26,75 kNm³). Diversi, ma non molto differenti sono invece i valori relativi ai campi RT5-RB5 che hanno un peso specifico pari a 2,77 g/cm³ (corrispondente a 27,16 kNm³), questo probabilmente dovuto alla diversa natura mineralogica dei granuli costituenti il suolo.

Tabella 4.3.3 – Valori del peso dell'unità di volume della parte solida dei campioni in studio, provenienti dalle risaie del Piemonte

PESO DELL'UNITÀ DI VOLUME DELLA PARTE SOLIDA			
Regione	Sigla campo		Peso specifico media (g/cm ³)
Piemonte	CON	RT1	2,72
	BIO	RB4	2,72
	CON	RT4	2,73
	BIO	RB1	2,74
	CON	RT5	2,77
	BIO	RB5	2,78

4.4 Risultati Analisi chimiche nei suoli e nelle acque

Campagna 2015

Nel 2015 al fine di individuare la possibile presenza di residui di fitofarmaci, lo studio si è articolato sul campionamento e l'analisi dei principali principi attivi nelle acque di risaia e nei suoli delle camere di risaia. La frequenza di campionamento è stata messa in relazione all'applicazione dei prodotti fitosanitari dichiarati dalle aziende.

Le analisi chimiche sono state svolte da ARPA Piemonte mediante determinazione di residui di prodotti fitosanitari in campioni acquosi (Rapporto Istisan 07/31 met. ISS CAC. 015 rev. 00) e determinazione di fitofarmaci mediante HPLC e LC-MS (U.RP.M278) con metodo interno Agilent. Il limite di quantificazione adottato per tutti i principi attivi, qualora tecnicamente possibile, è pari a 0,2 µg/l.

Per le acque, lo schema di campionamento inizialmente ha previsto la raccolta di un campione entrante nella camera di risaia e uno uscente per verificare il differenziale di qualità delle acque operato in positivo o in negativo dalla camera di risaia. Nel prosieguo dell'attività le camere di risaia sono state chiuse, rendendo inutile lo schema adottato e si è ritenuto che un solo campione in camera di risaia fosse esaustivo della situazione di qualità delle acque dopo trattamento.

La presenza di Oxadiazon è stata riscontrata in modo importante sia nei campioni dopo il primo trattamento con concentrazioni da 9,4 µg/l in RT1 a 4,26 µg/l in RT2, sia a circa un mese dal trattamento, con valori ancora superiori da 13,45 µg/l in RT1 a 3,13 µg/l in RT2. Solo due mesi dopo sono tornati in entrambe le aziende a valori di circa 0,7 µg/l, prossimi a quelli riscontrati nelle acque circolanti nel reticolo irriguo anche in aziende biologiche, come il valore trovato in RB2 di 0,6 µg/l, riscontrato sia in ingresso che in uscita dalla camera di risaia. Altri valori riscontrati da segnalare sono quelli di: Quinclorac con 53 µg/l in entrata e 65,9 µg/l in uscita in RT1 a inizio giugno e 11,05 µg/l nell'azienda RT2 il 30 luglio (già presente a inizio giugno con 1 µg/l) e di MCPA in RT1, riscontrato in ingresso con 219 µg/l e salito a 349 µg/l in uscita (il principio attivo era stato distribuito 3 giorni prima del prelievo). In quest'ultima azienda sono stati anche riscontrati residui di Metolaclor (1,3 µg/l), Pretilaclor (0,5 µg/l) e Dimetenamimide (0,8µg/l). Per quanto riguarda il Triciclazolo, ancora utilizzabile nel 2015 per la lotta al Brusone, sono stati rilevati valori di 28,5 µg/l 3 giorni dopo la sua distribuzione in RT2, mentre in RT1 la sua presenza è stata costante a partire dal primo campionamento, con valori sostenuti di 3 µg/l e con un incremento a giugno (5 µg/l) ed inspiegabilmente senza incrementi dopo il trattamento in campo ai primi di agosto. In RT1 si evidenzia una situazione di maggior concentrazione di Triciclazolo anche nel suolo, con valori di 0,6 µg/kg mentre nelle altre aziende (RT2 e anche RB2) il valore è risultato di 0,1 µg/kg.

Per quanto riguarda gli altri valori del suolo è interessante notare la presenza in tutte le aziende di Oxadiazon con valori costanti e bassi tra inizio e fine stagione in quelle biologiche (0,04 µg/l in RB2 e 0,01 µg/l in RB1) e di 0,076 µg/l in RT2 e 0,27 µg/l in RT1. In RB1 sono state riscontrate anche tracce di Molinate 0,009 µg/l, non utilizzato dall'azienda in base a quanto dichiarato.

Suoli

Nelle tabelle 4.4.1, 4.4.2 e 4.4.3 dell'ALLEGATO al Capitolo 4 sono riportati i valori di TOC, TC, TN, Contenuto d'acqua, Sostanza organica Totale, Calcio, Potassio, Magnesio ricercati per la caratterizzazione dei campioni di suolo e sedimento nel biennio 2018-2019.

Le percentuali di Azoto Totale rilevate indicano un "terreno" mediamente ben dotato, secondo la classificazione di tabella 4.4.4, mentre i rapporti C/N sono risultati generalmente > 11.

Tabella 4.4.4 - *Classificazione terreni in base alla concentrazione di Azoto Totale determinato con analisi elementare*

Giudizio	Azoto totale (g/kg)	Azoto totale (%)
molto povero	< 0,5	< 0,05
scarsamente dotato	0,5 - 0,7	0,05 - 0,07
mediamente dotato	0,8 - 1,2	0,08 - 0,120
ben dotato	1,3 - 2,4	0,130 - 0,240
ricco	2,5 - 5,0	0,250 - 0,500
molto ricco	> 5,0	> 0,500

Tali risultati, quindi, hanno evidenziato una percentuale della componente organica nei suoli tale da "impegnare" l'azoto nella stabilizzazione e renderlo meno disponibile per l'accrescimento. I rapporti non hanno subito variazioni sostanziali tra t0 e t1. Il rapporto C/N mostra valori più bassi nei campi convenzionali rispetto a quelli biologici, ma mai inferiori a 10, ad eccezione di RT1 t0 CAM SUOLO (C/N=3) ed RT1 t1 SED OUT in cui C/N=6.

La caratterizzazione del suolo e del sedimento attraverso i parametri sostanza organica, contenuto d'acqua e macroelementi (Calcio, Potassio e Magnesio) non ha mostrato differenze significative tra i campi biologici e convenzionali. Non si evidenziano andamenti specifici prima e dopo il trattamento e neanche nei due anni d'indagine, mantenendo valori pressoché costanti nel periodo considerato. Si riscontrano generalmente valori più alti in contenuto percentuale di acqua nei campioni di sedimento rispetto ai campioni di suolo.

Sulla base dei risultati ottenuti per i prodotti fitosanitari inorganici (tabelle 4.4.5 - 4.4.7 dell'ALLEGATO al Capitolo 4), è possibile evidenziare come nelle risaie il contenuto in Rame sia molto inferiore rispetto a quello riscontrato in altre colture, mentre lo Zolfo è paragonabile a quello ritrovato nei vigneti e nei nocioleti.

Si fa presente che il solfato di rame in passato fu impiegato anche in risaia per combattere le alghe, successivamente abbandonato in favore di prodotti più efficaci; vietati questi, è tornato in auge per poco tempo, fino al 2012 quando è stato definitivamente vietato. Di conseguenza i bassi valori riscontrati confermano che il Rame non viene più adoperato nei trattamenti di entrambe le tipologie di campi, convenzionali e biologici. Invece, per quanto concerne lo Zolfo, questo elemento può ancora essere somministrato insieme ad altri prodotti sia nei campi a trattamento biologico che convenzionale.

È stato inoltre verificato se ci fosse una differenza significativa nei confronti a coppie, raggruppando tutti i valori riscontrati per i campi biologici e tutti i valori provenienti dai campi trattati convenzionalmente (Tabella 4.4.8). Per il Rame tale differenza è risultata significativa tra la coppia RB5-RT5, mentre per lo Zolfo si è dimostrata significativa sia per quest'ultima coppia che per la coppia RB1-RT4. Per entrambi i metalli i valori maggiori sono stati ritrovati sempre nel campo a trattamento convenzionale.

I prodotti fitosanitari organici nei campioni di suolo/sedimento di risaia, i cui valori sono riportati nel dettaglio nelle tabelle 4.4.9 - 4.4.11 dell'ALLEGATO al Capitolo 4, hanno mostrato nella quasi totalità dei casi concentrazioni inferiori al limite di quantificazione. In particolare, le concentrazioni dei fitofarmaci ricercati sono risultate < LOQ in tutti i campioni provenienti da colture biologiche, mentre i pochi casi di concentrazioni quantificabili relativi a Oxadiazon, Oxyfluorfen e Pendimethalin sono stati rilevati in campioni provenienti da colture convenzionali.

Anche in questo caso, la scarsa numerosità di risultati quantificabili non consente di valutare differenze fra le varie tipologie di campioni provenienti dalle risaie (camera, argine, sedimento in ingresso o in uscita) o anche solo fra prima e dopo il trattamento.

Tabella 4.4.8 - t-test applicato ai valori medi di concentrazioni riscontrati nei campioni di suolo provenienti dai campi a trattamento biologico e convenzionale (significatività 95%, $p < 0.05$) per il biennio 2018-2019. In grassetto i valori statisticamente significativi

T-TEST						
	Cu			S		
	valore sp. t	valore limite	gradi di libertà	valore sp. t	valore limite	gradi di libertà
RB4/RB6-RT1	0,811	2,069	23	0,729	2,069	23
RB1/RT4	1,209	2,074	22	3,894	2,074	22
RB5/RT5	5,212	2,093	19	3,260	2,093	19

Acque

Nella tabella 4.4.12 dell'ALLEGATO al Cap. 4 sono riportati i valori di Ca, K, Mg ricercati nei campioni di acqua, ad eccezione di RT4, al tempo T0, poiché in quantità non sufficiente per effettuare le analisi. Le concentrazioni di questi tre macroelementi indicano che il Calcio è il più presente (4,27 - 44,25 mg/L), seguito da Magnesio (< 1 - 15,01 mg/L) e Potassio in quantità simili (< 1 - 33,93 mg/L) sia nei campi biologici che convenzionali. Per il Calcio e in modo minore per il Potassio, i valori maggiori si ritrovano nei campi biologici, con valori simili tra i due anni d'indagine. Inoltre, si evidenzia un leggero aumento delle concentrazioni in seguito al trattamento in tutti i campi.

Non si notano variazioni legate al punto di prelievo (IN o OUT).

Nella tabella 4.4.13 dell'ALLEGATO al Cap. 4 sono raccolti i risultati relativi alle analisi di Rame e Zolfo del biennio 2018-2019. I valori riscontrati in acqua si attestano su range molto bassi, specialmente per il Rame, così come i valori trovati nei campioni di suolo dei medesimi campi. È abbastanza verosimile che ciò sia riconducibile al divieto del solfato di rame in risaia a partire dal 2012. In generale, si osserva che i valori di Rame e Zolfo sono paragonabili nei due anni d'indagine per tutti i campi studiati, con una maggiore concentrazione di Rame nel punto di prelievo OUT rispetto ad IN.

Nelle tabelle 4.4.14 e 4.4.15 dell'ALLEGATO al Cap. 4 sono mostrati i risultati relativi alle analisi chimiche di prodotti fitosanitari effettuate su campioni di acqua di risaia riferiti al 2018 e al 2019 rispettivamente.

Nei campioni prelevati nel 2018 l'Oxadiazon è stato rilevato a concentrazioni superiori al limite di quantificazione del metodo (LOQ) in tutti i campioni analizzati, mostrando una contaminazione diffusa sia nei campioni prelevati dai campi convenzionali che in quelli biologici. Il range di concentrazione è compreso tra 0,13 e 1,75 µg/L per i campi trattati con fitofarmaci e tra 0,10 e 1,72 µg/L per i campi con trattamento biologico. Il Metolachlor è rilevato in quantità superiori al LOQ solo nei campioni prelevati in RT5 nella seconda campagna (RT5 T1 IN: 0,13 µg/L e RT5 T1 OUT: 0,47 µg/L); l'Oxyfluorfen è rilevato in RT1 nel primo campionamento (T0) in quantità prossime al LOQ (RT1 T0 IN: 0,23 µg/L; RT1 T0 OUT: 0,12 µg/L). Infine, il Clorpirifos è determinato in quantità pari al LOQ (0,10 µg/L) nel campo RB5 in ingresso al tempo T0.

Nel campionamento del 2019 si nota una maggiore differenziazione per quanto riguarda le concentrazioni di Oxadiazon tra campioni di campi convenzionali (range: < 0,10 - 47,6 µg/L) e quelli biologici (range: < 0,10 - 1,56 µg/L); in questi ultimi, le concentrazioni rilevate sono generalmente appena superiori al LOQ (con l'eccezione di RB1 T0 IN: 1,56 µg/L), simili a quelle determinate l'anno precedente. Nei campi convenzionali concentrazioni decisamente superiori al LOQ sono determinate in due campioni (RT5 T0 OUT: 47,6 µg/L e RT4 T0 CAM: 26,3 µg/L), mentre per i restanti le concentrazioni rilevate sono di bassa entità e paragonabili a quelle rinvenute nei campi biologici. Per quanto riguarda gli altri principi attivi analizzati, risultano tutti al di sotto del LOQ, con l'eccezione della Lambda-cialotrina in RB6 T0 IN (0,17 µg/L) nonostante non sia stata utilizzata in base a quanto dichiarato dall'Azienda.

4.5 Risultati Analisi ecotossicologiche nei suoli e nelle acque

Nel 2015 le analisi ecotossicologiche sono state eseguite da ARPA Piemonte su campioni di acqua superficiale durante il periodo di adattamento e sui campioni di suolo a fine stagione colturale.

I test effettuati nel 2015 sono stati i seguenti:

- inibizione della mobilità del crostaceo *Daphnia magna* utilizzando il metodo UNI EN ISO 6341:2013;
- inibizione della luminescenza del batterio *Aliivibrio fischeri* applicando il metodo APAT CNR-IRSA metodo 8030 Man 29/2003;
- inibizione della crescita algale utilizzando l'alga monocellulare *Raphidocelis subcapitata* (con la metodica UNI EN ISO 8692:2012).

Assumendo come soglia di attenzione valori del 50 % di inibizione, si evidenzia un solo campione prossimo a tale valore, ovvero il saggio sull'alga *Pseudokirchneriella subcapitata* in RT1 sul campione di acqua del 9 giugno, in contemporanea con il rilevamento nelle acque di residui importanti di MCPA, Quinclorac, Oxadiazon, Metilacolor, Dimetenamide, Pretilacolor.

Campagne 2015 - 2016

Nella campagna 2015 le analisi ecotossicologiche sono state eseguite da ARPA Piemonte su campioni di acqua superficiale e di suolo a fine stagione colturale nelle aziende trattate utilizzando i saggi con *Aliivibrio fischeri* (APAT CNR-IRSA, metodo 8030, 2003), con *Daphnia magna* (UNI EN ISO 6341:2013) e il saggio algale con *Raphidocelis subcapitata* (UNI EN ISO 8692:2012).

A seguito dei primi prelievi effettuati lo schema di campionamento è stato rettificato: nella prima campagna post trattamento è stato prelevato un campione entrante (IN) nella camera di risaia e uno uscente (OUT); nel prosieguo dell'attività in periodo estivo, a causa delle temperature molto elevate, le camere di risaia sono state chiuse, rendendo inutile lo schema adottato: in questo caso si è optato per un prelievo unico all'interno della camera di risaia (INT).

Nella tabella 4.5.1 dell'ALLEGATO al Capitolo 4 sono presentati in dettaglio i risultati dei saggi ecotossicologici che, in linea generale, non hanno evidenziato particolari situazioni di tossicità. Sono stati considerati significativi gli effetti biologici superiori al 20 % per *D. magna* e *A. fischeri* e 10 % per l'inibizione dell'alga *R. subcapitata*. In ogni caso, valori significativi di tossicità non possono essere associati alla presenza di residui di prodotti fitosanitari, in quanto le concentrazioni rilevate dall'analisi chimica sono risultate generalmente inferiori ai valori di tossicità tipici delle specie utilizzate. Solo nel caso di *R. subcapitata* è possibile supporre una risposta misurata in relazione alla presenza di un prodotto fitosanitario, ovvero nel campione RT1 prelevato subito dopo un trattamento erbicida (RT1_t2-OUT). Nel caso specifico, infatti, sia nel campione in entrata (IN) che in quello di uscita dell'acqua dalla risaia (OUT), l'analisi chimica ha rilevato la presenza di alcuni pesticidi quali, MCPA (349 µg/L IN, 219 µg/L OUT), Metolacolor (1.22 µg/L IN, 1.34 µg/L OUT), Quinclorac (65.9 µg/L IN, 53.0 µg/L OUT), Triciclazolo (3.1 µg/L IN, 5.2 µg/L OUT) e Oxadiazon (< LOQ IN, 13.5 µg/L OUT).

La prima considerazione generale è che i dati dimostrano come l'acqua sia un veicolo privilegiato di diffusione della contaminazione da fitofarmaci e che spesso l'acqua in entrata alla risaia contenga già contaminanti. Tuttavia, la risposta degli organismi, soprattutto dell'alga al campione in "uscita", è stata differente rispetto a quella del campione in "entrata", dove il valore registrato era significativo ma inferiore di quasi il 50 %. In questo caso l'effetto osservato (49.1 %) potrebbe essere correlato alla presenza di Oxadiazon ad una concentrazione (13.5 µg/L) prossima al valore di EC50 di riferimento riportato dall'EFSA (20 µg/L). Invece, i valori rilevati per tutti gli altri contaminanti sono risultati molto inferiori, spesso di un fattore 100-1000 volte rispetto ai valori di EC50 riportati in bibliografia.

Nella campagna 2016 il campionamento è stato effettuato dai ricercatori del DISAFA. I campioni sono stati conservati a -20 °C e inviati al laboratorio di ISPRA per le successive analisi ecotossicologiche, mentre le analisi chimiche sono state eseguite da ARPA Lazio.

I campioni d'acqua sono stati prelevati in entrata e in uscita e all'interno della camera di risaia. Nella tabella 4.5.2 dell'ALLEGATO al Capitolo 4 sono presentati i dati dei saggi eseguiti con *Spirodela polirhyza* e con *Aliivibrio fischeri* riferiti ai campioni tal quale (senza diluizioni), mentre i campioni di suolo sottoposti al saggio di fitotossicità dei campi RB3 ed RT1, non avendo mostrato risposte tossiche, non sono stati riportati in tabella. Per il batterio si tratta di valori medi di inibizione derivanti da tre repliche, mentre per *S. polirhyza* si tratta di un valore medio su otto repliche.

Dai dati mostrati in tabella si possono desumere alcune considerazioni generali:

- non si osservano situazioni di particolare criticità;
- i valori di inibizione significativi interessano campioni prelevati all'interno della camera di risaia;
- non si riscontrano relazioni con i trattamenti fitosanitari effettuati.

In linea generale la risposta del batterio è risultata sostanzialmente prossima alla soglia del 20%. Per quanto riguarda il saggio con *S. polirhyza* l'unico effetto statisticamente significativo è stato osservato nei campioni RT1 prelevati a fine luglio, in quanto sia il campione in entrata (RT1_t-1_IN, 38.4%) che all'interno della camera di risaia (RT1_t-1_INT, 35.9%) hanno dato effetti di inibizione significativi.

Non disponendo del supporto dell'analisi chimica, è possibile solo ipotizzare che l'effetto osservato sul campione all'interno della risaia sia attribuibile alle caratteristiche già possedute dall'acqua prima che questa entrasse in risaia.

Campagne 2018 - 2019

Suolo e sedimenti

Complessivamente i dati ottenuti non evidenziano situazioni di criticità; in particolare non si osservano casi con effetti tossici sulla germinazione dei semi (tabelle 4.5.3 e 4.5.4 dell'allegato al Capitolo 4), che rappresenta l'endpoint più critico per le piante, ma non particolarmente sensibile, in quanto nelle prime fasi di sviluppo i semi non assumono sostanze dal terreno ma utilizzano le sostanze di riserva per la crescita dell'embrione (Baudo et al., 2007); tuttavia, i risultati dell'allungamento radicale hanno mostrato alcuni segnali abbastanza interessanti. In particolare, nella campagna 2018, in RT5_CAM_t1 si osserva una significativa inibizione rispetto al t0 sulle due specie di dicotiledoni, *L. sativum* (59.7 % vs 25.6 %) e *S. alba* (53.2 % vs 8.3 %) ma non sulla monocotiledone *S. saccharatum* (24.6 % vs 16.0 %) (tabella 4.5.4 dell'ALLEGATO al Capitolo 4). Inoltre, sono stati registrati valori di leggera inibizione dell'allungamento radicale per i suoli della risaia RT4, nell'intorno della soglia del 30 %, per tutte e tre le specie, sia per la camera che per l'argine. Nessun valore particolarmente significativo invece per le risaie biologiche.

Nel 2019 in RT1 le due dicotiledoni hanno mostrato valori significativi di inibizione in entrambi i campioni in t1 (tabella 4.5.5 dell'allegato al Capitolo 4): *L. sativum* 46.9 % in t1 e 51.2 % in t1-RIP, *S. alba* 54.7 % in t1 e 65.0 % in t1-RIP mentre *S. saccharatum* solo sul campione t1-RIP (35.6 %). Sempre nel 2019 nel campione RT5 in t1 tutte e tre le specie hanno evidenziato una significativa inibizione rispetto al campione in t0: *L. sativum* 72.8 %, *S. alba* 73.1 % e *S. saccharatum* 58.8 %. In quasi tutti i casi la specie *S. saccharatum* (monocotiledone) è risultata la meno sensibile. Anche nel 2019 i risultati dei suoli delle risaie biologiche hanno mostrato valori d'inibizione poco significativi rispetto ai controlli (tabella 4.5.5 dell'ALLEGATO al Capitolo 4).

In prima valutazione, quindi, i suoli delle risaie tradizionali hanno mostrato valori significativi di tossicità per quel che riguarda l'allungamento radicale e per il saggio Microtox su lisciviati, i cui risultati sono riportati in dettaglio nelle tabelle 4.5.6 e 4.5.7 di cui all'ALLEGATO al Capitolo 4, in particolare per le risaie RT5 e RT4. Da segnalare a tal proposito che le analisi chimiche sui suoli e sui sedimenti delle risaie convenzionali hanno evidenziato tracce di Pendimethalin in RT5, di Oxadiazon in RT1, RT4 e RT5, e di Oxyfluorfen su RT1 ed RT5 (tre diserbanti dei quali i primi due revocati e in smaltimento scorte), mentre i valori dei pesticidi ricercati nei suoli e sedimenti delle risaie biologiche sono risultati sotto il limite di quantificazione del metodo.

Acque

Nelle tabelle 4.5.8 - 4.5.11 presenti nell'ALLEGATO al Capitolo 4 vengono riportati i risultati delle campagne 2018 e 2019, espressi come massimo effetto di inibizione della bioluminescenza per *Aliivibrio fischeri*, effetto medio di immobilizzazione degli organismi per *D. magna* dopo 24 h di esposizione, inibizione del tasso di crescita per *R. subcapitata* e della crescita fogliare per *Spirodela polyrhiza*, rispettivamente. Nelle tabelle le risultanze dei campioni dei campi convenzionali prelevati al tempo zero (t0- pre-trattamento) e al tempo 1 (t1-post-trattamento), sono affiancati a quelli del rispettivo campo biologico per facilitarne il confronto.

Nella campagna 2018 relativamente al saggio Microtox sono stati riscontrati alcuni effetti di tossicità delle acque di risaia, con particolare riferimento alle acque in uscita dalle risaie biologiche; tuttavia, nei risultati della campagna 2019 (tabella 4.5.8 dell'ALLEGATO al Capitolo 4) la maggior parte dei campioni ha evidenziato significativi valori di inibizione della bioluminescenza di *Aliivibrio*, senza particolari differenze tra risaie convenzionali e biologiche.

La *Daphnia* è risultata la specie meno sensibile tra gli organismi della batteria utilizzata, ma anche in questo caso si sono evidenziati alcuni effetti di tossicità importanti sia su campioni di acque di risaie convenzionali che biologiche, in tutte le campagne di monitoraggio (tabella 4.5.9 dell'ALLEGATO al Capitolo 4). Occorre evidenziare che il dato di tossicità su *Daphnia* risulta particolarmente rilevante, in quanto, sotto il profilo ecotossicologico, si tratta di un organismo caratterizzato da una sensibilità relativamente bassa, ma al tempo stesso con alta valenza ecologica per l'ambiente considerato, essendo

una specie normalmente ritrovata negli ambienti acquatici di risaie che adottano metodi di coltura biologica (Martinez-Jeronimo et al., 1994).

L'alga verde *Raphidocelis subcapitata* è risultata la specie più sensibile della batteria utilizzata (tabella 4.5.10 dell'ALLEGATO al Capitolo 4): tutti i campioni di acque hanno mostrato una elevata inibizione della moltiplicazione cellulare, ma non sono state rilevate particolari differenze di tossicità tra i campioni delle acque in entrata ed in uscita, né tra quelli delle risaie convenzionali e biologiche, per tutte le campagne di monitoraggio. *R. subcapitata* è un organismo sensibile a molti contaminanti ambientali, come metalli pesanti e contaminanti organici; tuttavia è da notare come dalle analisi chimiche effettuate risultino presenti nelle acque almeno tre erbicidi: il Metolaclor, l'Oxadiazon e l'Oxifluorfen. In particolare, l'Oxadiazon si riscontra in tutti i campi biologici e trattati, senza un preciso andamento tra acqua in ingresso ed in uscita, con valori rilevati tra 0.13 e 1.75 µg/L. L'Oxadiazon è noto per avere importanti effetti tossici su *R. subcapitata* (Deblois et al., 2008). L'alta tossicità riscontrata quindi potrebbe essere legata alla presenza contemporanea nelle acque di questi diserbanti, senza considerare eventuali effetti sinergici con altri contaminanti non ricercati in questo studio, ma ritrovati in passato nelle acque di risaia in Piemonte (<https://www.snpambiente.it/2017/07/11/monitoraggio-dei-fitofarmaci-delle-acque-piemontesi-nelle-risaie/>).

Infine, per *S. polyrhiza* non si rilevano valori di inibizione nei campioni d'acqua prelevati in entrata ed in uscita dalle risaie sia a t0 che a t1 (tabella 4.5.11 dell'ALLEGATO al Capitolo. 4); si rileva invece con frequenza, una tendenza alla biostimolazione dovuta probabilmente alla presenza di sostanze nutrienti nelle acque. Solo in RB5 nei campioni prelevati a t0 si osserva una inibizione accentuata della crescita. Quindi i fattori che potrebbero avere determinato tale effetto erano evidentemente già presenti nell'acqua in entrata.

4.5.1 Indice integrato di valutazione del pericolo ecotossicologico

L'applicazione dell'indice di pericolo ecotossicologico di cui al par. 3.17.1 applicato all'intera batteria di ciascun campione di suolo degli argini e acqua prelevati dalle risaie ha prodotto la classificazione riportata in dettaglio nelle tabelle 4.5.12 e 4.5.13 rispettivamente.

Tabella 4.5.12 - Stima del pericolo ecotossicologico (HQ) applicato ai campioni di suolo delle risaie

STIMA DEL PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO					
Sample code	Battery HQ	Battery HQ threshold	Battery HQ max	Nr. Bioassays	Level of hazard
RB1_t0_ARG	0.16	8.31	33.7	7	ABSENT
RB1_t0_CAM	0.4	9.24	36.8	7	ABSENT
RB1_t0_suo_II	0.1	8.31	33.7	7	ABSENT
RB1_t1_ARG	0.09	8.31	33.7	7	ABSENT
RB1_t1_suo_II	0.17	8.31	33.7	7	ABSENT
RB4_t0_ARG	0.59	8.31	33.7	7	ABSENT
RB4_t1_ARG	0.13	8.31	33.7	7	ABSENT
RB5_t0_ARG	0.07	8.31	33.7	7	ABSENT
RB5_t0_suo_II	0.1	8.31	33.7	7	ABSENT
RB5_t1_ARG	0.3	8.31	33.7	7	ABSENT
RB5_t1_suo_II	0.05	8.31	33.7	7	ABSENT
RB6_t0_suo_II	0.38	8.31	33.7	7	ABSENT
RB6_t1_suo_II	0.01	8.31	33.7	7	ABSENT
RT1_t0_CAM	0.1	9.24	36.8	7	ABSENT
RT1_t0_suo_II	0.35	8.31	33.7	7	ABSENT
RT1_t1_CAM	0.68	9.24	36.8	7	ABSENT
RT1_t1_suo_II	0.45	8.31	33.7	7	ABSENT
RT1_t1_suo_II_rip	0.59	8.31	33.7	7	ABSENT
RT4_t0_ARG	0.29	8.31	33.7	7	ABSENT
RT4_t0_suo_II	0.66	8.31	33.7	7	ABSENT
RT4_t1_CAM	0.25	9.24	36.8	7	ABSENT

RT4_t1_suo_II	0.21	8.31	33.7	7	ABSENT
RT5_t0_ARG	0.71	8.31	33.7	7	ABSENT
RT5_t0_CAM	0.57	9.24	36.8	7	ABSENT
RT5_t0_suo_II	0.26	8.31	33.7	7	ABSENT
RT5_t1_CAM	0.5	9.24	36.8	7	ABSENT
RT5_t1_suo_II	0.98	8.31	33.7	7	ABSENT

Per quanto riguarda le matrici solide saggiate, sia che si tratti di suolo prelevato dagli argini delle camere delle risaie, sia che si tratti del sedimento prelevato all'interno della camera di risaia, sotto il profilo ecotossicologico complessivo non sono stati rilevati valori al di sopra dei limiti soglia previsti dal metodo, Non sono evidenziabili, quindi, neanche differenze tra campi biologici e i loro corrispondenti campi convenzionali, né differenze tra le due campagne di indagine,

Situazione invece piuttosto diversa per ciò che concerne la matrice acqua, In linea generale sono stati riscontrati importanti effetti tossici su più organismi e per diversi end-point, tali da determinare un pericolo ecotossicologico in tutti i campioni, senza alcuna eccezione, a volte anche rilevante, Tale pericolo ecotossicologico interessa le acque delle risaie convenzionali quanto quelle biologiche, in entrambe le campagne di indagine, Il pericolo più elevato è stato misurato nel campo RB1, soprattutto nel 2019, sebbene non siano state utilizzati prodotti fitosanitari. Ciò potrebbe essere la conseguenza della tecnica della fermentazione delle colture di coperture, che rilasciano già nel primo giorno di sommersione metaboliti in acqua in grado di tingere di rossastro le acque e che vengono attribuiti a composti di acidi grassi.

Tabella 4.5.12 - Stima del pericolo ecotossicologico

STIMA DEL PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO					
Sample code	Battery HQ	Battery HQ threshold	Battery HQ max	Nr. Bioassays	Level of hazard
RB1_t0_acque_in	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RB1_t0_acque_in_II	5.13	4.61	40.68	3	MAJOR
RB1_t0_acque_out	8.37	4.61	40.68	3	SEVERE
RB1_t0_acque_out_II	7.32	4.61	40.68	3	SEVERE
RB1_t1_acque_in	2.41	4.61	40.68	3	MODERATE
RB1_t1_acque_in_II	6.29	4.61	40.68	3	SEVERE
RB1_t1_acque_out	4.64	4.61	40.68	3	MAJOR
RB1_t1_acque_out_II	7.42	4.61	40.68	3	SEVERE
RB4_t0_acque_in	3.6	4.61	40.68	3	MAJOR
RB4_t0_acque_out	3.22	4.61	40.68	3	MAJOR
RB4_t1_acque_in	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RB4_t1_acque_out	2.41	4.61	40.68	3	MODERATE
RB5_t0_acque_in	2.42	4.61	40.68	3	MODERATE
RB5_t0_acque_in_II	3.63	4.61	40.68	3	MAJOR
RB5_t0_acque_out	3.01	4.61	40.68	3	MAJOR
RB5_t0_acque_out_II	5.96	4.61	40.68	3	MAJOR
RB5_t1_acque_in	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RB5_t1_acque_in_II	3.94	4.61	40.68	3	MAJOR
RB5_t1_acque_out	2.59	4.61	40.68	3	MODERATE
RB5_t1_acque_out_II	3.69	4.61	40.68	3	MAJOR

STIMA DEL PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO					
RB6_t0_acque_in_II	5.06	4.61	40.68	3	MAJOR
RB6_t0_acque_out_II	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RB6_t1_acque_in_II	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RB6_t1_acque_out_II	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RT1_t0_acque_in	3.14	4.61	40.68	3	MAJOR
RT1_t0_acque_in_II	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RT1_t0_acque_out	7.16	4.61	40.68	3	SEVERE
RT1_t0_acque_out_II	5.06	4.61	40.68	3	MAJOR
RT1_t1_acque_in	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RT1_t1_acque_in_II	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RT1_t1_acque_out	2.55	4.61	40.68	3	MODERATE
RT1_t1_acque_out_II	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RT1_t1_acque_out_II_rip	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RT4_t0_acque_camera_II	5.06	4.61	40.68	3	MAJOR
RT4_t0_acque_in	5.48	4.61	40.68	3	MAJOR
RT4_t0_acque_in_II	2.46	4.61	40.68	3	MODERATE
RT4_t0_acque_out	2.66	4.61	40.68	3	MODERATE
RT4_t1_acque_in	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RT4_t1_acque_in_II	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RT4_t1_acque_out	4.84	4.61	40.68	3	MAJOR
RT4_t1_acque_out_II	5.06	4.61	40.68	3	MAJOR
RT5_t0_acque_in	3.61	4.61	40.68	3	MAJOR
RT5_t0_acque_in_II	4.62	4.61	40.68	3	MAJOR
RT5_t0_acque_out	2.69	4.61	40.68	3	MODERATE
RT5_t0_acque_out_II	3.49	4.61	40.68	3	MAJOR
RT5_t1_acque_in	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RT5_t1_acque_in_II	4.15	4.61	40.68	3	MAJOR
RT5_t1_acque_out	2.37	4.61	40.68	3	MODERATE
RT5_t1_acque_out_II	4.95	4.61	40.68	3	MAJOR

Per quanto concerne l'analisi statistica dei dati chimico-ecotossicologici, pur rimanendo sotto la soglia della presenza di un pericolo ecotossicologico complessivo, rispetto alla matrice suolo, il confronto statistico mediante test-t per dati appaiati evidenzia una differenza significativa tra RB4 e RT1, se considerate assieme le due campagne t0 e t1, e tra RB6 e RT1 per il 2019 (Tabella 4.5.13). Ciò risulta coerente con le differenze significative emerse anche in relazione alla concentrazione di Rame (Tabella 4.4.8).

Tabella 4.5.13 - Significatività della differenza tra risaie biologiche e corrispondenti risaie tradizionali (p) tramite Test t per dati appaiati

Abbinamenti	Nr. Saggi batteria	p
ARGINI/ SUOLO 2018		
RB4_t0+t1tutto vs. RT1t0+t1tutto	6	0.0061
ARGINI/ SUOLO 2019		
RB6_t0_Suo vs. RT1_t0_Suo	6	0.0533
RB6_t1_Suo vs. RT1_t1_Suo	6	0.0246
RB6_t0+t1_Suo vs. RT1_t0+t1_Suo	6	0.0049

Probabilmente si tratta di differenze di scarsa rilevanza biologica complessiva, attribuibili ad alcuni segnali di debole tossicità maggiormente rilevati in RT1. Non sono state riscontrate differenze statistiche per ciò che concerne la matrice acqua, essendo risultata ugualmente tossica per la totalità dei campioni. Gli stessi dati sottoposti anche a un test non parametrico (Mann-Whitney U test), ponendo a confronto per ciascun saggio biologico l'effetto percentuale misurato tra tutti i campioni provenienti da risaie biologiche rispetto a quelle tradizionali ha evidenziato una differenza statisticamente significativa solo nella campagna del 2019, con particolare riferimento al saggio di allungamento radicale con *S. alba* applicato ai suoli, per il quale sono state rilevate nel complesso inibizioni della crescita radicale più marcate nei campi tradizionali rispetto a quelli biologici ($p = 0,005$).

Per quanto concerne l'analisi multivariata, nella figura 4.5.1 è riportata la Principal Component Analysis (PCA). La maggior parte dei campioni appare distribuita lungo un gradiente orientato rispetto alla prima componente (PC1), la cui principale variabile che contribuisce a tale distribuzione è dovuta al parametro Calcio (Ca). Quest'ultimo, quindi, appare con il parametro maggiormente responsabile delle differenze chimico-ecotossicologiche tra i campi. Rispetto, invece, alla seconda componente PC2 che spiega circa il 25 % della varianza totale, si possono distinguere i campioni RT5_t0_out_II, RT4_t0_CAM_II e RT4_t0 per via delle più elevate concentrazioni di Oxadiazon al tempo t0. Questo erbicida, pertanto, costituisce tra i fitofarmaci la sostanza che maggiormente condiziona le caratteristiche delle acque di risaia.

Considerando una analisi fattoriale costruita sulla matrice di correlazione è possibile individuare la relazione tra i parametri (Figura 4.5.2). In particolare, si distingue nettamente *Raphidocelis subcapitata* (R.s.) a causa degli effetti nella inibizione della crescita particolarmente evidenti nella totalità dei campioni, in coerenza con la funzione di erbicida dell'Oxadiazon.

Per quanto concerne la matrice solida (suolo/argine) l'analisi delle componenti principali applicata a tutti i campioni individua una situazione relativamente omogenea (Figura 4.5.3), con una loro distribuzione quasi esclusivamente lungo l'asse della PC1 che spiega da solo la quasi totalità della varianza (99,7%); tale distribuzione risulta prevalentemente attribuibile al parametro Zolfo e solo secondariamente al Rame, senza evidente distinzione tra campi convenzionali e biologici.

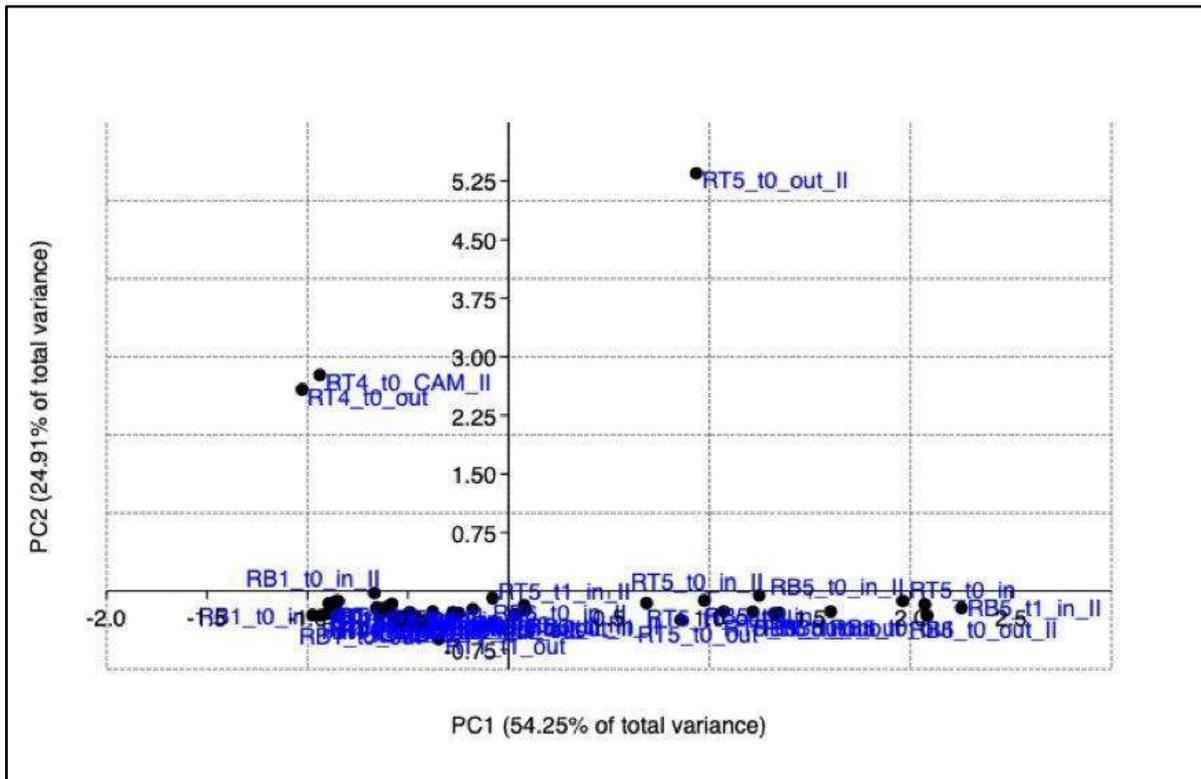


Figura 4.5.1 - PCA applicata alle caratteristiche chimiche ed ecotossicologiche di tutti i campioni di acqua provenienti dalle risaie

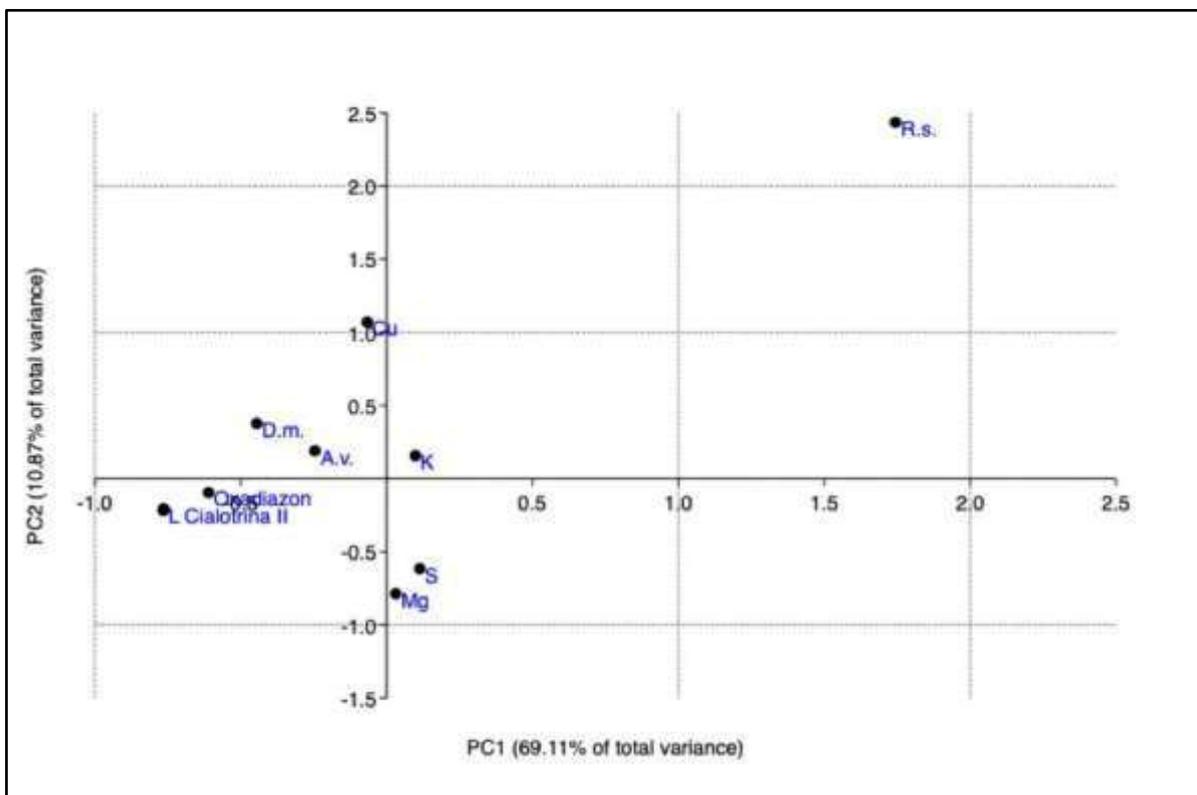


Figura 4.5.2 - PCA con i dati chimici ed ecotossicologici applicata a tutti i campioni di suolo/argine delle risaie biologiche e tradizionali

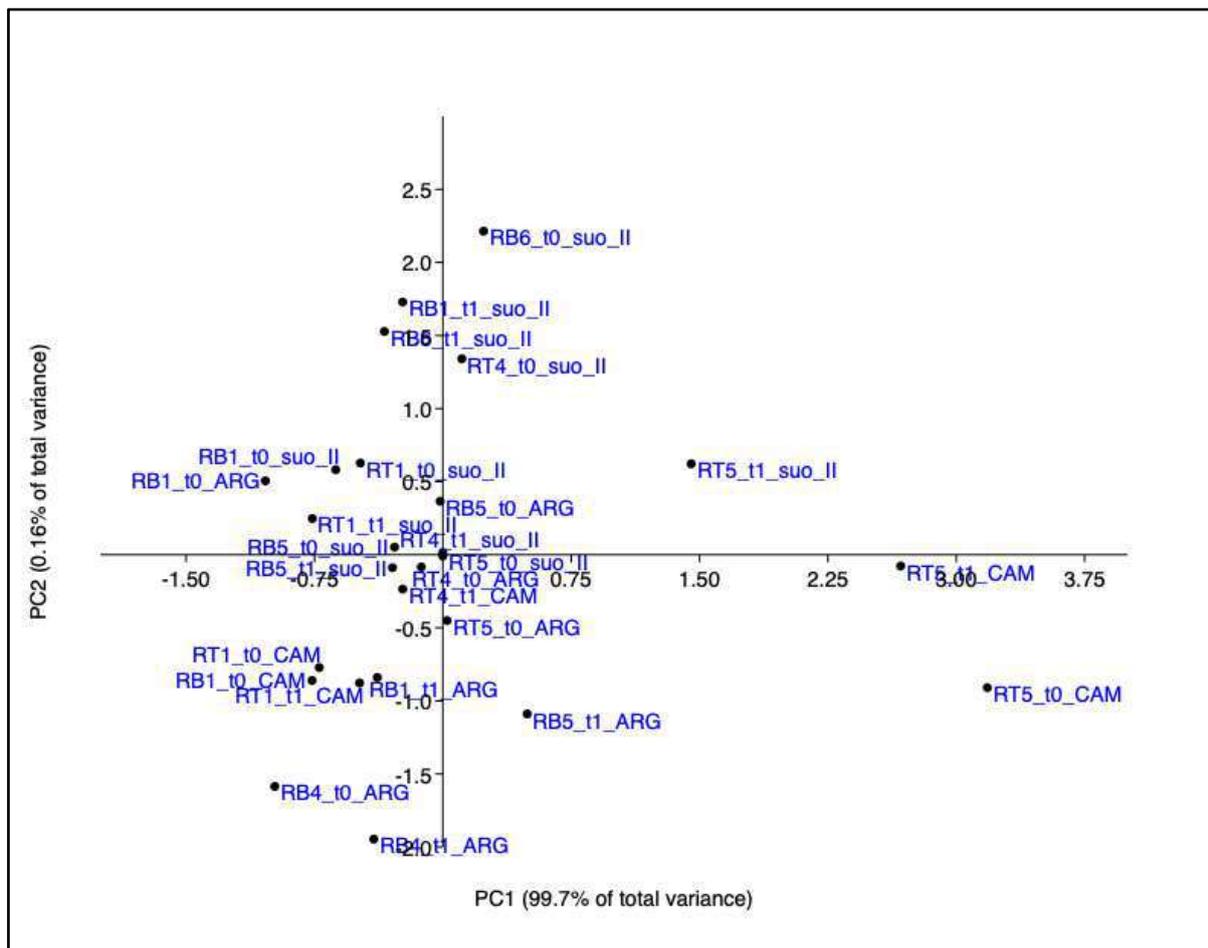


Figura 4.5.3 - PCA con i dati chimici ed ecotossicologici applicata a tutti i campioni di suolo/argine delle risaie biologiche e tradizionali

4.6 Comunità floristiche e della vegetazione, presenza di specie in fioritura utili agli insetti impollinatori

La ricchezza specifica totale, ottenuta cumulando le specie ritrovate nelle aziende biologiche e convenzionali nelle 4 annualità, evidenzia un numero superiore di specie nei siti delle aziende biologiche rispetto a quelle convenzionali con un'evidente significatività (Wilcoxon test: $W = 16$, $p\text{-value} = 0,02$) (Figura 4.6.1)

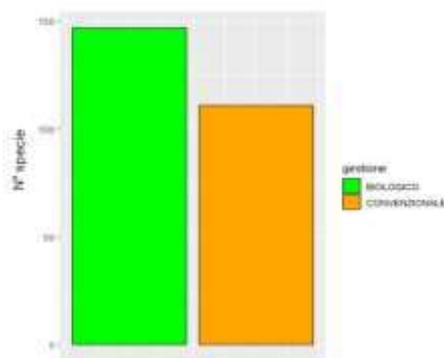


Figura 4.6.1 - Ricchezza specifica media di specie vegetali cumulata per risaie biologiche e convenzionali e per tutti gli anni di attività (2015, 2016, 2018 e 2019)

La somma è stata effettuata contando solo le specie nuove aggiuntive riscontrate ogni annualità arrivando ad un valore di 147 specie in tutte le aziende biologiche e di 111 in quelle convenzionali. Sommando invece il numero totale delle specie riscontrate ogni anno (meglio definibili come 'numero ritrovamenti') si amplia la forbice tra le specie ritrovate in aziende biologiche (n. 386) e quelle in aziende convenzionali (n. 228).

Analizzando il dato di ricchezza specifica per ogni annualità, si ottiene sempre una differenza evidente a favore delle aziende biologiche. Tale differenza è risultata più ampia nell'anno 2019, a causa dell'incremento dello sforzo di campionamento che è stato integrato con il rilievo delle specie attrattive per impollinatori. (Figura 4.6.2).

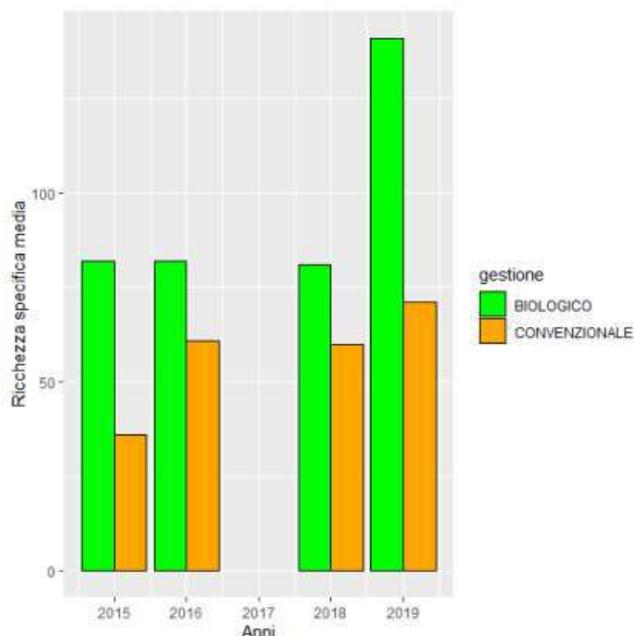


Figura 4.6.2 - Ricchezza specifica di specie vegetali cumulata per risaie biologiche e convenzionali e per ogni annualità di campionamento (2015, 2016, 2018 e 2019)

La differenza significativa fra le aziende biologiche rispetto a quelle convenzionali si apprezza anche analizzando i valori degli indici di qualità floristica considerati (elementi di pregio, infestanti, terofite ed emicriptofite).

Le specie di pregio sono state individuate selezionando le specie appartenenti alle classi fitosociologiche dei Potamogetonetea (comunità a rizofite acquatiche, tipico dell'habitat 3260 delle acque oligotrofiche dei fontanili in contatto con le risaie e defluenti nella rete irrigua (Figura 4.6.3), dei Phragmito-Magnocaricetea (stagni e paludi con canneti e cariceti), degli Isoeto-Nanojuncetea, vegetazione anfibia dei margini di acque ferme caratterizzata dai generi *Cyperus*, *Eleocharis* e *Juncus* che si sviluppa su suoli umidi e fangosi soggetti a periodici disseccamenti come quelli della camera di risaia e dei *Filipendulo ulmariae*-*Convolvuletea sepium*, vegetazione di megaforie di ambienti fortemente umidi e suoli minerali eutrofici che fa riferimento all'habitat europeo delle Praterie di bordo ed alte erbe (codice Natura 2000: 6430), cenosi a cui sono riconducibili le comunità di erbe delle rive non manomesse della rete irrigua risicola e degli argini di risaia.



Figura 4.6.3 - Esempio di habitat 3260 al margine di risaia, con popolamenti flottanti di specie erbacee radicanti sul fondo di acque pure e fredde di fontanile. Lembi di habitat 6430 di alte erbe sulle sponde

Cumulando per ogni annualità i valori delle percentuali del numero di elementi di pregio di ogni azienda (Figura 4.6.4), risulta che nei campi biologici si raggiungono valori maggiori rispetto ai campi convenzionali, tranne nel 2019, quando la combinazione di un maggior sforzo di campionamento (per integrazione dei rilievi della flora utile agli impollinatori) e di un maggior numero di piante in RB5 (per l'applicazione di inerbimenti degli argini con miscele polispecifiche a base di graminacee e leguminose da prato stabile), ha abbassato la percentuale delle specie di pregio, che comunque è risultata maggiore in quelle biologiche rispetto alle risaie convenzionali anche in questa annualità (44 specie contro 23).

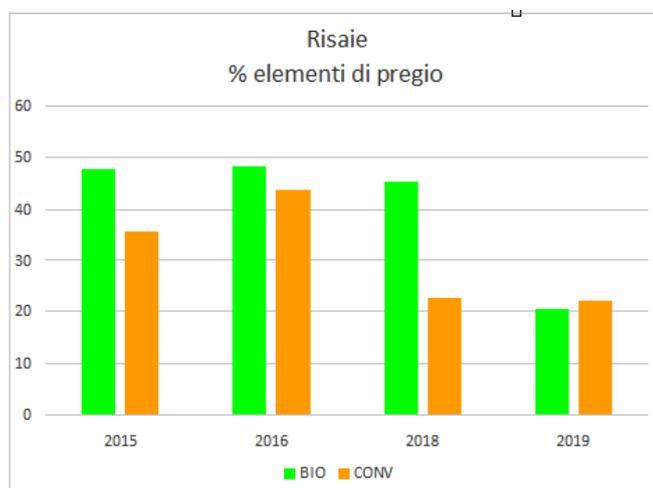


Figura 4.6.4 - Indice di Elementi di pregio cumulato per risaie per ogni annualità (2015, 2016, 2018 e 2019)

Merita ricordare che per le aziende convenzionali il ritrovamento di specie erbacee tipiche di ambienti coerenti con habitat seminaturali in pianura è molto sporadico e si riscontra solo in piccoli lembi in corrispondenza di situazioni condizionate da fattori stazionali, come la contiguità con un fosso che veicola anche acque di risorgiva (come in RT5), fossi irrigui (come in RT4) o piccole scarpate difficilmente lavorabili (come in RT1). Le specie che riescono ad introdursi sono in numero ridotto e rappresentate sempre da un pool contenuto delle stesse che sembrano tollerare meglio questo habitat (*Hypericum vulgare*, *Lysimachia vulgaris* e *Epilobium angustifolium*). Per contro nelle aziende biologiche il rilevamento di specie coerenti con la vegetazione spontanea autoctona sono distribuite omogeneamente su tutti gli argini della risaia e con varietà più ampia (*Epilobium dodonaei*, *Filipendula vulgaris*, *Galium mollugo*, *Malva alcea*, *Scutellaria galericulata*, ecc.).

In almeno due aziende biologiche si è potuto osservare anche la presenza sugli argini della camera di risaia di comunità degli ambienti acquitrinosi naturali (cariceti), in RB1 dove si è riscontrata una ricchezza specifica notevole per un agroecosistema, di circa 55 specie) e in RB6 dove il cariceto è risultato composto da almeno tre differenti specie: *Carex hirta* L., *Carex otrubae* Podp., *Carex rostrata* Stokes. È esemplare, in questo ultimo caso, come sull'argine della camera di risaia confinante con un canale oggetto di periodiche manutenzioni con diserbo chimico, la comunità igrofila naturale sia stata sostituita a seguito del trattamento e dalle più comuni infestanti come *Conyza canadensis*, *Portulaca oleracea*, Giavone, *Digitaria sanguinalis*, Amaranto, Farinaccio (*Chenopodium* sp.), esotiche (*Murdannia* k. e *Commelina* spp.), *Bidens frondosus*, *Galinsoga parviflora*.

Dall'analisi della presenza di questo ultimo pool di specie, più altre esotiche e specie indicatrici di resistenza agli erbicidi, è possibile applicare l'indice di impatto delle specie infestanti, che dà risultati opposti rispetto ai risultati degli elementi di pregio (Figura 4.6.5).

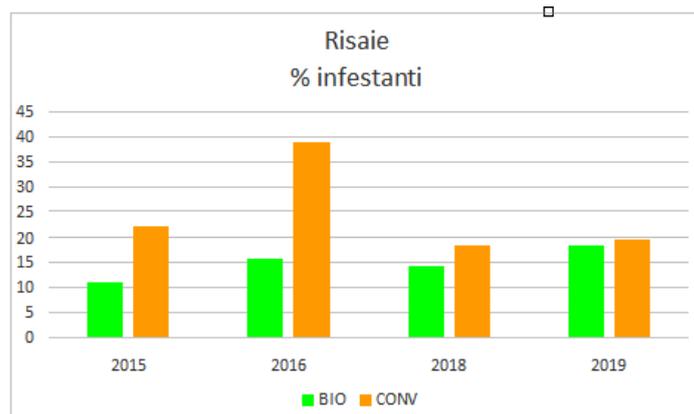


Figura 4.6.5 - *Indice di Elementi Infestanti per ogni annualità (2015, 2016, 2018 e 2019)*

La percentuale di infestanti in ogni annualità è sempre maggiore nelle aziende convenzionali rispetto a quelle biologiche, con valori che oscillano intorno al 20% (40% nel 2016) nelle convenzionali e tra il 10-15% nelle biologiche (con un'impennata al 18% nel 2019, in parte dovuta ai motivi di sforzo di campionamento, senza tuttavia superare i valori della percentuale del convenzionale). È interessante notare come, a seguito del trattamento con erbicidi sugli argini o sulle sponde dei fossi (di solito effettuato con prodotti a base di Glyphosate), tali specie formino vere e proprie colonie dominanti con al massimo 3-4 specie, a partire dal trattamento erbicida. La differenza è apprezzabile visivamente nelle due foto di seguito (Figure 4.6.6 e 4.6.7).



Figura 4.6.6 - *Fosso a lato della risaia RT1 ad aprile* **Figura 4.6.7** - *Lo stesso a maggio dopo trattamento erbicida*

I restanti indici di impatto confermano la differenza significativa già vista nel dato della ricchezza specifica. Andando a considerare le Forme Biologiche, le terofite, specie annuali che tendono ad aumentare con il disturbo, hanno maggior frequenza nelle aziende di tipo convenzionale, mentre le Emicriptofite, specie biennali e perenni che meno risentono del disturbo antropico, risultano più numerose in risaie biologiche, tranne nel 2018 nella coppia di aziende RT4/RB1 di Rovasenda.

Grazie a un campionamento quantitativo effettuato nel settembre 2018 con il rilievo della percentuale di copertura su tratti che presentano fisionomia omogenea, è stato possibile discriminare meglio gli andamenti dei bioindicatori floristici specifici (elementi di pregio, infestanti, terofite e emicriptofite). A titolo di esempio si illustrano nella seguente Figura 4.6.8 gli istogrammi della coppia RT5/RB5. L'utilità di tale approccio è stata confermata nel corso dell'analisi multivariata in cap.8 dove sono state utilizzate le percentuali di copertura.

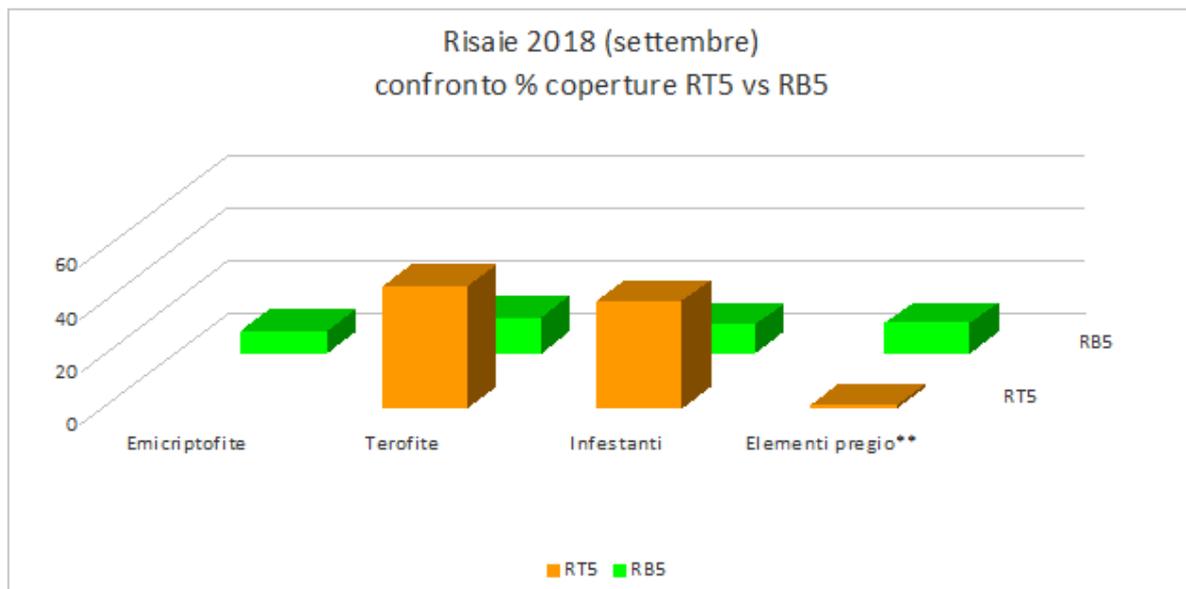


Figura 4.6.8 - Esempio di confronto tra una coppia di aziende per mezzo dei diversi Indici utilizzati, sulla base di rilievi quantitativi di abbondanza (campionamento del settembre 2018)

Merita infine ricordare che la specie in allegato II della Direttiva Habitat, *Marsilea quadrifolia* (Figura 4.6.9) è stata ritrovata in un'azienda convenzionale nel 2015 e tutt'ora vi prolifera pur senza cambiamento gestionale. Ciò contraddirebbe quanto si è supposto circa la sensibilità ai fitosanitari di questa specie che si è potuto invece constatare risulta piuttosto resistente. Tuttavia, prima di escluderla dalla Tabella 1.2, è opportuno attendere le indagini in corso da parte dell'Università di Pavia sulla presenza di *Marsilea quadrifolia* nelle risaie lombarde. In Figura 4.6.10 è illustrato Giunco fiorito (*Butomus umbellatus*), pianta tipica di zone umide e inserita nelle Liste rosse, ma considerata infestante in risaia.



Figura 4.6.9 - *Marsilea quadrifolia*, felce acquatica perenne in All. II e IV Dir. Habitat, un tempo diffusa in risaia e oggi rara



Figura 4.6.10 - *Butomus umbellatus*, pianta inserita nelle Liste rosse e considerata infestante in risaia

Censimento delle specie in fioritura utili agli insetti impollinatori

Il numero di specie vegetali in fioritura utili agli insetti impollinatori campionate rilevate lungo i transetti effettuati nelle diverse risaie con disciplinare di produzione convenzionale e biologico, negli anni 2018 e 2019, viene riportato in tabella 4.6.1.

Tabella 4.6.1 - Numero di specie vegetali in fioritura utili agli insetti impollinatori rilevate lungo i transetti delle risaie convenzionali e biologiche durante i campionamenti 2018 e 2019

NUMERO DI SPECIE VEGETALI IN FIORITURA UTILI AGLI INSETTI IMPOLLINATORI - RISAIA				
Anno	2018		2019	
Gestione	BIO	CONV	BIO	CONV
N individui	88	59	102	46

Analizzando nel complesso i risultati relativi alla ricchezza specifica, il numero di specie più elevato si è registrato nei campi biologici rispetto a quelli convenzionali. Tuttavia non emergono differenze statisticamente significative nel confronto tra il numero di specie registrate lungo i transetti dei campi biologici e quello registrato lungo i transetti dei campi convenzionali (test di Wilcoxon $W = 30$, $p\text{-value} = 0,065$) (Figura 4.6.11) sia nel 2018 sia nel 2019.

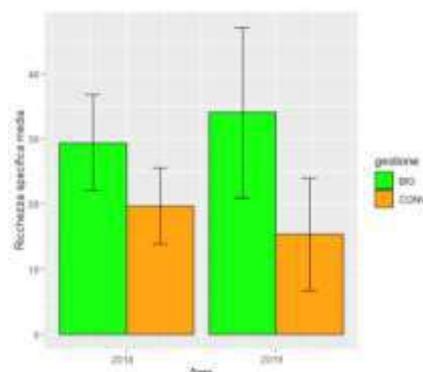


Figura 4.6.11 - Ricchezza specifica di specie vegetali in fioritura utili agli insetti impollinatori rilevata lungo i transetti delle risaie biologiche e convenzionali negli anni 2018 e 2019

Per quanto riguarda l'abbondanza delle specie in fioritura rilevate durante tutti gli eventi di campionamento nel biennio 2018-2019, i risultati derivati dalla valutazione quantitativa dell'abbondanza in classi hanno dimostrato che la densità floristica ha influito positivamente sul numero di Apoidei rilevati lungo i transetti (cfr. par. 4.10).

Il censimento delle specie vegetali in fioritura è stato utile per avere un quadro sulla disponibilità di fioriture utili agli insetti impollinatori studiati. La gestione agronomica, realizzata secondo le buone pratiche agricole da parte di alcune aziende, lasciando incolti ai margini dei campi coltivati, evitando il diserbo di margini e argini di risaia e inserendo nella superficie aziendale piante utili agli insetti impollinatori come colture secondarie, ha consentito di rilevare una buona diversità vegetale (Figura 4.6.12). La riduzione dei trattamenti chimici operata in alcune aziende convenzionali ha influito sicuramente sulle fonti di cibo disponibili per i pronubi.



Figura 4.6.12 - Fioriture utili agli insetti impollinatori osservate nell'agroecosistema risaia

4.7 Pedofauna e Indice QBS

I risultati oscillano tra il valore QBS-ar di 56 (in RT4 a ottobre 2019) e il valore di 217 (in RB1 ad aprile 2018). Il valore medio di QS-ar, cumulando 2018 e 2019, è di 173 per le aziende biologiche, contro i 118 delle aziende convenzionali.

La differenza visualizzata nel grafico allegato (Figura 4.7.1.) risulta significativa ($N=18$; $W=152$; $p=0.002$). Anche esaminando i valori medi delle FB (16 unità per le aziende biologiche, contro le 11 di quelle convenzionali; Figura 4.7.2) si evidenzia una significativa differenza ($N=18$; $W=137$; $p=0.002$). Andando ad analizzare la risposta della Pedofauna su base stagionale nelle varie condizioni di trattamento, cumulando i dati per t^0 , $t1$ e $t2$ nei due anni di indagine, si conferma il quadro di migliore qualità biologica del suolo nelle aziende biologiche sia per quanto riguarda l'indice QBS-ar (Figura 4.7.3) che per il numero di FB (Figura 4.7.4). Analizzando i risultati del campionamento $t1$ svolto a fine giugno-luglio a seguito del trattamento con fitosanitari in post-emergenza del riso (che conclude il periodo più intensivo dei trattamenti in risaia), si osserva un divario maggiore tra aziende biologiche e convenzionali a causa dell'abbassamento del valore di QBS-ar in queste ultime evidenziando una possibile risposta dell'indicatore alle sostanze utilizzate ($N=6$; $W=21$; $p=0.03$).

Anche il valore cumulato di t_0 risulta a sfavore delle aziende convenzionali, sia per l'indice QBS-ar che per il numero di FB. Tale risultato, conseguito nel periodo precedente ai trattamenti fitosanitari, può essere interpretato nei suoli delle aziende convenzionali come espressione dell'adattamento a lungo termine della comunità edafica a condizioni di pressione/stress da prodotti fitosanitari ripetuta nel tempo, determinandone alterazioni tali da minare nel lungo termine la comunità edafica di microartropodi. Infatti, la fauna che risiede nel suolo, non avendo capacità migratoria, registra a livello di comunità tutto ciò che avviene sul campo (Cortet et al., 1999; Lavelle e Spain, 2003; Dhananjayan et al., 2020).

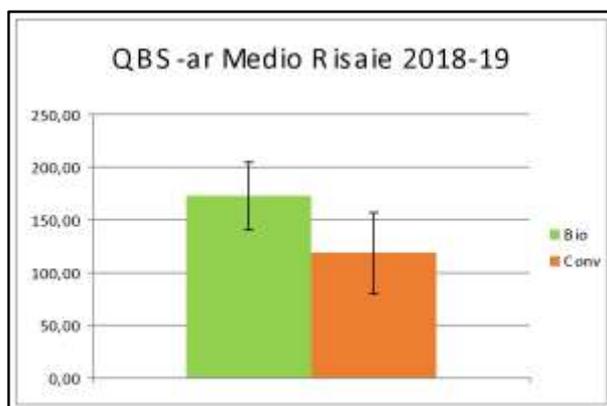


Figura 4.7.1 - Istogramma dei valori medi dell'Indice QBS-ar cumulato per gli anni di attività 2018 e 2019

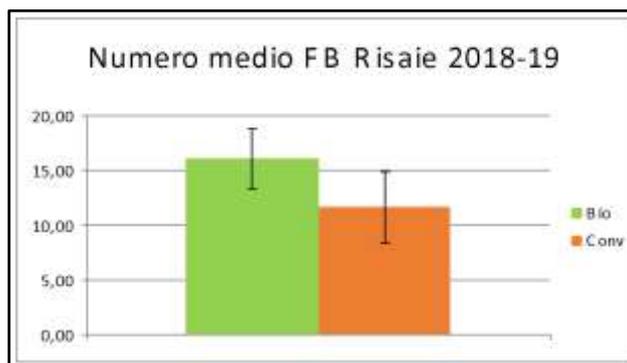


Figura 4.7.2 - Istogramma del numero medio di Forme Biologiche della Pedofauna cumulato per gli anni di attività 2018 e 2019

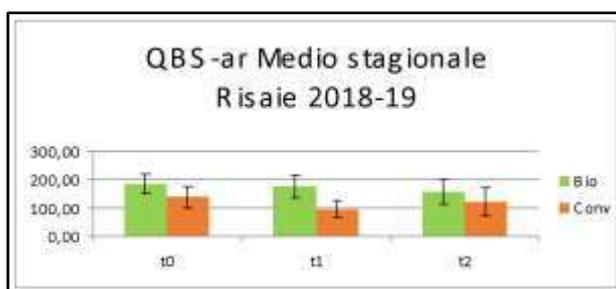


Figura 4.7.3 - Istogramma dei valori medi stagionali (t_0 , t_1 e t_2) dell'Indice QBS-ar cumulato per gli anni di attività 2018 e 2019

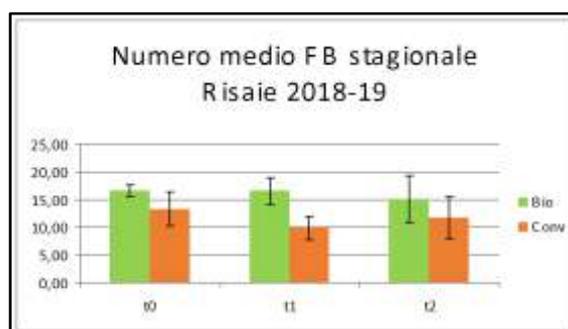


Figura 4.7.4 - Istogramma del numero medio stagionale (t^0 , $t1$ e $t2$) di Forme Biologiche della Pedofauna per gli anni di attività 2018 e 2019

In conclusione, l'indagine biologica, ha fornito una "graduatoria" di funzionalità dei suoli come si evince dai dati raccolti. Lo studio mostra valori di biodiversità (n. di Forme Biologiche) e di qualità biologica del suolo (QBS-ar) significativamente più alti nei siti a conduzione biologica rispetto a quelli a conduzione convenzionale mentre i valori mediamente più bassi degli indici sono stati riscontrati nelle aziende risicole convenzionali.

Nel 2015, in base alle condizioni non idonee delle risaie, dove la saturazione in acqua del suolo della camera di risaia non consente il monitoraggio della fauna edafica, si è deciso di non applicare il metodo QBS-ar. Dal 2016 in poi, tuttavia, si è deciso di non rinunciare allo studio del comparto risaie, territorio / ecosistema assai presente nella zona piemontese (Province di Vercelli-Novara). Quindi, si è deciso di effettuare il monitoraggio della pedofauna sugli argini della camera di risaia, che sono direttamente a contatto con l'ambiente di coltivazione della risaia e risentono degli effetti / pressioni e trattamenti che vengono eseguiti.

Nel 2016, sono state effettuate 4 campagne per ogni azienda, sia biologica che convenzionale, i campionamenti sono iniziati a fine giugno (dopo il secondo trattamento erbicida in post-emergenza) e proseguiti nei mesi tardo-estivi e autunnali.

I risultati oscillano per le aziende biologiche da un minimo di QBS-ar 69 (in RB3 a settembre) ad un massimo di 176 (in RB1 ad agosto), per le aziende convenzionali da 60 di RT1 a giugno a 158 in settembre a RT3. Considerando il valore medio di tutti i campionamenti 2016 il QBS-ar risulta 133 contro un valore di 94. La differenza apprezzabile nel grafico (Figura 4.7.5) non è risultata significativa al test di Wilcoxon ($N=8$; $W=28,5$; $p=0.156$). Analizzando le Forme Biologiche (Figura 4.7.6) la media cumulata per le aziende biologiche è di 17 unità contro le 13 unità delle aziende convenzionali. Anche in questo caso la differenza non è risultata significativa ($N=8$; $W=28$; $p=0.187$).

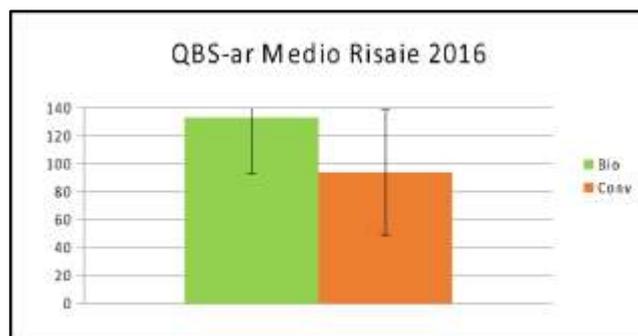


Figura 4.7.5 - Istogramma dei valori medi dell'Indice QBS-ar cumulato per gli anni di attività 2015 e 2016

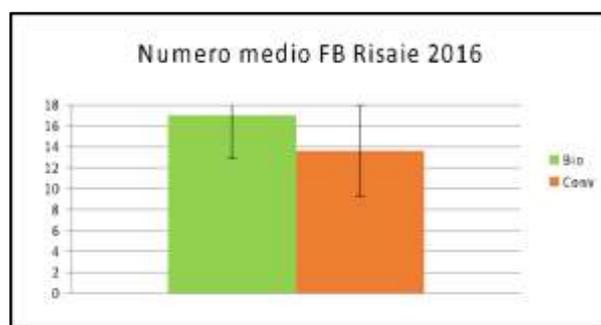


Figura 4.7.6 - Istogramma del numero medio di Forme Biologiche della Pedofauna cumulato per gli anni di attività 2015 e 2016

4.8 Odonati

Nei 4 anni di monitoraggio sono state 25 le specie di Libellule osservate nelle risaie oggetto di studio, che rappresentano circa il 26% delle 95 specie ritenute presenti in Italia (Riservato et al., 2014a), e il 39% delle 64 specie conosciute per la regione Piemonte (Boano et al., 2007).

Delle 25 specie censite, solo una parte (18), pari al 72%, sono state rilevate anche nelle risaie convenzionali, mentre 7 specie sono state rilevate esclusivamente nelle risaie biologiche: *Coenagrion puella*, *Libellula fulva*, *Libellula quadrimaculata*, *Orthetrum coerulescens*, *Orthetrum cancellatum*, *Sympetrum sanguineum*, *Sympetrum depressiusculum*.

In tutti i casi, il numero di specie conteggiate è stato superiore per le risaie a conduzione biologica (media di 16 contro 11,5) così come i risultati relativi all'abbondanza (916 rispetto a 702) (Tabella 4.8.1).

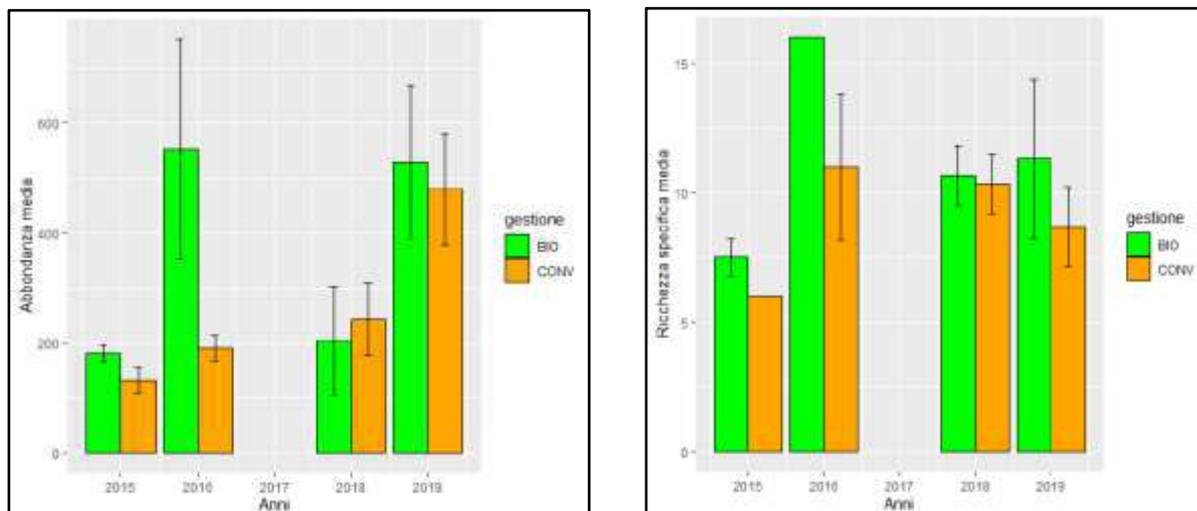
Tabella 4.8.1 – Numero di specie e di individui totali riscontrati nei quattro anni di monitoraggio suddivisi per tipologia di conduzione agricola

DIVERSITÀ ODONATI-RISAIA								
Anno	2015		2016		2018		2019	
	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV
N specie	10	7	19	15	16	14	19	10
N individui	361	263	1106	379	611	728	1587	1438

I risultati ottenuti nei due bienni oggetto di monitoraggio (2015-2016 e 2018-2019) appaiono del tutto comparabili e in entrambi i casi confermano, per lo meno in termini assoluti, una maggiore vocazionalità delle risaie biologiche rispetto a quelle condotte tradizionalmente.

Tale risultato appare ancor più interessante anche a fronte delle variazioni dovute all'affinamento metodologico avvenuto soprattutto tra il primo anno (2015) e i successivi, e a quelle verificatesi in termini di diversa ubicazione dei siti di indagine.

Anche se i risultati effettuati con i test statistici non mostrano una netta significatività riguardo ad abbondanza e ricchezza specifica (Figura 4.8.1), gli istogrammi mostrano, che i valori maggiori sono stati ottenuti, per questi due parametri, nelle risaie biologiche in tutti gli anni del campionamento.



Abbondanza: $W = 61.5$, $p\text{-value} = 0.405$

Ricchezza specifica: $W = 69.5$, $p\text{-value} = 0.149$

Figura 4.8.1 – Grafici di sintesi raffiguranti i risultati ottenuti in termini di abbondanza (a sinistra) e di ricchezza specifica (a destra) nelle due differenti tipologie di conduzione colturale delle risaie indagate

Sono inoltre mostrati i valori ottenuti a seguito dell'effettuazione del test di Wilcoxon per valutarne la significatività.

Anche se con valori sempre maggiori nelle risaie a conduzione biologica, la scarsa significatività statistica dei risultati ottenuti è ragionevolmente attribuibile alle peculiarità del taxon indagato. Le libellule sono caratterizzate da una forte vagilità, da una conseguente alta capacità di dispersione e dalla fenologia legata al ciclo riproduttivo che, soprattutto nel caso delle specie più abbondanti (*Sympetrum fonscolombii* o *Crocothemis erythraea* ad esempio), comporta fenomeni di emersione dalla fase acquatica pressoché simultanea di un altissimo numero di individui. Quindi, seppur per brevi periodi, un cospicuo numero di adulti occupa territori molto ampi, difficilmente circoscrivibili e analizzabili nell'ambito di stazioni di superficie ridotta, come quelle indagate in questo progetto.

Una differenza, seppur ai limiti della significatività, è più evidente invece se si considerano i valori medi dell'indice di diversità di Shannon calcolato per stazione di indagine, anche in questo caso nei confronti delle risaie condotte con metodologie proprie dell'agricoltura biologica (Figura 4.8.2).

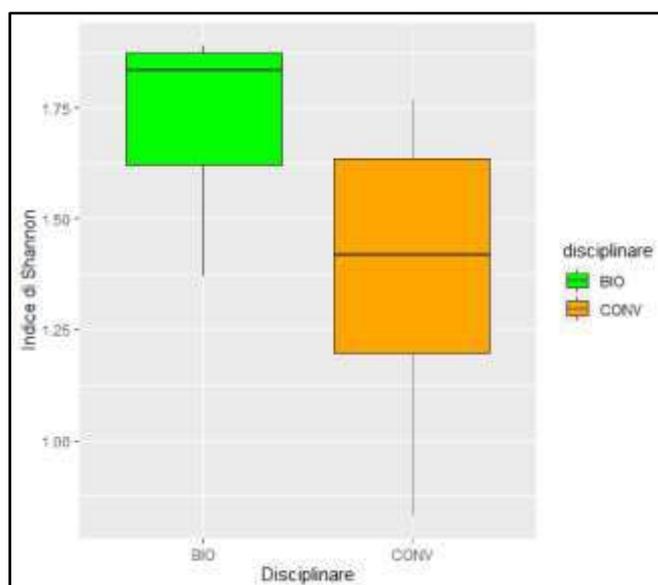


Figura 4.8.2 – Indice di Shannon medio calcolato per tutte le aziende a gestione biologica (in verde) ed a gestione convenzionale (in arancio). Wilcoxon test: $W = 30$, $p\text{-value} = 0.065$ (*)

Per quanto riguarda le emergenze conservazionistiche rilevate, si sottolinea la presenza, in 3 delle stazioni indagate (2 in risaie biologiche e 1 in convenzionale), di alcuni individui di *Sympecma paedisca* (Figura 4.8.3), specie presente in Italia in pochissime stazioni della Pianura Padana di Piemonte e Lombardia, incluso negli allegati II e IV della Direttiva Habitat in quanto di interesse comunitario. In un caso specifico si è trattato della scoperta di una nuova stazione di presenza per la specie in Piemonte, che ricade in una risaia a conduzione biologica.

Si tratta inoltre della stessa stazione nella quale è stata rilevata una discreta popolazione di *Sympetrum depressiusculum* (Figura 4.8.4). Quest'ultima, considerata una tra le più comuni libellule degli ambienti planiziali fino alla fine degli anni '70 del secolo scorso (Capra e Galletti, 1978), è oggi una delle specie più rare in Italia. Un declino che ha interessato l'intero continente europeo e che ha portato all'estinzione di diverse popolazioni in aree occupate storicamente. Alla luce di queste recenti considerazioni, lo stato di conservazione in Italia, secondo i parametri dettati dalla IUCN, è stato valutato come "In Pericolo" (Endangered - EN) secondo la Lista Rossa Italiana degli Odonati (Riservato et al., 2014b).

Alla luce dei risultati ottenuti, i fattori che si ritiene influenzino maggiormente la presenza di libellule nel contesto risicolo sono legati essenzialmente alla presenza di acqua e alla ricchezza di vegetazione degli argini e nelle aree adiacenti alle camere di risaia, comprese le componenti delle cenosi vegetali acquatiche, anche quando confinate ai fossi perimetrali.

Quest'ultimo aspetto influenza in primo luogo l'aumento delle possibilità di individuare siti idonei alla deposizione delle uova da parte delle specie che non depongono semplicemente rilasciando uova sulla superficie dell'acqua, ma che necessitano di "ancorare" queste ultime a foglie e steli di piante sommerse, in periodi spesso antecedenti all'emersione del riso stesso.

In secondo luogo, la maggior eterogeneità dell'habitat terrestre fornita dagli argini vegetati, che di norma caratterizzano le risaie a conduzione biologica, determina senza dubbio una maggiore disponibilità di prede per gli Odonati. Una cenosi vegetazionale ricca e diversificata ha infatti la capacità di ospitare un'altrettanta ricca comunità entomologica che accresce in maniera evidente la disponibilità trofica dell'habitat. Potenzialità senza dubbio accresciute dalla presenza stessa dell'acqua in periodi compatibili con le necessità fenologiche delle specie. Elemento che, insieme alla limitazione delle lavorazioni meccaniche, le quali possono oltretutto comportare una conseguente riduzione delle frequenze di asciutte, e alla riduzione dell'utilizzo dei fitofarmaci, contribuisce ad accrescere il livello di vocazionalità delle risaie per la comunità odonatologica.



Figura 4.8.3 – *Sympecma paedisca* (All. II-IV Direttiva Habitat). Le popolazioni italiane di questo Zigottero sono confinate in poche stazioni della Pianura Padana nord-occidentale



Figura 4.8.4 – *Sympetrum depressiusculum*, considerato "Endangered" secondo la Lista Rossa Italiana degli Odonati

4.9 Lepidotteri

Il numero totale di specie di farfalle censite nei 4 anni di campionamento è 39, che rappresenta il 43% circa delle specie che abitano la Pianura Padana e il 13% delle specie italiane (Balletto et al., 2014). Di queste, 8 sono presenti esclusivamente nelle risaie a conduzione biologica: *Argynnis paphia*, *Brenthis daphne*, *Carcharodus flocciferus*, *Gonepteryx rhamni*, *Hipparchia fagi*, *Melitaea didyma*, *Nymphalis antiopa* e *Coenonympha oedippus*.

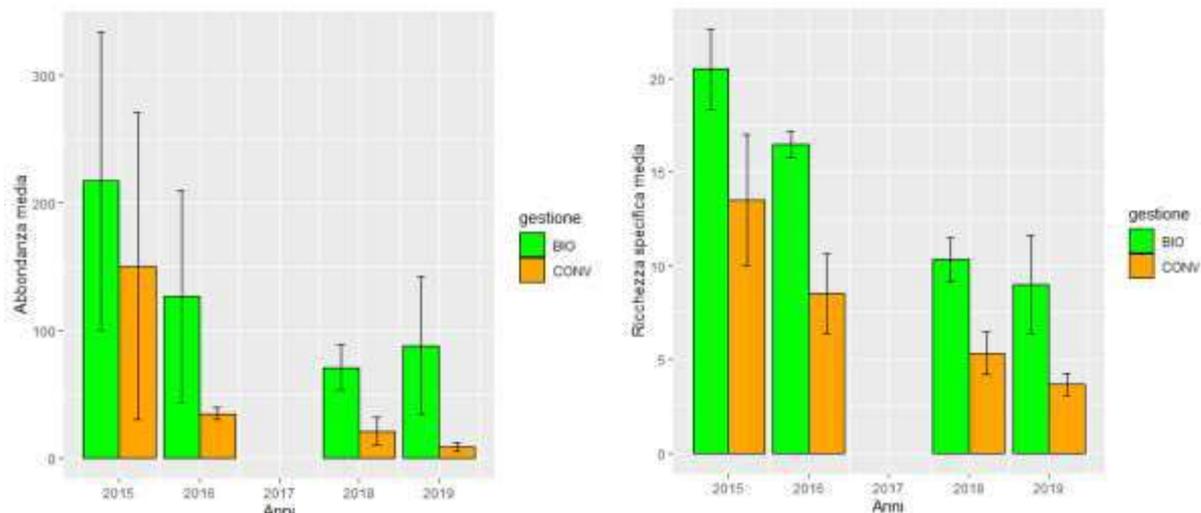
Nessuna delle specie campionate risulta minacciata di estinzione a livello nazionale (Bonelli et al. 2018), mentre due sono le specie protette dalla Direttiva Habitat riscontrate: *Lycaena dispar* e *Coenonympha oedippus*. Quest'ultima è invece minacciata d'estinzione a livello Europeo secondo i criteri IUCN (van Swaay et al., 2010).

Tabella 4.9.1 – Numero di specie e di individui totali riscontrati nei quattro anni di monitoraggio suddivisi per tipologia di conduzione agricola

DIVERSITÀ LEPIDOTTERI-RISAIA								
Anno	2015		2016		2018		2019	
Gestione	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV
N specie	30	21	20	11	17	12	14	7
N individui	416	302	256	69	250	67	272	25
Shannon index	2,235	1,608	2,495	1,911	1,755	1,223	1,462	1,196
Margalef index	3,680	2,565	3,307	2,079	2,192	1,450	1,774	1,293

Considerando i singoli anni, si nota che il 2015 è stato quello in cui è stata rilevata una diversità in specie nettamente maggiore rispetto agli anni successivi (Tabella 4.9.1). Il numero di individui censito varia tra gli anni e tra tipologie di conduzione aziendale ed è massimo nelle aziende biologiche censite nel 2015.

Per quanto riguarda il confronto tra risaie convenzionali e risaie biologiche, la ricchezza specifica rilevata nelle prime è sempre minore rispetto alle seconde, andamento che si è mantenuto costante nei quattro anni di rilevamento (Tabella 4.9.1). Si può ancora notare come le comunità di Lepidotteri diurni hanno mostrato nei 4 anni sempre una netta differenza, in termini di ricchezza specifica ed abbondanza (Figura 4.9.1), tra aziende a gestione biologica (indicate in verde nei boxplot) e quelle a gestione convenzionale (indicate in arancione). La differenza è statisticamente significativa come rilevato dal test di Wilcoxon (Figura 4.9.2).

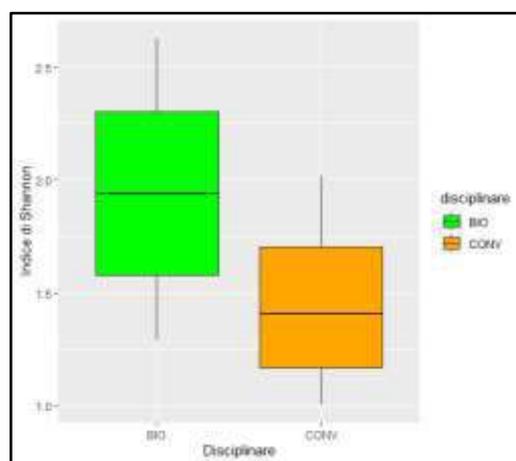


Abbondanza: $W = 84.5$, $p\text{-value} = 0.009$

Ricchezza specifica: $W = 88$, $p\text{-value} = 0.004$

Figura 4.9.1 – I grafici a barre riportano l'abbondanza media, ovvero il numero medio di individui (a sinistra) e la ricchezza specifica, cioè il numero medio di specie (a destra) campionati in tutte le aziende risicole, suddivise per anno di campionamento e tipo di gestione. Sono inoltre mostrati i valori di significatività ottenuti con il test di Wilcoxon

Per ottenere un risultato molto sintetico, ma informativo è stato calcolato l'indice di Shannon (che tiene conto sia del numero di specie sia del numero di individui) sommando i risultati ottenuti nei 4 anni. La differenza tra i due metodi di gestione agronomica è chiara e a favore delle aziende biologiche. La differenza è statisticamente significativa come mostra il test di Wilcoxon (Figura 4.9.3).



Wilcoxon test: $W = 80$, $p\text{-value} = 0.023$

Figura 4.9.2 – Boxplot riportanti l'Indice di Shannon medio calcolato per le comunità di lepidotteri diurni di tutte le aziende risicole a gestione biologica (in verde) ed a gestione convenzionale (in arancio) monitorate nei 4 anni. È mostrato il valore di significatività ottenuto con il test di Wilcoxon

Un fattore da considerare nel valutare le risaie è il contesto ambientale in cui si trovano; ad esempio, la presenza di estese aree boschive e baragge nei dintorni dell'azienda RB1 è una delle concause che determina la presenza di *Coenonympha oedippus* (Figura 4.9.4). La specie è da considerarsi marginale cioè non legata alla risaia, infatti essa depone le sue uova su *Molinia* spp., pianta erbacea che normalmente non si trova sugli argini o nei pressi della risaia perché sfavorita dalla concimazione e dalle lavorazioni del terreno.

Sempre l'azienda RB1, limitrofa ad habitat naturali caratterizzati dalla presenza della baraggia (habitat 4030, Allegato 1 della Direttiva Habitat) ed immersa in una matrice piuttosto eterogenea, se confrontata con la zona più tradizionalmente vocata alla risicoltura della pianura padana, ospita la fauna a Ropaloceri più ricca (26 specie) con molti elementi rari e non solo igrofilo, ma anche legati alle zone di ecotono. In un paesaggio semplificato e fortemente modificato dall'uomo come l'ambiente di risaia, gli argini di risaia possono svolgere un ruolo essenziale come fornitori di nettare per gli insetti impollinatori.



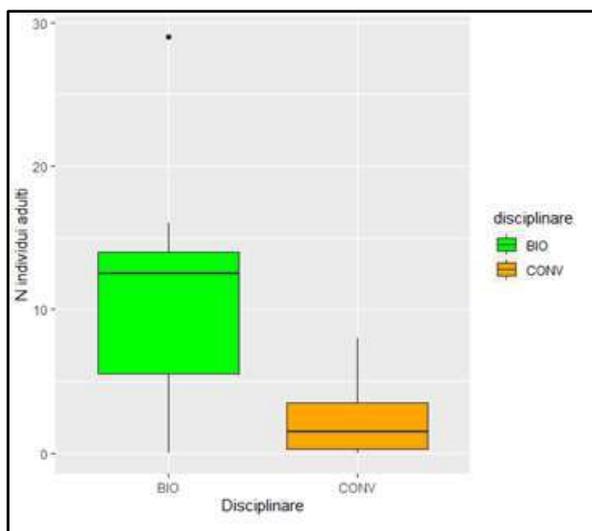
Figura 4.9.3 – *Lycaena dispar* (All. II-IV Dir.Hab.). Le popolazioni italiane al di fuori delle risaie sono rarefatte e in forte declino



Figura 4.9.4 – *Coenonympha oedippus* (All. II-IV) considerata “Endangered” secondo la Lista Rossa Europea delle farfalle (van Swaay et al., 2010)

In tutte le aziende campionate è stata riscontrata la presenza di *Lycaena dispar* (Allegati II e IV della Direttiva Habitat, Figura 4.9.3). Gli individui adulti sono stati rilevati in tutti e quattro gli anni di monitoraggio, con un andamento fluttuante che mostra valori massimi nelle risaie biologiche del 2015 e 2019. I due tipi di gestione confrontati mostrano ampie differenze, in quanto nelle risaie biologiche è stata rilevata una maggiore abbondanza di individui di questa specie (Figura 4.9.5).

L. dispar è un lepidottero igrofilo che trova nella risaia il suo habitat ed è quindi rilevante la sua presenza nelle aziende. Le larve infatti si nutrono di piante igrofile del genere *Rumex* come *R. obtusifolius* e *R. crispus*. Importante è anche conoscere come la fenologia di questa specie protetta si possa interfacciare con le pratiche culturali. Si tratta infatti di una specie trivoltina i cui adulti volano in risaia da maggio a settembre sfruttando le fonti di nettare che trovano lungo argini e canali inerbiti; le larve si sviluppano sulla pianta nutrice fino all’impupamento che avviene alla base della pianta. Lo svernamento, infine, avviene allo stadio di bruco, sempre alla base delle piante nutrici.



Wilcoxon test: $W = 85$, $p\text{-value} = 0.009$

Figura 4.9.5 – Boxplot riportanti il numero di individui adulti di *L. dispar* rilevati durante i campionamenti nelle varie aziende risicole durante i 4 anni del progetto. È mostrato il valore di significatività ottenuto con il test di Wilcoxon

La risaia si è comunque confermata un buon surrogato di ambiente umido per le farfalle, infatti le cenosi seppur povere sono caratterizzate da preponderanza di elementi igrofilo a scarsa mobilità e in tutte le aziende è presente la specie protetta *L. dispar*, legata in modo più stretto alla disponibilità idrica.

In questo agrosistema la gestione è cruciale per il taxon farfalle: infatti sia per numero di specie, ma soprattutto in termini di numero di individui, le risaie a ridotto o nullo input chimico sono nettamente più ricche. Anche l'analisi multivariata mostra un peso rilevante del fattore fitofarmaci accanto alla disponibilità di risorse quali nettare e eterogeneità ambientale nel determinare la complessità e l'abbondanza delle cenosi di lepidotteri (cfr. Cap 8).

La risposta ai trattamenti chimici e alle pratiche agronomiche sfavorevoli, come ad esempio eccessivi sfalci di argini di camere e canali, si riflette nel breve tempo, nel numero di individui che decresce poiché non trova fonti di nettare, e in tempi più lunghi in una semplificazione delle cenosi che contengono un basso numero di specie con molti elementi generalisti e mobili. Poiché *L. dispar* compie l'intero ciclo in risaia le sue uova e le sue larve sono spesso eliminate da trattamenti e tagli; la risaia convenzionale si rivela spesso una trappola ecologica per questa specie. Infine, gli erbicidi chimici agiscono non solo in modo diretto e visibile diminuendo la disponibilità di pianta nutrice, ma inducono danni genomici sub letali come evidenziato da esperimenti ecotossicologici effettuati durante questo progetto (Santovito et al., 2020).

4.10 Apoidei

Il numero totale di Apoidei (“Api”+“Bombi”+“Altri Apoidei”) rilevati lungo i diversi transetti nelle risaie biologiche e convenzionali nel 2018 e nel 2019 è riportato in tabella 4.10.1. Il maggior numero di individui è stato rilevato nei campi a conduzione biologica. Il numero di individui più basso, riferito a tutta la stagione di campionamento, si è registrato nei campi convenzionali, RT5 (6) nel 2018 e RT4 (5) nel 2019, il numero più alto invece nei campi biologici, RB4 (269) nel 2018 e RB5 (482) nel 2019.

In generale, nel 2019 si sono rilevati più individui rispetto al 2018 nei campi biologici mentre nei campi convenzionali si sono registrati più individui nel 2018 rispetto al 2019.

Confrontando il numero medio di individui registrati nelle aziende suddivise in base al tipo di gestione si ottiene una differenza statistica molto significativa a favore della gestione biologica (Test di Wilcoxon: $W=36$, $p\text{-value}=0,002$) (Figura 4.10.1).

Tabella 4.10.1 - Numero totale di individui (“Api”+”Bombi”+”Altri Apoidei”) rilevati lungo i transetti delle risaie biologiche e convenzionali durante i campionamenti 2018 e 2019

ABBONDANZA APOIDEI-RISAIA				
Anno	2018		2019	
Gestione	BIO	CONV	BIO	CONV
N individui	723	127	1095	56

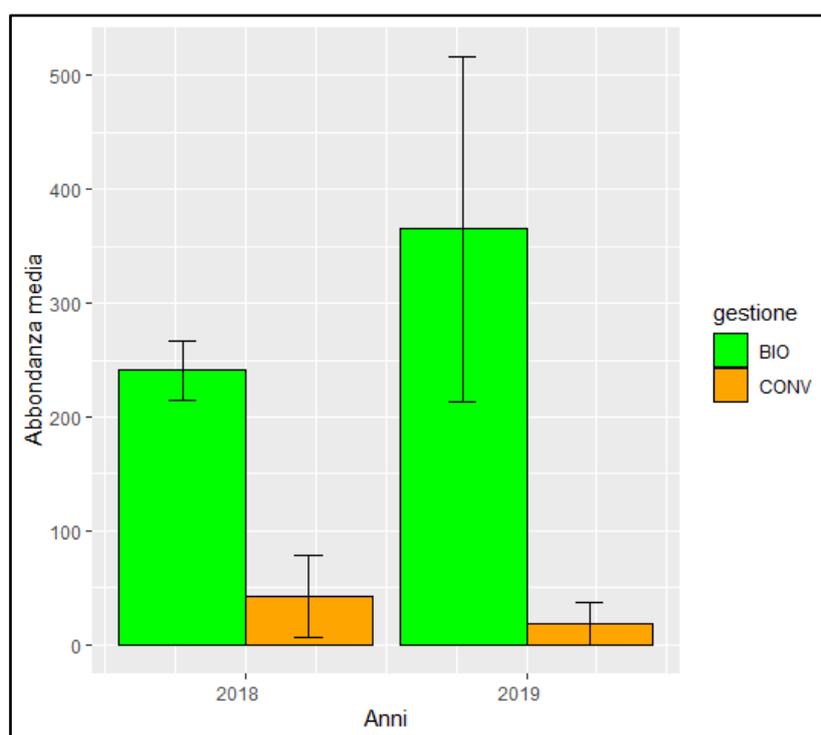


Figura 4.10.1 - Numero medio di individui (“Api”+”Bombi”+”Altri Apoidei”) rilevati lungo i transetti delle risaie biologiche e convenzionali durante i campionamenti 2018 e 2019

Nella stagione di campionamento 2018 il maggior numero di individui si è registrato nei mesi di maggio (418), settembre (175) e agosto (129). Giugno e luglio sono risultati i mesi in cui si sono osservati meno Apoidei (60 e 68 rispettivamente). Nel mese di agosto sono state viste alcune api intente a raccogliere polline su *Oryza sativa* al di fuori del transetto in RB1 e RB5. Nel 2019 i mesi con più rilevamenti sono stati luglio (460 individui), maggio (298), agosto (295) mentre a giugno si sono contati meno individui (98); nei mesi di settembre e ottobre non si sono osservati individui in nessun sito di campionamento. Le specie vegetali maggiormente visitate sono state: *Bidens* spp., *Commelina communis*, *Butomus umbellatus*, *Erigeron canadensis*, *Eupatorium cannabinum*, *Lythrum salicaria*, *Lotus corniculatus*, *Plantago lanceolata*, *Rubus* spp., *Solidago* spp., *Taraxacum officinale*; *Trifolium* spp., *Vicia villosa* (Figura 4.10.2).



Figura 4.10.2 – Apoidei in visita su alcune fioriture presenti lungo i transetti delle risaie analizzate nel progetto

Se si considera il numero totale di individui separato per gruppi (“Api”, ”Bombi”, “Altri Apoidei”) registrato nel biennio (2018+2019), nel gruppo “Api” si sono rilevati 1314 individui nei transetti dei campi biologici e 126 in quelli dei campi convenzionali; nel gruppo “Bombi” 215 e 46 individui rispettivamente nei campi biologici e nei convenzionali; nel gruppo “Altri Apoidei” 289 individui nei transetti biologici e 11 in quelli convenzionali. Analizzando invece il numero medio di individui nelle due tipologie gestionali, e considerando ciascun gruppo separatamente, tale valore è sempre stato più elevato lungo i transetti nei campi biologici per ogni gruppo. Per quanto riguarda il gruppo “Api” emerge una differenza molto significativa tra il numero registrato nei campi biologici e quello registrato nei campi convenzionali, a favore della gestione biologica (Test di Wilcoxon: $W = 36$, $p\text{-value} = 0,002$) (Figura 4.10.3). Per il gruppo “Bombi” si evidenzia una differenza statistica significativa sempre a favore del biologico (Test di Wilcoxon: $W = 31$, $p\text{-value} = 0,043$) (Figura 4.10.4). Non emergono invece differenze significative nel gruppo “Altri Apoidei” (Test di Wilcoxon: $W = 30$, $p\text{-value} = 0,060$) (Figura 4.10.5). In generale il più alto numero di individui, sia nei campi biologici sia nei convenzionali, riguarda le api da miele dovuto alla presenza di apiari nelle vicinanze dei campi oggetto della sperimentazione e, probabilmente anche al fatto che l’agroecosistema risaia è ormai generalmente povero di fioriture e di siti utili di nidificazione, fattori che accentuano il ben noto declino degli Apoidei. Le api da miele invece, gestite dall’uomo, vengono spesso spostate, nell’apicoltura nomade, quando le piante in fiore scarseggiano, o possono essere approvvigionate in casi di scarsità di risorse. Nel 2019 un elevato numero di individui del gruppo “Altri Apoidei” nei transetti dei campi biologici è stato rilevato nelle aziende RB5 e RB6 nei mesi di luglio e agosto grazie alla presenza di *Calystegia sepium*, *Hypericum perforatum*, *Lythrum salicaria*, *Solidago* spp. e all’elevata densità di queste fioriture, favorite da una situazione climatica favorevole nel periodo estivo.

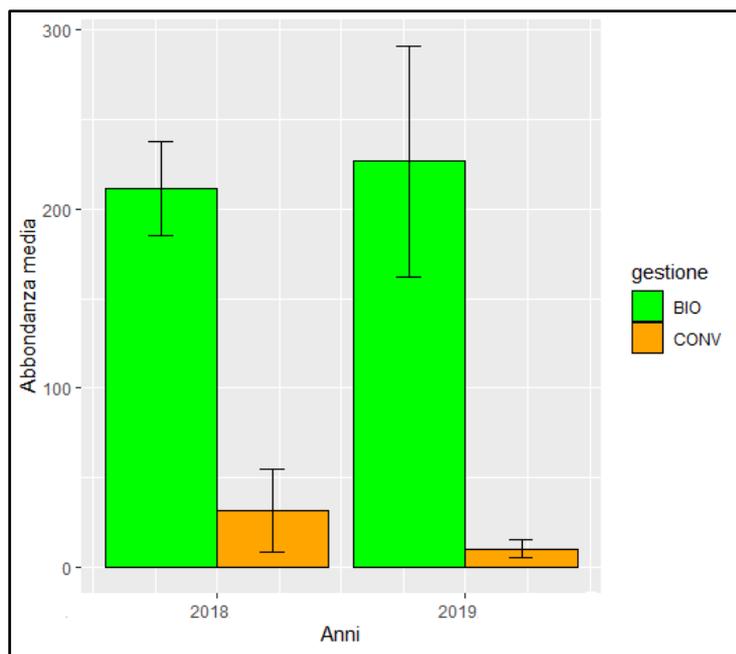


Figura 4.10.3 - Numero medio di individui di “Api” rilevati lungo i transetti delle risaie biologiche e convenzionali durante i campionamenti 2018 e 2019

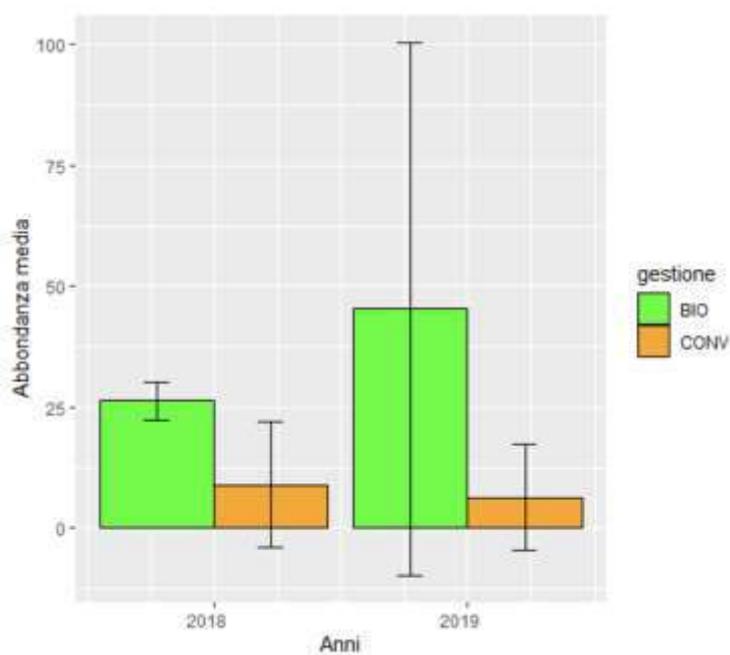


Figura 4.10.4 - Numero medio di individui di “Bombi” rilevati lungo i transetti delle risaie biologiche e convenzionali durante i campionamenti 2018 e 2019

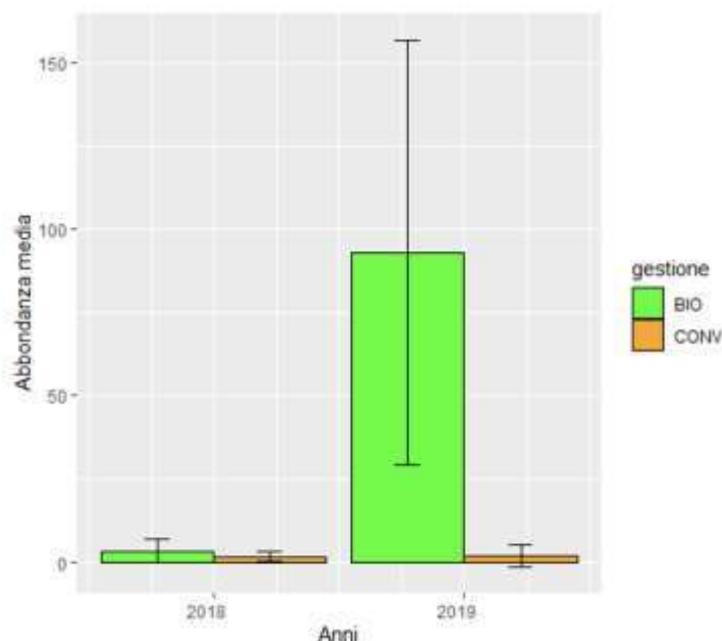


Figura 4.10.5 - Numero medio di individui di “Altri Apoidei” rilevati lungo i transetti delle risaie biologiche e convenzionali durante i campionamenti 2018 e 2019

Come evidenziato nel paragrafo 4.6, la gestione agronomica dei campi analizzati, realizzata secondo le buone pratiche agricole, come l’eliminazione o la riduzione dello sfalcio meccanico e del diserbo e l’introduzione di infrastrutture ecologiche, ha influito positivamente sul numero di specie in fioritura presenti e di conseguenza sul numero di individui di Apoidei rilevati lungo i transetti. L’elevata densità floristica di alcune piante autoctone come *Vicia villosa*, seminata da alcuni agricoltori sui margini delle risaie e *Lythrum salicaria*, spontanea, ma anche alloctone come *Erigeron canadensis*, *Solidago* spp. e *Bidens* spp., ha consentito un’elevata frequenza di Apoidei per la raccolta di nettare e polline. I trattamenti con prodotti fitosanitari hanno influito negativamente sulle visite degli Apoidei sui fiori in quanto la frequentazione di agroecosistemi variamente “contaminati” ha un notevole impatto sulla sopravvivenza e sulla potenzialità riproduttiva di queste specie. L’assenza o la riduzione dell’utilizzo di prodotti fitosanitari e/o l’adozione di alcuni prodotti meno dannosi, come si è verificato nella gestione di alcune aziende che hanno messo in atto pratiche compatibili, hanno avuto un riscontro positivo sull’abbondanza degli Apoidei. Si è inoltre evidenziata una situazione migliore negli agroecosistemi in cui, pur con l’applicazione di metodi convenzionali nelle colture, sono state lasciate inerbite le zone limitrofe o comunque gli interventi sono stati limitati, rispettando la flora esistente.

Il monitoraggio degli Apoidei si è rivelato un significativo, utilissimo e relativamente semplice strumento, se svolto da persone specializzate nel settore, per saggiare lo stato degli ambienti analizzati attraverso indici specifici e mettere in evidenza le differenze tra risaie biologiche e convenzionali.

4.11 Anfibi

4.11.1 Diversità batracologica

La Tabella 4.11.1.1 elenca le specie di anfibi rilevate nei 4 anni di indagine. Di particolare interesse è la presenza in alcune delle risaie indagate del Tritone crestato italiano (*Triturus carnifex*), specie elencata negli allegati II e IV della Direttiva Habitat e in forte declino sia a livello nazionale che regionale.

Tabella 4.11.1.1 - Elenco delle specie rinvenute nelle due diverse tipologie agronomiche considerando unicamente la camera di risaia scelta per il confronto (C. = Convenzionale; B. = Biologica)

TITOLO									
Specie		2015		2016		2018		2019	
Nome comune	Nome scientifico	C.	B.	C.	B.	C.	B.	C.	B.
Raganella italiana	<i>Hyla intermedia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
Rane di Lessona/Rana esculenta	<i>Pelophylax kl. esculentus / P. lessonae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
Rana agile	<i>Rana dalmatina</i>		X		X				
Tritone punteggiato	<i>Lissotriton vulgaris meridionalis</i>				X				
Tritone crestato italiano	<i>Triturus carnifex</i>	X	X	X	X				

Dal confronto tra le quattro stagioni emerge una maggior diversità specifica per le stagioni 2015-2016 rispetto all'ultimo biennio; tale maggiore biodiversità, però, è imputabile non tanto alle differenti pratiche agronomiche o alle diverse condizioni climatiche tra il biennio 2015-16 e quello 2018-19, quanto al contesto ambientale delle risaie biologiche scelte nel primo biennio: queste, infatti, si trovavano nei pressi di ambienti baraggivi, notoriamente più ricchi in biodiversità per quanto concerne l'erpetofauna.

4.11.2 Salute delle popolazioni di rane verdi

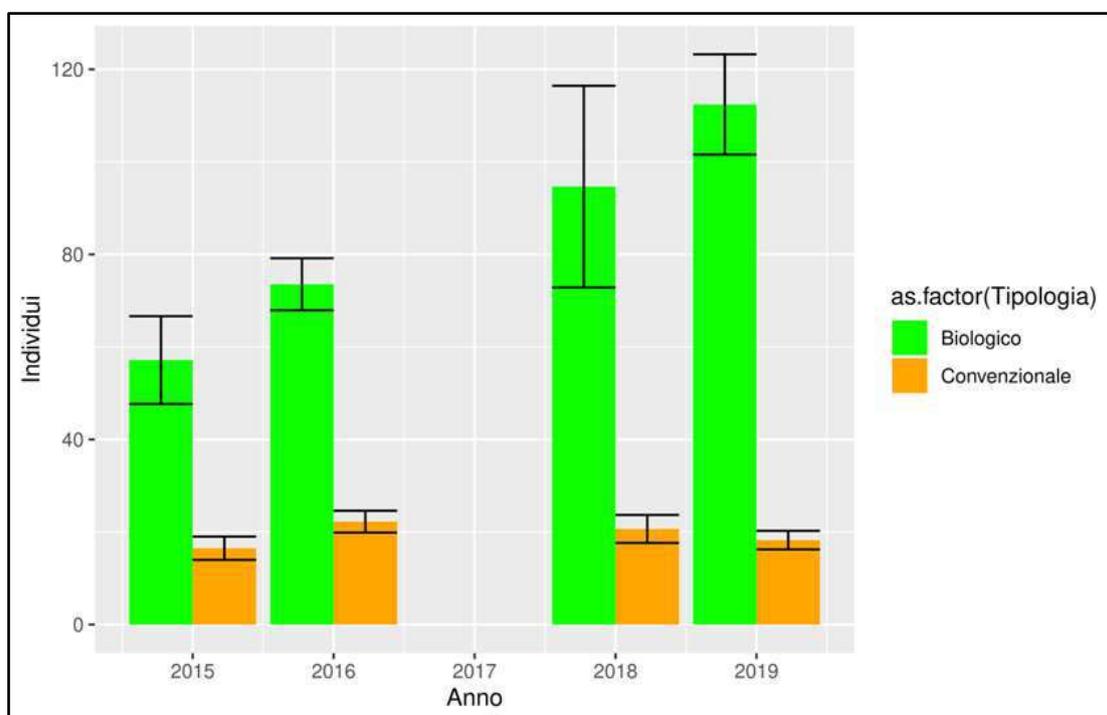


Figura 4.11.2.1 - Grafico che mostra il numero di individui adulti osservati (lungo 200 metri di sponda) nelle due tipologie agronomiche nei 4 anni di studio (2015-16-18-19)

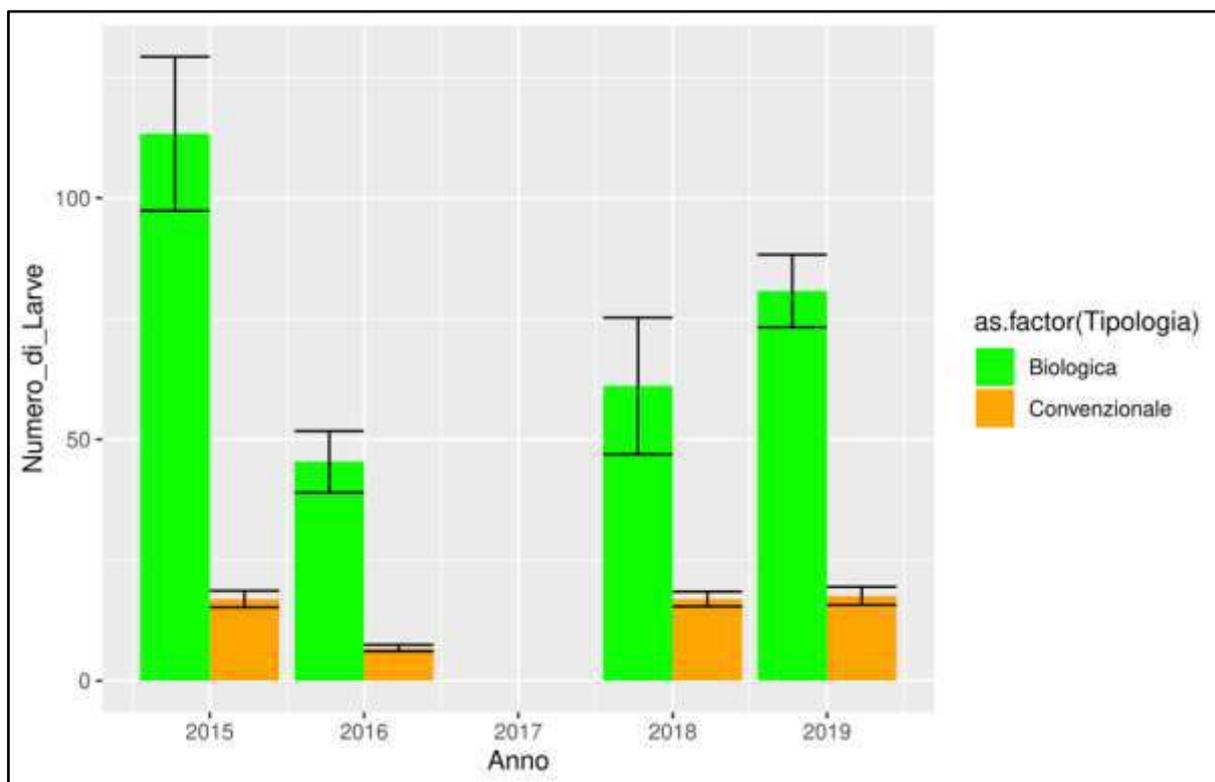


Figura 4.11.2.2 - Grafico che mostra il numero di larve catturate in 40 retinate (10 per lato della camera) nelle due tipologie agronomiche nei 4 anni di studio (2015-16-18-19)

Tabella 4.11.2.1- Risultati del test di Wilcoxon del confronto tra le due tipologie di risaie per il numero di larve (numero complessivo in 40 retinate)

Wilcoxon test		
Anno	W	p-value
2015	144	< 0,001
2016	131	< 0,001
2018	108	0,0156
2019	144	<0,001

Il numero di larve catturate nelle risaie biologiche è superiore a quella delle risaie convenzionali in tutti i 4 anni di studio (Figura 4.11.2.2). Nella Tabella 4.11.2.1 sono riportati i risultati del test statistico (Wilcoxon) del confronto tra le due tipologie di risaie per il numero di larve (numero complessivo in 40 retinate).

Analogamente anche il numero di individui adulti per il transetto complessivo di 200 m è risultato maggiore sulle sponde delle risaie biologiche rispetto a quelle convenzionali (Figura 4.11.2.1) (Figura 4.11.2.3). In Tabella 4.11.2.2 sono riportati i risultati del test statistico (Wilcoxon) del confronto tra le due tipologie di risaie per il numero di individui adulti osservati (lungo 200 metri di sponda, 50 m per lato della camera).

Tabella 4.11.2.2 - Risultati del test di Wilcoxon del confronto tra le due tipologie di risaie per il numero di individui adulti osservati (lungo 200 metri di sponda, 50 m per lato della camera)

Wilcoxon test		
Anno	W	p-value
2015	144	< 0,001
2016	144	< 0,001
2018	109	0,0174
2019	144	< 0,001

Tali risultati indicano una migliore condizione ambientale per le rane verdi nelle risaie biologiche. I fattori principali che possono determinare la miglior salute delle popolazioni di rane verdi presso le risaie biologiche sono:

- scarso inquinamento ambientale dovuto al basso o nullo impiego di prodotti fitosanitari;
- lungo periodo di sommersione delle risaie che limita la mortalità delle larve e ne garantisce il normale sviluppo;
- limitate lavorazioni meccaniche durante la fase di crescita del riso e in periodo invernale, che riducono la mortalità diretta sugli adulti.

Tra le altre caratteristiche che potrebbero determinare il miglior stato di salute delle popolazioni nelle risaie biologiche vi è anche la tecnica di semina su sodo che garantisce la presenza di molta vegetazione durante la schiusa delle uova (fornendo cibo e rifugio alle larve, favorendone il rapido accrescimento e riducendo l'intensità di predazione).

Allo stato attuale, i dati raccolti non permettono di discriminare quale sia il peso dei diversi fattori e sono necessari ulteriori studi per approfondire le cause del pattern osservato.



Figura 4.11.2.3 - Adulto di rana verde appartenente al complesso *Pelophylax lessonae-esculentus*

4.12 Chiroteri

I rilievi realizzati nelle risaie hanno consentito di registrare 33.935 sequenze acustiche (di cui 201 sequenze di cattura preda o feeding buzz), relative a 15 specie di Chiroteri, 14 nelle risaie convenzionali e 15 in quelle biologiche. I totali di specie rilevate e di frequenze acustiche per anno e disciplina sono riportati in Tabella 4.12.1. Tutte le specie rilevate sono inserite nell'allegato IV della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" e 2 sono elencate nell'allegato II della stessa direttiva (*Myotis myotis/blythii* e *Rhinolophus ferrumequinum*). In particolare *Rhinolophus ferrumequinum* è stato contattato solo nelle risaie biologiche (Figura 4.12.5).

Nel complesso, le specie che hanno mostrato la maggiore attività sono state la coppia *Pipistrellus kuhlii/nathusii*, *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii*, rilevate con l'88% dei contatti acustici registrati (Tabella 4.12.2).

Tabella 4.12.1 - Numero di specie di chiroteri, contatti acustici e feeding buzz totali rilevati nelle risaie suddivisi per anno nei campi sperimentali a diversa gestione, biologica (BIO) e convenzionale (CONV)

CHIROTTERI - NUMERO SPECIE								
	2015		2016		2018		2019	
	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV
N specie	11	12	10	11	15	14	15	12
Contatti acustici	1002 7	2658	6307	3295	1716	3295	3737	2900
Feeding buzz	41	10	62	18	3	2	47	18

Tabella 4.12.2 - Numero di contatti acustici rilevati nelle risaie suddivisi per anno e gestione per specie rilevata

CHIROTTERI - CONTATTI ACUSTICI									
	2015		2016		2018		2019		Tot
	CON V	BIO	CON V	BIO	CON V	BIO	CONV	BIO	
<i>Eptesicus/Nyctalus/Ves pertilio</i>	4	3	14	37	56	43	35	64	256
<i>Eptesicus serotinus</i>	33	40	39	41	162	90	16	58	479
<i>Hypsugo savii</i>	25	33	21	19	50	11	10	14	183
<i>Myotis HF</i>	37	30	44	21	100	30	89	52	403
<i>Myotis myotis/blythii</i>	1	0	0	0	15	1	0	2	19
<i>Nyctalus leisleri</i>	12	4	10	15	73	36	18	30	198
<i>Nyctalus noctula</i>	0	0	0	0	5	3	3	5	16
<i>Pipistrellus kuhlii/nathusii</i>	982	5042	839	2871	1558	758	1571	1516	15137
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	662	2689	499	1201	99	173	33	86	5442
<i>Pipistrellus nathusii</i>	273	213	37	103	123	28	63	40	880
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	610	1925	507	1595	908	511	633	1699	8388
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	5	13	5	0	3	3	0	3	32
<i>Plecotus sp</i>	14	35	6	21	20	19	13	17	145
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	0	0	0	0	0	1	0	2	3
<i>Tadarida teniotis</i>	0	0	0	0	123	9	416	148	696
Totale contatti acustici	2658	10027	3295	6307	3295	1716	2900	3737	33935
Totale specie	12	11	11	10	14	15	12	15	

L'attività complessiva (numero di contatti/ora nei quattro anni d'indagine) rilevata nei campi di sperimentazione, pur mostrando differenze annuali, è significativamente differente tra biologico e convenzionale (Figura 4.12.1, Wilcoxon test: $W = 143$; $p\text{-value} = 0,027$) con maggiore attività nelle risaie biologiche. Tale differenza è più evidente negli anni 2015 e 2016, mentre appare meno marcata nel 2019. Solo nel 2018 si è osservata una maggiore attività nelle risaie convenzionali rispetto a quelle biologiche (Figura 4.12.2).

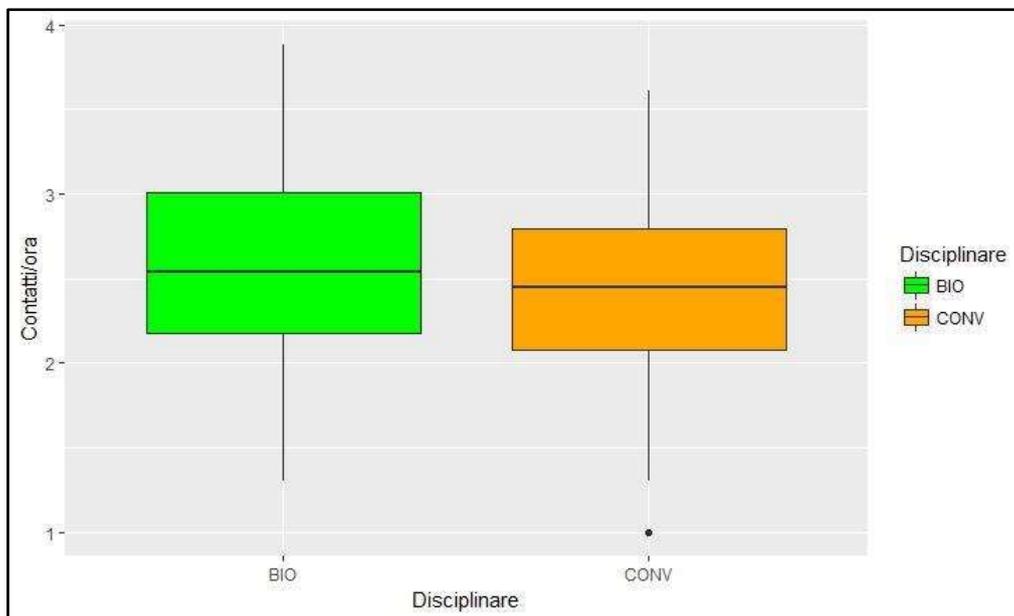


Figura 4.12.1 - Box plot del numero complessivo di contatti/ora per campi a diversa gestione (quattro anni assieme)

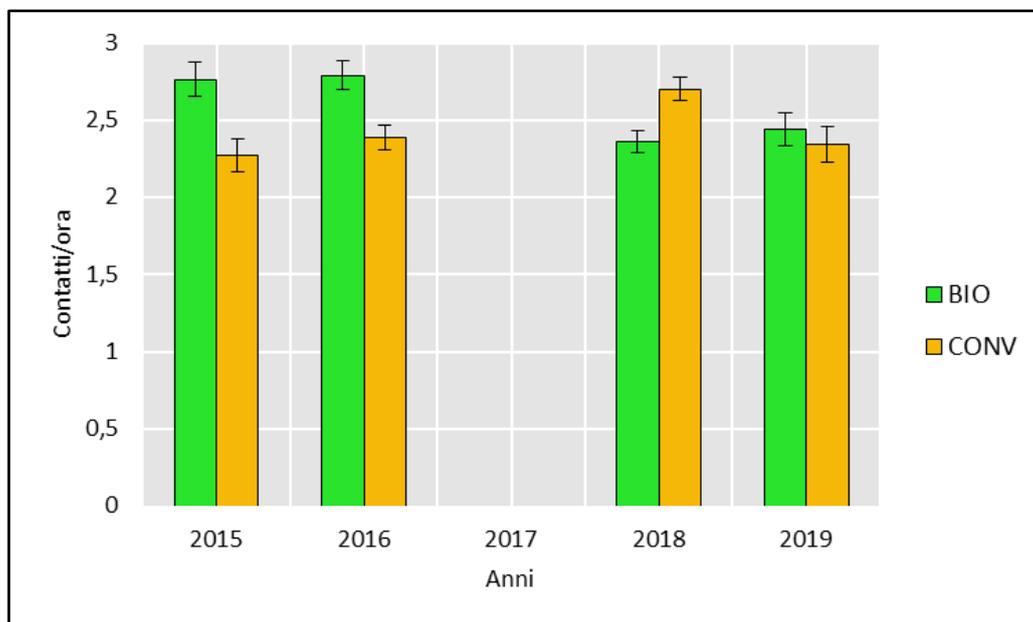


Figura 4.12.2 - Istogramma del numero medio di contatti/ora ($\pm SE$) per anno e diversa gestione

Anche l'attività di alimentazione, evidenziata dal numero di feeding buzz/ora, mostra una significativa differenza tra i due tipi di campi (Figura 4.12.3, Wilcoxon test: $W = 146$; $p\text{-value} = 0,0001$), con valori più alti nel biologico rispetto al convenzionale evidenziando una maggiore importanza per l'attività trofica delle risaie biologiche rispetto a quelle convenzionali. La marcata preferenza per l'attività trofica nelle risaie biologiche è stata osservata in tutti i quattro anni di indagine, con una maggiore differenza nel 2015, 2016 e 2019 (Figura 4.12.4).

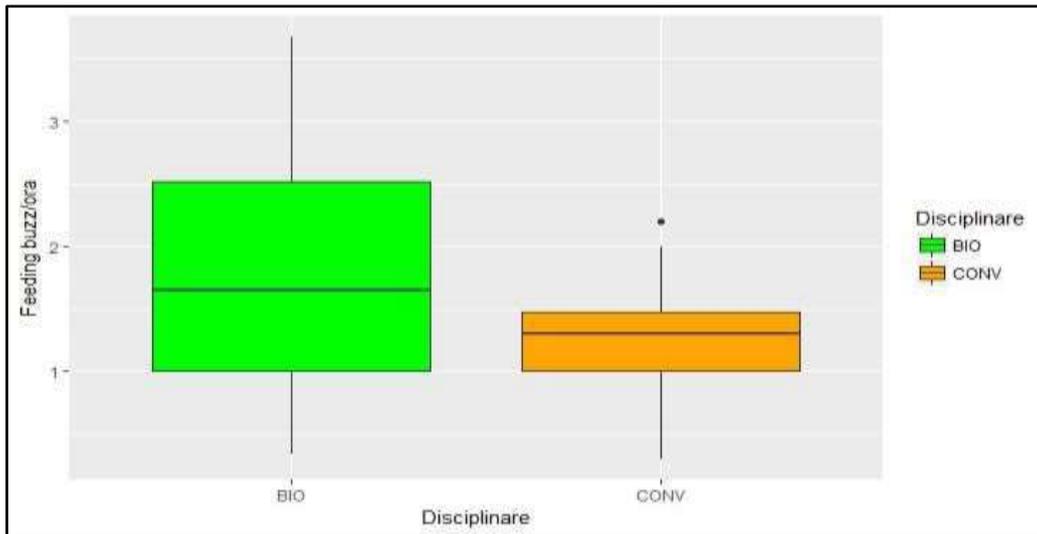


Figura 4.12.3 - Box plot del numero complessivo di feeding buzz/ora per campi a diversa gestione (quattro anni assieme)

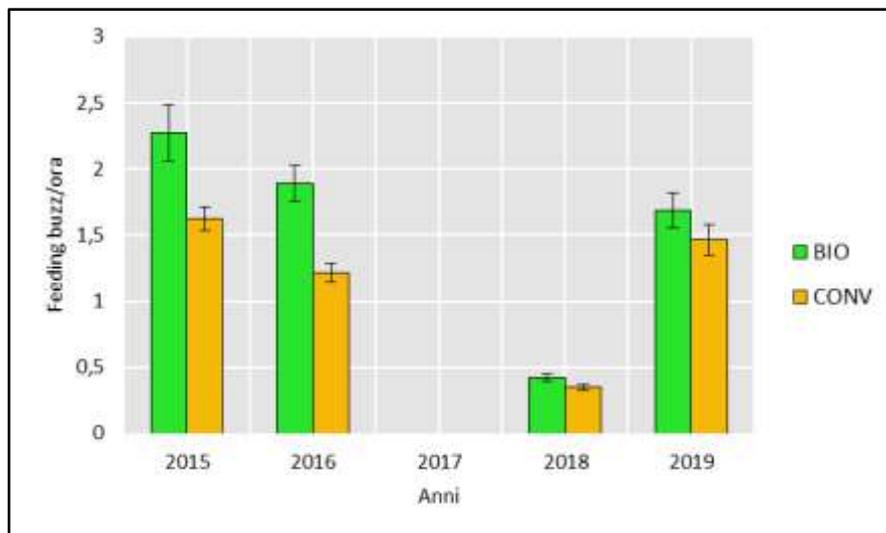


Figura 4.12.4 - Istogramma del numero medio di feeding buzz/ora (\pm SE) per anno e diversa gestione



Figura 4.12.5 - *Rhinolophus ferrumequinum* (All. II e IV) considerato “Vulnerable” secondo la Lista Rossa dei vertebrati italiani (Rondinini et al., 2013), rilevato solo nelle risaie biologiche

4.13 Indicazioni per pratiche agricole compatibili con la conservazione della biodiversità

Diversi studi scientifici hanno dimostrato l'utilità della biodiversità per la coltivazione del riso e l'importanza di mantenere comunità ricche e diversificate sia nell'ambiente acquatico della risaia che in quello erbaceo degli argini e delle sponde del reticolo di fossi e canali che permeano le aree a vocazione risicola. In un territorio come quello risicolo a vocazione monoculturale spinta ai massimi livelli e onnipervasiva, sono determinanti per la funzionalità ecologica dell'agroecosistema anche le fasce non coltivate ai margini dei campi, le siepi e tutti i terreni ai margini dei canali, che costituiscono l'ambiente di rifugio e di nidificazione di numerose specie predatrici di altri invertebrati dannosi alle colture e consentono, in quanto elementi lineari del paesaggio agrario, di svolgere la funzione di corridoi ecologici locali (LIFE Ecorice 2013). Le buone pratiche in risaia non riguardano pertanto solo le pratiche agricole legate alla coltivazione del riso, ma anche la gestione di questi elementi territoriali che producono effetti positivi sulle risaie e di conseguenza contribuiscono al mantenimento del valore agrario della coltivazione (Sanchez-Guzman J.M., 2007). Indicazioni specifiche sulle pratiche agronomiche che favoriscono la presenza di biodiversità nelle risaie, sono riportate nelle Misure n. 13 (Misure di accompagnamento) e n. 16 delle Linee guida del PAN (DM 10/3/2015).

Gli invertebrati, sia acquatici sia terrestri, rappresentano sia durante il periodo estivo che invernale, una fonte fondamentale di cibo per l'avifauna, componente fondamentale dell'agroecosistema risicolo. La presenza degli uccelli in risaia, a sua volta, aumenta la decomposizione della massa vegetale e aumenta la componente organica del terreno riducendo la necessità di utilizzare concimi di sintesi (ECORICE 2013).

La vegetazione erbacea sugli argini e sulle sponde dei canali, se mantenuta stabilmente sul lungo periodo, oltre a impedire l'ingresso di specie avventizie e invasive che tendono a invadere e fare concorrenza al riso, costituisce una risorsa fondamentale per gli insetti impollinatori fornendo nettare, polline e melata e svolgendo, in molti casi, il ruolo di piante nutrici per farfalle e non solo. Inoltre, utilizzando i coleotteri Carabidi come indicatori della funzionalità dell'ecosistema risicolo, una ricerca dell'Università di Pavia (CORINAT, 2012), ha evidenziato che il mantenimento della vegetazione sugli argini permette di ospitare una maggior proporzione di individui appartenenti alle specie più sensibili al disturbo, alla frammentazione e alla semplificazione dell'ambiente. Queste comunità di artropodi terrestri ospitano predatori di alcune specie invertebrate dannose per la pianta del riso (ECORICE 2013). Su queste basi, una ricerca ecologica mondiale sulla risicoltura sud-est asiatica (Settele, 2015) ha dimostrato come la semina di specie attrattive per impollinatori consenta anche lo sviluppo di comunità abbondanti e ben strutturate di predatori, riducendo notevolmente l'impatto di alcune organismi dannosi per il riso e consentendo in questo modo un minor uso di insetticidi. Recentemente la Regione Piemonte Settore Tutela delle Acque, in collaborazione con l'Università di Torino, ha messo a punto delle linee guida per la realizzazione e la gestione delle fasce tampone, con particolare riguardo alle aree in Rete Natura 2000 (https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2019-01/guida_ft_rev_08062018_bq.pdf), che accolgono importanti suggerimenti a favore della biodiversità. Per quanto riguarda i mammiferi, i più attivi nell'ambito delle risaie, sono i Chiroterteri. Nel delta dell'Ebro (Spagna), dove esistono alcune delle più vaste risaie europee, *Pipistrellus pygmaeus* effettua un efficiente controllo biologico di uno dei parassiti più devastanti, la piralide del riso, *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae). In questa area sono state installate numerose bat box che ospitano fino a 4500 pipistrelli e si sono osservati andamenti negativi dei parassiti nelle aree con presenza di più di 12 pipistrelli per ettaro (Puig-Montserrat et al. 2015), riuscendo in tal modo a minimizzare l'uso di insetticidi fino ad azzerarlo (Ricucci e Lanza, 2014).

Anche il coleottero giapponese (*Popillia japonica*) e il punteruolo del riso (*Lissorhoptrus oryzophilus*), che si stanno espandendo nelle risaie padane, potrebbero far parte della dieta dei pipistrelli.

L'impiego dei prodotti di sintesi può influire negativamente sulla biodiversità delle risaie non solo in modo diretto sulle specie, ma anche alterando i cicli trofici, ad esempio determinando, attraverso la riduzione degli organismi acquatici, una diminuzione dell'avifauna che si ciba di queste prede (Bogliani, 2014).

L'eliminazione o la riduzione di prodotti di sintesi tuttavia potrebbe non essere sufficiente per garantire un miglioramento significativo della qualità ambientale delle risaie in quanto la biodiversità è legata a una concomitanza di fattori che riguardano le modalità di gestione, in particolare quelle relative alla risorsa idrica. È buona regola in ogni tecnica di coltivazione effettuare le lavorazioni del terreno con mezzi meccanici che non vadano in profondità nel fondo delle camere evitando il rovesciamento degli strati, che causa l'impoverimento delle faune di Anfibi e Invertebrati che svernano nelle risaie in riposo invernale.

Tra le pratiche agricole sono determinanti quelle che si stanno affermando come tecniche per la coltivazione del riso biologico. Con circa 18.000 ettari di riso biologico certificato (dato SINAB 2018) l'Italia è leader indiscusso nella produzione di riso biologico in Unione Europea. Nell'ultimo decennio la superficie di riso biologico è raddoppiata, in linea con la continua e forte crescita del mercato, e si sono affinate le tecniche per garantire una produzione sostenibile e un efficace controllo delle piante infestanti del riso, messe a sistema con un apposito progetto nazionale (Risobyosystems, 2016) a cui hanno collaborato tutti i principali portatori di interesse in campo risicolo. Alcune di queste tecniche sono state valutate nel presente studio sperimentale:

- la “pacciamatura verde”, derivante dalla coltivazione di una coltura di copertura, seminata in autunno. Raggiunto lo stadio di pieno sviluppo a maggio si effettua una semina sull'erbaio ancora in piedi e subito dopo una rullatura. Nel più breve tempo possibile, la risaia viene sommersa per 5-6 giorni: in questo modo si permette al riso di germinare, mentre la coltura intercalare muore. In seguito si esegue un'asciutta prolungata fino all'emergenza del riso dallo strato pacciamante. Una volta raggiunto lo stadio di 2^a-3^a foglia del riso si procede con la sommersione definitiva;
- la tecnica della falsa semina in acqua attuata con mezzi meccanici che effettuano lavorazioni superficiali prima della semina del riso (due-tre passaggi con mezzi meccanici da lavorazione minima, in condizioni di risaia sommersa, per determinare l'interramento o lo sradicamento delle infestanti emergenti e limitarne la crescita). Le lavorazioni devono essere superficiali, interessando i primi 15 cm di suolo, e possono essere condotte con macchinari differenti: lo spianone modificato, l'erpice “vasino”, il rotolama. L'epoca di semina va posticipata verso fine maggio in modo da far emergere il maggior numero di infestanti. Per evitare l'emergenza di infestanti graminacee, l'asciutta di radicazione deve essere il più breve possibile;
- la tecnica della gestione meccanica delle infestanti con semina a file interrate. Viene coltivata una coltura intercalare. L'aratura viene eseguita in primavera a profondità di 25-30 cm con interrimento della coltura intercalare. La falsa semina viene realizzata nelle prime due decadi di maggio con l'ausilio di erpici strigliatori dotati di denti robusti, operando un doppio passaggio leggermente incrociato. L'epoca di semina ottimale è quella più posticipata possibile per la zona, compatibilmente con le caratteristiche delle varietà che verranno utilizzate. Si suggeriscono semine non superficiali per evitare danni da passaggio con erpice strigliatore. Gli interventi di strigliatura successivi all'emergenza sono da effettuare quando la coltura ha raggiunto lo stadio di 2-3 foglie.

L'impiego di tali tecniche presenta anche alcuni svantaggi per la biodiversità che vanno gestiti e affrontati. La pacciamatura verde ha un buon effetto sulla biodiversità per i benefici apportati sui microrganismi del suolo dalla rotazione con l'erbaio autunno-vernino, ma può essere critico per alcune specie acquatiche (es. anfibi, invertebrati acquatici) in quanto l'alternanza di acqua e asciutte può risultare una trappola ecologica in periodo riproduttivo cruciale. Una soluzione possibile e di basso costo consiste nella creazione di riserve d'acqua che mitigano l'effetto delle asciutte sugli organismi acquatici. Durante le asciutte, in questi canali, troverebbero rifugio i girini degli anfibi e le larve degli insetti e gli altri invertebrati acquatici.

La piantumazione di siepi di specie arboreo-arbustive autoctone sui bordi, ma anche all'interno della camera di risaia, con le tecniche dell'agroforestazione, che prevede la combinazione di alberi e/o arbusti e affini gestiti razionalmente con la coltura agraria (Figure 4.13.1 e 4.13.2), si è dimostrata nell'ambito del presente studio come un'efficace compensazione in termini di stabilità dell'ecosistema: le siepi arboreo-arbustive agiscono come fasce ecotonali di transizione portando a una diversificazione delle condizioni ambientali locali capace di incrementare significativamente la biodiversità. L'effetto viene amplificato abbinando a queste siepi anche i solchi ad acqua permanente (Figura 4.13.3). Per le aziende che abbiano attività di foraggicoltura riconosciute può essere utile, per la fertilizzazione del terreno, prevedere periodi di riposo colturale con gestione a prato con pascolo a basso carico di bestiame.

La falsa semina con lavorazione minima in acqua consente di fare tempestive sommersioni utili per avifauna e organismi acquatici, mentre la semina interrata con uso dello strigliatore riduce la risaia ad una coltivazione in asciutta con minore attrattività per le specie acquatiche. La messa in asciutta delle vasche determina l'eliminazione di tutti gli organismi acquatici presenti. Si rende quindi necessario adottare misure che consentano la sopravvivenza degli organismi acquatici durante i periodi di asciutta, realizzando solchi laterali profondi (80 cm minimo) che fungono da riserva d'acqua durante le asciutte o creando sistemazioni a pozze permanenti tipo alla ferrarese.

È utile (soprattutto nel caso di coltivazione in asciutta) che a scala aziendale si sfruttino le tare colturali e si dedichi una quota minima di risaie (es. quelle meno produttive o difficili da lavorare) per creare piccole zone umide permanenti (stagni e prati ad allagamento stagionale) per la tutela degli anfibi, possibilmente in prossimità con elementi di connessione (siepi, filari, boschetti ecc...). In questo modo

si supportano le tecniche di coltivazione biologiche con dei serbatoi di specie selvatiche in grado di interagire positivamente con la coltivazione.

Come è stato evidenziato dai risultati delle analisi chimiche del presente studio, anche nei campi biologici si riscontra la presenza di residui di fitosanitari nelle acque, in quanto il sistema irriguo padano è impostato su un complesso sistema di comunicazione a cascata tra le camere di risaia, che impedisce la separazione delle acque dalle risaie trattate in modo convenzionale da quelle biologiche e perde omogeneamente le acque cariche di residui di principi attivi.

Una possibile soluzione che integra anche i principi di differenziazione degli habitat in risaia precedentemente esposti è quella della creazione a livello di camera di risaia di piccole aree a fitodepurazione a flusso superficiale, con piante acquatiche autoctone flottanti disposte in appositi materassi biodegradabili, che, grazie soprattutto ai microrganismi associati al sistema radicale consentono di abbattere parte del carico inquinante.

Nel caso di possibilità di approvvigionamento di acque dai fontanili in cui affiora l'acqua della falda (in genere di qualità migliore) occorre evitare la commistione di tali acque con acque di colatura provenienti dalle risaie e realizzare una connessione ecologica lungo l'asta idraulica che collega alla testa del fontanile in modo che si possano espandere le piante acquatiche autoctone.

Per la dimensione territoriale del fenomeno e la rapidità del miglioramento ambientale che si può ricavare risulta prioritaria l'implementazione di una vegetazione erbacea stabile sugli argini. Gran parte delle aziende risicole praticano ad oggi il diserbo degli argini, per contenere piante ritenute infestanti o mantenere l'accessibilità alle bocchette irrigue. Una piccola percentuale di aziende applica trinciature anche per mantenere la accessibilità lungo gli argini, che permette la sopravvivenza di specie predatrici e non volano, anche se in proporzione minore rispetto agli argini indisturbati. La trinciatura deve essere effettuata esclusivamente fra ottobre e gennaio (LIFE Ecorice 2013), lasciando almeno un argine non falciato, alternando di anno in anno i margini lungo i quali viene effettuato lo sfalcio (Rice for Life, 2016). Questo sistema assicura la presenza costante di superfici non tagliate, in cui gli organismi possono trovare rifugio.

Nei casi in cui a causa di reiterati disturbi la comunità erbacea sia sporadica e totalmente colonizzata da specie ruderali ed esotiche è bene ricorrere ad un inerbimento di restauro ecologico. Non esistono ad oggi in commercio miscugli di semi di specie tipiche delle comunità autoctone lungo i fossi della pianura e si ricorre a miscugli più generici da prato stabile, il cui efficace contributo alla biodiversità è stato testato nel presente studio. Per ottenere comunità più idonee dal punto di vista funzionale sarebbe più opportuno favorire la ricolonizzazione da parte delle comunità in equilibrio ecologico con gli argini dei fossi irrigui, tramite il trapianto di piantine ottenute in vivaio da semi raccolti dal selvatico o i miscugli di preservazione derivati in coerenza col Dlgs 148/2012 da raccolte di fiorume nei Siti della rete Natura 2000.

Il miglioramento della funzionalità ecologica delle risaie nei mesi invernali (di riposo per il raccolto) è strettamente legato alla tipologia di gestione delle stoppie adottata, in quanto le stoppie del riso costituiscono un ambiente importante per la fauna che frequenta le risaie nei mesi invernali, soprattutto per quanto riguarda gli uccelli.

In linea generale, le stoppie dovrebbero essere mantenute in campo fino almeno a metà marzo, ritardando il più possibile le lavorazioni pre-semina, creando così un habitat ottimale per molte specie di uccelli (Rice for Life, 2016). Qualora le aziende abbiano disponibilità di acqua anche in inverno è da incentivare la sommersione invernale delle risaie (sommersione iemale), lasciando le stoppie sino alla fine dell'inverno, una frazione fra il 20 e 60% allagato con uno strato di 5-20 cm di acqua che favorisce la decomposizione e mineralizzazione della sostanza organica.

Infine è importante per la biodiversità e la resistenza ai parassiti, l'uso di varietà di riso adattate al terreno. I parassiti e le malattie sono in continua evoluzione che gli permette di sviluppare resistenza ai trattamenti chimici applicati. Coltivare varietà locali ed avere appezzamenti adiacenti con diverse varietà di riso

riduce le probabilità di fallimento del raccolto dovuta a malattie e contribuisce a una maggiore stabilità della produzione. Benefici simili possono essere ottenuti con sistemi di coltivazione miste (come ad es. con l'applicazione della pacciamatura verde che crea un mosaico di risaie ed erbai). Uno studio sull'espansione delle malattie del riso (Hillel and Rosenzweig, 2005) ha dimostrato che differenti varietà di riso presenti in piccole aree possono provocare difficoltà agli insetti patogeni nel localizzare le parcelle al contrario di grandi appezzamenti monovarietalmente uniformi che sono più suscettibili a epidemie di parassiti e malattie. Gli agenti patogeni vi si diffondono più rapidamente e le epidemie tendono ad essere più gravi.



Figura 4.13.1 - *Agroforestazione alberi e riso in primavera. Rovasenda (VC). Azienda RBI*



Figura 4.13.2 - *Agroforestazione alberi e riso in tarda estate. Rovasenda (VC). Azienda RBI*



Figura 4.13.3 - *Abbinamento di agroforestazione e solchi ad acqua permanente per la biodiversità. Rovasenda. Azienda RBI*

5. VIGNETI

5.1 Tipologia dei trattamenti fitosanitari e compatibilità con la Misura n. 13

In vigneto sono effettuati diversi trattamenti fitosanitari nel corso della stagione colturale:

- un trattamento erbicida a marzo, aprile eventualmente ripetuto a fine primavera, inizio estate in caso di stagioni piovose che provocano crescita della vegetazione;
- diversi trattamenti fungicidi, contro Peronospora e Oidio, in funzione dell'andamento climatico, ma in media circa 10 a distanza di una settimana o 15 giorni;
- due (o tre nel biologico) trattamento insetticida obbligatorio su ordinanza della Regione Piemonte contro l'insetto vettore della Flavescenza dorata a seconda dei calendari fissati dal Settore Fitosanitario Regionale, in generale da fine giugno a inizio agosto.

Nelle aziende agricole convenzionali che applicano la distribuzione di fitosanitari in modo integrato o integrato volontario, sono stati utilizzati nel corso delle varie annualità i formulati e rispettivi principi attivi riportati nella seguente tabella 5.1.1

Nel periodo di studio sono stati utilizzati 95 prodotti, 71 dei quali fungicidi, 13 insetticidi e acaricidi, 4 erbicidi. 38 di essi sono ammessi in agricoltura biologica e 4 i prodotti approvati in agricoltura biodinamica. 69 prodotti sono pericolosi per l'ambiente, 54 sono tossici per gli organismi acquatici di cui 34 con effetti di lunga durata, 19 prodotti contengono sostanze attive da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione.

In generale, se si escludono i prodotti biologici, circa i 2/3 dei prodotti utilizzati non è compatibile con la misura 13 del PAN. La lotta alle patologie fungine risulta la problematica maggiormente significativa.

Tabella 5.1.1 – Elenco dei formulati e dei principi attivi utilizzati nelle aziende risicole di studio nel corso di tutte le annualità del progetto (2015-2019) (cfr. par. 3.2)

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
VB7	2019	500	Cornoletame	Corroborante e ammendante	Agricoltura biodinamica	0
VB7	2019	501	Comosilice (quarzo, feldspato od ortoclasio)	Corroborante e ammendante	Agricoltura biodinamica	0
VT3* VT5**	2016* 2019**	ACTARA 25WG	Thiametoxam	Insetticida	N - H410	-0.75
VT3	2016	ALEXIN 75 LS	Fosfonato di potassio	Fungicida	SPe 1	0.
VT1	2015	APPLAUD PLUS 25 WP	Buprofezin	Insetticida	N - H410 - SPe3	-0.75
VT4	2018	BAROCCO	Zolfo puro	Fungicida	Approvato in agricoltura biologica.	0
VB7	2019	BENTONITE	Bentonite	Fungicida	Approvato in agricoltura biologica.	0
VB7	2019	BIOPIREN PLUS	Piretrine	Insetticida, acaricida	Approvato in agricoltura biologica. H410 - SPe 3, SPe 8	0.5
VT4	2018	CABRIO TOP	Pyraclostrobin, Metiram	Fungicida	N - H410. Manca la frase SPe nonostante il profilo di prodotto e sostanze attive.	-0.75

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
VT4	2018, 2019	CHAMP,	Idrossido Di Rame (copper hydroxide)	Fungicida	Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408).	-1
VT3	2016	CHELAL MG	Magnesio (Mg) Chelato	Fertilizzante	Classificato "non pericoloso" conforme alla direttiva europea sulle Materie e i Preparati Pericolosi.	0
VT1* VT6**	2015* 2019**	CIDELY	Cyflufenamid, solvente nafta	Fungicida	N - H410. Manca la frase SPe nonostante il profilo di rischio.	-0,75
VT1	2016	COLLIS	Boscalid (Nicobifen), Kresoxim-Methyl	Fungicida	N - H400, H410 Nonostante sia pericoloso per gli organismi acquatici mancano le relative frasi Spe.	-0,75
VT1	2015	CORNER MZ	Mancozeb, Metalaxil	Fungicida	N - H400. Nonostante sia pericoloso per gli organismi acquatici mancano le relative frasi Spe.	-0,75
VB5	2019	COSAVET DF	Zolfo	Fungicida	Approvato in agricoltura biologica.	0
VT2	2015	CUPRAVIT 35 WG	Rame Ossicloruro	Fungicida	N - H410 - SPe1, SPe3	-0,75
VT1	2015	CUPROCAFFARO	Rame metallo (da ossicloruro tetraramico)	Fungicida	SPe3 - Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica	-1
VB6	2019	CUPROXAT S.D.I._00719	Tribasic Copper Sulfate	Fungicida	N - H410	-0,75
VT4	2018, 2019	DELAN PRO,	Dithianon, Potassium Phosphonates (Formerly Potassium Phosphite)	Fungicida	N - H410 - SPe 3	-0,75
VT1	2016	DURSBAN 75WG	Clorpirifos	IN	N- H410 – Spe 3 - Revoca per mancato rinnovo approvazione s.a. con data di smaltimento delle scorte fissata al 16/04/2020	-1
VT4	2018	ENERVIN TOP	Metiram	Fungicida	N - H410	-0,75

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
VT2* VT6**	2015* 2018* *	EPIK	Acetamiprid	Insetticida	N - SPe3 - H411. Essendo il prodotto potenzialmente neurotossico per gli uccelli dovrebbe avere la frase SPe7.	-0.75
VB7	2019	FLADEN	Letame fresco bovino senza paglia, gusci uova finemente tritati, basalto in polvere finissima	Prodotto biodinamico		0
VT2	2015	FLINT	Trifloxystrobin	Insetticida	N - H410 - SPe2	-0.75
VT1	2015	FOLMAK COMBI	Folpet, Metalaxil	Fungicida	N - Metalaxil è da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Contiene una proporzione notevole di isomeri non attivi.	-1
VT1	2016	FOLPAN COMBI	Folpet, Metalaxil-m	Fungicida	N - H400 - SPe3	-0.75
VT3	2016	FORUM	Dimethomorph	Fungicida	H412 - SPe1	-0.5
VT5	2019	FORUM MZ WG_01192	Dimethomorph, Mancozeb	Fungicida	N - H400, H410 - SPe3	-0.75
VT2* VT5**	2015* 2018, 2019**	FORUM TOP	Mertiram, Dimethomorp	Fungicida	N - H400- H410 - SPe3.	-0.75
VB7	2019	HELIOCUIVRE	Idrossido Di Rame	Fungicida	SPe 1 - Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408). Approvata in agricoltura biologica.	-1
VT2	2015	HELIOSOUFRE S	Zolfo, terpeni	Fungicida	Spe 8 - Approvato in agricoltura biologica.	-0.25
VT4	2018	IPERION	Ossicloruro di rame	Fungicida	N - H410 - Spe3 - Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408). Approvato in agricoltura biologica.	-1
VT1* VT5** VT6**	2015* 2018** 2019***	KARATHANE STAR	Meptyldinocap	Fungicida	N - SPe 3	-0.75

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
VT1	2015	KENKIO	Cyazofamide, Fosfonato di disodio	Fungicida	SPe3 - H412 - Il profilo di rischio per gli uccelli imporrebbe la frase di rischio SPe7	-0.5
VT6	2018	KOCIDE 2000	Idrossido Di Rame	Fungicida	SPe 1 - Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione in quanto sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408).	-1
VT1	2016	KOCIDE OPTI	Idrossido di rame	Fungicida	N - H410 - SPe3	-0.75
VT1	2015	KUSABI	Pyriofenone	Fungicida	N - H410 - SPe2	-0.75
VT3	2016	LUZINDO	Thiamethoxam	Fungicida	N - H410 - SPe 3 Revocato per adeguamento nuove normative con smaltimento scorte al 19/09/2018	-1
VT6	2018	MAVRIK 240 EW	Tau-Fluvalinate	Insetticida, acaricida	N - H410 - SPe 3	-0.75
VT1	2016	MELODY COMPACT	Ossicloruro di rame, Iprovalicarb	Fungicida	N - H400 - SPe3. Revocato. Smaltimento scorte entro il 01/01/2018. Ossicloruro di rame: da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408). Autorizzato provvisoriamente.	-1
VT3	2016	MILDICUT	Disodium Phosphonate, Cyazofamide	Fungicida	H412 - Il profilo di rischio ambientale è tale che dovrebbe prevedere adeguate frasi Spe e di rischio. Sostanza attiva pericolosa per gli uccelli.	-0.5
VT6	2018	MOVIDA	Zoxamide	Fungicida	N - H410 - SPe 3	-0.75
VT1	2015	OMNEX 10C	Penconazole	Fungicida	N - H411 - SPe3	-0.75
VT6	2019	PASTA CAFFARO BLU	Rame Ossicloruro	Fungicida	Approvato in agricoltura biologica - H410 -SPe 1, SPe 3	
VT6	2019	PASTA CAFFARO NC	Rame Ossicloruro	Fungicida	Approvato in agricoltura biologica. Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408)	-1

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
VB7	2019	PASTA PER TROCHI	Rame Ossicloruro	Cicatrizzante, antibatterico	Approvato in agricoltura biologica. Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408)	-1
VB5	2019	PASTA SIAPA F BLU_02180	Rame metallo (da ossicloruro tetraramico, copper oxychloride)	Fungicida	Approvato in agricoltura biologica. Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408)	-1
VT3	2016	PERGADO SC	Mandipropamid	Fungicida	N - H411 –SPe3	-0.75
VT4, VT6	2019	PERGADO F	Folpet, Mandipropamid	Fungicida	N - H400, H410 - Manca la frase SPe nonostante la tossicità delle sostanze attive per gli organismi acquatici.	-0.75
VT4	2019	PERGADO MZ	Mandipropamid, Mancozeb	Fungicida	N - H410 - SPe 3	-0.75
VB6	2019	PIRETRO ASSET FIVE	Piretro Naturale	Insetticida	H410 - Spe 3, Spe 8. Approvato in agricoltura biologica.	-0.5
VT1* VT5**	2016*, 2018, 2019**	POLYRAM DF	Metiram	Fungicida	N – H400,H410 – SPe3	-0.75
VT6	2019	POLTIGLIA 20 DF	Bordeaux mixture	Fungicida	Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408).	-1
VB6	2019	POLTIGLIA 20 PB MANICA	Solfato di rame neutralizzato con calce idrata	Fungicida	Approvato in agricoltura biologica H410 -. SPe 1, SPe 3	0.5
VB6	2019	POLTIGLIA BORDOLESE DISPERS	Bordeaux mixture	Fungicida	SPe 1, SPe 3, SPe 7. Sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408).	-1

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
VT4	2019	POLTIGLIA CAFFARO 20 DF NC NEW	Solfato di rame	Fungicida	N - H410 - SPe 3	-0.75
VT1, VT3	2016	POLYRAM DF	Metiram	Fungicida	N – H400, H410 - SPe 3	-0.75
VB7	2019	PREVA-AM	Olio Essenziale di Arancio Dolce 60 G/L	Fungicida, insetticida	N – H411 - SPe 3, SPe 8. Approvato in agricoltura biologica.	-0.75
VT3	2016	PRESIDIUM ONE	Dimethomorph, Zoxamide	Fungicida	N – SPe3	-0.75
VT1	2015	PREVINT TOP	Metiram, Ametoctradin	Fungicida	N – H400, H410 – SPe2, SPe3	-0.75
VT1	2016	PROLECTUS 50WG	Fenpyrazamine	Fungicida	N – H410 - SPe3	-0.75
VT5	2018, 2019	PROSPER 300	Spiroxamina pura (=300 g/l) Contiene nafta solvente (petrolio) aromatica pesante, <1% Naftalene.	Fungicida	N – H410 - SPe3	-0.75
VB7	2019	PROPOLI	Propoli	Fungicida, battericida	Approvato in aricoltura biologica	0
VT1	2015	QUANTUM F	Folpet, Dimethomorph	Fungicida	N – H400, H412 –SPe3	-0.75
VT1 VT5	2015	QUANTUM MZ	Dimetomorf, Mancozeb	Fungicida	N – H400, H412 –SPe3	-0.75
VT1	2015	RAMEZIN COMBI WG	Rame ossicloruro, Cymoxanil	Fungicida	N – Spe3 - H410	-0.75
VT4*,** VT5**	2018* 2019**	RELDAN 22	Clorpirifosmetile	Insetticida	N – H410 - SPe 3, SPe 8. Revoca per mancato rinnovo approvazione S.A. Data smaltimento scorte 16/04/2020	-1
VT3	2016	RIDOMIL MZ	Mancozeb, Metalaxil-m	Fungicida	N- H400, H410 -Spe3; SPe2. Revoca non iscrizione sostanza attiva in allegato 1. Smaltimento scorte 14/06/2007.	-1
VT5 VT6	2018	RIDOMIL GOLD COMBI PB	Mancozeb, Metalaxil-m	Fungicida	N - H400, H410 - Spe3; SPe2. Revocato mancato adempimento a normative. Smaltimento scorte fissato al 28/02/2022	-1

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
VT1	2016	ROTATE PLUS DF	Zolfo, Tebuconazolo	Fungicida	Nonostante il profilo ecotossicologico mancano frasi SPE. Tebuconazolo è una sostanza attiva e da iscriverne nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione in quanto sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408).	-1
VT2* VT6**	2015* 2018**	ROUND-UP	Glifosate	Erbicida	N - H411 - SPE3 -Revoca mancato adempimento a normative. Data smaltimento scorte 22/05/2017	-1
VT5	2018, 2019	ROUND-UP 450 PLUS	Glifosate	Erbicida	N - H412 - SPE 2, SPE 3 - Revoca per scadenza periodo di approvazione s.a. data smaltimento scorte 30/06/2020	-1
VB6	2019	SALI POTASSIO FLIPPER	Sali Potassici Di Acidi Grassi (C14-C20)	Insetticida, acaricida	Approvato in agricoltura biologica. SPE 3	-0.5
VT6	2019	SCORE 25 EC	Difenoconazole	Fungicida	N - H410 - SPE 3 La Sostanza attiva è da iscriverne nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica.	-1
VT4	2019	SCUDEX EC,	Penconazole	Fungicida	N - H411	-0.75
VT6	2018	SERCADIS	Fluxapyroxad	Fungicida	N - H410 - mAncano le frasi SPE nonostante il profilo di rischio per gli organismi acquatici	-0.75
VT6	2018, 2019	SIGLIF	Glifosate	Erbicida	SPE 2, SPE 3	-0.50
VT4	2019	SIVANTO PRIME	Flupyradifurone	Fungicida	N - H410 - SPE 3	-0.75
VT1	2016	SLOGAN TOP	Metiram	Fungicida	SPE3 - H400, H410 - Manca il simbolo di pericoloso per l'ambiente nonostante il profilo e la presenza del simbolo in prodotti analoghi.	-0.50
VT1	2015	SOFREVAL 80	Sulphur (Zolfo)	Fungicida	-	0
VT4	2019	SOLOFOL	Folpet	Fungicida	N - H400 - SPE 3	-0.75
VB7	2019	SURRAND WP	Alluminosilicati	Corroborante, ammendante	Approvato in agricoltura biologica	0
VT1	2015	TAIFUN MK CL	Glifosate	Erbicida	Spe2	-0.50

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
VT4 VT6	2018, 2019	THIOPRON	Zolfo puro (esente da selenio) g 57,3 (825 g/L) Coformulanti, q.b. a g 100	Fungicida	Approvato in agricoltura biologica. SPe 8	0
VT1	2019	TIOFLOR WDG	Sulphur (Zolfo)	Fungicida	H410 - Approvato in agricoltura biologica. Non sono presenti indicazioni in etichetta tuttavia il prodotto in esame contiene zolfo concentrato 80% che presenta effetti dannosi sugli organismi acquatici, sugli artropodi del suolo e sulla vegetazione spontanea non bersaglio.	-0.50
VT1	2016	TIOVIT JET	Zolfo	Fungicida	Non sono presenti indicazioni in etichetta tuttavia il prodotto in esame contiene zolfo concentrato 80% che presenta effetti dannosi sugli organismi acquatici, sugli artropodi del suolo e sulla vegetazione spontanea non bersaglio.	-0.25
VT6* VT5**	2018* 2019**	TOPAS 10 EC	Penconazole	Fungicida	N - H411 - SPe3	-0.75
VT1	2015	VALIS F	Folpet, Valifenalate	Fungicida	N - H410 - SPe3	-0.75
VT4	2018, 2019	VELIERO 500 EC	Spiroxamine	Fungicida	N - H410 - SPe 3	-0.75
VT1	2016	VERDRAM HI BIO WG	Rame metallo (sotto forma di ossicloruro)	Fungicida	N - H410 - SPe3	-0.75
VT1	2016	VISIR PENCOTECH	Penconazole	Fungicida	N - H411 Manca la frase SPe nonostante il profilo tossicologico della sostanza attiva Penconazole e la frase SPe3 di Omnex e Topas 10 EC che sono analoghe	-0.75
VT1* VT5,VT6**	2015* 2019**	VIVANDO	Metrafenone	Fungicida	N - H410 - SPe 3	-0.75
VT1	2015	ZELIG	Clorpyrifos	Insetticida	Manca nonostante il profilo di rischio la frase SPE per gli organismi acquatici e le api. Revocato per riclassificazione. Data smaltimento scorte 01/06/2017.	-1
VB7	2019	ZEOLITE	Alluminosilicati	Corroborante	Approvato in agricoltura biologica.	0

CODICE CAMPO	ANNO	TIPO TRATTAMENTO PF	SA CONTENUTA	TIPOLOGIA	COMPATIBILITÀ CON MISURA 13 PAN	PUNTEGGIO
VT6	2019	ZOLFO BAGNABILE 80%	Zolfo	Fungicida	Revocato con smaltimento scorte al 4/11/2017.	-1
VB7	2019	ZOLFO IN POLVERE	Zolfo	Fungicida	Tossico per gli organismi acquatici. Approvato in agricoltura biologica	-0.25
VB5	2019	ZOLFO S.A.I.M. RAMATO 5%_03306	Zolfo	Fungicida	N - H411 - SPe 3, SPe 8 - Approvato in agricoltura biologica. Rame ossicloruro è da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408).	-1
VT6	2019	ZOLFO VENTILATO 99%_03312	Zolfo		Approvato in agricoltura biologica. Il Prodotto non contiene indicazioni specifiche per l'ambiente, tuttavia contenendo zolfo in concentrazione elevata, risulta tossico per gli organismi acquatici, sugli artropodi del suolo e sulla flora spontanea non bersaglio.	-0.25
VT2	2015	ZOLFO TRIVENTILATO MANNINO	Sulphur (Zolfo)	Fungicida		0
VT6	2018	ZORVEC ZELAVIN VEL	Oxathiapiprolin, Zoxamide	Fungicida	N - Oxathiapiprolin è molto tossico per gli organismi acquatici (ECHA, substance infocard[1]). Mancano però le frasi H e Spe	-0.50

5.2 Rischi potenziali per flora e fauna associati all'uso dei prodotti fitosanitari utilizzati

I Vigneti in esame si caratterizzano per il largo impiego di fungicidi che possono rappresentare una minaccia soprattutto per gli organismi del suolo, ma alcuni di essi hanno un pessimo profilo ecotossicologico anche nei confronti di altri organismi. Alcuni di essi e loro metaboliti sono anche potenziali inquinanti delle acque sia superficiali che di falda.

La maggior parte dei fungicidi non sono altamente tossici per gli organismi viventi, ma insieme ad acaricidi e farmaci antimicrobici si registra un notevole aumento della tossicità a causa di effetti interattivi (Johnson et al., 2013; Thompson and Wilkins, 2003). In particolare sono state identificate sinergie tra fungicidi EBI e tau-fluvalinate con elevato aumento della tossicità per contatto negli impollinatori.

Tra le sostanze maggiormente problematiche si segnala Dimetomorph utilizzato da solo o in miscela in prodotti ad azione fungicida, rinvenuto frequentemente da ARPA Piemonte nei corsi d'acqua delle aree a intensa attività viticola e che anche a livello nazionale risulta tra le sostanze più diffuse nelle acque superficiali (ISPRA, 2018). Questa sostanza ha azione endocrina (Orton et al, 2011) ed è ritenuta pericolosa e persistente per l'ambiente acquatico (ECHA, all. 3). Tale sostanza attiva è stata utilizzata (nei prodotti Forum MZ WG, Forum TOP, Presidium One, Quantum F, Quantum MZ IDRO) ripetutamente nei vigneti convenzionali oggetto di studio (VT1 e VT2 nel 2015, VT5 nel 2015, 2018, 2019, VT3 nel 2016).

Altra sostanza attiva ad azione fungicida molto tossica per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata e rinvenuta in tutti i corsi d'acqua analizzati da ARPA Piemonte è Spiroxamine (presente nei prodotti Veliero 500 Ec E Prosper 300 Cs e utilizzata rispettivamente in VT4 e VT5 nel biennio 2018-2019).

Tebuconazolo, sostanza attiva è da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione in quanto soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408), è stato rinvenuto frequentemente nei corsi d'acqua da ARPA Piemonte. È presente nel prodotto Rotate Plus DF, utilizzato in VT1 nel 2016. Si tratta di una sostanza attiva altamente tossica per organismi bentonici di acqua dolce come copepodi e arpacticoidi ed è un sospetto interferente endocrino per i pesci (Turesson et al. 2007; Sheahan & Fisher, 2012).

Il metabolita nel suolo di Metiram (contenuto in miscela con Dimetomorph in Forum Top), ethylenethiourea (ETU) ha proprietà mutagene (Crobe et al., 2002) e di interferenza endocrina (U.S. Environmental Protection Agency, 2005b; Maranghi et al., 2013).

Il Boscalid, fungicida contenuto nel prodotto Collis, utilizzato in VT1 nel 2016, è persistente nel suolo e può causare alterazioni delle comunità batteriche del suolo sia a breve che a lungo termine (Xiong et al., 2013). È tra le sostanze maggiormente rinvenute nelle acque superficiali italiane (ISPRA, 2018) e anche nel corso del presente studio da ARPA Piemonte nelle acque superficiali delle aree a vocazione viticola.

Folpet (Toftalimidici), contenuto nei prodotti fungicidi Folmax Combi, Folpan Combi, Valis F, Pergado F, Quantum F, Solofol utilizzati nei vigneti convenzionali, ha effetti negativi sulle micorrizze arbuscolari vescicolari (Western Mineral Fertilizers, Western Australia 2005, 2006).

Per quanto riguarda gli insetticidi utilizzati nei vigneti studiati risultano non utilizzabili in aree protette per il loro effetto negativo sulla fauna acquatica e sugli impollinatori.

Thiamethoxam (Actara, utilizzato in VT3 nel 2016 e in VT5 nel 2019, Luzindo utilizzato in VT3 nel 2016), Clorprifos (Dursban 75WG utilizzato in VT1 nel 2016) e Clorprifos metile (Reldan 22 utilizzato in VT4 e VT5 nel 2018-2019) sono inclusi tra gli insetticidi il cui uso dovrebbe essere evitato per combattere la moria delle api e sono fortemente tossici anche per i Lepidotteri. Chlorpyrifos possiede anche una tossicità molto alta per crostacei, le comunità bentoniche marine e i pesci (PPDB) ed è un possibile interferente endocrino (Tait et al., 2009; De Angelis et al., 2009). Inoltre questo prodotto ha una Tossicità molto alta per gli anellidi (PAN) e interferisce con la loro fecondità e quindi con la loro densità (Zhou et al., 2007; De silva, 2009).

Tutti e 3 i prodotti utilizzati a base di Thiamethoxam sono inclusi tra gli insetticidi il cui uso è stato vietato a livello europeo nel dicembre 2019 in relazione all'inquinamento puntiforme registrato sul territorio dell'UE e rinvenuto in numerosi casi di moria delle api.

Tra i diserbanti si segnala nei vigneti convenzionali oggetto di studio il largo uso di Glifosate (ROUND UP, ROUNDUP 450 PLUS, SIGLIF e Taifun MK CL). Tali prodotti hanno effetti tossici diretti negli adulti e nei girini e, causano aumento della mortalità degli anfibii a concentrazioni attese dell'ambiente (Relyea, 2005; Relyea et al., 2005b; Reylea & Jones, 2009; Lajmanovich et al., 2005; Jayawardena et al., 2010).

Anche altri prodotti utilizzati nel periodo di studio sono pericolosi per l'ambiente e inclusi tra le sostanze da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione ai sensi Regolamento di esecuzione UE, 2015/408[2] [Max3] fra cui quelli a base di rame utilizzati anche in agricoltura biologica.

5.3 Analisi granulometriche dei suoli

I terreni prelevati nei campi a coltivazione vigneto, utilizzati per le analisi fisiche di confronto, sono relativi soltanto alla fase di campionamento effettuata nel 2018. In totale sono stati analizzati campioni provenienti da 4 campi diversi, le cui risultanze sono illustrate nella tabella 5.3.1.

L'analisi granulometrica effettuata sui campioni, evidenzia come i terreni prelevati dai campi di confronto (VT4-VB5 e VT6-VB7) siano nettamente comparabili, risultando con percentuali di abbondanza pressoché uguali tra loro per tutte e tre le classi granulometriche (sabbia, limo e argilla). Sebbene esista anche una totale omogeneità delle abbondanze granulometriche tra tutti i campi analizzati, caratterizzati da una scarsa percentuale di frazione granulare (sabbia tra il 13 e il 17%) e una prevalenza della componente coesiva (limo + argilla compresi tra l'83 e l'87%), in funzione della maggiore o minore presenza di sabbia, limo e argilla, ai campioni vengono attribuite classi di tessitura diversa. I suoli campionati nei campi VT4 e VB5 sono infatti classificati a tessitura argilloso limosa, mentre i suoli dei campi VT6 e VB7 presentano una tessitura medio argillosa tendenzialmente limosa. Anche le abbondanze percentuali di scheletro presente nei suoli confermano una omogeneità tra i campioni studiati e permettono una netta correlazione tra i campi di confronto.

Nella tabella 5.3.1 e nella figura 5.3.1 sono riportate le abbondanze percentuali delle frazioni granulometriche, mentre nella tabella 5.3.2 sono riportati i valori delle abbondanze relativi alle percentuali di scheletro rilevate.

Tabella 5.3.1 – *Distribuzione delle frazioni granulometriche, secondo la classificazione USDA, dei campioni provenienti dalle zone piemontesi*

ANALISI GRANULOMETRICA				
Classe granulometrica	Campi in studio (Piemonte)			
	CON	BIO	CON	BIO
	VT4	VB5	VT6	VB7
SABBIA %	14	13	16	17
LIMO %	45	42	49	49
ARGILLA %	41	45	35	34

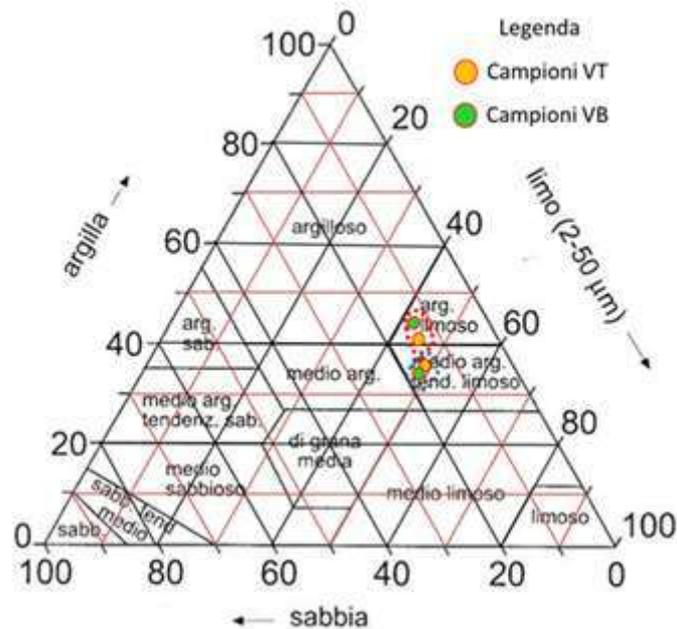


Figura 5.3.1 – Diagramma ternario contenente la classificazione dei suoli prelevati nei vigneti piemontesi, in funzione dell’abbondanza percentuale della componente granulometrica

Tabella 5.3.2 – Valori relativi alle abbondanze percentuali di scheletro nei campioni provenienti dalle zone piemontesi coltivate a vigneto

ABBONDANZA DELLO SCHELETRO			
Regione	Sigla campo		abbondanza %
Piemonte	CON	VT4	14
	BIO	VB5	13
	CON	VT6	16
	BIO	VB7	17

Il valore del peso dell’unità di volume della parte solida (tabella 5.3.3) risulta essere piuttosto omogeneo e compreso tra un minimo di 2,75 g/cm³, corrispondente a 26,97 kNm³, e un massimo di 2,78 g/cm³, corrispondente a 27,26 kNm³. Tale dato indica la presenza di specie mineralogiche simili nei suoli studiati (tabella 7.4.3) e conferma l’omogeneità delle caratteristiche fisiche analizzate per i due diversi campi di confronto (convenzionale e biologico).

Tabella 5.3.3 – Valori del peso dell'unità di volume della parte solida dei campioni in studio

PESO DELL'UNITÀ DI VOLUME DELLA PARTE SOLIDA			
Regione	campo		Peso specifico media (g/cm ³)
Piemonte	CON	VT4	2,78
	BIO	VB5	2,75
	CON	VT6	2,77
	BIO	VB7	2,75

5.4 Analisi chimiche nei suoli

Analisi 2015

Nel 2015 le analisi sono state svolte da ARPA Piemonte ed hanno riscontrato Metalaxyl in VT1 (0,06 µg/kg), Clorpyrifos in VB2 e VT2 (dove era stato utilizzato in conseguenza dei trattamenti obbligatori insetticidi per la lotta alla flavescenza dorata), Trifluralin in VB2 (0,29 µg/l).

Data la scarsa numerosità di risultati quantificabili non risulta possibile trarre conclusioni di carattere generale riguardo a differenze di concentrazione fra le colture biologiche e convenzionale o anche solo fra prima e dopo un trattamento.

Nel 2015 si è condotta anche una campagna di analisi delle acque di alcuni rii drenanti i terreni oggetto di indagine. La frequenza di campionamento è stata messa in relazione all'applicazione dei prodotti fitosanitari dichiarati ed alla disponibilità di portate che in periodo estivo può giungere in ambiente collinare marnoso-arenaceo anche al prosciugamento dei rii collinari. Le analisi chimiche, svolte da ARPA Piemonte non hanno fornito evidenze dei prodotti fitosanitari utilizzati, se non per quelli a base di Rame i cui valori oscillano tra 5 e 7 µg/l.

Analisi 2018-2019

Nelle tabelle 5.4.1, 5.4.2 e 5.4.3 dell'Allegato al Capitolo 5 sono riportati i valori di carbonio organico (TOC), carbonio totale (TC), azoto totale (TN), Contenuto d'acqua, Sostanza organica Totale, Calcio, Potassio, Magnesio ricercati per la caratterizzazione dei campioni di suolo nei vigneti.

Per quanto concerne il contenuto di Azoto totale nei campioni di vigneti, la percentuale è risultata compresa tra 0,07 in VT6 t0 II e 0,363 in VB5 t1, quindi si va da terreno scarsamente dotato a molto ricco (Tabella 4.4.4); il rapporto C/N presenta valori compresi tra 8 e 12, indicando la presenza di terreni ben dotati organicamente in cui però la percentuale di Azoto totale disponibile per l'accrescimento è inferiore rispetto a quella utilizzata per la stabilizzazione della sostanza organica. Relativamente ai dati disponibili per il 2018 non si notano sostanziali differenze tra t0 e t1 (ovvero prima e dopo il trattamento con prodotti fitosanitari), né tra campi biologici e trattati.

La sostanza organica presenta delle proprietà agronomiche in grado di influenzare in maniera significativa le caratteristiche del suolo, con effetti positivi sulla coltivazione delle piante, vite inclusa. Il suo contenuto deve essere quindi valutato alla luce delle caratteristiche del terreno.

In tutti i siti monitorati la presenza in sostanza organica tende ad aumentare in seguito al trattamento. Ciò può essere dovuto sia all'uso di letame come fertilizzante, che all'uso di sovescio come tecnica di arricchimento del suolo (solo ai fini indicativi, questi contenuti sono percentualmente molto inferiori rispetto a quelli riscontrati nei nocciolati (Capitolo 6).

Il contenuto d'acqua varia con la tessitura del terreno e con la piovosità stagionale. Nei vigneti si registrano valori nell'intervallo tra 0,85 % (VT6) e 16,46 % (VT4). Non si hanno variazioni evidenti nei due anni di monitoraggio, tra campi a trattamento biologico e convenzionale; tuttavia, in generale, a seguito del trattamento, il contenuto d'acqua tende ad aumentare, probabilmente anche per fattori legati alla stagionalità.

Lo studio dei macroelementi Ca, K e Mg, che intervengono nei diversi processi di scambio nel suolo, permette di valutare se il contenuto di questi metalli varia tra i diversi vigneti e/o a in base al tipo di trattamento. Dai valori misurati, riportati nelle tabelle da 5.4.1 a 5.4.3 dell'ALLEGATO al Capitolo 5, si evidenzia che tutti e tre i macroelementi mostrano intervalli ridotti di concentrazioni e senza variazioni evidenti in seguito ai trattamenti. I valori percentualmente maggiori dei suddetti macroelementi appartengono ai campi biologici, mentre i campi trattati mostrano contenuti minimi.

Per ciò che concerne il Rame, le cui concentrazioni sono dettagliate nelle tabelle da 5.4.4 a 5.4.7 dell'ALLEGATO al Capitolo 5, occorre evidenziare differenze sempre statisticamente significative (con

valori di $sp.t >$ del valore limite) tra le coppie dei campi, come evidenziato dai risultati dei test-t di cui alla tabella 5.4.8, con i contenuti più elevati associati sempre ai campi biologici.

Tabella 5.4.8 - *t-test applicato ai valori medi di concentrazioni riscontrati nei campioni di suolo provenienti dai campi di vigneti a trattamento biologico e convenzionale (significatività 95%, $p < 0.05$). In grassetto i dati statisticamente significativi*

t-test						
	Cu			S		
	valore sp. t	valore limite	gradi di libertà	valore sp. t	valore limite	gradi di libertà
VB5/VT4	10,50	2,447	6	4,74	2,447	6
VB6/VT5	3,22	2,447	6	0,78	2,447	6
VB7/VT6	4,66	2,447	6	1,06	2,447	6

Volendo considerare dei riferimenti normativi più vicini possibile alla tipologia interessata, si nota che i valori registrati nei campi biologici risultano superiori al limite per l'uso ai fini agricoli dei fanghi di depurazione (All. 1A, Dlgs 99/1992, limite 100 mg/kg s.s.) e superiori anche al limite per i suoli ad uso verde pubblico e residenziale (colonna A, D.lgs 152/2006, 120 mg/kg). Nei campi a trattamento convenzionale i superamenti si hanno per il campo VT4 e VT5.

Per lo Zolfo (tabelle 5.4.4 – 5.4.7 dell'ALLEGATO al Capitolo 5) tale confronto non può essere effettuato, poiché non esistono limiti normativi nei terreni. Comunque i contenuti riscontrati sono ritenuti elevati in entrambe le tipologie di campi e maggiori dei valori trovati in altre tipologie di colture, come risaie e nocioleti. Inoltre, non si registrano differenze statisticamente significative tra i campi a trattamento biologico e convenzionale tranne per la coppia VB5/VT4.

I prodotti fitosanitari organici nei campioni di suolo, le cui concentrazioni misurate sono riportate in dettaglio nelle tabelle 5.4.9 e 5.4.10 dell'ALLEGATO al Capitolo 5, hanno mostrato nella quasi totalità dei casi valori inferiori al limite di quantificazione. In particolare le concentrazioni dei prodotti fitosanitari ricercati sono risultate $<$ LOQ in tutti i campioni provenienti da colture biologiche e solo pochi casi di concentrazioni quantificabili (relativi a Dimethomorph, Metrafenone e Chlorpyrifos) in campioni provenienti da colture convenzionali.

5.5 Analisi ecotossicologiche nei suoli

Analisi 2015-2016

Nella campagna 2015 i campionamenti e i saggi ecotossicologici nei coltivi a vigneto sono stati eseguiti da ARPA Piemonte.

I campioni sono stati prelevati in quattro campagne di campionamento (da t0 a t4). I saggi ecotossicologici sono stati eseguiti su campioni di acque superficiali e suolo; solo in un caso (VB2) sono state campionate le acque sotterranee.

Le specie-test utilizzate sono state il batterio *Aliivibrio fischeri*, l'alga unicellulare *Raphidocelis subcapitata* e il crostaceo d'acqua dolce *Daphnia magna*.

Nella tabella 5.5.1 di cui all'ALLEGATO al Capitolo 5, sono presentati i risultati ottenuti.

In linea generale non sono state evidenziate situazioni di particolare criticità. Le risposte più significative hanno interessato soprattutto l'alga, sia in campioni prelevati in campi di controllo (in particolare sul campione VB2_t3) sia in colture tradizionali (campione VT1_t3). Relativamente ai campioni d'acqua i risultati più significativi si sono registrati sul campione VB2_t3 e VT1_t3, prelevati nello stesso periodo. In particolare, nel campione VB2_t3 la risposta di inibizione algale è stata del 24,6 % e il valore di inibizione sul batterio, seppur non particolarmente significativa, è stata del 16,7 %. Nel campione VT1_t3 la risposta è stata sostanzialmente analoga: 21,5 % l'inibizione registrata per l'alga e 16,0 % l'inibizione nel batterio. Sul campione di suolo VT2_t4 prelevato a fine ciclo colturale è stata osservata una significativa inibizione della bioluminescenza (33,8 %) e di immobilizzazione nel saggio con *D. magna* (15,0 %).

Per il 2016 il campionamento è stato effettuato da DISAFA dell'Università di Torino, mentre i saggi ecotossicologici di fitotossicità con *Lepidium sativum*, *Sinapis alba* e *Sorghum saccharatum* e il saggio acuto con *Eisenia* spp., sono stati eseguiti nei laboratori di ISPRA.

Nella tabella 5.5.2 dell'ALLEGATO al Capitolo 5 sono presentati in dettaglio i risultati ottenuti. Relativamente al saggio di fitotossicità solo due campioni (VT1_t+1 e VT3_t+2), con riferimento esclusivo a *L. sativum*, hanno dato valori di inibizione statisticamente significativi. Tuttavia, considerando gli effetti biologici complessivi su tutte le specie-test, si può desumere un'assenza generale di fitotossicità su tutti i campioni saggiati.

Per quanto riguarda il saggio acuto con *Eisenia* spp. non si è osservata mortalità nei campioni e gli individui sono cresciuti in termini di biomassa, dopo 14 gg di esposizione, mediamente del 30 %.

Analisi 2018-2019

Quasi la totalità dei campioni di suolo analizzati nel biennio 2018-19 ha mostrato effetti di biostimolazione della bioluminescenza in *Aliivibrio fischeri*, in modo particolare quelli della campagna 2019 (tabella 5.5.3 dell'ALLEGATO al Capitolo 5). La biostimolazione, seppur non interpretabile come un effetto di vera e propria tossicità, può essere considerato comunque un effetto biologico negativo di bassa entità, spesso reversibile, quale forma di reazione metabolica in presenza di bassa contaminazione o comunque di condizioni ambientali stressanti per il batterio.

Nella campagna 2018 è stata riscontrata fitotossicità per *S. saccharatum* solo nei campioni provenienti dai vigneti convenzionali VT4_t0 (65,1 %) e VT4_t1 (83,3 %), dove si è osservata una significativa stimolazione dell'allungamento radicale. Nella campagna 2019 *L. sativum* ha mostrato, su tre vigneti convenzionali e un biologico, una tossicità significativa: VT4_t1 (33,0 %), VT5_t0 (33,1 %) e VT5_t1 (33,3 %) e VB6_t0 (35,2 %). I risultati dei saggi di fitotossicità sono elencati nelle tabelle 5.5.4 e 5.5.5. nell'ALLEGATO al Capitolo 5, rispettivamente riferite alle campagne del 2018 e del 2019.

5.5.1 Indice integrato di valutazione del pericolo ecotossicologico

L'applicazione dell'indice sintetico ai campioni di suolo provenienti dei vigneti del Piemonte per il calcolo dell'HQ ecotossicologico di cui al paragrafo 3.17.1 ha prodotto la classificazione riportata in dettaglio nella tabella 5.5.1.

Tabella 5.5.1 - Stima del pericolo ecotossicologico (HQ) applicato ai campioni di suolo dei vigneti (in grassetto i saggi con tossicità significativa)

Sample_code	Battery HQ	Battery HQ threshold	Battery HQ max	Nr. Bioassay	Level of hazard
VB5_t0*	0.28	9.24	36.8	7	ABSENT
VB5_t0_II**	0.2	9.24	36.8	7	ABSENT
VB5_t1***	0.1	9.24	36.8	7	ABSENT
VB5_t1_II****	0.16	9.24	36.8	7	ABSENT
VB6_t0	0.24	9.24	36.8	7	ABSENT
VB6_t0_II	0.15	9.24	36.8	7	ABSENT
VB6_t1	0.09	9.24	36.8	7	ABSENT
VB6_t1_II	0.14	9.24	36.8	7	ABSENT
VB7_t0	0.09	9.24	36.8	7	ABSENT
VB7_t0_II	0.3	9.24	36.8	7	ABSENT
VB7_t1	0.14	9.24	36.8	7	ABSENT
VB7_t1_II	0.15	9.24	36.8	7	ABSENT
VT4_t0	2.09	9.24	36.8	7	MODERATE
VT4_t0_II	0.65	9.24	36.8	7	ABSENT
VT4_t1	0.17	9.24	36.8	7	ABSENT
VT4_t1_II	0.39	9.24	36.8	7	ABSENT
VT5_t0	0.14	9.24	36.8	7	ABSENT
VT5_t0_II	0.13	9.24	36.8	7	ABSENT
VT5_t1	0.13	9.24	36.8	7	ABSENT
VT5_t1	0.13	9.24	36.8	7	ABSENT
VT5_t1_II	0.19	9.24	36.8	7	ABSENT
VT6_t0	0.22	9.24	36.8	7	ABSENT
VT6_t0_II	0.28	9.24	36.8	7	ABSENT
VT6_t1	0.1	9.24	36.8	7	ABSENT
VT6_t1_II	0.29	9.24	36.8	7	ABSENT

La valutazione integrata delle risultanze ecotossicologiche ha individuato un solo campione con un moderato pericolo ecotossicologico, ovvero VT4_t0 della campagna del 2018 (prima del trattamento), attribuibile esclusivamente alla inibizione pressoché totale della bioluminescenza misurata nell'eluato tramite il batterio *A. fischeri*. Pertanto, l'unica differenza apprezzabile nelle risposte ecotossicologiche tra i vigneti biologici e quelli tradizionali è proprio quella del campo VT4 rispetto al suo corrispondente biologico VB5, ma solo per il 2018 nel campione raccolto prima del trattamento.

5.5.2 Analisi statistica dei dati chimico-ecotossicologici

Dal confronto tra colture biologiche e tradizionali mediante t-test per dati appaiati non emergono differenze statisticamente significative, sebbene il campo VT4_t1 nel 2019 rispetto al campo VB5 sia prossimo alla significatività ($p = 0,0541$) a causa degli effetti di inibizione dell'allungamento radicale misurato in *S. saccharatum* (84 %). Tuttavia, l'elevata variabilità delle repliche del controllo ha reso nullo il valore del pericolo ecotossicologico specifico (HQ) classificando il campione come "ABSENT", alla stregua del corrispondente campione biologico VB5_t1.

Gli stessi dati sottoposti anche a un test non parametrico (Mann-Whitney U test), ponendo a confronto per ciascun saggio biologico l'effetto percentuale misurato tra tutti i campioni provenienti dai vigneti biologici rispetto a quelli convenzionali, non ha individuato alcuna differenza significativa.

Per quanto concerne le caratteristiche chimiche ed ecotossicologiche dei campioni di suolo nella figura 5.5.1 viene riportata la Principal Component Analysis (PCA).

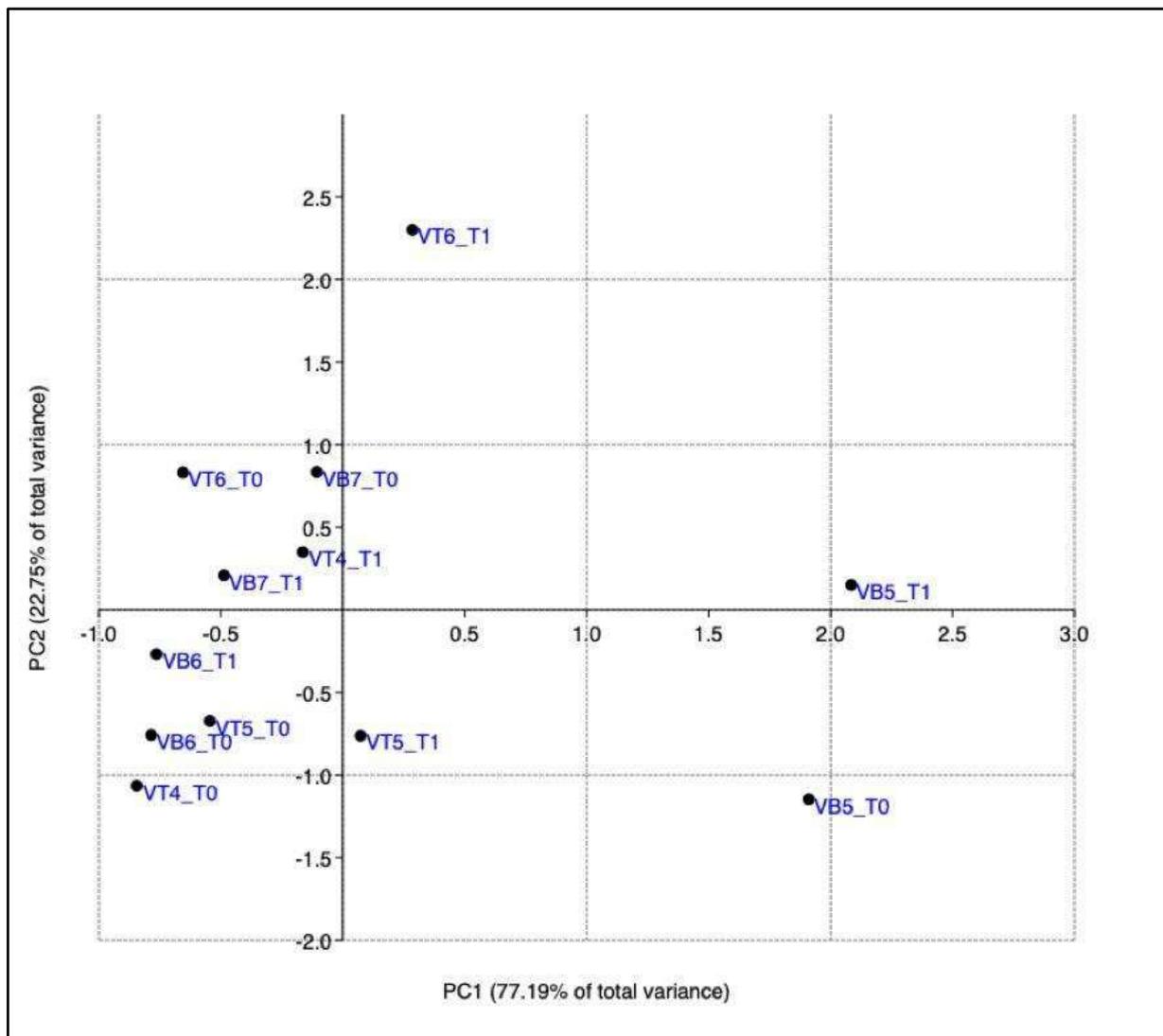


Figura 5.5.1 - PCA applicata alle caratteristiche chimiche ed ecotossicologiche di tutti i campioni di suolo provenienti dai vigneti oggetto di studio

La distribuzione fattoriale risulta determinata prevalentemente dai parametri chimici S e Cu che presentano gli autovalori più elevati. In particolare il campione VT6_T1 si distingue lungo l'asse della seconda componente principale (PC2) per l'elevato contenuto di S, mentre i campioni VB5_T1 e VB5_T0 si distinguono lungo l'asse della prima componente principale (PC1) per le maggiori concentrazioni di Cu. La sostanziale assenza di tossicità determina un contributo molto ridotto alla varianza complessiva.

Nel complesso, nessuna generale differenza viene evidenziata tra campi biologici e convenzionali sotto il profilo chimico ed ecotossicologico.

5.6 Comunità floristiche e della vegetazione, presenza di specie in fioritura utili agli insetti impollinatori

I risultati dei campionamenti di flora lungo i margini e nell'interfilare di vigneto evidenziano una ricchezza specifica superiore nei vigneti biologici (n. 239 specie) rispetto ai vigneti convenzionali (n. 179 specie). La differenza non è tuttavia statisticamente significativa ($W=12$, $p=0.31$) (Figura 5.6.1).

Cumulando il numero di ritrovamenti (cioè considerando tutte le specie ritrovate nell'arco di un'annualità senza escludere quelle condivise tra le diverse annualità come da definizione della Ricchezza specifica) si ottengono valori di 441 specie per i vigneti biologici e 353 per quelle ritrovate in vigneti convenzionali.

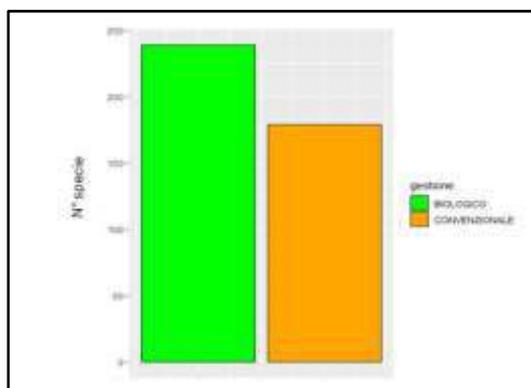


Figura 5.6.1 - Ricchezza specifica di specie vegetali cumulata per risaie convenzionali e biologiche e per ogni annualità (2015, 2016, 2018 e 2019)

Analizzando ogni singola annualità si riscontra sempre un numero di specie superiore nelle aziende biologiche rispetto a quelle convenzionali (Figura 5.6.2).

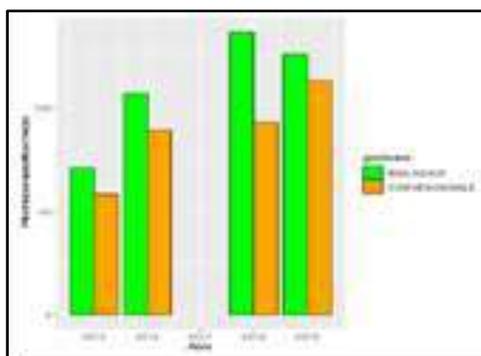


Figura 5.6.2 - Ricchezza specifica di specie vegetali cumulata per risaie convenzionali e biologiche e per ogni annualità (2015, 2016, 2018 e 2019)

L'interpretazione di questi dati merita una delucidazione in merito all'idoneità del vigneto a ospitare comunità floristiche ricche e diversificate, in certi casi anche di importanza conservazionistica, tanto da essere considerate tra le colture riconducibili, sotto determinate condizioni, alla definizione dell'Unione Europea di Agricoltura di alto valore naturale (High Natural Value Farming).

I vigneti, in quanto sistemi permanenti e strutturati in forma stratificata, lasciano liberi dalla coltura principale ampi spazi potenzialmente colonizzabili da specie spontanee che possono diffondersi in modo

capillare all'interno del vigneto, tanto più se adiacenti a margini di contatto con habitat semi naturali, che possono influenzare positivamente la composizione e la stabilità dei vigneti adiacenti (Mania et al., 2015).

La flora di un vigneto dipende dagli interventi che si sono susseguiti negli anni e se non eccessivamente disturbata, tende a instaurare una comunità erbacea originale, comune a contesti differenti, formata da un nutrito contingente di specie in grado di coesistere con la vite. A questa flora, che si stabilisce in complementarità con la vite, si può aggiungere quindi un pool di specie provenienti dai margini, ponendo il vigneto tra le forme di coltura con la più alta diversità floristica.

Del resto, la necessità di verificare l'effetto dei fitosanitari distribuiti sulla vigna, ha richiesto necessariamente il campionamento della fascia al margine dove spesso si concentrano habitat che ospitano un'elevata biodiversità, anche se di piccola estensione, come ad esempio scarpate dei ciglioni con copertura erbacea e in parte arbustiva con vegetazione appartenente all'habitat delle Praterie xeriche su substrato calcareo che rappresenta il termine più evoluto della vegetazione erbacea nel Distretto botanico monferrino-langhiano a cui appartiene l'area collinare piemontese. In questo senso, l'esecuzione di transetti anche negli interfilari, ha consentito anche di valutare quanto l'influenza del margine potesse penetrare nella vigna in funzione dell'intensità e del numero di passaggi meccanizzati per le lavorazioni e i trattamenti, molto frequenti anche nel caso delle aziende biologiche.

La vegetazione erbacea del vigneto è inoltre soggetta a continue operazioni colturali, fino a pochi anni or sono, effettuate quasi ovunque per eradicarla completamente con diserbi chimici, recentemente sostituiti sempre più da sfalci meccanici, nell'ottica di ridimensionarla per varie motivazioni: non fare concorrenza alle viti, evitare microclimi umidi favorevoli alle patologie fungine in vicinanza ai grappoli e non creare impedimento alle numerose operazioni manuali in vigna. Queste operazioni, anche nel vigneto biologico, creano frequenti disturbi alla cuticola erbosa in cui si inseriscono le specie più opportuniste. Nei vigneti biologici si sono affermate negli ultimi anni tecniche di inerbimento a base di graminacee e leguminose, che possiedono un'elevata capacità di copertura impedendo la crescita e la diffusione di altre specie, contribuendo così alla diminuzione della variabilità floristica complessiva. Nel caso di trinciature ed interrimento a scopo di fertilizzazione vengono favorite ad inserirsi specie infestanti, in genere dotate di strategie riproduttive a rapida colonizzazione di suoli lavorati.

In questa situazione l'ambiente della vigna è un susseguirsi di varie comunità ed è impossibile determinare con un solo campionamento l'effetto di un trattamento sulla flora. Solo seguendo lungo tutta la stagione i cicli vegetativi delle varie specie è possibile ricostruire a fine stagione un quadro dell'alternarsi delle varie successioni e della condizione di stabilità della cuticola erbosa, su cui sia possibile effettuare una valutazione degli impatti sulla base degli indicatori floristici.

Le specie definibili "Elementi di pregio" sono state selezionate sulla base della loro appartenenza alla classe dei Festuco-Brometea, a cui afferisce l'habitat Natura 2000 6210: Prati xerici a *Bromus erectus*, espressione più evoluta delle praterie seminaturali nella collina piemontese e di un elenco di specie "particolari del vigneto", derivato in parte dall'analisi bibliografica dei pochi studi disponibili sulla flora del vigneto nel bacino del Po e della pianura veneto-friulana (Nascimbene J. et al., 2013; Passarelli et al., 1990; Trivellone, V., 2014), di cui si è verificato una buona affinità con i vigneti collinari piemontesi, e in parte dalla ricerca in alcuni antichi vigneti piemontesi ancora coltivati per vari motivi da decine di anni non più interessati da meccanizzazione agricola e trattamenti con sostanze di sintesi (vigna Barla a Costigliole d'Asti e vigna Ravera a Monforte d'Alba) e quindi in condizioni ottimali per definire una comunità erbacea stabile del vigneto (Figura 5.6.3).



Figura 5.6.3 - Alcune specie particolari del vigneto: da sinistra: *Fumaria* (*Fumaria officinalis*), *Barba di becco* (*Trapogon dubius*), *Saponaria* (*Saponaria ocyroides*), *Latte di Gallina* (*Ornithogalum umbellatum*), *Iperico* (*Hypericum perforatum*) (da vigna Ravera, Monforte d'Alba)

La lettura del grafico in Figura 5.6.4 dell'indicatore “% Elementi di pregio” per ogni annualità consente di apprezzare una situazione molto variabile tra aziende biologiche e convenzionali, prevalendo ora le une ora le altre.

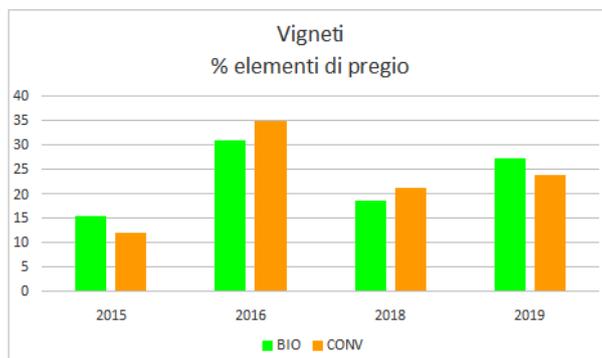


Figura 5.6.4 - Indice di Elementi di pregio cumulato per vigneti per ogni annualità (2015, 2016, 2018 e 2019)

Approfondendo alcune situazioni nel confronto a coppia si può notare come in vigneti collocati in settori di alta naturalità come quelli del SIC “Langhe di Spigno”, ci sia in entrambe le aziende, convenzionale e biologica, la penetrazione di molte specie provenienti da ambienti erbacei circostanti, ma il contingente di specie dell'azienda convenzionale VT2 non presenta la varietà di specie di interesse conservazionistico dell'analogo biologico VB2, con ben 5 specie diverse di Orchidacee negli interfilari (Figure 5.6.5 e 5.6.6). Le Orchidee sono risultate elemento distintivo anche nel confronto di VB6 con la vigna convenzionale VT5, nonostante quest'ultima goda di un'elevata ricchezza floristica dovute alla vicinanza con ambienti erbacei seminaturali.

Analogamente in VB4 rispetto a VT5 si nota un contingente di specie tipiche degli arrenatereti dei prati stabili di collina (*Salvia pratensis*, *Leucanthemum vulgare*, *Carduus* spp.) e alcune piante ormai difficili da osservare in vigneto come *Gladiolus italicus* (Figura 5.6.7) e *Physalis alkekengi* L. anche in colonie ben consolidate negli interfilari. Nell'azienda biologica VB7 hanno invece pesato sulla presenza di elementi di pregio le frequenti lavorazioni dell'interfilare dovute a pratiche di inerbimento e sovescio che non consentono ancora l'espressione di comunità vegetali stabili particolarmente ricche di specie particolari del vigneto, anche perché il vigneto è relativamente giovane e non ancora ben assestata la vegetazione di corredo.



Figura 5.6.5 - Vigneto VB2 in Loazzolo (AT) con fioritura in primo piano di *Himantoglossum adriaticum*, unica orchidea italiana inserita in All. II e IV della Dir. Habitat



Figura 5.6.6 - Vigneto VB2 in Loazzolo (AT) con fioritura in primo piano di *Ophrys sphegodes*, orchidacea dell'habitat prioritario 6210 "Praterie secche su calcare a *Bromus erectus* (*se ricche di Orchidee)



Figura 5.6.7 - *Gladiolus italicus*, specie dei campi coltivati, un tempo molto comune e attualmente in rarefazione, ritrovata in VB5

Una differenza più netta a sfavore delle aziende convenzionali è stata ottenuta analizzando l'indicatore "% Infestanti" (Figura 5.6.8.), ottenuto computando sia le specie appartenenti alla classe Stellarietea, indice di disturbo antropico, sia le esotiche invasive e quelle definite in letteratura come "Glyphosate resistenti". Tranne un'annualità (2016) il complesso delle specie infestanti pesa di più nel corteggio floristico delle vigne gestite in modo convenzionale.



Figura 5.6.8 - Indice di Elementi Infestanti per ogni annualità (2015, 2016, 2018 e 2019)

Lo stesso andamento riscontrato per le infestanti lo ritroviamo per le specie appartenenti alla forma biologica delle "Terofite", che essendo piante annuali tendono ad aumentare in presenza di operazioni che tendono a sfavorire le specie più durevoli. Tranne in una coppia di aziende nel 2019, le Terofite sono risultate più frequenti nelle aziende di tipo convenzionale. L'andamento più coerente in tutte le annualità si è avuto con il suo opposto, l'indice della "% di Emicriptofite", specie per lo più perenni (o bienni) con gemme svernanti portate al livello del suolo e avvolte dalle foglie. Tali piante, indicatrici di ambienti poco disturbati che hanno consentito loro di svilupparsi risultano sempre più numerose, anche se di poco, nelle aziende biologiche, segno di una maggiore attrattività di questo tipo di vigneti per le specie più esigenti, contrariamente al vigneto convenzionale.

Censimento delle specie in fioritura utili agli insetti impollinatori

In tabella 5.6.1 vengono esposti i dati relativi al numero di specie vegetali in fioritura utili agli insetti impollinatori campionati, rilevate negli anni 2018 e 2019, lungo i transetti effettuati nei diversi vigneti convenzionali e biologici.

Tabella 5.6.1 - Numero di specie vegetali in fioritura utili agli insetti impollinatori rilevate lungo i transetti dei vigneti convenzionali e biologici durante i campionamenti 2018 e 2019

NUMERO DI SPECIE VEGETALI IN FIORITURA UTILI AGLI INSETTI IMPOLLINATORI				
Anno	2018		2019	
Gestione	BIO	CONV	BIO	CONV
N. individui	146	97	144	107

Il maggior numero di specie si è registrato nei campi biologici. Tuttavia, non esistono differenze statisticamente significative confrontando il numero di specie in fioritura registrate lungo i transetti dei campi convenzionali e quelle registrate lungo i transetti dei campi biologici (test di Wilcoxon $W = 30$, $p\text{-value} = 0.065$) (Figura 5.6.9) sia nel 2018 sia nel 2019.

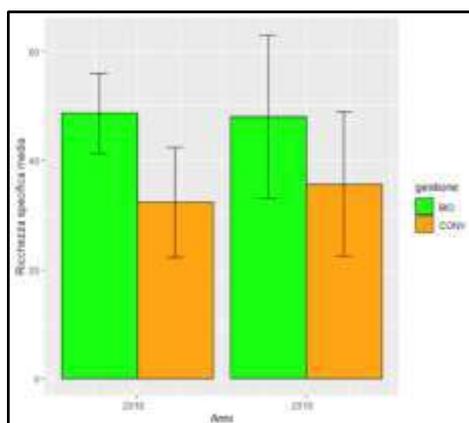


Figura 5.6.9 - Ricchezza specifica di specie vegetali in fioritura utili agli insetti impollinatori rilevata lungo i transetti dei vigneti convenzionali e biologici negli anni 2018 e 2019

Per quanto riguarda l'abbondanza delle specie in fioritura rilevate durante tutti gli eventi di campionamento nel biennio 2018-2019, dal confronto con i dati riportati nel paragrafo 5.9, si suppone che la densità floristica abbia influito positivamente sul numero di Apoidei rilevati lungo i transetti.

Il numero di specie vegetali in fioritura ha fornito un'indicazione importante sulla disponibilità di fioriture utili agli insetti pronubi presente nei diversi campi sperimentali. Alcune aziende hanno contribuito positivamente alla disponibilità di risorse di cibo per i pronubi adottando buone pratiche agricole come l'aumento delle superfici incolte ai margini del vigneto, la riduzione degli sfalci negli interfilari, l'adozione di infrastrutture ecologiche, ad esempio l'inserimento di piante utilizzate per il sovescio ma anche fonti di nettare e polline utili e di altre colture non produttive (Figura 5.6.10).



Figura 5.6.10 - Fioriture utili agli insetti impollinatori osservate nell'agroecosistema vigneto

5.7 Pedofauna e Indice QBS

Nel secondo biennio 2018 - 2019 la scelta di siti di studio più coerenti e simili anche dal punto di vista dei fattori naturali al contorno del sito ha consentito di evidenziare una maggiore differenziazione tra l'indice di qualità biologica cumulato nei due anni delle aziende biologiche (QBS-ar = 199) con quelle convenzionali (QBS-ar = 172) (Figura 5.7.1) e in maniera analoga tra le Forme Biologiche (16 unità in media nelle aziende biologiche, contro le 13 unità delle aziende convenzionali) (Figura 5.7.2). Entrambe le differenze sono risultate significative (N=18; W=152 e p=0.002 per il confronto tra QBS-ar totale e N=18; W=137 e p=0.002 per le Forme Biologiche).

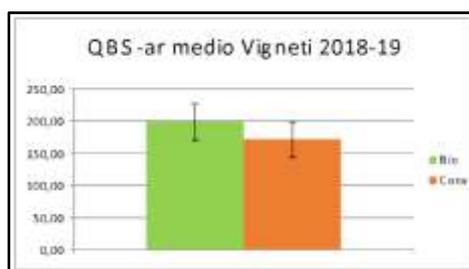


Figura 5.7.1 - Istogramma dei valori medi dell'Indice QBS-ar cumulato per gli anni di attività 2018 e 2019

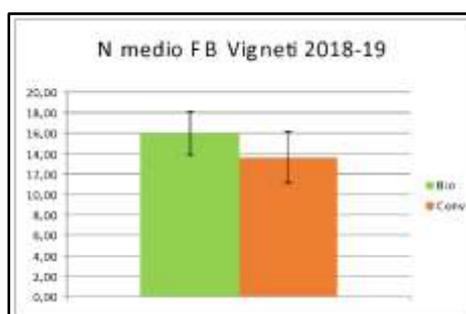


Figura 5.7.2- Istogramma del numero medio di Forme Biologiche della Pedofauna cumulato per gli anni di attività 2018 e 2019

Analizzando i risultati della comunità edafica su base stagionale nelle varie condizioni di trattamento, cumulando i dati per t0, t1 e t2 nei due anni di indagine (Figure 5.7.3 e 5.7.4), si conferma il quadro di migliore qualità biologica del suolo nelle aziende biologiche sia per quanto riguarda l'indice QBS-ar che in numero di Forme Biologiche, senza però raggiungere la significatività, sfiorata solo nel caso del valore cumulato t0 (N=6; W=15; p=0.06). Quest'ultimo valore, riferendosi al periodo precedente ai trattamenti, potrebbe essere interpretato come espressione dell'adattamento della comunità edafica a condizioni di pressione da fitosanitari ripetuta nel tempo, determinandone alterazioni tali da minare nel lungo termine la comunità edafica di microartropodi. Infatti, la fauna che risiede nel suolo, non avendo

capacità migratoria, registra a livello di comunità tutto ciò che avviene sul campo (Cortet et al., 1999; Lavelle e Spain, 2003; Dhananjayan et al., 2020).



Figura 5.7.3 - Istogramma dei valori medi stagionali (t0, t1 e t2) dell'Indice QBS-ar cumulato per gli anni di attività 2018 e 2019

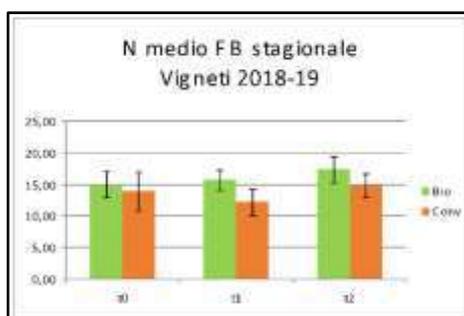


Figura 5.7.4 - Istogramma del numero medio stagionale (t0, t1 e t2) di Forme Biologiche della Pedofauna per gli anni di attività 2018 e 2019

Analizzando i risultati del campionamento t1 svolto a fine giugno-luglio al culmine della stagione di lotta antiparassitaria e nei primi 10 giorni a seguito di uno dei trattamenti fungicidi antiperonosporici e antioidio non si osservano differenze sostanziali di comportamento tra aziende convenzionali e biologiche, anche perché in queste ultime, osservando parallelamente i riscontri delle analisi chimiche ed ecotossicologiche, si evidenziano residui dei trattamenti a base di rame che possono a loro volta avere avuto un'azione inibitrice della pedofauna. Merita comunque evidenziare come le aziende viticole di entrambe le tipologie gestionali, sia il numero di Forme Biologiche che il QBS-ar non presentino grandi variazioni nei valori medi su base stagionale e registrino il loro massimo in autunno. Questa stabilità e regolarità stagionale spiega come la comunità edafica nell'interfilare del vigneto abbia una maggiore capacità di adattamento agli stress colturali rispetto ad altre colture, dovuta probabilmente alla presenza di una comunità erbacea più stabile. Per una migliore interpretazione dei risultati è utile approfondire alcuni casi specifici, analizzando nel dettaglio le schede dei campionamenti di una singola annualità e considerando anche le abbondanze numeriche, in particolare quello delle forme euedafiche con massimo adattamento alla vita edafica (le più "pregiate" con EMI pari a 20). Ad esempio i due siti VB5-VT4, posti a breve distanza sullo stesso versante di una collina in Pino d'Asti. Nel 2019 in VB5, azienda che pratica i metodi biologici da lungo periodo (a cui probabilmente è dovuto l'elevato tenore di residui di rame riscontrato nell'analisi dei terreni), si osserva già a partire dal t0 un livello di complessità della pedofauna molto elevato (QBS-ar = 222) con presenza di tutti i taxa euedafici : i Proturi, i Diplopodi, i Pauropodi, i Sinfili, i Chilopodi, i Dipluri, che la presenza di elevati residui di rame nel terreno non sembra inibire. Nel vicino VT4 (QBS-ar=140) è evidente non solo una scarsità delle presenze dei gruppi precedenti, ma anche una minore abbondanza dei gruppi più frequenti e copiosi degli Acari e Collemboli. Nel campionamento t1 svoltosi dopo 6 cicli di trattamento antiperonospora e oidio, VB5 conferma sostanzialmente i livelli di QBS-ar di aprile. In VT4 si ha invece un balzo di qualità (QBS-ar=201) confermando gli stessi gruppi di massimo adattamento trovati in VB5, ma con abbondanze minori (tranne i Pauropodi e i Sinfili, che paiono anche più abbondanti in VT4 rispetto a VB5). Il valore inferiore di QBS-ar rispetto a VB5 è attribuibile alla minore varietà degli organismi di minor adattamento alla vita edafica. È da notare, comunque, come il gruppo dei Proturi (uno dei gruppi euedafici più sensibili alle alterazioni antropiche, Galli et al., 2011, 2019a; 2019b) sia presente in una sola replica in VT4 mentre in VB5 è ben rappresentato in due repliche. La minore quantità di taxa per aliquota e di quantità di individui potrebbe essere attribuita all'azione in t1 del tipo di fitosanitari distribuiti, dove quelli a base di rame impiegati nell'azienda biologica, non vanno sostanzialmente ad

alterare la comunità già insediata nel periodo primaverile, mentre in quella convenzionale inibiscono un omogeneo sviluppo di tutte le forme biologiche normalmente riscontrabili in vigneto. Nell'ultimo campionamento t2 di ottobre, quando le condizioni di umidità del suolo ritornano ottimali per la Pedofauna e l'intervallo temporale dall'ultimo trattamento è ampio, il QBS-ar in VB5 raggiunge i suoi livelli massimali con valori decisamente elevati (=258), mentre in VT4 si ha un peggioramento rispetto ai livelli di t1 (=180) con una differenza dal corrispondente biologico ancora più marcata se si analizza il dato della quantità di taxa per aliquota. Ad esempio i Proturi, ben presenti in tutte e tre le aliquote in VB5 e solo in una in VT4, e similmente per i Diplopodi, i Chilopodi e gli Pseudoscorpioni, mentre i Pauropodi e i Sinfili, protagonisti dell' 'esplosione' in t1, mantengono sostanzialmente la loro abbondanza, segnalando un loro sostanziale adattamento all'ecosistema vigneto gestito in modo convenzionale, che meriterebbe un ulteriore approfondimento. Tra le possibili ipotesi da prendere in considerazione la posizione di questi due gruppi nell'ambito della catena trofica che potrebbe essere amplificata dalla riduzione degli altri gruppi che hanno valenze di carattere predatorio più accentuate. L'andamento illustrato può essere considerato tipico in ambienti dove il vigneto specializzato non occupa tutto il terreno collinare disponibile, dimostrando che il suolo dei vigneti raggiunge livelli di complessità di vita edafica importanti e di conseguenza anche di resilienza, tale da non impedire alla Pedofauna di svilupparsi parzialmente e sfruttare al meglio l'optimum climatico ed edafico di fine primavera e inizio estate, nonostante la gestione con fitosanitari di sintesi.

Analoghe risposte sono state osservate nel confronto tra le aziende VT5 e VB6, collocate in una zona di elevata vocazione viticola, che si colloca però in un'area collinare prossima ad ambienti di elevata biodiversità. Nel 2018 il sito convenzionale VT5, raggiunge sorprendentemente valori molto elevati di QBS-ar, segno del fatto che l'ambiente circostante fornisce riserve di specie in grado di riequilibrare le comunità edafiche. Analizzando in dettaglio la comunità edafica di VT5 in t1, al termine del 6° trattamento stagionale, si può notare come i Proturi, i Diplopodi e gli Pseudoscorpioni si riscontrino solamente in una delle tre aliquote prelevate e/o con numero di individui, mentre nell'azienda biologica di confronto (VB6) sono presenti in almeno due aliquote sulle tre prelevate o con numeri maggiori. Nel campionamento autunnale in VT5, i Proturi sono presenti con un solo individuo in un'aliquota contro una presenza ubiquitaria in VB6, confermando quindi che gli organismi più sensibili sono stati depressi dai prodotti utilizzati nei cicli ripetuti di trattamenti che si attuano nella vigna convenzionale.

Per quanto riguarda invece la copia VT6 e VB7 inserita nel contesto collinare a più alta vocazione viticola, ma a monocoltura viticola intensiva (zona del Barolo), si parte da una situazione in t0 del 2019 con valori analoghi di QBS-ar (169 in VB7 contro 154 di VT6) con Proturi e Sinfili, ben rappresentati anche in VT6.

In t1, dopo 8 trattamenti, il valore di QBS-ar si riduce in VT6 drasticamente a 124, contro un valore sostanzialmente invariato di VB5, segno di un effetto a breve periodo dei prodotti utilizzati. Da evidenziare, inoltre come si confermi anche nel vigneto convenzionale la buona presenza di Pauropodi e Sinfili già osservata in VT4 e VT5, mentre in esso non compaiono i Diplopodi e Dipluri presenti in VB7. In autunno, quest'ultimo raggiunge il suo più alto score, 222, mentre i valori di VT6, benché in rialzo (192), non raggiungono la varietà e la presenza di alcuni gruppi edafici come i Diplopodi notata in VB7.

Nel biennio 2015-2016, le campagne biologiche in vigneto sono state condizionate da alcuni fattori non attribuibili all'effetto dei trattamenti fitosanitari e che sono stati risolti nel secondo biennio di indagini individuando un differente cluster di aziende viticole, con coppie di siti più omogenei dal punto di vista dell'ambiente naturale circostante, condizione che può aver contribuito in modo significativo a determinare le presenze o assenze di una serie di taxa della fauna del suolo. Anche dal punto di vista meteorologico, nel 2015-2016 si sono verificate condizioni al contorno che hanno influenzato i risultati essendosi registrati periodi particolarmente caldi e secchi in agosto e settembre, che notoriamente incidono negativamente sui valori dell'indice QBS-ar, causando la migrazione in profondità delle specie più sensibili.

I valori cumulati dell'indice QBS-ar rilevano una leggera differenza a favore delle aziende biologiche con valori di 122 contro i 119 di aziende convenzionali, confermata anche per le Forme Biologiche da 13 a 12. La differenza, visualizzata nei sottostanti grafici (Figure 5.7.5 e 5.7.6) risulta in entrambi i casi non significativa.

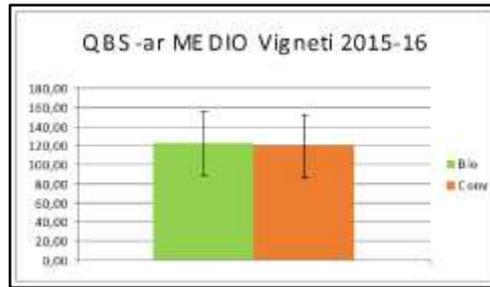


Figura 5.7.5 - Istogramma dei valori medi dell'Indice QBS-ar cumulato per gli anni di attività 2015 e 2016

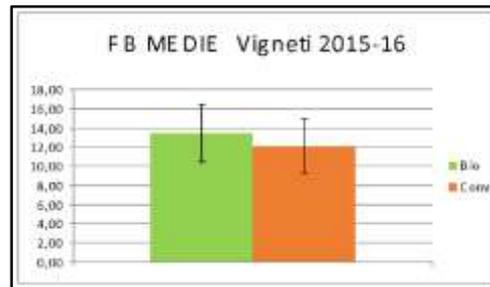


Figura 5.7.6 - Istogramma del numero medio di Forme Biologiche della Pedofauna cumulato per gli anni di attività 2015 e 2016

Osservando puntualmente i risultati nel 2015 la buona performance dei siti convenzionali è sostenuta soprattutto dal sito convenzionale VT2 a Spigno Monferrato, collocato sul confine meridionale del Piemonte in zona biogeografica mediterranea dove le condizioni di umidità e temperatura non sono così favorevoli allo sviluppo dei funghi della Peronospora e dell'Oidio. Il numero minore di trattamenti fitosanitari necessari, può aver favorito una maggiore riserva di organismi euedafici tra cui quello dei Proturi, gruppo più sensibile alle alterazioni ambientali, ritrovato in tutti i quattro campionamenti, compresi quelli conseguenti ai trattamenti.

Nelle Figure 5.7.7 – 5.7.13 si illustrano le foto di alcune delle Forme Biologiche campionate in vigneto.



Figura 5.7.7 - Collembola EMI =20



Figura 5.7.8 - Protura



Figura 5.7.9 - *Coleoptera*



Figura 5.7.10 - *Symphyla*



Figura 5.7.11 - *Chilopoda*



Figura 5.7.12 - *Diplopoda*



Figura 5.7.13 - *Chilopode geofilomorfo, Acari oribatei e Pseudoscorpione*

5.8 Lepidotteri

Il numero totale di specie trovate nei 4 anni di campionamento è 67. Il numero elevato corrisponde al 69% delle specie collinari e al 23% della specie conosciute per l'Italia (Balletto et al., 2014). Le comunità ospitate dal vigneto sono composte da elementi vari, ma con preponderanza di specie mesofile a bassa mobilità e con un grado di specializzazione trofica alto. Si tratta quindi di specie esigenti che trovano nel vigneto un habitat in cui compiere tutto il ciclo vitale. Il valore del vigneto come habitat seminaturale è quindi confermato.

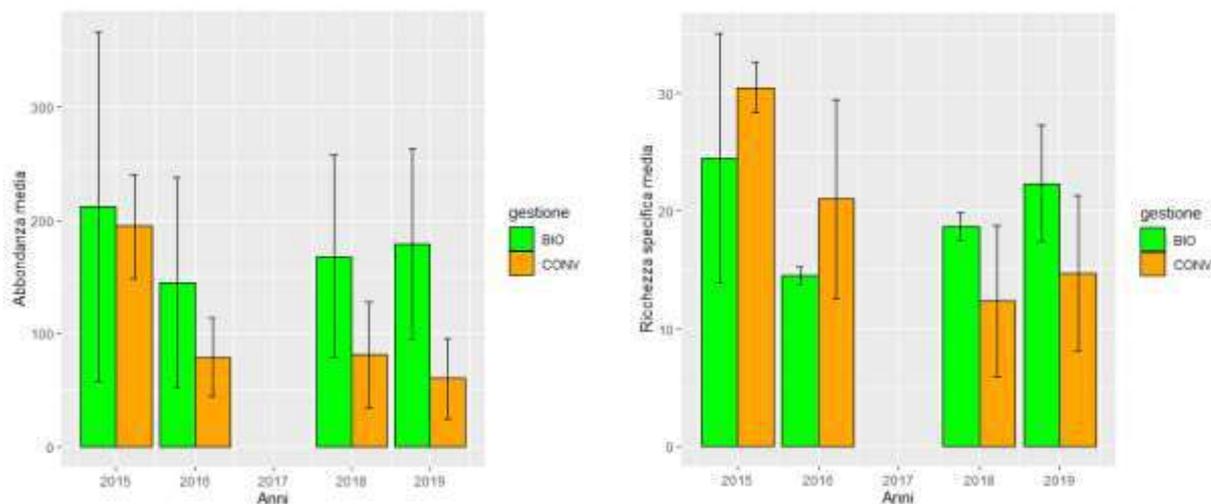
Di queste, 6 sono presenti esclusivamente nei vigneti a conduzione biologica: *Callophrys rubi*, *Gonepteryx cleopatra*, *Inachis io*, *Papilio machaon*, *Spialia sertorius* e *Lycaena alciphron*.

Nessuna delle specie campionate risulta minacciata di estinzione a livello nazionale (Bonelli et al. 2018). Occasionalmente è stata campionata *Maculinea arion* specie protetta dalla Direttiva Habitat considerata in buono stato di salute a livello italiano, ma severamente minacciata d'estinzione a livello Europeo secondo i criteri IUCN (van Swaay et al., 2010).

Tabella 5.8.1 – Numero di specie e di individui totali riscontrati nei quattro anni di monitoraggio suddivisi per tipologia di conduzione agricola

DIVERSITÀ LEPIDOTTERI-VIGNETO								
Anno	2015		2016		2018		2019	
Gestione	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV
N specie	38	49	20	28	30	22	38	9
N individui	546	494	289	156	580	264	597	223
Shannon index	2,474	2,836	1,926	2,599	2,337	1,575	2,474	2,225
Margalef index	4,350	5,816	2,791	4,758	3,711	3,155	4,182	2,547

Considerando i singoli anni (Tabella 5.8.1), si nota che il 2015 è stato quello in cui è stata rilevata una diversità in specie maggiore rispetto agli anni successivi; inoltre, questo dato mostra un andamento fluttuante nel tempo, poiché ha avuto valori minimi nel 2016 e 2018 per poi aumentare nuovamente nel 2019.



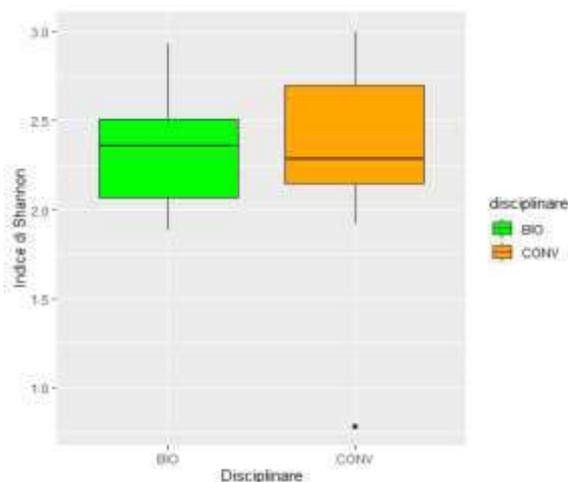
Abbondanza: $W = 75.5$, $p\text{-value} = 0.058$

Ricchezza specifica: $W = 60$, $p\text{-value} = 0.471$

Figura 5.8.1 – I grafici a barre riportano l'abbondanza media, ovvero il numero medio di individui (a sinistra) e la ricchezza specifica, cioè il numero medio di specie (a destra) campionati in tutte le aziende vitivinicole, suddivise per anno di campionamento e tipo di gestione. Sono inoltre mostrati i valori ottenuti a seguito dell'effettuazione del test di Wilcoxon per valutarne la significatività

Per quanto riguarda il confronto tra vigneti convenzionali e vigneti biologici, si nota un diverso andamento per i primi due anni (2015-2016) e per gli ultimi due (2018-2019): nel primo biennio il numero di specie è maggiore nei vigneti convenzionali, mentre nel secondo è maggiore in quelli biologici. Questi dati non consentono quindi di evidenziare un pattern generale statisticamente significativo (Figura 5.8.1).

Quando poi sommiamo tutti i dati raccolti per ottenere un risultato molto sintetico, ma informativo calcolando un unico indice di Shannon (che tiene conto sia del numero di specie sia del numero di individui) per i due tipi di gestione agronomica (biologico vs convenzionale) le differenze sono ancora meno evidenti e non significative dal punto di vista statistico (Figura 5.8.2).



Wilcoxon test: $W = 48$, $p\text{-value} = 0.912$

Figura 5.8.2 – Boxplot riportanti l'Indice di Shannon medio calcolato per le comunità di lepidotteri diurni di tutte le aziende vitivinicole a gestione biologica (in verde) ed a gestione convenzionale (in arancio) monitorate nei 4 anni. È mostrato il valore di significatività ottenuto con il test di Wilcoxon

Grazie al campionamento a coppie di aziende limitrofe effettuato nel corso del 2018/2019, i dati raccolti consentono di evidenziare differenze tra conduzione biologica e conduzione convenzionale togliendo dal rilievo il rumore di fondo dato dal contesto paesaggistico (Figura 5.8.1). I vigneti piemontesi, a prescindere dal tipo gestione agronomica, possono essere inseriti in una matrice di coltivazione intensiva o in habitat eterogenei dove il vigneto non è l'unica coltura e dove la matrice bosco è evidente. Il confronto tra coppie di aziende molto vicine, ma con diversa gestione ha fatto emergere come i campi a conduzione convenzionale siano sfavorevoli alla biodiversità. Infatti nei vigneti biologici troviamo un maggior numero di specie di lepidotteri. In termini di numero di individui è poi evidente la differenza a favore della conduzione biologica per tutto il comparto impollinatori: i lepidotteri (come gli apoidei) sono presenti in numero nettamente superiore in tutte le aziende biologiche sia confrontate a coppie sia nel loro insieme. Le differenze di disponibilità di fonti di nettare in generale, così come le erbacee spontanee, spiegano queste differenze. Quindi non solo i trattamenti chimici diretti alle viti, ma anche la gestione degli interfilari e dei confini degli appezzamenti sono cruciali per i lepidotteri e in generale per gli impollinatori. L'insieme dei fattori che spiega la presenza e l'abbondanza delle comunità di farfalle nei vigneti è riassunta dalle analisi multivariate che includono tutte le covariate raccolte (cfr. Cap. 8),

La risposta ai trattamenti chimici e alle pratiche agronomiche sfavorevoli, come ad esempio eccessivi tagli negli interfilari, si riflette in un primo momento, nel numero di individui che decresce poiché non trova fonti di nettare e successivamente in una semplificazione delle cenosi che contengono un minor numero di specie con molti elementi generalisti e vagili.

Maculinea arion (Allegato IV della Direttiva Habitat, Figura 5.8.3) è stata riscontrata solo occasionalmente. Il dato non è da considerarsi negativo in quanto questa specie monofaga e mirmecofila obbligata con difficoltà entra in un contesto di vigneto se non ci sono ampi spazi incolti privi di concimazioni e assolati dove si possano trovare *Thymus* spp. o *Origanum vulgare* e formiche del genere *Myrmica*. Data la complessità del suo ciclo biologico la sua presenza è da considerarsi un valore aggiunto notevole.



Figura 5.8.3 – *Maculinea arion* (All. IV) considerata “Endangered” secondo la Lista Rossa Europea delle farfalle (van Swaay et al., 2010)

5.9 Apoidei

Nell'agroecosistema vigneto l'abbondanza degli Apoidei è stata superiore nei vigneti a conduzione biologica rispetto ai vigneti convenzionali. Il numero totale di Apoidei ("Api"+"Bombi"+"Altri Apoidei") rilevati lungo i transetti dei vigneti biologici e convenzionali nel 2018 e nel 2019 è indicato in tabella 5.9.1. Il numero di individui più basso si è registrato nei campi convenzionali, VT4 (23) nel 2018 e sempre VT4 (30) nel 2019; il numero più alto invece si è registrato in VB7 (285, di cui 122 nel mese di agosto per la presenza nei filari inerbiti di *Sorghum halepense*) nel 2018 e sempre in VB7 (653, di cui 394 nel mese di agosto) nel 2019. In generale, nel 2019 si sono rilevati più individui rispetto al 2018 nei campi biologici mentre la differenza di individui tra 2018 e 2019 nei campi convenzionali è minima.

Confrontando il numero medio di individui registrati nelle aziende suddivise in base al tipo di gestione si ottiene una differenza statistica molto significativa a favore del biologico (Test di Wilcoxon: $W = 36$, $p\text{-value} = 0.005$) (Figura 5.9.1).

Tabella 5.9.1 - Numero totale di individui ("Api"+"Bombi"+"Altri Apoidei") rilevati lungo i transetti dei vigneti biologici e convenzionali durante i campionamenti 2018 e 2019

ABBONDANZA APOIDEI-vigneto				
Anno	2018		2019	
Gestione	BIO	CONV	BIO	CONV
N individui	538	151	1139	140

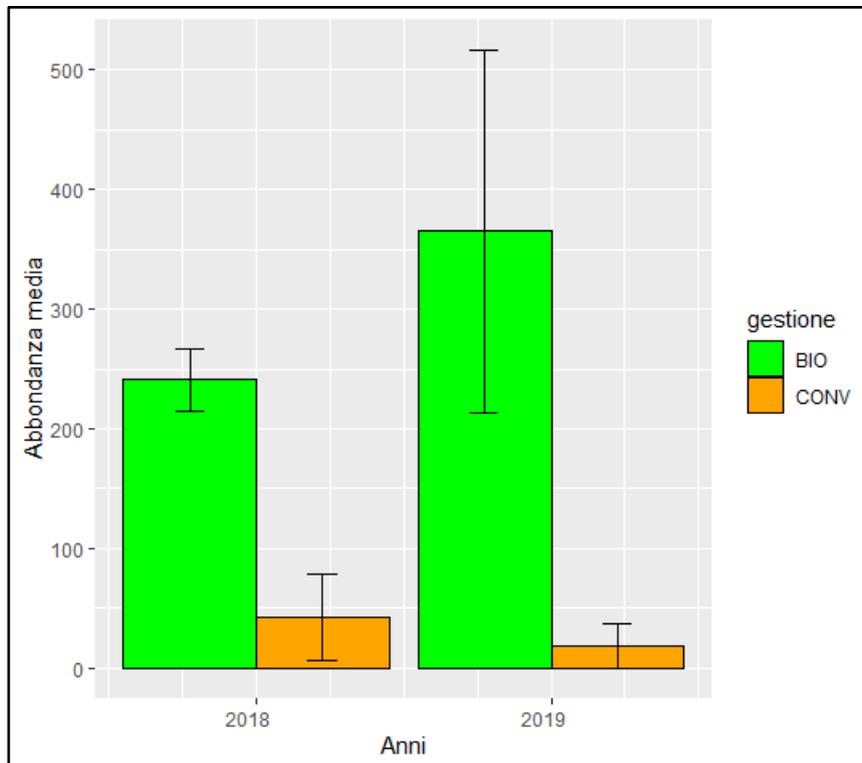


Figura 5.9.1 - Numero medio di individui ("Api"+"Bombi"+"Altri Apoidei") rilevati lungo i transetti dei vigneti biologici e convenzionali durante i campionamenti 2018 e 2019

Nella stagione di campionamento del 2018 il mese in cui si sono contati più individui è maggio (219), seguito da agosto (196), giugno (112), ottobre (72), luglio (70), settembre (20). Nel 2019, il mese in cui si sono rilevati più individui è agosto (586), seguito da luglio (306), giugno (270), maggio (82), settembre (24), ottobre (11).

Le principali specie vegetali in fiore visitate dagli Apoidei sono state: *Cirsium arvense*, *Erigeron annuus*, *Eupatorium cannabinum*, *Linaria vulgaris*, *Mentha spicata*, *Onobrychis viciifolia*, *Picris echioides*, *Sorghum halepense*, *Teucrium chamaedrys*, *Trifolium* spp., *Rubus* spp., *Verbena officinalis* e altre specie appartenenti alle famiglie delle Asteraceae e Fabaceae (Figura 5.9.2).

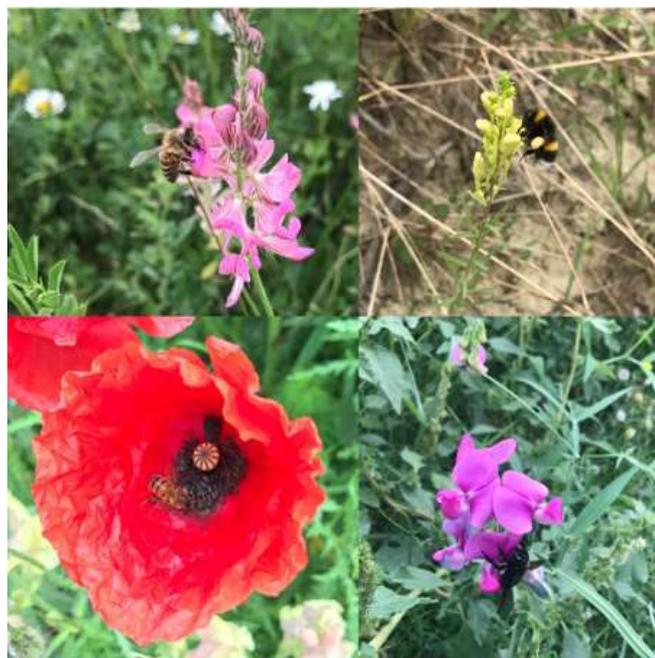


Figura 5.9.2 – Apoidei in visita su alcune fioriture presenti lungo i transetti dei vigneti analizzati nel progetto

Se si analizza il numero totale di individui separato per gruppi (“Api”, “Bombi”, “Altri Apoidei”) registrato nel biennio (2018+2019), nel gruppo “Api” si sono rilevati 1055 individui nei transetti dei campi biologici e 239 in quelli dei campi convenzionali; nel gruppo “Bombi” 182 e 15 individui rispettivamente nei campi biologici e nei convenzionali; nel gruppo “Altri Apoidei” 440 individui nei transetti biologici e 37 in quelli convenzionali. Considerando invece il numero medio di individui nelle due tipologie gestionali, e esaminando ciascun gruppo separatamente, tale numero, è sempre più elevato lungo i transetti dei vigneti biologici. Per quanto riguarda il gruppo “Api” emerge una differenza molto significativa tra il numero registrato nei campi biologici e il numero registrato nei campi convenzionali, a favore della gestione biologica (Test di Wilcoxon: $W = 35$, $p\text{-value} = 0.004$) (Figura 5.9.3). Per il gruppo “Bombi” si evidenzia una differenza statistica molto significativa sempre a favore del biologico (Test di Wilcoxon: $W = 36$, $p\text{-value} = 0.004$) (Figura 5.9.4) e anche nel gruppo “Altri Apoidei” emergono differenze significative (Test di Wilcoxon: $W = 32$, $p\text{-value} = 0.029$) (Figura 5.9.5). Come indicato per l’agroecosistema risaia, anche in vigneto, il più alto numero di individui, sia nei campi biologici sia nei convenzionali, riguarda le api da miele dovuto alla presenza di apiari in prossimità dei campi analizzati nel progetto.

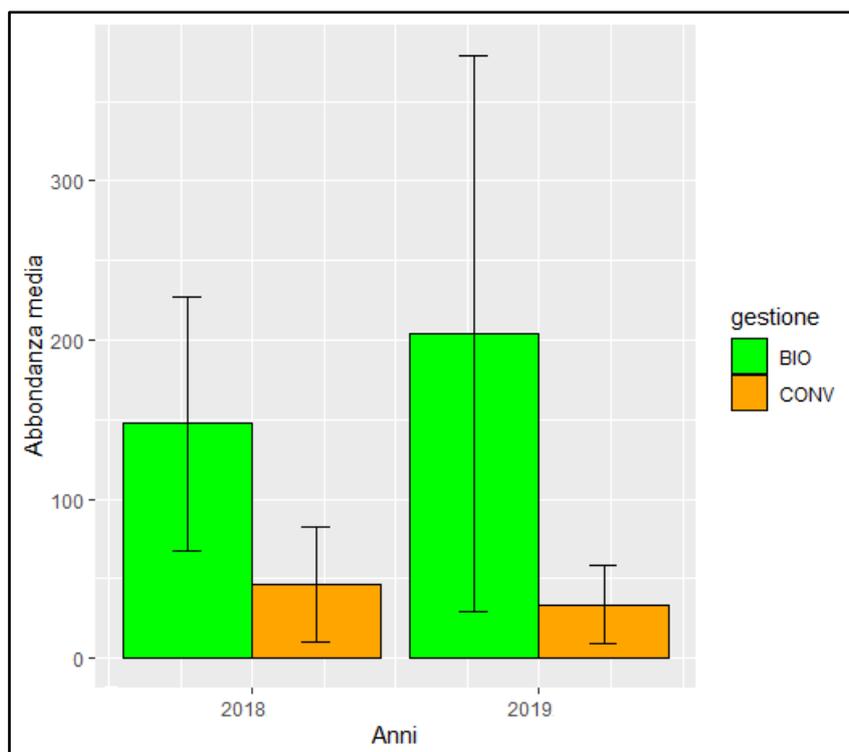


Figura 5.9.3 - Numero medio di individui “Api” rilevati lungo i transetti dei vigneti biologici e convenzionali durante i campionamenti 2018 e 2019

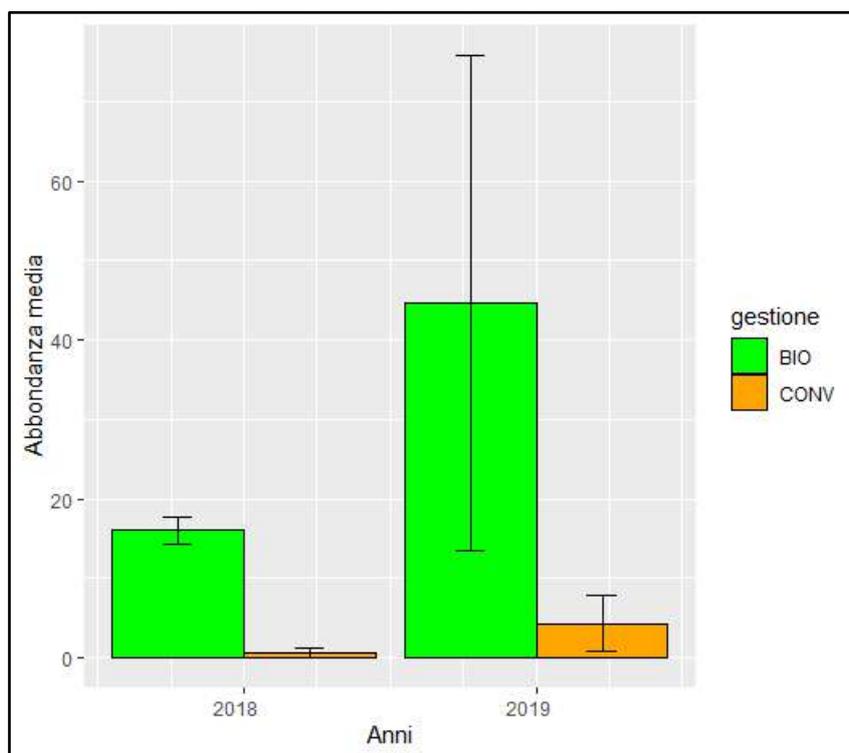


Figura 5.9.4 - Numero medio di individui “Bombi” rilevati lungo i transetti dei vigneti biologici e convenzionali durante i campionamenti 2018 e 2019

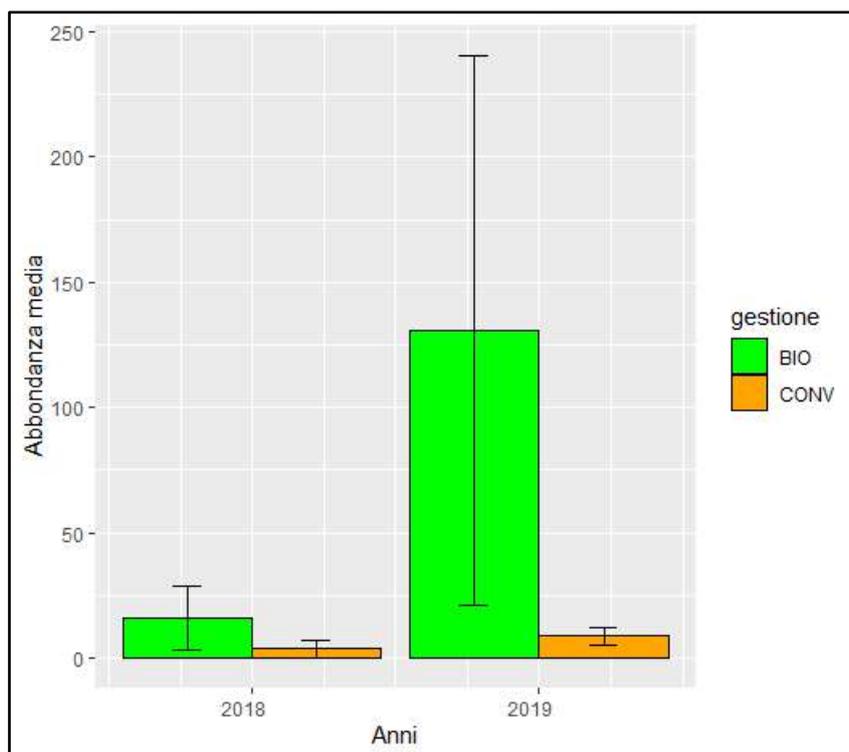


Figura 5.9.5 - Numero medio di individui “Altri Apoidei” rilevati lungo i transesti dei vigneti biologici e convenzionali durante i campionamenti 2018 e 2019

Durante la sperimentazione si sono osservate determinate buone pratiche agricole, adottate da alcune aziende, che hanno con ogni probabilità influito positivamente sulla flora utile agli Apoidei (paragrafo 5.6) e di conseguenza sul numero di individui registrati lungo i transesti. L’inerbimento degli interfilari nei vigneti, l’utilizzo di alcune specie come *Trifolium squarrosus* per la pratica del sovescio, i margini dei campi caratterizzati dalla presenza di piante spontanee hanno garantito la presenza di fioriture bottinate dagli Apoidei per nettare, polline e melata, con una densità tale da attrarre molti individui. Interfilari sfalcati meccanicamente o diserbati e margini dei campi privi di vegetazione hanno avuto invece un’influenza verosimilmente negativa sul numero di Apoidei registrati. Anche il contesto paesaggistico (capitolo 2) ha influito sull’abbondanza degli Apoidei. I trattamenti con prodotti fitosanitari possono aver influito negativamente sulle fonti di cibo disponibili per le api e gli altri pronubi e quindi sul numero di Apoidei rilevati. Una situazione simile è già stata indicata per l’agroecosistema risaia (paragrafo 4.10). Anche in vigneto, gli Apoidei si sono dimostrati eccellenti bioindicatori, idonei a differenziare in maniera rapida ed efficace (Gerlach et al., 2013) le modalità di gestione tra aziende biologiche e convenzionali, e la ricaduta derivante dall’adozione di buone pratiche agricole. Il PAN annovera le api tra gli indicatori specifici per la verifica del raggiungimento degli obiettivi proposti. Come indicato dal PAN, la raccolta e l’elaborazione dei dati sul campo sono necessarie e fondamentali per la difesa dell’ape da miele e delle api selvatiche nonché per favorire l’impollinazione della flora spontanea e coltivata dipendente dall’impollinazione entomofila, garantendo così il mantenimento della biodiversità vegetale. Quindi, nonostante non siano state condotte analisi volte a evidenziare danni diretti dei prodotti fitosanitari su questi insetti pronubi (mortalità, tossicità, ecc.), è stato possibile fornire un importante contributo caratterizzante la diversa gestione delle aziende, mettendo in evidenza la differenza tra campi biologici e campi convenzionali in termini di abbondanza di Apoidei. Incrementando il dettaglio del campionamento con la possibile determinazione di tutti Apoidei a livello di specie o morfospécie, si otterrebbe un dato ancora più valido, che consentirebbe di calcolare indici di diversità specifici idonei a descrivere differenti modalità di gestione dei vigneti.

5.10 Chiroteri

I rilievi bioacustici condotti nei vigneti hanno permesso di registrare un totale di 12.910 sequenze acustiche (di cui 277 sequenze di cattura preda o feeding buzz), relative a 16 specie di Chiroteri, 15 nei vigneti convenzionali e 14 in quelli biologici. I totali di specie rilevate e di frequenze acustiche per anno e tipologia di gestione agronomica sono riportati in Tabella 5.10.1. Tutte le specie rilevate sono inserite nell'allegato IV della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" e 3 sono elencate nell'allegato II della stessa: *Barbastella barbastellus* (Figura 5.10.5), *Myotis myotis/blythii* e *Rhinolophus ferrumequinum*. Nel complesso, le specie che hanno mostrato la maggiore attività sono state la coppia *Pipistrellus kuhlii/nathusii*, *Pipistrellus kuhlii* e *Hypsugo savii*, rilevate con il 75% dei contatti acustici acquisiti (vedi Tabella 5.10.2).

Tabella 5.10.1 - Numero di specie, contatti acustici e feeding buzz totali per anno nelle due gestioni agronomiche rilevate nei vigneti suddivisi per anno e per tipologia di gestione agronomica biologica (BIO) e convenzionale (CONV)

CHIROTTERI - NUMERO SPECIE								
	2015		2016		2018		2019	
	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV
N specie	11	14	13	14	14	15	13	15
Contatti acustici	667	1226	1758	2170	2221	1835	2078	955
Feeding buzz	15	17	50	52	57	43	23	20

Tabella 5.10.2 - Numero di contatti acustici per anno e gestione agronomica per specie rilevata

CHIROTTERI - CONTATTI ACUSTICI									
	2015		2016		2018		2019		Tot
	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	CONV	BIO	
<i>Barbastella barbastellus</i>	2	0	3	4	27	39	20	40	135
<i>Eptesicus serotinus</i>	76	25	173	36	43	13	14	8	388
<i>Eptesicus/Nyctalus/Vespertilio</i>	83	58	118	71	51	12	13	5	411
<i>Hypsugo savii</i>	202	126	263	258	285	96	127	53	1410
<i>Myotis HF</i>	18	45	17	84	25	305	25	232	751
<i>Myotis myotis/blythii</i>	3	3	9	8	33	12	24	3	95
<i>Nyctalus leisleri</i>	6	0	11	6	12	5	3	5	48
<i>Nyctalus noctula</i>	0	0	0	0	1	0	3	0	4
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	203	26	207	82	188	377	92	357	1532
<i>Pipistrellus kuhlii/nathusii</i>	502	360	614	1565	1021	1031	558	1102	6753
<i>Pipistrellus nathusii</i>	39	8	53	26	14	24	14	17	195
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	50	13	56	20	86	246	30	204	705
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	4	0	5	0	0	0	0	0	9
<i>Plecotus sp</i>	2	1	114	9	27	52	19	45	269
<i>Tadarida teniotis</i>	36	0	115	0	18	7	12	7	195
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	0	2	0	1	4	2	1	0	10
Totale	1226	667	1758	2170	1835	2221	955	2078	12910
Totale specie	14	11	14	13	15	14	15	13	

L'attività complessiva (numero di contatti/ora nei quattro anni d'indagine) rilevata nei due disciplinari, pur mostrando delle lievi differenze annuali, non è significativamente differente tra biologico e convenzionale (Figura 5.10.1, Wilcoxon test: $W = 142$; $p\text{-value} = 0,103$). Nel 2015 e 2016 si è osservata una maggiore attività di volo in aziende convenzionali, mentre nel 2018 non si è rilevata nessuna differenza e nel 2019 una maggiore attività nei vigneti biologici (Figura 5.10.2).

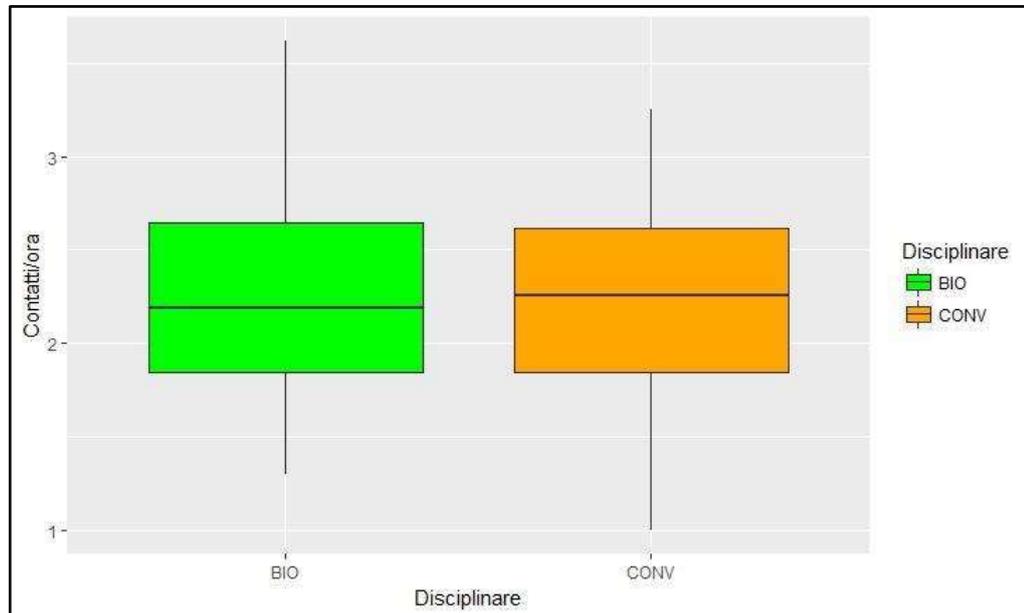


Figura 5.10.1 - Box plot del numero complessivo di contatti/ora per disciplinare (quattro anni assieme)

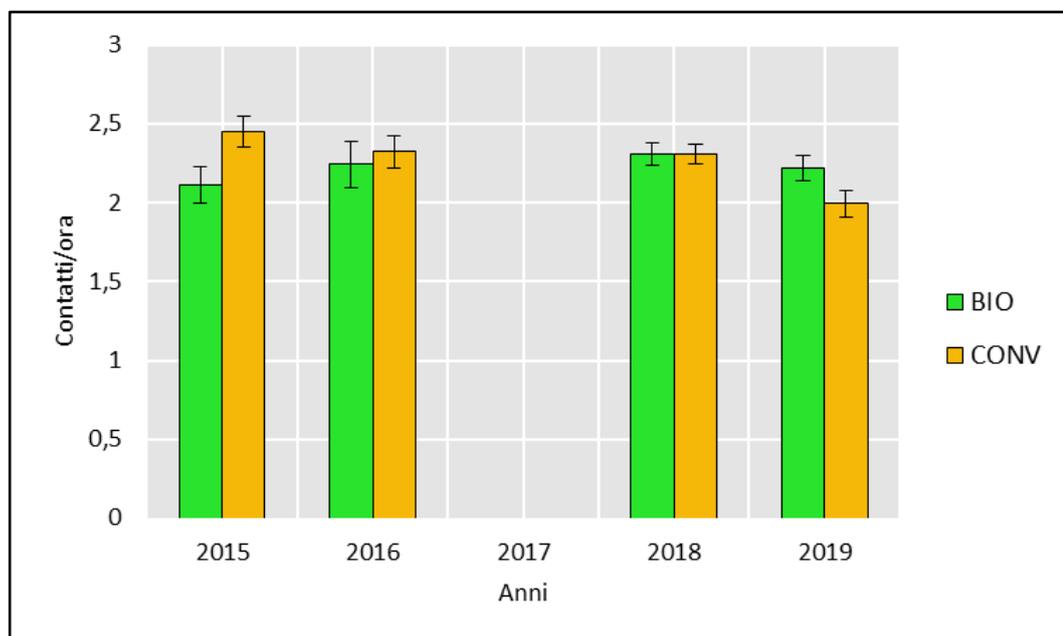


Figura 5.10.2 - Istogramma del numero medio di contatti/ora ($\pm SE$) per anno e disciplinare

Al contrario, l'attività di alimentazione, evidenziata dal numero di feeding buzz/ora, mostra una significativa differenza tra i due disciplinari (Figura 5.10.3, Wilcoxon test: $W = 46$; $p\text{-value} = 0,0001$), con valori complessivamente più alti nel biologico rispetto al convenzionale, evidenziando una maggiore importanza per l'attività trofica dei vigneti biologici rispetto a quelli convenzionali. Tale differenza, tuttavia, non è stata rilevata tutti gli anni d'indagine, ma in particolare negli ultimi due (dove i campi confrontati erano prossimi) quando si è osservata una significativa maggiore attività trofica nei vigneti biologici rispetto a quelli convenzionali (Figura 5.10.4).

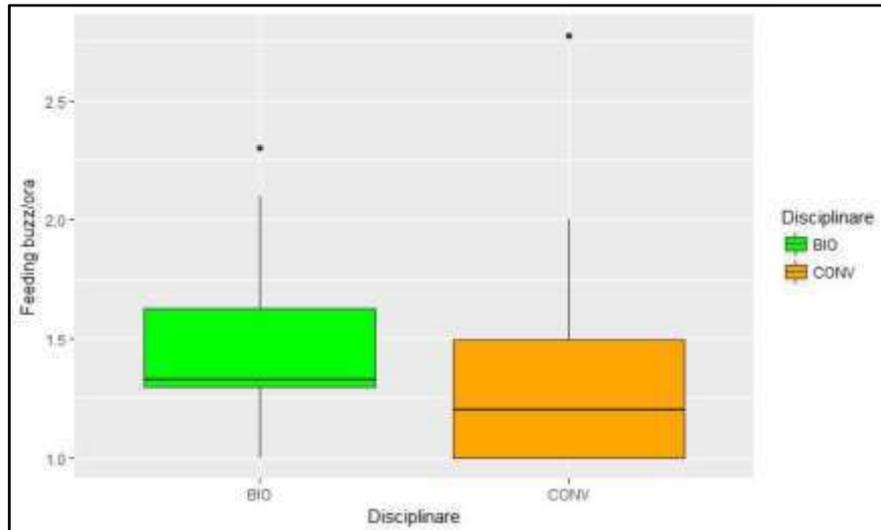


Figura 5.10.3 - Box plot del numero complessivo di feeding buzz/ora per disciplinare (quattro anni assieme)

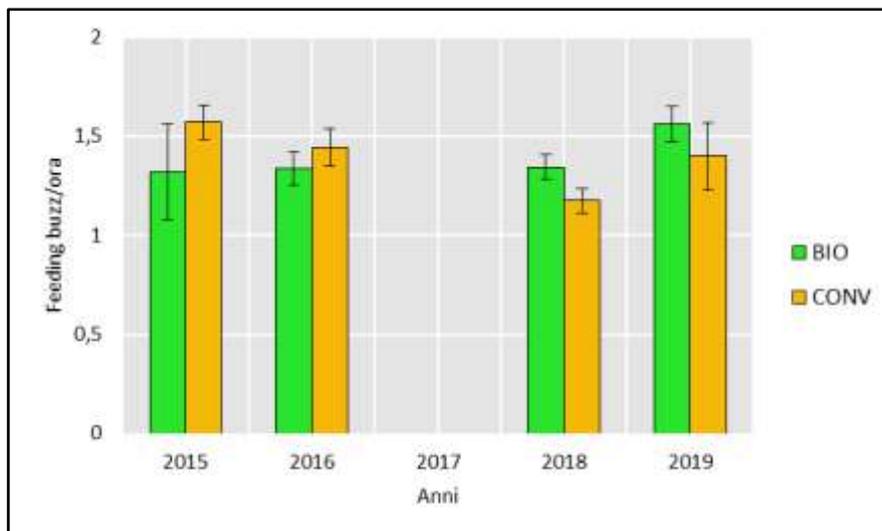


Figura 5.10.4 - Istogramma del numero medio di feeding buzz/ora (\pm SE) per anno e disciplinare



Figura 5.10.5 - *Barbastella barbastellus* (All. II e IV) considerato “Endangered” secondo la Lista Rossa dei vertebrati italiani (Rondinini et al., 2013), rilevato nei vigneti biologici e convenzionali

5.11 Indicazioni per pratiche agricole compatibili con la conservazione della biodiversità

Il vigneto, pur essendo coltura legnosa, presenta pochi legami ecologici con ambienti forestali o cespugliati, ma è piuttosto associabile a ecosistemi erbacei. La sua biodiversità è il prodotto degli interventi colturali che si sono susseguiti negli anni e la sovrapposizione nel tempo storico di tradizioni e innovazioni colturali tende a instaurare un progressivo passaggio da vigneti ricchi di microambienti e non eccessivamente disturbati dalle lavorazioni tradizionali, ai vigneti odierni condizionati dalla monocoltura, con tutti gli aspetti negativi di un agroecosistema semplificato che questo comporta. L'espressione di questa biodiversità varia non solo in funzione del tipo di paesaggio rurale e degli habitat dell'intorno, ma anche del tipo di gestione del vigneto, richiamando incolti e ambienti avventizi quando è arato, sarchiato o trattato con erbicidi o al contrario prati pingui o secchi termofili quando inerbito permanentemente.

Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, i vigneti possono rappresentare degli importanti habitat per alcune specie minacciate e possono ospitare ricche comunità biotiche, a partire da quelle del suolo fino ai vertebrati, soprattutto Rettili e Avifauna, passando per la flora erbacea e gli invertebrati epigei a essa associata. Questo corredo di specie non è solo un attributo di valore ecologico (considerato in genere di secondaria importanza rispetto alla produttività), ma anche uno strumento operativo in mano al viticoltore per valorizzare la capacità della vite di utilizzare al meglio le risorse naturali (acqua, calore, elementi nutritivi del suolo) e così diventare meno suscettibile agli stress e appetibile ai patogeni.

La vite è una pianta versatile che si adatta bene a varie situazioni ma è falsa l'opinione che debba soffrire per dare il meglio di sé: occorre invece metterla in condizioni di crescere bene e lentamente nell'ambiente in cui vive. La coerenza territoriale del vigneto comincia dalla scelta varietale in relazione al suo grado di adattamento geografico e climatico e dei portinnesti più adatti al tipo di terreno, prosegue poi con le forme di allevamento e orientamento dei filari che dovranno essere le più consone alla morfologia del terreno per garantire la massima circolazione di aria ai grappoli.

In fase di sviluppo vegetativo, essendo una pianta originatasi come rampicante in ambiente boschivo, tende all'eccesso di vigore dei germogli e raggiunge un equilibrio solo controllandola tramite la competizione, regolata dal sesto d'impianto e dalle potature secche e verdi, che si prefiggono di equilibrare lo sviluppo aereo a quello radicale e favorire l'uniformità del vigneto.

Qualsiasi viticoltore interpreta e gestisce con continui interventi questo sviluppo cercando di realizzare una parete vegetativa più areata meno favorevole allo sviluppo delle malattie fungine.

In maggior ragione il viticoltore che rinuncia alle molecole di sintesi a favore di quelle naturali cura la biodiversità del suo campo al fine di dare alla vite una crescita regolare che favorisca la massima efficienza e autosufficienza nell'uso delle risorse e così i meccanismi di autodifesa della pianta. Ciò nonostante il vigneto, anche quello biologico, è soggetto ad attacchi fungini che possono determinare danni a tutti gli organi verdi della vite. Il fattore scatenante la virulenza dei due maggiori patogeni fungini, peronospora e oidio, dipende quasi sempre dal grado di umidità presente su foglie e grappoli, quindi il primo obiettivo per ridurre la pressione chimica è disporre la vegetazione in modo che si asciughi velocemente dopo un periodo di bagnatura (Arsia, 2010). Il numero e la disposizione degli strati fogliari incidono anche sulla penetrazione degli antiparassitari irrorati.

Attualmente non si può prescindere dall'uso di trattamenti a base di rame per la difesa dalla peronospora (*Plasmopara viticola*) e dello zolfo nella difesa dall'oidio dovuto a un fungo ascomicete *Erysiphe necator* nella sua forma gamica e *Oidium tuckeri* nella sua forma asessuata. Le attuali conoscenze scientifiche non ci offrono valide alternative e altre molecole oggi disponibili necessitano ancora di molte sperimentazioni. Si evidenziano però alcune linee di ricerca di nuovi prodotti naturali come estratti algali, estratti vegetali, biostimolanti, induttori di resistenza, utili a rafforzare la resistenza a peronospora e oidio e diminuire il numero di trattamenti.

Il rame agisce impedendo la penetrazione del patogeno all'interno della pianta, quindi ha un uso preventivo. La strategia per ridurre la distribuzione passa attraverso una buona impostazione dei trattamenti (fondamentale l'uso di ugelli antideriva che abbattano notevolmente i quantitativi utilizzati) e la previsione meteorologica. Sarebbe opportuno usare dosaggi tra i 300-400 g/ha per trattamento, intervenendo preventivamente all'evento meteorologico. Tali dosaggi possono essere aumentati in qualche trattamento anche fino a 700-1000 g/ha di rame in caso di previsioni di piogge abbondanti, soprattutto in periodi di alta recettività alla malattia da parte della pianta.

Per quanto riguarda lo zolfo che agisce allo stato di vapore su micelio e spore del parassita, il suo apporto quantitativo varia a seconda della fase fenologica di distribuzione e del tipo di formulazione. Il massimo dosaggio per interventi liquidi andrebbe dato nella fase critica della malattia che va dalla fioritura all'allegagione-inizio accrescimento acini.

La vulnerabilità a queste patologie può essere combattuta anche con il supporto di una diversificazione biologica del suolo. In genere fino a primavera avanzata la presenza di una copertura erbacea non solo non è dannosa, ma addirittura è utile per ostacolare la proiezione delle oospore di peronospora dal terreno sulle piante (Arsia, 2010). In fase avanzata è sufficiente un taglio di erbe nel sottofilare per preservare i grappoli da muffe.

Anche l'eterogeneità degli habitat è un supporto importante per combattere le patologie: prati magri diversificati, mucchi di pietre, elementi estensivi come siepi e filari arborei inseriti nella matrice viticola, e finanche alberi e arbusti all'interno del vigneto fanno diventare il vigneto un luogo d'attrattività per insetti, uccelli e piccoli animali. In questo modo rafforzano l'equilibrio ecologico e stimolano la ricolonizzazione dell'habitat da parte di antagonisti dei principali vettori di patologie, attenuando così gli squilibri del sistema e riducendone la vulnerabilità. Va accordata in particolare molta importanza alla presenza di bordure erbacee spontanee attorno al vigneto perché può essere la parte più importante per la dinamicità ecologica: un vigneto con scarpate e prati magri adiacenti, ha in media 25% di specie in più rispetto ai vigneti senza.

Benché il vigneto sia un ecosistema sostanzialmente secco, le esperienze di ripristino delle piccole pozze di raccolta dell'acqua piovana, dette 'bose', nei vigneti della Collina Novarese nell'area MAB Unesco "Ticino Val Grande Verbano" (ARETE', 2019) hanno dimostrato come anche piccole zone umide possano svolgere un ruolo fondamentale nel sostenere la biodiversità nelle aree in cui si pratica la viticoltura, dando la possibilità ai viticoltori di disporre di una comodissima riserva. Le pozze permanenti offrono siti di alimentazione e riproduzione per molti insetti predatori, come le libellule, oltre che ad anfibi e rettili, e attraggono mammiferi ed uccelli che vanno a dissetarsi.

Altre due fondamentali pratiche compatibili con la conservazione della biodiversità che consentono l'autoregolazione della vite coinvolgono la struttura stessa dell'ecosistema vigneto:

- la gestione della sostanza organica e della fertilità del terreno con le connesse questioni delle lavorazioni minimali e degli apporti di concimazione;
- la costituzione di una copertura erbacea stabile e costante negli interfilari, con le connesse implicazioni sul tipo di cotica erbosa e sulle modalità e necessità di diserbo.

La fertilità, ossia l'abitabilità del suolo per le radici, dipende dalle caratteristiche fisiche (stabilità di struttura, porosità, permeabilità all'aria e all'acqua) che influenzano le attività biologiche della microflora e della microfauna presenti. La vera e propria forza vitale del suolo è la numerosa componente vivente. In un ettaro di terreno "vivo" ci può essere un equivalente in microrganismi pari al peso di 4 bovini adulti, il volume delle radici delle piante può raggiungere uno sviluppo complessivo fino a 1000 volte superiore a quello di un terreno disturbato e gli organismi del suolo diventano promotori probiotici della crescita della vite attraverso scambi e simbiosi con le sue radici.

È sempre più chiaro il rapporto tra gli stress sull'apparato radicale della vite ed il compattamento del suolo in conseguenza dei ripetuti passaggi meccanici in vigneto per i frequenti trattamenti, per contrastare la competizione erbacea, per ostinate lavorazioni del suolo, ma sempre di più anche per la meccanizzazione delle operazioni colturali, finanche alla vendemmia.

I passaggi dei mezzi pesanti e le vibrazioni influenzano in modo particolarmente negativo la porosità del terreno, soprattutto a ridosso del sottofila, poiché il mezzo transita con le ruote o cingoli a ridosso di quella posizione. La crescita della vite e la vitalità della microfauna terricola sono fortemente ostacolate nei terreni con valori di resistenza alla penetrazione superiori a 1,7–2 MPa (Monzo, 2017); tale limite si riduce addirittura a 1 MPa nei terreni argillosi. Il terreno compattato diventa impermeabile impedendo gli scambi liquidi e gassosi con l'atmosfera (le radici soffrono per troppa umidità o troppo secco). Le lavorazioni aumentano inoltre la mineralizzazione della sostanza organica del suolo: un terreno viticolo dovrebbe avere un tenore ottimale in sostanza organica pari all'1,5-2%, ma con le lavorazioni si stima una perdita annua di humus intorno ai 1000-1500 kg/ha (Bavaresco et al., 2016).

Le lavorazioni di rivoltamento delle zolle devono essere quindi quanto più possibile contenute se si vuole non dipendere da input esterni. Sono auspicabili solo lavorazioni superficiali autunnali per eliminare il compattamento superficiale e le carreggiate (che costituiscono tra l'altro corsie preferenziali per l'acqua piovana) e mantenere una struttura "soffice" e arieggiata del terreno, possibilmente senza provocare il disseccamento della vegetazione erbacea. Si possono usare attrezzi discissori (ripper leggeri, estirpatori a molle, erpici a denti secondo la natura del suolo) con modalità e tempi idonei a impedire la suola di lavorazione (che sarebbe inevitabile se si usassero frese o erpici a disco). (Figure 5.11.1-5.11.3).



Figura 5.11.1 - Particolare di ripper per le lavorazioni superficiali autunnali di arieggiamento non distruttivo



Figura 5.11.2 - Effetto del passaggio del ripuntatore (ripper) nell'interfilare inerbito



Figura 5.11.3 - Dettaglio sulla conservazione della zolla erbosa

Per mantenere il bilancio di sostanza organica in pareggio e mantenerlo nel tempo è necessario fornire ancora una parte di humus a seconda del valore di elementi nutritivi e sostanza organica presenti riscontrato nel suolo.

Concimazioni eccessive e/o squilibrate sono favorevoli più alla produzione di legno che di vino. La fertilizzazione del suolo deve essere sviluppata con mezzi quanto più naturali e autonomi possibile, sotto forma di ammendanti organici quali il letame, i compost, la paglia o miscele di compost e biochar, prodotto alla pirolosi di biomasse vegetali. Quando si distribuisce sostanza organica compostata, si consideri che fosforo, potassio e magnesio si liberano in più anni (4 o 5), l'azoto in 2, massimo 3 anni. La sostanza organica fresca, che non deve mai essere interrata, all'inizio consumerà una parte dell'azoto minerale del terreno, fissandolo e cedendolo successivamente.

Se invece si intende rivitalizzare i suoli rinforzando la microflora del suolo anche in funzione di rafforzare la sua resistenza ai patogeni e favorire gli scambi e le simbiosi con le radici si usano attivatori naturali quali fermentati naturali e bioattivi, composti biodinamici, inoculi di micorrize.

Una certa quantità di humus può essere restituita al terreno con la pratica della trinciatura dei sarmenti (ca 300-600 kg/ha /anno a seconda della vigoria delle piante).

Anche l'inerbimento del vigneto produce e restituisce humus al terreno (ca 300-800 kg/ha/anno), come pure la pratica del sovescio. Un terreno sano inerbito, con buona percentuale di leguminose, garantisce l'apporto di nutrimento senza concimi aggiuntivi. La presenza del cotico erboso permette l'organizzazione degli elementi minerali, il che equivale a una loro disponibilità più prolungata e protetta. L'efficienza radicale consente inoltre un utilizzo più completo degli elementi nutritivi: le piante erbacee caratterizzate da un ciclo breve e da una velocità di accrescimento elevata hanno la capacità di trasportare gli elementi nutritivi dagli strati superficiali e trasportarli in profondità, creando un movimento di soluzioni circolanti nel terreno e quindi una maggiore possibilità di impatto con le radici della Vite.

Se per lavorazione del suolo si intende rimescolare le sue particelle per migliorarne le caratteristiche, rendendole più stabili e favorendo la circolazione di aria e acqua, una cotica erbosa stabile, con poco o nullo disturbo del terreno, ha un positivo riscontro sulla produzione grazie al suo beneficio nutrizionale. La competizione idrico-minerale dell'erba è un reale rischio solo nelle prime fasi di crescita dell'impianto, in quanto le radici della vite esplorano poi zone più profonde rispetto a quelle della gran parte delle specie erbacee.

Una copertura vegetale è fondamentale per la sostenibilità ecologica del vigneto anche in relazione alla conservazione del suolo (azione antierosiva) e alla capacità di introdurre nel sistema acqua ed energia solare (soprattutto durante il riposo vegetativo della vite). La presenza di una vegetazione erbacea durante il periodo invernale consente infatti di aumentare la capacità del vigneto di catturare e conservare le risorse naturali (maggior infiltrazione dell'acqua piovana, meno ruscellamento e trasporto superficiale di particelle terrose, captazione e organicazione dell'energia luminosa altrimenti persa, continuità e incremento dell'attività microbiologica...): un inerbimento invernale vigoroso può fornire alle viti una quantità sufficiente di sostanze nutritive durante tutto l'anno, in modo tale da rendere superflue operazioni di fertilizzazione aggiuntiva. La copertura erbacea durante la stagione estiva, se ben gestita, consente di migliorare il bilancio idrico garantendo una maggiore permeabilità in ingresso e una minore evapotraspirazione in uscita.

Sulle tecniche gestionali della cotica erbosa del vigneto ci possono essere diverse soluzioni, dall'inerbimento spontaneo o seminato, entrambe con buone capacità di crescita, alle modalità di gestione manutentiva. Gli effetti di un inerbimento spontaneo autoctono senza l'utilizzo di pesticidi sono positivamente molto evidenti su molte tipologie di taxa faunistici (Froidevaux et al., 2017) e confermati anche nel presente studio (vedasi risultati del vigneto VB2 che ha adottato questa soluzione).

Il principio comune, sia ad inerbimento spontaneo che seminato, è quello di ottenere la maggiore diversità di specie erbacee autoctone: anche un inerbimento mirato può creare migliori condizioni di germogliazione per i semi delle angiosperme naturali, rimasti sotterrati per anni, talvolta decenni e instaurare una cotica varia di specie e ricca di angiosperme autoctone.

Al contrario l'impiego nell'inerbimento di un pool limitato di specie generaliste e povere di elementi autoctoni, limita molto la naturalità della cotica erbosa e lo sviluppo di un ecosistema complesso da essa dipendente. La soluzione migliore per l'inerbimento è l'uso di miscele di semi selezionate accuratamente con un equilibrato tasso di leguminose (nelle aree magre occorre prevederne una maggiore percentuale) o meglio ancora l'uso di miscugli di sementi di preservazione coerenti con il Dlgs 148/2012, che si rifanno al tipo di habitat erbaceo più simile a quello della regione biogeografica di riferimento in cui è collocato il vigneto. Tale varietà di specie permette una concimazione verde continua, assicurando un apporto di sostanze nutritive il più possibile autonomo delle viti.

Ogni specie erbacea in vigneto può ospitare mediamente l'habitat per dodici tipi di insetti. Più numerose sono le specie, più grande sarà la varietà di insetti. In uno studio effettuato in Piemonte da Mania et al., (2016), il numero di taxa e di individui di microartropodi risulta correlato non solo con la densità e la porosità del suolo, ma anche con la ricchezza vegetale interfilare che può essere modificata dalle pratiche colturali (modalità di sfalcio, lavorazioni del suolo, tecnica di diserbo).

Le piante non devono essere falciate o trinciate troppo e troppo spesso e qualunque operazione andrebbe rinviata al periodo seguente la massima fioritura delle specie erbacee (indicativamente dopo fine giugno) in quanto la fioritura dell'inerbimento rinforza l'equilibrio ecologico e aumenta lo spazio vitale per gli insetti. È importante che le piante vadano a fiore, anche per l'importanza del nettare e del polline come fonte di cibo per gli insetti impollinatori e non solo da cui dipendono servizi ecosistemici essenziali, che ricadono indirettamente anche sulla vite. Esistono varie soluzioni tecniche per lo sfalcio meccanico, ultimamente per le realtà più difficili e di particolare pregio sono state avviate in vigneto sperimentazioni dello sfalcio manuale, che presenta alcuni pregi dal punto di vista anche del contrasto alle patologie fungine (assenza di materiale triturato marcescibile). Le lavorazioni di trinciatura e sovescio in periodo precoce rispetto alla fioritura delle erbe, unite al compattamento meccanico per i numerosi passaggi, comportano anche in viticoltura biologica una limitazione della naturalità della cotica erbosa e dell'ecosistema complesso da essa dipendente interrompendo lo sviluppo delle larve di insetti e altri invertebrati.

Se l'inerbimento viene tenuto corto tramite trinciatura, al fine di proteggere gli insetti tali operazioni dovrebbero essere effettuate in modo alternato o semplicemente rullate. La rullatura mantiene la varietà di fiori e con ciò l'habitat degli insetti e non è necessario che la rullatura dell'inerbimento venga effettuata in modo alternato. Se l'inerbimento viene rullato prima del totale inaridimento estivo, si forma uno strato di pacciame "vivo" che protegge il suolo dall'inaridimento, garantendone la stabilità grazie alle radici mantenute sane. Non appena le precipitazioni sono sufficienti, l'erba ricresce.

La gestione a filari alterni è una soluzione molto utile e facile da realizzare: un filare con inerbimento stabile (spontaneo o inizialmente seminato) e l'altro con sovescio autunno-primaverile (che dopo la

trinciatura può essere o no lavorato). Poiché i benefici offerti da una copertura erbacea sono cumulativi, è meglio programmare questa alternanza in cicli di almeno un triennio se non perenni.

Per quanto riguarda gli insetti patogeni della vite le tecniche di difesa biologica variano dai trattamenti con il batterio *Bacillus thuringiensis*, un batterio sporigeno che vive nel terreno e sporula nell'ospite liberando delta-endotossine innocue per gli esseri umani, in grado di danneggiare il tratto digerente delle larve di Ditteri o causare una malattia paralitica nei bruchi di molti Lepidotteri, alla lotta con antagonisti predatori dell'insetto patogeno e alla confusione sessuale che porta a impedire gli accoppiamenti tramite l'emissione di elevate quantità di ormone attrattivo femminile prima dell'inizio del volo degli adulti della generazione che si intende colpire.

Il *Bacillus thuringiensis* è impiegato ad esempio sulla Tignoletta dell'uva, *Lobesia botrana*, un Lepidottero che crea danni ingenti agli acini e provoca anche danni secondari in quanto sulle ferite si possono sviluppare forti attacchi di botrite. Poiché colpisce tutti gli altri Lepidotteri deve essere usato con parsimonia evitando i periodi di sviluppo delle larve delle altre specie innocue per la vite e quindi necessita di un attento monitoraggio.

Per quanto riguarda i predatori antagonisti in caso di forti attacchi di ragnetto rosso un'alternativa all'utilizzo di fitosanitari di sintesi è il Fitoseide *Phytoseiulus persimilis*, un acaro predatore utilizzato con successo in tutto il mondo contro gli acari fitofagi non solo della vite. Attraverso la corretta gestione dello sfalcio del cotico erboso dell'interfila e una prolungata fioritura di specie a impollinazione anemofila si riesce a favorire la riproduzione dei Fitoseidi generalisti naturalmente presenti nel campo (Girolami et al., 2000).

La Flavescenza dorata (FD), grave fitoplasmosi della vite a carattere epidemico che sta avendo gravi ripercussioni sul comparto vitivinicolo, è trasmessa dal cicadellide *Scaphoideus titanus* Ball. Si tratta di un insetto Emittente giunto negli anni Cinquanta dal Nord America in Francia ed ormai diffuso con focolai in tutti i paesi sud europei dal Portogallo alla Bulgaria. La sua diffusione è presumibilmente imputabile alla diffusione di materiale vivaistico contenente le uova svernanti (Alma, 2016). Sulla base delle ordinanze dell'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA) l'Italia ha adottato la lotta obbligatoria con il DM n.34432 del 31/05/2000 la cui applicazione è demandata ai Servizi Fitosanitari Regionali. In Piemonte per le zone di Inseminazione (I) e Focolaio (F) sono obbligatori due trattamenti insetticidi l'anno indicativamente 30 giorni dopo la schiusa delle uova e dopo altri 20 giorni. Nelle aziende biologiche l'unico principio attivo ammesso è il piretro naturale che ha scarsa efficacia sugli adulti e pertanto i trattamenti vengono concentrati sullo stadio giovanile (con conseguente necessità di sfalcio per tutelare gli insetti pronubi) e con alcuni accorgimenti tipo trattare la sera (il p.a. è fotolabile). È possibile anche l'uso di regolatori di crescita (Insect Growth Regulator) attivi sugli stadi giovanili inibendo la sintesi della chitina ed impedendo di fatto la formazione dell'esoscheletro, che necessitano però un tempismo perfetto nell'applicazione, con problematiche legate non solo al tempo di utilizzo ma anche alla crescente influenza delle aree rifugio che implicano la necessità di combattere gli adulti provenienti dall'esterno del vigneto.

Fra le ricerche in corso sui metodi di lotta alternativi e a basso impatto ambientale si possono citare l'impiego del caolino, le reti escludi-insetto, la confusione sessuale vibrazionale e il controllo simbiotico. Un ambito di ricerca innovativo è quello delle interazioni simbiotiche tra insetti e microorganismi che hanno un impatto sulla fisiologia, sul comportamento e sull'evoluzione dell'ospite. Il più importante è l'alfaproteobatterio *Wolbachia pipientis* Hertig che può infettare due terzi delle specie di insetti mettendo in atto strategie di alterazione riproduttiva (induzione della partenogenesi, sviluppo di fenotipo femminile da parte di individui con genotipo maschile, uccisione della prole maschile durante l'embriogenesi).

Sono attualmente in corso (Bocca, 2020) studi sulla parassitizzazione delle uova dei cicadellidi esotici presenti sulle foglie di vite da parte di Imenotteri parassitoidi oofagi presenti nei biotopi nell'agroecosistema viticolo piemontese, per una possibile applicazione in strategie di controllo biologico. Le prime ricerche hanno evidenziato scarsi risultati sullo *Scaphoideus titanus* ma promettenti risultati su *Metcalfa pruinosa* (40% di parassitizzazione) che necessitano future indagini per chiarire il ruolo delle aree non coltivate nelle zone viticole come aree di compensazione ecologica, che verrebbero considerate quindi non più un problema ma una possibile risorsa per la entomofagia.

6. NOCCIOLETI

I nocciuoli esaminati nel primo biennio di progetto (2015-16) sono stati individuati nelle aziende presenti in aree protette e in Siti Natura 2000, come previsto dagli obiettivi del progetto. Data l'indisponibilità di aziende biologiche produttrici di nocciuole nelle aree protette del viterbese (nel 2015), non è stato possibile effettuare una scelta ottimale dei campi di sperimentazione da confrontare. Tuttavia nel corso dei campionamenti del primo biennio è stato definito prima che fosse consolidato e considerato l'insieme delle covariate utili alla selezione delle aree studio, utilizzato successivamente per la selezione dei coltivi del secondo biennio. Pertanto i risultati del 2015-2016 sono estremamente complessi da analizzare, poiché sono state registrate influenze derivanti dall'ambiente circostante e dalle caratteristiche dei coltivi che hanno reso di difficile lettura i risultati ottenuti. Nel secondo biennio (2018-2019) invece, le aree studio sono state selezionate con estremo rigore rispetto al contesto ambientale circostante e alle caratteristiche dei coltivi, in modo che i campi di ciascuna coppia biologico/convenzionale fossero altamente paragonabili per tutte le variabili ambientali considerate (cfr. par. 3.1). Ciò ha condotto a risultati maggiormente interpretabili, alla luce delle due diverse tipologie di gestione agronomica.

Tutto ciò considerato, si è deciso di trattare separatamente i risultati dei bioindicatori per i due bienni di indagine e di dare maggiore spazio per approfondimenti ai risultati del 2018-19.

6.1 Tipologia dei trattamenti fitosanitari e compatibilità con la Misura n. 13

Nei nocciuoli la maggior parte dei trattamenti si svolge tra maggio e giugno.

Nei nocciuoli convenzionali sono previsti interventi insetticidi a maggio e giugno, talvolta ripetuti a luglio, principalmente per contrastare l'Agrilo (*Agrilus viridis*), il Balanino delle nocciuole (*Curculio nucum*), le Cimici (*Gonocerus acuteangulatus*), mentre a giugno e luglio si svolgono trattamenti fungicidi prevalentemente contro *Monilia fructigena*.

Sono stati utilizzati complessivamente 22 prodotti di cui 10 fungicidi, 6 insetticidi, 2 erbicidi e 4 sostanze di altra tipologia (corroboranti, fertilizzanti, cicatrizzanti); 14 prodotti sono tossici o molto tossici per gli organismi acquatici di cui 11 con effetti a lungo termine; 5 sostanze sono candidate alla sostituzione perché contenenti Tebuconazolo e Rame ossicloruro; solo 3 i prodotti autorizzati in agricoltura biologica, vedi Tabella 6.1.

In generale, se si escludono i prodotti biologici, la maggior parte dei prodotti utilizzati non è compatibile con la misura 13 del PAN, vedi Tabella 6.1.

Tabella 6.1 - Le diverse tipologie di trattamenti fitosanitari effettuati nei 4 anni nei diversi campi sperimentali a confronto, convenzionali e biologici, loro compatibilità con la Misura 13 del PAN e relativo punteggio assegnato (cfr. par. 3.2)

Codice campo	Anno	Tipo trattamento	Sa contenuta	Tipologia	Compatibilità con misura 13 pan	Punteggio
Nt1	2016	Apollo sc	Clofentezine	Acaricidi	N - H411 - SPe3	-0.75
Nt3	2019	Ares 25 wg	Tebuconazole	Fungicidi	N - H410 - sostanza attiva è da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica. Mancano le frasi SPe nonostante il profilo della sostanza attiva.	-1
Nt3	2019	Ares 250 ew	Tebuconazole	Fungicidi	N - H410 - sostanza attiva è da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica. Mancano le frasi SPe	-1

Codice campo	Anno	Tipo trattamento	Sa contenuta	Tipologia	Compatibilità con misura 13 pan	Punteggio
					nonostante il profilo della sostanza attiva.	
Nt3, nt4	2018	Ares 430 sc	Tebuconazole	Fungicidi	N - H410 - sostanza attiva è da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica. Mancano le frasi SPE nonostante il profilo della sostanza attiva.	-1
Nt1*, nt2**	2015*, 2016**	Clinic	Glifosate	Erbicidi	SPe2, SPe3	-0,5
Nt2	2016	Decis evo	Deltamethrin	Insetticidi	N - H410- SPe3, SPe8. Essendo il prodotto potenzialmente neurotossico per gli uccelli dovrebbe avere la frase SPe7	-0.75
Nt1	2016	Dentamet	Zinco sottoforma idracido	Integratore, antibatterico		0
Nt2*, nt1**, nt4, nt5***	2015*, 2016**, 2018***	Enovit metil	Tiofanate-metil	Fungicidi	N - H412 - SPe3	-0.75
Nt1	2016	Fructol	N,p,k microelementi + Fer			0
Nt4, nt5	2018	Glorial 25 ec	Deltamethrin	Insetticidi	N - H410 - SPe 3, SPe 8	-0.75
Nt2	2016	Helarat	Lambda-cyhalothrin	Insetticidi	N - H410 - SPe3. Revocato. Data smaltimento scorte 01/01/2018.	-1
Nb4, nb5	2018	Heliocuire s	Sulphur (zolfo)	Fungicidi	N - H410 - si ritiene che il profilo tossico della sostanza attiva dovrebbe vedere le frasi di rischio SPE.	-0.75
Nt1, nt2	2015, 2016	Karate zeon	Lambda-cyhalothrin	Insetticidi	N - H410 - SPe 3, SPe 8	-0.75
Nt2	2015	Keos	Rame, ferro, edta	Cicatrizante		0
Nt2	2016	Mystic	Tebuconazolo	Fungicidi	N - H412 nonostante il profilo ecotossicologico mancano frasi SPE	0.75
Nt4	2018	Rame 40% wg	Rame ossicloruro (copper oxychloride)	Fungicidi	N - H410 - sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Soddisfa i criteri per essere considerata sostanza persistente e tossica (regolamento di esecuzione ue, 2015/408). Contiene triazina sostituita.	-1

Codice campo	Anno	Tipo trattamento	Sa contenuta	Tipologia	Compatibilità con misura 13 pan	Punteggio
Nt1	2016	Rame bio9plus	Miscela di microelementi rame (cu) (solfato), manganese (mn) (solfato), zinco (zn) (solfato)	Concime ce	N -	-0.75
Nt2	2015	Roundup platinum	Glifosate acido puro	Erbicidi	SPe2, SPe3. Mancano le frasi di rischio nonostante il profilo di tossicità.	-0.5
Nt1	2016	Signum	Boscalid, piraclostrobin	Fungicidi	N - H400, H410 - SPe3	-0.75
Nt3, nt4*, ** nt5**	*2018, **2019	Sparviero	Lambda-cyhalothrin	Insetticidi	N - H410 - SPe 3	-0.75
Nt3	2018, 2019	Spotlight plus	Carfentrazone-ethyl	Fungicidi	N - H410 - SPe 3	-0.75
Nt1*, nt5**	2015*, 2018**	Viver 250 ec	Tebuconazolo	Fungicidi	N - sostanza attiva da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione. Nonostante il profilo ecotossicologico mancano frasi spe	-1

6.2 Rischi potenziali per flora e fauna associati all'uso dei prodotti fitosanitari utilizzati

Tra le sostanze attive ad azione erbicida pericolose per la biodiversità utilizzate nella gestione dei nocciuoli convenzionali del viterbese il glifosato, anche per la diffusione del suo metabolita AMPA e considerato il suo massiccio impiego, ha effetti tossici e funzionali significativi come contaminante delle acque superficiali e profonde e del suolo. Tale prodotto causa impoverimento e alterazione delle comunità erbacee (ISPRA, 2015); maggiore suscettibilità ai patogeni anche delle specie coltivate (Johal & Huber, 2009); diminuzione del potere nutritivo delle specie pabulari (Zobiolo et al., 2010; Sheng et al., 2012; Huber et al., 2004); variazioni della composizione batterica e riduzione della fissazione dell'azoto (Zobiolo et al., 2010; Sheng et al., 2012). Inoltre, alcuni coadiuvanti nei prodotti aumentano la sua permeabilità nel suolo. Il glifosato ha anche effetti negativi sulle api, per le quali i danni fisiologici e l'impatto biologico sono coerenti con il "Colony Collapse Disorder" (CCD Working group, 2006).

Per quanto riguarda gli insetticidi, nei nocciuoli convenzionali si segnala in particolare l'uso ripetuto nel tempo di piretroidi, sostanze altamente tossiche per tutta l'entomofauna (Bianco, 2015). In tutti i 4 anni di osservazione nei nocciuoli convenzionali sono stati utilizzati prodotti a base di lambda-cialotrina (Karate Zeon e Helarat) che ha elevata tossicità per tutti gli impollinatori (NPIC, 2001) ed è altamente tossico per gli organismi acquatici con effetti negativi a lungo termine. Questo prodotto è sconsigliato dalla FAO per l'uso agricolo (Veres, 2013), ma è largamente utilizzato nella protezione da afidi, dorifore, tisanotteri, larve di lepidotteri, larve e adulti di coleotteri oltre che per il controllo dei ditteri. È molto persistente in acqua ed in particolare in quelle acide (stabile a pH < 7). È anche relativamente persistente nel suolo (emivita di 33-175 giorni, PPDB) e può interferire con l'attività dei batteri azotofissatori (PPDD). Nei topi ripetutamente esposti ha un effetto dannoso sulla morfologia dello sperma, che può essere motivo di infertilità e di embrioni anomali, ed è genotossico per le cellule del midollo (Abdel Aziz e Abdel Rahem, 2010). La Deltametrina utilizzata e rinvenuta nei suoli dei nocciuoli convenzionali nel 2016, oltre ad essere molto tossica per gli impollinatori aumenta la mortalità degli Anellidae oligocheti e provoca crescita anomala negli individui appartenenti al genere Tubifex (PAN Database). Anch'esso è un possibile interferente endocrino (Mnif W., et al. 2011).

Il fungicida Tebuconozolo (ARES25, VIVER) è stato utilizzato nei nocciuoli convenzionali in tutti gli anni di osservazione. Si tratta di un principio attivo da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla

sostituzione, in quanto soddisfa i criteri per essere considerato persistente e tossico (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408).

Questo principio attivo ha effetti negativi per il suolo, dove è persistente in condizioni aerobiche (TD50 597 gg). Agendo sul metabolismo degli steroli può danneggiare la micoflora e quindi influenzare negativamente la qualità del suolo. Il suo metabolita principale 1,2,4 triazolo è molto tossico per i lombrichi del sedimento: *Chironomus riparius* e *Eisenia fetida* (PPDB); un potenziale inquinante delle acque; altamente tossico per gli organismi di acque dolci bentonici quali i copepodi e arpacticoidi (Turresson et al, 2007, Sheahan & Fisher, 2012); possibile interferente endocrino per i pesci (EFSA, 2008); un possibile carcinogenetico (US EPA, 2018) e interferente endocrino (Mnif et al., 2011).

Dalle analisi eseguite da ARPA Lazio risulta che le acque campionate fuori dalla Riserva Naturale di Lago di Vico (Nocciolati NB2 e Oroni;) presentavano tracce di Tebuconozolo. Questo principio attivo, pur non essendo stato utilizzato in questi campi, risulta autorizzato nella coltura del nocciolo.

Il fungicida Thiophanate-Methyl (Enovit, utilizzato in NT2) è un sospetto genotossico ed è nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata (Etichetta Enovit). È stato riconosciuto come carcinogenetico e dannoso per l'apparato riproduttivo. Nel suolo si degrada rapidamente con formazione misurabile di methyl benzimidazol-2-ylcarbamate (MBC), con effetti fungicidi ed emivita da 11 a 78 giorni (PPDB database). Il metabolita MBC è anche tossico per i crostacei. Thiophanate-Methyl si trasforma anche in Carbendazim, un tempo presente nei prodotti commerciali e attualmente revocato (PPDB).

Problematica particolare pone l'uso di prodotti rameici a base di Rame ossicloruro (nei nocciolati convenzionali nel biennio 2018-2019 è stato utilizzato costantemente il prodotto OSSICLOR), in quanto trattasi di una sostanza da iscrivere nell'elenco di sostanze candidate alla sostituzione perché persistente e tossica (Regolamento di esecuzione UE, 2015/408).

Risulta diffuso, ma non utilizzato nei campi convenzionali, anche l'uso di Oxifluorfen, altamente tossico per i pesci (WSSA, 1989), per lo zooplancton e per le piante acquatiche (PPDB). È stato rinvenuto nel biennio 2015-2016 nei suoli di NT1 su superfici e tessuti vegetali di piante raccolte presso NT1 e nei campioni delle acque rilevati da ARPA Lazio esterni alla caldera del Lago di Vico (Rilevato in NRG 2999 e 3000).

In generale la sinergia tra insetticidi, diserbanti e fungicidi può determinare gravi danni alla biodiversità degli habitat terrestri impattando direttamente o indirettamente con gli impollinatori. La diminuzione della biodiversità vegetale e gli impatti negativi di questa sinergia su anfibi e zooplankton, può causare anche effetti indiretti sugli habitat acquatici. La diminuzione dello zooplankton può determinare impoverimento delle risorse trofiche per i pesci. Inoltre l'uso ripetuto di insetticidi può determinare l'impoverimento delle popolazioni dei predatori degli stessi organismi patogeni e possibili resistenze a tali prodotti (ISPRA, 2015).

In conclusione nessuno dei prodotti maggiormente utilizzati nei nocciolati convenzionali è compatibile con quanto previsto dalla Misura 13, per i pericoli sopra descritti relativi agli habitat acquatici, alla flora e alla fauna e pertanto non dovrebbero essere utilizzati nelle aree protette.

6.3 Analisi granulometriche dei suoli

Durante le due campagne di campionamento, effettuate nel 2015 e nel 2018, sono stati prelevati i campioni provenienti dalle 18 zone coltivate a nocciolo (site nei comuni di Vallerano, Vasanello, Corchiano e nella Riserva Naturale del lago di Vico, tutti in provincia di Viterbo), al fine di effettuare un confronto delle abbondanze granulometriche tra campi omologhi a coltivazione convenzionale e biologica. I risultati delle analisi effettuate sono riportati in due tabelle rispettivamente per i campioni prelevati nel 2015 (Tabella 6.3.1) e per quelli prelevati nel 2018 (Tabella 6.3.2). Da quanto illustrato nelle tabelle, non risulta esserci una netta correlazione tra tutti i campi di confronto (convenzionali e biologici). Comunque, soprattutto per i suoli prelevati nel 2018, le percentuali non sono molto differenti tra loro, per classi granulometriche omologhe e pertanto si possono ritenere abbastanza simili, come visibile nel diagramma triangolare usato per la classificazione della tessitura (Figura 6.3.1). Tale dato è in accordo con quanto riportato nella Carta dei Suoli del Lazio (1:250.00 ed. 2019), che classifica i suoli delle zone relative al campionamento come suoli medio argillosi (Franco argillosi). Viceversa, tale similitudine appare ancora distante per i campioni del 2015, in quanto i campioni a coltivazione biologica, prelevati nel 2015, hanno una maggiore abbondanza di sabbia (sempre superiori al 50%) e una minore percentuale di argilla (tra il 9 e il 20%), rispetto agli omologhi campioni provenienti dai campi trattati convenzionalmente,

Tabella 6.3.1 – Distribuzione delle frazioni granulometriche, secondo la classificazione USDA, dei campioni provenienti dalle zone coltivate a nocciolo e campionati nel 2015

ANALISI GRANULOMETRICA										
Classe granulometrica	Campi in studio (Lazio) 2015									
	CON	BIO	CON	BIO	CON	INC	BIO	CON	INC	BIO
	NT1 0-40	NB1 0-40	NT1 60- 100	NB1 60- 100	NT2 0-40	NI 0-40	NB2 0-40	NT2 60-100	NI 60- 100	NB2 60- 100
SABBIA %	43	50	33	51	21	26	53	28	28	61
LIMO %	36	40	41	39	31	44	23	32	49	19
ARGILLA %	21	10	26	9	44	30	24	40	23	20

Tabella 6.3.2 – Distribuzione delle frazioni granulometriche, secondo la classificazione USDA, dei campioni provenienti dalle zone coltivate a nocciolo e prelevati nel 2018

ANALISI GRANULOMETRICA								
Classe granulometrica	Campi in studio (Lazio) 2018							
	CON	BIO	CON	BIO	CON	BIO	CON	BIO
	NT3	NB3	NT4	NB4	NT5	NB5	NT6	NB6
SABBIA %	30	36	32	22	36	21	31	40
LIMO %	30	31	30	36	35	33	27	29
ARGILLA %	40	33	38	42	29	46	42	31

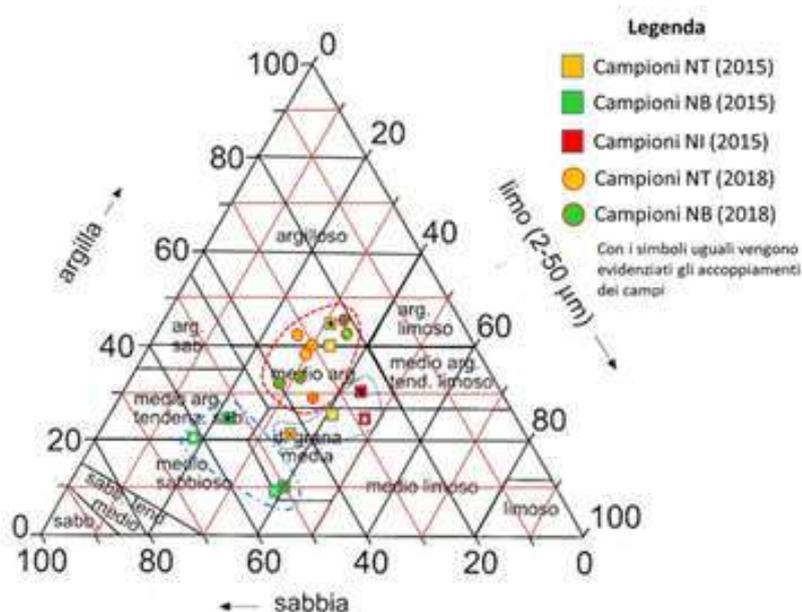


Figura 6.3.1 – Diagramma ternario contenente la classificazione tessiturale dei suoli prelevati nei campi coltivati a nocciolo, in funzione dell'abbondanza percentuale della componente granulometrica

I dati relativi alle percentuali dello scheletro (frazione maggiore di 2 mm) presenti nei suoli confermano l'impossibilità di correlare nettamente i campi di confronto ed evidenziano la stessa variabilità riscontrata per i valori delle abbondanze granulometriche, sebbene con intervalli più ristretti. Tuttavia, anche in questo caso, è possibile affermare che i campi messi a confronto presentano caratteristiche fisiche simili.

Tabella 6.3.3 – Valori dell'abbondanza dello scheletro (frazione maggiore di 2 mm) nei campi coltivati a nocciolo

ABBONDANZA DELLO SCHELETRO			
Regione	Sigla campo		Abbondanza %
Campioni prelevati nel 2015	CON	NT1 0-40	18
	BIO	NB1 0-40	21
	CON	NT1 60-100	12
	BIO	NB1 60-100	14
	CON	NT2 0-40	4
	INC	NI 0-40	17
	BIO	NB2 0-40	10
	CON	NT2 60-100	4
	INC	NI 60-100	7
	BIO	NB2 60-100	11
Campioni prelevati nel 2018	CON	NT3	4
	BIO	NB3	6
	CON	NT4	4

	BIO	NB4	1
	CON	NT5	8
	BIO	NB5	4
	CON	NT6	4
	BIO	NB6	10

Anche i valori relativi al peso di volume della parte solida (peso specifico) non permettono una netta correlazione tra i campi di confronto, sebbene abbastanza omogenei per quasi tutti i campioni, soprattutto per quelli prelevati nel 2018. Leggermente diversi sono i valori relativi ai campioni del 2015 che risultano compresi tra un massimo di a 2,72 g/cm³ e un minimo di a 2,54 g/cm³. Tale differenza è probabilmente imputabile alla diversa natura mineralogica costituente i suoli in studio.

Tabella 6.3.4 – Valori del peso dell'unità di volume della parte solida dei campioni in studio

PESO DELL'UNITÀ DI VOLUME DELLA PARTE SOLIDA			
Regione	Sigla campo		Peso specifico media (g/cm³)
Campioni 2015	CON	NT1 0-40	2,72
	BIO	NB1 0-40	2,54
	CON	NT1 60-100	2,72
	BIO	NB1 60-100	2,56
	CON	NT2 0-40	2,64
	INC	NI 0-40	2,61
	BIO	NB2 0-40	2,64
	CON	NT2 60-100	2,66
	INC	NI 60-100	2,69
	BIO	NB2 60-100	2,63
Campioni 2018	CON	NT3	2,67
	BIO	NB3	2,64
	CON	NT4	2,67
	BIO	NB4	2,73
	CON	NT5	2,60
	BIO	NB5	2,67
	CON	NT6	2,68
	BIO	NB6	2,68

Sui campioni provenienti dalle coltivazioni a nocciolo, prelevati nel biennio 2018-2019, sono state effettuate anche delle analisi puntuali, al fine di fornire un dato di confronto temporale da utilizzare anche per le analisi di carattere chimico, biologico ed ecotossicologico.

Come precedentemente detto, la variabilità dei risultati relativi al contenuto d'acqua naturale è funzione delle condizioni meteo climatiche esistenti nel periodo di campionamento e risentono anche di condizioni morfologiche che influiscono sul ristagno di acqua in determinati punti del campo, nonché delle zone soggette a maggior irrigazione. Le stime delle analisi effettuate su un totale di 222 campioni, sono comunque risultate omogenee nell'arco temporale considerato. Le analisi per la determinazione dell'umidità naturale ha mostrato una variabilità, nell'anno solare 2018, compresa tra un minimo di 11% d'acqua in peso sul peso totale del campione esaminato e un massimo del 45%. Nel complesso i campioni hanno una media del contenuto di acqua naturale del 23% in peso sul totale del materiale prelevato. Le analisi del contenuto di umidità naturale, effettuate per i campioni prelevati negli stessi campi nel 2019, hanno mostrato un minimo del 14% ed un massimo del 59%. Sostanzialmente, seppur maggiore, anche per il 2019 la media totale della percentuale di umidità naturale è rimasta costante ed è stata stimata nel 26%. Nonostante la variabilità dei valori, è possibile affermare che, per i diversi tempi di campionamento, esiste una similitudine tra i valori dei campi di confronto, riscontrando un range analitico medio del 5% e mai superiore al 14%.

Nelle seguenti tabelle 6.3.5 e 6.3.6, si riportano i valori statistici riscontrati dalle analisi effettuate suddivisi per annualità di prelievo.

Tabella 6.3.5 - *Contenuto d'acqua naturale dei campioni prelevati nelle zone coltivate a nocciolo del Lazio, in tre diversi occasioni di campionamento (t0, t1 e t2) nell'arco dell'anno 2018*

CONTENUTO D'ACQUA - 2018													
Sigla campo		T0				T1				T2			
		Media	Max	min	dev. Standard	Media	Max	min	dev. Standard	Media	Max	min	dev. Standard
CO N	NT 3	24	27	21	2,27	19	23	16	2,58	27	31	16	5,49
BIO	NB 3	29	33	27	2,66	25	29	22	2,56	33	37	29	3,21
CO N	NT 4	18	19	17	0,63	22	33	15	6,18	13	17	12	2,5
BIO	NB 4	20	26	17	3,82	19	23	17	2,24	15	17	12	3,09
CO N	NT 5	25	31	17	6,16	26	32	15	6,35	16	19	11	2,63
BIO	NB 5	26	28	24	1,53	20	25	12	4,72	20	22	17	2,01
CO N	NT 6	25	33	21	3,91	18	22	12	3,85	17	27	11	5,70
BIO	NB 6	36	45	32	4,70	25	30	19	4,75	22	24	18	2,51

Tabella 6.3.6 - *Contenuto d'acqua naturale dei campioni prelevati nelle zone coltivate a nocciolo del Lazio, in tre diverse occasioni di campionamento (t0, t1 e t2) nell'arco dell'anno 2019*

CONTENUTO D'ACQUA - 2019										
Sigla campo		T0	T1				T2			
		Valore	Media	Max	min	dev. Stand	Media	Max	min	dev. Stand
CON	NT3	22	24				29	33	27	3,27
BIO	NB3	32	39				29	30	27	1,53
CON	NT4	21	27	46	21	9,30	20	22	19	1,53
BIO	NB4	15	32	53	22	11,54	24	27	22	2,34
CON	NT5	26	42	59	29	10,69	24	29	17	6,06
BIO	NB5	19	39	43	33	4,51	28	30	26	2,11
CON	NT6	24	20	29	14	5,83	20	23	18	3,16
BIO	NB6	25	26	31	22	3,50	24	28	19	4,96

I valori di porosità (tabella 6.3.7), determinati solo per alcuni dei campi in studio, evidenziano una omogeneità tra i tutti campi (percentuali intorno al 50%), nonostante ci si aspetti delle differenze dovute alla compattazione dei suoli, dovute a diverse tecniche di lavorazione (campi convenzionali più compattati rispetto a quelli biologici). Tale incongruenza può essere comunque spiegata con la relativa abbondanza di argilla, maggiormente presente nei campioni dei campi NB4 e NB5 rispetto a quelli dei campi NT4 e NT5. Le analisi effettuate permettono tuttavia di affermare che i campi di confronto presentano caratteristiche simili per porosità.

Tabella 6.3.7 – *Valori delle medie della porosità dei campioni in studio*

POROSITÀ						
Sigla campo	CON	BIO	CON	BIO	CON	BIO
	NT4	NB4	NT5	NB5	NT6	NB6
Porosità (%)	46	45	54	46	50	56

6.4 Analisi chimiche nei suoli

Campagna 2015-2016

Dati 2015

I principali risultati analitici sulle acque sotterranee, riportati in dettaglio in tabella 6.4.1, sono i seguenti:

- i 2 campioni di acqua di falda prelevati nei pozzi ubicati all'esterno del sito Natura 2000 (NB2 e a valle di NT2) hanno evidenziato la presenza di tracce del principio attivo Tebuconazolo (rispettivamente 0,006 e 0,003 mg/L), nonché valori "naturali" di arsenico superiori a quelli previsti per le acque potabili;
- i 2 campioni di acqua di falda prelevati nei pozzi ubicati all'interno del sito Natura 2000 (Arsial - NB1 e vicino la riva del Lago Vico) non hanno evidenziato la presenza dei principi attivi ricercati.

Suolo

- Carbonio organico

Dal confronto tra i risultati di Carbonio Inorganico/Carbonio Organico risulta che il carbonio totale presente nei campioni di suolo dei noccioli è tutto carbonio organico.

- Granulometria

I suoli dei noccioli considerati sono costituiti per oltre il 57 % (nei noccioli biologici NB1 e NB2) da frazione granulometrica superiore ai 60 micron.

Sulla base della classificazione USDA, i terreni dei noccioli considerati appartengono alla classe "terreni medio argillosi", "medio sabbiosi", "medio argillosi tendenzialmente sabbiosi" e "a grana media".

- Presenza di residui di prodotti fitosanitari

In tutti i campioni di suolo (n. 22) dei campi NT1 e NT2 è stata rilevata la presenza del principio attivo Tebuconazolo (presente nel VIVER) in concentrazioni variabili tra 0,2 e 9,8 mg/Kg (tempi di campionamento T1, T2, T3 e T4), sia negli strati più superficiali (orizzonte A – 0-40 cm) sia negli strati più profondi (orizzonte B – 40-60 cm), anche se non risulta essere stato usato per i trattamenti né sul nocciolo NT2 né nei noccioli vicini.

- Residui di prodotti fitosanitari nel materiale vegetale

Dai risultati dei residui dei prodotti fitosanitari nel materiale vegetale (foglie, ramoscelli, lettiera ai piedi della pianta di nocciolo) prelevato nei noccioli il 22/12/2015, è emersa la presenza Oxifluorfen nei campioni prelevati in NT1, pari a 39 µg/kg nella parte superficiale e 463 µg/kg nei tessuti. Negli stessi campioni risulta presente, anche se in piccole quantità, il Tebuconazolo sia in superficie che nei tessuti (rispettivamente 2 µg/kg e 8 µg/kg). Tale principio attivo è stato rilevato anche nei tessuti del materiale vegetale dei campioni di NT2 (pari a 1,8 µg/kg) anche se a detta del proprietario non è stato applicato. Infine è stata rilevata la λ-cialotrina, principio attivo dell'insetticida KARATE, in NT2 (11,6 µg/kg in superficie e 85 µg/kg nei tessuti) dove è stato utilizzato; questo principio attivo è stato trovato anche nel materiale vegetale prelevato in NB1 (in superficie 3 µg/kg e nei tessuti 6 µg/kg) pur non essendo stato applicato nel corso della stagione 2015.

Dai risultati delle analisi dei residui di prodotti fitosanitari nel materiale vegetale condotte nel 2016 è emersa la presenza di Tebuconazolo pari a 0,73mg/Kg nei campioni prelevati in NT1, mentre in NT2 è stata riscontrata la presenza di 21,11 mg/Kg di Lambda Cialodrina e 1,44 mg/K di Clofentezine e 4,67 mg/Kg di Boscalid.

Dalle analisi effettuate da ARPA Lazio risulta che nei campioni di suolo non vi sono presenze significative di residui di prodotti fitosanitari (in NT1: Tebuconazolo mg/Kg: 0,11 in t1, 0,14, in t2 e 0,11 in t3; Penconazolo mg/Kg 0,14 in t2; Boscalid 0,11 mg/Kg in t2). In particolare considerando i trattamenti dichiarati dagli agricoltori in fase di campionamento, nessuno dei principi attivi utilizzati è stato rilevato con presenze che vanno oltre i limiti di legge.

Per il campione di suolo identificato con il codice NT1_t+2 è stata invece rilevata una presenza oltre i limiti di quantificazione (0.16 mg/Kg) per il principio attivo Dimetomorf, non dichiarato tra i prodotti somministrati ai noccioli e generalmente utilizzato nella coltivazione della vite e delle orticole.

Campagne 2018-2019

Nelle tabelle da 6.4.1 a 6.4.4 dell'ALLEGATO al Capitolo 6 sono riportati i valori di Total organic Carbon (TOC), Total Carbon (TC), Azoto totale (TN,) Contenuto d'acqua, Sostanza organica Totale, Calcio, Potassio, Magnesio ricercati per la caratterizzazione dei campioni di suolo.

Tutti i campi investigati, dal punto di vista dei macroelementi, si presentano caratterizzati da concentrazioni di Azoto Totale comprese tra 0,14 e 0,50 % e quindi si collocano (secondo la classificazione di cui alla tabella 4.4.4), tra i terreni ricchi in Azoto. Dal punto di vista del rapporto C/N (Carbonio Organico/ Azoto Totale, i valori dei campioni raccolti nei nocciolati sono risultati compresi tra 10 e 14, ad indicare che sebbene il terreno sia ben dotato dal punto di vista dell'azoto, quest'ultimo non è del tutto disponibile per l'accrescimento, in quanto utilizzato naturalmente nel processo di stabilizzazione della sostanza organica.

Relativamente alle differenze tra le due campagne t0 e t1, nel 2018 si è notato un aumento dei macronutrienti in t1, sia nei cambi biologici che convenzionali, che però non ha modificato il rapporto C/N, quindi la disponibilità di Azoto Totale per l'accrescimento.

Dai dati delle analisi granulometriche e della sostanza organica si evince che tutti i campi, sia biologici che convenzionali, dal punto di vista di qualità del terreno mostrano un giudizio di qualità elevato, con riferimento alla tabella 4.4.4. Non sono riscontrabili differenze significative dovute al trattamento chimico tra i campi a coltura biologica rispetto ai convenzionali, sebbene i valori maggiori di sostanza organica e contenuto d'acqua si registrino nei campi biologici. La variazione positiva e/o negativa non è omogenea in tutti i campi né ripetuta negli anni di indagine e non risulta quindi sufficientemente significativa da poter delineare un andamento specifico. Nel complesso i valori registrati si mantengono essenzialmente costanti nei due anni di indagine e l'aumento di sostanza organica che si registra potrebbe essere altresì legato anche all'utilizzo di letame come fertilizzante.

Discorso analogo per il contenuto percentuale di acqua, dove si registrano valori simili tra i campi, con i massimi in corrispondenza dei campi biologici. L'unico valore leggermente diverso, in quanto superiore ai valori medi riscontrati, afferisce al campo trattato NT6 t1 (39,25 %) per il 2018.

Tutti e tre i macroelementi (Ca, K, Mg) mostrano intervalli di concentrazioni ridotti e senza variazioni evidenti in seguito ai trattamenti o al differente tipo di trattamento. Non si hanno distinzioni degne di nota tra i valori; le variazioni osservate possono essere ricondotte alla naturale variabilità di questi parametri nei suoli. Tuttavia, quasi sempre si verifica che i valori maggiori si riscontrano nei campi biologici, rispetto ai campi trattati, sebbene le variazioni siano minime.

Per quanto riguarda il Rame, le cui risultanze dei singoli campioni sono dettagliate assieme a quelle relative allo Zolfo nelle tabelle da 6.4.5 a 6.4.8 di cui all'ALLEGATO del Capitolo 6, si evidenzia un maggior contenuto nei campi a trattamento convenzionale rispetto ai biologici; queste differenze, da un punto di vista statistico, risultano quasi sempre significative (valori sp.t > del valore limite) per le coppie di campi riportate di seguito (tabella 6.4.9).

Tabella 6.4.9 - T-test applicato ai valori medi di concentrazioni riscontrati nei campioni di suolo provenienti dai campi di nocciolati a trattamento biologico e convenzionale (significatività 95 %, $p < 0.05$). In grassetto i dati statisticamente significativi

	Cu			S		
	valore sp. t	valore limite	gradi di libertà	valore sp. t	valore limite	gradi di libertà
NB3/NT3	3,93	2,447	6	0,13	2,447	6
NB4/NT4	4,69	2,447	6	1,51	2,447	6
NB5/NT5	1,49	2,447	6	1,20	2,447	6
NB6/NT6	3,30	2,447	6	6,19	2,447	6

Rispetto ai riferimenti normativi più vicini alla tipologia di campioni e alle finalità dello studio, si nota che per il campo NT3, in entrambi gli anni di indagine, i valori misurati per Cu risultano superiori a quelli riportati come limite per i suoli agricoli destinati all'utilizzo dei fanghi di depurazione (All. 1A, Dlgs 99/1992, limite pari a 100 mg/kg s.s.) e superiori anche al limite per i suoli ad uso verde pubblico e residenziale (colonna A, D.lgs 152/2006, limite pari a 120 mg/kg).

Per lo Zolfo i valori sono piuttosto variabili sebbene generalmente più alti nei campi convenzionali, ma le differenze non risultano statisticamente significative tra i campi a trattamento biologico e convenzionale, con l'eccezione della coppia NB5/NT5 (tabella 6.4.9). Ad oggi non sono disponibili limiti normativi utili ai fini di un confronto.

I prodotti fitosanitari nei campioni di suolo delle colture a nocciolato hanno mostrato, nella quasi totalità dei casi, concentrazioni inferiori al limite di quantificazione (tabelle da 6.4.10 a 6.4.13 dell'ALLEGATO

al Capitolo 6). In particolare, le concentrazioni dei fitofarmaci sono risultate sempre < LOQ in tutti i campioni provenienti dalle colture biologiche. Gli unici casi di concentrazioni quantificabili (relativi a Boscalid) sono stati rilevati in campioni provenienti da una coltura convenzionale (NT6), nell'anno 2019, sia al tempo t0 che al tempo t1.

Data la scarsa numerosità di risultati quantificabili non è possibile desumere considerazioni di ordine generale riguardo a differenze di concentrazione fra biologico e convenzionale o anche semplicemente tra prima e dopo il trattamento.

6.5 Analisi ecotossicologiche nei suoli

Campagne 2015-2016

Nel 2015 le colture a nocciolo sono state campionate da ISPRA che ha eseguito anche i saggi ecotossicologici su lisciviati preparati secondo quanto previsto dal Metodo IV.2 prg. 2.3.2 del DM 13/09/1999 recante "Approvazione dei Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo".

Sui lisciviati sono stati eseguiti i saggi di inibizione della bioluminescenza con *Aliivibrio fischeri*, il saggio acuto con *Daphnia magna* e il saggio algale con *Raphidocelis subcapitata*.

Nella tabella 6.5.1 dell'ALLEGATO Al Capitolo 6 sono presentati i risultati dei saggi eseguiti sui campioni di suolo prelevati nella campagna 2015 nelle colture del Lazio. In linea generale i dati non hanno evidenziato particolari situazioni di tossicità. Il saggio con *A. fischeri* ha rilevato valori significativi solo su noccioli convenzionali e quasi sempre, tranne in un caso (NT2_t3_B), nel campione superficiale A (NT1_t2_A, NT1_t3_A). I campioni risultati significativi nell'orizzonte A sono stati prelevati in una faggeta che costituiva il campione di "bianco" (NI) e in un nocciolo a coltivazione convenzionale. È possibile ipotizzare che in questo caso il valore osservato sia in qualche modo correlato ad una particolare situazione geo-pedologica dei suoli nella zona (i due campi erano infatti confinanti). I saggi con *R. subcapitata* hanno dato valori di tossicità significativa su due campioni, uno in orizzonte superficiale (NT1_t0_A) e uno su un orizzonte profondo (NT2_t2_B).

Il saggio acuto con *D. magna* è quello che ha dato i risultati anche molto significativi su alcuni campioni: NT1_t2_A (20%), NT1_t2_B (80%), NT1_t4_B (80%), NT2_t1_A (65%), NT2_t3_A (35%), NT2_t4_A (65%) ed NT2_t4_B (40%).

Nella campagna 2016 le colture a nocciolo sono state campionate da ISPRA che ha eseguito anche i saggi ecotossicologici di fitotossicità con le tre specie *Lepidium sativum*, *Sinapis alba* e *Sorghum saccharatum* e il saggio acuto con *Eisenia* spp.

Nella tabella 6.5.2 dell'ALLEGATO al Capitolo 6 sono presentati i relativi risultati delle analisi eseguite. I dati evidenziano che in nessuno dei campioni è stata superata la soglia di tossicità così come stabilita dal metodo. In generale il saggio di fitotossicità ha dato risultati di biostimolazione anche piuttosto importanti (valori > 100 %), con allungamenti radicali anche superiori al 200% in *Sinapis alba* (nei campi NT1 e NT2 per entrambe gli orizzonti indagati). Valori elevati di biostimolazione rappresentano, anche se non una vera e propria tossicità, un segnale biologico negativo di reazione dell'organismo a condizioni ambientali sfavorevoli. Spesso tali fenomeni sono associati a basse concentrazioni di contaminanti nei confronti dei quali l'organismo reagisce "per difesa", accelerando in maniera anomala alcuni aspetti della propria fisiologia.

Anche nel caso del saggio con *Eisenia* spp. nessun campione è risultato tossico dopo 14 gg di esposizione, mentre si è registrata una crescita ponderale generale in termini di biomassa.

Campagne 2018-2019

Nei lisciviati di suolo dei noccioli sono stati registrati effetti tossici moderati nei riguardi di *Aliivibrio fischeri* (tabella 6.5.3 dell'ALLEGATO al Capitolo 6), con particolare riferimento ai coltivi convenzionali (NT3, NT4 e NT6) della campagna 2018, ma senza relazioni tra i due tempi di campionamento t0 e t1.

Su tutti i campioni dei coltivi convenzionali e biologici non sono stati registrati effetti di tossicità sulla germinazione dei semi in tutte e tre le specie vegetali saggiate. Per ciò che concerne l'end-point dell'allungamento radicale nel 2018 (tabella 6.5.4 dell'ALLEGATO al Capitolo 6) non si sono evidenziate situazioni di particolare rilevanza, con l'eccezione di pochi valori significativi di inibizione della crescita radicale, distribuiti in modo apparentemente casuale (NT3_t0 e NB4_t0). Nel 2019 (tabella 6.5.5 dell'ALLEGATO al Capitolo 6) si è osservata una situazione per cui campioni in t0 hanno evidenziato valori statisticamente significativi di inibizione della crescita radicale, rispetto a quanto osservato in t1, in altri casi valori di inibizione significativi si sono osservati sia in t0 che in t1. In particolare, per *L. sativum* nei campioni dei noccioli tradizionali NT3 (34,6 %), NT4 (47,6 %), NT5 (34,7 %), NT6 (42,4 %) e nei campioni dei noccioli biologici NB3 (t0 56,8 % vs t1 47,0 %) e NB4 (t0 35,7 % vs t1 31,7 %) l'inibizione si è osservata sia in t0 che in t1. In *S. alba* è stata riscontrata una

situazione per alcuni aspetti simile: valori significativi di inibizione nelle coppie NT3_t0 (31,5 %) ed NT3_t1 (31,6 %) e NB3_t0 (33,5 %) ed NB3_t1(41,8 %) e nel campione NT6_t0 (31,1%). Per *S. saccharatum* solo i campioni NT4_t0 (35,0 %) e NB3_t0 (41,4 %) hanno evidenziato valori di inibizione significativi. NB3 in particolare ha fatto registrare una inibizione della crescita radicale anche al tempo t1 (riferito al trattamento nel corrispondente campo convenzionale NT3), evidente per due specie su tre (*L. sativum* e *S. alba*). Ciò indurrebbe l'esigenza di un approfondimento sulle cause degli effetti registrati nel campione NB3, essendo un campo biologico di piccole dimensioni che risulta non aver subito trattamenti di alcun tipo, ma circondato da un grande castagneto che potrebbe invece averne subiti. Infine, per tutti i campioni di suolo di nocioleti non sono stati registrati effetti tossici letali con *Eisenia* spp. (tabella 6.5.2 dell'ALLEGATO al capitolo 6).

6.5.1 Indice integrato di valutazione del pericolo ecotossicologico

L'applicazione dell'indice sintetico per la stima del pericolo ecotossicologico ai campioni di suolo provenienti dai nocioleti del Lazio ha prodotto la classificazione riportata in sintesi nella tabella 6.5.6.

Tabella 6.5.6 - Stima del pericolo ecotossicologico (HQ) applicato ai campioni di suolo dei nocioleti

Sample code	Battery HQ	Battery HQ	Battery HQ threshold	Battery HQ max	Nr. Bioassays	Level of hazard
NB3_t0	1.13	0.1	11	54.4	8	ABSENT
NB3_t0_II	3.92	0.36	11	54.4	8	ABSENT
NB3_t1	1.57	0.14	11	54.4	8	ABSENT
NB3_t1_II	2.26	0.21	11	54.4	8	ABSENT
NB4_t0	1.86	0.17	11	54.4	8	ABSENT
NB4_t0_II	3.37	0.31	11	54.4	8	ABSENT
NB4_t1	0.3	0.03	11	54.4	8	ABSENT
NB4_t1_II	2.81	0.26	11	54.4	8	ABSENT
NB5_t0	0.01	0	11	54.4	8	ABSENT
NB5_t0_II	1.83	0.17	11	54.4	8	ABSENT
NB5_t1	1.38	0.13	11	54.4	8	ABSENT
NB5_t1_II	2	0.18	11	54.4	8	ABSENT
NB6_t0	12.45	1.3	11	54.4	8	SLIGHT
NB6_t0_II	2.34	0.21	11	54.4	8	ABSENT
NB6_t1	1.33	0.12	11	54.4	8	ABSENT
NB6_t1_II	0.72	0.07	11	54.4	8	ABSENT
NT3_t0	1.81	0.16	11	54.4	8	ABSENT
NT3_t0_II	2.3	0.21	11	54.4	8	ABSENT
NT3_t1	1.79	0.16	11	54.4	8	ABSENT
NT3_t1_II	3.04	0.28	11	54.4	8	ABSENT
NT4_t0	2.79	0.25	11	54.4	8	ABSENT
NT4_t0_II	5.95	0.54	11	54.4	8	ABSENT
NT4_t1	2.3	0.21	11	54.4	8	ABSENT
NT4_t1_II	3.05	0.28	11	54.4	8	ABSENT
NT5_t0	0.18	0.02	11	54.4	8	ABSENT
NT5_t0_II	3.1	0.28	11	54.4	8	ABSENT
NT5_t1	0.46	0.04	11	54.4	8	ABSENT
NT5_t1_II	2.75	0.25	11	54.4	8	ABSENT
NT6_t0	8.96	0.81	11	54.4	8	ABSENT
NT6_t0_II	2.47	0.22	11	54.4	8	ABSENT
NT6_t1	2.79	0.25	11	54.4	8	ABSENT
NT6_t1_II	0.94	0.09	11	54.4	8	ABSENT

In linea generale la valutazione integrata delle risultanze ecotossicologiche per l'indice HQ non ha individuato alcun campione caratterizzato dalla presenza complessiva di un pericolo ecotossicologico, ma solo occasionali effetti significativi riferiti a singoli saggi, che interessano soprattutto la riduzione dell'allungamento radicale in *Sinapis alba*.

6.5.2 Analisi statistica dei dati chimico-ecotossicologici

Considerando gli effetti biologici in termini di percentuale netta rispetto ai controlli, il confronto statistico tramite test-t per dati appaiati ha individuato una differenza significativa in entrambe le annualità di monitoraggio per il campo NT6 rispetto al suo biologico NB6, ma solo considerando insieme le due campagne della medesima annualità ($p = 0,0129$ per il 2018, $p = 0,0383$).

Anche il campo NT4_t0 è risultato relativamente tossico rispetto a quanto rilevato nella stessa campagna nel suo corrispondente campo biologico NB4_t0, ma solo per il 2019 ($p = 0,0093$).

Gli stessi dati sottoposti anche al test non parametrico di Mann-Whitney (U test), ponendo a confronto per ciascun saggio biologico l'effetto percentuale misurato tra tutti i campioni provenienti dai noccioli biologici rispetto a quelle convenzionali, ha individuato una differenza statisticamente significativa per il 2019 nei saggi eseguiti con il batterio *A. fischeri*, dovuti a effetti complessivamente più marcati nelle colture convenzionali rispetto a quelle biologiche.

Per quanto concerne le caratteristiche chimiche ed ecotossicologiche dei campioni di suolo nella figura 6.5.1 viene riportata la Principal Component Analysis (PCA).

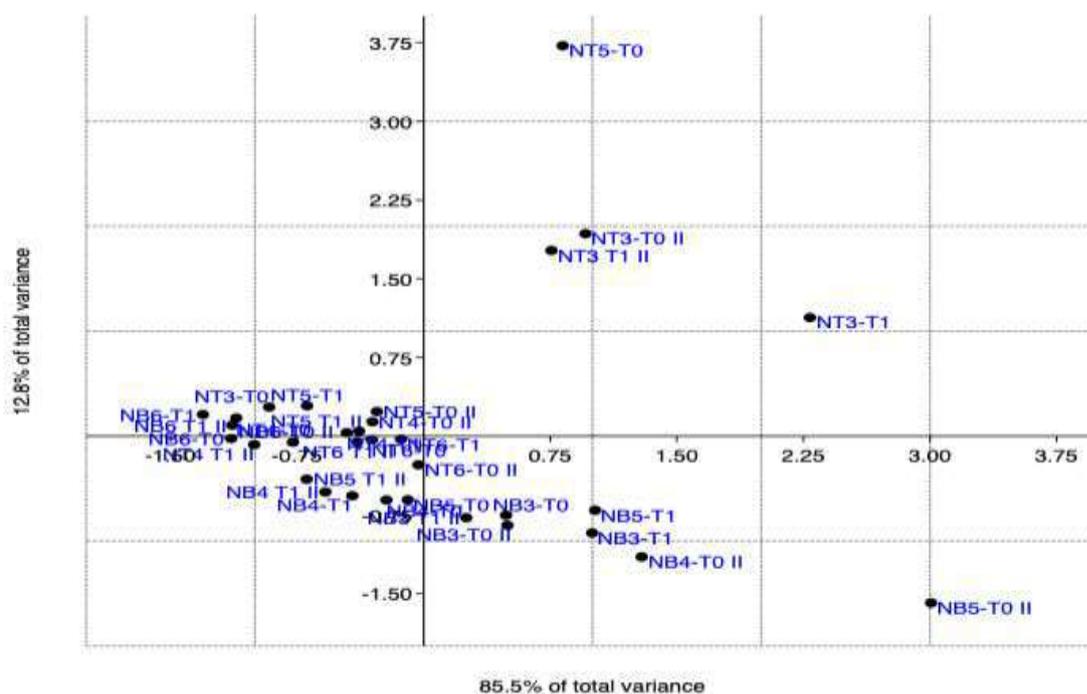


Figura 6.6.2.1 - PCA con i dati chimici ed ecotossicologici applicata a tutti i campioni di suolo provenienti dai noccioli laziali, biologici e tradizionali

L'Analisi delle componenti principali distingue alcune situazioni più marcate lungo l'asse principale PC2 rispetto ad una situazione relativamente omogenea, senza evidenti differenze tra campi biologici e convenzionali sia nel 2018 che nel 2019.

Le distinzioni nello spazio fattoriale sono attribuibili prevalentemente ad alcuni parametri chimici, con particolare riferimento a Zolfo (PC1) e a Cu (PC2). Il campione NT5-t0, infatti, si distingue lungo l'asse della PC2 per l'elevata concentrazione di Cu (365 mg/kg), così come il gruppetto dei campioni NT3 che, dopo NT5-t0, possiede le maggiori concentrazioni di questo metallo.

Il campione NB5-t0_II, invece, si distingue rispetto a entrambi gli assi per il più elevato contenuto di S.

6.6 Comunità floristiche e della vegetazione, presenza di specie in fioritura utili agli insetti impollinatori

Nei nocioleti oggetto di osservazione nei bienni 2015-2016 e 2018-2019 sono state rilevate 310 specie. Le terofite scapose, favorite dalle attività agricole oltre che dal clima submediterraneo, rappresentano il 41 % del contingente floristico. La classe di vegetazione maggiormente rappresentata è *Stellarietea* che include formazioni legate alle attività e pressioni antropiche e in particolare dei coltivi.

Le emicriptofite scapose, legate a lavorazioni del suolo nulle o poco profonde e sfavorite dall'uso di erbicidi, rappresentano il 14 % del contingente totale di specie.

Confrontando la flora totale dei margini dei nocioleti convenzionali e si nota una maggiore diversità specifica dei nocioleti biologici con 207 specie rispetto alle 126 identificate nei nocioleti a conduzione convenzionale nell'intero periodo di osservazione.

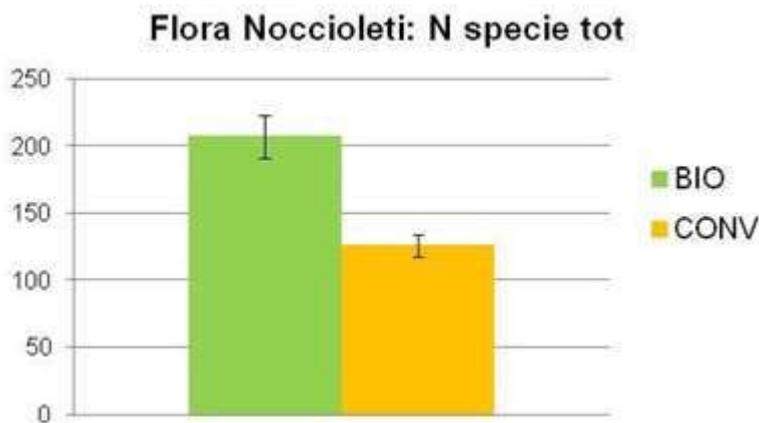


Figura 6.6.1 - Confronto tra la diversità specifica di nocioleti biologici e convenzionali nell'intero periodo di osservazione (2015-2016 e 2018-2019) (Wilcoxon test BIO vs CONV: $W = 78$, $p = 0,0004$)

La vegetazione è estremamente frammentata. Sono presenti diverse sinusie prevalentemente attribuibili ad associazioni degli *Stellarietea mediae* accompagnati da elementi delle preesistenze e delle formazioni limitrofe che possono concorrere all'interpretazione della qualità ecologica (Tabella 6.6.1.). Due nocioleti (NT1 e NB1 analizzati nel 2015-2016) sono in contatto con formazioni naturali (faggete), altri due con castagneti da frutto (NT3, NB3, monitorati nel 2018-2019), mentre i rimanenti sono a diretto contatto con altri nocioleti o coltivi di altra tipologia (oliveti, vigneti, prati da sfalcio).

Tabella 6.6.1 - Caratteristiche ecologiche e frequenza delle principali classi di vegetazione rappresentate nei noccioleti analizzati

Classe di vegetazione	% sulla flora totale	Caratteristiche ecologiche
<i>Stellarietea mediae</i> Tüxen, Lohmeyer & Preising Ex Von Rochow 1951	42,86	Vegetazione di erbe infestanti terofitiche effimere, nitrofile e semi-nitrofile, ruderali
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i> Tx. 1937	13,81	Praterie mesofile, meso-igrofile o igrofile, distribuite maggiormente nel macroclima temperato.
<i>Artemisietea vulgaris</i> Lohmeyer et al. in Tx. Ex von Rochow 1951	12,38	Vegetazione erbacea, perenne, pioniera, sinantropica e ruderale, e nitrofila, su suoli ricchi di sostanza organica, nei territori eurosiberiani e mediterranei.
<i>Quercetea ilicis</i> Br.-Bl. ex A. Bolós et O. de Bolós in A. Bolós y Vayreda 1950 <i>Carpino-Fagetea sylvaticae</i> Jakucs ex Passarge 1968	9,05	Vegetazione forestale temperata e mediterranea
<i>Epilobietea angustifolii</i> Tx. et Preising ex von Rochow 1951	5,24	Vegetazione nitrofila, principalmente perenne o terofitica, da antropogena a naturale, da mesofili a più o meno igrofila per umidità edafica e/o per ombreggiamento.
<i>Tuberarietea guttatae</i>	4,76	Vegetazione annuale effimera, xerofitica e termofila, non nitrofila, a ciclo invernale-primaverile, prevalente nel macrobioclima mediterraneo e con penetrazione anche in quello temperato
<i>Lygeo sparti-Stipetea tenacissimae</i>	3,81	Praterie perenni, termo-xerofile, mediterranee, a carattere steppico e dominate da graminacee cespitose
<i>Rhamno catharticae-Prunetea</i>	3,33	Mantelli e arbusteti, dinamicamente legati ai boschi caducifogli della classe <i>Quercus-Fagetea</i>
<i>Festuco valesiaca-Brometea</i>	2,86	Pascoli primari e secondari a dominanza di emicriptofite da xerofile a mesofile, che si sviluppano nelle zone collinari e montane dell'Europa e della parte occidentale della Siberia. Soprattutto su substrati calcarei e basici o subacidi.

Si ha una costante maggiore diversità floristica nei noccioleti a conduzione biologica (Figure 6.6.2 e 6.6.3) e una buona significatività statistica nei confronti tra i campi biologici e convenzionali per il biennio 2018-2019 (Figura 6.6.3).

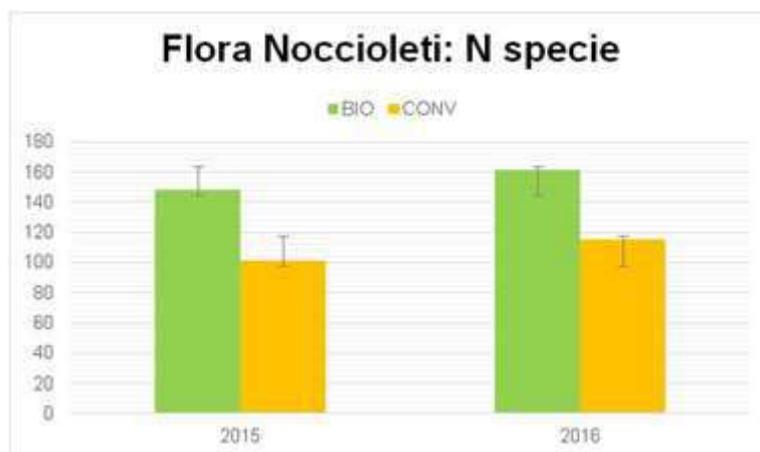


Figura 6.6.2 - Confronto del numero di specie tra nocioleti biologici e convenzionali 2015-2016 (Wilcoxon test BIO vs CONV: $W=36$; $p=0,125$)

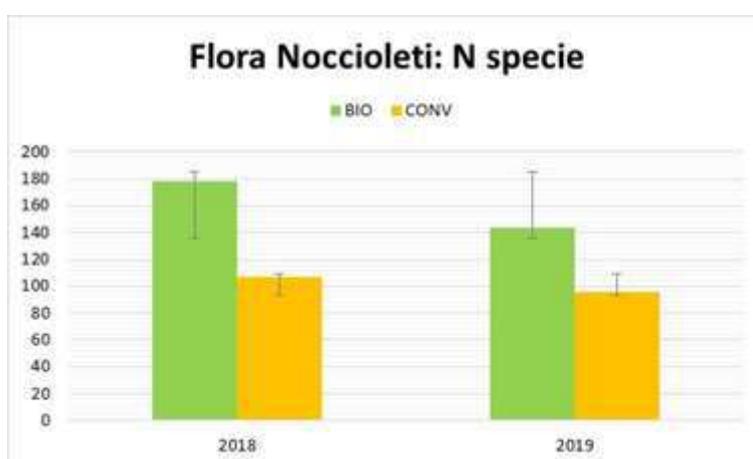


Figura 6.6.3 - Confronti del numero di specie tra nocioleti biologici e convenzionali (2018-2019) (Wilcoxon test BIO vs CONV: $W 36$; $p = 0,0078$)

Come elementi di pregio sono state individuate specie appartenenti alle classi di comunità naturali o inserite nelle serie di vegetazione del contesto collinare considerato: principalmente megaforbieti planiziali (*Filipendulo ulmariae-Convolvolutea sepium*), ambienti forestali (*Quercetea ilicis*, *Carpino-Fagetea*, *Salici-Populetea*) e pascoli (*Helianthemetea guttati*, *Lygeo-Stipetea*, *Festuco-Brometea*) attraverso le quali è stato quindi calcolato l'Indice di presenza di Elementi di pregio (%).

Gli elementi di pregio dipendono oltre che dalle pratiche colturali anche dai margini degli appezzamenti considerati e sono maggiormente rappresentati nei nocioleti biologici rispetto ai convenzionali (Figure 6.6.4 e 6.6.5.).

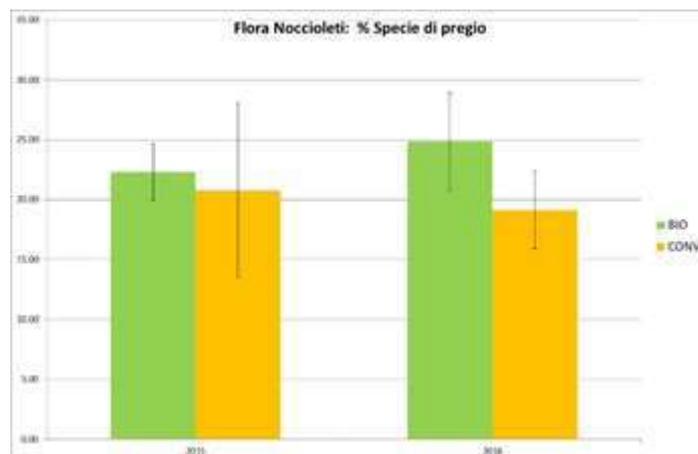


Figura 6.6.4 - Confronto tra la % di elementi di pregio floristico rispetto alla flora totale nei nocciolieti biologici e convenzionali biennio 2015-2016 (Wilcoxon test BIO vs CONV: $W =$, $p = 0,125$)

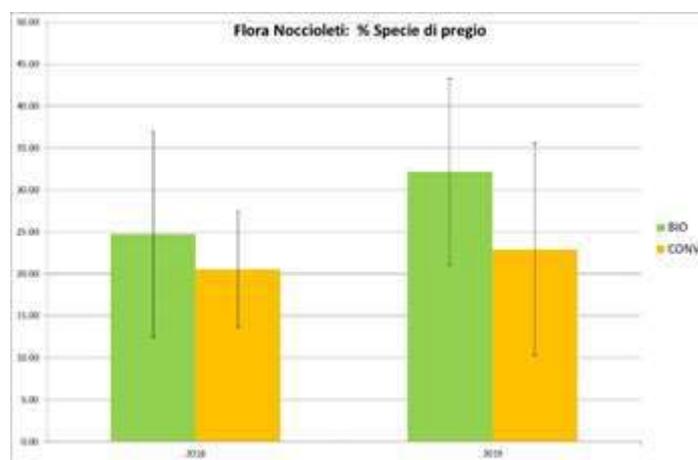


Figura 6.6.5 - Confronto tra la % di elementi di pregio floristico rispetto alla flora totale nei nocciolieti biologici e convenzionali biennio 2018-2019 (Wilcoxon test BIO vs CONV: $W = 36$, $p = 0,0078$)

La presenza di vegetazione infestante (riferibile alla classe *Stellarietea mediae*) ha andamenti inversamente corrispondenti a quelli del pregio floristico e della flora, sia nel confronto totale (Figura 6.6.6) che in quello per biennio (Figure 6.6.7 e 6.6.8). Tuttavia può avere valori elevati anche nei nocciolieti biologici circondati da altre colture o infrastrutture antropiche (strade, ferrovie), in quanto la banca del seme delle specie pregiate può essere assente spiegando la bassa significatività di alcuni confronti a coppie. Ad esempio, nel confronto nella coppia NT2-NB2 il campo convenzionale ha percentuali maggiori di specie di pregio rispetto al biologico. Questo per la presenza di siepi significative che ne elevano notevolmente il valore ecologico. Il campo NB2 è invece isolato tra ferrovia e campi trattati con prodotti fitosanitari e non vi è evidentemente sufficiente disponibilità di banche di semi di specie di pregio nei dintorni.

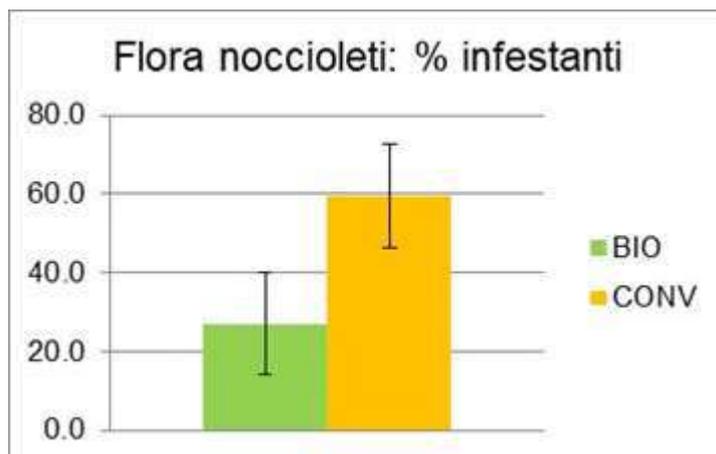


Figura 6.6.6 - Confronto tra la % di infestanti rispetto alla flora totale nei noccioleti biologici e convenzionali (Wilcoxon test BIO vs CONV: $p\text{-value} = 0,16$)

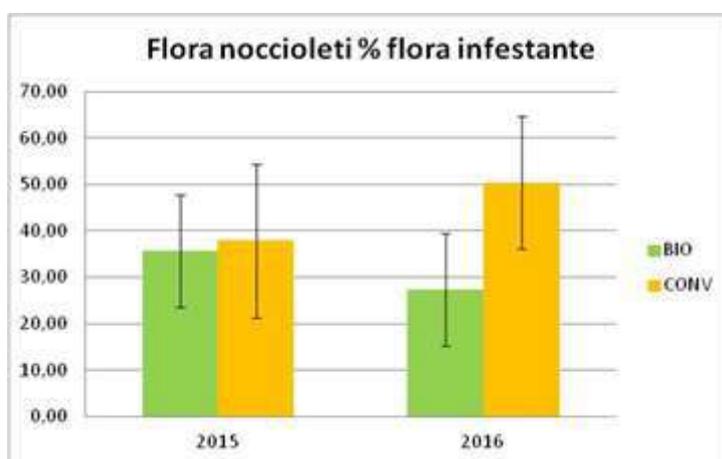


Figura 6.6.7 - Confronto della percentuale di specie infestanti nelle parcelle sperimentali convenzionali e biologiche nel biennio 2015-2016 (Wilcoxon test BIO vs CONV: $W = 7$; $p\text{-value} = 0,625$)

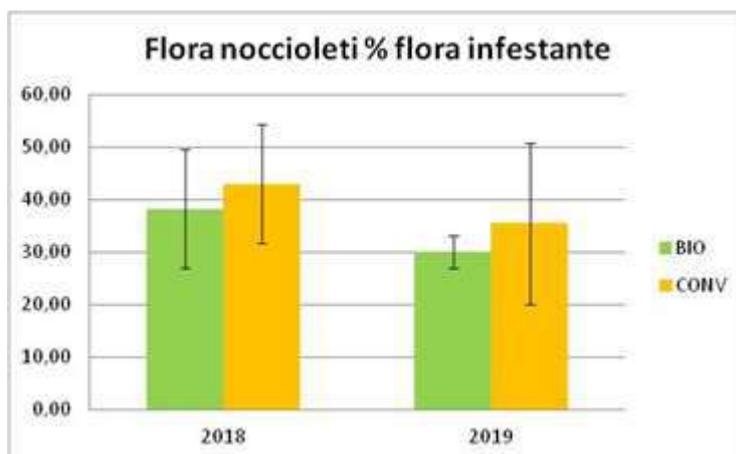


Figura 6.6.8 - Confronto della percentuale di specie infestanti nelle parcelle sperimentali convenzionali e biologiche nel biennio 2018-2019 (Wilcoxon test BIO vs CONV: $W = 35$, $p\text{-value} = 0,016$)

La significatività maggiore si ha per il numero di specie e per le specie di pregio, mentre le infestanti sono influenzate dai dintorni della parcella. Nei casi in cui le parcelle biologiche sono circondate da noccioleti o altre tipologie di coltivi con scarsità o assenza di elementi naturali o prossimo-naturali, l'incremento della flora è prevalentemente attribuibile a un aumento delle infestanti piuttosto che all'ingresso di specie di pregio.

Come indicatori, con le opportune scelte delle parcelle che devono essere quanto più possibili uniformi in particolare relativamente ai margini, sembrano quindi più efficaci, nel confronto tra biologico e non biologico, la percentuale di specie di pregio e la ricchezza floristica totale.

Censimento delle specie in fioritura utili agli insetti impollinatori

Nei nocciuoli del Lazio oggetto di monitoraggio nei due bienni sono state identificate in totale, considerando tutti i campi di sperimentazione, 207 specie di interesse apistico. Le famiglie maggiormente rappresentate sono *Asteraceae* (53 specie), *Fabaceae* (36 specie), *Rosaceae* (18 specie). Le specie più frequenti sono risultate *Bellis perennis*, *Oxalis dillenii*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium* sp.pl., *Malva sylvestris*, *Senecio vulgaris*, *Sonchus* sp.pl. L'optimum fenologico si è riscontrato nel periodo aprile-maggio con un picco secondario a settembre.

Il confronto sul totale delle osservazioni mostra una maggiore ricchezza di specie floristiche utili agli insetti impollinatori nei nocciuoli biologici rispetto ai convenzionali. Nei primi sono state censite 130 specie (pari al 62,8% delle specie totali rilevate nei nocciuoli biologici) mentre nei campi convenzionali ne sono state censite 72 (il 57,1% delle specie totali rilevate nei nocciuoli convenzionali).

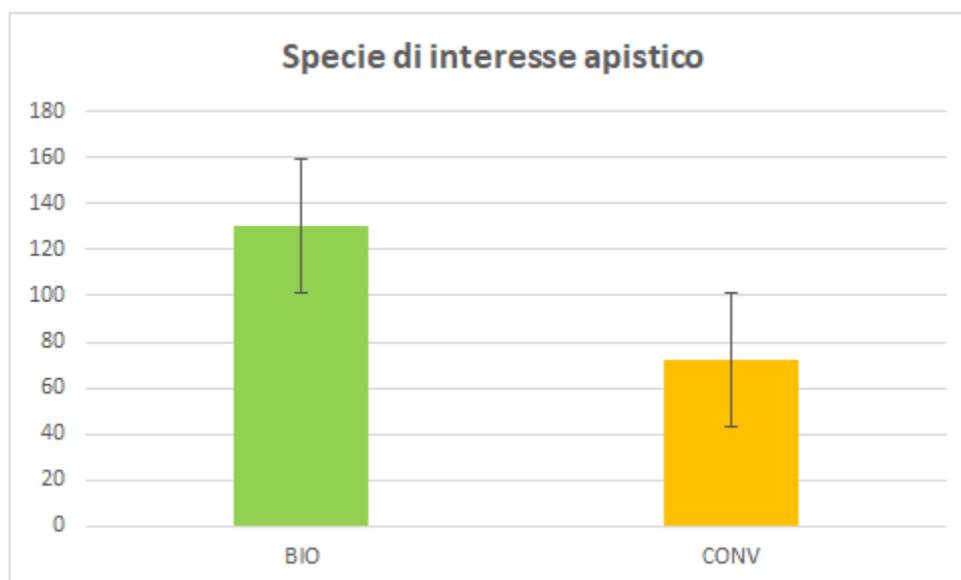


Figura 6.6.9 - Confronto tra numero di specie di interesse apistico nei coltivi biologici e convenzionali (Wilcoxon Test $W = 23$; $p = 0,07$)

Anche il confronto per bienni mostra un'analogia tendenza pur con una maggiore significatività nei confronti a coppie per il periodo 2018-2019 (Figure 6.6.10 e 6.6.11).

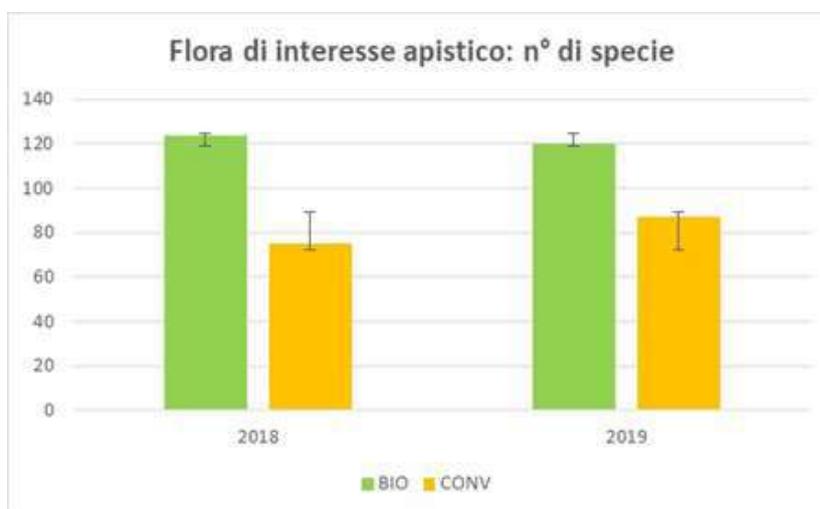


Figura 6.6.10 - Confronto tra il numero di specie di interesse apistico nei coltivi biologici e convenzionali nel biennio 2018-2019 (Wilcoxon test BIO vs CONV: $W = 35$, $p = 0,0007$)

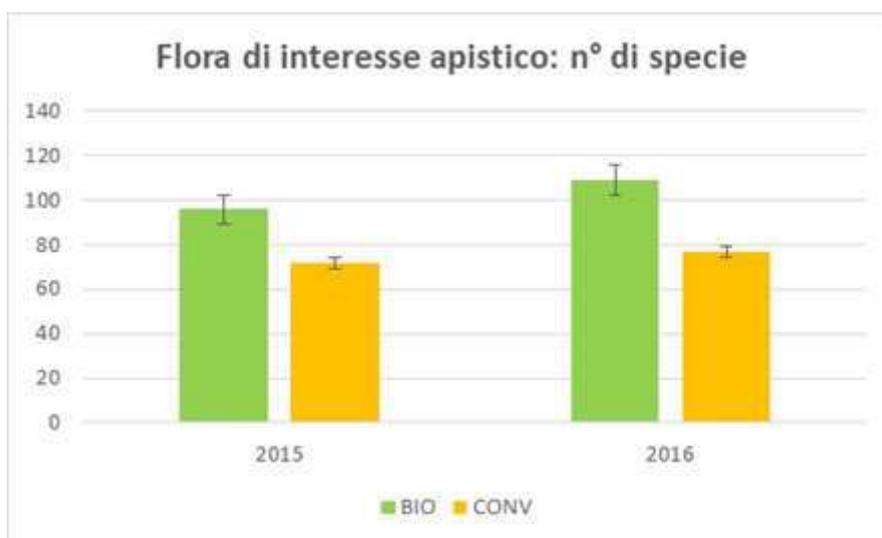


Figura 6.6.11 - Confronto tra il numero di specie di interesse apistico nei coltivi biologici e convenzionali nel biennio 2015-2016 (Wilcoxon test BIO vs CONV: $p = 0,12$)

Dall'analisi di dettaglio la presenza di siepi, superfici inerbite e castagneti è in grado di influenzare positivamente anche i campi a gestione convenzionale. Inoltre hanno effetti positivi sulla disponibilità di risorse trofiche per le api nella stagione di fioritura la locale presenza di alberature da frutto e siepi di Rosaceae quali *Rubus ulmifolius* e *Prunus spinosa* o Fabaceae come *Spartium junceum* e *Cytisus scoparius*.

Attività come l'uso di diserbanti e la pacciamatura, riducendo notevolmente la copertura vegetale per tempi più o meno prolungati, hanno effetto anche sulla disponibilità di risorse trofiche per gli impollinatori, in particolare se effettuati nei periodi di massima fioritura (aprile-giugno). Tuttavia, nel caso della pacciamatura utilizzata nei nocioleti biologici, non sembrano rilevarsi significativi effetti sulla ricchezza in specie e sulla banca del seme.

6.7 Pedofauna e Indice QBS

I nocioleti sono stati oggetto di monitoraggio in due bienni, 2015-2016 e 2018-2019. I campi esaminati nel primo biennio, prima che fosse consolidato e considerato l'insieme delle covariate utili alla selezione delle aree studio, sono risultati estremamente complessi da analizzare, poiché sono state registrate influenze derivanti dall'ambiente circostante che hanno reso di difficile lettura i risultati ottenuti. Nel secondo biennio invece, le aree studio sono state selezionate con estremo rigore rispetto al contesto ambientale circostante, in modo che i campi di ciascuna coppia biologico/convenzionale fossero altamente paragonabili per tutte le variabili ambientali considerate (cfr. par. 3.1). Questo ha portato ad avere dei risultati chiaramente interpretabili alla luce delle due diverse tipologie di gestione agronomica. Tutto ciò considerato, si è deciso di trattare separatamente i risultati delle analisi relative alla pedofauna per i due bienni di indagine.

6.7.1 Risultati 2015 – 2016

Nel biennio 2015-2016, sono stati indagati 2 nocioleti biologici e 2 corrispettivi convenzionali, diversi da quelli analizzati nel biennio 2018-19. Nel 2015, i campionamenti svolti sono stati 3, mentre nel 2016 ne sono stati effettuati 6 per una coppia di campi e 5 per l'altra. Sono state, dunque, raccolte e analizzate complessivamente 102 repliche relative a 34 campioni.

I nocioleti biologici e quelli convenzionali sono stati confrontati mediante il calcolo dell'indice QBS-ar, del numero di Forme Biologiche (FB) e del numero di individui (N).

In merito all'indice QBS-ar (Figura 6.7.1 a), i valori medi calcolati sulle due annualità sono risultati maggiori nei nocioleti biologici (158,65 contro un valore medio di 150,76 nei convenzionali), pur senza una differenza statisticamente significativa secondo il test di Wilcoxon ($p\text{-value} = 0,1971$).

Anche l'analisi svolta sul numero medio di Forme Biologiche (FB) dei campioni provenienti dai nocioleti biologici e convenzionali (Fig. 6.7.1b) mostra risultati in linea con quanto già evidenziato per l'indice QBS-ar. I campi a conduzione biologica hanno, infatti, valori medi di FB maggiori (22,35 contro

20,88 dei noccioleti convenzionali), pur non essendo queste differenze significative da un punto di vista statistico secondo il test di Wilcoxon (p-value = 0,1314).

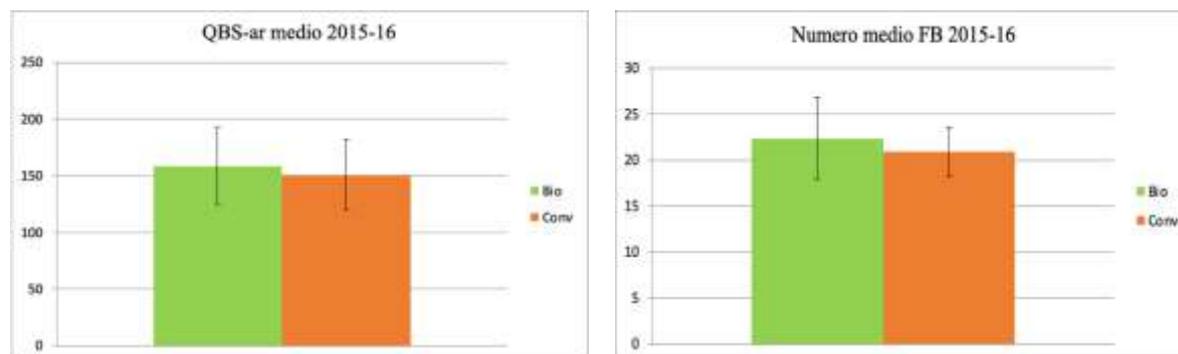


Figura 6.7.1 - Confronto tra valori medi dell'indice QBS-ar (a) e confronto tra valori del numero medio di Forme Biologiche (b) dei noccioleti biologici e convenzionali per il biennio di riferimento

Come già precedentemente sottolineato, l'analisi dei risultati del primo biennio è stata piuttosto complessa in quanto non è stato possibile discernere il solo effetto dei trattamenti con prodotti fitosanitari dall'effetto delle altre variabili ambientali. In alcune aree studio, ad esempio, erano evidenti gli influssi da parte della faggeta depressa del Lago di Vico prossima ad esse, che hanno condizionato i risultati del QBS-ar e degli altri parametri indagati.

Tuttavia, l'esperienza e i risultati ottenuti e analizzati in questa prima fase dello studio sono stati fondamentali per definire l'insieme delle covariate utili alla selezione delle aree studio per il biennio 2018-2019, al fine di ridurre quanto più possibile le diverse influenze che altre variabili ambientale possono avere in generale sulla biodiversità presente nei campi di sperimentazione.

6.7.2 Risultati 2018 – 2019

Nel biennio 2018-2019, in ciascuna delle 8 aree di studio, 4 gestite a biologico e 4 convenzionali, sono stati effettuati 3 campionamenti all'anno e sono state raccolte ed analizzate un totale di 144 repliche relative a 48 campioni. Come già descritto nel par. 3.4, i 3 campionamenti previsti per ciascuna stagione colturale sono il t0, precedente alle lavorazioni dei campi e generalmente in primavera, il t1 svolto entro 10 giorni dal trattamento del campo con prodotti fitosanitari, e ricadente generalmente a giugno-luglio, e il t2 a conclusione della stagione colturale, circa a settembre-ottobre. L'intervallo di 7-10 giorni dal trattamento per il prelievo del campione al t1 è stato scelto anche in base alla considerazione che i principi attivi dei prodotti fitosanitari utilizzati nei noccioleti hanno un'emivita, ovvero un tempo di dimezzamento, che variabile da alcune decine a diverse centinaia di giorni (cfr. par. 3.2), per trasformarsi poi nei relativi metaboliti che a loro volta possono persistere per ulteriore tempo nella matrice ambientale in oggetto. In questo modo vi è la maggiore probabilità certezza di prelevare i campioni nel momento in cui i prodotti fitosanitari hanno il loro massimo effetto.

I dati sono stati utilizzati per confrontare i noccioleti biologici con quelli convenzionali attraverso il calcolo dei seguenti parametri: indice QBS-ar, numero di Forme Biologiche (FB) e numero di individui (N). Un ulteriore approfondimento è stato fatto sul numero di FB euedafiche, cioè quelle forme che ricevono il punteggio massimo dell'indice eco-morfologico (EMI) (Parisi, 2001; Parisi et al., 2005), in virtù delle caratteristiche di adattamento alla vita profonda e stanziale negli strati meno superficiali del suolo, e delle relative abbondanze di individui.

In merito all'indice QBS-ar, la media dei valori dei campioni prelevati nei campi a gestione biologica è stata confrontata con quella dei campi convenzionali. Il valore di QBS-ar calcolato sulle due annualità è risultato maggiore nei noccioleti biologici (195,54 contro 140,88 dei convenzionali), (Figura 6.7.2a). Tale differenza è risultata statisticamente molto significativa secondo il test di Wilcoxon (p-value = $4,269 \cdot 10^{-5}$). La migliore risposta dell'indice nei noccioleti biologici è evidenziata anche nell'analisi dell'indice su base stagionale, come raffigurato nella Figura 6.7.2b, in cui il confronto tra i noccioleti a diversa gestione è effettuato ai diversi tempi di campionamento (t0 p = 0,0705; t1 p = 0,0039; t2 p = 0,0039).

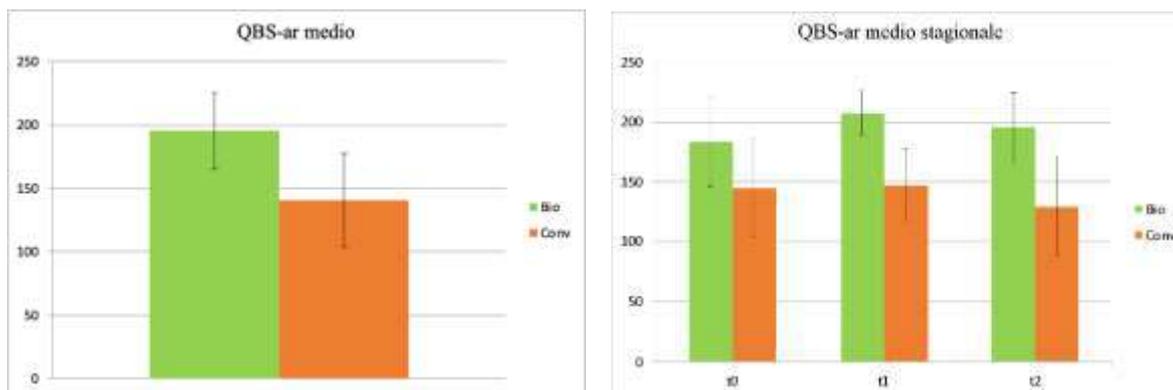


Figura 6.7.2 - Confronto tra valori medi dell'indice QBS-ar dei nocioleti biologici e convenzionali per le stagioni di campionamento 2018 e 2019. Nella figura a) è riportato il dato su base biennale, mentre nella figura b) il dato è aggregato su base stagionale

Riguardo all'analisi condotta sul numero medio di Forme biologiche dei campioni provenienti dai nocioleti biologici e convenzionali, che restituisce un'informazione in merito alla diversità biologica dei microartropodi del suolo, i risultati sono in linea con quanto già esposto per l'indice QBS-ar. Anche in questo caso, infatti, i campi a conduzione biologica hanno valori medi di FB maggiori, sia analizzando i dati complessivi per le due annualità (23,29 contro 17,67 nel convenzionale) (Fig. 6.7.3a), che analizzandoli su base stagionale (Figura 6.7.3b); e le differenze con i nocioleti convenzionali sono statisticamente significative in tutti i casi (per i dati su base annuale p-value = 0,0003004; per le differenze su base stagionale: t0 p = 0,03692; t1 p = 0,006897; t2 p = 0,01028).

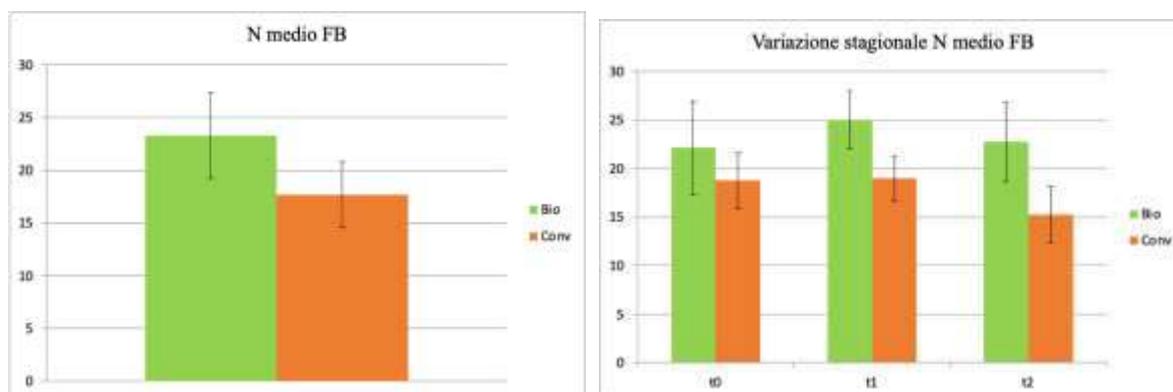


Figura 6.7.3 - Confronto tra valori del numero medio di FB dei nocioleti biologici e convenzionali per le stagioni di campionamento 2018 e 2019. Nella figura a) è riportato il dato su base biennale, mentre nella figura b) il dato è aggregato su base stagionale

Differenze statisticamente significative sono state evidenziate anche dal confronto delle abbondanze. Il numero medio di individui calcolato su base biennale dei campioni dei nocioleti biologici è, infatti, risultato pari a 2042,04, contro i 629,54 individui medi dei nocioleti convenzionali (p-value = $6,557 \cdot 10^{-6}$). Su base stagionale il numero medio di individui è risultato sempre nettamente maggiore nei campi a conduzione biologica: al t0 sono stati contati mediamente 2310,13 individui nel biologico e 670,91 nel convenzionale (p-value = 0,01953); al t1 BIO: 2241,88 e CONV: 787,75 (p-value = 0,007813); al t2 BIO: 1574,13 e CONV: 347,88, con p-value = 0,007813.

Significative, infine, anche le differenze tra i due tipi di gestione approfondendo l'analisi sui gruppi euedafici (EMI = 20). Nei nocioleti biologici sono state riscontrate mediamente 7,88 FB euedafiche mentre nei nocioleti convenzionali la media è di 5,83 (p-value = 0,0001079). In merito al numero di individui euedafici dei microartropodi del suolo, nella Figura 6.7.4a è possibile vedere come questi siano nettamente più abbondanti nel biologico (N medio = 1366,92) rispetto al convenzionale (N medio = 303,88) con una elevatissima significatività data da un p-value = $8,345 \cdot 10^{-7}$. La Figura 6.7.4b mostra l'andamento stagionale di tale indicatore, che restituisce anch'esso differenze significative mettendo in luce una situazione nettamente migliore nei nocioleti biologici (t0 p = 0,01172; t1 p = 0,003906; t2 p = 0,003906).

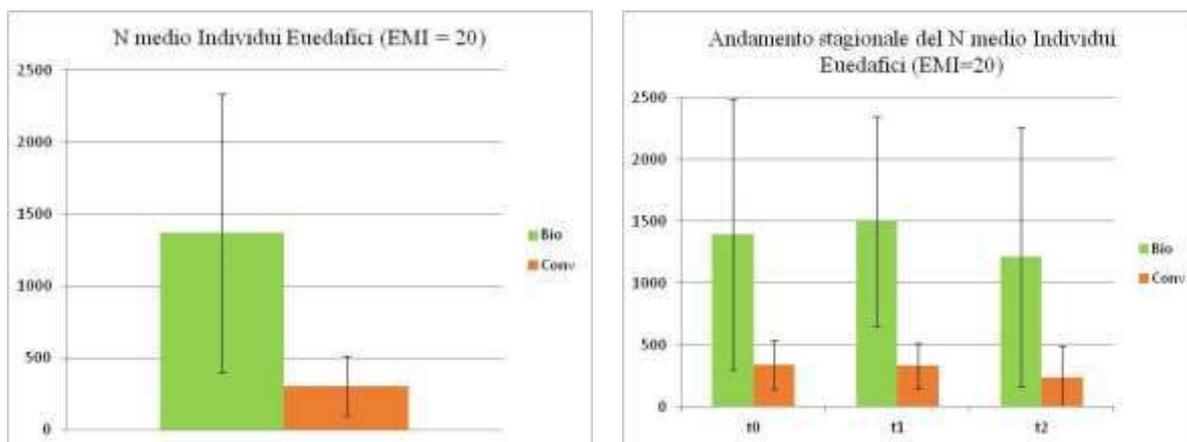


Figura 6.7.4 - Confronto tra valori medi del numero di individui appartenenti alle FB euedafiche (EMI=20) dei nocioleti biologici e convenzionali per le stagioni di campionamento 2018 e 2019. Nella figura a) è riportato il dato su base biennale, mentre nella figura b) il dato è aggregato su base stagionale

Riguardo all'analisi dei dati su base stagionale, come già detto, il campionamento al t1 è sempre stato programmato in modo da avvenire entro massimo 10 giorni dai primi trattamenti con prodotti fitosanitari ed ha quindi lo scopo di evidenziare eventuali risposte degli indicatori nel breve termine alle sostanze utilizzate. Confrontando i valori al t0 con quelli del t1 di tutti e 3 gli indici/parametri utilizzati per la pedofauna nonché quelli del numero medio di individui dei gruppi euedafici, si può affermare che non vi è un'evidente risposta in tal senso.

Ciò fa supporre che le peggiori condizioni riscontrate nei nocioleti convenzionali siano attribuibili ad effetti a lungo termine che i prodotti fitosanitari hanno sulle comunità e sui popolamenti della pedofauna piuttosto che ad effetti nel breve/medio termine.

Come evidenziato anche da Coleman et al. (2018) e Dhananjayan et al. (2020), i prodotti fitosanitari, in particolare fungicidi ed erbicidi, operano sul microbioma edafico determinandone alterazioni tali da minare nel lungo termine la rete trofica del suolo. Infatti, la fauna che risiede nel suolo, non avendo capacità migratoria, è soggetta a tutto ciò che avviene sul campo, tanto di fisico (calpestio, sbalzi di temperatura, umidità) quanto di chimico (concentrazione di nutrienti, di sostanza organica, di sostanze nocive, quali i prodotti fitosanitari), e registrano a livello di comunità tali effetti avversi (Brussaard et al., 1997; Cortet et al., 1999; Lavelle e Spain, 2001; Dhananjayan et al., 2020).

Alla luce dei risultati delle analisi chimiche ed ecotossicologiche, fatta salva la maggior tossicità in NT6 rispetto al corrispondente campo biologico, dai quali in generale non sono emerse differenze, non è stato possibile trarre conclusioni particolarmente significative fra nocioleti biologici e convenzionali o fra prima e dopo i trattamenti (vedi § 6.4 e 6.5). Si possono fare diverse supposizioni per spiegare invece le differenze significative riscontrate per gli indicatori legati alla pedofauna tra i due diversi tipi di gestione. Innanzitutto il prelievo del campione, che non viene mescolato ad altre parti di suolo, ma analizzato integralmente e senza diluizioni o sottocampionature. Inoltre, la differente gestione agronomica è l'unica variabile che dalle analisi statistiche risulti in grado di spiegare i risultati presentati poiché, come illustrato nel § 3.1, le aree di studio sono state selezionate in modo da minimizzare, se non escludere, le influenze di altre variabili ambientali (covariate). Pertanto, dai riscontri ottenuti emerge un'ipotesi di lavoro suggerita anche dalla letteratura (Neher e Barbercheck, 2019; Floccia e Jacomini, 2012; Menta et al., 2018) sugli animali del suolo, ovvero che questi ultimi siano sensibili a concentrazioni di prodotti fitosanitari (presenti nelle tre fasi del suolo: solido liquido e gassoso) inferiori a quelle riscontrabili attraverso le analisi chimiche. Tale ipotesi sarebbe meritevole di approfondimenti e sperimentazioni ad hoc, dato che in Italia abbiamo una biodiversità del suolo assai superiore a quella degli altri paesi europei e mediterranei (ISPRA, 2012). In secondo luogo, è da sottolineare che gli studi di laboratorio che testano la tossicità di ogni principio attivo sono effettuati sulla singola molecola e su questi vengono stabiliti i limiti di legge i quali non considerano, quindi, il cosiddetto "effetto sinergico", ovvero una tossicità complessiva causata dall'esposizione contemporanea a più sostanze, che è maggiore della tossicità di ciascuna sostanza considerata singolarmente (Stephenson e Solomon, 2007; Dhananjayan et al., 2020; Meena et al., 2020). È probabile quindi che le strutture di comunità e le abbondanze di individui della pedofauna risentano di tale effetto sinergico e per tale motivo i relativi indicatori evidenzino valori significativamente inferiori nei campi convenzionali.

Per quanto riguarda i risultati ecotossicologici, questi considerando il tasso di mortalità di /non germinabilità e di allungamento radicale in un intervallo di tempo determinato e danno informazioni sulla tossicità acuta e, dunque, sugli effetti al breve termine. Come già detto sopra in merito al fatto che nei campi a gestione convenzionale non si è rilevata una differenza tra i parametri indagati tra il t0 ed il t1, è probabile che i prodotti fitosanitari abbiano sui microartropodi del suolo effetti sul lungo termine determinandone una minore diversità a livello di comunità ed una minore abbondanza di individui.

I risultati discussi mettono in evidenza, come già più volte segnalato in letteratura (Pokarzhevskii, 1996; ISPRA 2010; Jacomini, 2010; Dhananjayan et al., 2020; Meena et al., 2020), la necessità di affiancare al monitoraggio chimico ed ecotossicologico dei pesticidi in ambito agricolo il biomonitoraggio delle comunità del suolo in quanto in grado di dare informazioni anche sugli effetti a lungo termine dei prodotti fitosanitari. D'altro canto, il biomonitoraggio effettuato attraverso i microartropodi del suolo ha registrato con ottima significatività gli effetti dei prodotti fitosanitari sull'ambiente edafico (Cortet et al., 1999; Menta et al., 2018; Galli, 2020). Ciò incoraggia a proseguire gli studi e le ricerche anche su altre tipologie di colture per confermare l'affidabilità e la robustezza di questo genere di indagine come sistema integrato di monitoraggio degli agroecosistemi.

6.8 Artropodi del suolo

6.8.1 Biennio 2015-2016

L'abbondanza media degli artropodi nel 2016 e nell'intero biennio è risultata minore nei noccioletti biologici rispetto a quelli convenzionali (Figure 6.8.1 e 6.8.2). Viceversa, i valori degli indici di diversità dei noccioletti biologici sono sempre maggiori di quelli relativi ai noccioletti convenzionali (Tabella 6.8.1). Tuttavia, tutte queste differenze non sono statisticamente significative. Per tutti i campioni il valore di equiripartizione (evenness) è risultato simile e mediamente basso, indicando un popolamento costituito prevalentemente dai rappresentanti di alcuni taxa (Coleotteri, in particolare Carabidi, e Ragni) (Figura 6.8.3).

L'elaborazione SIMPER (SIMilarity PERcentages) ha evidenziato come la componente Coleotteri ("Carabidi" e "altri Coleotteri") arrivi a spiegare circa il 70% della diversità nella strutturazione dei campioni dei diversi campi analizzati. Il taxon Carabidi, in particolare, contribuisce fino ad oltre il 50%, confermando l'importanza di questo gruppo nell'analisi delle comunità edafiche.

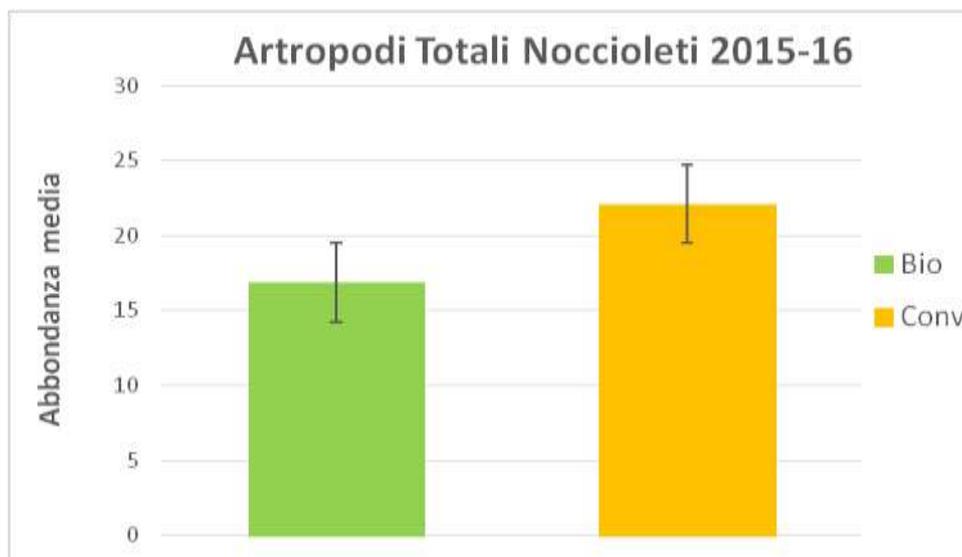


Figura 6.8.1 - Numero medio di artropodi per trappola rilevati nei noccioletti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante tutti i campionamenti effettuati nel biennio 2015-2016 (Test di Wilcoxon $P=0,50$)

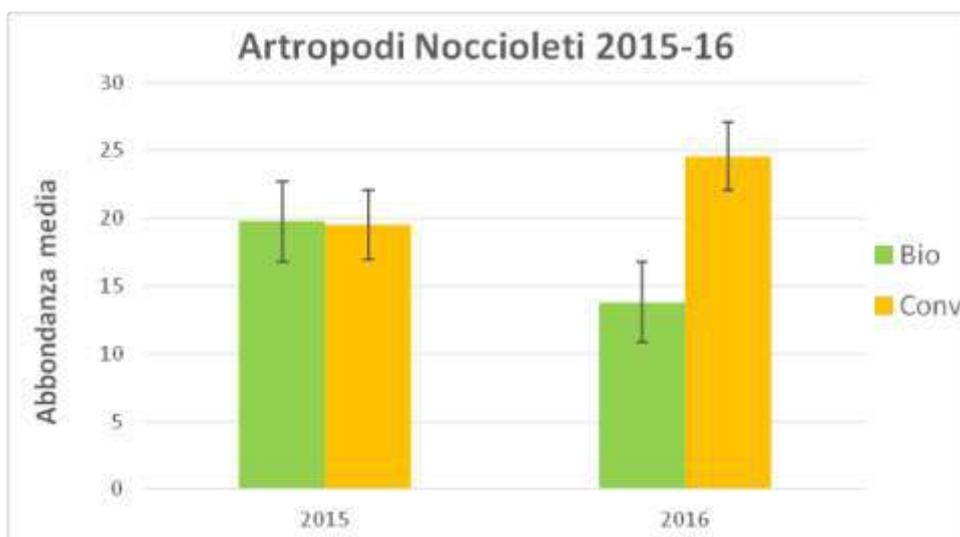


Figura 6.8.2 - Numero medio di artropodi per trappola rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati rispettivamente negli anni 2015 (Test di Wilcoxon $P=0,90$) e 2016 (Test di Wilcoxon $P=0,59$)

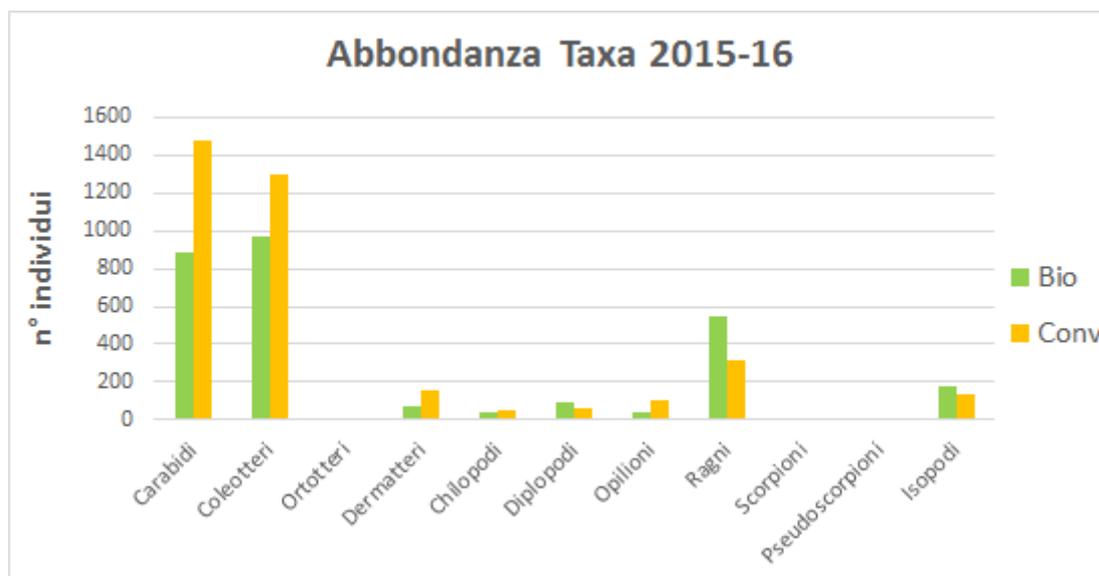


Figura 6.8.3 - Numero di individui rilevati, per ciascun taxon di artropodi considerato, nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati nel biennio 2015-2016

6.8.2 Biennio 2018-2019

Per quanto riguarda gli Artropodi del suolo, i valori di abbondanza sono risultati maggiori per i noccioletti biologici rispetto a quelli convenzionali considerando sia l'intero biennio che i singoli anni 2018 e 2019 (Figure 6.8.4 e 6.8.5). La diversità, misurata dall'indice di Margalef, è maggiore nei noccioletti biologici per il biennio e il 2019, e nei noccioletti convenzionali per il 2018 (Tabella 6.8.1). Tuttavia, nessuna delle differenze rilevate è statisticamente significativa. L'analisi dei dati ha confermato che Coleotteri (Carabidi compresi) e Ragni rappresentano i taxa potenzialmente più informativi per studi mirati ad evidenziare l'effetto dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità (Figura 6.8.6). Questi due taxa, infatti, da soli spiegano quasi il 90% delle differenze tra i campioni presi in esame. L'Indicator Species Analysis (Dufrene e Legendre, 1997), un'analisi che permette di identificare se un taxon risulta essere esclusivo o significativamente legato ad un gruppo, non ha evidenziato taxa di Artropodi del suolo correlati in modo significativo ad una particolare tipologia di gestione agronomica dei campi.

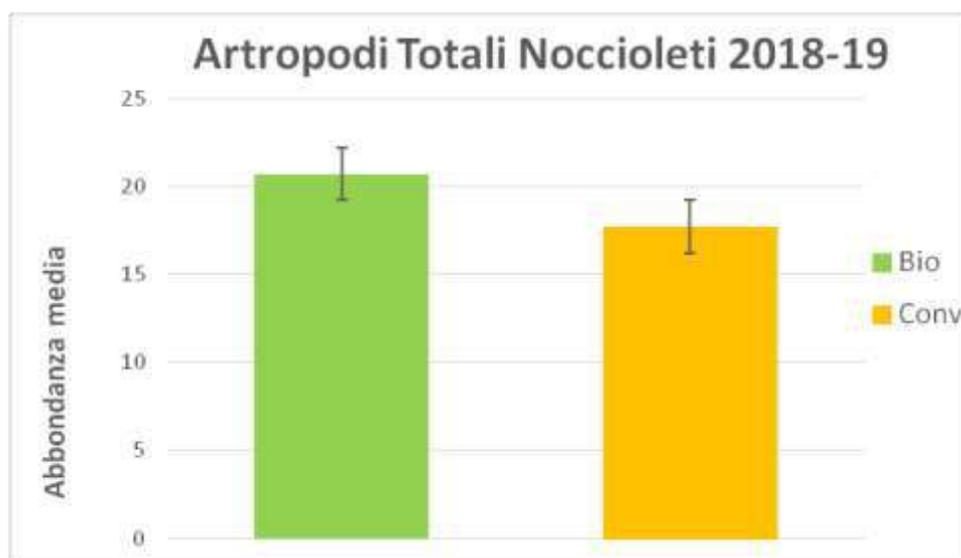


Figura 6.8.4 - Numero medio di artropodi per trappola rilevati nei noccioletti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante tutti i campionamenti effettuati nel biennio 2018-2019 (Test di Wilcoxon $P=0,10$)

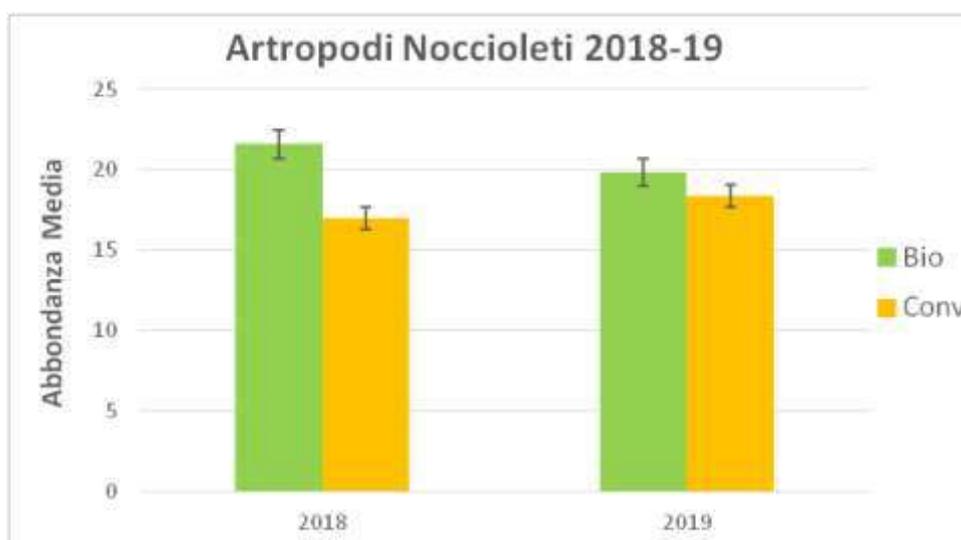


Figura 6.8.5 - Numero medio di artropodi per trappola rilevati nei noccioletti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati rispettivamente negli anni 2018 (Test di Wilcoxon $P=0,12$) e 2019 (Test di Wilcoxon $P=0,48$)

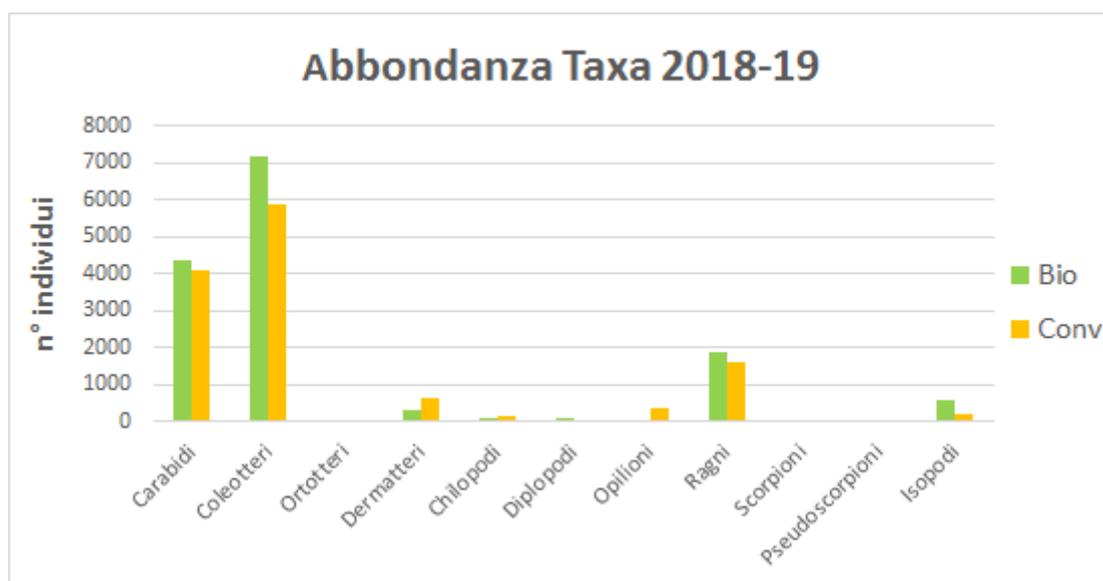


Figura 6.8.6 - Numero di individui rilevati, per ciascun taxon di artropodi considerato, nei nocchieletti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati nel biennio 2018-2019

Tabella 6.8.1 – Indice di Shannon, Evenness e indice di Margalef relativi al popolamento di artropodi del suolo nei terreni a gestione biologica e convenzionale, calcolati sia per i singoli anni, 2015, 2016, 2018, 2019, sia considerando i due bienni 2015-2016 e 2018-2019

		Indice di Shannon	Evenness	Indice di Margalef
2015+2016	biologico	1,558	0,469	1,132
	convenzionale	1,454	0,459	0,976
2015	biologico	1,513	0,477	1,076
	convenzionale	1,205	0,402	0,952
2016	biologico	1,505	0,475	1,138
	convenzionale	1,396	0,440	1,048
2018+2019	biologico	1,269	0,382	0,934
	convenzionale	1,374	0,433	0,845
2018	biologico	1,221	0,385	0,894
	convenzionale	1,314	0,415	0,921
2019	biologico	1,301	0,392	1,008
	convenzionale	1,404	0,443	0,903

6.8.3 Considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca

Lo studio della composizione della fauna del suolo, basata sulla determinazione di alcuni taxa più facilmente riconoscibili, ha rilevato differenze, statisticamente non significative, tra le due diverse tipologie di gestione. L'andamento sia dell'abbondanza di individui che del numero di specie nel corso della stagione di campionamento è risultato sostanzialmente simile nel confronto tra ciascun terreno biologico e il corrispondente convenzionale. Le differenze tra ogni coppia di noccioleti, considerando i vari campionamenti, non sono statisticamente significative. In generale, per l'abbondanza di individui si osserva, per ambedue le tipologie di gestione dei terreni, un incremento nei primi campionamenti con un picco massimo nel mese di giugno.

Per il biennio 2018-2019 è stato rilevato un generale differenziamento, statisticamente significativo, nel popolamento dei singoli campi campionati nei due bienni, sia per quanto riguarda il numero di taxa nei vari siti di campionamento sia per quanto riguarda l'abbondanza degli individui in ogni campo (Test di Kruskal-Wallis, Permutational analysis of variance (PERMANOVA) a due vie, elaborazione NMDS e analisi della similarità (ANOSIM)). Nei confronti a coppie differenze significative sono emerse tra la coppia NB6-NT6 e tutti i restanti campi nel 2018, e tra NB3 e i campi NB4, NB6, NT4 e NT6 nel 2019. Le differenze riscontrate non sono spiegabili unicamente sulla base del tipo di gestione dei vari terreni. Verosimilmente esse sono da attribuire anche alle caratteristiche proprie degli stessi terreni, nonostante le analisi granulometriche e chimiche effettuate abbiano evidenziato una sostanziale omogeneità tra i vari noccioleti, o all'influenza delle aree circostanti, non trascurabile viste le ridotte dimensioni dei terreni campionati. Coleotteri (Carabidi compresi) e Ragni sono risultati i taxa potenzialmente più informativi per questo tipo di studi.

I risultati relativi al biennio 2015-2016 sono fortemente influenzati dal campione di NT2 caratterizzato da un numero di individui decisamente più alto rispetto agli altri noccioleti, e da un indice di diversità più basso.

6.8.4 Approfondimento sui Carabidi: biennio 2015-2016

I valori dell'abbondanza media dei carabidi sono risultati sempre maggiori nei noccioleti convenzionali rispetto a quelli biologici, considerando sia i dati relativi all'intero biennio che quelli che si riferiscono ai singoli anni (Figura 6.8.7). Viceversa, i valori degli indici di diversità sono sempre maggiori per i campi biologici rispetto ai campi convenzionali (Tab. 6.8.2). Il numero di specie è simile per le due tipologie di campi. Per tutti i campioni il valore di equiripartizione (evenness) è mediamente basso e minore nei campi convenzionali, indicando un popolamento costituito per lo più dagli individui di alcune specie prevalenti. Tuttavia i risultati del test di Wilcoxon hanno indicato che le differenze riscontrate non sono statisticamente significative.

L'elaborazione SIMPER (SIMilarity PERcentages) ha evidenziato come il 50% delle differenze tra i diversi terreni campionati nel 2015 è dovuto solamente a 2 specie *Nebria brevicollis* e *Pterostichus melas* mentre nel 2016 a queste stesse specie si aggiunge *Calathus fuscipes*. Si tratta comunque di specie piuttosto comuni in ambienti sufficientemente aperti.

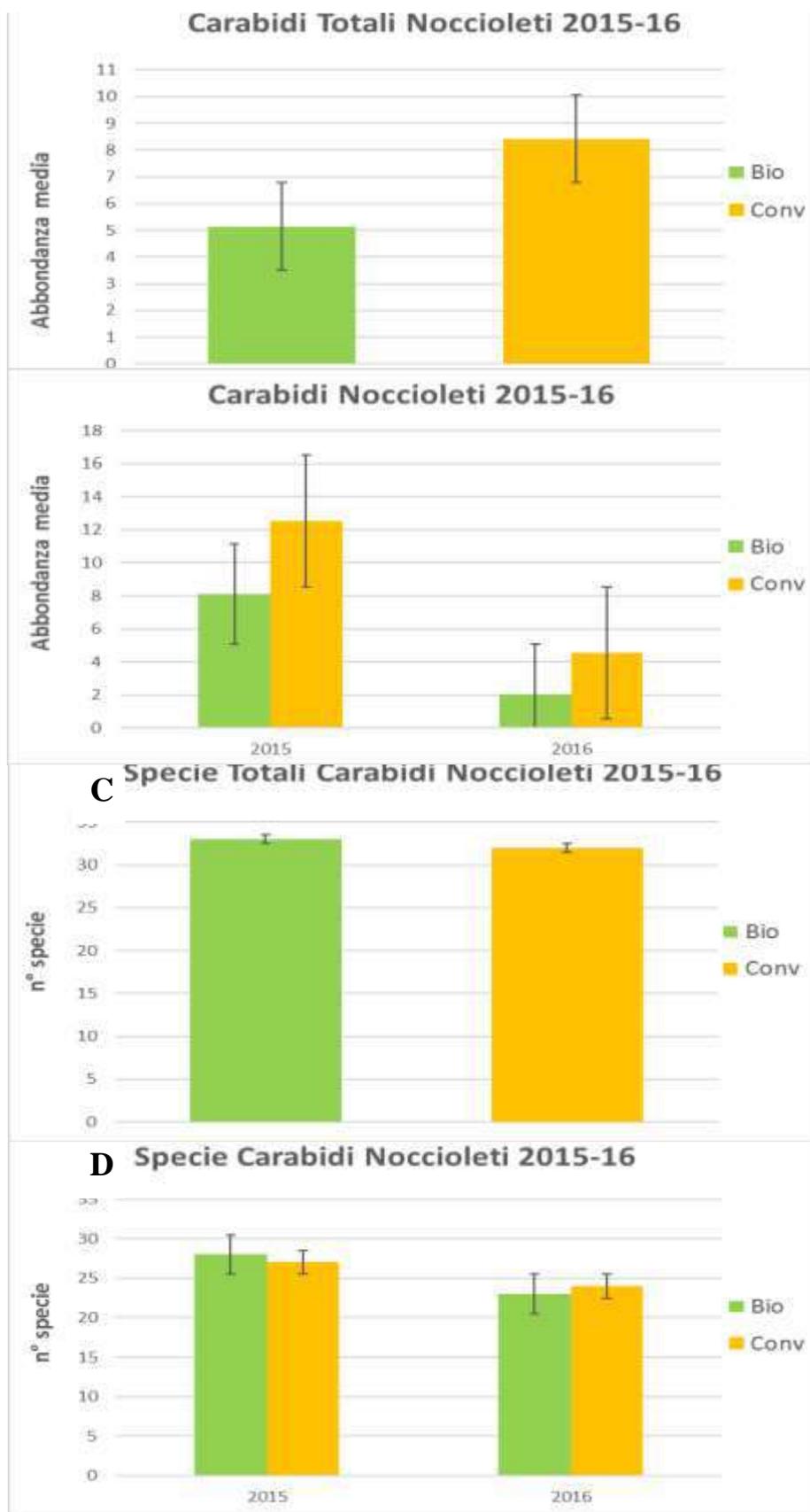


Figura 6.8.7 - A e B numero medio di Carabidi per trappola rilevati nei nocchieletti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, rispettivamente nel biennio 2015-2016 (Test di Wilcoxon $P=0,88$) e nei due singoli anni, 2015 (Test di Wilcoxon $P=0,39$) e 2016 (Test di Wilcoxon $P=0,58$). C e D numero di specie rinvenute nelle due tipologie di terreni nel biennio (Test di Wilcoxon $P=0,9$) e in ciascun anno (Test di Wilcoxon $P=1$ per entrambi gli anni)

6.8.5 Approfondimento sui Carabidi: biennio 2018-2019

Il campionamento 2019 ha prodotto un numero di individui sensibilmente maggiore rispetto al 2018. L'incremento ha riguardato soprattutto i terreni convenzionali. Per quanto riguarda le singole specie, nel 2018 erano state censite 41 specie di Carabidi mentre nel 2019 le specie rilevate sono state 38. 9 specie, piuttosto rare nel campionamento 2018 non sono state confermate nel 2019. Viceversa, in quest'ultimo anno sono state segnalate 7 nuove specie seppure ciascuna con 1 o pochi individui. Il numero totale sia di individui che di specie è risultato maggiore nei campi biologici rispetto a quelli convenzionali. Le differenze non sono statisticamente significative (Figura 6.8.8). Anche i valori degli indici di diversità, più elevati sempre nei campi biologici, non si differenziano significativamente tra le due tipologie di gestione dei nocioleti considerati (Tabella 6.8.2).

La diversità media tra tutti i terreni studiati, calcolata con l'analisi SIMPER, è risultata pari al 77,66% nel 2018 e all'84,27% nel 2019. Tra tutte le specie rinvenute, le due predominanti, *Calathus fuscipes* e *Pterostichus melas*, spiegano oltre la metà delle differenze nella strutturazione dei campioni. L'Indicator Species Analysis ha mostrato come alcune specie di Coleotteri Carabidi siano legate in modo significativo ad una determinata tipologia di trattamento dei nocioleti. Per il 2018 le specie significativamente correlate all'uno o all'altro tipo di gestione sono state 21, con ben 17 di queste associate ai terreni biologici e solo 4 a quelli convenzionali. Nel 2019 le specie significativamente correlate ad una tipologia di trattamento sono state 18, con 12 di queste associate ai terreni biologici e 6 a quelli convenzionali. Nessuna delle specie associate ai campi convenzionali si è confermata tale in tutte e due gli anni, mentre 7 specie sono risultate associate ai campi biologici, precisamente NB3 e NB5, sia nel 2018 che nel 2019. La presenza di gran parte delle specie correlate ad un determinato tipo di gestione dei terreni, è stata rilevata campionando solo uno o pochi individui, ad eccezione di *Carabus convexus* (140 individui nel 2018 e 218 nel 2019) e *Calathus fracassi* (234 individui nel 2018 e 375 nel 2019), due specie prettamente boschive e rinvenute solo in NB3. Degno di nota è anche il ritrovamento esclusivamente in NB5 di una serie di specie tipicamente igrofile come *Brachinus italicus* (4 individui nel 2018 e 8 nel 2019) e *Brachinus immaculicornis* (3 individui nel 2018 e 1 nel 2019).

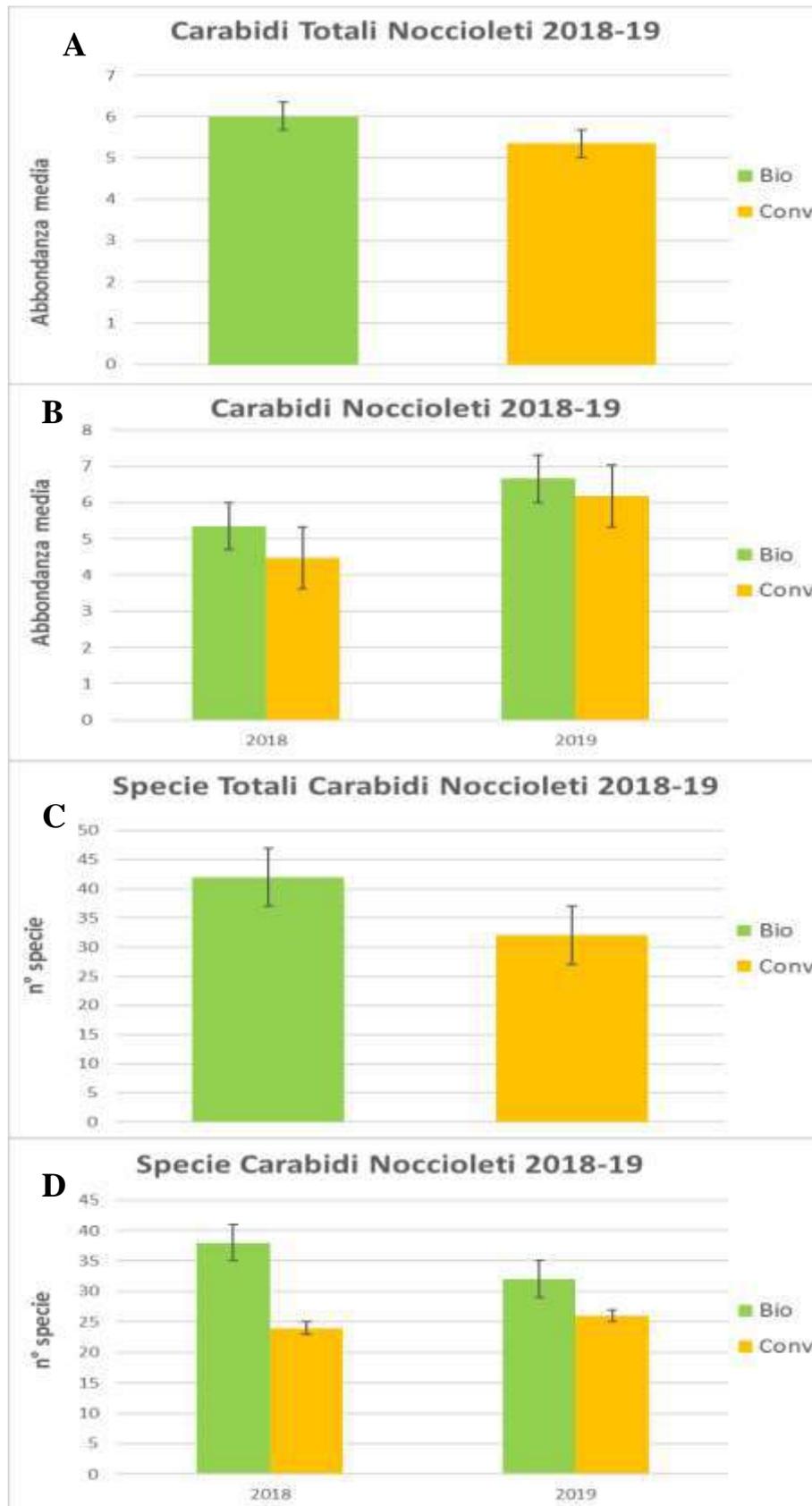


Figura 6.8.8 - A e B numero medio di Carabidi per trappola rilevati nei nocchieletti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, rispettivamente nel biennio 2018-2019 (Test di Wilcoxon $P=0,41$) e nei due singoli anni, 2018 (Test di Wilcoxon $P=0,12$) e 2019 (Test di Wilcoxon $P=0,48$). C e D numero di specie rinvenute nelle due tipologie di terreni nel biennio (Test di Wilcoxon $P=0,07$) e in ciascun anno (2018 Test di Wilcoxon $P=0,37$; 2019 $P=0,25$)

Tabella 6.8.2 – *Indice di Shannon, Evenness e indice di Margalef relativi al popolamento di carabidi nei terreni a gestione biologica e convenzionale, calcolati sia per i singoli anni, 2015, 2016, 2018, 2019, sia considerando i due bienni 2015-2016 e 2018-2019*

		Indice di Shannon	Evenness	Indice di Margalef
2015+2016	biologico	2,339	0,464	4,733
	convenzionale	1,593	0,319	4,288
2015	biologico	2,134	0,444	4,124
	convenzionale	1,344	0,283	3,764
2016	biologico	2,495	0,552	4,298
	convenzionale	2,006	0,437	3,872
2018+2019	biologico	2,045	0,379	4,898
	convenzionale	1,725	0,345	3,758
2018	biologico	1,805	0,344	4,897
	convenzionale	1,660	0,362	3,128
2019	biologico	2,171	0,434	3,981
	convenzionale	1,657	0,352	3,235

6.8.6 Approfondimento sui Carabidi: considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca

Anche per i Carabidi si conferma un andamento nel corso dell'intera stagione, sia dell'abbondanza di individui che del numero di specie, simile confrontando ogni terreno biologico con il suo corrispondente convenzionale. Le differenze tra ogni coppia di noccioleti nei diversi campionamenti non sono statisticamente significative. L'abbondanza di individui mostra, per le due tipologie di gestione, un incremento iniziale con un picco nel mese di giugno, un decremento nel corso dell'estate ed un nuovo aumento con un secondo picco nel mese di settembre. Questo trend tiene conto del ciclo vitale di molte specie, caratterizzato dalla presenza di due generazioni e di un periodo di estivazione con conseguente riduzione dell'attività degli animali.

Per il 2018, tutte le analisi effettuate (Test di Kruskal-Wallis, PERMANOVA a due vie, elaborazione NMDS, ANOSIM) hanno rilevato un generale differenziamento, statisticamente significativo tra le comunità dei vari terreni, per quanto riguarda il numero di specie, l'abbondanza degli individui e l'indice di Shannon di ciascun campo. I confronti a coppie (Test di Wilcoxon) hanno mostrato che NB3, le coppie NB6-NT6 e NB4-NB5, e il gruppo NT3-NT4-NT5 si differenziano significativamente, ciascuno da tutti gli altri noccioleti. In particolare, NB6-NT6 si caratterizzano per il ridotto numero di individui campionati rispetto agli altri terreni. È possibile che la scarsità del popolamento di NB6, sia in termini di abbondanza che di diversità di specie contribuisca a non far emergere una differenziazione statisticamente significativa tra terreni biologici e convenzionali. Per il 2019 l'elaborazione dei dati (PERMANOVA a due vie, elaborazione NMDS, ANOSIM) ha confermato il generale differenziamento tra i terreni, ma nei confronti a coppie solo NB3 è risultato significativamente diverso da tutti gli altri noccioleti.

Probabilmente, alcune di queste differenze non sono attribuibili solo al tipo di gestione dei vari terreni, ma sembrerebbero imputabili o a differenti condizioni ecologiche nei diversi noccioleti o alle interazioni con l'ambiente circostante. Per il biennio 2018-2019 l'Indicator Species Analysis ha mostrato che diverse specie sono correlate in modo significativo ad uno specifico noccioleto. Tra queste, la maggior parte è risultata legata ai terreni NB3 e NB5, rispettivamente 6 e 11 specie su 41 totali nel 2018, 9 e 9 sulle 38 del 2019. Per quanto riguarda NB3, la presenza di un bosco di castagni adiacente al noccioleto influenza la composizione della fauna. 4 delle specie associate a questo terreno, infatti, sono prettamente boschive, *Cyrcus italicus*, *Synuchus vivalis* e, soprattutto, *Carabus convexus*, e *Calathus fracassi* che caratterizzano il popolamento di NB3 con centinaia di individui. Anche NT3 confina con un castagneto, anche se meno esteso, ma la struttura della comunità di Carabidi non sembra risentirne, dal momento che in questo noccioleto, a differenza di NB3, non sono state campionate specie tipicamente boschive. Nel castagneto attiguo a NB3 è stata accertata la messa in atto di trattamenti per il controllo del Cinipide del castagno (*Dryocosmus kuriphilus*). Non abbiamo evidenze di trattamenti simili effettuati nel castagneto vicino a NT3, ma le differenze nelle pratiche colturali nei due castagneti potrebbe tener conto delle differenze osservate nel popolamento di Carabidi tra NB3 e NT3. 6 delle 11 specie associate al terreno NB5 nel 2018, pur rappresentate ciascuna da pochi individui, sono specie prettamente igrofile, *Brachinus immaculicornis*, *Brachinus italicus*, *Calathus circumseptus*, e *Harpalus cupreus*, *Phyla tethys*, *Pterostichus nigrita*. Queste specie non sono state campionate in NB4 che pure è posto all'interno

della stessa azienda che comprende anche NB5. Ciò è probabilmente dovuto alle caratteristiche chimico-fisiche del suolo di NB5 che permettono di trattenere maggiormente l'umidità. Le differenze rilevate nel biennio 2018-2019, tra il contenuto d'acqua naturale in NB4 e quello in NB5 (Tab. 6.3.5 e 6.3.6), potrebbero sembrare piuttosto esigue, ma possono essere indicative di una diversità delle condizioni ambientali nei due terreni sufficienti, evidentemente, a determinare la diversificazione di specie osservata.

Nel biennio 2015-2016 nelle stazioni della Riserva Naturale di Lago di Vico sono state individuate numerose specie variamente euriechie, frequenti ai margini o nelle aree diradate delle formazioni boschive mesofile, come *Carabus convexus*, *Platyderus neapolitanus*, *Leistus fulvibarbis*, *Notiophilus rufipes*. I noccioletti NB1 e NT1 si caratterizzano in quanto situati al margine del bosco, condizione che spiega la presenza di specie quali *Calathus fracassii* e *Laemostenus latialis*. Viceversa, gli altri due noccioletti, il biologico NB2 e il convenzionale NT2 si distinguono come ambienti contrassegnati da un maggior grado di apertura come testimonia anche il ritrovamento di specie quali *Brachinus sclopeta* e *Anchomenus dorsalis*. I risultati hanno evidenziato valori degli indici di diversità più alti per i noccioletti biologici a fronte di un'abbondanza di individui maggiore nei campi convenzionali. Come è stato già riportato per gli Artropodi del suolo, queste differenze sono dovute in gran parte al campionamento realizzato nel noccioleto NT2, per il quale l'indice di diversità è risultato più basso rispetto agli altri campi mentre il numero di individui decisamente più alto, fino a 3 volte nel 2016. Il valore più alto dell'abbondanza riscontrata in NT2 è determinato essenzialmente da poche specie, soprattutto *Nebria brevicollis* rappresentata da centinaia di individui. Questa specie, in particolare, è generalista, ampiamente diffusa, è stata rinvenuta in un'ampia gamma di contesti, inclusi ambienti fortemente degradati.

6.9 Lepidotteri

6.9.1 Biennio 2015-2016

Il numero di individui e di specie di Lepidotteri campionati nei noccioletti biologici è risultato sempre maggiore di quello rilevato nei noccioletti convenzionali. Le differenze sono statisticamente significative considerando sia il biennio che il 2015 per i valori di abbondanza di individui (Figure 6.9.1 e 6.9.2) e il 2015 per il numero di specie (Figure 6.9.3 e 6.9.4). Nei vari confronti i valori degli indici di diversità appaiono maggiori per i noccioletti biologici, anche se le differenze non sono statisticamente significative (Tabella 6.9.1). Il valore di equiripartizione (evenness) è mediamente maggiore di 0,5, indicando un popolamento caratterizzato da un discreto numero di specie.

L'elaborazione SIMPER (SIMilarity PERcentages) ha evidenziato come circa il 50% della diversità tra i diversi terreni analizzati sia spiegata da 9-10 specie, per le quali il contributo di ciascuna non supera il 9%. I rappresentanti della famiglia Pieridi, in particolare, contribuiscono fino ad oltre il 70%, confermando la grande adattabilità e valenza ecologica di questi Ropaloceri.

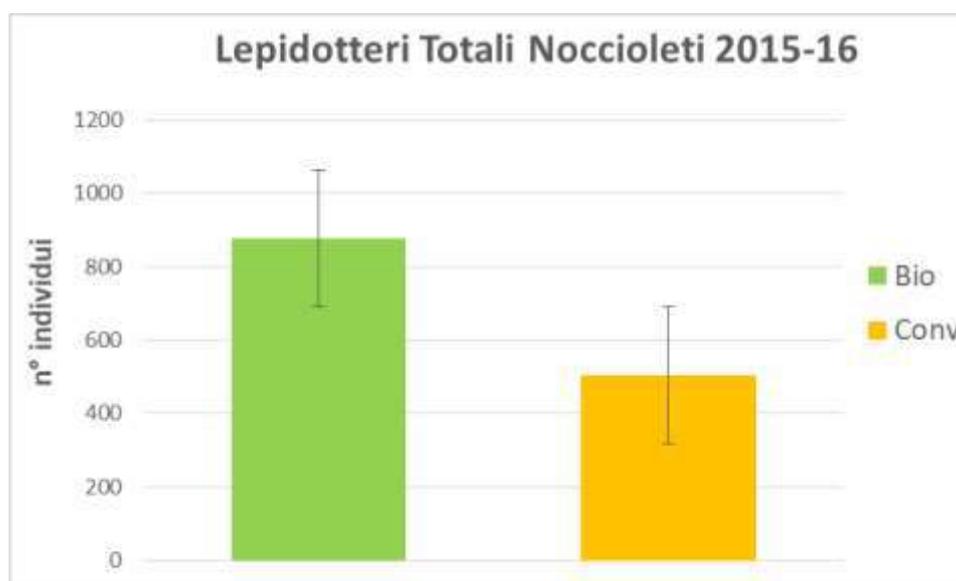


Figura 6.9.1 - Numero di Lepidotteri rilevati nei noccioletti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante tutti i campionamenti effettuati nel biennio 2015-2016 (Test di Wilcoxon $P=0,05$)

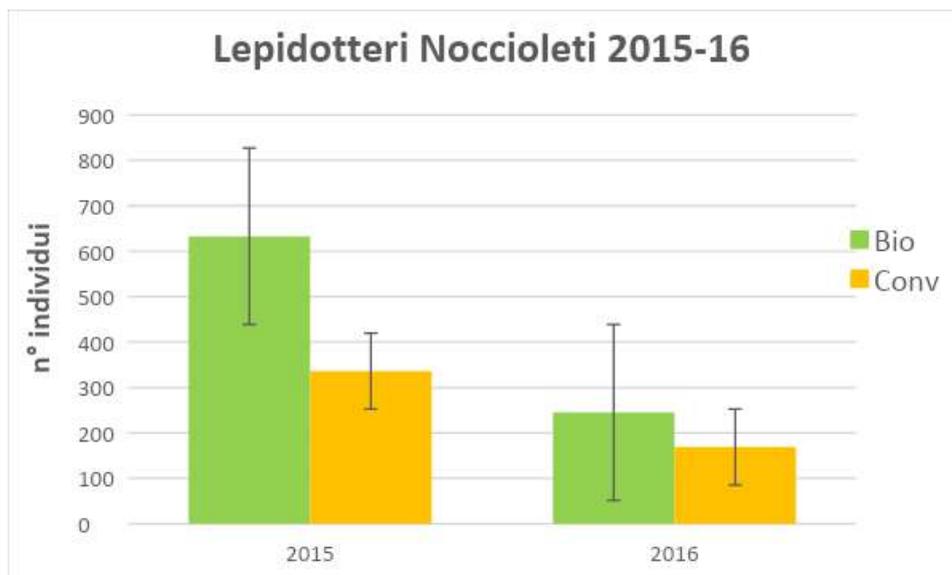


Figura 6.9.2 - Numero di Lepidotteri rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati rispettivamente negli anni 2015 (Test di Wilcoxon $P=0,03$) e 2016 (Test di Wilcoxon $P=0,34$)

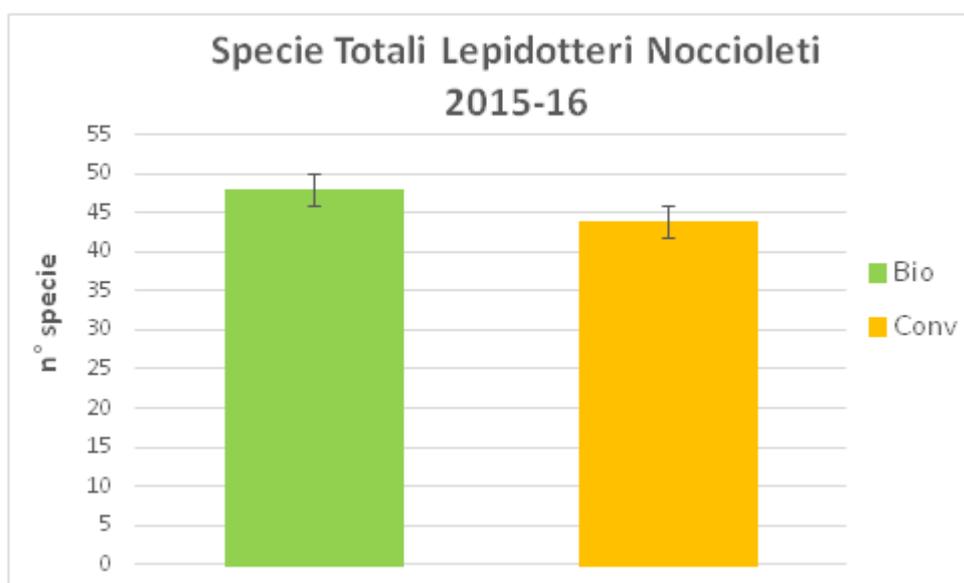


Figura 6.9.3 - Numero di specie rinvenute nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati nel biennio 2015-2016 (Test di Wilcoxon $P=0,06$)

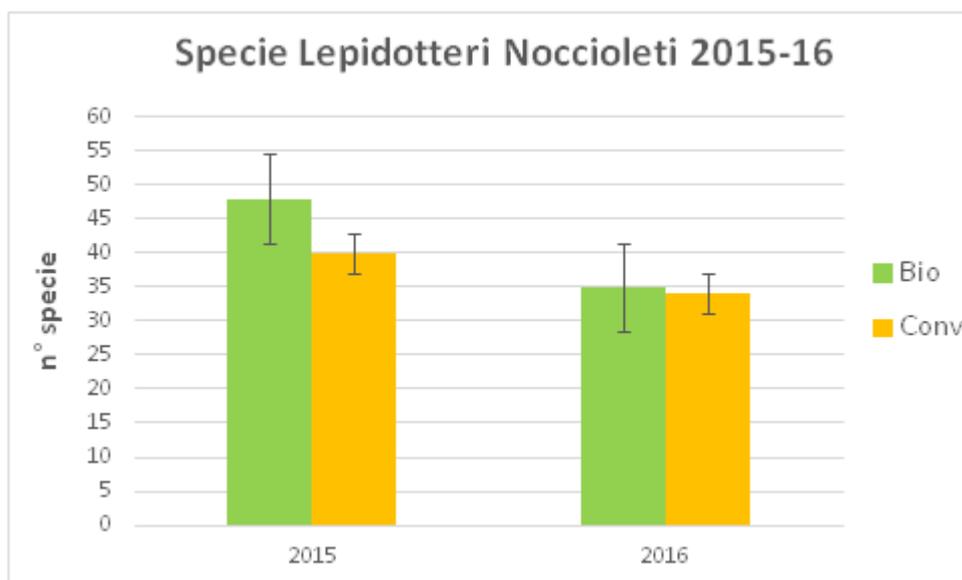


Figura 6.9.4 - Numero di specie rinvenute nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati rispettivamente negli anni 2015 (Test di Wilcoxon $P=0,05$) e 2016 (Test di Wilcoxon $P=0,51$)

6.9.2 Biennio 2018-2019

Per quanto riguarda i Lepidotteri, nel biennio 2018-2019 sono state rilevate differenze statisticamente significative tra i valori di abbondanza degli individui ed il numero di specie nelle due tipologie di gestione agraria (Figure 6.9.5, 6.9.6, 6.9.7 e 6.9.8). In un caso, quello riferito alla stagione 2018, anche i valori degli indici di diversità relativi delle coltivazioni biologiche sono risultati significativamente più alti rispetto ai valori dei noccioleti convenzionali (Tabella 6.9.1, Test di Wilcoxon $P= 0,002$). L'analisi dei dati ha mostrato che i Pieridi ed i Ninfalidi rappresentano i taxa potenzialmente più informativi per questo tipo di studi. Questi due taxa, infatti, da soli spiegano quasi il 90% delle differenze tra i campioni presi in esame. L'Indicator Species Analysis non ha evidenziato alcuna specie correlata in modo significativo ad una particolare tipologia di trattamento dei terreni.

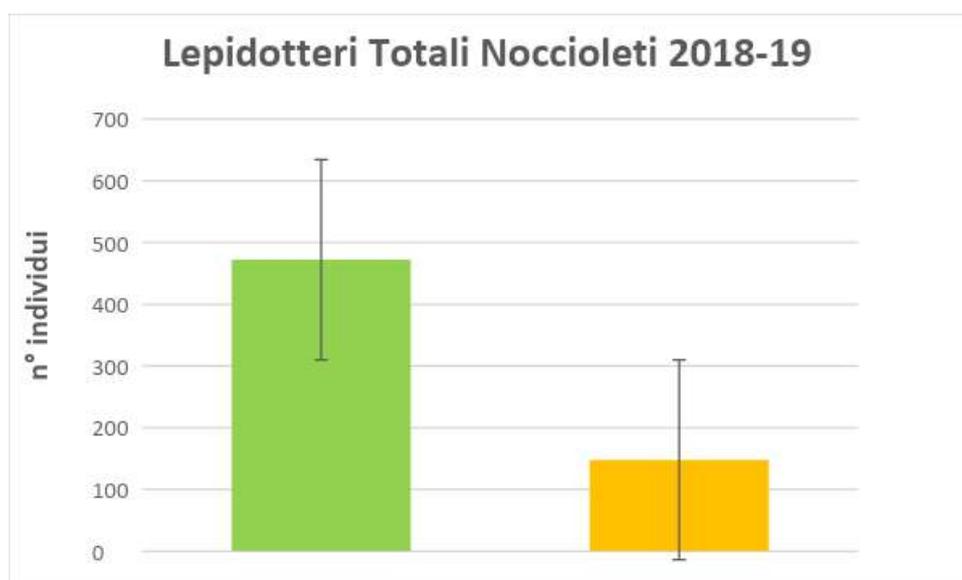


Figura 6.9.5 - Numero di Lepidotteri rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante tutti i campionamenti effettuati nel biennio 2018-2019 (Test di Wilcoxon $P=0,0001$)

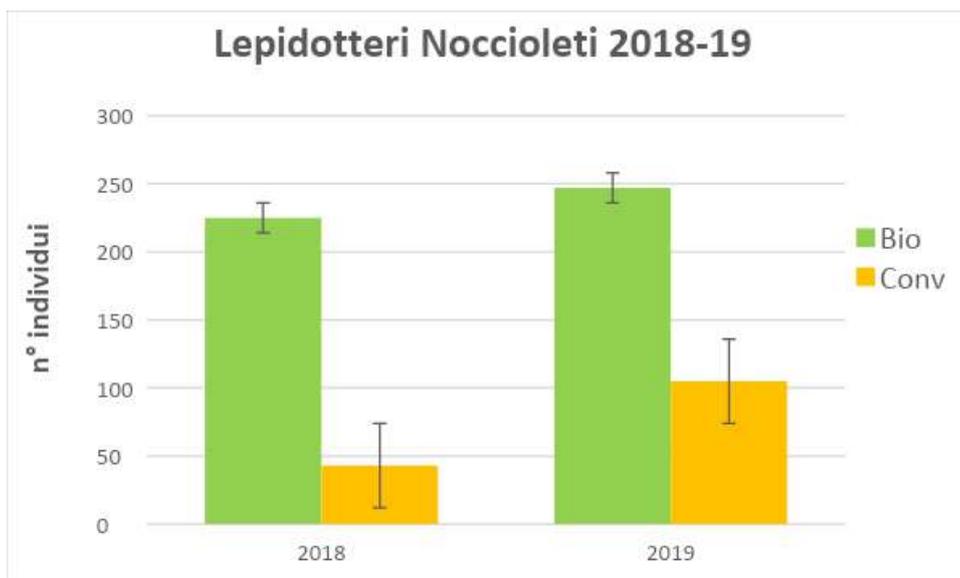


Figura 6.9.6 - Numero di Lepidotteri per trappola rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati rispettivamente negli anni 2018 (Test di Wilcoxon $P=0,0001$) e 2019 (Test di Wilcoxon $P=0,0001$)

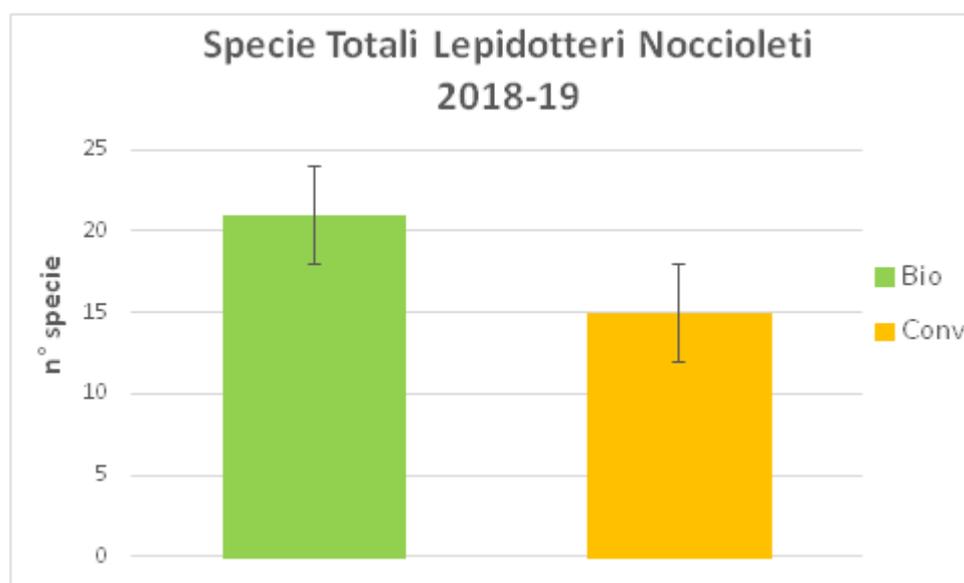


Figura 6.9.7 - Numero di specie rinvenute nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati nel biennio 2018-2019 (Test di Wilcoxon $P=0,0001$)

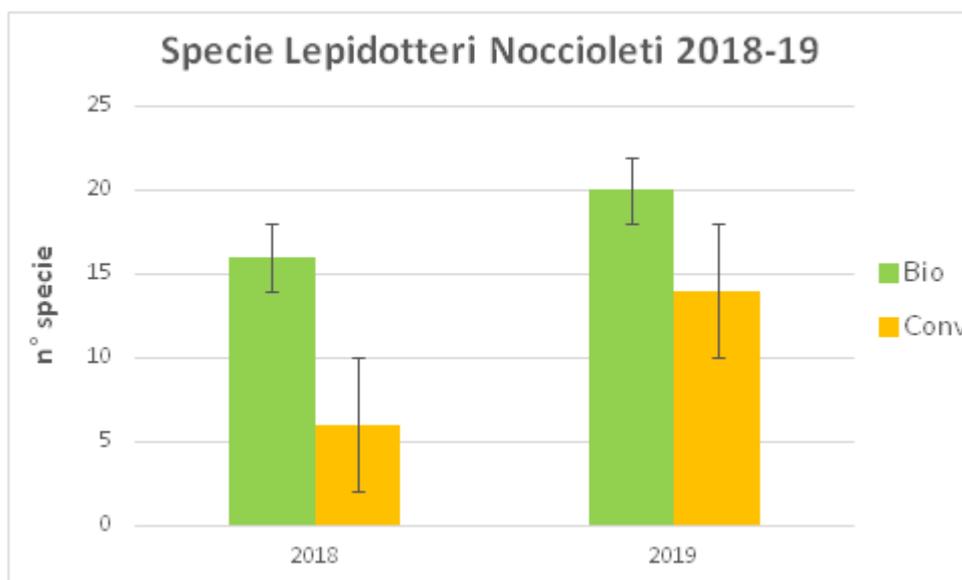


Figura 6.9.8 - Numero di specie rinvenute nei nocciolati con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati rispettivamente negli anni 2018 (Test di Wilcoxon $P=0,0001$) e 2019 (Test di Wilcoxon $P=0,0005$)

Tabella 6.9.1 – Indice di Shannon, Evenness e indice di Margalef relativi al popolamento di Lepidotteri rilevati nei terreni a gestione biologica e convenzionale, calcolati sia per i singoli anni, 2015, 2016, 2018, 2019, sia considerando i due bienni 2015-2016 e 2018-2019

		Indice di Shannon	Evenness	Indice di Margalef
2015+2016	biologico	3,319	0,594	6,934
	convenzionale	3,128	0,573	6,908
2015	biologico	3,201	0,573	7,286
	convenzionale	2,927	0,549	6,704
2016	biologico	3,258	0,635	6,180
	convenzionale	3,151	0,619	6,432
2018+2019	biologico	2,347	0,534	3,248
	convenzionale	1,634	0,418	2,801
2018	biologico	2,258	0,564	2,769
	convenzionale	0,684	0,264	1,329
2019	biologico	2,343	0,542	3,448
	convenzionale	1,871	0,491	2,793

6.9.3 Considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca

Lo studio della composizione della Lepidotterofauna ha rilevato differenze rilevanti tra le due diverse tipologie di gestione agricola dei nocioleti nelle aree di studio della provincia di Viterbo.

Nel primo biennio il numero di individui è stato più alto sempre nel sito a coltivazione biologica, mentre è stato inferiore per il campo a coltivazione convenzionale. Tuttavia, lo scarto tra i due terreni è risultato statisticamente significativo solo nel 2015. Nel 2016 il numero totale sia di specie che di individui rilevati in tutti i terreni, rispettivamente 36 e 540, è stato decisamente inferiore rispetto alle 51 specie e 969 individui campionati nel 2015. Il numero sia di specie che di individui totali nel corso del biennio 2015-2016 è stato comunque considerevolmente maggiore rispetto a quelli del biennio successivo (17 specie e 266 individui nel 2018, 21 specie e 352 individui nel 2019). Questa diversità di risultati tra i campionamenti dei due bienni è dovuta al fatto che alcuni dei nocioleti studiati nel 2015-2016 erano situati al confine con la faggeta, sottoposta a tutela in quanto interna ad un'area protetta, ed il popolamento di farfalle in questi terreni si è rivelato più ricco rispetto ai nocioleti presi in esame nel 2018 e 2019, in virtù del reclutamento di individui provenienti dalle aree boschive limitrofe ai campi.

I risultati prodotti nel biennio 2018-2019 appaiono più univoci nella loro interpretazione. Per il 2018 l'analisi dei dati ha mostrato differenze statisticamente significative tra i valori dell'indice di Shannon, numero di specie e abbondanza di individui degli 8 nocioleti studiati. Il Test di Wilcoxon a coppie ha rivelato che per i tre parametri considerati le misurazioni fatte per i campi biologici sono significativamente maggiori di quelle relative ai campi a trattamento convenzionale. Qualche differenza si riscontra tra i diversi terreni biologici ma non tra i trattati. Le differenze tra biologici e trattati sono risultate significative anche per la Permutational analysis of variance (PERMANOVA), NMDS, ANOSIM. L'Indicator Species Analysis ha evidenziato che 16 specie, sulle 17 totali, risultano legate significativamente ad una tipologia di gestione agricola. Di queste ben 11 sono state rilevate esclusivamente nei terreni agricoli biologici, 15 se si considerano quelle che sono risultate comunque legate a questa tipologia di gestione agricola. Va sottolineato, tuttavia, che per diverse di queste specie sono stati campionati un numero piuttosto esiguo di individui, una sola volta in un campo e mai più rilevati altrove.

L'analisi dei dati relativi ai Lepidotteri per la stagione di campionamento 2019 non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra i diversi terreni (differenze intra-trattamento) ma ha confermato per il secondo anno successivo un differenziamento piuttosto marcato tra i terreni a coltivazione biologica e quelli a coltivazione convenzionale (differenze inter-trattamento). Si conferma anche che un discreto numero di specie (7 su 21) sono state rinvenute solo nel biologico e ben 14 evidenziano una netta predilezione per questo tipo di terreni. Nei due anni di campionamento 2 specie sono state segnalate solo nel 2018 e 5 esclusivamente nel 2019, tutte prevalentemente nei terreni biologici. Anche questo dato sembrerebbe indicare che la diversità e l'abbondanza di individui nei terreni sono influenzate dal grado di eterogeneità ambientale, presumibilmente maggiore nei nocioleti biologici. Tra le specie rilevate nell'arco dei due bienni non compaiono taxa di particolare interesse conservazionistico, tutte rientrano nella categoria Minor Preoccupazione (LC, Least Concern) della Lista Rossa dei Ropaloceri Italiani (Balletto et al., 2015)

6.10 Apoidei

6.10.1 Biennio 2015-2016

Il numero di Apidae Bombinae campionati nei nocioleti biologici è stato maggiore di quello riscontrato nei terreni convenzionali, sia per l'intero biennio che per le due stagioni 2015 e 2016 (Figure 6.10.1 e 6.10.2). Le differenze non sono statisticamente significative. Due specie, *Bombus pascuorum* e *B. terrestris*, da sole arrivano a spiegare circa il 75-65% delle differenze osservate tra i diversi transetti.

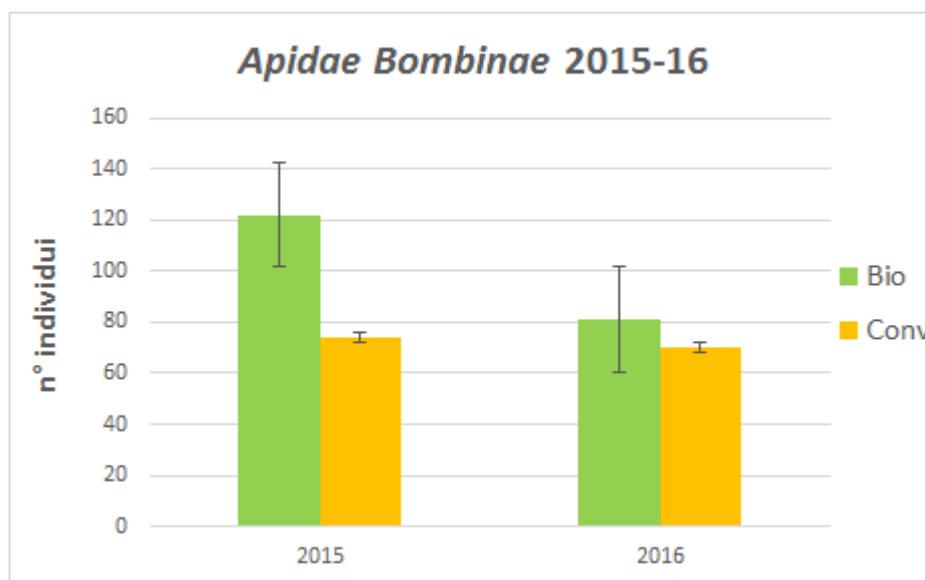


Figura 6.10.1 - Numero di Apidae Bombinae rilevati nei nocioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati rispettivamente negli anni 2015 (Test di Wilcoxon $P=0,49$) e 2016 (Test di Wilcoxon $P=0,6$)

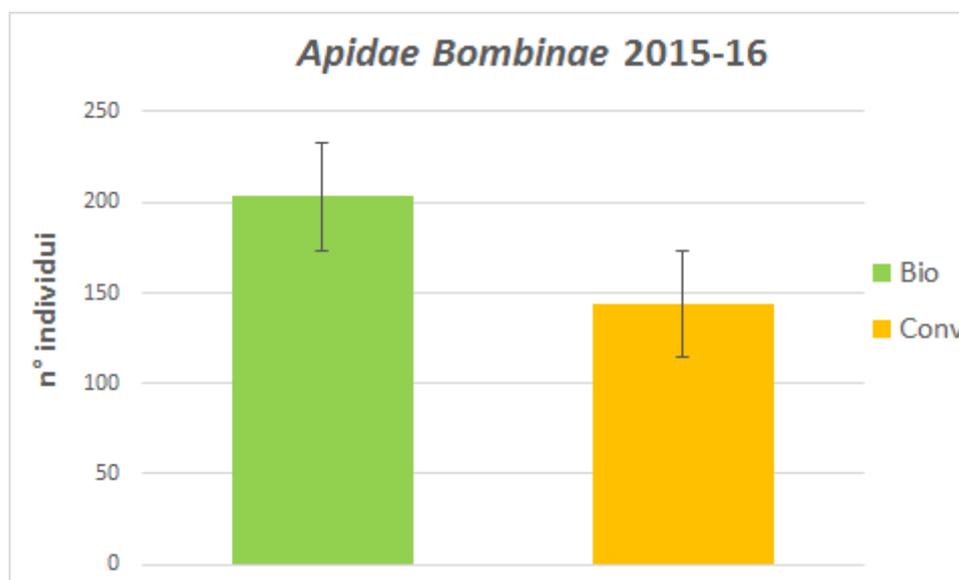


Figura 6.10.2 - Numero di Apidae Bombinae rilevati nei nocioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante tutti i campionamenti effettuati nel biennio 2015-2016 (Test di Wilcoxon $P=0,48$)

6.10.2 Biennio 2018-2019

L'analisi dei campioni relativi alle stagioni 2018-2019 ha rivelato una maggiore presenza di Apoidei nei noccioleti biologici (Figure 6.10.3, 6.10.4, 6.10.5 e 6.10.6). Le differenze riscontrate tra i campi con diverse tipologie di trattamento in questi due anni sono state molto marcate e sono risultate significative dal punto di vista statistico, sia considerando ciascun anno separatamente, che cumulando i dati dell'intero biennio.

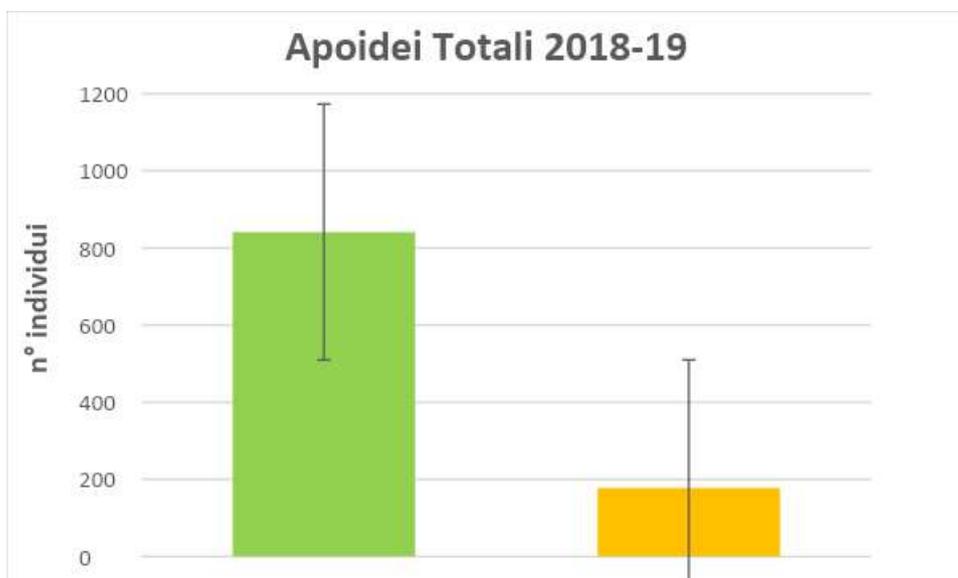


Figura 6.10.3 - Numero di Apoidei rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante tutti i campionamenti effettuati nel biennio 2018-2019 (Test di Wilcoxon $P=0,003$)

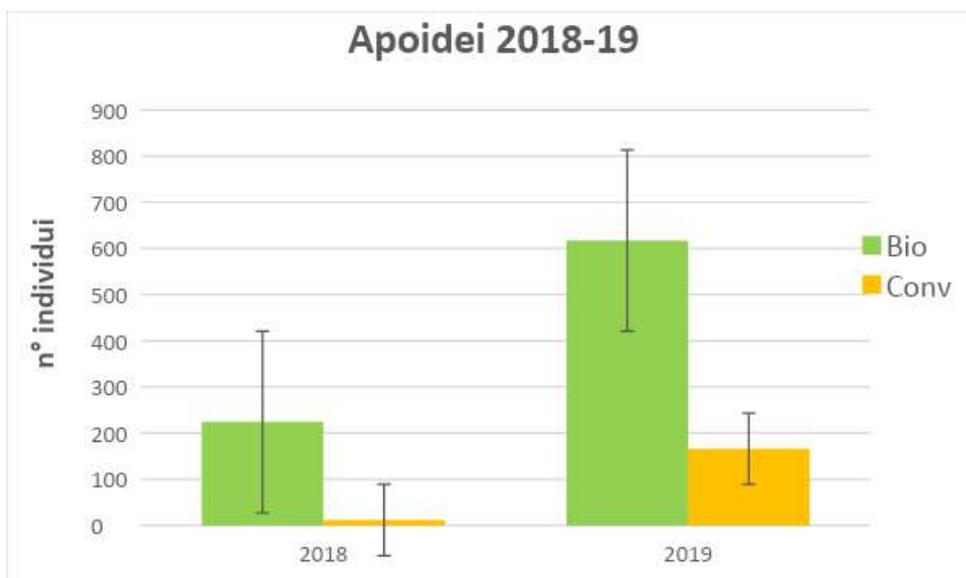


Figura 6.10.4 - Numero di Apoidei rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati rispettivamente negli anni 2018 (Test di Wilcoxon $P=0,03$) e 2019 (Test di Wilcoxon $P=0,03$)

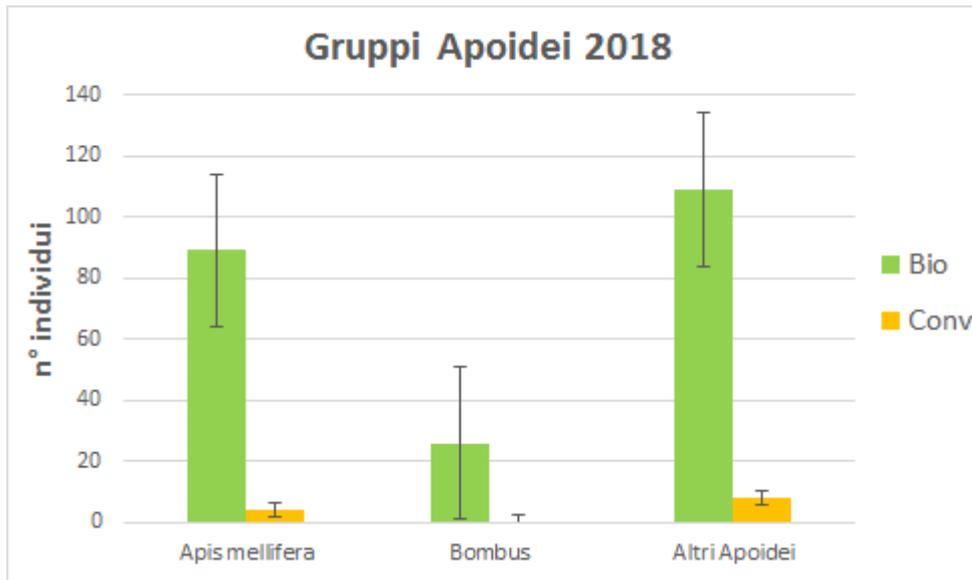


Figura 6.10.5 - Numero di individui dei tre gruppi di Apoidei (specie Apis, Bombus, altri Apoidei) rilevati nei nocciolieti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati nel 2018

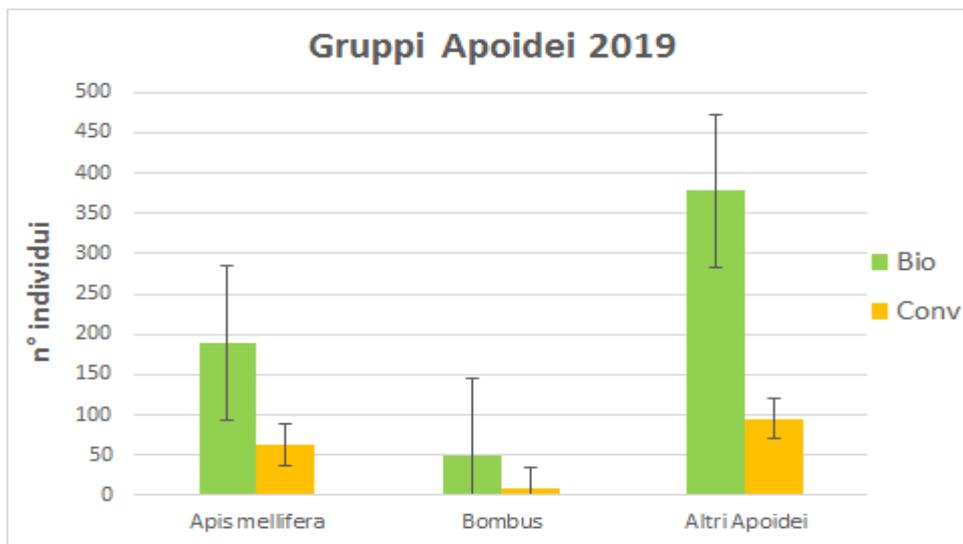


Figura 6.10.6 - Numero di individui dei tre gruppi di Apoidei (specie Apis, Bombus, altri Apoidei) rilevati nei nocciolieti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati nel 2019

6.10.3 Considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca

L'analisi dei dati relativi agli Imenotteri Apidae della sottofamiglia Bombinae, campionati nei noccioleti a diversa gestione nella provincia di Viterbo ha evidenziato differenze tra le diverse tipologie di terreni, più o meno significative nei differenti anni.

Per quanto riguarda i risultati relativi al biennio 2015-2016, alcuni dei noccioleti presi in esame, sia biologici che convenzionali, erano confinanti con la limitrofa faggeta. Gli effetti di una maggiore eterogeneità ambientale in questi terreni potrebbero aver contribuito a mascherare in parte gli effetti dovuti alla diversa gestione agricola. I dati rilevati nei transetti all'interno dei noccioleti e nella fascia ecotonale compresa tra noccioleto e faggeta, sembrano indicare che tanto la diversità che l'abbondanza del popolamento di Apidi Bombinae, sono influenzate sia dal grado di eterogeneità ambientale che dal tipo di gestione agricola del terreno.

L'abbondanza degli individui nei terreni studiati nel biennio 2018-2019 è risultata chiaramente maggiore in tutti i terreni biologici rispetto a quelli trattati. Alcuni test (Test di Wilcoxon, Test di Kruskal-Wallis, PERMANOVA, NMDS, ANOSIM) hanno individuato, in generale, una diversità dei campi statisticamente significativa, ma soprattutto hanno mostrato che il differenziamento riscontrato è prevalentemente dovuto alle differenze presenti tra i due gruppi di campi con diversa tipologia di trattamento, piuttosto che a quelle tra campi con gestione simile.

Queste differenze sono risultate più evidenti nella stagione 2018 rispetto a quella del 2019. Un elemento caratterizza i due campionamenti, il diverso numero di individui rilevati, molto maggiore nel 2019 rispetto al 2018. La difformità dei risultati relativi ai due campionamenti è da mettere in relazione con alcune evidenti differenze nelle pratiche agricole applicate agli stessi terreni in anni diversi. Nel 2019, la presenza di piante con fiori nei terreni campionati è stata in generale maggiore, soprattutto ai margini dei terreni e anche all'interno di alcuni di quelli a gestione convenzionale. Sempre nel 2019, i campi NB4 e NB5, pur mantenendo una gestione biologica, sono stati sottoposti a fresatura con una conseguente riduzione della disponibilità di piante floricole per gli Apoidei rispetto all'anno precedente. Queste osservazioni spiegherebbero il numero totale di individui rilevati in tutti i campi più alto nel 2019 e potrebbero tener conto di una maggiore omogeneità tra i terreni, in particolare tra le due tipologie di gestione.

6.11 Rettili

6.11.1 Anno 2016

Sia l'abbondanza media dei Rettili, sia i valori degli indici di diversità non hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra i campioni effettuati in noccioleti biologici e quelli convenzionali (Figura 6.11.1 e Tabella 6.11.1). Per tutti i campioni il valore di equiripartizione (evenness) è risultato simile e mediamente basso, indicando un popolamento costituito prevalentemente dai rappresentanti di due taxa (*Podarcis muralis* e *Podarcis siculus*).

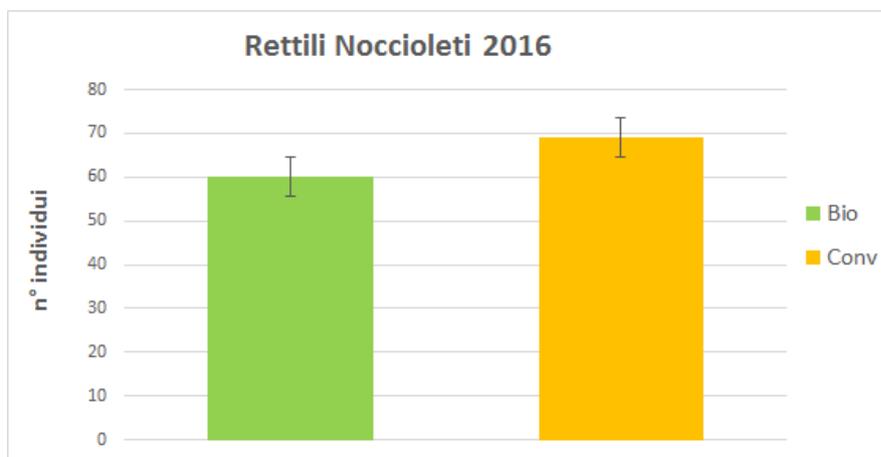


Figura 6.11.1 - Numero di Rettili rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante tutti i campionamenti effettuati nel 2016 (Test di Wilcoxon $P=0,49$). Le specie rilevate sono state: *Podarcis muralis*, *P. siculus*, *Lacerta bilineata*, *Hierophis viridiflavus* e *Natrix helvetica*

Tabella 6.11.1 – *Indice di Shannon, Evenness e indice di Margalef relativi al popolamento di Rettili rilevati nei terreni a gestione biologica e convenzionale, calcolati sia per i singoli anni, 2016, 2018, 2019, sia considerando il biennio 2018-2019*

		Indice di Shannon	Evenness	Indice di Margalef
2016	biologico	0,991	0,427	0,976
	convenzionale	0,953	0,410	0,944
2018+2019	biologico	0,732	0,462	0,338
	convenzionale	0,414	0,261	0,446
2018	biologico	0,733	0,462	0,382
	convenzionale	0,339	0,214	0,558
2019	biologico	0,721	0,455	0,384
	convenzionale	0,429	0,429	0,253

6.11.2 Biennio 2018-2019

L'analisi dei campioni relativi alle stagioni 2018-2019 ha rilevato differenze statisticamente significative tra le due tipologie di gestione dei noccioletti presi in esame in termini di abbondanza (Figure 6.11.2 e 6.11.3) ma non di indici di diversità (Tabella 6.11.1). L'analisi dei dati ha confermato che le due specie di *Podarcis* (*Podarcis muralis*, *P. siculus*,) spiegano quasi il 90% delle differenze tra i campioni presi in esame.

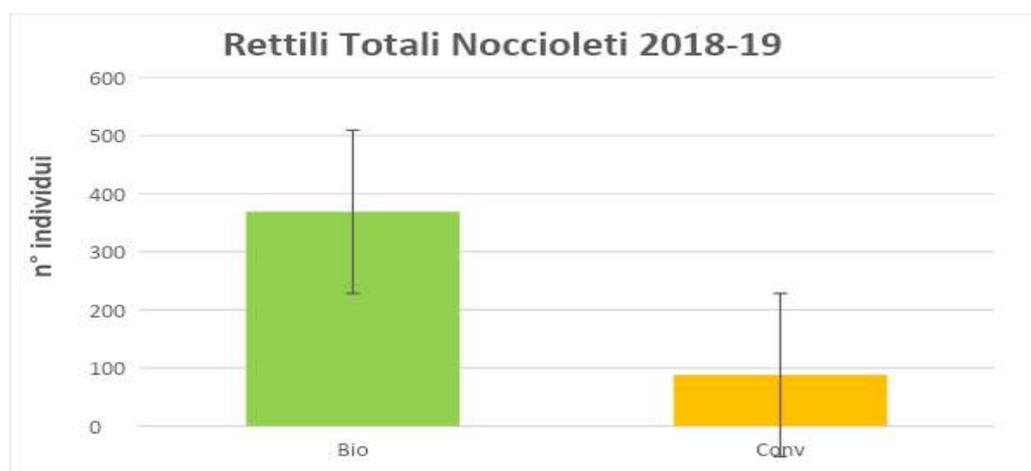


Figura 6.11.2 - *Numero di Rettili rilevati nei noccioletti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante tutti i campionamenti effettuati nel biennio 2018-2019 (Test di Wilcoxon $P=0,0001$). Le specie rilevate sono state: *Podarcis muralis*, *P. siculus*, *Lacerta bilineata**

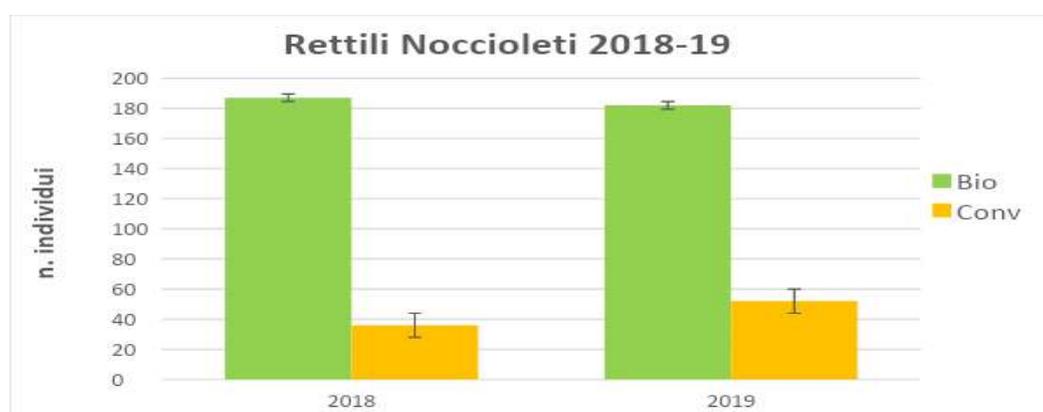


Figura 6.11.3 - *Numero di Rettili rilevati nei noccioletti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, durante i campionamenti effettuati rispettivamente negli anni 2018 (Test di Wilcoxon $P=0,001$) e 2019 (Test di Wilcoxon $P=0,001$). Le specie rilevate sono state: *Podarcis muralis*, *P. siculus*, *Lacerta bilineata**

6.11.3 Considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca

Lo studio dei Rettili Sauri, campionati nei nocioleti della provincia di Viterbo, del 2016 non ha riscontrato differenze statisticamente significative tra le due diverse tipologie di gestione dei nocioleti. Questo risultato è probabilmente dovuto al fatto che i nocioleti NB1 e NT1 presi in esame sono situati al margine di una faggeta, interna alla Riserva Naturale di Lago di Vico. Il reclutamento di individui provenienti dall'ambiente boschivo influenza la fauna nei due campi e potrebbe spiegare l'assenza di differenze significative tra le due tipologie di gestione. Al contrario, tutti i test utilizzati nell'analisi dei dati relativi agli anni 2018 e 2019 hanno rilevato un evidente differenziamento, statisticamente significativo, sia in generale tra tutti i terreni campionati, sia tra le due differenti tipologie di gestione agraria dei nocioleti. Per il 2018 i risultati suggeriscono che le differenze che intercorrono all'interno dei due gruppi di terreni caratterizzati da una gestione simile, biologica o convenzionale, sono pari a quelle che si rilevano tra le due tipologie di gestione. Viceversa, per il 2019 tutti i test sono più o meno concordi nell'indicare che le maggiori differenze si riscontrano confrontando tra loro i terreni con diversa tipologia di gestione.

6.12 Chiroteri

6.12.1 Biennio 2015-2016

Per quanto riguarda i Chiroteri, sia il numero di contatti acustici (BC) che di feeding buzz (FB) rilevati sono stati maggiori nei nocioleti convenzionali (Figure 6.12.1, 6.12.2, 6.12.3 e 6.12.4). Le differenze, tuttavia, non sono risultate statisticamente significative (solo per gli Fb del 2016 il valore è al limite della significatività). Il popolamento è costituito prevalentemente da due specie più abbondanti, *Pipistrellus kuhlii* e *Hypsugo savii*. L'80% delle sequenze acustiche di ecolocalizzazione registrate sono da attribuire a queste due specie. In particolare, oltre il 50%, dei contatti totali sono relativi a *Pipistrellus kuhlii*, confermando la grande adattabilità e valenza ecologica di questo piccolo vespertilio.

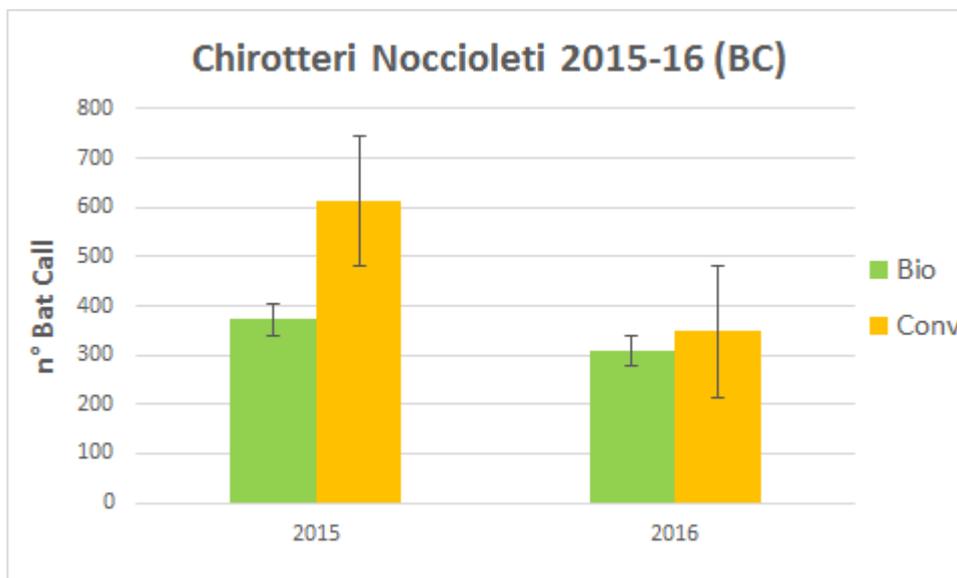


Figura 6.12.1 - Numero di Bat Call (BC) rilevati nei nocioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, rispettivamente nei due singoli anni, 2015 (Test di Wilcoxon $P=0,6$) e 2016 (Test di Wilcoxon $P=0,7$)

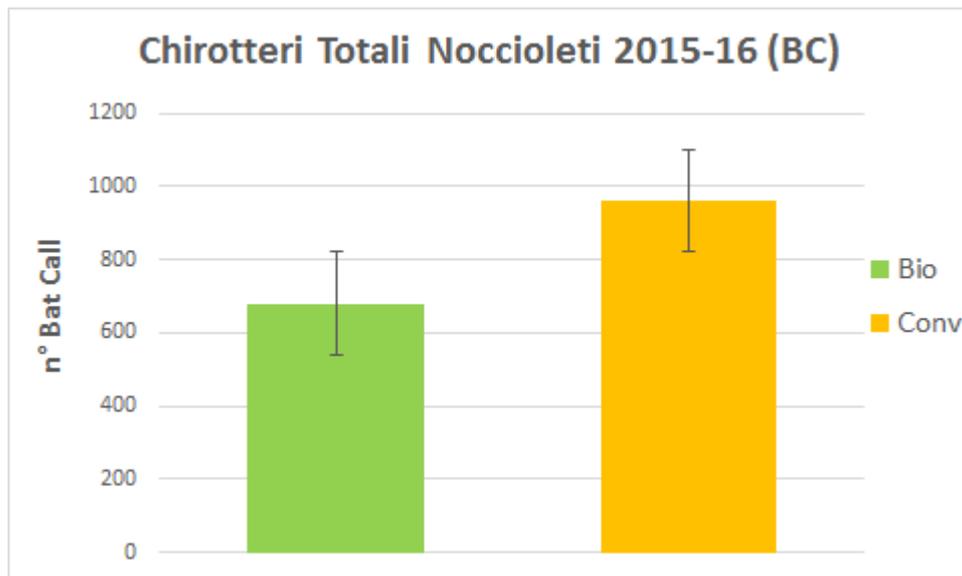


Figura 6.12.2 - Numero di Bat Call (BC) rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale nel biennio 2015-2016 (Test di Wilcoxon $P=0,37$)

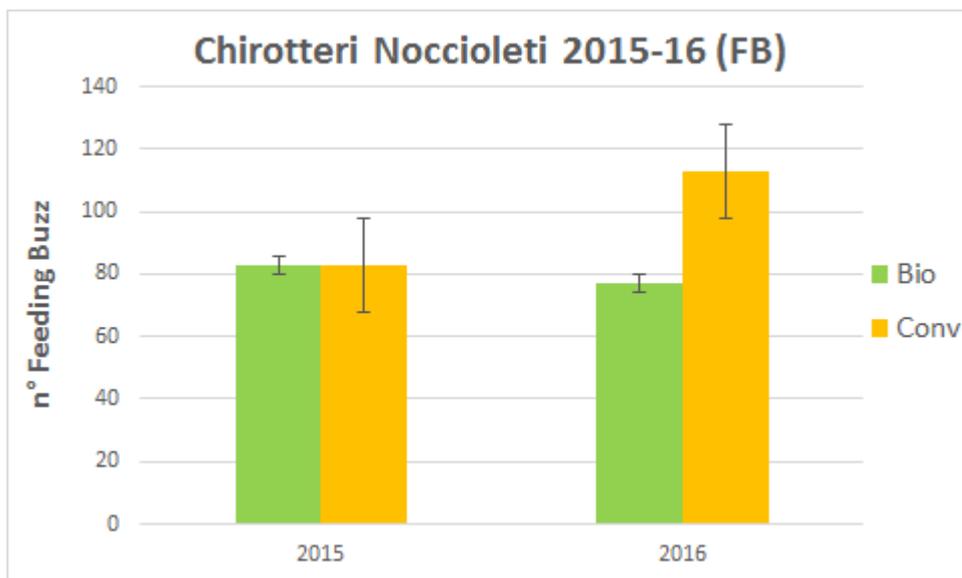


Figura 6.12.3 - Numero di Feeding Buzz (FB) rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, rispettivamente nei due singoli anni, 2015 (Test di Wilcoxon $P=1$) e 2016 (Test di Wilcoxon $P=0,5$)

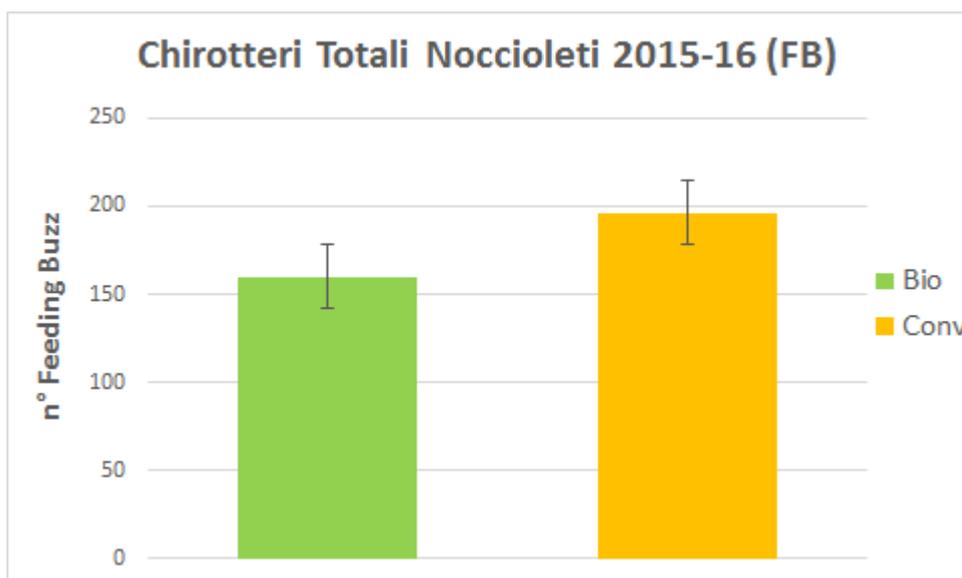


Figura 6.12.4 - Numero di Feeding Buzz (FB) rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale nel biennio 2015-2016 (Test di Wilcoxon $P = 0,83$)

6.12.2 Biennio 2018-2019

Sia i dati cumulati per l'intero biennio che quelli che si riferiscono ai singoli anni, 2018 e 2019, hanno rivelato un numero di contatti e feeding buzz, maggiore nei noccioleti biologici rispetto a quelli registrati nei terreni a gestione convenzionale (Figure 6.12.5 e 6.12.6). Le differenze sono statisticamente significative considerando i dati dell'intero biennio ed il numero di feeding buzz del 2019 (Figure 6.12.6, 6.12.7, 6.12.8). Le specie sinantropiche (*Pipistrellus* spp. e *Hypsugo savii*) sono risultate le più abbondanti, con oltre l'80% dei contatti totali.

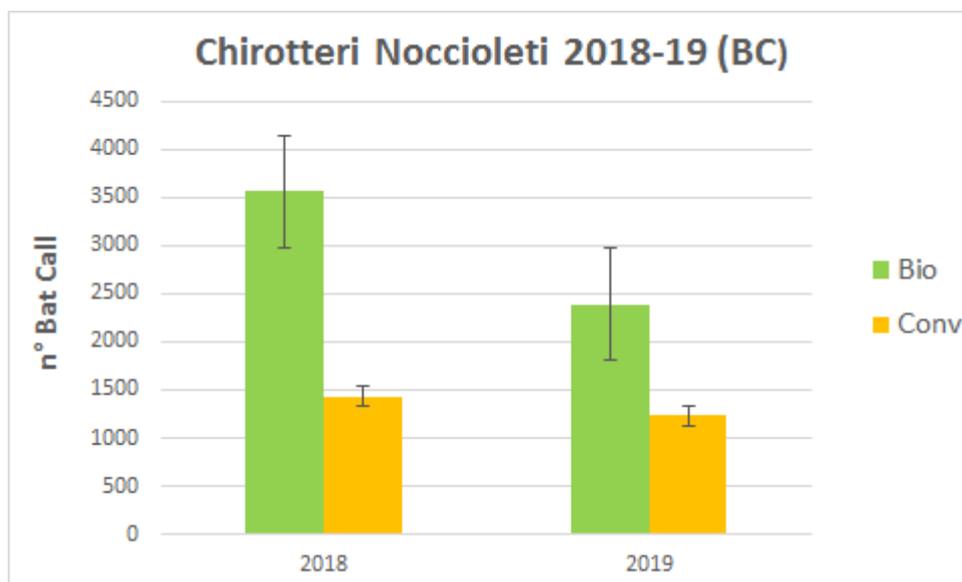


Figura 6.12.5 - Numero di Bat Call (BC) rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, rispettivamente nei due singoli anni, 2018 (Test di Wilcoxon $P=0,11$) e 2019 (Test di Wilcoxon $P=0,34$)

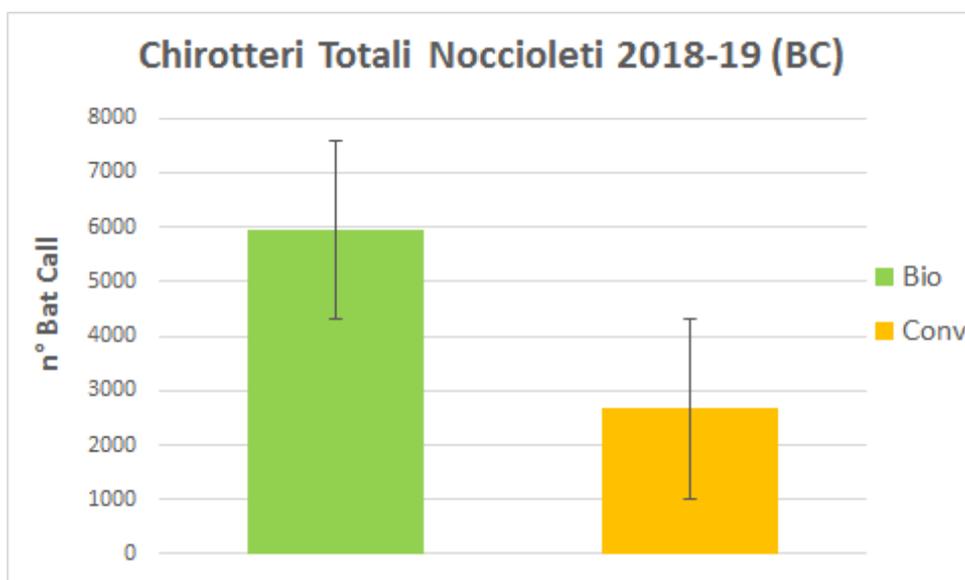


Figura 6.12.6 - Numero di Bat Call (BC) rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale nel biennio 2018 - 2019 (Test di Wilcoxon $P=0,01$)

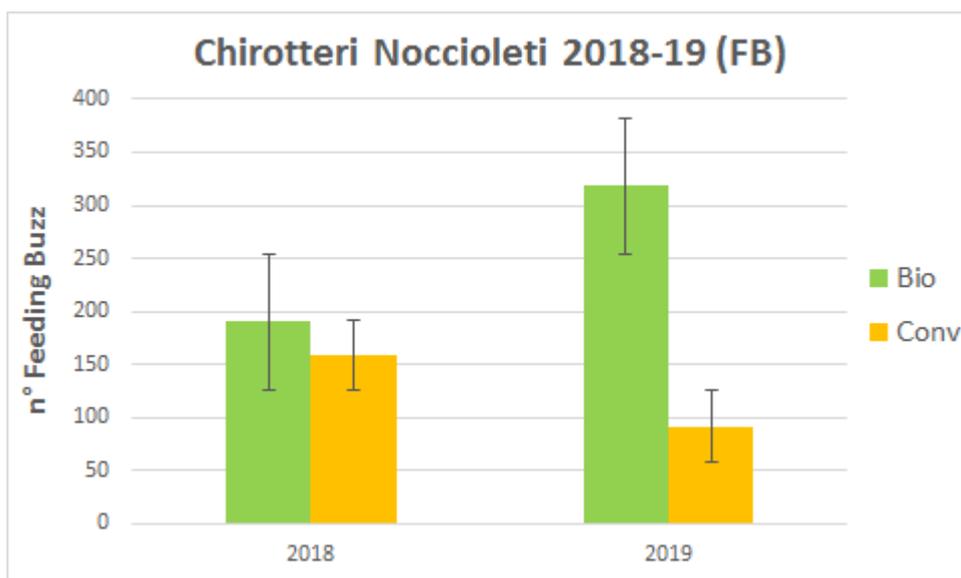


Figura 6.12.7 - Numero di Feeding Buzz (FB) rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale, rispettivamente nei due singoli anni 2018 (Test di Wilcoxon $P = 0,74$) e 2019 (Test di Wilcoxon $P = 0,029$)

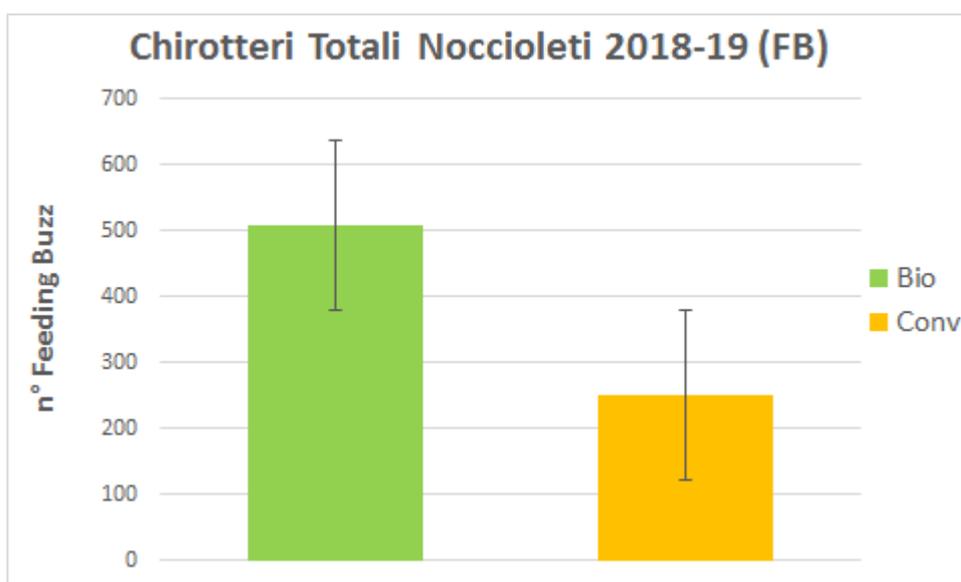


Figura 6.12.8 - Numero di Feeding Buzz (FB) rilevati nei noccioleti con diversa tipologia di gestione, biologico e convenzionale nel biennio 2018 - 2019 (Test di Wilcoxon $P=0,015$)

6.12.3 Considerazioni relative ai risultati di quattro anni di ricerca

Lo studio della composizione della Chiroterofauna nelle due diverse tipologie di gestione dei nocciuoli ha prodotto risultati essenzialmente diversi nei due bienni. L'assenza nelle stagioni 2015-2016 di una chiara distinzione tra i due tipi di gestione agricola nelle preferenze dei Chiroteri, potrebbe essere dovuta all'influenza degli ambienti naturali limitrofi, tenendo conto anche dell'estensione dei terreni, troppo limitata rispetto alle potenzialità di movimento in volo dei pipistrelli. I nocciuoli studiati erano quattro, di cui due, uno per ciascuna tipologia di gestione, confinavano con la faggeta. Le registrazioni effettuate in una stazione di rilevamento bioacustico all'interno della faggeta e situata in diretta correlazione con il nocciuolo a trattamento convenzionale, hanno evidenziato un'attività complessiva dei Chiroteri significativamente maggiore rispetto sia ai nocciuoli convenzionali che a quelli biologici. Relativamente alle singole specie, per alcune di esse il grado di attività è risultato significativamente maggiore in una determinata tipologia di coltura. Tuttavia, il numero di specie che hanno mostrato di frequentare maggiormente il biologico è circa pari al numero di quelle che sembrano prediligere il convenzionale.

Nel biennio 2018-2019 il numero di contatti e l'attività di caccia sono stati maggiori nei campi biologici rispetto ai campi convenzionali, con differenze anche statisticamente significative solo per il 2019. Nel 2018 il numero di registrazioni dell'attività dei pipistrelli è stato particolarmente alto nel biologico NB3. È possibile che questo dato sia influenzato dalla presenza di un castagneto maturo adiacente al terreno. I dati del 2019 hanno confermato le differenze significative nell'attività dei pipistrelli nei due tipi di terreni. Le differenze tra biologico e convenzionale, emerse nel 2019, acquistano una rilevanza maggiore se si considera che tra tutti i terreni il numero più alto di registrazioni è stato rilevato nel convenzionale NT5. La maggiore attività dei pipistrelli in questo nocciuolo potrebbe essere correlata alla presenza di forti luci, accese durante tutta la notte, nel casale posto di fronte al terreno ed in grado di attirare grosse quantità di insetti.

L'andamento nel corso di ciascuna stagione del numero dei contatti e feeding buzz registrati nei due tipi di terreni è stato piuttosto simile nei mesi da giugno ad agosto, con un incremento nel mese di agosto nel 2018 e in maniera più evidente nel mese di luglio per il 2019. In tutti e due gli anni, tuttavia, a settembre è stato osservato un netto aumento dell'attività dei pipistrelli nei terreni biologici a fronte di un decremento in quelli convenzionali. Un aumento, in generale, dell'attività dei chiroteri nel corso dell'estate era prevedibile, tenendo conto della comparsa dei nuovi nati alla fine della stagione riproduttiva. Difficile è spiegare il brusco innalzamento, solo nei nocciuoli biologici, nel mese di settembre, ma se questo risultato fosse collegato in qualche modo alla diversa tipologia di gestione dei nocciuoli, allora potrebbe indicare che gli effetti dell'uso di prodotti fitosanitari sul comportamento dei pipistrelli diventano evidenti solo a stagione inoltrata, dopo la realizzazione di vari trattamenti. Quattro anni di registrazioni dell'attività dei Chiroteri nei nocciuoli della Provincia di Viterbo hanno evidenziato che la gran parte del popolamento di pipistrelli è costituito da individui appartenenti alle specie *Pipistrellus kuhlii*, *Pipistrellus pipistrellus* e *Hypsugo savii*.

6.13 Indicazioni per pratiche agricole compatibili con conservazione biodiversità

Per le principali patologie e agenti patogeni si sono analizzate le possibilità di presidi sostitutivi a basso impatto sulla biodiversità o di pratiche agronomiche efficaci nel loro controllo (Tabella 6.13.1). Una difesa sostenibile delle colture agrarie richiede necessariamente l'applicazione di metodi di gestione basati sia sulle più idonee pratiche colturali che sui mezzi diretti. Le pratiche agronomiche rivestono un ruolo fondamentale nel prevenire la diffusione di funghi, insetti e piante infestanti. L'applicazione di adeguate pratiche agronomiche può limitare in modo significativo il ricorso ai prodotti fitosanitari. Tra le azioni preventive in grado di limitare e contenere le avversità ricordiamo:

- la preparazione e la gestione del terreno;
- la fertilizzazione;
- la scelta delle varietà e dei portainnesti;
- il periodo e la modalità di semina;
- l'avvicendamento delle diverse colture.

Molto si può fare nella gestione del suolo e nella scelta delle attrezzature e metodiche per la lavorazione del terreno, fondamentale ad esempio per il controllo della flora spontanea cosiddetta infestante.

I principali impatti ambientali al fine di una gestione sostenibile delle diverse colture analizzate derivano soprattutto dall'utilizzo di prodotti fitosanitari insetticidi che, per la loro stessa natura, hanno il massimo di impatto sulla fauna, con particolare riferimento agli impollinatori. La maggior parte degli organismi

bersaglio può essere, infatti, efficacemente combattuta con adeguate pratiche agronomiche e con vari sostitutivi dei prodotti fitosanitari a basso impatto ambientale (Tabella 6.13.1).

L'agroecosistema nocciolo, caratterizzato da equilibri preesistenti relativamente stabili per la presenza di numerosi limitatori naturali, specie antagoniste di flora e fauna, appare particolarmente idoneo per una gestione biologica, qualora venissero individuate soluzioni per contenere i fitofagi più temibili e potenziare l'attività dei nemici naturali. In quest'ottica diventa di fondamentale importanza la conduzione colturale del corileto, in particolare lo studio delle relazioni intercorrenti fra diversi fattori, quali la scelta varietale, la forma di allevamento e lo stato fitosanitario, al fine di ottenere una produzione qualitativamente e quantitativamente sostenibile (Tavella et al., 2008).

Tra le tecniche di controllo delle infestanti con mezzi biologici ricordiamo l'introduzione in campo di insetti fitofagi o altri organismi viventi (esempio: microrganismi). Esistono naturalmente alcune controindicazioni, come ad esempio il rischio di sovrappopolazione dell'agente biologico stesso. Se l'equilibrio ecologico non è alterato in maniera irreversibile e dannosa, questo sistema di lotta alle infestanti può comunque risultare efficace perché in grado di autopertuarsi nel tempo.

Esistono sostitutivi ai prodotti fitosanitari chimici più o meno efficaci per tutti gli insetti fitofagi problematici nelle aree studiate.

Si consiglia l'uso di prodotti insetticidi biologici contenenti ad esempio funghi entomopatogeni (*Bauveria bassiana*) e nematodi (*Steinernema* Spp., *Heterorhabditis* Spp.). Questi presentano: elevata tossicità sugli insetti bersaglio (balanino e altri), bassa tossicità nei confronti degli organismi utili, scarsa possibilità di generare resistenza. Inoltre, hanno dato buoni risultati interventi fitosanitari misti che prevedono, ad esempio nel nocciolo, su tre trattamenti totali uno solo con insetticida di sintesi e gli altri due rispettivamente con caolino e sapone molle. Una certa efficacia insetticida è stata inoltre provata per prodotti a base di zeolite chabasite che svolgono azione repellente nei confronti di molti insetti (Bosio G., 2019).

Il metodo biologico più adatto per eliminare la cocciniglia del nocciolo (*Eulecanium coryli*) è certamente la prevenzione. La cocciniglia causa seri danni alle colture attraverso un'abbondante produzione di melata che favorisce la formazione delle fumaggini e riduce gli scambi gassosi, provocando asfissia. Questa consiste nel preservare i suoi nemici naturali, come ad esempio i Coleotteri Coccinellidi e gli Imenotteri Calcidoidei, che riescono a controllare le popolazioni di cocciniglia del nocciolo. Ciò è possibile solamente attraverso pratiche agronomiche biologiche ed integrate che non diminuiscono drasticamente le popolazioni di insetti predatori autoctoni presenti nel nocciolo e nei dintorni limitrofi, evitando trattamenti con insetticidi di sintesi chimica a largo spettro di azione.

Tra i patogeni più temibili per tutte le colture esaminate sono da citare le cimici. In generale per proteggere le coltivazioni è indispensabile evitare monoculture attrattive nelle zone circostanti e alternare delle piante da "sacrificare, come il mais e il basilico o utilizzarle per la costituzione di bordure e fasce lungo i coltivi con specie trappola" in grado di attirare di più le cimici del nocciolo.

Gestendo in maniera appropriata la flora spontanea, quindi consentendo il naturale sviluppo senza interferenze, si è in grado anche di offrire nutrimento e riparo a numerosi insetti utili e ai rettili e agli uccelli che si cibano di insetti. Un buon sovescio di *Trifolium pratense*, *Brassica juncea*, *Vicia villosa*, *Raphanus sativus*, *Avena sativa*, *Lolium multiflorum* è in grado di attrarre insetti patogeni che attaccheranno l'erba piuttosto che i noccioli. Se nei nocciolati il terreno viene diserbato le cimici, non avendo alternative alimentari, attaccheranno solo i noccioli. Inoltre, prove condotte in campo in Piemonte, hanno evidenziato che in un'azienda biologica che non fa uso di insetticidi di alcun genere ormai da diversi anni i danni da cimice sono stati molto limitati, in linea con quelli di aziende non biologiche che effettuano anche tre o quattro trattamenti insetticidi. Questo grazie all'abbondante presenza di predatori naturali.

In provincia di Viterbo le aziende corilicole, biologiche e convenzionali, sono ad alta specializzazione e le perdite, in termini di resa del biologico potrebbero essere compensate dagli incentivi previsti dalla PAC per le misure agro-climatiche ambientali applicate e dal prezzo più elevato del prodotto (Chiorri, 2007).

Come riportato da Varvaro e Fabi (2013), per quanto riguarda la necrosi batterica del nocciolo causata da *Xanthomonas arboricola* pv. *corylina*, gli interventi agronomici consigliati sono l'eliminazione degli organi infetti con le operazioni di potatura e la disinfezione dei tagli con solfato di rame o con ipoclorito di sodio al 3%, inoltre la corretta effettuazione di concimazioni ed irrigazioni equilibrate.

Le stesse operazioni possono essere considerate efficaci anche in presenza di moria del nocciolo, causata da *Pseudomonas avellanae*. In questo caso, risulta molto importante effettuare anche opportune sistemazioni idraulico-agrarie volte ad assicurare un buon drenaggio al terreno eliminando i ristagni idrici.

Per quanto riguarda le malattie fungine è necessario ricorrere a cultivar di nocciolo locali in equilibrio con le condizioni climatiche o comunque resistenti alle varie patologie diffuse nell'area di impianto e

rispettare le esigenze ecologiche della specie o delle cultivar per ridurre l'azione dei patogeni e la necessità di ricorso alle irrigazioni.

Nei nocciuoli dove il pH del terreno è al disotto di 5,5 vanno effettuate calcitazioni annuali (calce idrata 50-60 q.li/ha, in due riprese, durante il periodo invernale) per riportare il pH verso la neutralità. È indispensabile l'analisi fisico-chimica del terreno in modo da effettuare le correzioni necessarie (Scortichini, 2006).

La buona conoscenza della biologia dei patogeni, degli ospiti e dei parametri ambientali permette di prevedere e gestire le epidemie nelle colture limitando l'uso di prodotti fitosanitari (Zadocks e Schein, 1979). È sicuramente possibile sostituire la maggior parte dei fitosanitari chimici con un'iniziale adeguata scelta della "cultivar" utilizzata, idonee pratiche agronomiche e prodotti consentiti anche in agricoltura biologica.

Il miglioramento genetico delle varietà può offrire, attraverso, la costituzione e/o selezione di germoplasma, fonti di resistenza verso i patogeni. Purtroppo, i metodi tradizionali sono caratterizzati da tempi molto lunghi di selezione. Il miglioramento genetico mediante l'individuazione di marcatori molecolari associati alla resistenza è promettente per abbreviare i tempi di selezione (Bernardo, 2008; Baima & Morelli, 2010). Si fa presente che nella Regione Lazio le varietà rustiche indigene devono essere conservate ai sensi della Legge Regionale 1° marzo 2000 n. 15. Tale pratica di salvaguardia è prevista anche dal Piano Nazionale sulla biodiversità di interesse agricolo.

A seguito di indagini di campo e di inoculazioni artificiali mirate a verificare l'effettivo grado di tolleranza delle piante nei confronti di dosi conosciute del batterio (*Pseudomonas avellanae*), risulta che le cultivar Tonda Rossa e Barcelona sono dotate di tolleranza (Scortichini M., 2006).

Dal punto di vista socioeconomico, sempre più studi dimostrano che i chiroterri offrono anche servizi utili all'uomo negli agroecosistemi, visto il loro ruolo nella catena trofica. Infatti, sono efficienti antagonisti naturali di molti insetti patogeni e, riducendo l'impatto deleterio di questi, consentono di minimizzare l'uso degli insetticidi fino ad azzerarlo, facendo risparmiare sui costi legati alle applicazioni dei prodotti fitosanitari e allo stesso tempo migliorando lo stato dell'agroecosistema (Boyles et al. 2011; Riccucci e Lanza 2014).

Infatti, nel passato l'attenzione si era concentrata quasi esclusivamente sulla predazione da parte degli uccelli arrivando a sovrastimare gli effetti, che non tenevano conto dell'attività insettivora notturna dei Chiroterri (Riccucci e Lanza 2014). Studi recenti hanno dimostrato che i pipistrelli sono egualmente importanti rispetto agli uccelli nel controllare le popolazioni di insetti fitofagi o hanno addirittura un impatto maggiore (Riccucci e Lanza 2014).

Nell'ultimo decennio diversi autori hanno attirato l'attenzione sull'importante contributo che i pipistrelli apportano al controllo degli insetti dannosi all'agricoltura (Boyles et al., 2011; Cleveland et al., 2006; Ghanem and Voigt, 2012; Kunz et al., 2011; Lee and McCracken, 2005; McCracken et al., 2012; Park, 2015; Puig-Montserrat et al. 2015). Tuttavia, ad oggi pochi studi sono stati effettuati direttamente nei nocciuoli.

Diversi indagini hanno preso in esame le coltivazioni di olivo in alcune regioni mediterranee dell'Europa meridionale: la penisola iberica e l'Italia meridionale. Si tratta di habitat che ospitano ricche comunità biologiche, fornendo ai pipistrelli importanti opportunità di foraggiamento, ciò implica la possibilità per i pipistrelli di influire (riducendole) sulle popolazioni di Ditteri fitofagi, come la mosca delle olive, *Bactrocera oleae* (Tephritidae), in buona parte responsabile, insieme ai cambiamenti climatici, del crollo della produzione 2014 dell'olio di oliva in Spagna e in Italia. Infatti, nelle feci di *Pipistrellus kuhli* attraverso tecniche di diagnostica molecolare (PCR), hanno rivelato la presenza di *Bactrocera oleae* nel 33% dei casi esaminati (Jay M., 2014).

Questo servizio ecosistemico offerto dai chiroterri può manifestarsi anche nelle coltivazioni di nocciole. Infatti, come osservato da Riccucci e Maistrello (2016) nel nostro Paese la Cimice asiatica (*Halyomorpha halys*) si sta diffondendo rapidamente e si sta rivelando particolarmente dannosa in agricoltura a causa dell'elevata polifagia e delle peculiari caratteristiche biologiche e comportamentali. Questo vale anche per le coltivazioni di nocciole, soprattutto in Piemonte dove la cimice si è ampiamente stabilita. Recentemente negli Stati Uniti Orientali è stata documentata una costante predazione stagionale di *H. halys* da parte del Serotino bruno, *Eptesicus fuscus* un chiroterro americano molto simile al nostro *Eptesicus serotinus*, con il quale è stato a lungo considerata come unica specie.

Da uno studio (Valentin et al. 2016) è emerso che la risposta predatoria è in relazione alla densità delle prede e che i chiroterri possono essere considerati come agenti di sorveglianza di specie invasive perché riconoscono *H. halys* come preda abituale durante tutta la stagione. In un contesto di gestione integrata degli agroecosistemi, considerando le intrinseche difficoltà nel controllo dei patogeni ed il fatto che l'efficienza di predazione dei chiroterri sia dipendente dalla densità delle prede (Boyles J.G., 2013), l'installazione di rifugi artificiali come le bat box potrebbe quindi costituire un valido aiuto per

proteggere le varie produzioni agricole e limitare i danni subiti dall'attacco degli insetti fitofagi invasivi (Kiser M, Kiser S., 2002).

Per quanto riguarda lo sfalcio si consiglia di utilizzare una macchina semovente professionale, impiegata per la gestione di grandi superfici (es. i campi da golf). Questa macchina con lame orizzontali e non "martelli" verticali, ha un peso minore di una trincia. Adottare questa scelta tecnica ha come vantaggio di ridurre il compattamento dei terreni, permette di regolare meglio l'altezza di taglio, quindi non consuma lo strato superficiale del suolo, e i consumi di gasolio sono nettamente inferiori rispetto all'utilizzo di un trattore. Così facendo saranno necessari circa 3 o 4 tagli fino alla raccolta (dipende dalla piovosità dell'annata). Dopo il taglio sul terreno rimane una leggera copertura di erba che lo protegge dal caldo senza tuttavia ostacolare la raccolta meccanica delle nocciole.

La pacciamatura consente di eliminare l'uso dei diserbanti riproducendo quanto avviene in natura: il fogliame e altri residui vegetali, depositandosi al suolo, formano una specie di "tappeto" naturale che impedisce, soprattutto per mancanza di luce, la germinazione della vegetazione spontanea.

I materiali utilizzati per la pacciamatura possono essere la paglia, i residui di sfalcio dei prati, pezzi di corteccia, oppure teli di materiale biodegradabile autorizzato nelle coltivazioni biologiche

Utilizzando queste tecniche di sfalcio e pacciamatura naturale, si elimina il ricorso agli erbicidi. Infatti, gli erbicidi utilizzati nella corilicoltura convenzionale, influenzano negativamente la struttura e gli habitat del suolo con perdite di specie e riduzione di abbondanze delle popolazioni nelle diverse comunità biologiche.

Un'ulteriore funzione della pacciamatura è quella di limitare l'evaporazione del terreno, favorendo quindi la conservazione dell'umidità e il benessere delle piante coltivate.

Tabella 6.13.1- Presidi sostitutivi o pratiche agronomiche a basso impatto ambientale efficaci nel controllo dei principali fitopatogeni segnalati nei nocciolieti delle aree analizzate

Fitopatogeno	Lotta Biologica/Buone Pratiche	Rif. Bibl.
Afidi	Coccinelle. Macerato di ortica . Silicato di sodio 150 g + Sapone molle citr. 100 g + Propoli 20 g.	Minoretti & Weisser, 2000
Afide del nocciolo (<i>Corylobium avellanae</i>)	Favorire sopravvivenza e riproduzione dei predatori naturali (Neurotteri Crisopidi, Coleotteri Coccinellidi, Rincoti Antocoridi). Particolarmente efficaci l'Imenottero Braconide <i>Praon dorsale</i> e l'Afelinide <i>Aphelinus abdominalis</i> .	Pantaleoni & Tavella, 2006
Balanino delle nocciole (<i>Curculio nucum</i>)	Raccogliere e distruggere le nocciole cadute precocemente a terra e distruggerle con il fuoco. In inverno un'aratura a bassa profondità (10-15 cm), in modo da riportare in superficie eventuali larve che si stanno riparando dal freddo invernale. Risulta efficace il trattamento biologico con i prodotti contenenti funghi entomopatogeni quali: <i>Bauveria bassiana</i> .	Guidone et al., 2016
Cimice asiatica (<i>Halymorpha halys</i>)	Piretrine, Piretro (Perché funzionino è molto importante individuare i nidi, sugli apici di alcune piante come edera, lampone e melo, e intervenire sui nuovi nati (neanidi), più sensibili), <i>Trissolcus japonicus</i> , <i>Anastatus bifasciatus</i> .	Sabbatini Peverieri et al., 2018
Cimice del nocciolo (<i>Gonocerus acuteangulatus</i>)	L'eupelmide <i>Anastatus bifasciatus</i> , gli scelionidi <i>Gryon muscaeformis</i> , <i>Gryon bosellii</i> , <i>G. reduviophagus</i> e <i>Trissolcus grandis</i> , l'encirtide <i>Ooencyrtus gonoceri</i> ne parassitizzano le uova. A fine ottobre o novembre si taglia l'erba sotto chioma e la si lascia a terra, insieme ad eventuali sterpaglie. A fine inverno, intorno al mese di febbraio, si brucia il tutto con il fuoco. In caso di forti infestazioni si può intervenire con olio di neem e <i>Beauveria bassiana</i> .	Spataro, 2013
Coccoidea (Cocciniglie)	Trappole a feromoni.	Arsia regione Toscana, 2010; Cravedi, 2016

Fitopatogeno	Lotta Biologica/Buone Pratiche	Rif. Bibl.
Cocciniglia del nocciolo (<i>Eulecanium coryli</i>)	Preservare i suoi nemici naturali, come ad esempio i Coleotteri Coccinellidi e gli Imenotteri Calcidoidei.	Gutierrez et al., 1982
Eriofide (<i>Phytoptus avellanae</i>)	Macerati naturali di aglio, ortica, peperoncino. Olio bianco, zolfo.	Agrion, 2017
Alternaria (<i>Alternaria</i> sp. pl.)	Corroborante: <i>Trichoderma harzianum</i> . Adottare ampie rotazioni; effettuare concimazioni azotate equilibrate; eliminare i residui colturali infetti; evitare la presenza di infestanti graminacee. Queste misure sono le uniche in grado di contenere i patogeni, in quanto non esistono mezzi diretti di protezione. Azione preventiva: Prodotti rameici. Bicarbonato+Bentonite+zolfo.	La Torre et al., 2016
Allupatura, marciumi dei frutti (<i>Phytophthora</i> sp.pl., <i>Citrophthora</i> sp.pl.)	Opportuna scelta di innesto e porta innesto; evitare irrigazioni per aspersione e favorire il drenaggio; evitare ristagni idrici in prossimità del colletto; evitare terreni pesanti e mal drenati; favorire l'inerbimento degli interfilari; adottare portainnesti resistenti.	http://m.agrimont.info/
Antracnosi	Bicarbonato di sodio+sapone allo zolfo+propoli. Corroborante: <i>Trichoderma harzianum</i> .	La Torre et al., 2016
Cancro batterico del nocciolo (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>avellanae</i>)	Composti rameici. Scegliere varietà meno suscettibili; effettuare concimazioni equilibrate; adottare ampie rotazioni; distruggere i residui colturali infetti.	La Torre et al., 2016
Disseccamento dei rametti (<i>Gloeosporium</i> sp.pl.)	<i>Aureobasidium pullulans</i> .	Rete Interregionale per la Ricerca Agraria, Forestale, Acquacoltura e Pesca, 2010
Marciume bruno delle nocciole (<i>Monilia</i> sp.pl.)	Polisolfuro di Calcio. Solfato di rame + Calce idr. + Propoli.	Foschi e Pirazzini, 2007

Per l'immissione di organismi non autoctoni in ambienti naturali occorre far riferimento alle disposizioni del D.P.R. del 5m luglio 2019, n.102 che modifica l'art.12 del D.P.R. del 8 settembre 1997,n. 357, concernente l'attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche .

Scopo della gestione sostenibile delle fitopatie in agricoltura è mantenere i danni entro livelli economicamente e socialmente accettabili, con il minimo impatto ambientale possibile così come previsto dalle normative e dalle strategie europee e nazionali. Alcuni principi fondamentali (Campbell, CL e LV Madden. 1990; Anonimo, 1968; Maloy, 1993) da applicare per la gestione delle malattie sono così sintetizzabili (Pasquini & Delogu, 2003):

- uso di varietà resistenti, tolleranti all'infezione, idonee a limitare la riproduzione del patogeno;
- sfuggenza: scegliere il momento e il terreno meno idonei per condizioni ambientali allo sviluppo epidemico;
- adattamento: utilizzare la giusta specie, la giusta cultivar sul suolo maggiormente idoneo;
- esclusione: prevenire l'introduzione dei patogeni (uso di seme sano, misure di quarantena all'importazione);
- eradicazione: eliminare i focolai d'infezione, gli ospiti alternativi, le fonti di infezione ecc.;
- protezione: applicazione di trattamenti idonei a prevenire, o a limitare l'infezione;

cura: interventi miranti a guarire le piante infette e a ridurre e controllare la riproduzione del patogeno.

Per un'adeguata applicazione della misura di sostituzione/eliminazione degli insetticidi chimici è opportuno monitorare adeguatamente le eventuali mancate rese in caso di impiego di sostitutivi per calcolare gli adeguati pagamenti agro-climatico ambientali compensativi.

Si ricorda che la presenza di adeguate fasce vegetate ecotonali con specie autoctone, a bordo o all'interno delle colture, possono sia favorire i predatori che i parassitoidi dei fitopatogeni e essere maggiormente attraenti per gli organismi patogeni stessi rispetto alla specie coltivata, oltre a elevare notevolmente il valore ambientale del territorio agricolo considerato aumentando la biodiversità vegetale.

7. SEMINATIVI

I seminativi sono stati oggetto di monitoraggio solo nel biennio 2015-2016, soprattutto per la difficoltà di trovare aziende in aree protette e Siti Natura 2000 o in aree limitrofe, che presentassero campi con caratteristiche confrontabili in termini di presenza di habitat o di ambienti idonei alla presenza delle specie considerate come bioindicatori (es. canali, siepi, fasce inerbite, filari ecc). Inoltre i seminativi, essendo soggetti a rotazione, spesso cambiano tipo di coltura di anno in anno impedendo quindi la ripetizione delle attività di monitoraggio in anni successivi. Per di più le poche aziende agricole biologiche disponibili in aree protette e in Siti Natura 2000 del Lazio, spesso coltivavano tipi di seminativi diverse da quelle delle aziende convenzionali, come ad esempio il farro, l'orzo oppure i grani antichi, rendendo quindi molto difficile trovare campi confrontabili.

Pertanto nel presente capitolo verranno descritti solo i risultati ritenuti validi a comprendere i potenziali pericoli per la biodiversità derivanti dai trattamenti utilizzati in questo tipo di colture ovvero, quelli relativi alle analisi chimiche, ecotossicologiche e granulometriche per i campi di girasole e mais analizzati. I dati relativi agli indicatori biologici non sono stati riportati, in quanto, come detto, i campi selezionati sono risultati poco omogenei dal punto di vista della disponibilità di habitat per le specie considerate come bioindicatori, rendendo difficile stabilire se la risposta degli indicatori biologici selezionati fosse determinata dell'effetto delle covariate ambientali (descritte nel cap. 3.2) o piuttosto da quello dei prodotti fitosanitari utilizzati. Tuttavia l'esperienza è servita a definire appunto le covariate da tenere in considerazione per la scelta dei campi biologici e convenzionali da confrontare e per comprendere le criticità per la conservazione della biodiversità legate ai trattamenti fitosanitari e alle pratiche agricole collegate a questa coltura. Sulla base delle suddette criticità, è stato possibile definire le indicazioni gestionali riportate in questo capitolo.

7.1 Tipologia dei trattamenti fitosanitari e compatibilità con la Misura n. 13

Seminativi 2015

I seminativi sono stati oggetto di monitoraggio solo nel biennio 2015-2016. Nella prima annualità del 2015 sono stati analizzati i trattamenti che hanno caratterizzato i campi di girasole a gestione convenzionale, GT1 e GT2, ubicati a Rivodutri nei pressi della Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripasottile.

Durante l'annualità 2015 per il campo GT1 il proprietario non ha effettuato nessun trattamento fitosanitario ed è stata eseguita solo una fertilizzazione, in fase di presemina (tab.7.1.1). Quindi i trattamenti fitosanitari hanno interessato il solo campo GT2 in cui sono stati eseguiti 2 trattamenti descritti in tabella 7.1.1.

Tabella 7.1.1 - Trattamenti effettuati nei campi di girasole (2015)

Riserva Naturale	Tipo coltivazione	Tipo pratica agricola	Codice campo	Tempistica trattamento	Tipo trattamento
Riserva Parziale Naturale Laghi Lungo e Ripa Sottile	girasole	convenzionale	GT1	10/04/2015 (fertilizzazione)	Presemina N/P doppia: solo N e solo P – insieme a AMIDAS perfosfato semplice
	girasole	convenzionale	GT2	10/04/2015 (fertilizzazione)	Presemina N/P doppia: solo N e solo P – insieme a AMIDAS perfosfato semplice
	girasole	convenzionale	GT1	-	Il proprietario non ha effettuato il trattamento previsto su questa area
	girasole	convenzionale	GT2	18/04/2015 (trattamento fitosanitario)	GOAL (Oxyfluorfen) puro 480 g/lit coformulati q.b. a g.100) 0,5lt/1 ha
	girasole	convenzionale	GT1	-	Il proprietario non ha effettuato il previsto trattamento erbicida su questa area in quanto ritenuto non necessario

	girasole	convenzionale	GT2	26/05/2015 (trattamento fitosanitario)	EXPRESS SUN (Tribenuron metile) 50gr per ha con aggiunta di coadiuvante specifico CODACIDE
--	----------	---------------	-----	--	--

Nella tabella sottostante vengono riportate le informazioni e le relative frasi di rischio, per gli organismi e l'ambiente, ricavate dalle etichette dei principi attivi dei prodotti fitosanitari utilizzati per i campi girasoli oggetto di studio (Banca dati prodotti fitosanitari del Ministero della Salute http://www.fitosanitari.salute.gov.it/fitosanitariwsWeb_new/FitosanitariServlet). La valutazione sul possibile utilizzo dei prodotti in aree protette e Siti Natura 2000 è stata effettuata in base a quanto disposto dalla Misura 13 e secondo la metodologia descritta nel paragrafo 3.2.

Tabella 7.1.2 - Principi attivi presenti nei prodotti utilizzati per i trattamenti nei campi di girasole (2015)

Sostanza attiva (Prodotto)	Indicazioni d'uso e frasi di rischio/precauzione per l'ambiente	Valutazione sull'utilizzo in aree protette/Siti Natura 2000
Glyphosate (RoundUp, Platinum)	Autorizzato. Probabile cancerogeno secondo lo IARC. Per i numerosi danni ambientali su suolo, acqua (metabolita AMPA) e organismi non target (api) il suo uso è da escludere nelle aree protette Frasi di rischio: H411 Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata. Frase Spe: SPe2, SPe3	Non utilizzabile
Metolachlor	Autorizzato. Altamente tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico (R50/53). Evitare la contaminazione attraverso i sistemi di scolo delle acque dalle aziende agricole e dalle strade. Per proteggere le acque sotterranee non applicare su suoli contenenti una percentuale di sabbia superiore all'80% (SPe2). Per proteggere gli organismi acquatici non trattare in una fascia di rispetto di 5 metri dai corpi idrici superficiali. Per proteggere le piante non bersaglio non trattare in una fascia di rispetto di 5 metri da vegetazione naturale (SPe3). Frasi di rischio: H411 Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata. Frase Spe: SPe2, SPe3.	Non utilizzabile
Oxyfluorfen (Goal)	Altamente tossico per gli organismi acquatici e quindi può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico (R50/53). Pur rinvenendosi nei monitoraggi dei corpi idrici e con lunghi tempi di emivita nei suoli risulta, tuttavia essere un principio attivo autorizzato come riportato dalle schede di sicurezza è necessario evitare la contaminazione attraverso i sistemi di scolo delle acque dalle aziende agricole e dalle strade. Alcuni prodotti Goal sono stati revocati Frasi di rischio: H410 Altamente tossico per gli organismi acquatici con effetti negativi a lungo termine. Frase Spe: Manca nonostante il profilo di rischio	Non utilizzabile
Tribenuron - Methyl (Express sun 50)	Altamente tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico (R50/53). Frasi di rischio: H410 Altamente tossico per gli organismi acquatici con effetti negativi a lungo termine. Frase Spe: SPe2, SPe3 Per le aree naturali protette va comunque rispettata una fascia tampone dalla vegetazione spontanea di almeno 15 metri che si può ridurre a 10 metri nel caso di utilizzo di ugelli antideriva ad iniezione d'aria con una pressione d'esercizio non superiore a 8 bar (SPe 3)	Non utilizzabile

Seminativi 2016

Per quanto riguarda l'annualità 2016 sono stati effettuati campionamenti nei campi: di mais a gestione convenzionale, MT, e a gestione biologica, MB, ubicati in località Torrita Tiberina (RM) nella ZSC-ZPS IT IT6030012 "Riserva Naturale Tevere Farfa" (RM) e di girasole GT(convenzionale) e GB (biologico) ubicati in località Rivodutri nella Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripasottile (RI). Durante l'annualità 2016 per il campo di mais MT è stato eseguito un solo trattamento fitosanitario a semina in pre-emergenza che ha previsto l'utilizzo del prodotto Adengo, un erbicida ad ampio spettro, ed un trattamento di fertilizzazione con letame ed urea (Tabella 7.1.3). Anche per il campo di girasole GT è stato eseguito un solo trattamento fitosanitario a semina in pre emergenza con il prodotto Galigan 500, contenente Oxyfluorfen, e due fertilizzazioni (Tabella 7.1.4).

Tabella 7.1.3 - Principi attivi presenti nei prodotti utilizzati per i trattamenti nei campi di girasole e mais (2016)

Riserva Naturale	Tipo coltivazione	Tipo pratica agricola	Codice campo	Tempistica trattamento	Tipo trattamento
Riserva Parziale Naturale Laghi Lungo e Ripa Sottile	girasole	convenzionale	GT	Fertilizzazione	Basic3 q.li/ha (insieme semina) Humi 7 25 3 q.li/ha Rhizovit 31 N-process 2,5 q.li/ha
	girasole	convenzionale	GT	trattamento fitosanitario 11/05/2016	Galigan 500 SC (Oxyfluorfen) 0,5 l/ha
Riserva di Nazzano Tevere Farfa	mais	convenzionale	MT	trattamento fitosanitario 28/6/2016	Adengo (Isoxaflutolo, Cyprosulfamide, Thiencarbazone-methyl)
	mais	convenzionale	MT	Fertilizzazione -	Letame ed urea

Nella tabella 7.1.4 vengono riportate le informazioni e le relative frasi di rischio per gli organismi e l'ambiente ricavate dalle etichette dei principi attivi dei prodotti fitosanitari utilizzati per i campi di girasole e di mais oggetto di studio durante l'annualità 2016 (Banca dati prodotti fitosanitari del Ministero della Salute)

http://www.fitosanitari.salute.gov.it/fitosanitariWeb_new/FitosanitariServle t.

La valutazione sull'utilizzo dei prodotti in aree protette e Siti Natura 2000 è stata effettuata secondo la metodologia descritta nel paragrafo 3.2.

Tabella 7.1.4 - Principi attivi presenti nei prodotti utilizzati per i trattamenti nei campi di girasole (2015)

Sostanza attiva (Prodotto)	Indicazioni d'uso e frasi di rischio/precauzione per l'ambiente	Valutazione sull'utilizzo in aree protette/Siti Natura 2000
Isoxaflutole, Cyprosulfamide, Thiencarbazone-methyl (Adengo®)	Debolmente tossico per i pesci e moderatamente per lo zooplancton (PAN Pesticide Database). Non risulta dannoso per i lombrichi o per il metabolismo del suolo (PPDB). Per il suo largo spettro d'azione può alterare le comunità vegetali naturali con cui entra in contatto. Debolmente tossico per le api (PPDB) può, comunque diminuire le risorse trofiche degli impollinatori (ISPRA, 2016). Frasi di rischio H410 Molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata. Frase Spe: SPe3	Non utilizzabile
Oxyfluorfen (Galigan)	Altamente tossico per gli organismi acquatici, molto tossico per lo zooplancton e altamente tossico per i pesci (WSSA, 1989). Può provocare, a lungo termine, effetti negativi per l'ambiente acquatico. Si rinviene, spesso nella attività di monitoraggio dei corpi idrici (ISPRA, 2016). Dall'Oxyfluorfen si formano due metaboliti rilevanti: MW 347 e Deg 27; il primo risulta particolarmente tossico per gli organismi acquatici, è persistente nel suolo, causa diminuzione di biodiversità e alterazione delle comunità vegetale (ISPRA, 2015). Debolmente tossico per le api (PPDB) può, comunque diminuire le risorse trofiche degli impollinatori (ISPRA, 2016). H410 Altamente tossico per gli organismi acquatici con effetti negativi a lungo termine. Frase Spe: Manca nonostante il profilo di rischio	Non utilizzabile

7.2 Rischi potenziali per flora e fauna associati all'uso dei prodotti fitosanitari utilizzati

Nel 2016 su girasole è stato utilizzato Galican® contenente il principio attivo Oxyfluorfen alla concentrazione di 500 g/L. Questo principio attivo è probabile carcinogeno (US EPA), altamente tossico per i pesci, estremamente tossico per lo zooplancton e per gli organismi acquatici, con effetti di lunga durata. In particolare estremamente tossico per Lemna gibba.

Dall'Oxyfluorfen si formano due metaboliti rilevanti: MW 347 e Deg 27; il primo risulta particolarmente tossico per gli organismi acquatici.

Secondo le valutazioni dell'EFSA - Agenzia Europea per la Sicurezza Alimentare- deve essere prevista una misura di mitigazione del rischio, per tutti gli usi consentiti, che prevede una fascia tampone inerbita fino a 20 metri non trattata (EFSA, 2015; 2010).

Nel 2016 su Mais è stato utilizzato il prodotto Adengo erbicida ad ampio spettro, contenente il principio attivo Thiencarbazone-methyl, tossico per la riproduzione e lo sviluppo, altamente tossico per le piante vascolari acquatiche, stabile in acqua per fotolisi e persistente per idrolisi. Nel suolo si trasforma in metaboliti con emivita prolungata alcuni dei quali considerati potenziali inquinanti delle acque.

Isoxaflutole principio attivo erbicida usato in pre-emergenza su mais e girasole ad ampio spettro per il controllo delle erbe infestanti. È sistemico, viene assorbito da radici e foglie, agisce inibendo l'enzima 4-idrossifenil-piruvato-diossigenasi. Presenta un'elevata tossicità per gli organismi acquatici e i mammiferi, per il crostaceo *Americamysis bahia*, LC₅₀ acuta a 96 ore = 0,014 mg l⁻¹, come nel roditore *Rattus norvegicus* il NOEL (No Observed Effect Level) = 2 mg/kg. Il Cyprosulfamide è un fitoprotettore erbicida utilizzato per aumentare l'efficacia del Thiencarbazone-methyl sulle colture, presenta tossicità rilevante nei mammiferi.

7.3 Analisi chimiche dei residui di PF nei suoli e delle acque

Seminativi 2015

Per l'annualità 2015, i risultati analitici nelle acque superficiali, che interessano i campi di girasole ubicati in località Ripa Sottile, hanno evidenziato che solo 1 campione (NRG 1083) prelevato nel campo GT2 è risultato positivo ai fitofarmaci, per presenza di Metolaclor (Tabella 7.3.1). Questo principio attivo, tuttavia, non è riconducibile al trattamento del terreno a girasole, ma al limitrofo campo a sorgo (presunto originariamente come non trattato). In campo si sono notate evidenze di "bruciatura" della vegetazione spondale del canale per deriva. Nelle acque dei canali sono stati rilevati solfati e sostanze azotate, imputabili alla possibile alimentazione dal canale S. Susanna, portatore di acque solfatiche. Nella seguente tabella si sintetizzano le evidenze più significative sui campioni.

Tabella 7.3.1 - Risultati della presenza di prodotti fitosanitari nelle acque superficiali che interessano i campi di girasole (annualità 2015)

Terreno/canale	NRG	Data	Positività fitosanitari	Conducibilità $\mu\text{S}/\text{cm}$	O.D. mg/l	SO4 mg/L	NO3 mg/L
GT1	680	15/04	0	1015	3,9	114	0,8
GT 1	745	21/04	0	1006	7,6	103	0,87
GT1 1	1081	28/05	0	739	6,2	43	0,24
GB1-2	681	15/04	0	829	10,2	69	9,3
GB1-2	746	21/04	0	874	10,7	44	4,1
GB1-2	1082	28/05	0	841	10,8	44	0,85
GT 2	682	15/04	0	987	8,9	180	0,7
GT 2	747	21/04	0	941	10,1	99	0,79
GT 2	1083	28/05	1	810	5,9	68	0,48

Le analisi eseguite sulla matrice suolo hanno evidenziato su tutti i campioni del campo GT2, la presenza del principio attivo Oxifluorfen in concentrazioni variabili tra 1,5 e 135 $\mu\text{g}/\text{Kg}$.

A chiusura dei trattamenti e dei campionamenti (22 e 23 dicembre 2015), sono stati raccolti campioni di materiale vegetale nei campi di girasole al fine di verificare se vi fossero residui di prodotti fitosanitari nelle parti o nei resti rilevate nei campi. Tale indagine è stata effettuata in seguito alla constatazione dello scarso o nullo rilevamento di residui di fitofarmaci nei suoli. Il materiale raccolto nei campi di girasole era costituito da parti di piante di girasole rimasti nel campo dopo l'aratura

Dalle analisi è emersa la presenza di Oxifluorfen nel tessuto dei campioni prelevati in GT1, pari a 8,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$, nonostante non vi siano conferme dell'uso di questo principio attivo sul suolo campionato. Nei campioni prelevati in GT2, l'Oxifluorfen è stato rilevato sulla superficie del materiale vegetale in

quantità pari a 0,6 µg/kg, mentre nei tessuti pari a 1,6 µg/kg. Inoltre, per motivi non attribuibili ai trattamenti effettuati nei campi biologici, sono stati trovati rispettivamente 2 µg/kg e 0,5 µg/kg di Tebuconazolo nei tessuti del materiale vegetale prelevato in GB1 e GB2 (Tabella 7.3.2)

Tabella 7.3.2 - Risultati delle analisi dei residui dei prodotti fitosanitari nel materiale vegetale prelevato nei campi di "sperimentazione" e "controllo" dei di girasole e nei nocciolati a fine dicembre 2015

Campo	Id profilo	Metolaclo r	Pendimetal n	Oxifluorfe n	Alfa- Endosulfa n	BETA- Endosulfa n	Oxadiaz o	Tebuconazol o	Lambda- cialotrin a
GB1	Superfici e	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Tessuti	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2	<0.5
GB2	Superfici e	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Tessuti	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5
GT1	Superfici e	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Tessuti	<0.5	<0.5	8.3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
GT2	Superfici e	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	Tessuti	<0.5	<0.5	1.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

Seminativi 2016

Le analisi chimiche eseguite da Arpa Lazio sui campioni prelevati nei campi di girasole e mais a gestione biologica e convenzionale e nell'incoltato sono state condotte su campioni sia di materiale vegetale (semi, foglie, etc.) (Tabella 7.3.3), sia di suoli (Tabella 7.3.4).

Tabella 7.3.3 - Risultati della presenza di residui di prodotti fitosanitari nel materiale vegetale nei seminativi (annualità 2016)

Codifica Campione	Boscalid mg/Kg	Clofentezine mg/Kg	Deltametrina mg/Kg	Lambda Cialodrina mg/Kg	Oxifluorfen mg/Kg	Tebuconazolo mg/Kg	Folpet mg/Kg s.s.	Dimetomorf mg/Kg	Kresomix Methyl mg/Kg s.s.
GB	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
GT	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
GI	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
MB	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
MT	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
MI	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Tabella 7.3.4 - Risultati della presenza di residui di prodotti fitosanitari nei suoli dei campi di girasole e di mais (annualità 2016)

Codifica Campione	Boscalid mg/Kg	Clofentezine mg/Kg	Deltametrina mg/Kg	Lambda Cialodrina mg/Kg	Oxifluorfen mg/Kg	Tebuconazolo mg/Kg	Folpet mg/Kg s.s.	Dimetomorf mg/Kg	Kresomix Methyl mg/Kg s.s.
GT t +1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
MT t +1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
MI t +1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10

Codifica Campione	Thiamethoxam mg/Kg	Clorpirifox mg/Kg	Penconazolo mg/Kg	Penconazolo mg/Kg	Metalaxyl mg/Kg	Metrafenone mg/Kg	Pendimetalin mg/Kg	Metolaclo r mg/Kg	Alfa Endosulfan mg/Kg	Alfa Endosulfan mg/Kg	Oxadiaz on mg/Kg
GT t +1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
MT t +1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
MI t +1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10

Dalle analisi effettuate da ARPA Lazio risulta, in generale che nei campioni di suolo e nel materiale vegetale analizzato nel 2016 non vi sono presenze significative di residui di prodotti fitosanitari. In particolare, considerando i trattamenti dichiarati dagli agricoltori in fase di campionamento, nessuno dei principi attivi utilizzati è stato rilevato con presenze che vanno oltre i limiti di legge, eccetto che per il campo GT. Infatti in questo campo di girasole, al tempo t1 (post trattamento), è stata invece rilevata una presenza oltre i limiti (0,16 mg/Kg) di Oxifluorfen principio attivo del diserbante Galigan 500, utilizzato sulla coltura post semina.

Dalle analisi effettuate sui campioni di suolo prelevati dai campi coltivati a mais ed a girasole è emerso che la quantità di carbonio totale (Ctot) è formata da un'alta percentuale di carbonio inorganico, dovuta ai carbonati presenti nei terreni (dato confermato dalle analisi di cromatografia ionica effettuate) e nella biosfera (ad esempio nei gusci delle conchiglie o nelle ossa dei vertebrati).

Nella tabella 7.3.4, sono riportati i risultati dell'analisi elementare dei campioni di suolo

Tabella 7.3.4 - *Contenuto di carbonio totale, carbonio organico e azoto totale nei suoli dei campi di mais e di girasole (annualità 2016)*

Campione	Ctot g/kg s.s.		Corg g/kg s.s.		Ntot mg/kg s.s.+	
	Valore	Scarto tipo	Valore	Scarto tipo	Valore	Scarto tipo
GT1_t+1	12,16	0,02	3,64	0,17	1,56	$7,30 \cdot 10^{-6}$
MB_t+1	9,03	0,06	2,97	0,14	1,43	$1,02 \cdot 10^{-01}$
MT_t+1	8,45	0,06	3,11	0,04	1,33	$3,35 \cdot 10^{-05}$

7.4 Analisi ecotossicologiche nei suoli e nelle acque.

La strategia di campionamento dei suoli ha previsto il prelievo di due campioni composti per ciascuna area di studio rappresentativi degli spessori 0 – 40 cm e 60 – 100 cm. Ciascun campione composto è stato costituito da 6 incrementi, prelevati in altrettanti punti uniformemente distribuiti nel campo oggetto di studio, utilizzando una trivella da pedologia.

Sono state effettuate cinque campagne di campionamento: a t0 prima dell'avvio della stagione colturale a t1, t2 e t3 dopo ogni trattamento fitosanitario nei coltivi "tradizionali" e a t4 al termine della stagione colturale.

Coltivi a girasole

Nel 2015 sono state eseguite le analisi ecotossicologiche su lisciviato utilizzando il batterio *Vibrio fischeri*, l'alga monocellulare *Raphidocelis subcapitata* e il crostaceo *Daphnia magna*. Nella tabella 7.5.1 dell'Allegato al Capitolo 7 vengono riportati i risultati dei saggi ecotossicologici eseguiti su campioni di suolo nei differenti periodi colturali.

Non sono state rilevate risposte ecotossicologiche particolarmente critiche, con l'eccezione del campione GT1_t4_A (orizzonte suolo a 0-40 cm di profondità) per *D. magna*, la cui risposta non appare coerente con i dati delle analisi chimiche, in particolare con la presenza di residui di prodotti fitosanitari, in quanto non quantificabili.

Altro dato interessante è la tossicità rilevata nei campioni GT2 dell'orizzonte B (orizzonte suolo a 60-100 cm di profondità) in tutti i periodi di campionamento e che mediamente si attesta intorno al 47 % di inibizione della bioluminescenza. La risposta del batterio è stata in tutti i casi significativa; tale risposta che si ripete con costanza in tutti i periodi di campionamento (t0, t1, t2 e t4) potrebbe essere messa in relazione ad una situazione sito specifica degli orizzonti più profondi del campo. In particolare, le elevate concentrazioni di solfati (da 1 a 2 g·kg⁻¹) potrebbero rappresentare uno dei fattori responsabili della tossicità osservata nel saggio con *A. fischeri*.

Nel 2016 le analisi ecotossicologiche nelle colture a girasole sono state eseguite sulla matrice solida, utilizzando il saggio di fitotossicità con *Sinapis alba*, *Lepidium sativum* e *Sorgum saccharatum* (Phytotoxkit - MicroBioTests) e il saggio acuto con *Eisenia* spp (ISO 11268-1).

Il saggio di fitotossicità non ha dato evidenza di inibizione, come pure il saggio di tossicità acuta con *Eisenia*.

Coltivi a mais

Per quanto riguarda il campo coltivato a mais, in uno dei due appezzamenti, è stato effettuato un trattamento diserbante con un prodotto ad ampio spettro attivo su infestanti, sia dicotiledoni che monocotiledoni (compreso il sorgo) e che agisce per assorbimento radicale.

I campionamenti sono stati effettuati prima e dopo il trattamento erbicida. Sui campioni prelevati sono stati eseguiti i saggi di fitotossicità a breve termine utilizzando tre specie, due dicotiledoni (*L. sativum* e *S. alba*) e una monocotiledone (*S. saccharatum*) e il saggio di tossicità acuta con *Eisenia* spp. I risultati dei saggi di fitotossicità sono sintetizzati nella tabella 7.5.2 dell'ALLEGATO al Capitolo 7.

In entrambi i campioni dopo il trattamento (MB_{t+1} ed MT_{t+1}) è stata rilevata un'inibizione della crescita significativa. Trattandosi di due campi adiacenti l'ipotesi potrebbe essere di un effetto di deriva, per cui l'erbicida si è distribuito anche nella parte originariamente non trattata, oppure, ipotesi più probabile, che sia stato trattato anche l'appezzamento che non doveva essere trattato (MB).

Il test con i lombrichi è stato eseguito sia sul campione raccolto dopo il trattamento erbicida sull'appezzamento trattato (MT_{t+1}) che sull'appezzamento non trattato (MB_{t+1}). Non è stata registrata nessuna mortalità degli individui dopo i 14 giorni di esposizione in entrambi i campioni, mentre l'accrescimento medio in termini di massa corporea è stato del 22 %, per il campione MB_{t+1} e dell'11% per il campione MT_{t+1}.

7.5 Analisi granulometriche dei suoli.

Seminativi 2015

I risultati dell'analisi granulometrica dei campioni di suolo dei campi di girasole della Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripa Sottile nel 2015, mostrano che, in base alle abbondanze percentuali, i suoli relativi ai campi trattati con metodi convenzionali (GT1 e GT2) hanno una distribuzione granulometrica diversa da quelli a trattamento biologico (GB1 e GB2). In quest'ultimi, infatti, la componente argillosa è nettamente prevalente con percentuali superiori al 60%, subordinata è la frazione limosa (da 33 al 37%) e di molto inferiore è quella sabbiosa (inferiore al 5%). Non è possibile, pertanto, effettuare una correlazione diretta tra le coppie dei campi di confronto (convenzionali e biologici), in quanto costituiti da suoli a granulometria differente.

Nella figura 7.5.1 è riportato il diagramma triangolare USDA, dove sono plottati i valori dei campioni.

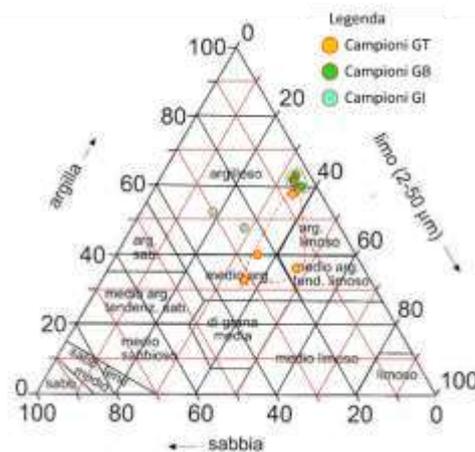


Figura 7.5.1 – Diagramma ternario contenente la classificazione dei suoli prelevati nei campi coltivati a girasole (2015), in funzione dell'abbondanza percentuale della componente granulometrica

Dalla figura appare evidente la differenza della componente granulometrica tra i suoli studiati: i campi trattati convenzionalmente sono quasi tutti classificati come suoli a tessitura medio argillosi, mentre i campi a trattamento biologico e quelli incolti sono classificati come suoli a tessitura argillosa.

Più simili sono i valori relativi al peso di volume della parte solida, abbastanza costanti per molti campioni, che presentano un valore medio pari a 2,66 g/cm³; tali valori, compresi tra un massimo di 2,72 g/cm³ e un minimo di 2,50 g/cm³, permettono una similitudine tra quasi tutti i campi di confronto.

Seminativi 2016

I campioni di girasole e di mais, prelevati nel 2016, in base alle abbondanze granulometriche risultano costituiti in prevalenza da limo e argilla, con una percentuale di frazione limosa che per i campi di Mais supera anche il 50% del totale. Sebbene non esista una netta similitudine tra le abbondanze granulometriche rilevate, i valori appaiono abbastanza simili.

Nella figura 7.5.2 viene riportato il diagramma triangolare USDA dove sono plottati i valori dei campioni. Dalla figura si evidenzia l'omogeneità tra le abbondanze granulometriche dei campioni, che vengono classificati come suoli a tessitura argilloso-limosa e medio argillosa tendenzialmente limosa.

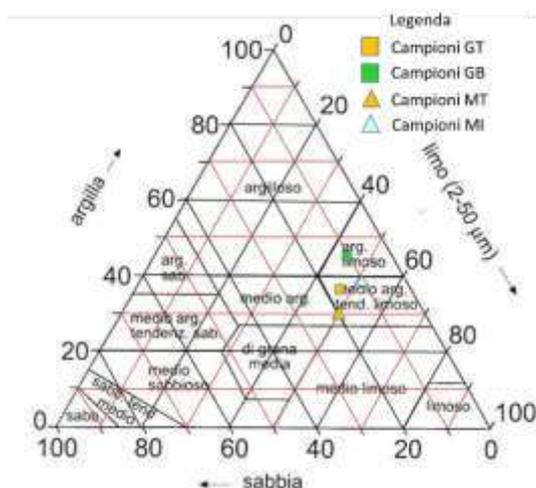


Figura 7.5.2 – Diagramma ternario contenente la classificazione dei suoli prelevati nei campi coltivati a girasole e mais (2016), in funzione dell'abbondanza percentuale della componente granulometrica

I valori relativi al peso di volume della parte solida, sono abbastanza costanti per tutti i campioni e presentano un valore medio pari a 2,7 g/cm³, compreso tra un massimo di a 2,72 g/cm³ e un minimo di a 2,64 g/cm³, dovuto alla medesima natura mineralogica costituente i suoli

7.6 Indicazioni per pratiche agricole compatibili con conservazione biodiversità

Ricordiamo che la normativa sull'uso sostenibile dei fitosanitari indica quale principale obiettivo la riduzione e, se possibile, l'eliminazione di impiego dei prodotti fitosanitari, in particolare di quelli a elevato potenziale di rischio. È quindi di fondamentale importanza sviluppare alternative dirette e indirette ai prodotti fitosanitari chimici di sintesi. In questo contesto, nell'ambito delle misure preventive indirette, utili per una gestione sostenibile dei sistemi colturali a seminativo, sarebbe necessario:

- ✓ selezionare le varietà di piante coltivate resistenti alle malattie;
- ✓ ottimizzare i metodi di coltivazione per favorire la presenza di organismi utili sia all'interno che all'esterno dei campi;
- ✓ mantenere, attraverso la rotazione e l'avvicendamento colturale, una varietà di colture che consenta di avere un ambiente agricolo più eterogeneo e diversificato e una maggiore fertilità del terreno;
- ✓ mantenere quanto più a lungo possibile le stoppie e i residui colturali prima della lavorazione del terreno;
- ✓ mantenere e ripristinare gli elementi di interesse ecologico e paesaggistico, tra cui siepi frangivento, arbusti, boschetti, residui di sistemazioni agricole, vecchi frutteti e vigneti, maceri e laghetti.

A queste misure, va aggiunta la misura n.16 del PAN, che individua azioni complementari e l'attuazione di tutti i metodi utili per evitare o ridurre al minimo il fenomeno della deriva in modo da non contaminare anche le aree circostanti le colture (pozze, fossi, scoline, margini dei campi, siepi etc.).

Tali misure si dividono in tre categorie e prevedono:

- ✓ creazione di margini e bordi dei campi, possibilmente non inferiori a 5 m, lasciati incolti, mantenuti a prato o con essenze arboree e arbustive non trattate;
- ✓ creazione/ripristino di aree umide (es. stagni, laghetti, prati ad allagamento stagionale);
- ✓ mantenimento/creazione di zone di connessione arbustiva intorno ai fossi conservando la diversità di habitat lungo gli argini.

È necessario inoltre che gli agricoltori abbiano un sostegno decisionale attraverso sistemi di allerta precoce delle avversità e di previsione, fissando le soglie di tolleranza superate le quali si può decidere di intervenire (IPM).

Le attività di ricerca devono essere svolte puntando su strategie di lotta non chimica, ma integrata e biologica. Possiamo affermare che non esiste una soluzione unica e prodigiosa che permetta di rinunciare ai prodotti fitosanitari, ma vi è piuttosto una serie di misure che insieme porteranno a una considerevole riduzione dei prodotti fitosanitari chimici di sintesi.

Mais

Per il mais il principale fitofago è la *Diabrotica virgifera* che può essere contrastata con trappole a feromone sessuale; trappole cromotropiche invischiate e *Bacillus thuringiensis*.

Pratiche agronomiche sostenibili sono: l'abbandono della monosuccessione, le lavorazioni estive del terreno, l'uso di ibridi a radici profonde. I terreni fortemente sabbiosi sono sfavorevoli per le larve di *Diabrotica*, in particolar modo in condizioni di scarsa disponibilità idrica.

Tra gli infestanti temibili, in tutte le colture esaminate mais compreso, sono da citare anche la piralide del mais (*Ostrinia nubilalis*) e le cimici tra cui ricordiamo, tra le più dannose, la cimice verde (*Nezara viridula*) e la cimice asiatica (*Halyomorpha halys*). In generale per proteggere le coltivazioni è indispensabile evitare il più possibile la monocoltura e alternare delle piante non attrattive per la cimice. È efficace anche la costituzione di fasce e bordure con flora spontanea che funge specie trappole maggiormente attrattive rispetto al mais.

Il seme di mais può ospitare esternamente e/o al suo interno numerosi patogeni. Tra questi si ricordano varie specie appartenenti ai generi *Fusarium* (*F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. subglutinans*, ecc.), *Penicillium* spp, *Alternaria* spp, *Trichoderma* spp e *Aspergillus* spp; con frequenza minore possono essere rinvenuti anche funghi dei generi: *Rhizoctonia*, *Bipolaris*, *Nigrospora* e *Stenocarpella*.

I principali problemi derivanti dai funghi presenti sul o nel seme sono sovente da imputare a *F. verticillioides* in quanto responsabile di infezioni endofitiche che possono contribuire alla contaminazione da fumonisin della granella prodotta.

Tra i patogeni residenti nel terreno si ricordano soprattutto gli Oomiceti e particolarmente quelli appartenenti al genere *Pythium*, che in annate particolarmente piovose e condizioni favorevoli i ristagni, causano marciume del seme e dei germinelli e moria di piantine, con danni apprezzabili. Possono favorire le infezioni fungine semine troppo anticipate e profonde, eccessivo apporto di azoto, monosuccessione e cattiva gestione dei residui colturali.

In tutti i casi, è fondamentale la scelta della cultivar in relazione alle condizioni stagionali, una particolare attenzione al drenaggio dei terreni e un adeguato controllo dei cicli di irrigazione. Sono strategiche nel contrasto a queste infezioni la rotazione con piante non ospiti e l'adozione di pratiche agronomiche volte alla distruzione dei residui colturali. Inoltre è necessario scegliere suoli privi di ristagni idrici, causa primaria delle malattie fungine per la maggior parte delle specie coltivate.

L'uso massiccio di diserbanti chimici, anche in aree limitrofe, può determinare forti alterazioni della vegetazione acquatica ed è incompatibile con la protezione degli habitat acquatici e delle specie ad essi legati. Per quanto riguarda gli habitat umidi elettivi per la fauna selvatica particolarmente dannosi risultano gli erbicidi che presentano la frase di rischio molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata (H410). Per evitare l'uso di diserbanti chimici nel mais sono possibili: pacciamatura in fase preventiva e interventi meccanici in fase successiva sulle infestanti.

Anche per la coltura del mais la gestione delle malerbe nei sistemi biologici si basa principalmente sull'adozione della rotazione colturale, della falsa semina e delle colture di copertura, e sul ricorso ad interventi meccanici di strigliatura, rincalzatura e sarchiatura.

Queste pratiche gestionali consentono di raggiungere un'efficacia fino all'80% nei confronti della maggior parte delle specie infestanti.

Sono da preferire le cultivar rustiche, resistenti, produttive, costanti nel tempo, adatte all'ambiente e alle tecniche colturali adottate, tolleranti agli attacchi fungini e resistenti agli stress idrici.

La rotazione colturale è fondamentale per il controllo delle infestanti, per la riduzione dell'inoculo dei funghi responsabili della produzione di micotossine e per integrare gli apporti diretti di ammendanti/fertilizzanti organici. La successione migliore è costituita dal medicaio, seguita dai cereali autunno-vernini e dal set-aside. In tabella 7.6.1 vengono illustrate in modo sintetico le pratiche agronomiche a basso impatto per il mais e i riferimenti bibliografici più importanti.

Tabella 7.6.1 - Presidi o pratiche agronomiche a basso impatto ambientale efficaci nel controllo dei principali fitopatogeni e fitofagi segnalati nelle colture a mais delle aree analizzate

Fitopatogeni	Lotta biologica/buone pratiche	Rif. Bibl.
Alternaria (<i>Alternaria solani</i> e <i>A. alternata</i>)	-come corroborante: <i>Trichoderma harzianum</i> -adottare rotazioni colturali di lungo periodo -effettuare concimazioni azotate nella giusta dose per la coltura -eliminare i residui colturali infetti -evitare la presenza di graminacee infestanti Queste misure sono le uniche in grado di contenere i patogeni, in quanto non esistono mezzi diretti di protezione Azione preventiva: Prodotti rameici. Bicarbonato+Bentonite+zolfo.	La Torre et al., 2016
Maculatura (<i>Pseudomonas</i> sp.pl.)	-utilizzare composti rameici -scegliere varietà meno suscettibili -effettuare concimazioni azotate nella giusta dose per la coltura -adottare rotazioni colturali di lungo periodo -eliminare i residui colturali infetti	La Torre et al., 2016
Monilia sp.pl.	Polisolfuro di Calcio. Solfato di rame + Calce idr. + Propoli	Foschi e Pirazzini, 2007.
Fusariosi (<i>Fusarium</i> sp.pl.)	-antagonista: <i>Trichoderma harzianum</i> -scegliere varietà meno suscettibili -evitare ristagni idrici -adottare rotazioni colturali di lungo periodo -limitare gli apporti di azoto -distruggere i residui colturali infetti.	La Torre et al., 2016
Mal del piede (<i>Rhizoctonia</i> sp.pl., <i>Fusarium</i> sp.pl., etc.)	-rotazione con piante non ospiti -eliminare i residui colturali infetti	Pasquini & Delogu G., 2003
Malattie del piede (<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> , <i>Ophiobolus graminis</i>)	-Zeolite come agente preventivo -evitare suoli con ristagno idrico -scelta della cultivar adeguata -evitare semine troppo fitte	Pasquini & Delogu, 2003
Marciume del colletto e delle piantine (<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> e <i>Sclerotium rolfsii</i>)	-Antagonisti: <i>Gliocladium virens</i> . <i>Coniothyrium minitans</i> . -Compostaggio di qualità.	Garibaldi, & Gullino 1995; Whipps, 1991
Oidio (<i>Erysiphe graminis</i>)	-coltivazione di varietà resistenti -evitare semine precoci e troppo fitte -evitare concimazioni azotate	Pasquini & Delogu, 2003
Septoria (<i>Parastagonospora nodorum</i> sin. <i>Septoria nodorum</i> , <i>Zymoseptoria tritici</i> sin. <i>Septoria tritici</i>)	-prodotti rameici -adottare rotazioni e avvicendamenti colturali -effettuare concimazioni azotate nella giusta dose per la coltura -eliminare i residui colturali infetti -scegliere varietà meno suscettibili	La Torre et al., 2016

Fitofagi del Mais	Lotta biologica/buone pratiche	Rif. Bibl.
Afidi	-lotta biologica con l'impiego anche di coccinellidi -macerato di ortica -Silicato di sodio 150 g + Sapone molle citr.100 g + Propoli 20 g	Minoretti & Weisser, 2000.
<i>Diabrotica virgifera</i>	-trappole a feromone sessuale -trappole cromotropiche invischiate - <i>Bacillus thuringiensis</i> -abbandono della monosuccessione -lavorazioni estive del terreno -uso di ibridi a radici profonde I terreni fortemente sabbiosi sono sfavorevoli per le larve, in particolar modo in condizioni di scarsa disponibilità idrica.	Furlan, 2007, 2014, 2018.
Dorifora (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>tenebrionis</i> e subsp. <i>kurstaki</i> ceppo EG 2424; <i>Edovum Puttleri</i> .	Del Fabro, 2006; Ferrari et al., 2007.
Nottue	- <i>Bacillus thuringiensis</i> -trappole a feromoni -trappole alimentari -fresatura; spollonatura -adottare rotazioni e avvicendamenti colturali -eliminare le ceppaie infestate (già dal primo anno) -su asteraceae e leguminosae impiegare varietà la cui raccolta anticipi il momento in cui le larve si portano sulle parti fiorali	Morando et al., 1994; Ferrari et al., 2007.
Piralide del mais (<i>Ostrinia nubilalis</i>)	<i>Bacillus thuringiensis</i> ssp. <i>var. kurstaki</i> ; femmine adulte di <i>Trichogramma brassicae</i>	Consoli et al., 2010.
Ragnetti rossi (<i>Tetranychus, panonychus</i>)	-Zolfo -incrementare le irrigazioni nelle giornate particolarmente calde e secche -utilizzo di Ditteri Cecidomidi (<i>Arthrocnodox</i> spp.e <i>Therodiplosis persicae</i>) e Sirfidi per la lotta biologica	Calvitti, 1995; La Torre A. 2016.

Girasole

Tra le tecniche agronomiche utili per contrastare la piralide del girasole (*Homeosoma nebulellum*) si consiglia di impiegare varietà resistenti (i.e. varietà a semi neri), mentre per contrastare gli insetti Elateridi (*Agriotes* spp.) nella stessa coltura si consiglia di attuare una successione a leguminose (Fava pisello e fagiolo) o ortive (patata, cipolla, melone ed insalate), non sensibili per almeno tre anni. Effettuare delle ripetute lavorazioni superficiali al terreno nel periodo delle nascite per eliminare le larve terricole, mantenendo il terreno asciutto in superficie.

Dal punto di vista fitoiatrico *Plasmopora helianthi* (Peronospora del Girasole) rappresenta la principale crittogama del girasole, caratterizzata da un elevato potere distruttivo, che nei casi più gravi può cagionare perdite fino al 50% della produzione. Per il suo contrasto agronomico è necessario orientare la scelta varietale verso cultivar resistenti alla crittogama.

Il girasole può essere esposto, in condizioni particolarmente umide e su suoli mal drenati a Fusariosi, esistono in commercio prodotti corroboranti contenenti come principi attivi il fungo antagonista *Trichoderma harzianum*. Per prevenire queste infezioni è comunque necessario scegliere suoli privi di ristagni idrici, causa primaria delle malattie fungine anche per il mais.

Come nel caso del mais, è necessario per la lotta biologica scegliere cultivar meno suscettibili; evitare ristagni idrici; adottare ampie rotazioni; limitare gli apporti di azoto; distruggere i residui colturali infetti. Per il controllo delle erbe spontanee su girasole lo schema di base, ben collaudato, prevede una strigliatura nell'immediata pre-semina, seguita da 1 o 2 interventi ravvicinati dallo stadio di 2 foglie vere in poi seguiti da una sarchiatura o una rincalzatura.

Necessità principali per la sua crescita e sviluppo sono: una buona disponibilità di acqua e forte luminosità (Primavera - inizio estate), successivamente di un periodo di secco alla fine del suo ciclo.

Sono particolarmente sconsigliate le concimazioni azotate che devono essere tendenzialmente nulle.

Il girasole è una pianta "da rinnovo", cioè dopo il suo ciclo colturale lascia il terreno in un'ottima condizione di fertilità per la coltura successiva e può sfruttare l'effetto residuo di piante come il mais, tuttavia il girasole non può tornare sullo stesso terreno prima di 3-5 anni.

Tra le tecniche alternative o sostitutive degli erbicidi ricordiamo i mezzi di difesa fisici e meccanici impiegati contro le erbe infestanti delle colture.

Tra i metodi meccanici segnaliamo lo sfalcio e l'erpatura mentre tra i fisici la solarizzazione e il vapore surriscaldato con il nuovo sistema denominato Bioflash che prevede l'associazione con sostanze inerti a reazione esotermica quali idrossido di calcio e di potassio (CaO e KOH). Particolarmente utile risulta anche la pacciamatura con il trifoglio che oltre a contrastare la crescita di infestanti arricchisce il suolo di nutrienti e di carbonio e azoto.

In tabella 7.6.2 vengono illustrate in modo sintetico le pratiche agronomiche a basso impatto per il girasole.

Tabella 7.6.2 - Presidi o pratiche agronomiche a basso impatto ambientale efficaci nel loro controllo dei principali fitopatogeni e fitofagi segnalati nelle colture a girasole delle aree analizzate

Fitopatogeni	Lotta biologica/buone pratiche	Rif. Bibl.
Peronospora (<i>Plasmopara helianthi</i>)	-nel caso di precedenti attacchi adottare rotazioni colturali di lungo periodo (5-6 anni) -impiegare varietà resistenti -seminare anticipatamente e a profondità non troppo elevata	Mancini V. et al., 2015 Bufacchi M.–et al.
Marciume carbonioso (<i>Sclerotium bataticola</i>)	-adottare rotazioni colturali di lungo periodo -impiegare semente sana -consentire uno sviluppo adeguato delle piante con le -opportune pratiche agronomiche (fertilizzazione organica, terreno profondo e con buona ritenzione idrica)	Regione Emilia Romagna, 2020 Zazzerini et al., 1985 a, b
Sclerotinia (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)	-nel caso di precedenti attacchi adottare rotazioni colturali di lungo periodo (almeno 4 anni) -favorire il drenaggio delle acque in eccesso -eliminare tempestivamente le piante colpite	Hung-C. H., et al., 2002 Adam & Ayers, 1979 Bazzalo, 1986.
Fitofagi del girasole	Lotta biologica/buone pratiche	Rif. Bibl.
Elateridi (<i>Agriotes spp.</i>)	-effettuare rotazioni colturali con piante meno sensibili (i.e. leguminose, patata, cipolla, melone) -praticare una coltivazione di leguminose da granella (Fava pisello e fagiolo) o di altre ortive non sensibili per almeno tre anni -in emergenza effettuare ripetute lavorazioni superficiali del terreno, mantenendo il terreno asciutto in superficie	Sonnemann et. al., 2014; Traugott et. al., 2008
Piralide del girasole (<i>Homeosoma nebulellum</i>)	-impiegare varietà resistenti (varietà a semi neri)	Gulya et. al. 1997

8 RISULTATI ANALISI CANONICA DELLE CORRISPONDENZE (CCA)

8.1 Risaie

Relativamente al campione esaminato, risulta che le risaie con superfici maggiori tendono ad essere localizzate alle quote più elevate del range altimetrico campionato, mentre si conferma la minore età delle coltivazioni alle quote inferiori. Il cover crop risulta tendenzialmente più applicato nelle superfici colturali più piccole e gestite in modalità convenzionale. La presenza di alberi isolati è fortemente correlata con la presenza di filari arborei ma anche con l'uso di prodotti fitosanitari nei coltivi confinanti. Nella fascia periferica alle risaie monitorate la copertura percentuale dello strato vegetazionale arbustivo mostra una correlazione positiva statisticamente significativa sia con lo strato arboreo sia con quello erbaceo, mentre quest'ultimo risulta a sua volta significativamente correlato alle dimensioni e naturalità dei corpi idrici presenti. Sono emerse correlazioni positive statisticamente significative all'interno del campo monitorato tra abbondanza e fruttificazione della flora erbacea di interesse apistico con fioritura, eterogeneità ed altezza dello strato erbaceo in generale.

8.1.1 Pedofauna

La pedofauna risulta discriminare efficacemente le risaie biologiche da quelle facenti ricorso ai prodotti fitosanitari. I poligoni minimi convessi che circoscrivono i due gruppi a differente trattamento appaiono infatti perfettamente separati e i rispettivi baricentri, "BIO" e "CON", su quadranti opposti del grafico, a indicare posizioni opposte rispetto a entrambi i gradienti ambientali espressi dai due assi principali (Figura 8.1.1)

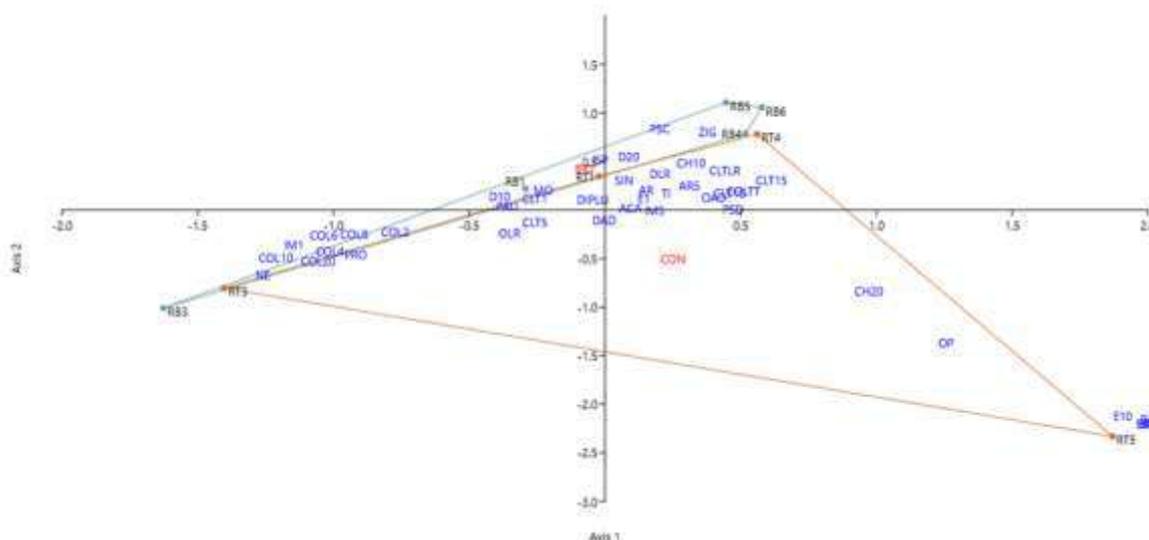


Figura 8.1.1 - Grafico a dispersione della pedofauna campionata con individuazione dei poligoni minimi convessi e i baricentri dei due gruppi di risaie a diverso trattamento

CCA		
Axis	Eigenvalue	%
1	0.383	51.440
2	0.231	31.060
3	0.044	5.879
4	0.028	3.799
5	0.022	3.016
6	0.016	2.084
7	0.011	1.443
8	0.009	1.274

Sono sufficienti i primi due assi principali per spiegare circa l'83% della variabilità. Il vettore della variabile ambientale maggiormente in linea con la direttrice di collegamento dei baricentri dei due gruppi di risaie è quello relativo all'indice di impatto potenziale da prodotti fitosanitari nei campi monitorati (FFI), seguito da quello che sintetizza le informazioni relative alla granulometria del suolo (10A) e a quello che rappresenta l'uso di prodotti fitosanitari nei campi confinanti a quello monitorato (CCF) (Figura 8.1.2).

CCA		
Axis	Eigenvalue	%
1	0.210	30.000
2	0.120	17.200
3	0.099	14.190
4	0.086	12.300
5	0.065	9.241
6	0.052	7.416
7	0.046	6.567
8	0.022	3.083

Sono necessari 4 assi principali per poter spiegare il 73% circa della variabilità.

I vettori che maggiormente si allineano alla direttrice che collega i due baricentri sono 50a, 01A e FFI (Figura 8.1.4); ovvero le caratteristiche morfologiche del territorio (quota, pendenza, esposizione) e l'uso del suolo in un buffer di 50 metri, le caratteristiche spaziali e gestionali dei campi e delle colture e l'utilizzo dei prodotti fitosanitari appaiono come i fattori principali nel determinare le differenze tra la comunità dei Lepidotteri delle risaie biologiche e quella delle risaie convenzionali. Di importanza secondaria, benché non trascurabile, appare dall'esame degli altri assi l'effetto dovuto all'uso di prodotti fitosanitari nei campi confinanti (CCF) e lo stadio di sviluppo (struttura, fioritura e

fruttificazione della vegetazione naturale) e intensità di sfalcio/trinciatura nella fascia perimetrale esterna (07Am e 07Bm).

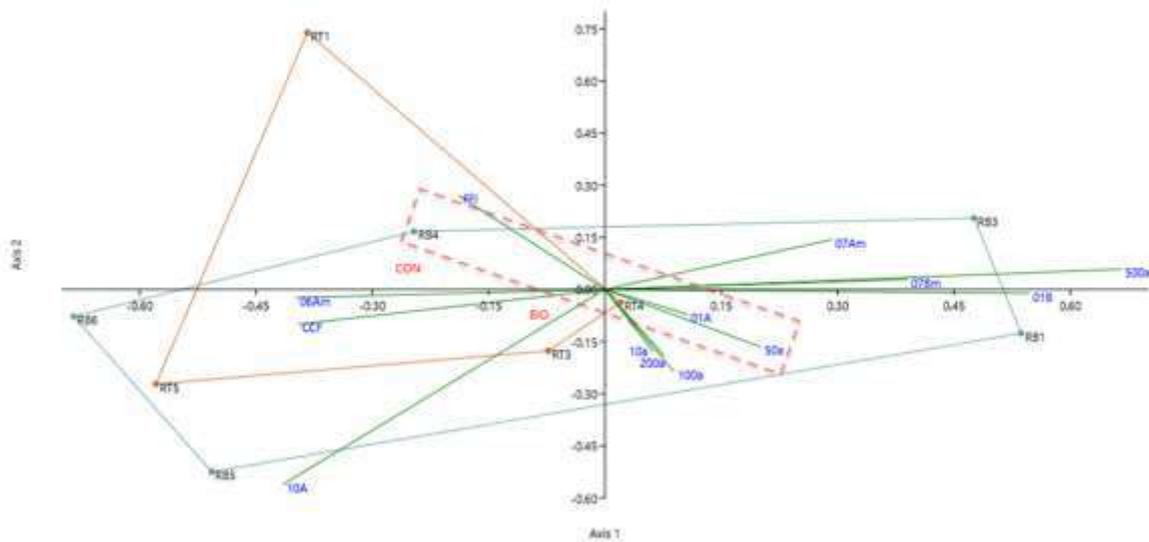


Figura 8.1.4 - Triplot lepidotteri - risaie con i vettori ambientali (in verde) e riquadro per l'individuazione di quelli più influenti (tratteggio rosso)

8.1.3 Chiroterri

Data la scarsità di feeding buzz rilevati sono stati esaminati insieme tutti i segnali registrati. I Chiroterri si mostrano moderatamente efficaci nel discriminare il gruppo delle risaie biologiche da quelle convenzionali dove si fa uso di prodotti fitosanitari. I poligoni minimi convessi che circoscrivono i due gruppi si sovrappongono infatti per una superficie non trascurabile, l'ordinamento appare comunque in grado di separare chiaramente i due baricentri "BIO" e "CON" che risultano localizzati su due quadranti opposti del grafico (Figura 8.1.5).

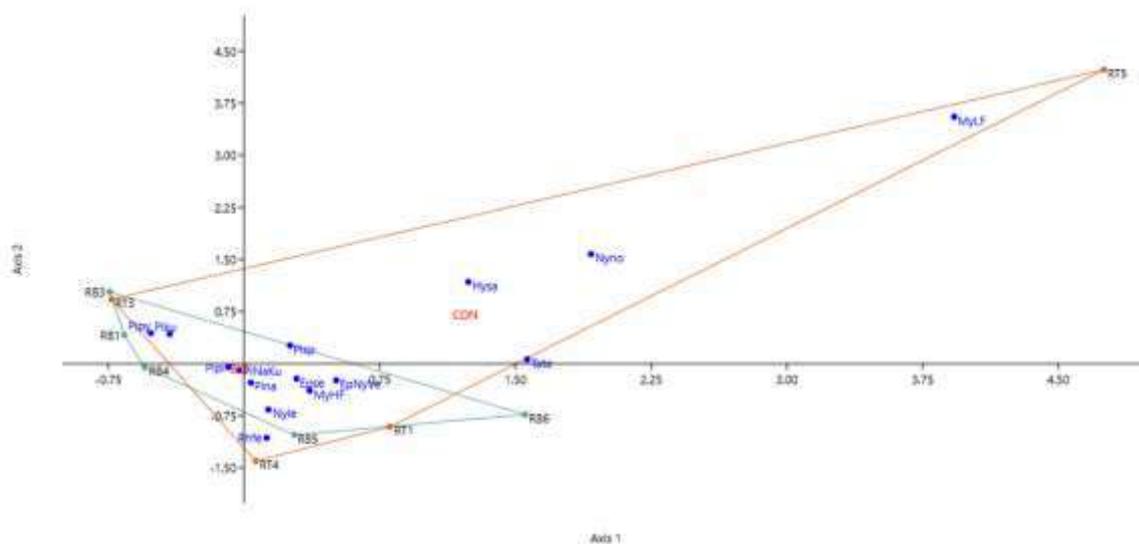


Figura 8.1.5 - Grafico a dispersione della comunità di chiroterri campionata con individuazione dei poligoni minimi convessi e i baricentri dei due gruppi di risaie a diverso trattamento

CCA		
Axis	Eigenvalue	%
1	0.164	57.770
2	0.066	23.070
3	0.027	9.395
4	0.018	6.164
5	0.005	1.715
6	0.004	1.433
7	0.001	0.369
8	0.000	0.082

Due assi principali sono sufficienti a spiegare quasi l'81% della variabilità complessiva. I vettori maggiormente allineati alla direttrice tra i due baricentri sono 01B, CCF, 10A, FFI (Figura 8.1.6). L'utilizzo dei prodotti fitosanitari all'interno e nei campi periferici esterni (FFI e CCF) appaiono quindi, insieme alle caratteristiche morfologiche, spaziali e granulometriche delle risaie (01B e 10A), i fattori principali nel determinare le differenze tra il campione di Chiroterri delle risaie biologiche e quello delle risaie convenzionali, seguiti dal vettore che sintetizza i dati relativi sviluppo della coltura e dell'eventuale vegetazione naturale nell'ambito del campo monitorato (07Am).

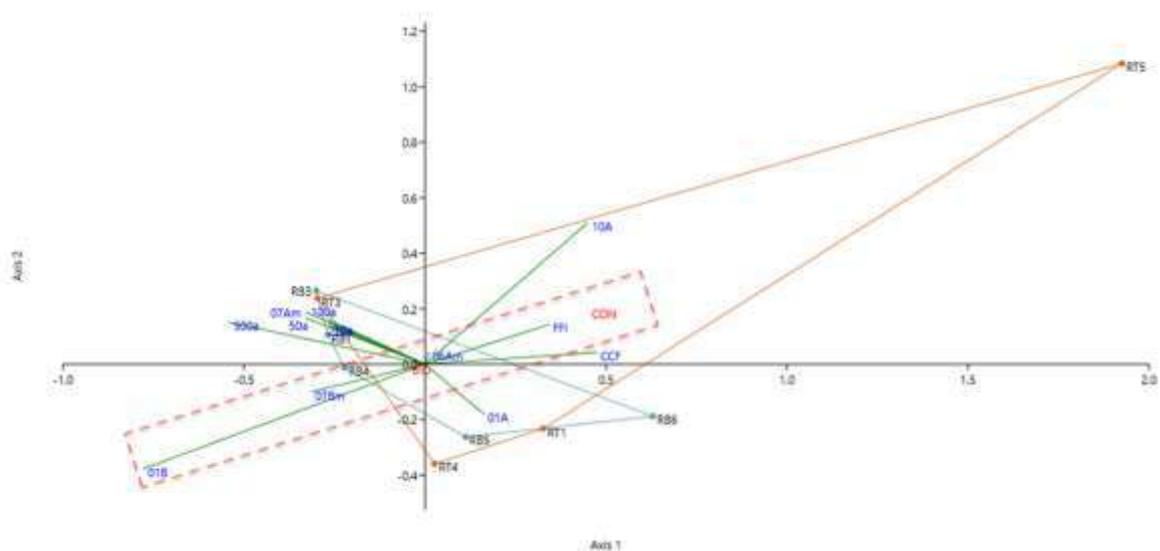


Figura 8.1.6 - Triplot chiroterri - risaie con i vettori ambientali (in verde) e riquadro per l'individuazione di quelli più influenti (tratteggio rosso)

8.1.4 Odonati

Gli Odonati si sono dimostrati decisamente efficaci nel discriminare le risaie biologiche da quelle convenzionali. I poligoni minimi convessi dei due gruppi mostrano infatti solo una modesta sovrapposizione e i relativi baricentri "BIO" e "CON" sono ben distanziati dall'origine e su quadranti opposti del grafico (Figura 8.1.7).

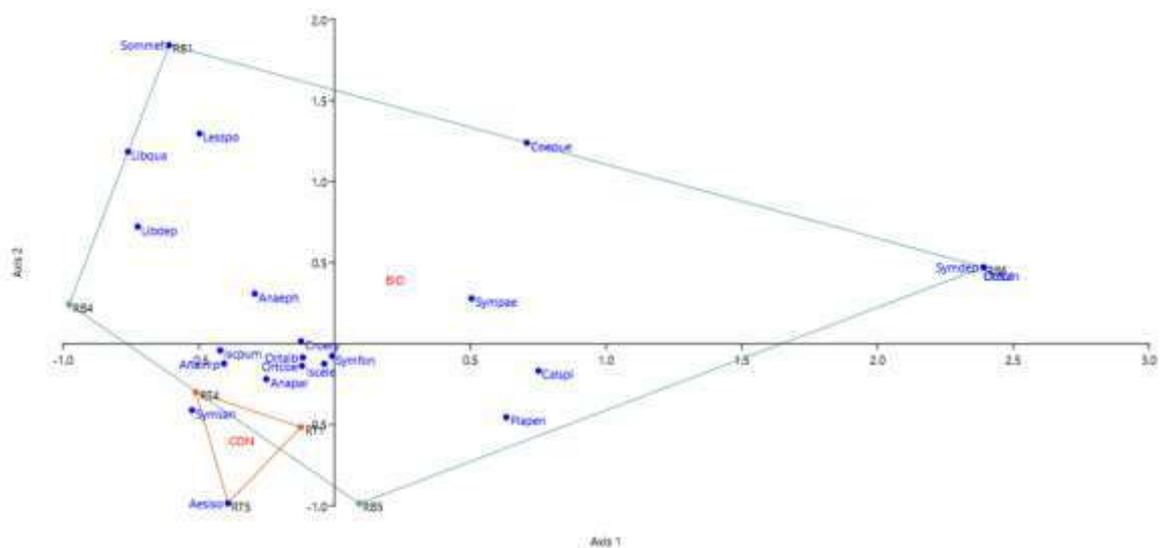


Figura 8.1.7 - Grafico a dispersione della comunità di Odonati campionata con individuazione dei poligoni minimi convessi e i baricentri dei due gruppi di risaie a diverso trattamento

8.1.5 Flora

La flora, quantitativamente stimata per copertura percentuale, si dimostra estremamente efficace nel discriminare il gruppo delle risaie biologiche da quelle convenzionali. I poligoni minimi convessi dei due gruppi risultano infatti nettamente separati e coi baricentri “BIO” e “CON” ben distanziati dall’origine e su quadranti opposti del grafico (Figura 8.1.9).

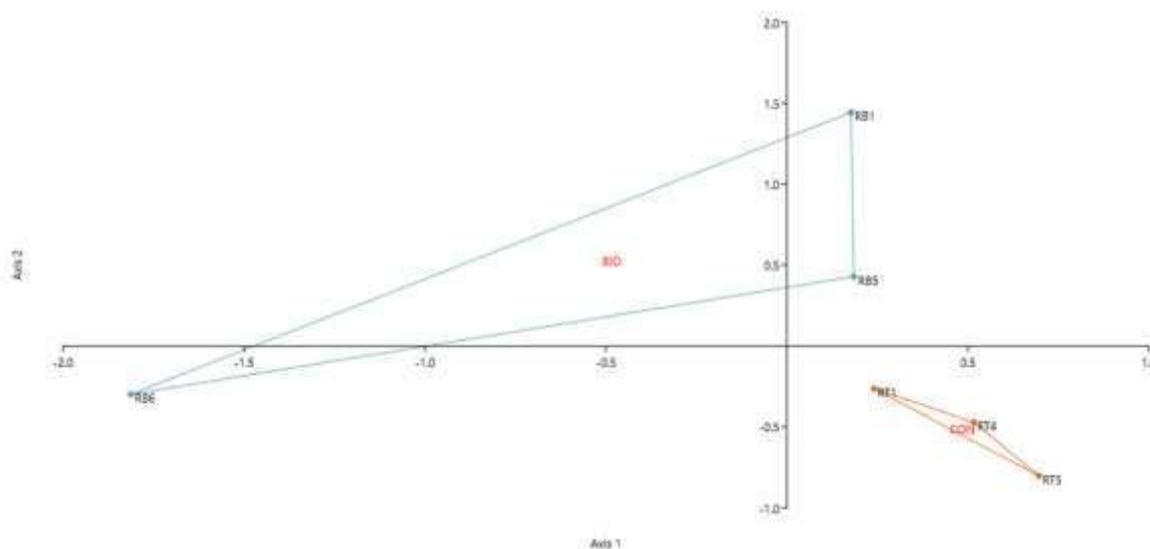


Figura 8.1.9 - Grafico a dispersione della flora campionata con individuazione dei poligoni minimi convessi e i baricentri dei due gruppi di risaie a diverso trattamento

CCA		
Axis	Eigenvalue	%
1	0.697	34.580
2	0.542	26.910
3	0.329	16.310
4	0.283	14.070
5	0.164	8.138

Tre assi principali spiegano il 78% della variabilità. Il vettore FFI risulta come quello di gran lunga più cospicuo e in linea con la direttrice congiungente i baricentri rappresentanti le risaie biologiche e quelle convenzionali (Figura 8.1.10). L’utilizzo dei prodotti fitosanitari appare quindi come il fattore dominante nel determinare le differenze di flora tra le risaie dei due gruppi. Dall’esame del terzo asse principale si evidenzia un’importanza secondaria ma non trascurabile dei vettori rappresentativi della struttura e sviluppo della vegetazione naturale ed eventuali attività di sfalcio/trinciatura nella fascia perimetrale esterna (07Am e 07Bm).

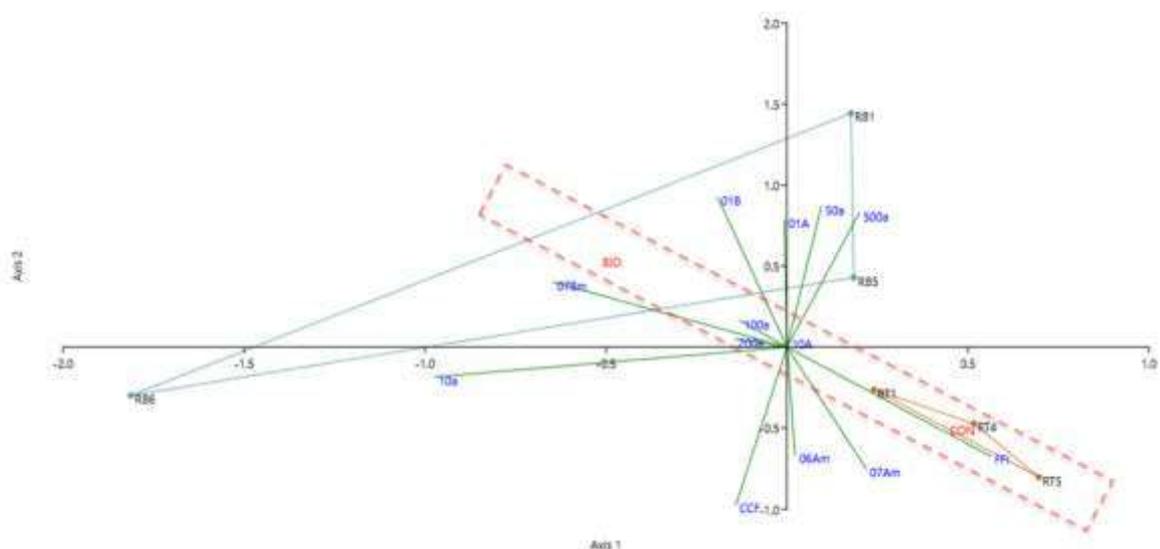


Figura 8.1.10 - Triplot flora - risaie con i vettori ambientali (in verde) e riquadro per l'individuazione di quelli più influenti (tratteggio rosso)

8.2 Vigneti

Il campione dei vigneti risulta caratterizzato da campi più grandi e coltivazioni più giovani nei contesti a bassa quota e meno acclivi, dove si attuano un maggior numero di sfalci e si utilizzano più fertilizzanti benché di tipologie meno impattanti. Le correlazioni con le superfici degli appezzamenti non risultano però statisticamente significative, mentre risultano significative quelle tra altitudine, uso di fertilizzanti a maggiore impatto e sestini di impianto più piccoli a quote maggiori. Più numerose sono le colture agricole nella fascia perimetrale esterna ai campi monitorati e minore risulta essere l'utilizzo che in esse si fa di prodotti fitosanitari, benché tale correlazione positiva non sia per i vigneti, diversamente da quanto riscontrato per i nocchiei, statisticamente significativa. La presenza di alberi isolati è correlata con la presenza di filari arborei e con una minore frequenza di coltivazioni nella fascia perimetrale esterna; inoltre, la presenza di filari arborei è correlata negativamente in modo marcato e statisticamente significativo all'uso di prodotti fitosanitari nelle coltivazioni presenti nella fascia perimetrale esterna. Nella fascia periferica ai vigneti monitorati la copertura percentuale dello strato vegetazionale arboreo è correlata negativamente e significativamente allo strato arbustivo e quest'ultimo mostra a sua volta una correlazione significativa e negativa con la presenza di corpi idrici naturali e di maggiori dimensioni.

8.2.1 Pedofauna

La pedofauna appare efficace nel discriminare il gruppo dei vigneti biologici da quelli convenzionali dove si fa uso di prodotti fitosanitari. I poligoni minimi convessi che circoscrivono i due gruppi si sovrappongono infatti solo per una superficie relativamente modesta, l'ordinamento ottenuto appare in grado di distanziare abbastanza chiaramente i due baricentri, soprattutto rispetto al secondo asse (Figura 8.2.1).

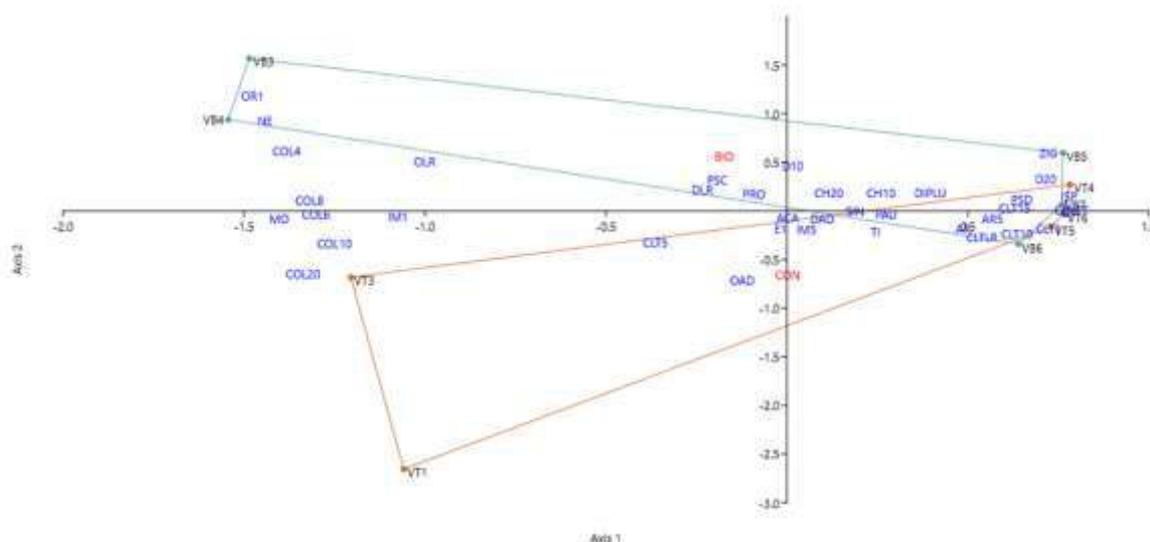


Figura 8.2.1 - Grafico a dispersione della pedofauna campionata con individuazione dei poligoni minimi convessi e i baricentri dei due gruppi di vigneti a diverso trattamento

CCA		
Axis	Eigenvalue	%
1	0.319	60.070
2	0.060	11.280
3	0.040	7.483
4	0.028	5.335
5	0.025	4.737
6	0.021	3.979
7	0.017	3.179
8	0.014	2.703
9	0.007	1.231

I primi due assi principali sono in grado di spiegare oltre il 71% della variabilità.

I vettori maggiormente allineati alla direttrice tra i due baricentri (Figura 8.2.2) sono quelli relativi alla morfologia del territorio e all'uso del suolo rilevati a diverse distanze dal campo considerato (100c, 100b, 200b), alla granulometria del suolo (10B) e alla vegetazione nella fascia perimetrale esterna al vigneto stesso (06Am). Rispetto all'insieme delle covariate considerate l'utilizzo dei prodotti fitosanitari non risulta per i campi indagati un fattore principale nel determinare le differenze tra il campione di pedofauna dei vigneti biologici e quello dei vigneti convenzionali.

8.2.3 Chiroterri

Data la scarsità di feeding buzz rilevati sono stati esaminati insieme tutti i segnali registrati. I Chiroterri si mostrano decisamente efficaci nel discriminare il gruppo dei vigneti biologici da quello dei vigneti convenzionali. I poligoni minimi convessi che circoscrivono i due gruppi risultano infatti perfettamente separati e su quadranti opposti del grafico (Figura 8.2.5).

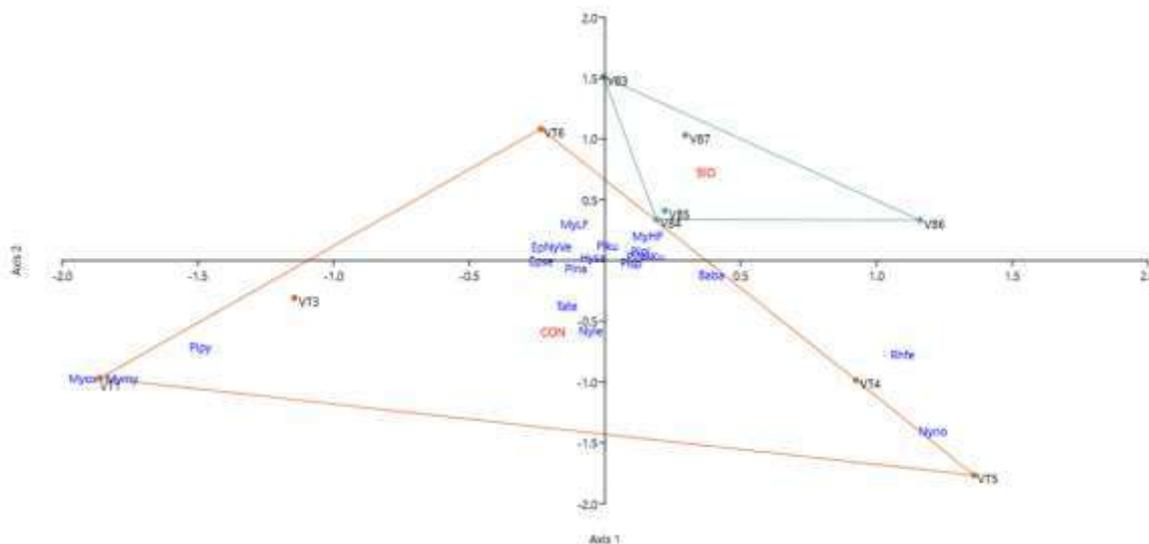


Figura 8.2.5 - Grafico a dispersione della comunità di chiroterri campionata con individuazione dei poligoni minimi convessi e i baricentri dei due gruppi di vigneti a diverso trattamento

CCA		
Axis	Eigenvalue	%
1	0.076	35.670
2	0.057	26.760
3	0.027	12.530
4	0.017	8.034
5	0.016	7.540
6	0.010	4.758
7	0.005	2.474
8	0.004	1.777
9	0.001	0.456

I tre assi principali arrivano a spiegare circa il 75% della variabilità. I vettori ambientali che maggiormente appaiono in linea con la direttrice tra i due baricentri sono il 10A, relativo alla granulometria del suolo, il 500a e 50b, rappresentativi della morfologia del territorio e dell'uso del suolo a diverse distanze dal campo monitorato (Figura 8.2.6). Rispetto all'insieme delle covariate considerate l'utilizzo dei prodotti fitosanitari non risulta per i campi indagati un fattore principale nel determinare le differenze tra il campione di chiroterri dei vigneti biologici e quello dei vigneti convenzionali.

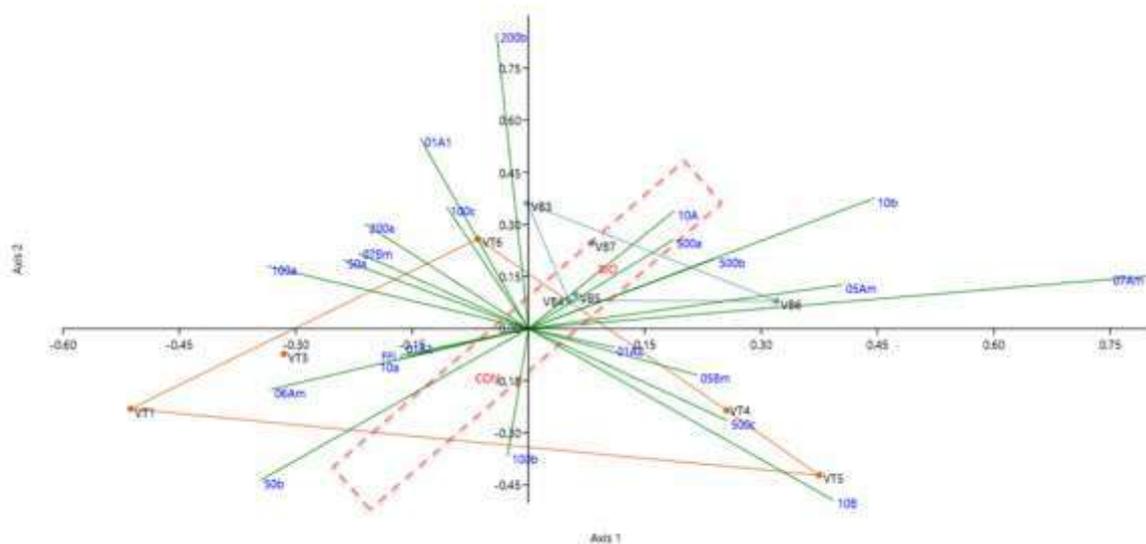


Figura 8.2.6 - Triplot chiroterri - vigneti con i vettori ambientali (in verde) e riquadro per l'individuazione di quelli più influenti (tratteggio rosso)

8.2.4 Flora

Relativamente al campione dei vigneti utilizzato, la flora mostra i poligoni minimi convessi dei due gruppi parzialmente sovrapposti ma con i baricentri ben distinguibili e su quadranti opposti del grafico (Figura 8.2.7).

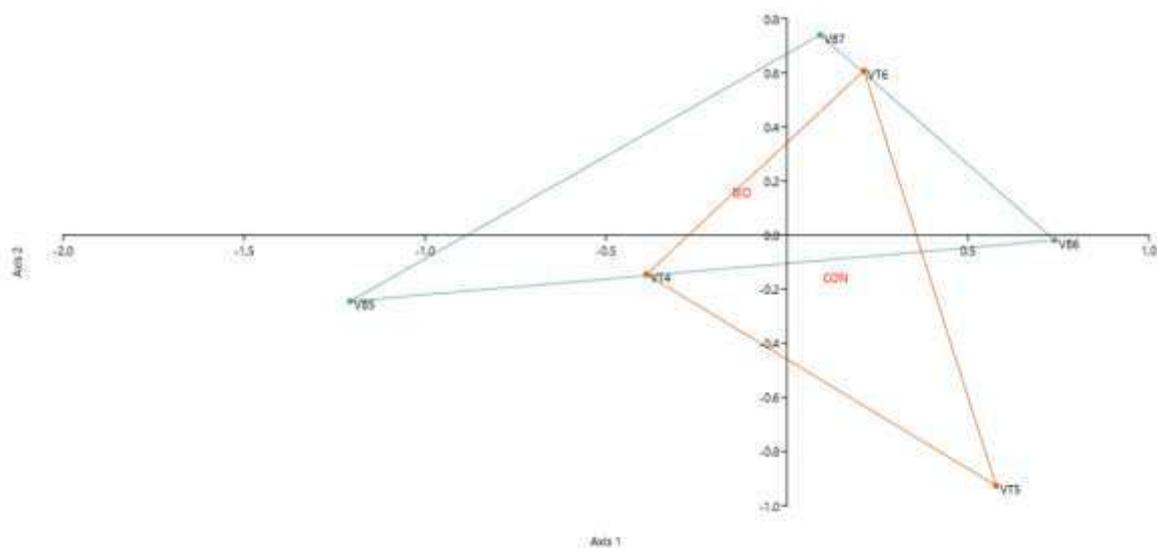


Figura 8.2.7 - Grafico a dispersione della flora campionata con individuazione dei poligoni minimi convessi e i baricentri dei due gruppi di vigneti a diverso trattamento

8.3 NOCCIOLETI

Dall'analisi delle correlazioni tra le covariate rilevate sul campione complessivo, risulta che le aziende selezionate per la sperimentazione che destinano maggiori superfici alla coltura del nocciolo tendono a suddividerle in appezzamenti più grandi. Gli appezzamenti più grandi si trovano più frequentemente a quote più basse, su terreni maggiormente pianeggianti e sono caratterizzati da coltivazioni di età inferiore rispetto a quelli che si trovano a quote più elevate. Negli appezzamenti più grandi tendono ad essere effettuati più trattamenti con fertilizzanti e prodotti fitosanitari, più sfalci e un numero maggiore di passaggi coi mezzi meccanici. Più numerose sono le colture agricole nella fascia perimetrale esterna e minore risulta essere l'utilizzo in esse di prodotti fitosanitari. La presenza di alberi isolati è fortemente correlata con la presenza di filari arborei. La copertura percentuale arborea nella fascia perimetrale risulta correlata alle dimensioni e naturalità dei corpi idrici presenti (sebbene non si raggiunga la significatività statistica). Correlazioni importanti, benché statisticamente non significative, si hanno nella fascia perimetrale esterna tra altezza ed eterogeneità dello strato erbaceo naturale (correlazione positiva) e tra la distribuzione della flora di interesse apistico e l'attività di sfalcio (correlazione negativa).

8.3.1 Pedofauna

La comunità della pedofauna, rilevata tramite il protocollo di campionamento finalizzato al calcolo del QBS, appare discriminare efficacemente i nocciolati biologici, nei quali possono essere utilizzati solo alcuni fertilizzanti naturali, da quelli convenzionali, presso i quali l'uso di prodotti fitosanitari è di prassi. I poligoni minimi convessi che circoscrivono i due gruppi di nocciolati a differente trattamento mostrano infatti solo una modesta sovrapposizione e i baricentri "BIO" e "CON" vengono a trovarsi su quadranti opposti del grafico, ovvero con posizioni di segno opposto per entrambi i gradienti ambientali espressi dagli assi (Figura 8.3.1).

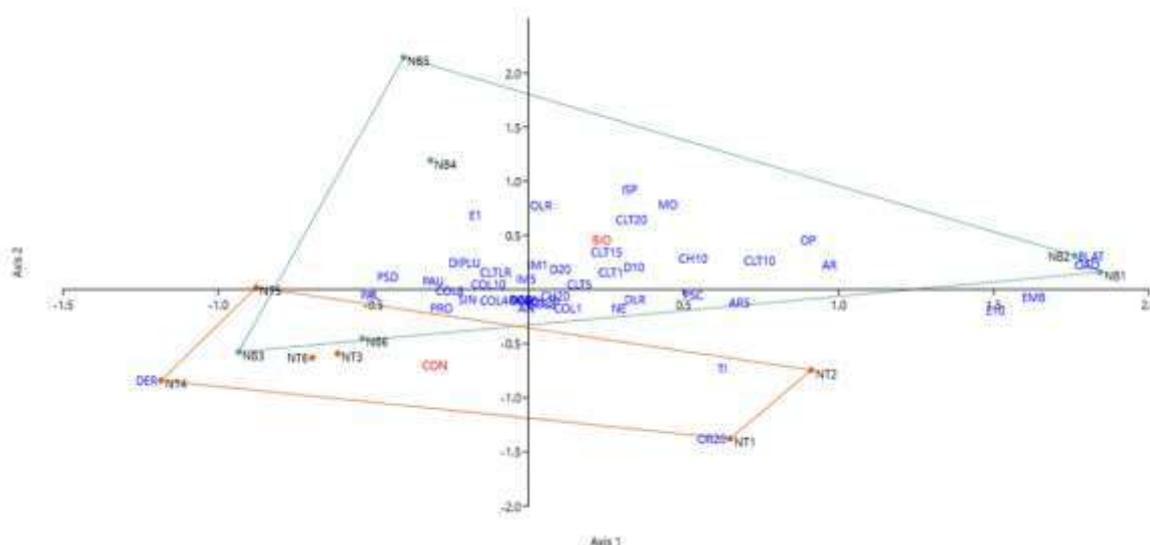


Figura 8.3.1 – Grafico a dispersione della pedofauna campionata con individuazione dei poligoni minimi convessi e i baricentri dei due gruppi di nocciolati a diverso trattamento

CCA		
Axis	Eigenvalue	%
1	0.188	33.140
2	0.114	20.030
3	0.076	13.290
4	0.060	10.520
5	0.041	7.174
6	0.027	4.814
7	0.025	4.389
8	0.018	3.169
9	0.009	1.639
10	0.006	1.112
11	0.004	0.713

Occorrono 4 assi per spiegare oltre il 70% (75%) della variabilità. I vettori delle variabili ambientali alle quali la pedofauna risulta più sensibile nel discriminare i due gruppi di nocioleti (Figura 8.3.2) sono quelli più prossimi alla direttrice che collega i baricentri dei poligoni minimi ("BIO" e "CON"), ovvero FFI, 10B, XA, 05Am per i primi due assi principali. L'uso dei prodotti fitosanitari (FFI) appare quindi il fattore principale, benché la granulometria del suolo (10B), il minor utilizzo di sostanze chimiche in generale (XA) e la presenza e sviluppo di elementi connessi all'attività agricola, quali muri, filari, siepi, ecc.(05Am) abbiano un'influenza importante. Altre variabili ambientali con influenze minori ma verosimilmente non trascurabili nella discriminazione dei due gruppi di nocioleti, evidenziate esaminando anche i successivi assi principali sono: 500 (b,c), vettori che sintetizzano l'uso del suolo e le caratteristiche morfologiche del territorio in un raggio di 500 metri; 06Am, vettore di sintesi del contesto ambientale perimetrale ai campi monitorati; 01Bm, vettore relativo alle caratteristiche spaziali e morfologiche locali degli appezzamenti, all'età e al sesto di impianto dei nocioleti in essi presenti.

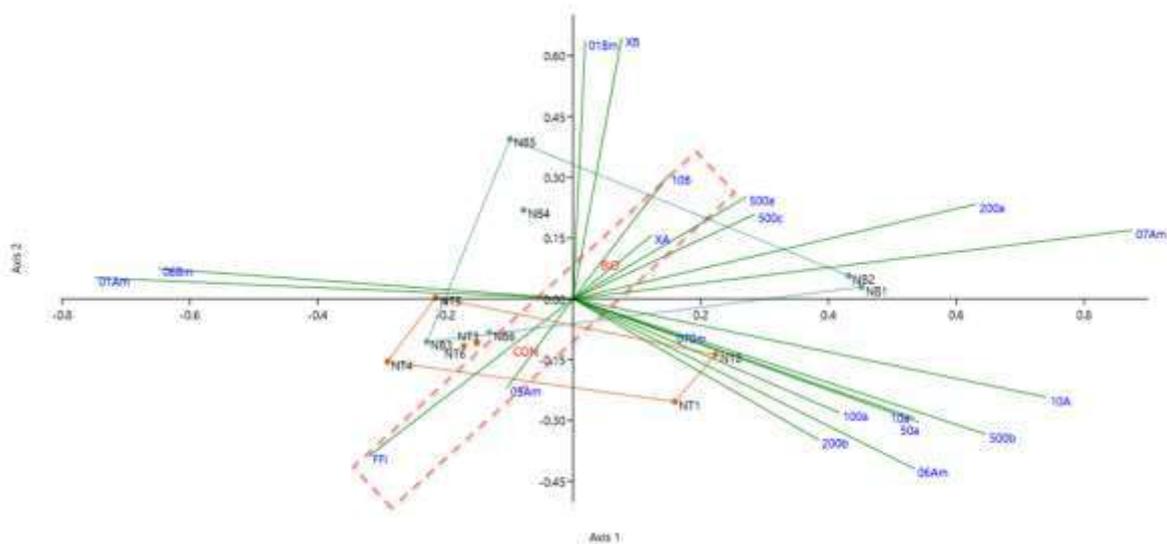


Figura 8.3.2 - Triplot pedofauna - nocioleti con i vettori ambientali (in verde) e riquadro per l'individuazione di quelli più influenti (tratteggio rosso)

8.3.2 Artropodi

La taxocenosi degli Artropodi campionata tramite trappolamento standardizzato risulta in grado di discriminare in modo chiaro i noccioleti biologici da quelli presso i quali si fa uso di prodotti fitosanitari. I poligoni minimi convessi che circoscrivono i due gruppi a differente trattamento appaiono infatti nettamente separati lungo il secondo asse, ovvero quello delle ordinate (Figura 8.3.3).

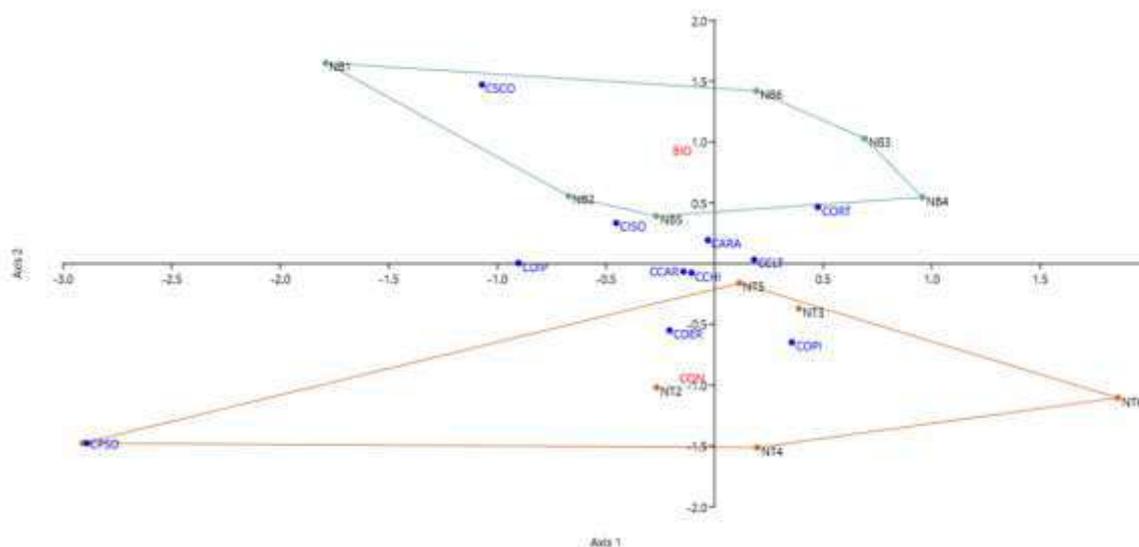


Figura 8.3.3 - Grafico a dispersione della comunità di artropodi campionata con individuazione dei poligoni minimi convessi e i baricentri dei due gruppi di noccioleti a diverso trattamento

CCA		
Axis	Eigenvalue	%
1	0.043	35.170
2	0.029	23.630
3	0.025	20.560
4	0.011	8.928
5	0.010	8.083
6	0.002	2.012
7	0.001	0.949
8	0.000	0.404
9	0.000	0.213
10	0.000	0.038

Gli assi principali sufficienti a spiegare oltre il 79% della variabilità sono i primi tre. I vettori delle variabili ambientali alle quali l'artropofauna risulta più sensibile nel discriminare i due gruppi, ovvero quelli meno divergenti dalla direttrice che collega i baricentri dei poligoni minimi ("BIO" e "CON") sono FFI, uso e nocività dei prodotti fitosanitari utilizzati) e XA, associato a minor utilizzo di sostanze chimiche in generale (Figura 8.3.4). L'uso dei prodotti fitosanitari e, in misura inferiore (maggiore divergenza dalla direttrice BIO – CON e minore lunghezza del vettore), i fertilizzanti appaiono quindi i fattori prioritari nel provocare quelle differenze nella comunità degli Artropodi in grado di separare così chiaramente i due gruppi di noccioleti.

CCA		
Axis	Eigenvalue	%
1	0.293	26.940
2	0.153	14.060
3	0.133	12.240
4	0.123	11.340
5	0.102	9.372
6	0.083	7.579
7	0.060	5.482
8	0.049	4.512
9	0.043	3.908
10	0.029	2.708
11	0.020	1.863

I primi 4 assi principali spiegano poco meno del 75% della variabilità. I vettori delle variabili ambientali con angolo meno divergente dalla direttrice che collega i baricentri dei due gruppi di noccioleti sono 01Am, XA e FFI. Benché le caratteristiche morfologiche degli appezzamenti, nonché età e sesto di impianto in essi presenti (01Am) abbiano un'elevata influenza, l'utilizzo di prodotti fitosanitari (FFI) e il minor utilizzo di sostanze in generale (XA) appaiono comunque come fattori prioritari nel determinare quelle differenze nella comunità dei Carabidi in grado di discriminare efficacemente i noccioleti biologici dai convenzionali (Figura 8.3.6). Le caratteristiche ambientali (corpi idrici, uso del suolo, esposizione, ecc.) in un buffer di 200 metri risultano di minore importanza ma di effetto non trascurabile (vettore 200b).

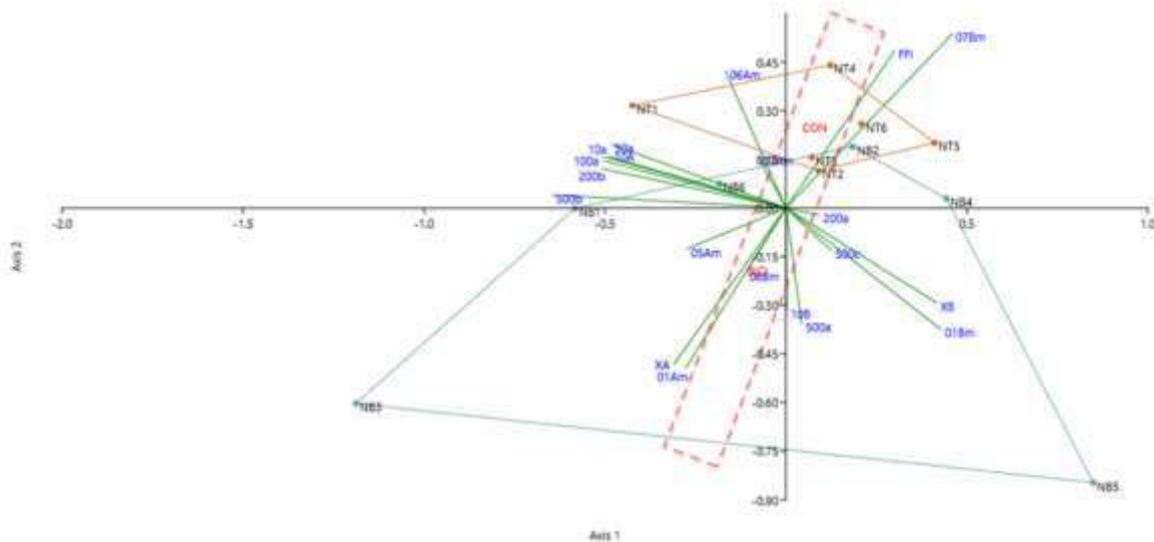


Figura 8.3.6 - Triplot carabidi - noccioleti con i vettori ambientali (in verde) e riquadro per l'individuazione di quelli più influenti (tratteggio rosso)

8.3.4 Chiroteri

I segnali ravvicinati emessi quando una preda viene individuata (“feeding buzz”), certamente di maggiore importanza in quanto diretti indicatori di attività di abbondanza di prede (rispetto ai “crusing pulses”, emessi durante gli spostamenti per individuare gli ostacoli ed esplorare l’ambiente), si dimostrano abbastanza efficaci nel discriminare i nocioleti biologici da quelli convenzionali. La sovrapposizione dei poligoni minimi convessi prodotta dalla CCA risulta modesta e, benché i baricentri “BIO” e “CON” non vengono a trovarsi su quadranti opposti del grafico, risultano comunque ben distanziati e separati in quadranti distinti (Figura 8.3.7).

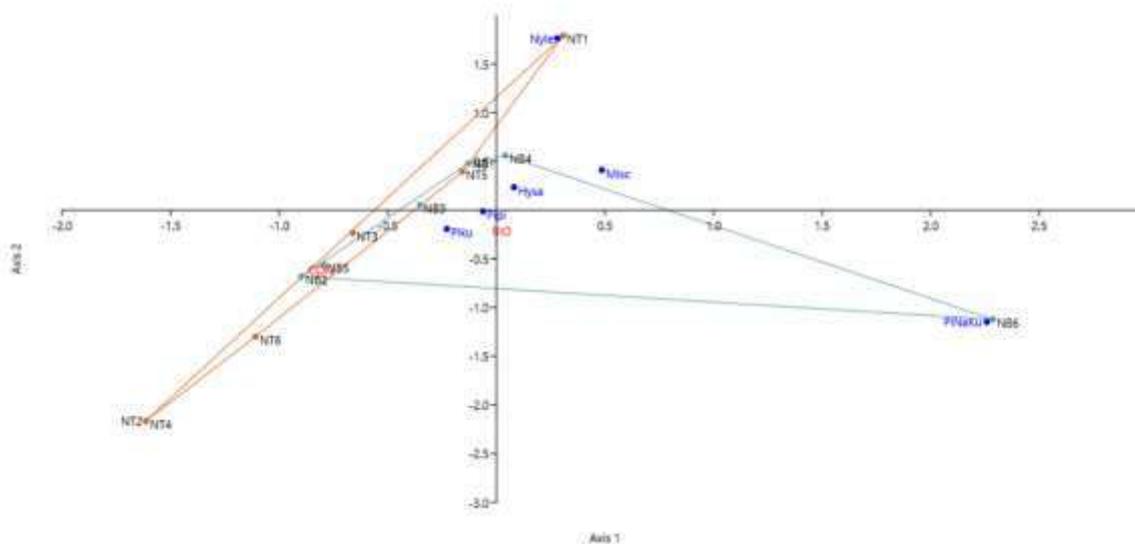


Figura 8.3.7 - Grafico a dispersione della comunità di chiroteri campionata con individuazione dei poligoni minimi convessi e i baricentri dei due gruppi di nocioleti a diverso trattamento

CCA		
Axis	Eigenvalue	%
1	0.141	44.600
2	0.089	28.120
3	0.051	16.190
4	0.021	6.744
5	0.014	4.347

Sono sufficienti 2 assi principali per spiegare il 73% della variabilità. I vettori delle variabili ambientali maggiormente in linea con la direttrice che collega i baricentri dei due gruppi di nocioleti sono FFI (indicatore di frequenza d’uso e nocività dei prodotti fitosanitari utilizzati) e, secondariamente, XA (minor uso di prodotti chimici in generale), 100a e 200b (morfologia del territorio e uso del suolo a diversa scala). L’uso dei prodotti fitosanitari e, in misura inferiore, il contesto ambientale e l’uso di prodotti chimici in generale appaiono quindi i fattori prioritari nel provocare quelle differenze nella attività di foraggiamento dei chiroteri in grado di discriminare il gruppo dei nocioleti biologici rispetto a quelli convenzionali (Figura 8.3.8).

9. ALTRE TIPOLOGIE DI INDICATORI E DI ANALISI SPERIMENTATI

Nel corso del progetto sono stati sperimentati vari tipi di indicatori per individuare quelli più adeguati e applicabili per valutare l'effetto dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità e sugli ecosistemi e per verificare l'efficacia delle misure del PAN. In questo capitolo si riportano quelli che hanno fornito risultati interessanti e metodologie che potrebbero essere utilizzate in progetti di monitoraggio degli effetti dei prodotti fitosanitari sulle catene trofiche e sulle comunità animali e vegetali legate agli agroecosistemi. Tali sperimentazioni sono state svolte da: ISPRA per quanto riguarda il monitoraggio degli Uccelli; ARPA Lazio e ARPA Piemonte, per l'analisi dei residui dei prodotti fitosanitari sulla vegetazione residua a conclusione delle attività colturali nei campi di sperimentazione; ARPA Piemonte e Università di Torino (DISAFA) per l'analisi dei residui dei prodotti fitosanitari sulla vegetazione residua a conclusione delle attività colturali e sui pollini raccolti dalle api da miele in prossimità dei campi sperimentali; ISPRA in collaborazione con l'Università di Roma Tre, per l'analisi dei biomarker su individui di *Podarcis* spp.

La scelta di trattarli in un capitolo a parte è dovuta al fatto che, per motivi diversi, tali indicatori non sono stati utilizzati in tutti gli anni della sperimentazione, ma ciò non significa che il loro utilizzo sia di minore rilevanza rispetto agli altri indicatori o metodi utilizzati. Si riportano di seguito una sintetica descrizione degli indicatori sperimentati e dei risultati emersi.

9.1 Residui prodotti fitosanitari sulla vegetazione

I resti di vegetazione delle colture possono costituire una base trofica per gli organismi fitofagi e quindi si è ritenuto utile indagare sull'entità dei residui dei prodotti fitosanitari a seguito dei trattamenti o fine stagione colturale. Le analisi del materiale vegetale sono state effettuate nel 2015 e 2016 nei campi del Lazio (noccioleti, girasole e mais) e nel 2015 in Piemonte (risaie e vigneti) dalle rispettive ARPA.

9.1.1 Metodi

Il materiale raccolto nei campi di girasole era costituito da parti di piante di girasole rimasti nel campo dopo l'aratura. Nel caso dei noccioleti, da foglie e frutti di nocciolo rimasti vicino agli alberi, lettiera raccolta ai piedi delle piante in prossimità dei punti di campionamenti utilizzati per il suolo e la pedofauna, in un triangolo di circa 10 metri per lato. Le analisi sono state effettuate sia sulla parte superficiale, sia all'interno dei tessuti. In Piemonte sono stati raccolte foglie delle piante più esposte a fenomeni di deriva in prossimità delle colture.

Analisi dei prodotti sanitari nei tessuti

Il metodo utilizzato si basa sull'estrazione dei principi attivi mediante miscela metanolo-acetone e successiva purificazione dell'estratto su colonna SPE C18. Il metodo è riportato sul Report ISS 97/23: 10 g di campione opportunamente tritato vengono omogenizzati con 100 ml di miscela metanolo:acetone 1:1 tramite strumentazione ULTRATURAX. L'estratto, una volta filtrato, viene posto in un matraccio da 250 ml e portato a volume con acqua distillata. In un matraccio da 500 ml vengono messi 400 ml di acqua distillata e 50 ml dell'estratto; la soluzione così preparata viene fatta passare attraverso una colonna SPE C18 da 3 ml precedentemente attivata con 3 ml di alcol metilico e 3 ml di acqua distillata. Una volta passato il campione la colonna viene asciugata sotto flusso di azoto ed eluita due volte con 3 ml di miscela esano:etere etilico 1:1. L'eluato, portato a 1 ml sotto leggero flusso di azoto, viene aggiunto dello standard di siringa ed inviato all'analisi CG-MS-MS.

Analisi dei prodotti sanitari nella parte superficiale

10 g di campione tale e quale vengono lavati con 100 ml di miscela metanolo:acetone 1:1. La soluzione di lavaggio viene posta in un matraccio da 250 ml e portata a volume con acqua distillata. 50 ml di questa soluzione vengono aggiunti a 400 ml di acqua distillata e inviati alla purificazione tramite SPE C18 come nel caso della ricerca nei tessuti. Anche in questo caso l'analisi strumentale viene portata a termine tramite strumentazione GC-MS-MS operante in modalità MRM.

Nel 2016 ARPA Lazio non ha effettuato le analisi in modo distinto per la parte dei tessuti e quella superficiale, ma ha analizzato complessivamente il materiale vegetale raccolto.

9.1.2 Risultati

Nel corso del 2015 in Piemonte, si è riscontrato un solo caso di residuo presente sul materiale fogliare della risaia RT2 con Clorpirifos pari a 0,31 µg/l, nonostante non risulta che sia stato utilizzato in quella risaia.

In vigneto si è riscontrato in prossimità di VT1: Kresoxim metile (0,14 µg*1-1), Metalaxil (0,059 µg/l), Clorpirifos 0,052 µg/l, Boscalid 0,66 µg/l); in prossimità di VT2: Trifloxystrobina in due occasioni, a luglio (0,39 µg/l) e agosto (0,21 µg/l), mentre il prodotto (Flint) è stato distribuito a fine giugno. In quest'ultima azienda, si è anche fatta una ricerca sui quantitativi di Trifloxystrobina depositati sulla pagina fogliare della vegetazione erbacea dell'interfilare, arrivando a rilevare un valore di 1,23 µg/l ad agosto.

Nel Lazio nel 2015 i prodotti maggiormente rilevati nei tessuti e sulla superficie del materiale vegetale raccolto nei campi a fine coltura sono stati Oxifluorfen, Tebuconazolo e Lambda-cialotrina sulla superficie e nei tessuti delle parti di piante raccolti nei campi a fine stagione colturale (fine settembre-ottobre), che sono tutte sostanze molto tossiche per gli organismi acquatici e con effetti a lunga durata (Oxifluorfen: TD50 tra 31 e 438 gg; Lambda-cialotrina TD50 33-175 gg; Tebuconazolo TD50 597 gg). In particolare è emerso che il Tebuconazolo è stato rilevato anche nei campi di girasole biologici (GB1 2 µg/kg e GB2 0,5 µg/kg) presenti nella Riserva Naturale Laghi Lungo e Ripasottile, sebbene non fosse stata mai utilizzata. La stessa sostanza è stata rilevata anche nel nocciolo NB1 (6 µg/kg in superficie e 9 µg/kg nei tessuti), che pur non essendo un vero biologico, non erano stati effettuati trattamenti fitosanitari da più di due anni. Tale sostanza fu anche rilevata dalle analisi delle acque del pozzo presente in questo nocciolo. Il Tebuconazolo è stato anche rilevato nel materiale vegetale dei campi convenzionali NT1 (2 µg/kg supf. 8 µg/kg tessuti) in cui è stato utilizzato il Viver 250 EC che lo contiene, e nel NT2 (1,8 µg/kg nei tessuti) dove invece non era stato utilizzato. Anche nel pozzo vicino il campo NT2 era stata rilevata questa sostanza dalle analisi effettuate da ARPA Lazio.

La Lambda-cialotrina è stata rilevata in NT2 (11.6 µg/kg supf. e 85 µg/kg nei tessuti) dove era stato utilizzato il KARATE ZEON 1.5_01542 che la contiene. Lo stesso prodotto era stato utilizzato in NT1 dove però non sono risultati residui di Lambda-cialotrina sul materiale vegetale raccolto. Questa sostanza è stata trovata anche in NB1 (3 µg/kg supf. e 6 µg/kg nei tessuti) dove non era stata utilizzata da almeno due anni. L'Oxifluorfen è stato rilevato anche in notevoli quantità del materiale vegetale raccolto in NT1 (39 µg/kg supf. 463 µg/kg nei tessuti), dove non risulta utilizzato (in base a quanto dichiarato dall'azienda). Questa sostanza è stata rilevata anche nei tessuti e sulla superficie del materiale vegetale raccolto nel campo di girasole GT2 (0.6 µg/kg supf. e 1.6 µg/kg nei tessuti) dove è stato utilizzato, ma anche (e in quantità maggiori) nel tessuto del materiale vegetale di GT1 (8.3 µg/kg nei tessuti) dove, da quanto dichiarato dal proprietario dell'azienda, non era stato utilizzato.

Nel 2016 le analisi effettuate da ARPA Lazio non sono state effettuate distinguendo i risultati i residui sulla parte superficiale e nei tessuti del materiale vegetale. Nei noccioli è risultata la presenza nel materiale vegetale raccolto in NT1 di Tebuconazolo (0,73 µg/kg) nonostante non sia stato utilizzato, mentre in quello raccolto in NT2 è stata rilevata Lambda-cialotrina (1,11 µg/kg), contenuta nel Helarat dichiarato dall'azienda, e il Boscalid (4,67 µg/kg) e Clofentezin (1,44 µg/kg) che non risulta che siano state utilizzate.

9.1.3 Conclusioni

L'analisi dei residui di prodotti fitosanitari sulla vegetazione raccolta nei campi convenzionali e biologici ha permesso di individuare delle informazioni aggiuntive rispetto a quelle emerse dalle analisi chimiche dei suoli e delle acque e di mettere in evidenza la presenza di sostanze resistenti e che possono costituire un problema di contaminazione diffusa, anche nei campi biologici limitrofi a quelli convenzionali trattati.

9.2 Residui di prodotti fitosanitari nel polline raccolto dalle api da miele

Tra gli impollinatori le api da miele, e quindi il settore dell'apicoltura, sono soggetti da lungo tempo, in areali agricoli, a gravi danni ed elevate mortalità dovuti all'uso di svariati prodotti fitosanitari (cfr. prgf. 1.5) soprattutto insetticidi sistemici, come i neonicotinoidi, ed erbicidi, come il glifosate, il cui uso indiscriminato elimina le fioriture di zone ruderali e capezzagne di campi, riducendo sempre più il pascolo delle api. I residui di fitofarmaci permangono in tutti i comparti ambientali, suolo, aria, acqua, con cui l'ape è in stretto contatto, acquisendo direttamente da essi le sostanze inquinanti.

Tali prodotti si possono ritrovare nelle matrici dell'alveare come api, miele, polline e cera, che risultano quindi importanti indicatori della diffusione degli agrofarmaci nell'ambiente (Chauzat et al., 2006). In particolare, il polline raccolto dalle api sui fiori, indispensabile per la nutrizione e lo sviluppo delle famiglie (Roulston e Cane, 2000), viene utilizzato per condurre analisi multiresiduali volte a individuare una contaminazione da prodotti fitosanitari (Garcia-Chao et al., 2010; Wiest et al., 2011; Perugini et al., 2018; Tosi et al., 2018). Per rilevare tali problematiche sono stati svolti numerosi studi, condotti in diverse parti del mondo (Vidano et al., 1975; Goulson et al., 2015; Lundin et al., 2015) che hanno messo in evidenza la pericolosità per le api di insetticidi e in particolare di quelli sistemici, rilevandone la presenza in api vive, api morte e polline (Porrini et al., 2016), e la sinergia negativa tra insetticidi e avversità delle api come la varroa (Di Prisco et al., 2013).

Nell'ambito del progetto nel biennio 2015-2016, Arpa Piemonte e il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA) dell'Università degli Studi di Torino hanno condotto una sperimentazione consistente in una campagna di campionamento negli agroecosistemi vigneto e risaia in aziende a conduzione convenzionale e aziende biologiche, seguita da specifiche analisi volte a rilevare la presenza di fitosanitari nel polline raccolto dalle api da miele presso le suddette aziende. Nel 2015 Arpa Piemonte, in collaborazione con il DISAFA, ha eseguito il campionamento del polline raccolto dalle api da miele in apiari prossimi alle risaie convenzionali e biologiche coinvolte nella sperimentazione ed effettuato le analisi presso i propri laboratori. Nel 2016 il campionamento è stato effettuato dal DISAFA sia in risaia sia in vigneto, mentre le analisi sono state svolte da un laboratorio privato.

9.2.1 Metodi

Per i campionamenti del 2015 sono stati effettuati dei prelievi di polline in coincidenza con i trattamenti estivi. Apposite trappole per la raccolta del polline sono state applicate a 2 alveari per ognuno dei 4 apiari utilizzati per la ricerca, distanti non meno di 500 m dalla coltivazione seguita, per un totale di 8 campioni riferiti alla risaia e altrettanti al vigneto. Nel caso delle risaie il campionamento è coinciso con il trattamento con triciclazolo di fine luglio. Nel caso dei vigneti, il campionamento è coinciso con i trattamenti insetticidi contro la flavescenza dorata, potenzialmente dannosi anche per le api.

Per il campionamento del polline raccolto dalle api durante l'anno 2016, l'attività è stata articolata nelle seguenti fasi:

- individuazione di quattro apiari prossimi alle aziende viticole e risicole oggetto di studio. In alcuni luoghi erano presenti apiari stanziali, mentre in altri si è proceduto con la collocazione temporanea di alveari, grazie all'aiuto di apicoltori delle zone coinvolte;
- posizionamento di trappole specifiche per la raccolta del polline sugli alveari. Negli apiari utilizzati per monitorare le aziende convenzionali le trappole sono state collocate il giorno prima della data del trattamento comunicata dalle singole aziende (Figura 9.2.1), mentre negli apiari vicini ai vigneti biologici le trappole sono state collocate il giorno prima della data del trattamento con prodotti biologici, quando effettuati, o in date considerate utili per il confronto con le aziende convenzionali;
- raccolta del polline negli apiari prossimi alle aziende viticole (VT1, VB3, VT3, VB4) e risicole (RT1, RB1, RT3, RB3) due giorni dopo il posizionamento delle trappole: per le aziende biologiche con tre ripetizioni nei momenti sopra indicati (t1, t2, t3), per le aziende convenzionali con tre ripetizioni in corrispondenza con i trattamenti effettuati (t+1, t+2, t+3). Per ogni azienda monitorata sono stati quindi raccolti tre campioni;
- analisi dei residui di prodotti fitosanitari nei campioni di polline.

Nel 2015 le analisi, svolte nei Laboratori di ARPA Piemonte, hanno previsto l'estrazione dei prodotti fitosanitari dal campione con una miscela di metanolo-acetone, purificazione dell'estratto con colonnine SPE C18, eluizione dei composti trattenuti con solvente ed analisi dell'eluato con gascromatografo accoppiato con uno spettrometro di massa (GC-MS).

Nel 2016 i campioni sono stati affidati a un laboratorio di analisi esterno per la ricerca dei residui dei prodotti fitosanitari, considerando anche il glifosate nei campioni raccolti in risaia. I valori dei residui di pesticidi sono stati confrontati con i livelli massimi di residui ammessi secondo le Direttive Europee

in merito alla sicurezza alimentare per i prodotti dell'apicoltura (<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue>).



Figura 9.2.1 – Trappole per la raccolta del polline posizionate sugli alveari impiegati per la sperimentazione

9.2.2 Risultati

I risultati conseguiti nel 2015 hanno dato esiti positivi relativi ai residui dei prodotti fitosanitari nelle due aziende di controllo in risaia, dove tuttavia si è riscontrata la presenza di Chlorpyrifos, insetticida non utilizzato in risaia, ma di frequente impiego nella lotta contro la piralide del mais (RT1= 0.72 $\mu\text{g}/\text{kg}$ di Chlorpyrifos; RT2 = 0.38 $\mu\text{g}/\text{kg}$ di Chlorpyrifos). Successive indagini hanno consentito di appurare che, sebbene le aziende utilizzate per la ricerca si trovassero in un contesto a risicoltura intensiva e dominante, erano presenti nel raggio di 2 km alcuni appezzamenti a mais.

I risultati ottenuti dal campionamento di polline effettuato nel 2016 (Figura 9.2.2) sono indicati nelle tabelle 9.2.2.1 e 9.2.2.2, dove vengono elencati i codici dei campioni di polline raccolti negli apiari, i prodotti fitosanitari utilizzati dalle aziende e i residui trovati in risaia e vigneto.



Figura 9.2.2 – Pallottoline di polline di colore diverso raccolte dalle api e trattenute dalle trappole per la raccolta del polline

Tabella 9.2.1 - Elenco dei campioni di polline raccolto dalle api negli apiari prossimi alle RISAIE convenzionali e biologiche oggetto di studio, prodotti fitosanitari utilizzati dalle aziende e residui trovati nel polline. Vengono indicati solo i residui superiori al relativo LOQ. *: quantitativi che superano i limiti ammessi nei residui (ANNO 2016).

AZIENDA	DATA PRELIEVO CAMPIONE	CODICE CAMPIONE	PRODOTTI FITOSANITARI UTILIZZATI IN AZIENDA	RESIDUI TROVATI (mg/kg)
RT1	02/08/2016	RT1 t+1	Cadou WG (Flufenacet 60%), Ronstar FL (Oxadiazon 34,86%), Stratos Ultra (Ciclofidim 10,8 %), Rifit (Pretilaclor 49,75%), Clincher one (Cialofop-butile 20,02%), Dash HC (Metiloleato e Metilpalmitato 37,5%), Beam (Triciclazolo puro 75%)	Glifosate 0,014 Azoxystrobina 0,010 Bitertanol 0,042 Chlorpyrifos 0,017
	15/09/2016	RT1 t ₂		Azoxystrobina 0,006 Cymoxanil 0,065* Prothioconazolo 0,006
RT3	02/08/2016	RT3 t ₁	Roundup Max (Glifosate 68%), Ronstar (Oxadiazon 34,86%), Karate (Lambda cyhalothrin 2,5%), Facet L (Quinclorac 21,9%), Viper (Penoxsulame 2,14%)	Glifosate 0,019 Cymoxanil 0,123*
	12/08/2016	RT3 t ₂		Glifosate 0,015 Azoxystrobina 0,010 Bitertanol 0,021
	23/08/2016	RT3 t ₃		Glifosate 0,011
RB1	02/08/2016	RB1 t ₁	Nessun prodotto utilizzato	
	15/09/2016	RB1 t ₂		
RB3	02/08/2016	RB3 t ₁	Nessun prodotto utilizzato	Cymoxanil 0,070*
	12/08/2016	RB3 t ₂		
	23/08/2016	RB3 t ₃		Bitertanol 0,021

Tabella 9.2.2 - Elenco dei campioni di polline raccolto dalle api negli apiari prossimi ai VIGNETI convenzionali e biologici oggetto di studio, prodotti fitosanitari utilizzati dalle aziende e residui trovati nel polline (ANNO 2016). Vengono indicati solo i residui superiori al relativo LOQ. *: quantitativi che superano i limiti ammessi nei residui

AZIENDA	DATA PRELIEVO CAMPIONE	CODICE CAMPIONE	PRODOTTI FITOSANITARI UTILIZZATI IN AZIENDA	RESIDUI TROVATI (mg/kg)
VT1	04/07/2016	VT1 t+1	Polyram DF (Metiram 70%), Tiovit jet (Zolfo 70%); Quantum F (Folpet 57-63%, Dimethmorph 10-13%), Collis (Boscalid 18%, Kresoxim-metile 9%), Corner MZ (Mancozeb 60-70%, Metalaxyl 5-10%), Visir Pencotech (Penconazole 10,2%), Folpan Combi (Folpet 40%, Metalaxil-m 4.85%), Rotate Plus DF (Zolfo 70%, Tebuconazolo 4,5%), Valis F (Folpet 48%), Vivando (Metrafenone 42.37%), Slogan Top (Metiram 44%), Actara (Thiamethoxam 25%), Ramezin Combi WG (Ossicloruro di rame 60-70%, Cymoxanil 3-5%), Kusabi (Pyriofenone 26,8%), Melody compact (Ossicloruro di rame 35%), Cidely (Cyflufenamid 5,1%), Dursban 75WG (Chlorpyrifos puro 44,53 g), Verdrum HI BIO WG (Ossicloruro di rame 30%), Kocide Opti (Diidrossido di rame 46%), Prolectus 50WG (Fenpyrazamine 50%)	Bitertanol 0,064* Chlorpyrifos 0,039 Dichlorvos 0,005
	27/07/2016	VT1 t+2		Bitertanol 0,087* Chlorpyrifos 0,038
	11/08/2016	VT1 t+3		

AZIENDA	DATA PRELIEVO CAMPIONE	CODICE CAMPIONE	PRODOTTI FITOSANITARI UTILIZZATI IN AZIENDA	RESIDUI TROVATI (mg/kg)
VT3	06/07/2016	VT3 t+1	Pergado F (Folpet 40%, Mandipropamid 5%), Thiopron (Zolfo 60%), Ridomil MZ (Mancozeb 64%, Metalaxil-m 3,9%), Topas 10 EC (Penconazolo 10,15%), Polyram (Metiram 70%), Pergado SC (Mandipropamid 23,4%), Presidium One (Dimethomorph 16%, Zoxamide 16%), Aliette (Fosetil Alluminio 80%), Mildicut (Ciazofamid 2%, Fosfonato di Na 25%), Vivando (Metrafenone 42,37%), Luzindo (Chlorantraniliprole 20%, Thiamethoxam 20%), Acido dibutilnaftalensolfonico, sale sodico 5-10%), Actara (Thiamethoxam 25%), Cidely (Cyflufenamid 5,1%)	Bitertanol 0,036 Chlorpyrifos 0,045 Cyprodinil 0,037 Dichlorvos 0,007
	05/08/2016	VT3 t+2		
	19/08/2016	VT3 t ₃		
VB3	27/07/2016	VB3 t ₁	Kocide opti (Diidrossido di rame 46%), Heliosoufre (Zolfo puro 51,1%); Labicuper (Rame solubile in acqua 8%), Microthiol (Zolfo puro 80%), Scudo (Pirimifos metile puro 25%), Asset (Piretrine pure 4%), Zolfo scorrevole (Zolfo puro 95%), Champ DP (Rame metallo puro 37,5% sotto forma di idrossido)	Bifenazate 0,007 Bitertanol 0,020 Chlorpyrifos 0,040 Cymoxanil 0,026
	05/08/2016	VB3 t ₂		
	19/08/2016	VB3 t ₃		
VB4	06/07/2016	VB4 t ₁	Kocide opti (Diidrossido di rame 46%), Heliosoufre (Zolfo puro 51,1%), Labicuper (Rame solubile in acqua 8%), Microthiol (Zolfo puro 80%), Scudo (Pirimifos metile puro 25%), Asset (Piretrine pure 4%), Zolfo scorrevole (Zolfo puro 95%), Champ DP (Rame metallo puro 37,5% sotto forma di idrossido)	Bitertanol 0,025 Chlorpyrifos 0,006 Cymoxanil 0,012
	31/07/2016	VB4 t ₂		Bitertanol 0,048 Cymoxanil 0,013
	11/08/2016	VB4 t ₃		

Nel corso del campionamento del 2016, nei campioni di polline sono stati ritrovati residui di fungicidi (FU), insetticidi (I), acaricidi (A), ed erbicidi (HB): Azoxystrobina (FU), Bifenazate (A), Bitertanol (FU), Chlorpyrifos (I, A), Cypronidil (FU), Cymoxanyl (FU), Dichlorvos (I, A), Glifosate (HB), Prothioconazole (FU) (Tabelle 9.2.1 e 9.2.2). Alcuni di questi principi attivi sono presenti, insieme ad altri coformulanti, nella composizione dei prodotti utilizzati dalle aziende considerate. Gli acaricidi riscontrati non sono quelli comunemente usati in apicoltura per la lotta alla varroa, ma derivano da trattamenti effettuati in agricoltura. La maggior parte dei valori è sotto il limite definito per il polline. Alcuni valori sono più elevati rispetto al limite consentito: Bitertanol in VT1 (0,064, limite: 0,05 mg/kg) (azienda viticola convenzionale), Cymoxanil in RT1 (0,65 mg/kg, limite: 0,05 mg/kg) e RT3 (0,123 mg/kg, limite: 0,05 mg/kg) (aziende risicole convenzionali) e in RB3 (0,070 mg/kg, limite: 0,05 mg/kg) (azienda risicola biologica). Tutti i campioni prelevati in risaia hanno presentato residui di glifosate al di sotto del limite ammesso (0,05 mg/kg). In RT1 e RB1, durante il secondo campionamento, non era presente polline nei cassettini delle trappole raccogli-polline.

9.2.3 Conclusioni

Tra gli indicatori il polline raccolto dalle api è effettivamente un ottimo bioindicatore in quanto conserva tracce degli specifici trattamenti fitosanitari effettuati durante i periodi di fioritura su specie coltivate, nonostante siano proibiti durante tale periodo, nonché su piante spontanee fiorite presenti sotto la vegetazione trattata o nelle sue vicinanze. Inoltre, a causa della persistenza degli insetticidi sistemici nei vegetali, tali tracce si possono ritrovare anche nel polline prelevato in tempi successivi al trattamento. Il polline quindi ha rappresentato una validissima matrice per il monitoraggio ambientale, vista anche la

capacità dell'ape di spostarsi, per la ricerca di questa sua fondamentale fonte di approvvigionamento, a ben oltre 3 km di distanza dall'alveare e almeno fino a 10 km. I residui di prodotti fitosanitari trovati nel polline hanno evidenziato la presenza di Chlorpyrifos, insetticida organofosfato dannoso per le api anche in dosi subletali (Urlacher et al., 2016; Dai et al., 2019) pericoloso anche per la salute umana, bandito dall'Unione Europea dal 2020. Si è rilevata anche la presenza di Bitertanol, sostanza attiva di fungicidi locosistemici, indicato come non dannoso alle api ma dichiaratamente tossico per gli organismi acquatici, in quantità superiori al valore limite definito dall'Unione Europea per l'impiego alimentare del polline; tale principio attivo è stato di recente revocato. Cymoxanil, altro principio attivo rilevato sopra il limite, ad azione fungicida antiperonosporica impiegato in diverse colture tra cui la vite, è indicato come pericoloso per l'ambiente ed è stato ritrovato in matrici apistiche come api e polline (Kiljanek et al., 2016; Ostiguy et al., 2019). Il vasto raggio di azione delle api, che percorrono anche lunghe distanze per giungere alle fonti di nettare e polline, ha fatto riscontrare in un solo caso residui di Cymoxanil in un campione di polline raccolto in un apiario situato in un'azienda biologica. Poiché il polline raccolto dalle api è un prodotto edibile, largamente utilizzato come integratore nell'alimentazione moderna, la presenza di residui sopra il limite interferisce anche con la sicurezza alimentare di tale prodotto. Nel prodotto biologico il residuo deve essere pari a zero; tracce di prodotti fitosanitari, anche minime, penalizzerebbero gli apicoltori con aziende a conduzione biologica. È quindi importante eliminare o comunque ridurre l'utilizzo dei prodotti fitosanitari nelle aziende agricole per conservare lo stato di salute delle api da miele e degli altri pronubi e preservare il prodotto alimentare. Inoltre, poiché il polline viene immagazzinato nell'alveare e consumato anche durante l'inverno, si rischia la morte delle famiglie durante questo periodo. Analogo destino può coinvolgere le larve degli Apoidei, che svernano all'interno dei nidi approvvigionati con polline dalle madri.

9.3 Analisi dei biomarker su *Podarcis siculus*

Nell'ambito delle attività del progetto di "Sperimentazione di misure previste dalle linee guida per l'attuazione del PAN e di un indice di valutazione del pericolo, per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari in siti natura 2000 e aree protette" (Convenzione ISPRA-MATTM) è stato condotto un approfondimento sperimentale, inquadrato nell'ambito di una Convenzione tra il Centro Nazionale per la Rete Nazionale dei Laboratori di ISPRA e il Dipartimento di Scienze dell'Università di Roma Tre, avente per oggetto la "Valutazione degli effetti ecotossicologici su *Podarcis siculus* e/o *P. muralis* dell'utilizzo di fitofarmaci in campi agricoli".

In tale attività è stata utilizzata la lucertola campestre (*P. siculus*) come organismo bioindicatore per la valutazione degli eventuali effetti tossicologici subletali dei fitofarmaci, all'interno di alcuni noccioli della zona di Viterbo (Lazio).

La lucertola campestre (*P. siculus*) possiede un'ampia distribuzione in Italia, il suo habitat comprende campi, muretti e aree fino a 1800 m di altezza; ha una limitata mobilità e si nutre prevalentemente di insetti. Questa specie ha un importante ruolo nella catena trofica, in quanto funziona da link tra gli invertebrati (es. ditteri, lepidotteri, lombrichi) di cui si nutre, ed i suoi predatori (es. rapaci diurni, gatti, serpenti); inoltre, essendo una specie che vive sulla superficie del suolo, subisce gli effetti di contaminanti che sono presenti in esso, o che cadono su di esso, tra i quali i pesticidi.

Sebbene sia accertata e diffusa l'esposizione dei rettili ai pesticidi, attualmente pochi studi sono disponibili sulla tossicità di questi contaminanti nei loro confronti e tantomeno esistono linee guida su come eseguire specifici test di laboratorio. In particolare, per *Podarcis siculus* e altre specie affini, come *P. muralis* e *P. bogagei*, gli studi (sia in campo che in laboratorio) sugli effetti di alcuni fitofarmaci (erbicidi e fungicidi) hanno fornito alcune indicazioni preliminari sui possibili effetti al livello di fertilità e degli organi genitali, del sistema di detossificazione, del sistema antiossidante e del DNA, oltre ad alterazioni morfologiche e dell'indice di condizione (Amaral et al., 2012; Capriglione et al., 2011; Cardone et al., 2015; Mingo et al., 2016, 2017). Non sono ancora chiari, tuttavia, i meccanismi di azione dei diversi tipi di fitofarmaci, l'esistenza di eventuali effetti sinergici, i livelli biologici maggiormente coinvolti nella risposta di difesa e quali siano i danni specifici associati all'esposizione.

Nel presente rapporto tecnico vengono presentati unicamente i risultati più salienti, mentre per il dettaglio si rimanda al documento "Valutazione degli effetti ecotossicologici dell'utilizzo di fitofarmaci in campi agricoli mediante analisi di biomarker in *Podarcis siculus*" (ISPRA, maggio 2019).

9.3.1 Metodi

Nei mesi di Giugno e Luglio 2018 sono stati catturati 76 esemplari totali di *P. siculus* in due noccioli a trattamento convenzionale (NT3, NT4), due a trattamento biologico (NB3, NB6) e in un nocciolo non trattato (NAB) non considerato per gli altri tipi di campionamenti descritti nei Capitoli 2-7.

Le catture sono state effettuate dopo circa 7 giorni dall'ultimo trattamento fitochimico dei campi. Una volta pervenuti in laboratorio, gli organismi sono stati fotografati, misurati e pesati. Prima di procedere al sacrificio degli animali, sono stati prelevati il sangue dalla vena sub-caudale e la coda. Le procedure e il numero di animali sacrificati da parte di ISPRA sono in accordo con quanto indicato nell'autorizzazione del MATTM (Prot. MATTM n. 0013659 del 21.06.2018).

Le analisi di biomarker, quando possibile, sono state effettuate sia sugli organi "target" di risposta (fegato, cervello, sangue) che su organi "non target" di risposta (muscolo della coda) e sono di seguito elencate:

- neurotossicità, misurata in cervello e coda mediante l'inibizione dell'acetilcolinesterasi (AChE);
- stress ossidativo, misurato in fegato e coda mediante l'attività della catalasi (CAT), la capacità antiossidante totale verso radicali idrossilici (TOSCA HO.) e perossilici (TOSCA ROO.), i livelli di glutazione totale (GSHt) ed i livelli di malondialdeide (MDA);
- alterazioni del processo di biotrasformazione, misurate in fegato e coda mediante l'attività dell'etossiresorufina-O-deetilasi (EROD) coinvolta nella fase I, e l'attività delle glutatione-S transferasi (GSTs), coinvolte nella fase II del processo suddetto;
- genotossicità, misurata nelle cellule eritrocitiche mediante la frequenza dei micronuclei (MN).

I campioni di cervello, fegato e coda sono stati prelevati, congelati immediatamente in azoto liquido e conservati a - 80 °C. I campioni di sangue sono stati prelevati dalla vena subcaudale, trattati con fissativo di Carnoy (miscela di metanolo e acido acetico in rapporto 3:1) e conservati in frigo (+4 °C) fino all'esecuzione delle analisi. Le attività enzimatiche AChE, GSTs, CAT e la capacità antiossidante totale TOSCA sono state misurate in estratti citosolici S10, ottenuti secondo la procedura indicata in Amaral et al. (2012).

L'attività di AChE è stata determinata spettrofotometricamente secondo Ellman et al. (1961), leggermente modificato. La misura dell'attività CAT è stata effettuata spettrofotometricamente secondo Aebi et al. (1984) leggermente modificato (Regoli et al., 2012). I saggi TOSCA ROO. e TOSCA HO. sono stati eseguiti tramite gascromatografo secondo Regoli and Winston (1999). Il valore TOSC-A di ciascun campione, espresso in equivalenti di GSH/grammi di tessuto, è stato calcolato utilizzando il glutatione come standard. I livelli di glutatione totale (GSht), sono stati misurati spettrofotometricamente secondo Akerboom and Sies (1981). Il contenuto di malondialdeide (MDA) è stato misurato secondo Shaw et al. (2004). L'attività delle GSTs è stata misurata spettrofotometricamente secondo Habig et al. (1974) leggermente modificato (Regoli et al., 2012 in: Abele et al., 2012). L'inducibilità del citocromo P450 è stata misurata in termini di attività della 7-etossiresorufina O-deetilasi (EROD), secondo Stagg et al. (2016). La frequenza dei MN è stata misurata secondo Gorbi et al., 2009, leggermente modificato.

I dati relativi agli organismi provenienti dai campi convenzionali sono stati confrontati statisticamente con quelli di organismi provenienti dai campi biologici e dai campi non trattati. È stata preliminarmente verificata la distribuzione dei dati (test di Shapiro Wilk). Nel caso di dati non distribuiti normalmente, è stato utilizzato il test non parametrico Kruskal Wallis e, come post-hoc, il test U di Mann-Whitney; nel caso di dati distribuiti normalmente, è stato utilizzato il test ANOVA a 1 via e, come post-hoc, Newman Keuls. Livello di significatività $p < 0,05$.

9.3.2 Risultati e conclusioni

Dalle analisi effettuate è emerso che è possibile misurare CAT, GSTs, TOSC, GSht e AChE sia negli organi "target" (fegato e cervello rispettivamente) che in organi "non target" (muscolo della CODA), anche se con differenze di espressione nei diversi tessuti; mentre l'attività EROD ed i livelli MDA non sono stati rilevati nelle code. In generale, le analisi effettuate nelle code, non permettendo di evidenziare gli effetti legati ai fitofarmaci, non risultano idonee a tale scopo.

L'elaborazione dei risultati delle analisi effettuate su fegato, cervello e sangue ha evidenziato alcune differenze significative tra i campi convenzionali e i campi biologici, oltre che tra i campi convenzionali e il "non trattato (NAB)". Per tutte le risposte analizzate, i campi biologici non hanno mostrato differenze statisticamente significative rispetto al campo non trattato. In estrema sintesi, a livello qualitativo, l'entità degli effetti rilevati nei diversi campi potrebbe essere così ordinata: $NT4 > NT3 > NB3 \geq NB6 \geq NAB$.

In particolare, gli esemplari di lucertola campestre dei campi convenzionali non hanno mostrato una significativa inibizione dell'AChE, né un'alterazione delle GSTs (rispetto a quelli dei campi non trattati, o trattati biologicamente), mostrando invece un'alterazione nel sistema antiossidante (TOSC e CAT) e un'attivazione degli enzimi della fase I del sistema di biotrasformazione (EROD), oltre a danni al livello del DNA e lipidi (Tab. 9.3.1). Gli effetti più significativi all'esposizione ai fitofarmaci sono stati evidenziati negli organismi del campo convenzionale NT4, trattato con tebuconazolo (ARES), lambda cialotrina (SPARVIERO), tiofanometile (ENOVIT), deltametrina (GLORIAL) e solfato di rame. In questi organismi è stata osservata l'attivazione del principale sistema di biotrasformazione dei contaminanti organici, il citocromo P450 (come evidenziato dall'aumento dell'attività dell'EROD), probabilmente attivato per cercare di contrastare la presenza di sostanze potenzialmente tossiche come i fitofarmaci, trasformandoli in composti idrosolubili più facilmente escretabili da parte dell'animale. Ciononostante, tale sistema di difesa non sembra sia riuscito ad evitare la formazione dei radicali liberi che, come noto, se non opportunamente contrastati dal sistema antiossidante, possono determinare stress ossidativo e danni a vari livelli molecolari. Negli stessi organismi, infatti, è stata osservata una maggiore capacità antiossidante totale verso i radicali liberi idrossilici (TOSCA OH.) e una maggiore attività dell'enzima antiossidante CAT (coinvolto nella trasformazione del perossido di idrogeno, precursore di radicali idrossilici). Tali risultati indicano che lo stress ossidativo indotto nelle lucertole è presumibilmente imputabile, in maniera specifica, ai radicali idrossilici (e non a quelli perossilici). Inoltre, nonostante l'attivazione del sistema antiossidante, la produzione di radicali liberi, legata all'esposizione ai fitofarmaci, non sembra essere stata controbilanciata efficacemente da tale sistema, in quanto ha determinato danni a livello di proteine/enzimi, lipidi e DNA. Danni significativi a livello di lipidi e di DNA sono stati evidenziati dall'aumento dei prodotti di perossidazione lipidica (MDA) nel fegato e dalla maggiore frequenza di micronuclei (MN) nelle cellule eritrocitiche, rispetto a quanto riscontrato negli organismi dei campi biologici e/o non trattati. La genotossicità, rilevata negli organismi del campo NT4 risulta in accordo con quanto indicato in letteratura relativamente agli effetti del fungicida tiofanometile in questa specie, oltre che su uomo e topo (Capriglione et al., 2011; Ben Amara et al., 2014).

Negli organismi del campo a trattamento convenzionale NT3 (trattato con tebuconazolo e lambda cialotrina) gli effetti tossicologici sono molto meno evidenti, con differenze significative evidenziate solo in CAT e EROD. Questi risultati lasciano presupporre che il trattamento con i soli due prodotti fitosanitari, tebuconazolo e lambda cialotrina, ha determinato un effetto sul sistema di detossificazione e sul sistema antiossidante inferiore rispetto a quello determinato dal trattamento con tutti e 4 i prodotti fitosanitari, e che comunque, non ha determinato danni a DNA e lipidi.

Per quanto riguarda i campi a trattamento biologico, poiché negli organismi del campo NB6 (trattato solo con solfato di rame CuSO₄), non sono stati misurati effetti significativi rispetto al non trattato, è possibile ipotizzare che il solfato di rame, nelle modalità di esposizione che hanno caratterizzato gli esemplari esaminati, non induca conseguenze tossicologiche misurabili.

In conclusione, considerate le caratteristiche dei campi esaminati e le abitudini di vita degli organismi, è possibile considerare *P. siculus* un buon organismo bioindicatore, almeno per alcuni tipi di prodotti fitosanitari. Gli effetti legati all'utilizzo dei prodotti fitosanitari, rispetto al trattamento biologico, hanno coinvolto l'attivazione del sistema di biotrasformazione (principalmente degli enzimi della fase I, monossigenasi a funzione mista appartenenti al sistema del citocromo P450) e del sistema antiossidante (principalmente impegnato a contrastare l'azione dei radicali ossidrilici). Tali sistemi di difesa però, non sembrano essere stati sufficienti a contrastare gli effetti tossici dei prodotti fitosanitari, i quali hanno determinato danni al livello di DNA e dei lipidi. Infine, i tessuti più idonei nei quali effettuare le analisi di biomarker per poter rilevare gli effetti dei fitofarmaci sulle lucertole sono risultati essere il fegato (per lo stress ossidativo e il sistema di biotrasformazione) e il sangue (per la genotossicità).

Tabella 9.3.1 - Risultati analisi di biomarker nei tessuti (tess.) fegato, cervello e sangue di *P. siculus* (2018). Media \pm deviazione standard o errore standard (*). (N=13-16). In grassetto le differenze significative dei campi convenzionali (NT3, NT4) rispetto ai campi biologici (NB6, NB3) e/o non trattati (NAB) con $p < 0.05$

		Campo	NAB	NB3	NB6	NT3	NT4
	Tess.	u.m.	Media	Media	Media	Media	Media
AChE	cervello	nmoli/min/mg prot	30,71 \pm 10,15	33,88 \pm 12,36	32,51 \pm 8,19	30,38 \pm 12,72	34,80 \pm 13,12
CAT	fegato	μ moli/min/mg prot	82,36 \pm 10,06	62,67 \pm 17,82	70,41 \pm 26,12	53,10\pm18,36	94,37\pm30,49
TOSCHO	fegato	GSHeq/g tess	1817,31 \pm 461,76	1738,16 \pm 261,56	1741,17 \pm 360,87	1568,86 \pm 365,33	2399,44\pm386,08
TOSCROO	fegato	GSHeq/g tess	808,95 \pm 286,80	750,21 \pm 142,70	932,98 \pm 232,94	870,64 \pm 247,00	824,83 \pm 237,10
GSht	fegato	μ moli/ml	0,71 \pm 0,05	0,89 \pm 0,16	0,39 \pm 0,22	0,65 \pm 0,23	0,65 \pm 0,16
MDA	fegato	nmoli/ml	17,74 \pm 0,71	18,05 \pm 1,00	16,27 \pm 8,77	18,46 \pm 1,60	20,68\pm0,62
GSTs	fegato	nmoli/min/mg prot	651,78 \pm 215,94	603,83 \pm 222,42	618,25 \pm 288,79	526,81 \pm 160,29	517,24 \pm 184,83
EROD	fegato	pmoli/min/mg prot	15,47 \pm 9,48	23,10 \pm 12,52	12,93 \pm 6,31	11,11\pm5,48	32,78\pm23,30
MN	sangue	%	0,8 \pm 0,2*	0,7 \pm 0,3*	1,2 \pm 0,3*	1,4 \pm 0,4*	2,4\pm0,3*

9.4 Il campionamento degli uccelli nelle risaie

La possibilità di utilizzare gli uccelli come indicatori della qualità dell'ambiente agricolo è stata saggiata nelle risaie del Vercellese nel 2015. L'indagine, condotta nelle aziende oggetto di sperimentazione, è stata indirizzata a verificare se il popolamento di avifauna acquatica manifesti differenze, nella composizione specifica e nelle risposte comportamentali delle specie, tra risaie biologiche e risaie convenzionali, e se tali differenze siano riconducibili alla qualità ambientale correlata al tipo di gestione e al diverso uso di prodotti fitosanitari.

Le risaie assumono un ruolo primario per l'avifauna acquatica, soprattutto durante la primavera-estate (Fasola & Ruiz, 1997). L'agro-ecosistema del Vercellese si configura come un continuum di zone umide particolarmente attraente per gli Ardeidi e per altre specie adattate a muoversi e cacciare in ambienti fisionomicamente simili agli acquitrini. Malgrado la drastica perdita di biodiversità conseguente al passaggio alla risicoltura moderna, caratterizzata da elevata meccanizzazione agricola e uso massiccio di prodotti chimici (Groppali & Camerini, 2006), le risaie forniscono ancora sufficienti quantità di prede (anfibi, pesci e invertebrati acquatici) reperite durante l'esplorazione delle camere di risaia e del fitto reticolo di canali circostanti. La presenza delle risaie, associata alla tutela dei siti di nidificazione (in particolare delle grandi garzaie) ha contribuito ad incrementare le popolazioni di Ardeidi e a far diventare la Pianura Padana occidentale il comprensorio italiano più importante per questo gruppo di uccelli (Fasola & Alieri, 1992; Bogliani, 2008; Fasola & Brangi 2011, Fasola et al., 1996). Alcune specie di Caradriformi (Pavoncella, Pettegola, Pittima reale) possono sfruttare gli argini di separazione tra le camere per riprodursi, e, più raramente, nidificare anche entro la risaia (Cavaliere d'Italia, Mignattino).



Figura 9.4.1 - La risaia, un habitat agricolo tra i più frequentati dagli Ardeidi per la ricerca di prede

Tra gli impatti di più immediato effetto per l'avifauna delle risaie convenzionali vi sono il prosciugamento delle risaie, necessario per poter effettuare i trattamenti chimici ma estremamente dannoso per molte specie preda, e il disturbo diretto, provocato dall'ingresso di macchinari per le operazioni agricole. Un'altra forma di impatto sull'avifauna è rappresentata dal largo utilizzo di fitosanitari (erbicidi per il contenimento delle piante competitive del riso, ma anche fungicidi ed insetticidi). I trattamenti fitosanitari, sebbene raramente siano causa di intossicazioni acute o morte di uccelli acquatici, possono determinare diversi effetti secondari: gli insetticidi, in particolare, sono causa di alterazione dei popolamenti di invertebrati (Simpson & Roger., 1995; Suhling et al., 2000; Mesléard et al., 2005; Parsons et al., 2010) che può ripercuotersi fino ai livelli più elevati della catena alimentare in cui si collocano gli uccelli (Ibáñez et al., 2010).

Nel particolare contesto dell'agroecosistema risicolo, una gestione orientata ad un generalizzato miglioramento ambientale è strategica per la conservazione dell'avifauna acquatica, alla luce della

tendenza ad un'intensivazione sempre più spinta della risicoltura e alla conversione alle risaie in asciutta. Le risaie interne o limitrofe alle Zone di Protezione Speciale (ZPS) della Rete Natura 2000, per la loro vicinanza ai siti riproduttivi, sono aree in grado di impattare più direttamente le specie di All. I della Direttiva 147/2009/CE, ma anche i contesti privilegiati in cui sviluppare e proporre forme di agricoltura compatibile, e rendere l'uso di prodotti fitosanitari quanto più razionale e limitato. In tali ambiti può quindi essere utile individuare le specie di uccelli maggiormente sottoposte agli effetti ascrivibili al tipo di conduzione agricola ed esplorare le potenzialità di questi animali come indicatori ambientali. In tale prospettiva è stata condotta un'indagine in 8 aree campione, di estensione variabile ed esclusivamente adibite a risaia (Tab. 9.6.1), di cui 4 coincidono in gran parte con i limiti di proprietà delle aziende selezionate per la sperimentazione sulle altre componenti dell'ecosistema risaia (cfr. Cap. 2 e 4).

9.4.1 Metodi

La scala spaziale adottata per il campionamento è risultata funzionale ad acquisire dati sugli uccelli acquatici attraverso l'osservazione della loro attività trofica in risaia. Nel caso dell'Azienda RT1, di superficie estremamente limitata rispetto alle altre aziende selezionate, l'area di rilevamento è stata estesa ad una serie di risaie limitrofe di diversa proprietà che adottano una gestione agricola convenzionale del tutto analoga a quella della risaia aziendale. Delle aree campione selezionate, tre sono rappresentate da terreni a **risaia biologica dell'azienda RB1_a, RB1_b e della Azienda RB2; le altre tre (RB1_c, RB1_d, RB2c)** sono superfici a risaia convenzionale adiacenti o limitrofe alle prime. Ciò al fine di disporre di coppie di risaie per un confronto delle due tipologie di conduzione (biologico versus convenzionale) entro lo stesso sito, al fine di limitare l'effetto del contesto ambientale.

Il rilevamento è stato condotto dal 16/6/2015, quando tutte le aree campione avevano completato l'allagamento (alquanto ritardato per la stagione), al 12/7/2015, data oltre la quale l'altezza del riso cominciava a ostacolare l'osservazione degli uccelli. Per ciascuna area campione sono state effettuate 8 sessioni di rilevamento ornitologico distribuiti in 17 giornate complessive. La durata del campionamento era commisurata all'estensione dell'area campione e dalla maggiore o minore accessibilità delle risaie. Sono state escluse le sessioni in cui la presenza di uccelli era influenzata da lavorazioni agricoli in risaia. Ogni sessione prevedeva il conteggio e la mappatura degli uccelli a distanza, da punti posti lungo percorsi quanto più lineari all'interno dell'area campione, tali da coprire con la vista la maggiore superficie possibile dell'area campione. Sono state incluse nel controllo a vista le risaie che non si estendevano oltre i 500 m dal percorso. Per evitare doppi conteggi, tutti gli uccelli fatti involare durante il conteggio sono stati seguiti a vista per controllare l'eventuale atterraggio in aree già campionate o ancora da campionare.

Sono stati oggetto di campionamento tutti gli uccelli acquatici che frequentano le risaie a scopo alimentare. Per ciascuna area di studio sono stati raccolti i principali parametri del popolamento ornitico (Abbondanza specifica, espressa come numero medio di individui/ha, N. medio di localizzazioni specifiche/ha, Ricchezza totale (numero totale di specie) e media, Diversità di Shannon-Wiener. Il numero di localizzazioni di ogni singola specie è stato inserito come ulteriore indicatore dell'attività trofica. Alcuni dei parametri sono stati calcolati per il solo Ordine dei Ciconiformi, che annovera le specie più frequenti nelle risaie, quelle di maggiore taglia ed anche il maggior numero di specie di Allegato I della Direttiva Uccelli.

9.4.2 Risultati e conclusioni

Nella tabella 9.4.1 sono riportati, per ogni specie rilevata, i totali dei conteggi delle sessioni di campionamento effettuati nelle 8 aree campione. Sono stati conteggiati quasi 2600 uccelli appartenenti a 23 diverse specie, mappando complessivamente 879 localizzazioni di uccelli acquatici. L'81,2 % delle localizzazioni è attribuito a specie di Ciconiformi (11 specie, di cui 8 Ardeidi), a differenza di quanto rilevato in altri agro-ecosistemi risicoli a prevalenza di Caradriformi (Tourenq et al., 2003). Le specie più rappresentata è la Garzetta (28% delle localizzazioni), seguita da Airone cenerino (21%), Nitticora (12%), Airone guardabuoi (10%) e Pavoncella (7%).

Il popolamento ornitico è risultato alquanto variabile tra le aree campione selezionate, sia in termini di specie che di numero di individui, e ciò influenza anche la ricchezza di specie e la diversità. Le quattro principali aree risicole della sperimentazione (RT1, RT2, RB1, RB2) risentono della particolare collocazione geografica, e quindi della maggiore o minore vicinanza di siti di particolare valore naturalistico (per es. garzaie), corridoi ecologici o presenza, anche all'interno dell'azienda, di elementi naturali (es. un'area di ripristino ecologico in RB2), che contribuiscono a rendere il popolamento ornitico delle risaie più o meno eterogeneo.

Una maggiore possibilità di relazionare il popolamento ornitico al tipo di conduzione si realizza nel confronto tra aree campione a diversa gestione all'interno dello stesso sito. I valori di abbondanza media e numero medio di localizzazioni/ha di Ciconiformi delle aree RB1_a, RB1_c (a conduzione biologica) sono stati rapportati a quelli delle rispettive aree limitrofe RB1_b, RB1_d, (a conduzione convenzionale), mentre non si è potuto procedere con il confronto tra le risaie delle aree RB2a e RB2b, a causa dell'infestazione di *Persicaria* sp. nella prima area, che ha completamente alterato la fisionomia della coltura.

Tabella 9.4.1. Risultati dell'attività di campionamento ornitologico nelle 8 aree campione

località -> proprietà aziendale -> Superficie risaia (ha) delle AC -> tipo di conduzione -> codice Area campione e numero di localizzazioni -> numero visite ->	S. Marco Vitarbot	C. Spin. BIO	C. Spinola	Rovascenda	Rovascenda	Baragge Rovascenda	Baragge Rovascenda	Montarucco				
	Bertacco + proprietà vari	Patrini	Patrini	Stocchi	proprietari vari	Stocchi	proprietari vari	Verco				
	45,98	29,67	95,90	21,95	34,97	20,90	74,39	127,33				
	convenzionale	biologico	convenzionale	biologico	convenzionale	biologico	convenzionale	convenzionale				
	RT1	RB2	RB2c	RB1_a	RB1_c	RB1_b	RB1_d	RT2				
	8	8	8	8	7	7	8	8				
CICONIFORMI	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	TOT	%	(n.loc.)	(%)
Tarabuso <i>Botaurus stellaris</i> *			43 (28)	20 (13)	5 (4)	3 (3)	1 (1)	3 (3)	3	0,12	(3)	(0,24)
Nitticora <i>Nycticorax nycticorax</i> *	42 (23)							43 (31)	157	6,05	(103)	(11,72)
Sgarza ciuffetto <i>Ardeola railopides</i> *	1 (1)								1	0,04	(1)	(0,10)
Airone guardabuoi <i>Bobolucus ibis</i>	37 (16)		9 (7)	44 (11)	4 (3)	40 (8)	24 (8)	72 (33)	230	8,86	(87)	(9,90)
Garzetta <i>Egretta garzetta</i> *	179 (65)	6 (4)	102 (55)	83 (19)	51 (24)	21 (13)	71 (27)	50 (39)	573	22,06	(246)	(27,99)
Airone bianco maggiore <i>Casmerodius albus</i> *	3 (1)	4 (3)	7 (5)	10 (7)	1 (1)	4 (4)			29	1,12	(21)	(2,39)
Airone rosso <i>Ardea purpurea</i> *		3 (3)	4 (4)					30 (30)	37	1,42	(37)	(4,21)
Airone cenerino <i>Ardea cinerea</i>	43 (18)	7 (7)	53 (50)	31 (18)	17 (18)	37 (28)	29 (21)	35 (30)	252	9,7	(164)	(20,83)
Cicogna bianca <i>Ciconia ciconia</i> *			2 (2)	1 (1)	4 (3)				7	0,27	(6)	(0,69)
Mignattino <i>Plegadis falcinellus</i> *			1 (1)						1	0,04	(1)	(0,11)
Ibis sacro <i>Threskiornis aethiopicus</i>	113 (20)			76 (2)	4 (2)			4 (1)	197	7,59	(28)	(2,84)
Altre specie	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	N. indiv. n.loc.	TOT	%	(n.loc.)	(%)
Cormorano <i>Phalacrocorax carbo</i>			1 (1)						1	0,04	(1)	(0,11)
Volpoca <i>Tadorna tadorna</i> *			1 (1)						1	0,04	(1)	(0,11)
Germano reale <i>Anas platyrhynchos</i>	2 (2)		64 (24)		1 (1)	5 (3)	1 (1)	4 (2)	77	2,95	(33)	(3,79)
Falco di palude <i>Circus aeruginosus</i> *								1 (1)	1	0,04	(1)	(0,11)
Gallinella d'acqua <i>Gallinula chloropus</i>			1 (1)						1	0,04	(1)	(0,11)
Folaga <i>Fulica atra</i>			1 (1)						1	0,04	(1)	(0,11)
Cavaliere d'Italia <i>Himantopus himantopus</i> *		53 (2)	133 (25)		6 (3)				192	7,39	(30)	(3,41)
Pavoncella <i>Vanellus vanellus</i>			506 (48)		7 (4)	2 (1)	2 (2)	39 (13)	556	21,41	(88)	(17,4)
Piro piro boschereccio <i>Tringa glareola</i> *			3 (3)						3	0,12	(3)	(0,34)
Piro piro culbianco <i>Tringa ochropus</i>		20 (1)	29 (11)					1 (1)	50	1,93	(13)	(1,48)
Gabbiano comune <i>Chroicocephalus ridibundus</i>			222 (9)						222	8,55	(36)	(10,02)
Mignattino <i>Chlidonias nigra</i> *			5 (4)						5	0,19	(4)	(0,46)
TOTALE	420 (148)	93 (20)	1187 (28)	265 (29)	110 (91)	112 (59)	129 (61)	281 (183)	2597	(879)		

codice Area campione e numero di localizzazioni ->	S. Marco Vitarbot	C. Spin. BIO	C. Spinola	Rovasc. BIO	Rovasc. Con.	Baragge BIO	Barag. Con.	Montarucco			
	RT1	RB2	RB2c	RB1_a	RB1_c	RB1_b	RB1_d	RT2			
tutte le specie	N. individui/ha/visita (s.s.)	1,14 (0,44)	0,39 (0,78)	1,55 (1,02)	1,52 (1,44)	0,45 (0,32)	0,67 (0,6)	0,22 (0,12)	0,26 (0,08)		
	N. localizzazioni/ha/visita (s.s.)	0,40 (0,16)	0,08 (0,08)	0,37 (0,39)	0,39 (0,14)	0,25 (0,08)	0,35 (0,22)	0,10 (0,04)	0,17 (0,03)		
	Ricchezza totale	8	6	19	7	10	7	10			
	Ricchezza media (s.s.)	4,50 (0,80)	2,25 (1,08)	10,00 (1,08)	4,50 (1,8)	4,00 (1,41)	3,71 (1,11)	3,38 (0,92)	6,63 (1,41)		
	Diversità H'	1,47	1,27	1,81	1,61	1,54	1,47	1,15	1,91		
Ciconiformi	N. individui/ha/visita (s.s.)	1,14 (0,42)	0,08 (0,08)	0,29 (0,11)	1,52 (1,44)	0,39 (0,3)	0,63 (0,6)	0,21 (0,13)	0,22 (0,07)		
	N. localizzazioni/ha/visita (s.s.)	0,39 (0,16)	0,07 (0,08)	0,20 (0,38)	0,39 (0,14)	0,22 (0,08)	0,33 (0,22)	0,10 (0,06)	0,15 (0,03)		
	Ricchezza totale	7	4	8	7	7	5	4	7		
	Ricchezza media (s.s.)	4,38 (0,74)	1,88 (1,13)	4,75 (1,48)	4,5 (1,8)	2,86 (0,88)	3,29 (1,11)	2,88 (0,64)	5,38 (0,92)		
	Diversità H'	1,45	1,34	1,40	1,61	1,19	1,28	1,02	1,67		

Entrambi gli indicatori (in particolare l'abbondanza media) sono viziati da un'elevata varianza associata alla saltuaria formazione di gruppi di individui entro le medesime localizzazioni. Ciò ha impedito di utilizzare test parametrici di confronto tra campioni.

L'area RB1_a, a conduzione biologica, ha mostrato un più elevato numero di localizzazioni rispetto alla limitrofa area convenzionale RB1_c (N1=8, N2=7; U=48, p=0,02, Test non parametrico di Mann-Whitney per due campioni indipendenti), così come l'area a conduzione biologica RB1_b ha mostrato un più elevato numero di localizzazioni rispetto alla limitrofa area convenzionale RB1_d (N1=7, N2=8; U=50, P=0,01). Inoltre l'area RB1_a biologica ha mostrato un'abbondanza significativamente superiore rispetto alla limitrofa area convenzionale RB1_c (N1=8, N2=7; U=52, p=0,0054), mentre l'area RB1_b biologica ha mostrato un'abbondanza non significativamente superiore alla limitrofa area convenzionale RB1_d (N1=7, N2=8; U=44, P=0,064). I confronti di aree limitrofe, nelle quali è minimizzata la componente di variabilità ambientale e faunistica, suggerirebbero una tendenza, da parte dell'avifauna acquatica, a preferire maggiormente le risaie biologiche per l'attività trofica.

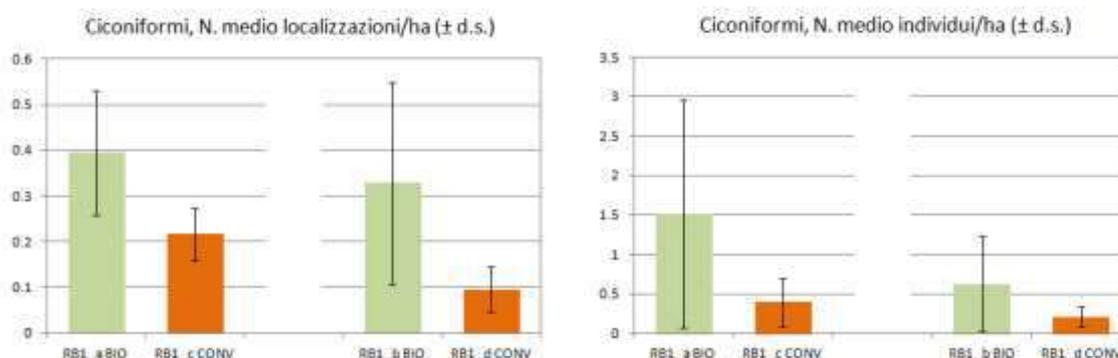


Figura 9.4.2 – Confronto dei valori dell'abbondanza media (grafico a sinistra) e del numero medio di localizzazioni specifiche (a destra) di uccelli Ciconiformi rilevati in superfici a risaia biologica (in colore verde) e in superfici a risaia convenzionale (in arancione), nelle coppie di aree campione di Rovasenda (RB1 a,c) e Baraggia di Rovasenda (RB1 b,d)

Questa preliminare indicazione, da confermare attraverso un più ampio numero di confronti a coppie tra aree a diversa conduzione, sembra in linea con i risultati delle indagini sulla batracofauna (vedi Cap. 4). Le risaie biologiche, per il tipo di operazioni colturali previste dal metodo MA-PI utilizzato in RB1, sono soggette a più limitati periodi di asciutta e consentono una più prolungata permanenza di zone d'acqua in cui gli anfibi possono portare a termine il ciclo riproduttivo. La maggiore frequentazione delle risaie biologiche rispetto alle limitrofe risaie convenzionali da parte degli uccelli trampolieri di media e grande taglia potrebbe riflettere una maggiore quantità di prede.

Un tipo di conduzione delle risaie orientata all'utilizzo di metodiche colturali senza l'utilizzo di fitofarmaci può quindi sortire effetti benefici all'ambiente, che si possono riflettere anche sui livelli più elevati della catena trofica. Occorre comunque rimarcare che tali effetti, ove confermati, dipendono verosimilmente dalla fisionomia del terreno indotta dalla particolare tecnica colturale applicata.

Nel saggio effettuato, gli indicatori più efficaci per evidenziare la diversa risposta degli uccelli al tipo di conduzione si sono rivelati quelli che esprimono maggiormente la relazione trofica con la coltura. Si ritiene che le specie di Ardeidi e di altri Ciconiformi, le uniche che utilizzano con una certa assiduità le risaie per la ricerca di cibo, possano offrire le migliori risposte comportamentali, riflettere le condizioni ecologiche complessive dell'ecosistema risaia ed essere facilmente campionabili a vista. Ulteriori attività di sperimentazione permetterebbero di migliorare l'utilizzo di tali indicatori nella valutazione ecologica dell'agroecosistema risicolo.

Nelle aree indagate, tutte nelle vicinanze di importanti aree della Rete Natura 2000, le risaie sono frequentate da un popolamento ornitico simile a quello riscontrato in altre indagini effettuate in risaia (Groppali & Camerini, 2006; Fasola & Ruiz, 1997). Considerato che la maggior parte di queste specie, tutte nidificanti nelle ZPS del vercellese, è inserita nell'All. I della Direttiva Uccelli, si comprende come la gestione dell'agroecosistema risicolo possa avere importanti ricadute sulla conservazione. È altresì evidente che, per l'estrema mobilità e diffusione di questi uccelli nella pianura vercellese, gli effetti delle modalità di gestione si ripercuotono ad una scala spaziale di comprensorio. Per tale motivo è importante associare al sistema di aree della Rete Natura 2000, principalmente istituito per la tutela dei siti riproduttivi, una serie di azioni di conservazione diffuse nel territorio, volte al miglioramento ambientale dell'agroecosistema risicolo e alla compatibilità ambientale delle pratiche agricole, anche attraverso metodiche che minimizzano o escludono l'utilizzo di prodotti fitosanitari.

10. CONCLUSIONI

In questo capitolo vengono riportate le valutazioni complessive dei risultati emersi dalla sperimentazione effettuata nei diversi agroecosistemi esaminati. I risultati riguardano sia la valutazione delle Misure del PAN considerate per la tutela di specie e habitat, in Aree protette e in Siti Natura 2000, con particolare riguardo agli impollinatori (Misure n. 13 e 16 delle Linee guida di cui al DM 10/3/2015), sia l'efficacia dei bioindicatori selezionati al fine di evidenziare eventuali effetti dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità.

10.1 Valutazione dell'efficacia dei bioindicatori e degli indici proposti per il monitoraggio degli effetti dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità

Per aggregare in un quadro sintetico le valutazioni effettuate sulla base dei risultati ottenuti attraverso il confronto delle comunità dei bioindicatori (in termini di ricchezza specifica, abbondanza e presenza di specie di interesse conservazionistico) tra campi biologici (BIO) e convenzionali (CONV), è stata utilizzato il seguente metodo:

- lo stato del bioindicatore è circa uguale in BIO e in CONV = B-C;
- lo stato del bioindicatore è tendenzialmente migliore in BIO rispetto a CONV, ma la differenza non è statisticamente significativa = B;
- lo stato del bioindicatore è migliore in BIO rispetto a CONV e la differenza è statisticamente significativa = BB;
- lo stato del bioindicatore è tendenzialmente migliore in CONV rispetto a BIO, ma la differenza non è statisticamente significativa = C;
- lo stato del bioindicatore è migliore in CONV rispetto a BIO e la differenza è statisticamente significativa = CC.

10.1.1 Risaie

I prodotti fitosanitari principali utilizzati in risaia sono erbicidi, per contrastare piante erbacee e acquatiche concorrenti al riso, fungicidi per contrastare il brusone e insetticidi per la lotta al punteruolo del riso.

Tutti gli indicatori utilizzati hanno dato un risultato migliore nelle aziende biologiche rispetto a quelle convenzionali, anche se in taluni casi di lieve entità e non statisticamente significativa (Tabella 10.1.1).

Tabella 10.1.1 – Sintesi dell'efficacia dei bioindicatori considerati per rilevare l'effetto dei prodotti fitosanitari sulle comunità vegetali e animali considerate nelle risaie di sperimentazione

Tipo Bioindicatore	BIO vs CONV	Descrizione risultato rilevato
Flora - Ricchezza specifica	BB	N. di specie signif. maggiore in BIO nei due bienni
Flora - N. di specie di pregio	B	% di specie di pregio maggiore in BIO nei due bienni
Flora - N. di specie infestanti	B	% di specie infestanti maggiore in CONV nei due bienni
Flora - N. specie utili agli insetti impollinatori	B	n. di specie maggiore in BIO 2018-2019
Pedofauna	BB	Valori QBS-ar, n. Forme biologiche, significativamente maggiori in BIO nei due bienni
Anfibi	BB	N. di larve e adulti di rana verde significativamente maggiore in BIO nei due bienni
Apoidei	BB	N. di Apoidei significativamente maggiore in BIO 2018-2019
Lepidotteri	BB	N. di specie e abbondanza significativamente maggiore in BIO nei due bienni
Odonati	B	Diversità media maggiore in B, N specie e individui maggiore in B, ma non costante negli anni

Tipo Bioindicatore	BIO vs CONV	Descrizione risultato rilevato
Chiroterri	B BB	N. contatti maggiore in BIO ma non signif. N. Feeding Buzz significativamente maggiore in BIO

Nelle analisi chimiche sulle acque di risaia, il dato più rilevante è la presenza ubiquitaria di Oxadiazon in tutti i campi biologici e convenzionali, quantitativamente superiore in questi ultimi, dove sono stati riscontrati con minor frequenza e concentrazioni più basse anche altri prodotti fitosanitari, quali il Metolaclo e l'Oxifluorfen. La distribuzione diffusa ed anche relativamente omogenea quanto a concentrazione dell'Oxadiazon, che spiega le risposte tossiche importanti e diffuse rilevate nelle acque, è probabilmente dovuta alla modalità di circolazione a cascata delle acque irrigue tra le diverse risaie. La presenza di residui di prodotti fitosanitari anche nei campioni di suolo (Oxadiazon, Oxyfluorfene e Pendimethalin) potrebbe spiegare la maggior frequenza di risposte positive, a volte importanti, riscontrata nei saggi biologici delle risaie convenzionali.

I campionamenti floristici hanno messo in evidenza un'erosione della ricchezza specifica nelle aziende convenzionali; il dato è statisticamente significativo e confermato anche dall'analisi multivariata. Tale andamento è stato osservato sia nel biennio 2015-2016 che in quello del 2018-19 e in ogni stagionalità. I trattamenti erbicidi effettuati nelle aziende convenzionali hanno selezionato negativamente la flora autoctona sviluppatasi nel periodo primaverile, dando origine, al termine della stagione colturale, a popolazioni erbacee composte da poche specie quasi esclusivamente alloctone e opportuniste. L'applicazione di indici di presenza di determinate categorie floristiche ha maggiormente evidenziato la differenza tra convenzionale e biologico, soprattutto nell'indice delle infestanti, ma anche parzialmente nell'indice di specie di pregio. Anche le piante appartenenti alla forma biologica delle Terofite (specie annuali che tendono ad aumentare con il disturbo), hanno maggior frequenza nelle aziende di tipo convenzionale, mentre le Emicriptofite (specie bienni o perenni, più sensibili al disturbo antropico) risultano più numerose in risaie biologiche.

A livello di Pedofauna, sia il numero di Forme Biologiche che il valore dell'Indice di Qualità Biologica del Suolo sono significativamente più alti nelle aziende biologiche rispetto alle convenzionali e anche in questo caso le analisi multivariate hanno evidenziato come l'applicazione dei fitosanitari in risaia sia il fattore discriminante per tale differenza.

Anche per quanto riguarda le specie floristiche utili agli impollinatori, il numero è maggiore nelle aziende biologiche, sebbene non in misura statisticamente significativa, come invece è risultato nel numero di individui totale di Apoidei, che è maggiore in modo molto significativo nei campi biologici. Gli interventi di diserbo meccanico, di inerbimento degli argini e della semina di piante non produttive effettuati da alcune aziende, si sono rivelati cruciali per la presenza di impollinatori e delle loro fonti di nettare e polline.

Ciò è confermato dall'altro gruppo di impollinatori indagato, i Lepidotteri diurni. Questi presentano comunità più ricche di specie e un maggior numero di individui nelle aziende a conduzione biologica rispetto a quelle convenzionali. La differenza è statisticamente significativa così come lo è l'abbondanza di *Lycaena dispar*, specie tutelata dalla Direttiva Habitat. Le larve di questa farfalla, legate ad argini e canali, hanno rivelato, in laboratorio, effetti genotossici, subletali in risposta all'esposizione a erbicidi, in particolare al glyphosate (Santovito et al., 2020).

Anche per gli Odonati sono stati evidenziati un maggior numero di specie e di individui nelle aziende biologiche, seppure in modo non costante negli anni e senza un'evidente significatività. In un'azienda biologica sono state riscontrate specie di importanza conservazionistica, in quanto protette dalla Direttiva Habitat, o minacciate secondo le categorie internazionali IUCN.

Per quanto riguarda gli Anfibi, nelle aziende biologiche è risultata maggiore in modo significativo l'abbondanza sia di adulti che di larve delle rane verdi (*Pelophylax* sp.) rispetto alle aziende convenzionali. La minor abbondanza di individui nelle risaie convenzionali potrebbe essere determinata dall'effetto genotossico sub letale degli erbicidi utilizzati durante il periodo riproduttivo, già noto in letteratura (Relyea et al., 2005).

L'abbondanza di insetti in aziende biologiche si riflette anche sui loro predatori, come i Chiroterri, di cui si è osservata un'attività di nutrizione significativamente più consistente nelle aziende biologiche.

Nel complesso, la risaia gestita con metodi che minimizzano l'impatto ambientale, può rivelarsi un agroecosistema con cenosi specializzate, anche di valore conservazionistico, nonostante l'assetto monoculturale del paesaggio e il carattere intensivo delle pratiche agricole. Molte specie vi si riproducono, si alimentano e le catene trofiche sono complesse, pertanto le risaie possono considerarsi

agroecosistemi funzionali. In particolare, la presenza di molte specie igrofile delinea l'agroecosistema come un'area umida di sostituzione, che svolge un ruolo cruciale nella conservazione di un numero elevato di specie protette e/o minacciate secondo le categorie IUCN.

Il complesso sistema irriguo che alimenta capillarmente le camere di risaie è parte integrante dell'agroecosistema e le frequenti manutenzioni di fossi e canali irrigui, anche con prodotti fitosanitari, influiscono sulla distribuzione di specie ed habitat acquatici.

In un ambiente così semplificato e con scarso scambio con i diversi habitat circostanti, le pratiche agricole e gli input chimici pesano in modo rilevante sulla distribuzione e abbondanza delle specie, favorendo lo sviluppo di specie di origine esotica e invasive.

Le modalità di adattamento, sempre più orientate alla coltivazione in asciutta o in rapida rotazione con colture erbacee, generano frequenti prosciugamenti che possono incidere sulla biodiversità delle cenosi acquatiche a causa dello sfasamento con l'idroperiodo riproduttivo; questo fenomeno è stato notato ad esempio sugli Anfibi anche in aziende biologiche che adottano la tecnica della pacciamatura verde.

10.1.2 Vigneti

I prodotti fitosanitari principali utilizzati nei vigneti sono fungicidi, applicati anche con frequenza elevata, accompagnati da interventi erbicidi, per contrastare lo sviluppo sottilare delle piante erbacee, e insetticidi per contrastare la cicalina della flavescenza dorata (*Scaphoideus titanus*), che è un obbligo normativo vigente in Piemonte.

A livello chimico, è stata quantificata nei suoli la presenza di tracce di composti di sintesi (Dimetomorph, Metrafenone e Chlorpyrifos) solo in aziende convenzionali, rispetto a quelle biologiche che tuttavia fanno un maggior utilizzo di rame come pesticida inorganico. Le analisi ecotossicologiche non hanno evidenziato situazioni di pericolo, con l'eccezione di un solo campione del 2018 proveniente da un'azienda convenzionale (VT4). La risposta degli indicatori biologici utilizzati è stata meno chiara rispetto alle risaie anche in virtù del fatto che il vigneto si rivela un agroecosistema complesso e in genere più ricco di specie della risaia (Tabella 10.1.2).

Tabella 10.1.2 – Sintesi dell'efficacia dei Bioindicatori considerati per rilevare l'effetto dei prodotti fitosanitari sulle comunità vegetali e animali considerate nei vigneti di sperimentazione

Tipo Bioindicatore	BIO vs CONV	Descrizione risultato rilevato
Flora - Ricchezza specifica	B	N. di specie maggiore in B nei due bienni
Flora - N. di specie di pregio	B/C	% di specie di pregio variabile nei due bienni ma con specie protette e rare esclusivamente in BIO
Flora - N. di specie infestanti	B	% di specie infestanti maggiore in CONV nei due bienni
Flora - N. specie Forma Biologica Emicriptofite	B	% di specie emicriptofite maggiore in BIO nei due bienni
Flora - N. specie utili agli insetti impollinatori	B	n. di specie maggiore in BIO 2018-2019
Pedofauna	BB	Valori QBS-ar, n. Forme biologiche, significativamente maggiori in BIO 2018-2019. FB euedafiche e relative abbondanze maggiori in BIO
	C	Valori variabili (in un caso elevati, nell'altro scarsi) di QBS-ar, n. Forme biologiche nelle aziende CONV in 2015-2016
Apoidei	BB	N. di Apoidei significativamente maggiore in BIO 2018-2019

Lepidotteri	BB	N. di specie e abbondanza significativamente maggiore in BIO nei due bienni
Chiroterri	B-C	N. contatti non chiaramente differenti tra BIO e CONV
	BB	N. <i>Feeding Buzz</i> significativamente maggiore in BIO

Per la flora, la ricchezza specifica è superiore nelle aziende viticole biologiche rispetto a quelle convenzionali, sia cumulando tutte le annualità (in tal caso non in modo statisticamente significativo), sia analizzando le singole annualità. Il confronto tramite l'analisi multivariata evidenzia come le due tipologie di aziende risultino differenziate in base alla ricchezza floristica, tuttavia i prodotti fitosanitari non sono gli unici e prioritari elementi che spiegano la differenza fra biologico e convenzionale. Anche analizzando il numero di specie vegetali infestanti, di elementi di pregio e di specie utili agli impollinatori, il valore è di poco migliore nelle aziende biologiche con molta variabilità tra un anno e l'altro. Un indicatore che ha dimostrato rispondere più chiaramente in vigneto è quello delle specie Emicriptofite, che risultano chiaramente più numerose nelle aziende biologiche, segno che in questi siti le comunità erbacee tendono a stabilizzarsi e popolarsi di piante più esigenti in termini di qualità del suolo. Tra queste, possono insediarsi nel lungo periodo anche specie di maggior interesse conservazionistico e più sensibili (es. *Orchidaceae*) ritrovate solo in aziende biologiche.

Il comparto suolo del vigneto è potenzialmente ricco di forme di vita, come confermano i risultati delle analisi della Pedofauna, dove anche nelle aziende convenzionali sono stati riscontrati organismi esigenti e ben adattati alla vita del suolo; tuttavia, la maggior parte di questi si riscontra più abitualmente nei coltivi biologici, come evidenziato nei valori complessivi del QBS-ar, rivelatisi significativamente migliori nella valutazione cumulativa delle due annualità 2018-2019 in questo tipo di campi. Anche a livello di singola annualità, il valore di QBS-ar è sempre migliore nelle aziende biologiche, sebbene non in modo significativo. L'analisi multivariata conferma l'efficacia della pedofauna nel discriminare il gruppo dei vigneti biologici da quelli convenzionali, mostrando anche come l'utilizzo dei prodotti fitosanitari non risulti l'unico fattore nel determinare le differenze tra i due campioni. Tuttavia, andando a effettuare un esame più approfondito della presenza di forme biologiche in ciascuna replica e valutandone la relativa abbondanza nei confronti tra le coppie di aziende, si possono osservare alcuni elementi interpretativi importanti, come un valore di QBS-ar significativamente maggiore del biologico a inizio stagione, quando i trattamenti non sono ancora iniziati, segno che il riscontro dei residui di rame dell'annualità precedente non ha sostanzialmente inibito lo sviluppo della fauna del suolo nelle aziende biologiche. Il divario tra biologico e convenzionale si riduce nel periodo di maggior trattamento (t1), per poi separarsi nuovamente a fine stagione per il peggioramento della qualità edafica nelle aziende convenzionali, con la riduzione in queste ultime soprattutto delle forme biologiche più adattate, una contrazione delle abbondanze e la scomparsa di alcuni gruppi faunistici. Questi aspetti attraverso specifici approfondimenti potrebbero essere messi in relazione con l'effetto dei trattamenti sistemici effettuati. I trattamenti a base di rame e zolfo nel biologico, invece, sono apparentemente cronici e complessivamente sembrano meno impattanti data la migliore qualità dell'Indice Qbs-ar all'inizio della stagione culturale.

L'effetto della maggiore diversità floristica si traduce anche a livello del numero di Apoidei registrati, dove la differenza si è rivelata significativamente più elevata a favore delle aziende biologiche, in tutti i gruppi (api da miele, bombi e altri Apoidei) analizzati.

Per i Lepidotteri diurni, un maggior numero di specie e di individui si è osservato nelle aziende biologiche, ma con evidenza solo nei confronti a coppie tra aziende molto vicine tra loro. Il legame con il contesto paesaggistico è risultato influente anche dopo la selezione di coppie con caratteristiche tali da escludere l'effetto confondente di alcune covariate.

È risultata, invece, chiaramente la differenza a livello di attività trofica nei Chiroterri, i quali si nutrono maggiormente in campi biologici.

Il vigneto si rivela pertanto un agroecosistema con cenosi potenzialmente stabili e ricche, legate alla possibilità di copertura erbacea permanente negli interfilari e alla presenza nel contesto paesaggistico circostante di ambienti seminaturali forestali, arbustivi ed erbacei. Nei casi di gestione a bassa pressione meccanica e fitosanitaria su lungo periodo, possono evolvere anche in habitat rifugio per specie di valore conservazionistico e ricche di specie. I confronti a coppie di aziende hanno permesso di delineare l'importanza di protocolli a basso input chimico in linea con la misura 13 del PAN. La gestione del vigneto che tiene conto della biodiversità funzionale, mantenendo interfilari inerbiti o utilizzando specie vegetali, fonti di nettare e polline, nella pratica del sovescio realizzato secondo una metodica specifica, determina notevoli vantaggi almeno per gli insetti impollinatori. È cruciale, pertanto, studiare le

modalità di gestione più appropriate, perché pratiche di trinciatura e taglio in periodo di fioritura potrebbero rivelarsi controproducenti. Inoltre, sia per lo sviluppo della flora erbacea che per la pedofauna, ha un peso rilevante il compattamento del suolo dovuto ai numerosi ripetuti passaggi con mezzi meccanici, per la distribuzione dei fitosanitari e per alcune pratiche colturali.

10.1.3 Noccioleti

I campi disponibili per la sperimentazione nel biennio 2015-2016 sono risultati poco comparabili, in particolare per la presenza nelle aree circostanti di elementi naturali (faggeta, siepi) o antropici (ferrovia) che hanno influito sulla presenza di comunità floristiche e faunistiche probabilmente, in alcuni casi, in modo più rilevante rispetto alla variabile oggetto della sperimentazione, ovvero l'uso dei prodotti fitosanitari non compatibili con la Misura n. 13 delle Linee guida del PAN.

I risultati emersi nel biennio 2015-2016 sono stati comunque considerati, in quanto hanno contribuito a definire un quadro conoscitivo sulla risposta dei bioindicatori alle diverse variabili ambientali e alle pressioni antropiche. Infatti, da questi dati è stata rafforzata la necessità di individuare campi confrontabili non solo per le caratteristiche del campo (suolo, esposizione, pendenza, ecc.), e della matrice ambientale entro un buffer di 10 metri, ma anche nel buffer da 10 a 500 m intorno al perimetro del campo.

Quindi, dall'analisi dei dati del primo biennio è stato possibile definire le covariate da considerare per la selezione dei campi da confrontare e da campionare per permettere un'appropriate analisi statistica dei risultati e scegliere campi maggiormente confrontabili a coppie (biologico vs convenzionale), rispetto ai campi considerati nel 2015-2016.

Pertanto, i dati relativi al biennio 2018-2019, sono ritenuti più attendibili. Le covariate hanno, inoltre, permesso di poter effettuare delle analisi statistiche multivariate, finalizzate ad individuare i fattori che influiscono sulla risposta dei bioindicatori rilevata dai valori di indici di comunità (diversità, ricchezza, equità e relative varianti), oltre alla variabile principale costituita dall'utilizzo dei prodotti fitosanitari.

In linea generale, la caratterizzazione chimica ed ecotossicologica effettuata nei due bienni non ha messo in evidenza presenze particolarmente critiche di pesticidi organici e/o inorganici a cui è corrisposto una sostanziale assenza di pericolo ecotossicologico, ad indicare che vi è stato un uso corretto dei prodotti fitosanitari da parte delle aziende che hanno messo a disposizione i loro campi, secondo le modalità definite dalla normativa vigente e dal PAN, per limitare quanto più possibile la dispersione di sostanze attive nelle matrici ambientali.

Tuttavia, le analisi chimiche dei campioni di suolo del 2015-2016, hanno evidenziato la presenza in alcuni casi molto al di sopra del limite di quantificazione in diverse matrici (suolo, acque di falda e materiale vegetale) del Tebuconazolo (presente nel fungicida VIVER) e della λ -cialotrina (principio attivo dell'insetticida KARATE, molto utilizzato nella coltura del nocchioleto), nei campi selezionati all'interno e nei dintorni della Riserva Naturale di Lago di Vico (NT1 e NT2). Pertanto, per queste sostanze è possibile ipotizzare una contaminazione dovuta ad un diffuso utilizzo nel territorio, intensamente coltivato a nocchioleto.

I risultati delle analisi chimiche effettuate nei campi considerati nel biennio 2018 e 2019, per quanto riguarda il Rame, hanno mostrato un maggior contenuto nei campi a trattamento convenzionale rispetto ai biologici (differenza significativa) mentre per lo Zolfo non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra le diverse tipologie di campi.

I risultati dei residui di pesticidi organici nei campioni di suolo dei campi selezionati nel secondo biennio hanno mostrato, nella quasi totalità dei casi, concentrazioni inferiori al limite di quantificazione. Data la scarsa numerosità di risultati quantificabili, non è possibile desumere considerazioni di ordine generale riguardo a differenze di concentrazione fra biologico e convenzionale o anche semplicemente tra prima e dopo il trattamento. La valutazione integrata delle risultanze ecotossicologiche attraverso l'indice di pericolo ecotossicologico HQ (Hazard Quotient) non ha individuato alcun campione classificabile come pericoloso, ma solo occasionali effetti significativi riferiti a singoli saggi biologici, che interessano soprattutto la riduzione dell'allungamento radicale in *Sinapis alba*. L'analisi statistica dei dati chimico-ecotossicologici per il 2018-2019 ha individuato una differenza significativa in entrambe le annualità di monitoraggio per due coppie di campi, con una maggiore tossicità rilevata in quelli convenzionali di due coppie (NT6 rispetto al biologico NB6, e NT4_t0 rispetto al biologico NB4_t0, per il 2019).

La risposta dei bioindicatori è stata valutata per stabilire l'efficacia degli stessi nell'evidenziare l'effetto complessivo dei trattamenti con prodotti fitosanitari, che ha costituito la principale variabile che discrimina le due tipologie di campi (biologici e convenzionali), assumendo che la gestione con il metodo biologico sia quella più compatibile con le indicazioni della misura 13 delle linee guida del

PAN. I giudizi sintetici riportati nella seguente tabella sono stati definiti in base al metodo riportato nella premessa, sulla base dei risultati descritti nel cap. 5.

Tabella 10.1.3 – Sintesi dell'efficacia dei Bioindicatori considerati per rilevare l'effetto dei prodotti fitosanitari sulle comunità vegetali e animali considerate nei nocioleti di sperimentazione

Tipo Bioindicatore	BIO vs CONV	Descrizione risultato rilevato
Flora	BB B	N specie e % specie di pregio significativamente maggiore in BIO nel 2018-2019 N specie e % sp di pregio maggiore in BIO nel 2015-2018
Flora – N. di specie infestanti	BB	N significativamente maggiore in CONV nei due bienni
Pedofauna	BB B	Valori QBS-ar, N Forme biologiche, FB euedafiche e abbondanze significativamente maggiori in BIO 2018-2019 Valori QBS-ar, N Forme biologiche, FB euedafiche e abbondanze maggiori in BIO 2015-2016
Artropodi del suolo	B B-C/C	N individui e ricchezza di specie maggiore in B, anche nel numero di Carabidi 2018-2019 N individui e ricchezza di specie simile in BIO e CONV o maggiore in CONV - 2015-2016
Apoidei	BB B	N di Apoidei significativamente maggiore nei nocioleti BIO 2018-2019 N apoidei maggiore in BIO 2015-2016
Lepidotteri	BB	N specie e abbondanza significativamente maggiore in BIO nei due bienni
Sauri	BB B	N individui di Sauri significativamente maggiore in BIO 2018-2019 N individui di Sauri maggiore in BIO 2016
Chiroterri	BB B-C	N contatti e N <i>Feeding Buzz</i> significativamente maggiore in BIO - 2018-2019 N contatti e N <i>Feeding Buzz</i> non chiaramente differenti fra BIO e CONV nel 2015-2016

Come riportato nella Tabella 10.1.3, in generale lo stato di tutti i bioindicatori considerati è risultato migliore nei campi biologici, o comunque non significativamente migliore nei campi convenzionali nei due bienni considerati, nonostante la scarsa comparabilità dei nocioleti selezionati nel 2015-2016, dovuta prevalentemente all'effetto degli habitat circostanti i campi.

Per quanto riguarda gli indicatori considerati per la Flora (ricchezza specifica, specie di pregio e specie infestanti), confrontando la flora totale dei margini dei nocioleti convenzionali con quella dei campi biologici, nei due bienni è risultata una maggiore diversità floristica nei nocioleti biologici, con 207 specie rispetto alle 126 identificate nei nocioleti a conduzione convenzionale. Gli indicatori di qualità relativi al numero di specie totale e alla percentuale di specie di pregio sono significativi solo nel 2018 e 2019.

Il valore dell'indice riferito alla pedofauna QBS-ar calcolato sulle due annualità (2018-2019) e il numero medio di Forme Biologiche (FB), che restituisce un'informazione in merito alla diversità biologica dei microartropodi del suolo, è risultato significativamente maggiore nei nocioleti biologici (195,54 contro 140,88 dei convenzionali) rispetto a quelli convenzionali. Differenze statisticamente significative sono state evidenziate anche dal confronto delle abbondanze delle FB. Il numero medio di individui calcolato su base biennale dei campioni dei nocioleti biologici è, infatti, risultato pari a circa tre volte quello rilevato nei campi convenzionali (2042,04 nei BIO contro i 629,54 nei CONV). Significative sono risultate anche le differenze tra i due tipi di gestione riguardo il numero di Forme Biologiche dei gruppi euedafici (EMI = 20) che sono risultate maggiori nei campi biologici (mediamente 7,88 FB euedafiche nei BIO rispetto a 5,83 nei convenzionali - p-value = 0,0001079).

Dal confronto fra tutti i valori degli indici/indicatori considerati per la pedofauna prima e dopo il campionamento, si può affermare che non vi è un'evidente risposta di questo bioindicatore a seguito dei trattamenti fitosanitari. Ciò fa supporre che il numero ridotto di individui e di forme biologiche riscontrate nei convenzionali sia da attribuire ad effetti a lungo termine che i prodotti fitosanitari hanno sulle comunità e sui popolamenti della pedofauna piuttosto che ad effetti nel breve/medio termine. Infatti la fauna che risiede nel suolo, non avendo capacità migratoria, è soggetta a tutto ciò che avviene sul

campo, tanto di fisico (calpestio, sbalzi di temperatura, umidità) quanto di chimico (concentrazione di nutrienti, di sostanza organica, di sostanze nocive, quali i prodotti fitosanitari), e registrano a livello di comunità tali effetti avversi (Brussaard et al., 1997; Cortet et al., 1999; Lavelle e Spain, 2003; Dhananjayan et al., 2020).

Nel biennio 2015 e 2016 sono risultate differenze meno marcate tra biologico e convenzionale ma comunque i valori complessivi del Qbs-ar sono risultati generalmente maggiori nei campi biologici. La scarsa differenza risultata nei due nocioleti selezionati all'interno della Riserva Naturale di Lago di Vico (NT1 e NB1) è probabilmente da attribuire alla vicinanza della faggeta depressa con la quale erano confinanti i due campi, che può aver determinato un'influenza sulla comunità edafica. Tale dato risulta confermato anche dall'analisi della CCA, da cui è emerso che la pedofauna risulta sensibile alla variabile determinata dall'uso dei prodotti fitosanitari (FFI) e dei fertilizzanti (XA), ma anche dagli habitat presenti nel buffer di 10 metri intorno ai campi e dalla granulometria (10B).

Per quanto riguarda gli Artropodi del suolo, non sono state rilevate differenze statisticamente significative, sia in termini di abbondanza che di diversità di specie, tra le due tipologie di gestione dei nocioleti presi in esame nel biennio 2018-2019, anche se i valori degli indici di Shannon e Margalef sono sempre risultati maggiori nei campi biologici rispetto a quelli convenzionali. In particolare riguardo il gruppo Carabidi il numero totale sia di individui che di specie e degli indici di diversità è risultato maggiore nei campi biologici rispetto a quelli convenzionali anche se le differenze non siano statisticamente significative. Nel primo biennio, sia l'abbondanza media degli artropodi, sia i valori degli indici di diversità non hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra i campioni effettuati in nocioleti biologici e quelli dei nocioleti convenzionali.

L'analisi dei dati ha confermato che Coleotteri (Carabidi compresi) e Ragni rappresentano i taxa potenzialmente più informativi in quanto hanno rappresentato i gruppi presenti nel 70-90% dei campioni dei due bienni, e possono essere quindi considerati come i migliori taxa per studi mirati ad evidenziare l'effetto dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità attraverso l'analisi delle comunità edafiche.

Tuttavia, dall'analisi della CCA emerge che la taxocenosi degli Artropodi e in particolare quella dei Carabidi, risulta in grado di discriminare i nocioleti biologici da quelli convenzionali. I fattori cui questo gruppo risulta più sensibile sono l'uso dei prodotti fitosanitari (FFI) e, in misura minore, dei fertilizzanti (XA) e a seguire, il sesto d'impianto (01Am), che influisce probabilmente sull'umidità del campo. Le caratteristiche ambientali (corpi idrici, uso del suolo, esposizione, ecc.) in un buffer di 200 metri risultano di minore importanza, ma di effetto non trascurabile (vettore 200b).

Per quanto riguarda i Lepidotteri, nei due bienni sono state rilevate differenze statisticamente significative tra i valori di abbondanza degli individui nelle due tipologie di gestione agraria. In un solo caso, quello riferito alla stagione 2018, anche i valori degli indici di diversità relativi delle coltivazioni biologiche sono risultati significativamente più alti rispetto ai valori dei nocioleti convenzionali trattati. L'analisi dei dati ha mostrato che i Pieridi ed i Ninfalidi rappresentano i taxa potenzialmente più informativi per questo tipo di studi. L'Indicator Species Analysis non ha evidenziato alcuna specie correlata in modo significativo ad una particolare tipologia di trattamento dei terreni.

Il numero sia di specie che di individui totali nel corso del biennio 2015-2016 è stato comunque considerevolmente maggiore rispetto a quelli del biennio successivo (17 specie e 266 individui nel 2018, 21 specie e 352 individui nel 2019). Questa diversità di risultati tra i campionamenti dei due bienni potrebbe essere attribuita alla vicinanza dei campi del primo biennio con la faggeta, che potrebbe aver comportato un reclutamento di individui, vista la maggiore naturalità di questo habitat rispetto ai nocioleti.

L'Indicator Species Analysis ha evidenziato che 16 specie di Lepidotteri, sulle 17 totali, risultano legate significativamente ad una tipologia di gestione agricola. Questi dati fanno supporre che la diversità e l'abbondanza di individui nei campi considerati siano influenzate dal grado di eterogeneità ambientale, presumibilmente maggiore nei nocioleti biologici. Tra le specie rilevate nell'arco dei due bienni non compaiono taxa di particolare interesse conservazionistico: tutte rientrano nella categoria Minore Preoccupazione (LC, Least Concern) della Lista Rossa dei Ropaloceri Italiani (Balletto et al., 2015).

L'analisi dei dati relativi agli Apoidei *Apidae* della sottofamiglia *Bombinae*, relativo al biennio 2018-2019, ha rivelato una maggiore presenza di questi nei nocioleti biologici, significativa dal punto di vista statistico. I dati rilevati nei transetti all'interno dei nocioleti e nella fascia ecotonale compresa tra nocioleto e faggeta, sembrano indicare che tanto la diversità, quanto l'abbondanza del popolamento di Apidi *Bombinae*, sono influenzate sia dal grado di eterogeneità ambientale che dal tipo di gestione agricola del terreno, anche se le analisi statistiche hanno mostrato che le differenze nell'abbondanza degli individui è prevalentemente dovuta alle differenze della tipologia di trattamento. Nel 2015 e 2016, i *Bombinae* sono risultati più abbondanti nei campi biologici, nonostante le differenze non siano statisticamente significative. Anche in questo caso, la discreta differenza fra biologici e convenzionali potrebbe essere stata determinata dalla vicinanza della faggeta dei campi scelti nella Riserva Naturale

di Lago di Vico, che potrebbe aver determinato un maggiore reclutamento di individui, mascherando così gli effetti dovuti alla diversa gestione agricola. Tuttavia, i dati rilevati sembrano indicare che tanto la diversità che l'abbondanza del popolamento di Apidi *Bombinae*, sono influenzate sia dal grado di eterogeneità ambientale che dal tipo di gestione agricola del terreno.

Anche per i Sauri, nel biennio 2018-2019 sono emerse differenze statisticamente significative tra le due tipologie di gestione dei nocciolieti, con una maggiore presenza di individui nei campi biologici. Nel 2016 tale differenza non era emersa in modo significativo poiché anche per questo gruppo aveva influito la presenza della faggeta limitrofa ai campi sul numero di individui. Per tutti i campioni è risultato un popolamento costituito prevalentemente dai rappresentanti di due taxa (*Podarcis muralis* e *Podarcis siculus*).

Per quanto riguarda i chiroterri, nel biennio 2018-2019, i campionamenti hanno rivelato un numero di contatti acustici (BC) e feeding buzz (relativa all'attività di caccia) maggiore nei nocciolieti biologici rispetto a quelli convenzionali. Nel biennio 2015 – 2016, l'abbondanza dei contatti acustici (BC), di feeding buzz (FB), i valori degli indici di diversità ed il numero di specie rilevato non hanno evidenziato una chiara prevalenza del taxon in una particolare tipologia di nocciolo. Anche per questo gruppo, la presenza della faggeta nei due campi del primo biennio ha influito notevolmente sulla presenza di individui nelle due tipologie di nocciolieti. Le specie che sono risultate più abbondanti nei due bienni sono *Pipistrellus* spp. e *Hypsugo savii*.

I dati hanno mostrato come, anche per il nocciolo, la ricchezza di taxa e l'abbondanza di individui dei bioindicatori selezionati dipende sia dalla tipologia di gestione agronomica (biologica o convenzionale), sia dal tipo di fertilizzazione, compattamento del suolo, mantenimento di interfilari e di fasce inerbite, dalla diversificazione colturale o di elementi naturali circostanti, che fungono da serbatoi di biodiversità che caratterizza le catene trofiche di questo tipo di agroecosistema.

10.1.4 Valutazione complessiva dei bioindicatori considerati

Dall'esperienza del primo biennio è stata confermata e rafforzata la necessità di individuare campi confrontabili, sia per le caratteristiche interne del campo (suolo, esposizione, pendenza, irrigazione, ecc.) e di lavorazioni agronomiche, sia della matrice ambientale in cui i campi sono collocati, a partire dal perimetro entro un buffer di 500m, che deve presentare il più possibile simili tipologie ed estensioni di habitat, incluse le tipologie di colture. Quindi è importante quanto più possibile individuare campi che siano collocati in ambienti colturali simili anche come tipologia di gestione agronomica per evitare che vi siano degli effetti dovuti a trattamenti fitosanitari diversi in campi limitrofi o vicini, o tipologie di habitat che possano influenzare la presenza o l'abbondanza di alcuni taxa piuttosto che altri. In questo modo sarà possibile effettuare una migliore comparazione dei dati relativi allo stato dei taxa selezionati lungo la catena trofica.

In generale, i gruppi tassonomici scelti si sono rivelati ottimali per ogni singolo tipo di coltura. Nelle risaie, nei vigneti e nei nocciolieti si è rivelato efficace l'utilizzo del transetto stratificato sperimentato nel corso degli anni 2018 -2019: Apoidei, Lepidotteri, Odonati e Flora utile agli impollinatori.

Per quanto riguarda la Flora, la ricchezza specifica e la copertura percentuale hanno dato risposte chiare ed evidenti anche perché, tra i prodotti fitosanitari prevalentemente utilizzati vi sono erbicidi che alterano le comunità erbacee che si insediano ogni anno. I rapporti tra specie di pregio e specie complessivamente osservate e tra specie infestanti e specie totali si sono dimostrati utili per comprendere le dinamiche, non solo riguardo alle specie infestanti e agli elementi di pregio, ma anche per il confronto sulle forme biologiche tra specie annuali (Terofite) e pluriennali (Emicriptofite). Questo ultimo gruppo è risultato determinante nell'indicare un minor impatto soprattutto nelle colture pluriennali come il vigneto. L'esecuzione di rilievi quantitativi floristici ha trovato difficoltà legate alla ridotta ampiezza delle fasce in cui la vegetazione erbacea riesce a insediarsi, tranne che nelle colture poliennali del nocciolo dove i sistemi fitosociologici basati sulla valutazione della copertura areale sono risultati applicabili. In vigneto e risaia si è rimediato con la valutazione dell'abbondanza delle specie dominanti lungo transetti lineari, che hanno fornito informazioni interessanti confermate dall'analisi multivariata nel caso delle risaie. Le analisi quantitative vanno comunque concentrate al termine della stagione colturale (settembre-ottobre) quando la comunità ha assunto un assetto più stabile.

Riguardo la pedofauna, gli indici di Qualità Biologica del Suolo QBS e di numero di Forme Biologiche hanno risposto bene in risaia, in vigneto e in nocciolo, soprattutto a seguito della migliore confrontabilità dei campi selezionati nel secondo biennio. In risaia vanno applicati ai terreni degli argini, in quanto le prove effettuate sui terreni in camera di risaia, non hanno dato esito positivo a causa dell'eccesso di umidità nel suolo che eccede le soglie ammesse dai protocolli richiesti dal metodo. Gli indici QBS-ar si sono rivelati particolarmente sensibili ad alterazioni in grado di minare nel lungo termine la rete trofica del suolo che è soggetta a diverse altre perturbazioni fisiche oltre i fitosanitari

(calpestio, sbalzi di temperatura, umidità), chimiche (concentrazione di nutrienti, di sostanza organica, di sostanze nocive). Come evidenziato anche da Coleman et al. (2018) e Dhananjayan et al. (2020), i prodotti fitosanitari, in particolare fungicidi ed erbicidi, determinano sul microbioma edafico (funghi e batteri del suolo) effetti avversi a livello di comunità.

L'indice QBS-ar ha dato riscontro anche come indicatore precoce dell'effetto dei prodotti fitosanitari, consentendo di osservare un calo di qualità dell'indice nei campioni raccolti a seguito della campagna più intensiva di trattamenti nelle aziende convenzionali. Nel caso dei vigneti di sperimentazione, dove i suoli hanno mediamente valori di QBS-ar elevati, indipendentemente dal tipo di gestione, le analisi delle abbondanze e della frequenza delle forme più adattate alla vita nel suolo (euedafiche) nelle singole repliche hanno consentito di discriminare le diverse risposte della comunità della pedofauna alla distribuzione dei prodotti fitosanitari. L'approfondimento effettuato nei nocioleti relativo al calcolo delle abbondanze delle forme biologiche e dei gruppi euedafici, hanno fornito dei risultati significativi per distinguere le differenze fra campi biologici e convenzionali.

Gli insetti impollinatori analizzati, Apoidei e Lepidotteri, campionati contemporaneamente, si sono dimostrati eccellenti bioindicatori in grado di evidenziare, in modo efficace, la differenza tra le modalità di gestione agronomica delle aziende, biologiche e convenzionali, in termini di ricchezza specifica e abbondanza, e la ricaduta dell'utilizzo di buone pratiche agricole e dell'uso di prodotti fitosanitari in linea con le indicazioni della Misura 13.

Il gruppo degli Artropodi del suolo e, in modo particolare, quello dei Carabidi, risulta in grado di discriminare bene i nocioleti biologici da quelli convenzionali.

Gli Odonati in risaia, seppur difficilmente circoscrivibili ad aree di indagine di ridotta superficie, hanno confermato una maggior vocazionalità delle risaie biologiche rispetto a quelle condotte in modo convenzionale. È stato particolarmente utile campionare questo taxon con transetto sovrapposto a flora, apoidei e lepidotteri. Questa metodologia non comune è da considerarsi una buona pratica da replicare. I Sauri si sono dimostrati degli utili indicatori. In particolare, l'approfondimento effettuato sull'analisi dei biomarker descritti nel cap.9, mostra che è possibile considerare *Podarcis siculus* un buon organismo bioindicatore (almeno per alcuni tipi di prodotti fitosanitari), su cui sono stati rilevati danni al livello di DNA e dei lipidi.

La Rana verde e in particolare il numero delle sue larve e l'eventuale insorgenza di malformazioni di queste, sono risultati i più utili bioindicatori fra gli anfibi a rilevare differenze fra risaie biologiche e convenzionali.

Per quanto riguarda i Chiroterri, è risultato discriminante per distinguere i campi biologici da quelli convenzionali il tempo che questi impiegano nell'attività trofica in quanto si nutrono maggiormente in campi biologici a causa della maggiore disponibilità di insetti di cui si alimentano.

Per quanto riguarda gli Uccelli, come per i Chiroterri, le dimensioni dei campi analizzati sono risultati troppo limitati visti i loro ampi home range. Tuttavia è possibile considerare questi gruppi mettendo in relazione la loro attività trofica nei campi di sperimentazione al fine di riferire i risultati dei monitoraggi alla tipologia di gestione del campo. Gli effetti del tipo di conduzione agricola sugli Uccelli e i Chiroterri andrebbero indagati ad una scala di comprensorio, che tenga maggiormente in considerazione la dimensione dell'home-range di questi animali, superiore rispetto ad altri gruppi di vertebrati, e la loro notevole mobilità all'interno dell'agroecosistema.

Nei Chiroterri l'utilizzo di metodi di rilevamento automatico degli ultrasuoni emessi attraverso bat detector permette facilmente di discriminare, in fase di analisi bioacustica, l'attività di alimentazione sui campi, permettendo di correlare la loro frequentazione con la tipologia di gestione agronomica. Per gli Uccelli si ritiene che alcune specie o gruppi di specie vincolati da una relazione trofica con la coltura risultino più efficaci nell'evidenziare la risposta al tipo di conduzione agronomica. In particolare nelle risaie è emerso che le specie di Ardeidi e di altri Ciconiformi possano offrire risposte comportamentali che riflettono le condizioni ecologiche complessive dell'agroecosistema ed essere facilmente campionabili a vista. Le possibilità di utilizzo degli uccelli come indicatori nella valutazione ecologica dell'agroecosistema rischioso devono tuttavia essere approfondite in condizioni sperimentali più idonee. La tabella di seguito riporta in sintesi i bioindicatori più utili a rilevare le differenze fra campi biologici e convenzionali, qualora sia possibile assumere che la principale differenza fra questi sia costituita dall'utilizzo di prodotti fitosanitari non autorizzati dai disciplinari dell'agricoltura biologica.

Tabella 10.1.4 – Sintesi dei Bioindicatori risultati utili per rilevare l'effetto dei prodotti fitosanitari sulle comunità vegetali e animali considerate

Bioindicatore	Indici di qualità
Flora	Ricchezza specifica, % specie infestanti, % specie di pregio, rapporto Emicriptofite/terofite, flora utile agli impollinatori.
Pedofauna	Indice QBS-ar, ricchezza N. Forme Biologiche, ricchezza N. forme euedafiche, abbondanza individui
Artropodi del suolo	Abbondanza e ricchezza specifica, in particolare di Carabidi, araneidi e isopodi
Apoidei	Abbondanza dei tre gruppi: ape da miele, bombi e altri Apoidei
Lepidotteri	Abbondanza e, in subordine, ricchezza specifica
Odonati	Diversità, ricchezza specifica, abbondanza, presenza di specie di interesse conservazionistico
Sauri	Abbondanza e ricchezza specifica
Anfibi	N. larve Rana verde
Chiroterri	N. <i>feeding buzz</i>

10.2 Valutazione dell'efficacia delle misure del PAN per la conservazione della biodiversità nelle aree protette e nei siti Natura 2000

Tutte le aziende biologiche selezionate in risaia hanno adottato l'eliminazione dei prodotti fitosanitari come previsto dalla Misura 13 e, in generale, l'efficacia della misura è stata comprovata dal migliore stato dei parametri e indici di conservazione delle specie e delle comunità indagate, rispetto a quelli riscontrati nelle analoghe aziende convenzionali che hanno utilizzato i prodotti fitosanitari in modo non conforme a tale misura.

In generale, nelle risaie biologiche sono state applicate pratiche riconducibili anche alle misure di mitigazione e accompagnamento della Misura n. 13 (comprese le Misure 11 a cui fanno riferimento) e a quelle complementari della Misura 16, in particolare:

- lavorazione poco profonda del fondo delle camere con mezzi meccanici evitando il rovesciamento;
- avvicendamento colturale (a tale misura si riconduce anche la tecnica della pacciamatura verde che consiste nell'alternare un erbaio alle risaie);
- l'esecuzione di falsa semina e lavorazioni meccaniche per il controllo del riso crodo;
- l'uso di cultivar locali resistenti ai patogeni;
- mantenimento lungo i margini dei coltivi di zone vegetate, siepi, filari, maceri, stagni ecc...;
- gestione a prato degli argini di risaia.

Inoltre, due aziende hanno applicato misure in modo mirato alla gestione della biodiversità:

- RB1, per la creazione di zone di connessione e di vegetazione arboreo-arbustiva, non solo lungo i fossi come previsto dalla misura, ma anche sugli argini della camera di risaia e all'interno della stessa;
- RB5, per la creazione lungo gli argini della camera di risaia di fasce inerbite, mediante lavorazioni tardive e la semina di miscugli da prato.

Nell'azienda RB1, la presenza di una ricca vegetazione arboreo-arbustiva ha attirato un notevole contingente di specie soprattutto di flora, per la quale sono stati registrati i valori di ricchezza specifica più elevati di tutte le risaie considerate. L'avvicendamento con erbaio (pacciamatura verde) si è dimostrato valido nell'apporto non solo di sostanza organica al suolo, ma anche di una maggiore risorsa trofica per Anfibi, Odonati e Chiroterri. L'adozione della pacciamatura verde può comportare possibili problemi per alcuni taxa a causa dei prosciugamenti a valle della semina a secco, che determina la mancanza di acqua in risaia in periodi importanti per le esigenze ecologiche delle specie legate a questo elemento almeno in una fase del loro ciclo fenologico. Tali problemi sono, tuttavia, risolvibili con misure di mitigazione quali la tecnica del solco e la realizzazione di pozze limitrofe alla camera di risaia che permettono il mantenimento di acqua durante tutto il periodo colturale o in una frazione allagata della risaia (5-20 cm di acqua).

La gestione a prato degli argini e la creazione di fasce inerbite (RB5) si sono dimostrate funzionali a ripristinare la flora autoctona con specie che fioriscono in diversi periodi, attirando così impollinatori e insetti utili.

Le modalità di circolazione idrica nei canali delle risaie, che non consentono di separare le acque contaminate da residui rilasciati dalle risaie convenzionali, hanno evidenziato la necessità di ricavare nella risaia dei piccoli bacini di fitodepurazione a sommersione permanente attrezzati con piante acquatiche galleggianti. Inoltre è auspicabile l'aggregazione di più aziende agricole e la gestione più oculata delle acque di fontanile, che possono essere il serbatoio delle specie animali e vegetali in grado di interagire con la risaia.

In vigneto, le aziende biologiche selezionate hanno utilizzato fungicidi o insetticidi ammessi nei protocolli biologici. Benché nel disciplinare figurino anche prodotti a base di rame con una certa tossicità (es. Ossicloruri di rame), dai risultati degli indici di comunità e delle specie analizzate, è emerso uno stato migliore dei suddetti indici e parametri rispetto alle aziende convenzionali.

Nei vigneti biologici, in cui sono stati rilevati un numero maggiore di taxa e/o di abbondanze di individui per i diversi taxa considerati, sono state applicate le seguenti misure:

- allettamento della flora erbacea con rullo sagomato;
- mantenimento di muretti a secco;
- mantenimento lungo i margini dei coltivi di zone vegetate, siepi, filari, maceri, stagni ecc.

L'azienda VB7 ha effettuato interventi di piantagione di specie arboreo-arbustive al margine del vigneto o nelle capezzagne e creato un piccolo stagno in prossimità di elementi di connessione con la rete ecologica locale (siepi, filari, boschetti). Questi interventi hanno contribuito ad innalzare la ricchezza specifica e l'abbondanza delle specie, nonostante il vigneto analizzato sia di recente impianto ed ai suoi primi anni produttivi,

Nei nocioleti biologici che hanno mostrato migliori livelli di biodiversità (in particolare NB4 e NB5) sono state attuate le seguenti misure:

- diversificazione colturale
- taglio della vegetazione meccanico
- sfalcio a filari alterni
- concimazione a filari alterni con letame
- mantenimento di fasce inerbite negli interfilari

In generale, nelle aziende suindicate le misure di accompagnamento o di mitigazione attuate hanno contribuito a raggiungere livelli maggiori di ricchezza di taxa e di abbondanza di individui dei bioindicatori selezionati.

In particolare gli interventi di piantumazione di siepi arboreo-arbustive e il mantenimento di fasce inerbite creano degli ambienti favorevoli alla presenza di diversi tipi di specie. Questo dato è emerso chiaramente dalla sperimentazione effettuata da cui risulta che la disponibilità di elementi naturali all'interno delle colture, ovvero fasce inerbite e fiorite, siepi, alberi isolati, filari, muretti ecc, favorisce non solo gli impollinatori, ma anche la pedofauna, l'artropodofauna e i chiroterteri. Quest'ultimo gruppo, insieme a quello dei Lepidotteri e dei Sauri, sembra essere influenzato anche dalla presenza nei buffer di 10 metri intorno al perimetro di habitat diversificati e dalla presenza di ambienti forestali.

10.3 Conclusioni generali

La sperimentazione effettuata nell'ambito del progetto ha permesso di individuare i bioindicatori e i relativi metodi e protocolli di monitoraggio per verificare l'effetto dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità. Tali bioindicatori hanno permesso di verificare che le misure previste dalle Linee guida per l'attuazione del PAN contenute nel DM 10/3/2015 (in particolare le misure n. 13 e 16) sono efficaci per la tutela di specie e habitat e, in particolare, degli insetti impollinatori.

I metodi di monitoraggio sperimentati sono in linea con quelli descritti nei Manuali ISPRA per il monitoraggio di specie e habitat secondo la direttiva 92/43/CE e dalla normativa nazionale di recepimento, per quanto riguarda la flora, gli artropodi del suolo, gli odonati, i lepidotteri, gli anfibi, i sauri, i chiroteri (Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario, Manuali ISPRA 140/2016, 141/2016, 142/2016 <http://www.reportingdirettivahabitat.it/downloads>). Per quanto riguarda gli uccelli, come per i chiroteri, per poter mettere in relazione in modo opportuno i risultati dei monitoraggi con la tipologia di gestione del campo, occorre considerare la relazione trofica con la coltura. Infatti i dati relativi all'attività di foraggiamento dei Chiroteri sono risultati efficaci ad individuare le differenze di presenza di questo gruppo nelle due tipologie di campi (biologico vs convenzionale), mentre per gli uccelli sono necessari ulteriori approfondimenti, considerando aree di sperimentazione più ampie e più omogenee dal punto di vista della tipologia di gestione agronomica.

Per gli Apoidei è stato utilizzato il metodo del transetto fisso (Quaranta et al., 2004; Westphal et al., 2008; Nielsen et al., 2011), sovrapposto a quello del rilievo dei lepidotteri diurni (Pollard e Yates, 1993), in linea con quello attualmente in discussione a livello europeo per l'attuazione dell'European Pollinator Monitoring Scheme (<https://wikis.ec.europa.eu/display/EUPKH/EU+Pollinator+Monitoring+Scheme>). Inoltre sullo stesso transetto, di dimensioni diverse, sono stati campionati anche gli Odonati (in risaia) e la flora utile agli impollinatori. Il campionamento contemporaneo di Apoidei e Lepidotteri e della disponibilità di flora utile agli impollinatori, sia come fonte di nettare, polline e melata per api e farfalle, sia come nutrice per le farfalle, è risultato un metodo eccellente in grado di evidenziare, in modo efficace, la differenza tra le modalità di gestione agronomica delle aziende, biologiche e convenzionali, in termini di ricchezza specifica e abbondanza.

La sperimentazione effettuata ha permesso di definire delle proposte di protocolli di monitoraggio che potranno essere utilizzati dalle ARPA/APPA, Regioni e enti gestori di aree protette e di Siti Natura 2000 per verificare gli effetti dei prodotti fitosanitari sulle specie e gli habitat di interesse comunitario e sulle comunità che caratterizzano gli agroecosistemi, oltre che per incrementare sia la robustezza dei risultati emersi nel presente studio dal punto di vista statistico, sia la loro applicabilità a diverse tipologie di colture e contesti territoriali.

Pur non avendo rilevato particolari criticità dal punto di vista dei residui dei prodotti fitosanitari e dell'ecotossicità nei campi delle aziende convenzionali che hanno utilizzato prodotti in base ai disciplinari regionali e con modalità conformi a quanto previsto dal PAN, i risultati dei monitoraggi dei bioindicatori hanno mostrato che le comunità floristiche e faunistiche lungo le catene trofiche degli agroecosistemi sono in uno stato migliore nei campi biologici rispetto a quelli convenzionali. Infatti i taxa indagati presentano un numero maggiore di specie e/o di individui con comunità più complesse e ben strutturate nei campi dove vengono utilizzati i metodi e i prodotti autorizzati in agricoltura biologica. La gestione biologica comporta in genere la presenza di suoli maggiormente meno erosi, maggiore disponibilità di piante nettariifere e pollinifere per impollinatori, acque più idonee alla vita di anfibi e per la riproduzione delle libellule, ambienti più ricchi di prede per specie ai vertici delle catene trofiche. La maggiore porosità dei suoli comporta una maggior ricchezza di organismi che costituiscono la pedofauna del suolo, che contribuiscono alla degradazione della materia organica ed a sostenere la fertilità dei suoli e quindi la produttività delle colture.

L'analisi statistica multivariata effettuata, mettendo insieme i dati relativi al peso teorico attribuito ai prodotti fitosanitari in base alle indicazioni della Misura 13 e alle frasi di rischio e SPe riportate nelle etichette (e non sulla base dei risultati delle analisi chimiche ed ecotossicologiche), al tipo di fertilizzazioni (chimica o organica o mista), alle covariate (variabili ambientali e relative alla gestione agronomica e alla matrice in cui sono inseriti i campi), ha messo in evidenza come, in generale, sia l'uso dei prodotti fitosanitari la variabile più importante che ha influito sul migliore stato dei bioindicatori nei campi biologici piuttosto che in quelli convenzionali. Nonostante ciò, occorre far presente che, con i dati ad oggi disponibili, non sia stata rilevata una chiara relazione di causa effetto fra l'impiego di prodotti fitosanitari e lo stato dei bioindicatori considerati.

Da quanto sopra esposto, si ritiene che il metodo dell'agricoltura biologica, che nella Misura 13 è indicato come il principale metodo da utilizzare nelle aree protette e nei Siti Natura 2000, sia migliore dei metodi di agricoltura convenzionale (integrata o integrata volontaria) ai fini del mantenimento di specie selvatiche e dei loro habitat. Questo metodo agricolo, sia per le pratiche agricole che prevedono

il mantenimento o la creazione di habitat per le specie (siepi, filari inerbiti, sfalci alternati, ecc.) e un tipo di lavorazioni dei suoli che facilitano la presenza di comunità edafiche maggiormente strutturate e complesse, nonché il non utilizzo di prodotti di sintesi, sia maggiormente idonea al mantenimento di specie protette e dei relativi habitat, e di una maggiore ricchezza di taxa, che presentano abbondanze maggiori e che supportano importanti servizi ecosistemici quali ad es. la pedofauna per la fertilità dei suoli, gli insetti pronubi per l'impollinazione, le alghe e le piante acquatiche per la fitodepurazione delle acque nei canali delle risaie.

Il progetto ha permesso di verificare che quasi tutti i prodotti fitosanitari utilizzati per gli agroecosistemi considerati (seminativi e nocciolati nel Lazio e vigneti e risaie in Piemonte) non sarebbero permessi in aree protette e in Siti Natura 2000, in base a quanto previsto dalla Misura 13, eccetto quelli autorizzati in agricoltura biologica. Fra questi vi è il rame che è stato candidato alla sostituzione e che ha frasi di rischio per gli ecosistemi acquatici. Tuttavia non esistono ancora prodotti sostitutivi per il rame. Inoltre la presenza di residui di rame, che è stata riscontrata in quantità maggiori in buona parte dei vigneti biologici, pare non abbia determinato degli effetti significativi sulle comunità delle reti trofiche di questi agroecosistemi, a partire da quelle edafiche, che comunque risultano più diversificate e con taxa più abbondanti nei vigneti biologici rispetto a quelli convenzionali.

I risultati delle analisi chimiche ed ecotossicologiche hanno rilevato alcune criticità che esulano dall'utilizzo di prodotti della singola azienda considerata. Ad esempio nelle aree protette e nei siti Natura 2000 del Lazio in cui è stata svolta la sperimentazione, caratterizzate da un'intensa attività agricola, è stata rilevata una contaminazione diffusa di sostanze attive contenute in fungicidi (Tebuconazolo) e in insetticidi (Lambdacialotrina), perfino in campi biologici o comunque dove non sono stati utilizzati. Mentre nelle acque delle risaie in Piemonte è emersa la presenza diffusa, nel reticolo dei canali che irrigano sia le aziende convenzionali sia quelle biologiche, di Oxadiazon, che è una sostanza attiva degli erbicidi utilizzati diffusamente per contrastare le erbe infestanti.

Si fa presente che i dati relativi al IV Report ex art. 17 della Direttiva Habitat (<http://www.reportingdirettivahabitat.it/>) e al Report del 2019 ex art. 12 della Direttiva Uccelli mostrano che circa il 90% degli habitat (tot. 108), il 60% delle specie vegetali (tot. 15), il 70% delle specie animali (tot. 69) sensibili ai prodotti fitosanitari² sono in uno stato di conservazione Inadeguato o Inadeguato/Cattivo e che il 60% degli uccelli (tot. 48) sensibili a tali prodotti, rientrano in categorie di minaccia IUCN da Vulnerabile a Critico. Nonostante questo quadro allarmante dello stato di conservazione delle specie e degli habitat maggiormente sensibili ai prodotti fitosanitari, a dicembre 2018 risultava che le Misure 13 e 16 del PAN erano state integrate nelle Misure di conservazione di Siti Natura 2000 solo in 6 Regioni (Liguria, Toscana, Friuli Venezia Giulia, Lazio, Marche, Valle d'Aosta) e in una provincia autonoma (Bolzano), rispetto alle 13 Regioni e alle due PP.AA. che presentano siti con una superficie agricola $\geq 20\%$ (come previsto dall'indicatore del PAN di cui al Decreto Interministeriale del 15 luglio 2015). Tuttavia, risulta che solo 26 delle 1647 (pari all'1,6%) delle misure di conservazione relative all'uso dei prodotti fitosanitari definite dalle suddette Regioni e dalla PA di Bolzano, siano conformi alle Misure n. 13 e 16 delle Linee guida di cui al DM 10/3/2015 (definite dal Piemonte e dal Friuli Venezia Giulia - <https://indicatori-pan-fitosanitari.isprambiente.it/>).

Al fine di approfondire il quadro relativo all'attuazione delle Misure delle Linee guida del PAN, è stata calcolata la SAU gestita con il metodo biologico nelle aree protette (EUAP), nei Siti Natura 2000 e nelle Zone Ramsar, grazie ai dati relativi alle superfici agricole forniti da AGEA. In base ai dati delle superfici delle SAU (aggiornate a dicembre 2018) è risultato che quella gestita con il metodo biologico è pari a circa il 14% della SAU totale presente nei Siti Natura 2000 e nelle aree protette (EUAP). Un risultato lievemente migliore è emerso per quanto riguarda i Parchi Nazionali e le Zone Ramsar, in cui tale percentuale è pari a circa il 19%.

Pertanto, visti gli obiettivi posti dalle Strategie europee per la Biodiversità al 2030 e Farm to Fork (COM/2020/380 final), che prevedono il raggiungimento entro 10 anni dello stato di conservazione soddisfacente per almeno il 30% delle specie e degli habitat di interesse comunitario, la riduzione del 50% dell'uso dei prodotti fitosanitari e i rischi derivanti e in particolare, e la riduzione dell'uso di quelli più pericolosi, risulta urgente attuare le misure n. 13 e n. 16 delle Linee guida del PAN. L'attuazione di tali misure contribuirebbe anche al raggiungimento dell'iniziativa europea a favore degli impollinatori (COM(2018) 395 final), che si pone l'obiettivo di arrestare il rapido declino degli impollinatori e dei servizi ecosistemici da essi forniti.

Per il raggiungimento degli obiettivi posti dalle suddette Strategie europee, occorre una forte azione di integrazione e sinergia dei diversi piani, ovvero del PAN, del Piano Strategico Nazionale per l'attuazione della PAC, delle Misure di Conservazione e dei Piani di gestione dei Siti Natura 2000 e delle aree

² In base ai criteri descritti nel Rapporto ISPRA 216/2015 e in parte, sulla base delle minacce indicate dagli esperti dei singoli taxa nei Report ex art. 17 della Direttiva Habitat e ex art. 12 della Direttiva Uccelli

protette, affinché le aziende agricole siano supportate e facilitate nel percorso di trasformazione della loro attività agricola verso una maggiore sostenibilità e compatibilità con la conservazione della biodiversità e dei servizi ecosistemici. Inoltre si ritiene importante supportare la creazione di biodistretti, per amplificare l'effetto delle pratiche colturali positive per la biodiversità in ambiti territoriali più ampi, anche a beneficio delle specie che necessitano di ampi territori, come ad esempio gli uccelli e i chiroterri, e per valorizzare maggiormente le produzioni e le vocazioni dei territori.

Le Linee guida del PAN per la tutela dell'ambiente acquatico e della biodiversità (DM 10/3/2015) risultano quindi un ottimo strumento normativo che fornisce non solo le indicazioni sulle tecniche da attuare da parte delle aziende, ma anche gli indirizzi per progetti di sviluppo territoriale che dovrebbero essere promossi o realizzati da enti locali (Enti gestori di aree protette, GAL, Comuni, ecc.) o nell'ambito di contratti di ambiti omogenei (Contratti di fiume, di lago, di paesaggio, ecc.). Tali progetti di sviluppo di un'agricoltura compatibile con la conservazione della biodiversità, definiti sulla base delle caratteristiche territoriali, dovrebbero offrire alle aziende supporto formativo, all'accesso ai fondi europei disponibili e alla valorizzazione delle produzioni di qualità anche attraverso la creazione di specifiche filiere, come previsto dalle misure 17 e 18 delle Linee guida del PAN.

BIBLIOGRAFIA

- Abdi H. & Valentin D., 2007. Multiple Correspondence Analysis. In: Salkind N. (Ed.), *Encyclopedia of Measurement and Statistics*. Thousand Oaks (CA): Sage; pp.13.
- Abdollahi M., Ranjbar A., Shadnia S., Nikfar S., Rezaie A., 2004. Pesticides and oxidative stress: a review. *Med Sci Monit* 10(6): RA141-147.
- Abele D., Vasquez-Medina J.P., Zenteno-Savin T., 2012. *Oxidative Stress in Aquatic Ecosystems*. Blackwell Publishing Ltd. Pp. 524.
- Adams P.B., Ayers W.A., 1979. Ecologia delle specie *Sclerotinia*. Simposio sulla *Sclerotinia*. *Fitopatologia*: 69: 896-899.
- Adams, R.A., 2010. Bat reproduction declines when conditions mimic climate change projections for western North America. *Ecology*, 91(8): 2437-2445.
- Adis, J., 1979. *Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall traps*. *Zoologischer Anzeiger* 202: 177-184.
- Agnelli, P. (Ed.), 2004. Linee guida per il monitoraggio dei Chiroterri: indicazioni metodologiche per lo studio e la conservazione dei pipistrelli in Italia (No. 19). Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, Direzione per la protezione della natura.
- Akerboom T.P.M., Sies H., 1981. Assay of glutathione, glutathione disulfide and mixed disulfides in biological samples. *Methods Enzymol* 71: 373-382.
- Alburaki M., Boutin S., Mercier P.L., Loublier Y., Chagnon M, Derome N., 2015. Neonicotinoid-coated *Zea mays* seeds indirectly affect honeybee performance and pathogen susceptibility in field trials. *PLoS ONE* 10(5):e0125790. doi:10.1371/journal.pone.0125790.
- Alford, R.S., 2010. Declines and the global status of amphibians. In: Sparling D.W., Linder G., Bishop C.A. & Krest S. (Eds.). *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*, 2nd Edition. SETAC Press, Pensacola (FL): pp. 13-45.
- AliNiazee M.T., 1997. Integrated Pest Management of hazelnut pests: a worldwide perspective. *Acta Hortic.* 445: 469-476. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.445.60>
- Alma A., Lessio F., Gonella E., Picciau L., 2016. Attuali conoscenze su *Scaphoideus titanus* – Vitenda <http://www.viten.net>
- Amaral M.J., Bicho R.C., Carretero M.A., Sanchez-Hernande, J.C., 2012. The use of a lacertid lizard as a model for reptile ecotoxicology studies: Part 2 – Biomarkers of exposure and toxicity among pesticide exposed lizards. *Chemosphere* 87: 765-774.
- Anfora G., 2017. *Drosophila suzukii*, una specie aliena dannosa alle colture di piccoli frutti in trentino: ricerche in corso e linee guida per il controllo. Edmund Mach, Centro Ricerche e Innovazione
- Anonimo, 1968. *Plant disease development and control*. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Antoniou M., Habib M.E.M., Howard C.V., Jennings R.C., Leifert C., Nodari R.O., Robinson C.J., Fagan J., 2012. Teratogenic Effects of glifosate- Based Herbicides: Divergence of Regulatory Decisions from Scientific Evidence. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*; S:4 <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0525.S4-006>
- APAT, 2004. *Proposta di guida tecnica su metodi di analisi per il suolo e i siti contaminati. Utilizzo di indicatori biologici ed ecotossicologici. RTI CTN_TES 1/2004. APAT*
- Arbuckle T.E., Lin Z., Mery L.S., 2001. An exploratory analysis of the effect of pesticide exposure on the risk of spontaneous abortion in an Ontario farm population. *Environ Health Perspect*, 109:851-857.
- Arena M., Sgolastra F., 2014. A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10646-014-1190-1>
- Arete', 2019 <https://progettoarete.weebly.com/news>
- ARPAT, 2017. Fitofarmaci: Classe d'Impatto Potenziale – CIP. Un indicatore per guidare nelle scelte di sostenibilità. Report ARPAT, Fitosanitari. <http://www.arpat.toscana.it/documentazione/catalogo-pubblicazioni-arpat/fitofarmaci-classe-di-impatto-potenziale-cip>
- Arsia. Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel Settore Agricolo-Forestale, 2010. Manuale di viticoltura biologica. Regione Toscana.
- ARSIA-Regione Toscana, 2010. *Manuale di viticoltura biologica*.
- Auteri D., Azimonti G., Ballerio A., Caffarelli V., Mangiarotti M., Verin A., Redolfi E., 2007. *Procedure per la valutazione del rischio ambientale dei prodotti fitosanitari*. In: *Valutazione del rischio ambientale applicata ai prodotti chimici - Analisi delle procedure europee di valutazione del rischio ambientale di pesticidi, biocidi, sostanze chimiche industriali, farmaci per uso umano, farmaci veterinari e additivi per mangimi*. Pitagora Editrice Bologna, Collana "Quaderni di tecniche di protezione ambientale 83" Zagli, Gaggi, Finizio Eds.
- Azzella M.M., 2012. *Flora, vegetazione e indicatori macrofitici dei laghi vulcanici d'Italia*. Tesi di dottorato, XXIV Ciclo, Università "Sapienza" di Roma.
- Azzella M.M., Scarfò F., 2010. *Atlante della vegetazione ripariale e sommersa del Lago di Vico*.

-
- Baima S., Morelli G., 2010. *Dai geni ai semi. Genetica e biotecnologie in agricoltura*. INRAN, Roma. ISBN 978-88-96597-00-2
- Balletto E., Bonelli S., Barbero F., Casacci L.P., Sbordonì V., Dapporto L., Scalercio S., Zilli A., Battistoni A., Teofili C., Rondinini C. (compilatori), 2015. *Lista Rossa IUCN delle Farfalle Italiane - Ropaloceri*. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma
- Balletto E., Bonelli S., Cassulo L., 2005. Mapping the Italian butterfly diversity for conservation. In: Kühn, E., Feldmann, R., Thomas, J.A., Settele, J. (Eds.), *Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Vol. 1 General Concepts and Case Studies*. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, pp. 71–76.
- Balletto E., Cassulo L.A., & Bonelli S., 2014. *An annotated checklist of the Italian butterflies and skippers (Papilionoidea, Hesperioidea)*.
- Banaszak J., 1995. Changes in Fauna of Wild Bees in Europe. Pedagogical University, Bydgoszcz, Poland.
- Barataud M., 2015. Acoustic ecology of European bats. Species Identification, Study of Their Habitats and Foraging Behaviour. Biotope, Mèze/Muséum national d' Histoire naturelle, Paris.
- Baudo R., Beltrami M., Gazzola M., 2007. Test di germinazione e allungamento radicale su suoli. *Atti del 7° Workshop Fitotox*. Milano, 10 maggio 2007.
- Bavaresco, L., Gatti, M., Vercesi, A., 2016 Fertilizzazione dei sistemi viticoli, Fertilizzazione Sostenibile., Edagricole - New Business Media, Bologna 2016: 417-444
- Bazzalo M.E., 1986. Mecanismos de defensa de *H. annuus* L. Frente al ataque del hongo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary. Thesis. FCEN. UBA.
- Beketov M., Liess M., 2008a. Delayed effects of the neonicotinoid insecticide Thiacloprid on seven freshwater arthropods. *Env. Toxicology and Chemistry*, 27. No.2: 461-470.
- Beketov M.A., Schäfer R.B., Marwitz A., Paschke A., Liess M., 2008b. Long-term stream invertebrate community alterations induced by the insecticide thiacloprid: Effect concentrations and recovery dynamics. *Sci Total Environ*, 405: 96–108.
- Bellucci V., Bianco P., Formato G., Mutinelli F., Porrini C., Lodesani M., 2016. Morie di api e prodotti fitosanitari. *Apitalia Ricerca*, 12/2016: 46-52.
- Bellucci V., Colonna A., Piotta B., Silli V., 2019. Crisi degli impollinatori minacce anche dalla catena trofica. *Rivista Nazionale di Apicoltura*. Vol. 9, pp. 16 -20.
- Bellucci V., Lucci S., Bianco P., Ubaldi A., Felicioli A., Porrini C., Mutinelli F., Battisti S., Spallucci V., Cersini A., Pietropaoli M. e Formato G., 2019. Monitoring honey bee health in five natural protected areas in Italy. *Veterinaria Italiana*, 55 (1): 15-25. doi: 10.12834/Vet. It.1209.6739.4
- Ben Amara I., Ben Saad H., Cherif B., Elwej A., Lassoued S., Kallel C., Zeghal N., 2014. Methyl-thiophanate increases reactive oxygen species production and induces genotoxicity in rat peripheral blood. *Toxicology mechanisms and methods*, 24(9): 679-687. <https://doi.org/10.3109/15376516.2014.961217>.
- Benedetti M., Ciaprinì F., Piva F., Onorati F., Fattorini D., Notti A., Ausili A., Regoli F., 2011. A multidisciplinary weight of evidence approach for classifying polluted sediments: integrating sediment chemistry, bioavailability, biomarkers responses and bioassays. *Environment International* 38: 17-28.
- Bernabò I., Guardia A., Macirella R., Sesti S., Crescente A., Brunelli E., 2015. Effects of long-term exposure to two fungicides, pyrimethanil and tebuconazole, on survival and life history traits of Italian tree frog (*Hyla intermedia*). *Aquat Toxicol.*, 172:56-66. doi: 10.1016/j.aquatox.2015.12.017. Epub 2015 Dec 30.
- Bernardo R., 2008. Molecular Markers and Selection for Complex Traits in Plants: Learning from the Last 20 Years. *Crop Science* 48(5). DOI: 10.2135/cropsci2008.03.0131
- Bidwell J.R., Gorrie J.R., 1995. Acute toxicity of a herbicide to selected frog species. Department of Environmental Protection, Perth, Australia.
- Boatman N.D., Parry H.R., Bishop J.D., Cuthbertson A.G.S., 2007. Impacts of Agricultural Change on Farmland Biodiversity in the UK. *Issues in Environmental Science and Technology*, No. 25. Biodiversity Under Threat. Edited by RE Hester and RM Harrison. The Royal Society of Chemistry
- Boano G., Sindaco R., Riservato E., Fasano S., Barbero R., 2007. Atlante degli Odonati del Piemonte e della Valle d' Aosta. *Associazione Naturalistica Piemontese. Memorie* volume VI; 160 pp.
- Bocca F.M., Picciau L., Laudonia S., Alma A. 2020 Palaeartic Egg Parasitoids Interaction to Three Grapevine Exotic Pests in Northwestern Italy: A New Association Involving *Metcalfa pruinosa* Insects 2020, 11(9): 610
- Bogliani G., 2008. Habitat risicolo e fauna. In: Ferrero A. (Ed.); *Il riso*. Bayer Crop Science, Script Editore, Bologna, Italy: 236-253.
- Bogliani, G. e Della Rocca, F. (Eds.) 2014. Biodiversity and rice production in rice agroecosystem. The Action Plan. Action E.5 - International Rice Field Ecological Network. LIFE Project LIFE09 NAT/IT/000093 ECORICE.
- Bonelli S., Casacci L.P., Barbero F., Cerrato C., Dapporto L., Sbordonì V., ... & Rondinini C., 2018. The first red list of Italian butterflies. *Insect Conservation and Diversity*, 11(5): 506-521.
-

-
- Bonfanti P., Colombo A., Orsi F., Nizzetto I., Andrioletti M., Bacchetta R., Mantecca P., Fascio R., Vailati G., Vismara C., 2004. Comparative teratogenicity of Chlorpyrifos and Malathion on *Xenopus laevis* development. *Aquatic Toxicology*, 70: 189-200.
- Boscia D., Ippolito A., D'Onghia A.M., Nigro F., Romanazzi G., Vovlas N., 2001. *Organismi patogeni di qualità degli agrumi*. Progetto POM A32 "Norme fitosanitarie e commercializzazione delle produzioni vivaistiche. Locorotondo (BA), 4-7 dicembre 2001.
- Bosio G., 2019. *La gestione delle strategie di lotta contro la cimice asiatica nei nocciuoli*. Settore Fitosanitario e servizi tecnico-scientifici, Regione Piemonte, Alba, 10 Dicembre 2019.
- Botias C., David A., Hill E.M., Goulson D., 2017. Quantifying exposure of wild bumblebees to mixtures of agrochemicals in agricultural and urban landscapes. *Environ. Pollut.*, 222, 73–82.
- Boyles J.G., Cryan P.M., McCracken G.F. and Kunz T.H. 2011. Economic importance of bats in agriculture. *Scie.* 332: 41-42.
- Brandmayr P., 1975. Un gruppo di invertebrati del suolo, i Coleotteri Carabidi, in relazione al grado di trasformazione dei biotopi agrari e forestali del basso Friuli: sua importanza per la ricostruzione ambientale. *Informatore botanico italiano*, 7: 237-243.
- Brandmayr P., Zetto T., Colombetta G., Mazzei A., Scalercio S., Pizzolotto R., 2002. I Coleotteri Carabidi come indicatori predittivi dei cambiamenti dell'ambiente: clima e disturbo antropico. In *Atti XIX Congresso nazionale italiano di Entomologia*, Catania: 10-15.
- Brereton T., Roy D. B., Middlebrook I., Botham M., Warren M., 2011. The development of butterfly indicators in the United Kingdom and assessments in 2010. *Journal of Insect Conservation*, 15(1-2): 139-151.
- Brittain C.A., Vighi M., Bommarco R., Setteled J., Potts S.G., 2010. Impacts of pesticide on pollinators species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology* 11: 106–115.
- Brooker A.J., John D.M., Anderson A., Dawe I.S., 1991. *The effect of glifosate on pregnancy of the rat* (incorporates preliminary investigations). Unpublished report No. CHV 43 & 41/90716 Dated 14 October 1991 Huntingdon Research Centre Ltd, Huntingdon, England. (Cited by: APVMA, 2013; Antoniou *et al.*, 2012a).
- Brü C.A., Pieper S., Weber B., 2011. Amphibians at risk? Susceptibility of terrestrial amphibian life stages to pesticides. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 30.
- Brü C.A., Schmidt T., Pieper S., Alscher A., 2013. Terrestrial pesticide exposure of amphibians: An underestimated cause of global decline? *Scientific Reports*, Vol. 3: 1135.
- Bufacchi M., Lucaccioni A., Motta A., Marcelli M., Casagrande C. *Manuale di corretta prassi per la produzione integrata del girasole*. Regione Umbria e Parco Tecnologico e Agroalimentare dell'Umbria.
- Bullini, L., Pignatti, S., Virzo, A. 1998 *Ecologia Generale*. UTET Ed., Torino.
- Calvitti M., 1995. Caratterizzazione biologica ed ecologica di due acari (*Tetranychus urticae* e *Phytoseiulus persimius*) interagenti in alcuni ecosistemi agrari. <https://www.osti.gov/etdweb/servlets/purl/419439>
- Campbell, C.L. e Madden L.V., 1990. *Introduction to plant disease epidemiology*. Wiley, New York.
- Campbell E.H., Jung R.E., Rice K.C., 2005. Stream salamander species richness and abundance in relation to environmental factors in Shenandoah National Park, Virginia. *American Midland Naturalist* 153:348-356.
- Capra F., Galletti P.A., 1978. Odonati di Piemonte e Valle d'Aosta. *Annali del Museo civico di Storia Naturale di Genova*, 82: 1-71.
- Caprignone, T., De Iorio, S., Gay, F., Capaldo, A., Vaccaro, M.C., Morescalchi, M.A., 2011. Genotoxic effects of the fungicide thiophanate-methyl on *Podarcis sicula* assessed by micronucleus test, comet assay and chromosome analysis. *Ecotoxicology* 20, 885-891.
- Cardone, A., 2015. Imidacloprid induces morphological and molecular damages on testis of lizard (*Podarcis sicula*). *Ecotoxicology* 24, 94–105.
- Carman J.A., Vlioger H.R., Ver Steeg L.J., Sneller V.E., Robinson G.W., Clinch-Jones C.A., Haynes J.I., Edwards J.W., 2013. A long-term toxicology study on pigs fed a combined genetically modified (GM) soy and GM maize diet. *Journal of Organic Systems*, 8(1): 38–54.
- Celli G., Maccagnani B., 2003. Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bulletin of Insectology* 56 (1): 137-139, 2003. ISSN 1721-8861
- Chauzat M.P., Faucon J.P., Martel A.C., Lachaize J., Cougoule N., Aubert M., 2006. A Survey of Pesticide Residues in Pollen Loads Collected by Honey Bees in France. *Journal of Economical Entomology*, 99 (2):253-262.
- Cinquemani T., 2020. Si espande il nocciuolo Italia, ma non mancano le sfide. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2020/09/11/si-espande-il-nocciuolo-italia-ma-non-mancano-le-sfide/67819>
- Clark D.R. Jr., 1981. *Bats and environmental contaminants: a review*. US Fish and Wildlife Service Special Scientific Report, Wildlife No. 235, Washington, DC
- Clark D.R. Jr., 2001. DDT and the decline of free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*) at Carlsbad Cavern, New Mexico. *Arch Environ Contam Toxicol* 40:537–543
-

-
- Clark D.R. Jr., La Val R.K., Swineford D.M., 1978. Dieldrin induced mortality in an endangered species, the gray bat (*Myotis grisescens*). *Science* 199:1357–1359
- Cleveland, C.J., Betke, M., Federico, P., Frank, J.D., Hallam, T.G., Horn, J., López, J.D., McCracken, G.F., Medellín, R.A., Moreno-Valdez, A., Sansone, C.G., Westbrook, J.K. & Kunz, T.H., 2006. Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Front Ecol. Environ.* 4: 238–243.
- Consoli F.L., Parra J.R.P., Zucchi R.A. (Eds.), 2010. *Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma*. Springer Science & Business Media, 482 pag.
- CORINAT, 2012. *La coltivazione delle risaie di elevato valore biologico e naturalistico*. Relazione finale fauna. Regione Lombardia, Programma Regionale di Ricerca in Campo Agricolo 2007- 2008.
- Correggia F., 2002. Flora vascolare del settore Nord-Occidentale della Provincia di Asti LORA (Piemonte, Italia NW). *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 23: 3-92.
- Cortet J., Gomot-DeVauflery A., Poinso-Balaguer N., Gomot L., Texier C., Cluzeau D., 1999. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *European Journal of Soil Biology* 35, 3: 115-134.
- Cox, N.A., Temple, H.J., 2009. *European Red List of Reptiles*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Cravedi P., Non solo lepidotteri: i feromoni delle cocciniglie come nuovo mezzo di difesa della vite. *Georgofili INFO*, 23 novembre 2016. <http://www.georgofili.info/detail.aspx?id=3969>.
- Crobe A., Bottoni P., Fava L., Orrù M.A., Funari E., 2002. Rischio di contaminazione delle acque sotterranee: schede monografiche di alcuni metaboliti di prodotti fitosanitari. *Rapporti ISTISAN 02/37*. Istituto Superiore di Sanità.
- Dai P., Jack C.J., Mortensen A.N., Bustamante, T.A., Bloomquist J.R., Ellis, J.D., 2019, Chronic toxicity of clothianidin, imidacloprid, chlorpyrifos, and dimethoate to *Apis mellifera* L. larvae reared in vitro. *Pest. Manag. Sci.*, 75:29-36. doi:10.1002/ps.5124.
- De Angelis S., Tassinari R., Maranghi F., Eusepi A., Di Virgilio A., Chiarotti F., Ricceri L., Venerosi Pesciolini A., Gilardi E., Moracci G., Calamandrei G., Olivieri A., Mantovani A., 2009. Developmental exposure to chlorpyrifos induces alterations in thyroid and thyroid hormone levels without other toxicity signs in cd1 mice. *Toxicol Sci.* 108, 2(2009):311-329.
- De Heer M., Kapos V., Ten Brink B.J.E., 2005. Biodiversity trends in Europe: development and testing of a species trend indicator for evaluating progress towards the 2010 target. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1454): 297-308.
- De Silva P. M., 2009. *Pesticide effects on earthworms A tropical perspective*. Thesis 2009-04 of the Department of Ecological Science, VU University, Amsterdam, The Netherlands. <http://muthu.ruh.ac.lk/~chathura/image/Ph.D%20Thesis.pdf>
- Deblois C.P., Qiu B., Juneau P., 2008. Effect of Herbicides (Diuron and Oxadiazon) on Photosynthetic Energy Dissipation Processes of Different Species of Cyanobacteria and Two Green Algae. In: Allen J.F., Gantt E., Golbeck J.H., Osmond B. (Eds.) *Photosynthesis. Energy from the Sun*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6709-9_309
- Del Fabro A., 2006. *Guida completa alla difesa biologica*. Ed. Demetra. 96 pag.
- Dellavalle D., Laiolo L., Valuta G., Ferrari D., Occhetti P., Martinez M.C., Rovetto I., Crovella P., Morando A., Bosio G., 2006. Lotta insetticida a *Scaphoideus titanus*: valutazioni sull'efficacia di diverse sostanze attive. *Atti di La Flavescenza dorata della Vite*, 11 Dicembre 2006 Giornata informativa sulla ricerca scientifica in Piemonte.
- Dennis P., Bogers M.M.B., Bunce R.G.H., Herzog F. e Jeanneret P., 2012. *Biodiversity in organic and low-input farming systems - Handbook for recording key indicators*. Alterra Report 2308; pp.96.
- Dennis P., Hergoz F., Jeanneret P, et al., 2012. Biodiversity in organic and low-input farming systems. Alterra Report 2308, Wageningen, The Netherlands.
- Desnev N., Decourtye A., Delpuech J.M., 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of entomology*, 52: 81-106.
- Dhananjayan V., Jayanthi P., Jayakumar S., & Ravichandran B., 2020. Agrochemicals Impact on Ecosystem and Bio-monitoring. Chapter 11, pag. 349–388 in: S. Kumar et al. (Eds.), *Resources Use Efficiency in Agriculture*, Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Di Francesco A., Mari M., Ugolini L., Baraldi E., 2018. Effect of *Aureobasidium pullulans* strains against *Botrytis cinerea* on kiwifruit during storage and on fruit nutritional composition. *Food Microbiology*, 72:67-72. ISSN 0740-0020.
- Di Prisco G., Cavaliere V., Annoscia D., Varricchio P., Caprio E., Nazzi F., Gargiulo G., Pennacchio F., 2013. Neonicotinoid clothianidin adversely affects insect immunity and promotes replication of a viral pathogen in honey bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 110 (46): 18466-18471, doi: 10.1073/pnas.1314923110.
-

-
- Dijkstra K.D.B., Lewington R., 2006. Field guide to the Dragonflies of Britain and Europe. British wildlife publishing.
- Ducerf, Gérard., 2007. L'Encyclopédie des plantes bio-indicatrices- Guide de diagnostic des sols- Vol. 1-2-3. Briant: Editions Promonature.
- Dufrêne, M. e Legendre P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- ECORICE, 2013. Progetto LIFE09 NAT/IT/000093 *Vercelli rice fields: integrated plan for environmental requalification and sustainable management of rice agroecosystem*. Provincia di Vercelli.
- Edginton A.N., Sheridan P.M., Stephenson G.R., Thompson D.G., Boermans H.J., 2004. Comparative effects of pH and Vision® herbicide on two life stages of four anuran amphibian species. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23: 815–822.
- EFSA, 2009. European Food Safety Authority; Guidance Document on Risk Assessment for Birds & Mammals on request from EFSA. *EFSA Journal* 2009;7(12):1438. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1438>.
- EFSA, 2013. *Toxicological data analysis to support grouping of pesticide active substances for cumulative risk assessment of effects on liver, on the nervous system and on reproduction and development*. Supporting Publications 2013: EN-392. EXTERNAL SCIENTIFIC REPORT CFT/EFSA/PRAS/2012/07-CT 01, 02 and 03 [88 pp.]. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2013.EN-392>
- Ellenberg H., 1974. Zeigerwerte der Gefäpflanze Mitteleuropas (Indicator values of vascular plants in Central Europe). *Scripta Geobotanica* 9, 2nd Edition (1979), 3rd Edition (1992). Gottingen
- Ellman, G.L., Courtney, K.D., Andres, V. Jr., Featherstone, R.M., 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Bioc. Pharmacology* 7, 89-95.
- Fairchild J.F., Ruessler D.S., Lovely P.A., Whites D.A., Heine P.R., 1995. *An Aquatic Plant Risk Assessment of Sixteen Herbicides Using Toxicity Tests with Selenastrum capricornutum and Lemna minor*. Final Report for IAG DW14935600-01-03. 49 pp.
- FAO, 2009. *Specifications and evaluations for agricultural pesticides: Alpha-Cypermethrin*. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/Alphacypermethrin09.pdf
- FAO, 2013. Aspects determining the risk of pesticides to wild bees: risk profiles for focal crops on three continents. Roma. http://www.fao.org/uploads/media/risk_pest_wildbees.pdf
- FAO 2014. Pollinator safety in agriculture. Pollination services for sustainable agriculture • Field manuals. <http://www.fao.org/3/a-i3800e.pdf>
- FAO, 2019. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture, J. Bélanger, D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. (<http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>).
- Farina W.M, Balbuena M.S., Herbert L.T., Mengoni Goñalons C., Vázquez D.E., 2019. Effects of the Herbicide Glyphosate on Honey Bee Sensory and Cognitive Abilities: Individual Impairments with Implications for the Hive. *Insects* 10, 354; doi:10.3390/insects10100354.
- Fasola M., Alieri R., 1992. Conservation of heronry Ardeidae sites in North Italian agricultural landscapes. *Biological Conservation* 62: 219–228.
- Fasola M., Brangi A., 2011. Consequences of Rice Agriculture for Waterbird Population Size and Dynamics. *Waterbirds* 33 (Special Publication 1): 160-166.
- Fasola M., Canova L., Saino N., 1996. Rice fields support a large portion of herons breeding in the Mediterranean region. *Colonial Waterbirds* 19 (Special Publication 1): 129–134.
- Fasola M., Ruiz X. 1997. Rice farming and waterbirds: integrated management in an artificial landscape. In Pain, D.J. & Pienkowski, M.W. (Eds.) *Farming and Birds in Europe*: 210–235. Academic Press, London.
- Fasola, M., Ruiz, X., 1996. The value of rice fields as substitutes for natural wetlands for waterbirds in the Mediterranean region. *Colon. Waterbirds* 19 (Special publication1): 122–128.
- Feldhaar H., Otti O., 2020. Pollutants and Their Interaction with Diseases of Social Hymenoptera. *Insects*, 11, 153, doi:10.3390/insects11030153.
- Ferrari M., Marcon E., Menta A., 2007. *Fitopatologia, Entomologia agraria e biologia applicata*. Edagricole scolastico - RCS Libri spa.
- Ferrazzi P., Elia E., Pinzauti M., 2002. Effetti di immissioni motoristiche su megachilidi tenuti in un microcosmo. In: *Atti Convegno A.M.A.*, Bologna, 14-16 marzo 2002:305-311.
- Ferrazzi P., Vercelli M., 2016. Flora apistica. In: Contessi A., (ed.). *Le api. Biologia, allevamento, prodotti*. Edagricole, 7: 147-178.
- Fiori M., Murgia G., 2018. *Le Malattie crittogamiche del carciofo e relativi metodi di lotta*. ERSAT Servizio Territoriale del Medio Campidano, Sanluri.
- Fontaine C., Dajoz I., Meriguet J., Loreau M., 2006. Functional diversity of plant–pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *Plos Biology* 4:129-135.
- Forney D.R., Davis D.E., 1981. Effects of low concentrations of herbicides on submersed aquatic plants. *Weed Science*, 29: 677-685.
-

-
- Foschi S., Pirazzini P., 2007. Albicocco in biologico: il contrasto alla monilia. *Agricoltura*, 2: 83-85.
- França F.M., De Paiva T.C., Marcantônio A.S., Teixeira P.C., Ferreira C.M., 2015. Acute toxicity and ecotoxicological risk assessment of rice pesticides to *Lithobates catesbeianus* tadpoles. *Journal of Environmental Science and Health*, 50(6): 406-10.
- Francaviglia, R. (a cura di), 2004. *Agricultural impacts on soil erosion and soil biodiversity: develop indicators for policy analysis*. Proceedings of the *OECD Expert Meeting on Soil Erosion and Soil Biodiversity Indicators*, 25-28 March 2003. <http://resolve-organic.eu/communication.php>
- Fraser E.E., Silvis A., Brigham R.M., e Czenze Z.J. (Eds.), 2020. *Bat Echolocation Research: A handbook for planning and conducting acoustic studies*. Second Edition. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.
- Froidevaux J.S., Louboutin B. e Jones G., 2017. Does organic farming enhance biodiversity in Mediterranean vineyards? A case study with bats and arachnids. *Agricult, Ecosyst. and Enviro.*, vol. 249: 112-122.
- Furlan L., 2007. Nuovi problemi per la maiscoltura italiana: la diabrotica. *Tecnica Molitoria*, 58(10): 1091-1103.
- Furlan L., Benvegnù I., Cecchin A., Chiarini F., Fracasso F., Sartori A., Manfredi V., Frigimelica G., Davanzo M., Canzi S., Codato F., Bin O., Nadal V., Giacomel D., 2014. Difesa integrata del mais: come applicarla in campo. *L'Informatore Agrario*, 9: Supplemento Difesa delle Colture 11-14.
- Furlan L., Cossalter S., Chiarini F., Signori A., Biancoletto S., Faraon F., Codato F., 2018. Strategie di difesa integrata dalla diabrotica del mais. *L'Informatore Agrario*. 74-77.
- Gallai N., Salles J.M., Settele J., Vaissière B.E., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, Elsevier, 68 (3): 810-821.
- Galli L., Capurro M., Colasanto E., Molyneux T., Murray A., Torti C., Zinni M., 2019a. A synopsis of the ecology of Protura (Arthropoda: Hexapoda). *Revue Suisse de Zoologie* 126(2): 155-164.
- Galli L., Capurro M., Molyneux T., Torti C., Zinni M., 2019b. Ecology of Italian Protura. *Pedobiologia* 73: 20-28.
- Galli L., Capurro M., Torti C., 2011. Protura of Italy, with a key to species and their distribution. *ZooKeys* 146: 19–67. <https://doi.org/10.3897/zookeys.146.1885>.
- García-Chao M., Agruña M.J., Calvete G.F., Sakkas V., Llompарт M., Dagnaca T., 2010. Validation of an off line solid phase extraction liquid chromatography–tandem mass spectrometry method for the determination of systemic insecticide residues in honey and pollen samples collected in apiaries from NW Spain. *Analytica Chimica Acta*, 672:107-113.
- Garibaldi A., 1988. Research on substrates suppressive to *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*. *Acta Horticulturae*, 221: 271-277
- Garibaldi A., e Gullino M.L., 1995. Focus on critical issues in soil and substrate disinfection towards the year 2000. *Acta Hortic.* 382: 21-36.
- Geiger F, Bengtsson J, Berendse F, Weisser W.W., Emmerson M., Morales M.B., Ceryngier P., Liira J., Tschardt T., Winqvist C., Eggers S., Bommarco R., Pärt T., Bretagnolle V., Plantegenest M., Clement L.W., Dennis C., Palmer C., Onate J.J., Guerrero I., Hawro V., Aavik T., Thies C., Flohre A., Hänke S., Fisher C., Goedhart P.W., Inchausti P., 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. 1439-1791. 2009 Gesellschaft für Ökologie. Published by Elsevier GmbH. ISSN: 1618-0089
- Geluso K.N., Altenbach J.S., Wilson D.E. 1976. Bat mortality: pesticide poisoning and migratory stress. *Science* 194: 184–186
- Geluso K.N., Altenbach J.S., Wilson D.E. 1979. Population size of *Tadarida brasiliensis* at Carlsbad Caverns in 1973. In Genoways H.H., Baker R.J. (eds.) *Biological investigations in the Guadalupe Mountains National Park, Texas*. Proceedings and Transactions Series no. 4, US National Park Service, Washington, DC, p 341–348
- Geluso K.N., Altenbach J.S., Wilson D.E. 1981. Organochlorine residues in young Mexican free-tailed bats from several roosts. *Am Midl Nat* 105:249–257
- Gengotti S., Brunelli A., 2007. Cucurbitacee come difenderle dall'oidio. *E-R Agricoltura e pesca*.
- Genovesi P., Angelini P., Bianchi E., Duprè E., Ercole S., Giacanelli V., Ronchi F. e Stoch F., 2014. Specie e habitat di interesse comunitario in Italia: distribuzione, stato di conservazione e trend. ISPRA, Serie Rapporti, 194/2014.
- Gerlach J., Samways M., Pryke J., 2013. Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups. *Journal of Insect Conservation*, 17(4):831-850.
- Ghanem, S.J. and Voigt, C.C., 2012. Increasing awareness of ecosystem services provided by bats. *Adv. Study Behav.* 44: 279–302.
- Giglio A., Ammendola A., Battistella S., Naccarato A., Pallavicini A., Simeon E., Tagarelli A., Giulianini P.G., 2017. *Apis mellifera ligustica*, Spinola 1806 as bioindicator for detecting environmental contamination: A preliminary study of heavy metal pollution in Trieste, Italy. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 659–665.
- Gilburn, A. S., Bunnefeld, N., Wilson, J. M., Botham, M. S., Brereton, T. M., Fox, R., Goulson, D. 2015. Are neonicotinoid insecticides driving declines of widespread butterflies?. *PeerJ*, 3, e1402.
-

- Girolami V., Borrella E., Di Bernardo A., Malagnini V., 2000. Influenza positiva sui Fitoseidi della fioritura del cotico erboso. *L'Informatore Agrario*, 51:71-73.
- Girotti S., Ghini S., Maiolini E., Bolelli L., Ferri E.N., 2013. Trace analysis of pollutants by use of honeybees, immunoassays, and chemiluminescence detection. *Anal Bioanal Chem* 405: 555–571
- Giuliano D., Cardarelli E., Bogliani G., 2018. Grass management intensity affects butterfly and orthopteran diversity on rice field banks. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 267: 147-155.
- Gorbi S., Benedetti M., Virno Lamberti C., Pisanelli B., Moltedo G., Regoli F., 2009. Biological effects of diethylene glycol (DEG) and produced waters (PWs) released from offshore activities: A multi-biomarker approach with the sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Environmental Pollution* 157: 3166–3173.
- Górny M. e Grüm L., 1993. *Methods in Soil Zoology*. Elsevier Science Ltd. 472 pag.
- Gosner, K.L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica*, 16, 183–190.
- Goulson D., Lye G.C., Darvill B., 2008. Decline and conservation of bumble bees. *Annu. Rev. Entomol.*, 53:191–208.
- Goulson D., Nicholls E., Botías C., Rotheray E.L., 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347, 1435. doi:10.1126/science.1255957.
- Groppali R., Camerini G., 2006. *Uccelli e Campagna. Conservare la biodiversità di ecosistemi in mutamento*. Alberto Perdisa Ed., 385 pp.
- Guario A., Lasorella V., Antonino N., Grande O., Panzarino O., Medico E., Arbizzani A., 2014. Un triennio di prove di efficacia per il controllo sostenibile di *Grapholita molesta* e *Anarsia lineatella* su pesco in Puglia. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1: 61-68.
- Gulya T., Rashid K.Y., Masirevic S.M., 1997. Chapter 6: Sunflower Diseases. In: A.A. Schneiter (Ed.) *Sunflower Technology and Production*. Soil Science Society of America Inc. https://www.researchgate.net/publication/313755362_Sunflower_diseases/link/59a5f8280f7e9b41b786d583/download
- Güngördü A., Uçkun M., Yoloğlu E., 2016. Integrated assessment of biochemical markers in premetamorphic tadpoles of three amphibian species exposed to glyphosate- and methidathion-based pesticides in single and combination forms. *Chemosphere*, 144: 2024-2035.
- Gupta V, Yeaters G.W., 1997. *Soil microfauna as indicators of soil health*. In: *Biological indicators of soil health*. CAB International, Oxon, UK.
- Gustafsson K.; Blidberg E., Karlsson E.I., Hellström A., Kylin H., Gorokhova E., 2010. Direct and indirect effects of the fungicide azoxystrobin in outdoor brackish water microcosms. *Ecotoxicology*, 19(2):431-444. <http://dx.doi.org/10.1007/s10646-009-0428-9>.
- Gutierrez A.P., Messenger P.S., van den Bosch R., 1982. *An Introduction to Biological Control*. Springer ed.
- Habel, J. C., Ulrich, W., Biburger, N., Seibold, S., & Schmitt, T. 2019. Agricultural intensification drives butterfly decline. *Insect Conservation and Diversity*, 12(4): 289-295.
- Habig W.H., Pabst M.J., Jacoby W.B., 1974. Glutathione S-Transferases: The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *The Journal of Biological Chemistry* 249: 7130-7139.
- Hayes TB, Falso P, Gallipeau S, Stice M 2010. The cause of global amphibian declines: a developmental endocrinologist's perspective. *J. Exp. Biol.* 213:921-933.
- Heyer, W.R., Donnelly M.A., Diarmid M.R.W., Hayek L.A. C., & Foster M.S. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- Hillel D. e Rosenzweig C., 2005. The Role of Biodiversity in Agronomy and Agroecosystem Management in the Coming Century. *Advances in Agronomy*, 88.
- Hoffmann M., Hilton-Taylor C., Angulo A., Böhm M., Brooks T.M., Butchart S.H.M., Carpenter K.E., Chanson J., Collen B., Cox N.A., Darwall W.R.T., Dulvy N.K., Harrison L.R., Katariya V., Pollock C.M., Quader S., Richman N.I., Rodrigues A.S.L., Tognelli M.F., Vié J.-C., Aguiar J.M., Allen D.J., Allen G.R., Amori G., Ananjeva N.B., Andreone F., Andrew P., Aquino Ortiz A.L., Baillie J.E.M., Baldi R., Bell B.D., Biju S.D., Bird J.P., Black-Decima P., Blanc J.J., Bolaños F., Bolivar-G.W., Burfield I.J., Burton J.A., Capper D.R., Castro F., Catullo G., Cavanagh R.D., Channing A., Labbish Chao N., Chenery A.M., Chiozza F., Clausnitzer V., Collar N.J., L.C.Collett, B.B.Collette, C.F.Cortez Fernandez, M.T.Craig, M.J.Crosby, Cumberlidge N., Cuttelod A., Derocher A.E., Diesmos A.C., Donaldson J.S., Duckworth J.W., Dutton G., Dutta S.K., Emslie R.H., Farjon A., Fowler S., Freyhof J., Garshelis D.L., J.Gerlach, D.J.Gower, Grant T.D., Hammerson G.A., Harris R.B., Heaney L.R., Hedges S.B., Hero J.-M., Hughes B., Hussain S.A., Icochea J.M., Inger R.F., Ishii N., Iskandar D.T., Jenkins R.K.B., Kaneko Y., Kottelat M., Kovacs K.M., Kuzmin S.L., La Marca E., Lamoreux J.F., Lau M.W.N., Lavilla E.O., Leus K., Lewison R.L., Lichtenstein G., Livingstone S.R., Lukoschek V., Mallon D.P., McGowan P.J.K., McIvor A., Moehlman P.D., Molur S., Muñoz Alonso A., Musick J.A., Nowell K., Nussbaum R.A., Olech W., Orlov N.L., Papenfuss T.J., Parra-Olea G., Perrin W.F., Polidoro B.A., Pourkazemi M., Racey P.A., Ragle J.S., Ram M., Rathbun G., Reynolds R.P., Rhodin A.G.J., Richards S.J., Rodríguez L.O., Ron S.R., Rondinini C., Rylands A.B., de Mitcheson Y.S., Sanciangco J.C., Sanders K.L., Santos-Barrera G., Schipper J., Self-Sullivan C., Shi Y., Shoemaker A., Short F.T., Sillero-Zubiri C., Silvano D.L., Smith K.G., Smith A.T., Snoeks J., Stattersfield A.J., Symes A.J., Taber A.B., Talukdar B.K., Temple H.J., Timmins R., Tobias J.A., Tsytulina K., Tweddle D., Ubeda C., Valenti S.V., van Dijk P.P., Veiga L.M., Veloso A., Wege D.C., Wilkinson M., Williamson E.A., Xie F., Young B.E., Akçakaya H.R., Bunn L., Blackburn T.M., Boitani L., Dublin H.T., da Fonseca G.A.B., Gascon C., Lacher Jr T.E., Mace G.M., Mainka S.A., McNeely J.A., Mittermeier R.A., McGregor Reid G., Rodriguez J.P., Rosenberg A.A., Samways M.J.,

-
- Smart J., Stein B.A., Stuart S.N., 2010. The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *Science*, 330, 1503–1509. <https://doi.org/10.1126/science.1194442>
- Howe C.M., Berrill M., Pauli B.D., Helbing C.C., Werry K., Veldhoen N., 2004. Toxicity of glyphosate-based pesticides to four North American frog species. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23: 1928–1938.
- Hu J.S., Gelman D.B., Blackburn M.B., 2002. Growth and development of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae): effect of host age. *Arch Insect Biochem Physiol. Mar*;49(3):125-36.
- Hung-C. H., Scott Erickson R., Chang C., Moyer J. R., Larney F. J., and Huang J.-W. 2002. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary is a pathogen with worldwide distribution and a wide range of hosts including many broadleaf crops. Organic soil amendments for control of apothecial production of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Pathology Bulletin* 11: 207-214,
- Ibáñez C., Curcó A., Riera X., Ripoll I., Sánchez C., 2010. Influence on birds of rice field management practices during the growing season: a review and an experiment. *Waterbirds* 33 (Special Publication 1): 167–180.
- Intoppa F., Piazza M.G., Bolchi Serini G., Cornalba M., 2009. *I Bombi. Guida al riconoscimento delle specie italiane*. CRA-Unità di Ricerca di Apicoltura e Bachicoltura, Italia.
- Iorio M., Bellucci V., Bianco P.M., 2018. Il mondo complesso delle api. *Scienze e Ricerche* 56: 5-10.
- IPBES, 2016. *Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. Secretariat of the Intergovernmental Platform for Biodiversity and Ecosystem Services.
- ISPRA, 2011. *Indagine tecnico-conoscitiva sul fenomeno della moria delle api all'interno delle aree naturali protette*. Rapporto finale e Allegati Tecnici. Settembre 2011
<https://webmail.isprambiente.it/service/home/~/?auth=co&loc=it&id=19146&part=2>
<https://webmail.isprambiente.it/service/home/~/?auth=co&loc=it&id=19146&part=3>
- ISPRA, 2015. *Valutazione del rischio potenziale dei prodotti fitosanitari nelle Aree Natura 2000*. Rapporti, 216/2015: 408 pag. http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/R_216_15.pdf
- ISPRA, 2016. Rapporto Nazionale pesticidi nelle acque – 2013-2014. ISPRA, *Rapporti*, 244/2016. ISBN 978-88-448-0770-2.
- ISPRA, 2018. Rapporto nazionale pesticidi nelle acque dati 2015-2016. *Rapporti*, 282/2018. ISBN: 978-88-448-0848-8.
- IUCN (Conservation International, and NatureServe), 2008. *An Analysis of Amphibians on the 2008 IUCN Red List*. IUCN, Gland, Switzerland. <http://www.iucnredlist.org/amphibians>.
- Jay M., 2014. Bat houses as a research tool for studies on moth predation by bats in orchard. *2nd European Bat House Meeting*, 18-19 October 2014.
- Jayawardena U.A., Rajakaruna R.S., Navaratne A.N. & Amerasinghe P.H., 2010. Toxicity of pesticides exposure on common hourglass tree frog, *Polypedates cruciger*. *International Journal of Agriculture and Biology* 12(5): 641- 648.
- Jefferies, D.J., 1972. Organochlorine insecticide residues in British bats and their significance. *J. Zool. Lond.* 166: 245-263
- Jennersten O., 1988. Pollination of *Dianthus deltoides* (Caryophyllaceae): effects of habitat fragmentation on visitation and seed set. *Conservation Biology*, 2: 359-366.
- Jin H., Germida J.J., Walley F.L., 2013. Suppressive effects of seed-applied fungicides on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) differ with fungicide mode of action and AMF species. *Applied Soil Ecology*, 72: 22-30, ISSN 0929-1393, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.05.013>.
- Johnson R.M., Dahlgren L., Siegfried B.D., Ellis M.D., 2013. Acaricide, Fungicide and Drug Interactions in Honey Bees (*Apis mellifera*). *PLoS ONE*, 8(1): e54092. <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0054092>
- Jones T.W., Winchell L., 1984. Uptake and photosynthetic inhibition by atrazine and its degradation products on four species of submerged vascular plants. *Journal of Environmental Quality*, 13: 243-247.
- Kelly R. M., Kitzes J., Wilson H., Merenlender A., 2016. Habitat diversity promotes bat activity in a vineyard landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 223, 175-181.
- Kemp W.M., Boynton W.R., Cunningham J.J., Stevenson J.C., Jones T.W., Means J.C., 1985. Effects of atrazine and linuron on photosynthesis and growth of the macrophytes *Potamogeton perfoliatus* L. and *Myriophyllum spicatum* L.. *Marine Environmental Research*, 16: 255-280.
- Kiljanek T., Niewiadowska A., Semeniuk S., Gawel M., Borzęcka M., Posyniak A., 2016. Multi-residue method for the determination of pesticides and pesticide metabolites in honeybees by liquid and gas chromatography coupled with tandem mass spectrometry—Honeybee poisoning incidents. *Journal of Chromatography A*, 1435:100-114. ISSN 0021-9673. doi.org/10.1016/j.chroma.2016.01.045.
- Krebs H., Musa T., Vogelgsang S., Forrer H.-R., 2013. Lotta alla peronospora della patata nella coltivazione biologica senza utilizzo di prodotti a base di rame? *Agrarforschung Schweiz* 4(5): 238-243.
-

-
- Krüger M., Schrödl W., Neuhaus J., Shehata A.A. Field investigations of glifosate in urine of Danish dairy cows. *Journal of Analytical Toxicology*, 2013a; 3(5): 100-186.
- Kunz T.H., Braun De Torrez E., Bauer D., Lobo T. and Fleming T.H., 2011. Ecosystem services provided by bats. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1223: 1-38.
- La Torre A., Ciaccia C., Righi L., Battaglia V., Caradonia F., 2016. *La protezione delle colture in agricoltura biologica*. <http://www.ersa.fvg.it/tematiche/agricoltura-biologica/Manuale%20GestiProBio.pdf>
- Lajmanovich R.C., Sandoval M.T., Peltzer P.M., 2003. Induction of mortality and malformation in *Scinax nasicus* tadpoles exposed to glyphosate formulations. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 70: 612–618.
- Lal R., 2016. *Encyclopedia of Soil Science*. 3rd Ed., CRC Press. ISBN 9781315161860.
- Landolt E., 1977. *Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, H. 64. 208 pp.
- Lavelle P. e Spain A.V., 2001. *Soil Ecology*. Springer Science & Business Media. ISBN 978-0-306-48162-8.
- Lavelle P. e Spain A.V., 2003. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow. eBook ISBN: 0-306-48162-6
- Lecointe C., Coste M. & Prygiel J., 1993. "Omnidia": software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* **269**: 509–513. <https://doi.org/10.1007/BF00028048>
- Lee Y.F. e McCracken G.F., 2005. Dietary variation of Brazilian free-tailed bats links to migratory populations of pest insects. *J. Mammal.* 86: 67–76.
- Legendre P. & Legendre L., 1998. *Numerical Ecology*. Second English Edition. Elsevier Science B.V., Amsterdam; pp.870.
- Leonhardt S.D, Gallai N., Garibaldi L.A., Kuhlmann M., Klein A.M., 2013. Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from Southern to Northern Europe. *Basic and Applied Ecology*, 14(6):461-471, <https://doi.org/10.1016/j.baae.2013.06.003>.
- Leps J. & Smilauer P., 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. "Cambridge University Press. The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, United Kingdom. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York; pp. 283."
- Li Wei, Wei-Wei Shao, Guo-Hua Ding., 2014. Acute and joint toxicity of three agrochemicals to Chinese tiger frog (*Hoplobatrachus chinensis*) tadpoles. *Zoological Research*, 35(4): 272-279.
- LIFE Ecorice, 2017. PROGETTO LIFE09 NAT/IT/000093 *ECORICE Biodiversity Action Plan*.
- Lima G., Ippolito A., Nigro F., Salerno M., 1994. Tentativi di lotta biologica contro il mal secco degli agrumi (*Phoma tracheiphila*) a mezzo di batteri endofiti. *Difesa delle Piante*, 16: 43-49. ISSN: 0391-4119.
- Lövei G.L., & Sunderland K.D., 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual review of Entomology*, 41(1): 231-256.
- Lučan R. K., Weiser M., & Hanák V., 2013. Contrasting effects of climate change on the timing of reproduction and reproductive success of a temperate insectivorous bat. *Journal of Zoology*, 290(2): 151-159.
- Lucchi A., Varner M., Mattedi L., Cacciatore S., Giallo D., Titone G., 2015. Cocciniglia farinosa, risultati incoraggianti nella lotta biologica. *Mille Vigne*. 2. 12-15.
- Luff M. L., 1978. Diel activity patterns of some field Carabidae. *Ecological Entomology*, 3(1): 53-62.
- Lundin O., Rundlöf M., Smith H.G., Fries I., Bommarco R., 2015. Neonicotinoid Insecticides and Their Impacts on Bees: A Systematic Review of Research Approaches and Identification of Knowledge Gaps. *PLoS ONE* 10(8): e0136928. doi:10.1371/journal.pone.0136928.
- Maes D., Van Dyck H., 2001. Butterfly diversity loss in Flanders (north Belgium): Europe's worst case scenario?. *Biological conservation*, 99(3): 263-276.
- Maloy O.C., 1993. *Plant disease control: principles and practice*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Mancini L., Puccinelli C., Marcheggiani S., Martone C., Balzamo S., 2014. 2020 - Protocollo di campionamento ed analisi delle diatomee bentoniche dei corsi d'acqua. In: Balzamo S., e Martone C. (a cura di), *Metodi Biologici per le acque superficiali interne*. Delibera del Consiglio Federale delle Agenzie Ambientali. Seduta del 27 novembre 2013 Doc. n. 38/13CF. Manuali e Linee Guida 111/2014, ISPRA, Roma.
- Mancini V., Murolo S., Romanazzi G., 2015. *Principali malattie del girasole*. Giornata di studio «Le avversità parassitarie del girasole» Osimo, 07 luglio 2015 -Ente CRA
- Mania E., Isocrono D., Pedullà M.L., Guidoni S., 2015. Plant Diversity in an Intensively Cultivated Vineyard Agro-ecosystem (Langhe, North-West Italy). *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, Vol. 36, No. 3.
- Mania E., Piazzi M., Gangemi, Rossi, Cassi F., Guidoni S., 2016. The soil biodiversity as a support to environmental sustainability in vineyard. *Proceedings of XII International Terroir Congress 2016*, 10-14 July, McMinnville, Oregon: 316 – 320.
- Mann R.M., Bidwell J.R., 1999. The toxicity of glyphosate and several glyphosate formulations to four species of southwestern Australian frogs. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 36: 193–199.
-

-
- Manti A., Canonico B., Mazzeo R., Santolini R., Ciandrini E., Sisti D., Rocchi M.B.L., Nannoni F., Protano G., Papa S., 2013. Effects of landfill leachate treatment on hepatopancreas of *Armadillidium vulgare* (Crustacea, Isopoda). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32(11): 2593-2601.
- Maranghi F., De Angelis S., Tassinari R., Chiarotti F., Lorenzetti S., Moracci G., Marcoccia D., Gilardi E., Di Virgilio A., Eusepi A., Mantovani A. & Olivieri A., 2013. Reproductive toxicity and thyroid effects in Sprague Dawley rats exposed to low doses of ethylenethiourea. *Food Chem Toxicol* 9: 261-71. doi: 10.1016/j.fct.2013.05.048. Epub 2013 Jun 15
- Marchetti G.M., 1997. *Introduzione all'analisi statistica dei dati multivariati*. Dipartimento di Statistica - Università di Firenze. 71 pp.
- Margalef R., 1958. Information Theory in Ecology. *Gen. Syst.* 3:36-7 1. *Transl. from Mem. R. Acad. Cienc. Artes. Barc.* 32: 373-449, 1957.
- Marletto F., Ferrazzi P., 1984. Sorgenti mellifere e pollinifere in ambiente urbano. *Apicolt. mod.* 75: 199-210.
- Martinez-Jeronimo F., Villasenor R., Rios G., Espinosa F., 1994. Effect of food type and concentration on the survival, longevity, and reproduction of *Daphnia magna*. *Hydrobiologia* 287(2): 207-214.
- Mazza R., 2008. Toxin contamination of surface and subsurface water bodies connected with lake Vico's watershed (Central Italy). <https://iris.uniroma3.it/handle/11590/164850#.VjjZTdIvet8>
- McCracken G.F., Westbrook J.K., Brown V.A., Eldridge M., Federico P. and Kunz, T.H., 2012. Bats track and exploit changes in insect pest populations. *PLoS One* 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043839>
- Menzel B.W., Barnum J.B., Antosch L.M., 1984. Ecological alterations of Iowa prairie-agricultural streams. *Iowa State Journal of Research*, 59: 5-30. <https://www.researchgate.net/publication/305710647>
- Mesléard F., Garnero S., Beck N., Rosecchi E., 2005. Uselessness and indirect negative effects of an insecticide on rice field invertebrates. *Comptes Rendus Biologies* 328: 955-962.
- Mesléard F., Gauthier-Clerc M., Lambret P., 2016. Impact of the insecticide Alphacypermetrine and herbicide Oxadiazon, used singly or in combination, on the most abundant frog in French rice fields, *Pelophylax perezi*. *Aquatic Toxicology*, 176: 24-29.
- Michener C.D., 2007. *The Bees of the World*. 2nd Edition, John Hopkins University Press, Baltimore.
- Mingo V., Lötters S., Wagner N., 2016. The use of buccal swabs as a minimal-invasive method for detecting effects of pesticide exposure on enzymatic activity in common wall lizards. *Environmental Pollution* 220: 53-62.
- Mingo V., Lötters S., Wagner N., 2017. The impact of land use intensity and associated pesticide applications on fitness and enzymatic activity in reptiles—A field study. *Science of the Total Environment* 590-591: 114-124.
- Minoretti N., Weisser W.W., 2000. The impact of individual ladybirds (*Coccinella septempunctata*. Coleoptera: Coccinellidae) on aphid colonies. *Eur. J. Entomol.*, 97: 475-479. ISSN 1210-5759
- Mitchell E.A.D., Mulhauser B., Mulet M., Mutabazi A., Glauser G., Aebi A., 2017. A worldwide survey of neonicotinoids in honey. *Science* Vol. 358, (6359): 109-111.
- Mohr S., Berghahn R., Schmiediche R., Hübner V., Loth S., 2012. Macroinvertebrate community response to repeated short-term pulses of the insecticide imidacloprid. *Aquat Toxicol* 110-111: 25-36.
- Mnif W, Hassine AI, Bouaziz A, Bartegi A, Thomas O, Roig B. Effect of endocrine disruptor pesticides: a review. *Int J Environ Res Public Health*. 2011;8(6): 2265-2303. doi:10.3390/ijerph8062265
- Monzo L., 2017. Il compattamento nel vigneto in relazione al transito dei mezzi agricoli. Tesi Università degli studi di Milano. Corso di Laurea in Viticoltura ed Enologia. AA 2017/2018
- Morando A., Gay G., Marengo G., Morando P., 1994. Prime esperienze di lotta alle nottue della vite in Piemonte con interventi chimici ed agronomici. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2: 153-160,
- Nascimbene J., Marini L., Ivan D. & Zottini M., 2013. Management intensity and topography determined plant diversity in vineyards. *PLoS ONE* 8(10), e76167
- Negri I., Mavris C., Di Prisco G., Caprio E., Pellecchia M., 2015. Honey bees (*Apis mellifera* L.) as active samplers of airborne particulate matter. *PLoS ONE* 2015, 10, e132491.
- Neumann P. & Carreck N., 2010. Honeybee colony losses. *J. Apic. Res.* 49 (1): 1-6. <http://www.ask-force.org/web/Bees/Neumann-Honey-Bee-Colony-Losses-2010.pdf>
- Nielsen A., Steffan-Dewenter I., Westphal C., et al., 2011. Assessing bee species richness in two Mediterranean communities: Importance of habitat type and sampling techniques. *Ecol Res*, 26(5): 969-983. <https://doi.org/10.1007/s11284-011-0852-1>.
- Nieto A., Roberts S.P.M., Kemp J. et al., 2014. *European Red List of Bees*. Publication Office of the European Union, Luxembourg.
- Nowak, R. M. 1999. Walker's mammals of the world (Vol. 1). JHU Press. Papeş, M., & Gaubert, P. 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distributions*, 13(6): 890-902.
- Nowicki, P., Witek, M., Skórka, P., Settele, J., Woyciechowski, M. 2005. Population ecology of the endangered butterflies *Maculinea teleius* and *M. nausithous* and the implications for conservation. *Population Ecology*, 47(3): 193-202.
-

- Numa, C., van Swaay, C., Wynhoff, I., Wiemers, M., Barrios, V., Allen, D., Sayer, C., López Munguira, M., Balletto, E., Benyamini, D., Beshkov, S., Bonelli, S., Caruana, R., Dapporto, L., Franeta, F., Garcia-Pereira, S., Karaçetin, E., Katbeh-Bader, A., Maes, D., Micevski, N., Miller, R., Monteiro, E., Moulai, R., Nieto, A., Pamperis, L., Peer, G., Power, A., Šašić, M., Thompson, K., Tzirkalli, E., Verovnik, R., Warren, M. & Welch, H. 2016. *The Status and Distribution of Mediterranean Butterflies*. IUCN, Malaga, Spain.
- O'Shea T.J., Johnson J.J., 2009. Environmental contaminants and bats: investigating exposure and effects. In: Kunz TH, Parsons S (Eds) *Ecological and behavioral methods for the study of bats*, 2nd Ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, p 500–528
- Orton F., Rosivatz E., Scholze M., Kortenkamp A., 2011. Widely Used Pesticides with Previously Unknown Endocrine Activity Revealed as in Vitro Antiandrogens. *Environmental Health Perspectives*. 119. 794-800. 10.1289/ehp.1002895.
- Ostiguy N., Drummond F.A., Aronstein K., Eitzer B., Ellis J.D., Spivak M., Sheppard W.S., 2019. Honey Bee Exposure to Pesticides: A Four-Year Nationwide Study. *Insects* 2019, 10, 13.
- Paccès Zaffaroni N., Zavanella T., Ferraris M.L., Arias E., 1986. Toxicity of 2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid to the adult crested newt. *Environmental Research*, 41(1): 201-206.
- Palmer M.W., 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology* 74:2215–30.
- Pantaleoni R.A., Tavella L., 2006. Le avversità del nocciolo in Italia Gli artropodi utili nei corileti italiani. *PETRIA* 16 (1): 135-148.
- Paris P., Pace E. (a cura di), 2018. *Rapporto nazionale pesticidi nelle acque*. Edizione 2018, Rapporti 282/2018 ISPRA, Roma.
- Paris P., Pace E. (a cura di), 2020. *Rapporto nazionale pesticidi nelle acque*. Edizione 2020. Rapporti 334/20 ISPRA, Roma.
- Parisi V., 2001. La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi. *Acta Naturalia de L'Ateneo Parmense* 37:97-106.
- Parisi V., Menta C., Gardi C., Jacomini C., Mozzanica E., 2005. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105:323-333.
- Park, K. J. 2015. Mitigating the impacts of agriculture on biodiversity: bats and their potential role as bioindicators. *Mammalian Biology*, 80(3): 191-204.
- Parsons K.C., Mineau P., Renfrew R.B., 2010. Effects of pesticide use in rice fields on birds. *Waterbirds* 33 (Special Publication 1): 193–218.
- Pasquini M., Delogu G. (Eds.), 2003. *Malattie dei cereali a paglia*. Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura.
- Passarelli D., Pirola A. 1990. La flora spontanea dell'area della vite in Valtellina. Il naturalista valtellinese. *Atti Museo civico di storia naturale di Morbegno* 1: 79-114.
- Perkins P.J., Boermans H.J., Stephenson G.R., 2000. Toxicity of glyphosate and triclopyr using the frog embryo teratogenesis assay-Xenopus. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19: 940-945.
- Perugini M., Tulini S.M.R., Zezza D., Fenucci S., Conte A., Amorena M., 2018. Occurrence of agrochemical residues in beeswax samples collected in Italy during 2013–2015. *Science of the Total Environment*, 625: 470-476.
- Pignatti S., Bianco P.M., Fanelli G., Paglia S., Pietrosanti S., Tescarollo P., 2001. *Le piante come indicatori ambientali*. Manuale tecnico-scientifico ANPA RTI CTN_CON 1/2001
- Pignatti S, Dominici E., Pietrosanti S. 1998. La biodiversità per la valutazione della qualità ambientale. *Atti dei convegni Lincei*: 63-80.
- Pignatti S. 1995 - *Ecologia vegetale*. UTET, Torino 531 pp
- Pignatti S., 2017. *Flora d'Italia*. Volume 1 e 2, Edagricole, Bologna, Italia.
- Pignatti S., 2018. *Flora d'Italia*. Volume 3, Edagricole, Bologna, Italia.
- Pignatti S., 2019. *Flora d'Italia*. Volume 4, Edagricole, Bologna, Italia.
- Piva F., Ciaprini F., Onorati F., Benedetti M., Fattorini D., Ausili A., Regoli F., 2011. Assessing sediment hazard through a weight of evidence approach with bioindicator organisms: A practical model to elaborate data from sediment chemistry, bioavailability, biomarkers and ecotoxicological bioassays. *Chemosphere* 83: 475-48.
- Pollard, E., Yates, T.J. 1993. *Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation. The British Butterfly Monitoring Scheme*. Springer Science & Business Media Chapman & Hall, London.
- Porrini C., Mutinelli F., Bortolotti L., Granato A., Laurenson L., Roberts K., et al., 2016. The Status of Honey Bee Health in Italy: Results from the Nationwide Bee Monitoring Network. *PLoS ONE* 11(5): e0155411. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155411>.
- Potts S., Biesmeijer K., Bommarco R., Breeze T., Carvalheiro L., Franzén M., González-Varo J.P., Holzschuh A., Kleijn D., Klein A.-M., Kunin, B., Lecocq T., Lundin O., Michez D., Neumann P., Nieto A., Penev L., Rasmont P., Ratamäki O., Riedinger V., Roberts S.P.M., Rundlöf M., Scheper J., Sørensen P., Steffan-Dewenter I., Stoev P., Vilà M., Schweiger O., 2015. *Status and trends of European pollinators. Key findings of the STEP project*. Pensoft Publishers, Sofia, 72 pp.

-
- Potts S.G., Biesmeijer J.C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O., Kunin W.E., 2010. Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.*, 25: 345-353. doi:10.1016/j.tree.2010.01.007. PubMed: 20188434.
- Potts S.G., Vulliamy B., Dafni A., Ne'eman G., Willmer P., 2003. Linking bees and flowers: How do floral communities structure pollinator communities? *Ecology*, 84: 2628-2642. doi:10.1890/02-0136.
- Price M.V., Waser N.M., 1998. Effects of experimental warming on plant reproductive phenology in a subalpine meadow. *Ecology*, 79: 1261-1271.
- Provincia di Vercelli, 2013. *Vercelli rice fields: integrated plan for environmental requalification and sustainable management of rice agroecosystem*. Provincia di Vercelli.
- Puig-Montserrat X., Torre I., Lopez-Baucells A., Guerrieri E., Monti M., Rafols Garcia R., Ferrer X., Gisbert D. and Flaquer C., 2015. Pest control service provided by bats in Mediterranean rice paddies: linking agroecosystems structure to ecological functions. *Mamm. Biol.*, 80(3): 237-245.
- Quaranta M., Ambroselli S., Barro P., Bella S., Carini A., Celli G., Cogoi P., Comba L., Comoli R., Felicioli A., Floris I., Intoppa F., Longo S., Maini S., Manino A., Mazzeo G., Medrzycki P., Nardi E., Niccolini L., Palmieri N., Patetta A., Piatti C., Piazza M.G., Pinzauti M., Porporato M., Porrini C., Ricciardelli D'Albore G., Romagnoli F., Ruiu L., Satta A., Zandigiaco P., 2004. Wild bees in agroecosystems and semi-natural landscapes. 1997-2000 collection period in Italy. *Bulletin of Insectology* 57(1):11-61.
- Quaranta M., Cornalba M., Biella P., Comba M., Battistoni A., Rondinini C., Teofili C. (Eds.), 2018. *Lista Rossa IUCN delle api italiane minacciate*. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma
- Quesada M., Stoner K. E., Lobo J. A., Herrerias-Diego Y., Palacios-Guevara C., Munguía-Rosas M. A., Salazar K.A.O., Rosas-Guerrero V., 2004. Effects of Forest Fragmentation on 127 Pollinator Activity and Consequences for Plant Reproductive Success and Mating Patterns in Bat-pollinated Bombacaceous Trees 1. *Biotropica*, 36(2): 131-138.
- Quinn G. & Keough M., 2002. *Experimental Design and Data Analysis For Biologists*; CAP.17 Principal components and correspondence analysis. Cambridge University Press. ISBN: 9780521811286
- R Core Team, 2013. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- Raebel E. M., Merckx T., Riordan P., Macdonald D. W., & Thompson D. J., 2010. The dragonfly delusion: why it is essential to sample exuviae to avoid biased surveys. *Journal of Insect Conservation*, 14(5): 523-533.
- Rainio J., & Niemelä J., 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity & Conservation*, 12(3): 487-506.
- Ramírez-Restrepo L., MacGregor-Fors I., 2017. Butterflies in the city: a review of urban diurnal Lepidoptera. *Urban Ecosystems*, 20(1): 171-182.
- Raunkiaer C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford: Clarendon Press: 632 pp.
- Rawi C.S., Al-Shami S. A., Shah A.S.R., Ahmad A.H., & Man A., 2012. Effects of herbicides on Odonata communities in a rice agroecosystem. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 94(6): 1188-1198.
- Reggiani A., Ferrari R., Cornale R., 2001. Esperienze di lotta biologica contro la *Metcalfa pruinosa*. *Agricoltura*, giugno 2001, pag. 48-50.
- Regoli F., Bocchetti R., Filho D.W., 2012. Spectrophotometric assay of antioxidants. In: Abele, D., Vasquez-Medina, J.P., Zenteno-Savin, T. (Eds), *Oxidative Stress in Aquatic Ecosystems*. Blackwell Publishing Ltd. Pp. 367-380.
- Regoli F., Winston G. W., 1999. Quantification of Total Oxidant Scavenging Capacity of Antioxidants for Peroxynitrite, Peroxyl Radicals, and Hydroxyl Radicals. *Toxicology and Applied Pharmacology* 156: 96-105.
- Relyea R., Jones D., 2009. The toxicity of Roundup original maxh to 13 species of larval amphibians. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28(9):2004-2008.
- Relyea R.A., 2005a. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications*, 15: 618-627.
- Relyea R.A., 2005b. The lethal impact of Roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecological Applications*, 15: 1118-1124.
- Relyea R.A., 2005c. The lethal impacts of Roundup and predatory stress on six species of North American tadpoles. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 48: 351-357.
- Relyea R.A., Schoeppner N.M., Hoverman J.T., 2005. Pesticides and Amphibians: The importance of Community Context. *Ecological Applications*, 15: 1125-1134. doi:10.1890/04-0559
- Relyea, R.A., 2003. Predator cues and pesticides: a double dose of danger for amphibians. *Ecological Applications*, 13, 1515-1521.
- Rete Interregionale per la Ricerca Agraria, Forestale, Acquacoltura e Pesca, 2010. *Metodi innovativi di gestione dei frutti nella fase post-raccolta*.
- Reylea R.A., Jones D.K., 2009. The toxicity of Roundup Original MaxH to 13 species of larval amphibians. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29: 2004-2009.
-

-
- Riccucci e Lanza, 2014. *Importanza dei Chiropteri per l'agricoltura e la selvicoltura*. Atti dell'Accademia dei Georgofili, 2014.
- Riccucci e Maistrello, 2016. Contributo dei pipistrelli al controllo della cimice asiatica. *L'Informatore Agrario*. 26/2016.
- RICE FOR LIFE, 2016. *Biodiversità nelle risaie e sperimentazione di modalità di coltivazione favorevoli alla fauna*. Relazione scientifica. Università degli Studi di Pavia: 49 pp..
- Richards S.M., Kendall R.J., 2002. Biochemical effects of chlorpyrifos on two developmental stages of *Xenopus laevis*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(9): 1826-1835.
- Rișcu A. e Bura M., 2013. The impact of pesticides on honey bees and hence on humans. *Animal Science and Biotechnologies*, 46 (2): 272.
- Riservato E., Fabbri R., Festi A., Grieco C., Hardersen S., Landi F., Utzeri C., Rondinini C., Battistoni A., Teofili C. (Eds.) 2014a. *Lista Rossa IUCN delle libellule Italiane*. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.
- Riservato E., Festi A., Fabbri R., Grieco C., Hardersen S., La Porta G., Landi F., Siesa M.E., Utzeri C., 2014b. *Odonata - Atlante delle libellule italiane - preliminare*. Società italiana per lo studio e la conservazione delle libellule. Edizione Belvedere, "Le Scienze" (17), Latina. ISBN: 978-88-89504-38-3.
- Risobiosystems, 2016 - *Progetto di ricerca, sviluppo e trasferimento a sostegno della risicoltura biologica*. Decreto Ministeriale 19 dicembre 2016 n. 94667: CREA-CI – Sede di Vercelli.
- Robinson S.A., Richardson S.D., Dalton R.L., Maisonneuve F., Trudeau V.L., Pauli B.D., Lee-Jenkins S.S., 2017. Sublethal effects on wood frogs chronically exposed to environmentally relevant concentrations of two neonicotinoid insecticides. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36(4):1101-1109. doi: 10.1002/etc.3739. Epub 2017 Mar 1.
- Rohr J. R., Crumrine P.W., 2000. Effects of an herbicide and an insecticide on pond community structure and processes. *Ecological Applications*, 15: 1135-1147. Doi:10.1890/03-5353.
- Rondinini C., Battistoni A., Peronace V., Teofili C., 2013. *IUCN Red List of Italian Vertebrates*. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.
- Roulston T.H., Cane J.H., 2000. Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant Systematics and Evolution*, 222:187-209.
- Rubio F., Guo E., Kamp L., 2015. Survey of glyphosate residues in honey, corn and soy. *J Environ Anal Toxicol* 2014, 5:1DOI: 10.4172/2161-0525.1000249.
- Sabatini A., Girotti S., Ghini S., Medrzycki P., Grillenzoni F., Bortolotti L., Gattavecchia E., Celli G., 2003. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination. *APIACTA* 38, 63-70.
- Sabbatini Peverieri G., Talamas E., Bon M., Marianelli L., Bernardinelli I., Malossini G., Benvenuto L., Roversi P., Hoelmer K., 2018. Two Asian egg parasitoids of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera, Pentatomidae) emerge in northern Italy: *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead) and *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae). *Journal of Hymenoptera Research*. 67. 37-53. 10.3897/jhr.67.30883.
- Samidurai J., Subramanian M., Venugopal D., 2019. Levels of organochlorine pesticide residues in fresh water fishes of three bird sanctuaries in Tamil Nadu, India. *Environmental Science and Pollution Research* (2019) 26:1983–1993. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3770-8>
- Samsel A., Seneff S. Glyphosate's Suppression of Cytochrome P450 Enzymes and Amino Acid Biosynthesis by the Gut Microbiome: Pathways to Modern Diseases. *Entropy*, 2013a; 15(4): 1416-1463
- Samsel A., Seneff S. Glyphosate, pathways to modern diseases III: Manganese, neurological diseases, and associated pathologies. *Surg Neurol Int*. 2015; 6: 45. doi: 10.4103/2152-7806.153876.
- Sánchez-Bayo F., van den Brink P.J., Mann R.M., 2014. *Ecological Impacts of Toxic Chemicals*. DOI: 10.2174/97816080512121110101
- Sanchez-Guzman J.M., Moran R., Masero J.A., Corbacho C., Costillo E., Villegas A., Santiago-Quesada F., 2007. Identifying new buffer areas for conserving waterbirds in the Mediterranean basin: the importance of the rice fields in Extremadura, Spain. *Biodiversity and Conservation* 16.
- Santovito, A., Audisio, M. and Bonelli, S., 2020. A micronucleus assay detects genotoxic effects of herbicide exposure in a protected butterfly species. *Ecotoxicology*, pp.1-9.
- Sato M., & Riddiford N., 2008. A preliminary study of the Odonata of S'Albufera Natural Park, Mallorca: status, conservation priorities and bio-indicator potential. *Journal of Insect Conservation*, 12(5): 539-548.
- Scardi M., 2001. *Tecniche di analisi dei dati in ecologia*. Dipartimento di Biologia Università di Roma "Tor Vergata"; pp.76.
- Schiatti P., Nutricato S., 2006. Quali livelli di tossicità ha il rame che si accumula nel terreno? *Ambiente/Agricoltura Sostenibile* 124 ottobre 2006
- Scortechini M. 2006. Tonda Rossa e Barcelona, noccioli resistenti alla moria. *L'Informatore Agrario*. 25/2006. <http://www.atlasplantpathogenicbacteria.it/Tonda%20Rossa%20IA.pdf>
- Seglie D., 2013. ECO-RICE - LIFE09 NAT/IT/000093 - Azione: E.2.1 - Monitoraggio dell'evoluzione degli habitat. Provincia di Vercelli.
-

-
- Serra G., Lentini A., Verdinelli M., Delrio G., 2006. Effects of cover crop management on grape pests in a Mediterranean environment. *Bulletin IOBC/WPRS*, 29, 209-214.
- Settele J., Spangenberg J.H., Heong K.L., Burkhard B., Bustamante J.V., Cabbigat J., et al., 2015. Agricultural landscapes and ecosystem services in South-East Asia-the LEGATO-Project. *Basic Appl. Ecol.* 16(8): 661-4.
- Sevilleja C.G., van Swaay C.A.M., Bourn N., Collins S., Settele J., Warren M.S., Wynhoff I., Roy D.B., 2019. *Butterfly Transect Counts: Manual to monitor butterflies*. Report VS2019.016, Butterfly Conservation Europe & De Vlinderstichting/Dutch Butterfly Conservation, Wageningen.
- Shannon C. E. e Weaver W., 1949. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press. Urbana: 117.
- Shaw J.P., Large A.T., Donkin P., Evans S.V., Staff F.J., Livingstone D.R., Chipman J.K., 2004. Seasonal variation in cytochrome P450 in immunopositive protein levels, lipid peroxidation and genetic toxicity in digestive gland of the mussel *Mytilus edulis*. *Aquat Toxicol* 67: 325-336.
- Sheahan D., Fisher T., 2012. Review and comparison of available testing approaches and protocols for testing effects of chemicals on sediment-dwelling organisms with potential applicability to pesticides. *Supporting Publications EFSA: EN-337*, 122 pp. www.efsa.europa.eu/publications
- Sherwin H.A., Montgomery W.I. e Lundy M.G., 2013. The impact and implications of climate change for bats. *Mammal Review*, 43(3): 171-182.
- Shrivastava S.K., Prakash A., Rao J., 2018. Insect as bioindicator: an untapped treasure. *J. Appl. Zool. Res.* 29(2):128-154.
- Sibley P.K., Hanson M.L., 2014. Ecological Impacts of Organic Chemicals on Freshwater Ecosystems. Ecological Impacts of Toxic Chemicals, 138-164. In: Sánchez-Bayo F., van den Brink P. J., Mann R. M.: *Ecological Impacts of Toxic Chemicals*.
- Simpson I.C., Roger P.A., 1995. The impact of pesticides on non-target aquatic invertebrates in wetland rice fields: a review. In: Pingali, P.L., Roger, P.A. (Eds.), *Impact of Pesticides and Farmer Health and the Rice Environment*. IRRI Editions, Los Banos, Philippines, pp. 249-270.
- Slooff W., Canton J. H., Hermens J. L. M., 1983. Comparison of the susceptibility of 22 freshwater species to 15 chemical compounds. I. (sub)acute toxicity tests. *Aquat. Toxicol.* 4:113-128.
- Smallshire D., Beynon T., 2010. *Dragonfly monitoring scheme manual*. British dragonfly society.
- Sonnemann I., Grunz S. & Wurst S., 2014. Horizontal migration of click beetle (*Agriotes* spp.) larvae depends on food availability. *Entomol. Exp. Appl.*, 150(2): 174-178.
- Spataro B., 2013. Lotta biologica contro le cimici. <http://www.enteseviluppoagricolo.it/files/allegati%20pagine/Le%20cimici%20lotta.pdf>
- Stagg R., McIntosh A. and Gubbins M.J., 2016. Determination of CYP1A-dependent mono-oxygenase activity in dab by fluorimetric measurement of EROD activity in S9 or microsomal liver fractions. *ICES TIMES* 57, 21 pp.
- Stahlschmidt P., Brühl C. A., 2012. Bats as bioindicators—the need of a standardized method for acoustic bat activity surveys. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(3): 503-508.
- Steffan-Dewenter I., Tscharntke T., 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia*, 212: 432-440.
- St-Laurent D., Blaise C., MacQuarrie P., Scroggins R., Trottier B., 1992. Comparative assessment of herbicide phytotoxicity to *Selenastrum capricornutum* using microplate and flask bioassay procedures. *Environmental Toxicology and Water Quality*, 7: 35-48.
- Stoch F., Genovesi P., 2016. Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie animali. ISPRA, Serie *Manuali e linee guida*, 141/2016: 1-364.
- Suhling F., Befeld S., Häusler M., Katur K., Lepkojus S., Mesléard F., 2000. Effects of insecticide applications on macroinvertebrate density and biomass in rice fields in the Rhône delta, France. *Hydrobiologia* 431: 69-79.
- Suresh T.P., 1993a. *Teratogenicity study in rabbits. Test compound: Glyphosate Technical Study No. TOXI: 884-TER-RB* Rallis Agrochemical Research Station, Bangalore, India.
- Sutter L., Jeanneret P., Bartual A.M., Bocci G., Albrecht M., 2017. Enhancing plant diversity in agricultural landscapes promotes both rare bees and dominant crop-pollinating bees through complementary increase in key floral resources. *Journal of Applied Ecology* 54 (6):1856-1864. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12907>.
- Taffetani F., Rismondo M., 2009. Bioindicator system for the evaluation of the environmental quality of agroecosystems. *Fitosociologia*, 46(2):3-22
- Tait S., Ricceri L., Venerosi A., Maranghi F., Mantovani A., Calamandrei G., 2009. Long-term effects on hypothalamic neuropeptides after developmental exposure to chlorpyrifos in mice. *Environ Health Perspect.* 117,1: 112-116.
- Takamura K., Hatakeyama S., Shiraishi H., 1991. Odonate larvae as an indicator of pesticide contamination. *Applied Entomology and Zoology*, 26(3): 321-326.
- Tavolo tecnico per l'intesa apistica -previsto dal protocollo d'intesa per l'applicazione delle buone pratiche agricole e la salvaguardia del patrimonio apistico - verbale della riunione del 15 luglio 2019 presso il MIPAAF. https://www.informamiele.it/images/news/notizie/linee_guida_PER_WEB.PDF
-

-
- ter Braak C.J.F. & Verdonschot P.F.M., 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57/3: 255-289.
- Thiele H. U., 1977. *Carabid Beetles in Their Environments: A Study on Habitat Selection by Adaptations in Physiology and Behaviour*. Translated by Joy Wieser. Springer-Verlag.
- Thomas J.A., 2005. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1454): 339-357.
- Todd B.D., Willson J.D., Whitfield Gibbons J., 2010. The Global Status of Reptiles and Causes of Their Decline. In: Sparling D.W., Linder G., Bishop C.A., Krest S. (Eds.) *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*, 2nd edition. SETAC Press, p. 47–67.
- Toffoli R., Ruggetti M., 2017. Bat activity in rice paddies: Organic and conventional farms compared to unmanaged habitat. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 249: 123-129.
- Tolman T., Lewington R., 2009. *Collins Butterfly Guide - The most comprehensive guide to the butterflies of Britain and Europe*. Harper Collins Publishers.
- Tomlin C. (Ed.), 1997. *The Pesticide Manual*. 11th Edn, British Crop Protection Council, Farnham, Surrey, UK.
- Tommasini M.G., 2003. Evaluation of *Orius* species for biological control of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). Thesis Wageningen University. <http://library.wur.nl/WebQuery/edepot/121434>
- Tosi L., 2010. *La cicalina verde della vite Empoasca vitis Goethe (Hemiptera Cicadellidae)*. Tesi di Laurea. Università di Pisa, Facoltà di Agraria Corso di Laurea in “Viticoltura ed Enologia”, anno accademico 2009-2010.
- Tosi L., 2020. *Lotta biologica alla cimice asiatica con la Vespa Samuraj*. *Terra è Vita*.
- Tosi S., Costa C., Vesco U., Quaglia G., Guido G., 2018. A 3-year survey of Italian honey bee-collected pollen reveals widespread contamination by agricultural pesticides. *Science of the Total Environment*, 615: 208-218.
- Tourenq, C., Sadoul N., Beck N., Mesléard F. and Martin J.-L., 2003. Effects of cropping practices on the use of rice fields by waterbirds in the Camargue, France. *Agriculture Ecosystems & Environment* 95: 543–549.
- Traugott M., Schallhart N., Kaufmann R. & Juen A., 2008. The feeding ecology of elaterid larvae in Central European arable land: new perspectives based on naturally occurring stable isotopes. *Soil Biol. Biochem.*, 40(2): 342-349
- Trinchella F., Riggio M., Filosa S., Volpe M. G., Parisi E., Scudiero R., 2006. Cadmium distribution and metallothionein expression in lizard tissues following acute and chronic cadmium intoxication. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 144(3): 272-278.
- Trivellone, V., Schoenenberger, N., Bellosi, B., Jermini, M., De Bello, F., Mitchell, E.A.D. & Moretti, M., 2014. Indicators for taxonomic and functional aspects of biodiversity in the vineyard agroecosystem of Southern Switzerland. *Biol. Conserv.* 170, 103-109
- Turbak S.C., Olson S.B., McPeters G.A., 1986. Comparison of algal assay systems for detecting waterborne herbicides and metals. *Water Research*, 20:91-96.
- Turesson E., Stiernström S., Minten J., Adolfsson-Erici M., Bengtsson, Bengt E., Breitholtz M., 2007. Development and reproduction of the freshwater harpacticoid copepod *Attheyella crassa* for assessing sediment-associated toxicity. *Aquatic toxicology* (Amsterdam, Netherlands). 83. 180-9. 10.1016/j.aquatox.2007.04.002.
- Underwood E., Darwin G., Gerritsen E., 2017. *Pollinator initiatives in EU Member States: Success factors and gaps*. Report for European Commission under contract for provision of technical support related to Target 2 of the EU Biodiversity Strategy to 2020 – maintaining and restoring ecosystems and their services ENV.B.2/SER/2016/0018. Institute for European Environmental Policy, Brussels.
- Urlacher E., Monchanin C., Rivièrè C. *et al.*, 2016. Measurements of Chlorpyrifos Levels in Forager Bees and Comparison with Levels that Disrupt Honey Bee Odor-Mediated Learning Under Laboratory Conditions. *J Chem Ecol* 42:127–138. <https://doi.org/10.1007/s10886-016-0672-4>.
- Vale S., 2010. *Statistical Data Quality in the UNECE - 2010 Version*. Statistical Division; pp.10.
- Valentin R.E., Maslo B., Lockwood J.L., Pote J., Fonseca D.M., 2016. Real-time PCR assay to detect brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål), in environmental DNA. *Pest Manag. Science*. 10: 1854-61.
- Van Swaay C., Regan E., Ling M., Bozhinovska E., Fernandez M., Marini-Filho O.J., Huertas B., Phon C.-K., K’orösi A., Meerman J., Pe’er G., Uehara-Prado M., Sáfián S., Sam L., Shuey J., Taron D., Terblanche R., & Underhill L., 2015. *Guidelines for Standardised Global Butterfly Monitoring*. Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network, Leipzig, Germany. GEO BON Technical Series 1, 32pp.
- Van Swaay, C. A., Dennis, E. B., Schmucki, R., Sevilleja, C. G., Balalaikins, M., Botham, M., ... & Chambers, P. 2019. The EU Butterfly Indicator for Grassland species: 1990-2017: Technical Report. Butterfly Conservation Europe & ABLE/eBMS. www.butterfly-monitoring.net.
- Van Swaay C.A.M., Van Strien A.J., Harpke A., Fontaine B., Stefanescu C., Roy D., Maes D., Kühn E., Öunap E., Regan E., Švitra G., Heliölä J., Settele J., Pettersson L.B., Botham M., Musche M., Titeux N., Cornish N., Leopold P., Julliard R., Verovnik R., Öberg S., Popov S., Collins S., Goloshchapova S., Roth T., Brereton T., Warren M.S., 2012. The European Butterfly Indicator for Grassland species 1990-2011. Report VS2012.019, De Vlinderstichting, Wageningen.
-

-
- Van Swaay, C., Cuttelod, A., Collins, S., Maes, D., Munguira, M.L., Šašić, M., Settele, J., Verovnik, R., Verstrael, T., Warren, M. & Wiemers, M., 2010. European red list of butterflies.
- Van Wijngaarden R.P.A., Brock T.C.M., Van Den Brink P.J., 2005. Threshold levels for effects of insecticides in freshwater ecosystems: a review. *Ecotoxicology* 14: 355–380.
- Vartholomaiou A.N., Navrozidis E.I., Payne C.C., Salpiggidis G.A., 2008. Agronomic techniques to control *Lobesia botrana*. *Phytoparasitica*, 36: 264-271
- Varvaro L. e Fabi A., 2013. Criteri di lotta integrata alle malattie del nocciolo nell'ambito della progettazione di recupero del lago di Vico. Integrated pest management of hazelnut diseases in Vico Lake district. *Corylus&Co* 1.2013: 11-17.
- Verderame, M., Limatola, E., Scudiero, R., 2016. Estrogenic contamination by manure fertilizer in organic farming: a case study with the lizard *Podarcis sicula*. *Ecotoxicology*, 25(1): 105-114.
- Vidano C., Marletto F., Ferrazzi P., Arzone A., 1975. Indagini sulle cause di massicci apicidi in areali viticoli piemontesi. *Volume degli Atti Giornate Fitopatologiche 1975*, 125-129.
- Vidano C., Marletto F., Ferrazzi P., Arzone A., 1976. indagini sulle cause di massicci apicidi in areali viticoli piemontesi. *apicolt. mod.*, 67:85-91.
- Vigna Taglianti A., 2005. Checklist e corotipi delle specie di Carabidae della fauna italiana. Appendice B. In: Brandmayr P., Zetto T., Pizzolotto R. (Eds.), *I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità, Manuale operativo*. APAT, Manuali e Linee Guida, 34: 186–225.
- Wang Y., Wu S., Chen L., Wu C., Yu R., Wang Q., Zhao X., 2012. Toxicity assessment of 45 pesticides to the epigeic earthworm *Eisenia fetida*. *Chemosphere*, 88(4):484-91. doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.02.086. Epub 2012 Mar 28.
- Westphal C., Bommarco R., Carré G., Lamborn E., et al., 2008. Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. *EcolSocAm* 78 (4): 653-671.
- Whipps J.M., 1991. Effects of Mycoparasites on Sclerotia-Forming Fungi. *Developments in Agricultural and Managed Forest Ecology*, 23: 129-140. ISSN 0166-2287, ISBN 9780444887283. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-88728-3.50025-1>.
- Whitehorn P.R., Connor S.O., Wackers F.L., Goulson D., 2012. Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. *Science* 336 (6079): 351-352.:
- Whitehorn P.R., Norville G., Gilburn A., & Goulson D., 2018. Larval exposure to the neonicotinoid imidacloprid impacts adult size in the farmland butterfly *Pieris brassicae*. *PeerJ*, 6, e4772.
- Wickramasinghe, L. P., Harris, S., Jones, G., Vaughan Jennings, N., 2004. Abundance and species richness of nocturnal insects on organic and conventional farms: effects of agricultural intensification on bat foraging. *Conservation Biology*, 18(5): 1283-1292.
- Wickramasinghe, L. P., Harris, S., Jones, G., Vaughan, N., 2003. Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology*, 40(6): 984-993.
- Wiest L., Buleté A., Giroud B., Fratta C., Amica S., Lambert O., Pouliquen H., Arnaudguilhem C., 2011. Multi-residue analysis of 80 environmental contaminants in honeys, honeybees and pollens by one extraction procedure followed by liquid and gas chromatography coupled with mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography*, 1218:5743-5756.
- Wilson, D. E., 2015. *Bats in question: the Smithsonian answer book*. Smithsonian Institution.
- Wojtaszek B.F., Staznik B., Chartrand D.T., Stephenson G.R., Thompson D.G., 2004. Effects of Vision® herbicide on mortality, avoidance response, and growth of amphibian larvae in two forest wetlands. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23: 832–842.
- Woodcock B.A., Bullock J.M., Shore R.F., Heard M.S., Pereira M.G., Redhead J., Ridding L., Dean H., Sleep D., Henrys P., Peyton J., Hulmes S., Hulmes L., Sároszpataki M., Saure C., Edwards M., Genersch E., Knäbe S., Pywell R.F., 2017. Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science*, 356 (6345): 1393-1395.
- Xiong D., Li Y., Xiong Y., Li X., Xiao Y., Qin Z., Xiao Y., 2014. Influence of boscalid on the activities of soil enzymes and soil respiration. *European Journal of Soil Biology*, 61: 1-5.
- Yin X.H., Li S.N., Zhang L., Zhu G.N., Zhuang H.S., 2008. Evaluation of DNA damage in Chinese toad (*Bufo bufo gargarizans*) after in vivo exposure to sublethal concentrations of four herbicides using the comet assay. *Ecotoxicology*, 17(4):280-6. doi: [10.1007/s10646-008-0195-z](https://doi.org/10.1007/s10646-008-0195-z). Epub 2008 Feb 23.
- Zadoks J.C., Schein R.D., 1979. *Epidemiology and plant disease management*. Oxford University Press, London and New York.
- Zajac A., 2014. *Effects of Herbicides on the Hine's Emerald Dragonfly*. University of South Dakota.
- Zavanella T., Paccès Zaffaroni N., Arias E., 1988. Evaluation of the carcinogenic risk of the phenoxyherbicide MCPA to an urodele amphibian. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 16(2): 114-122.
- Zizzerini A., Tosi L. e Monotti M., 1985. Alcuni aspetti della morfologia e biologia di *Sclerotium bataticola* taub. su girasole. *Rivista di Patologia Vegetale Serie IV*, Vol. 21, No. 3 (Luglio-Dicembre 1985): pp. 129-139.
-

-
- Zazzerini A., Tosi L., 1985a. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: a new parasite of rape (*Brassica napus* L. subsp. *oleifera* DC.) in Italy. *Informatore Fitopatologico* 35: 31-33.
- Zazzerini A., Tosi L., 1985b. Antagonistic activity of fungi isolated from sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Pathol* 34: 415-421.
- Zhou S., Duan C., Fu H., Chen Y., Wang X., Yu Z., 2007. Toxicity assessment for chlorpyrifos-contaminated soil with three different earthworm test methods. *Journal of Environmental Sciences*, 19(7): 854-858.

Metodi e Standard Internazionali

- AGI (Associazione Geotecnica Italiana), 1994. *Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio*.
- ASTM D 2974, 2014. *Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils*
- ASTM D 422-63, 2007. *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*
- ASTM D 854, 2010. *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*
- APAT CNR-IRSA, Metodo 8030, 2003. Saggi d'inibizione della luminescenza del batterio *Aliivibrio fischeri* (Manuali 29/2003)
- Baudo R., Beltrami M., Gazzola M., 2007. Test di germinazione e allungamento radicale su suoli. *Atti del 7° Workshop Fitotox*. Milano, 10 maggio 2007.
- EN ISO 11269-1:2012. Soil quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora - part 1: method for the measurement of inhibition of root growth.
- EPA 3051a, 2007. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils.
- EPA 6010c, 2007. Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry. Revision 3.
- EPA 7010, 2007. Graphite furnace Atomic Absorption Spectrophotometry, 2007.
- Fregoni M., Corallo G., 2001. Il rame nei vigneti italiani; la dotazione in rame dei vigneti italiani. ISSN 0390-0479, 28/ 5, 2001, 35-43
- Giandon P., Bortolami P., 2007. *L'interpretazione delle analisi del terreno. Strumento per la sostenibilità ambientale*. ARPA Veneto, Veneto Agricoltura - Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare: 74 pp.
- ISO 18763:2016. Soil quality - Determination of the toxic effects of pollutants on germination and early growth of higher plants.
- ISO 20227:2017. Qualità dell'acqua - Determinazione degli effetti di inibizione della crescita indotti da acque reflue, da acque naturali e da sostanze chimiche sulla lemnaea *Spirodela polyrhiza* - Metodo utilizzando un microbiotest che non richiede la coltura della pianta
- ISO 20227:2017. Water quality - Determination of the growth inhibition effects of waste waters, natural waters and chemicals on the duckweed *Spirodela polyrhiza* - Method using a stock culture independent microbiotest.
- Linee Guida Ministero della Salute, 2014. *Linee guida per la gestione delle segnalazioni di moria o spopolamento degli alveari connesse all'utilizzo di agrofarmaci*. <https://www.izsvenezie.it/linee-guida-per-la-gestione-delle-segnalazioni-di-moria-o-spopolamento-degli-alveari-connesse-allutilizzo-di-fitofarmaci/>
- Regione Liguria, 1995. *Guida all'interpretazione agronomica dell'analisi chimica del suolo*. Società Italiana dei Laboratori Pubblici Agrochimici (SILPA) Terra e Vita n. 26/1994: 54-56.
- UNI EN ISO 11268-1:2015. Qualità del suolo - Effetto degli inquinanti sui lombrichi - Parte 1: Determinazione della tossicità acuta su *Eisenia fetida/Eisenia andrei*.
- UNI EN ISO 11348-3:2019. Qualità dell'acqua - Determinazione dell'effetto inibitorio di campioni acquosi sull'emissione di luce di *Vibrio fischeri* (prova su batteri luminescenti) - Parte 3: Metodo con batteri liofilizzati.
- UNI EN ISO 11465:1993. Soil quality - Determination of dry matter and water content on a mass basis - Gravimetric method.
- UNI EN ISO 18772:2014. Qualità del suolo - Guida su procedure di rilascio per prove ecotossicologiche e chimiche successive di suoli e materiali del suolo.
- UNI EN ISO 6341:2012 (Water quality — Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) — Acute toxicity test.
- UNI EN ISO 6341:2013 Determinazione dell'inibizione della mobilità del crostaceo *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) —test di tossicità acuta
- UNI EN ISO 8692:2012. Qualità dell'acqua - Prova di inibizione della crescita di alghe d'acqua dolce per mezzo di alghe verdi.
- UNI EN ISO 9001:2015. Sistemi di gestione per la qualità.

Riferimenti normativi

- COM/2020/635 final. Relazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio e al Comitato Economico e Sociale Europeo. Lo stato della natura nell'Unione europea. Relazione sullo stato e sulle tendenze delle specie e dei tipi di habitat protetti dalle direttive Uccelli e Habitat nel periodo 2013-2018.
- Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. COM/2020/381 final
- Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives. COM/2020/380 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1590574123338&uri=CELEX:52020DC0380>
- Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, EU Pollinators Initiative. COM/2018/395 final CELEX 52018DC0395 IT TXT <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0395>
- Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal. COM/2019/640 final
- Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030. Riportare la natura nella nostra vita. COM(2020) 380 final. Bruxelles, 20.5.2020
- Consolidated text: Commission Implementing Regulation (EU) 2015/408 of 11 March 2015 on implementing Article 80(7) of Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market and establishing a list of candidates for substitution (Text with EEA relevance).
- D.M. MIPAAF N.94667 del 19/12/2016 - Impegno a favore del Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria progetto di ricerca RISOBIOSTYEM Legge Regionale 1 marzo 2000 n. 15 Tutela delle risorse genetiche autoctone di interesse agrario.
- D.P.R. 23-4-2001 n. 290. Regolamento di semplificazione dei procedimenti di autorizzazione alla produzione, alla immissione in commercio e alla vendita di prodotti fitosanitari e relativi coadiuvanti (n. 46, allegato 1, L. n. 59/1997). Pubblicato nella Gazz. Uff. 18 luglio 2001, n. 165, S.O.
- Decreto Interministeriale 15 luglio 2015 - Modalità di raccolta ed elaborazione dei dati per l'applicazione degli indicatori previsti dal Piano d'Azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (G.U. 27 luglio 2015, Serie Generale n. 172)
- Decreto Interministeriale del 10 marzo 2015. Linee guida di indirizzo per la tutela dell'ambiente acquatico e dell'acqua potabile e per la riduzione dell'uso di prodotti fitosanitari e dei relativi rischi nei Siti Natura 2000 e nelle aree naturali protette. GURI Serie Generale 26 marzo 2015, n. 71, S.O. n. 16.
- Decreto Legislativo 27 gennaio 1992, n. 99, Attuazione della direttiva n. 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura. (GURI Serie generale n.38 del 15-02-1992 - Suppl. Ordinario n. 28)
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale. GURI n. 88 del 14 aprile 2006.
- Decreto Ministeriale 13 settembre 1999. Ministero per le Politiche Agricole. Approvazione dei "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo". (GURI Serie generale n.248 del 21-10-1999 - Suppl. Ordinario n. 185).
- Decreto Ministeriale 15 luglio 2016, n. 173. Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini.
- Direttiva 2003/82/CE della Commissione dell'11 settembre 2003 che modifica la direttiva 91/414/CEE del Consiglio per quanto riguarda le frasi tipo sui rischi particolari e sulle precauzioni da adottare in materia di prodotti fitosanitari. GUUE L228/11 del 12.9.2003.
- Piano d'Azione Nazionale sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari - DIM 22/1/2014. Decreto Interministeriale 22 gennaio 2014. Adozione del Piano di azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, ai sensi dell'articolo 6 del decreto legislativo 14 agosto 2012, n. 150 recante: "Attuazione della direttiva 2009/128/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi". GURI Serie generale n. 35 del 12-2-2014.
- Piano Nazionale sulla biodiversità di interesse agricolo. https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/biodiversita/piano_nazionale_biodiversita_interesse_agricolo.pdf
- Regolamento (CE) n. 1272/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2008 relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio (CLP) delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al regolamento (CE) n.1907/2006. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L 353/1 del 31.12.2008.
-

Regolamento (CE) n. 473/2002 della Commissione, del 15 marzo 2002, che modifica gli Allegati I, II e VI del Regolamento (CEE) n. 2092/91 del consiglio relativo al metodo di produzione biologico di prodotti agricoli e all'indicazione di tale metodo sui prodotti agricoli e sulle derrate alimentari e che stabilisce norme dettagliate per quanto concerne la trasmissione di informazioni sull'impiego di composti di rame. OJ L 75, 16.3.2002, p. 21-24

Regolamento (CEE) n. 2092/91 del Consiglio del 24 giugno 1991 relativo al metodo di produzione biologico di prodotti agricoli e alla indicazione di tale metodo sui prodotti agricoli e sulle derrate alimentari (GURI L 198 del 22.7.1991, pag. 1)

Sitografia

Agrion, 2017. Difesa fitosanitaria del nocciolo <https://www.nocciolare.it/wp-content/uploads/2017/05/Difesa-fitosanitaria-del-nocciolo-Agrion-2017.pdf>

Agrion, 2018. Aggiornamento Tecnico. Cimice asiatica: i risultati dei primi frappege zionali. Info n. 07 del 18/05/2018. <https://confagriasti.it/wp-content/uploads/2019/01/Bollettino-2018-1.pdf>

Centro Ricerche sul Riso, 2014. Approccio integrato nella ricerca di un sistema sostenibile di lotta al brusone del riso.

http://www.enterisi.it/upload/enterisi/documentiallegati/BGS%20ENR%20300114%20PTPp_13660_253.pdf

Database ISPRA contenente gli indicatori individuati nel Decreto Interministeriale del 15 luglio 2015, nonché degli indicatori di rischio armonizzati introdotti dalla Direttiva (UE) 2019/782 della Commissione recante modifica della direttiva 2009/128/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda la definizione di indicatori di rischio armonizzati. <https://indicatori-pan-fitosanitari.isprambiente.it/>

Database ISPRA di supporto per l'individuazione e il popolamento degli indicatori previsti dal Decreto legislativo n. 150 del 14 agosto 2012 recante recepimento della Direttiva 2009/128/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi. <https://indicatori-pan-fitosanitari.isprambiente.it/2019/list>

ECHA (All. 3): Inventario di cui all'allegato III. https://echa.europa.eu/documents/10162/22332820/annex_iii_inventory_en.xls/f350330b-8c06-4682-a369-0ed79dbdb1a5

European Pollinator Initiative (*EU Pollinators - Environment*)

<https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/pollinators/>

EXTOXNET Extension Toxicology Network: A Pesticide Information Project of Cooperative Extension Offices of Cornell University, Michigan State University, Oregon State University, and EU Biodiversity Strategy for 2030. https://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/strategy/index_en.htm

Fluoride Action Network. Adverse effects: Lambda-Cyhalothrin. CAS No. 91465-08-6 <https://www.fluoridealert.org/wp-content/pesticides/epage.cyhalothrin.lambda.htm>

Guidone L., Valentini N., Moraglio S., Me G., Tavella L., 2016. Valutazione dell'efficacia di fitofarmaci naturali e della suscettibilità varietale su fitofagi del nocciolo. Nocciolare, <https://www.nocciolare.it/wp-content/uploads/2016/03/TavellaGiffoni07TestoImpaginato-1.pdf>

IUCN, Unione Mondiale per la Conservazione della Natura, Comitato italiano. Categorie e criteri per la valutazione del rischio di estinzione <http://www.iucn.it/categorie.php>

IV Report ex art. 17 della Direttiva Habitat (<http://www.reportingdirettivahabitat.it/>)

National Library of Medicine, National Institute of Health. TOXNET: Toxicology Data Network (most of NLM's toxicology information services have been integrated into other NLM products and services) <https://toxnet.nlm.nih.gov/>

Onillon J.-C., 1988. Evoluzione e prospettive della lotta integrata in serra nel bacino mediterraneo.

Pesticide Action Network (PAN) North America, the Pesticide Info Database. <http://www.pesticideinfo.org/>

PPDB, Pesticide Properties DataBase, Univ. of Hertfordshire: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>

Provenzano M.R., El Bilali H., Simeone V., Baser N., 2006. Influenza delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo e della gestione fitosanitaria sulla concentrazione di solfati in oliveti e vigneti biologici della Puglia. Conference Paper. ottobre 2006

PubChem. *Open Chemistry Database*: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

Regione Emilia-Romagna, 2020. Difesa Integrata del girasole. https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/produzioni-agroalimentari/temi/bio-agro-climambiente/agricoltura-integrata/disciplinari-produzione-integrata-vegetale/Collezione-dpi/dpi_2020/norme/erbacee/difesa-girasole-2020-1.pdf%40%40download/file/Difesa%2520girasole%25202020.pdf+%&cd=1&hl=it&ct=clnk&gl=it

Regione Veneto. Lotta biologica a *Drosophila suzukii*. <https://www.dafnae.unipd.it/lottabiodrososofila>

Reporting per la Direttiva Habitat 2013-2018 <http://www.reportingdirettivahabitat.it/>

SIAN. Riepiloghi dichiarazioni di vendita dei prodotti fitosanitari (D.P.R. n. 290/2001 - art. 42)

<http://www.sian.it/farmaven/jsp/regioni.jsp>

The EU list of Potential Endocrine Disruptors: <http://eng.mst.dk/topics/chemicals/endocrine-disruptors/the-eu-list-of-potential-endocrine-disruptors/>

Università di Padova. Elenco delle sostanze mutagene:
<http://www.bio.unipd.it/safety/man/mutageni.htm>
University of California at Davis. <http://pmep.cce.cornell.edu/>
US EPA (*United States Environmental Protection Agency*):
Pesticide Science and Assessing Pesticide Risks <https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks>
Evaluating Pesticides for Carcinogenic Potential
<https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/evaluating-pesticides-carcinogenic-potential>

ALLEGATO I

COVARIATA	SIGLA (dove usata)	FOGLIO	RANGO E NOTE
Gestione	G	FG01	Biologica = 1; Integrata Volontaria = 2; Convenzionale = 3
Campo	CA	FG01	sigla identificativa del campo monitorato
Superficie aziendale	AZIENDAsup_ha e AHA	FG01	superficie in ettari dell'azienda agricola con attribuzione dei seguenti ranghi: 1 se ≤ 4 ha; 2 se compresa tra 4-16 ha; 3 se 16-64 ha; 4 se 64-144 ha; 5 se ≥ 144 ha.
Superficie coltura	COHA e COHA2	FG01	superficie in ettari della coltura monitorata con attribuzione dei seguenti ranghi: 1 se ≤ 0.25 ha; 2 se compresa tra 0.25-1 ha; 3 se 1-4 ha; 4 se 4-16 ha; 5 se > 16 ha.
Superficie campo monitorato	CAHA e CAHA2	FG01	superficie in ettari del campo monitorato con attribuzione dei seguenti ranghi: 1 se ≤ 0.25 ha; 2 se compresa tra 0.25-1 ha; 3 se 1-4 ha; 4 se 4-16 ha; 5 se > 16 ha.
Quota	Q e Q2	FG01	quota in metri sul livello del mare con attribuzione dei seguenti ranghi: 1 se ≤ 100 m; 2 se compresa tra 100-300 m, 3 se 300-500m; 4 se 500-700m; 5 se > 700 m.
Pendenza	P e P2	FG01	pendenza in gradi o in percentuale con attribuzione dei seguenti ranghi: 1 se $\leq 3^\circ$; 2 se compresa tra 3-6°, 3 se 6-10°; 4 se 10-20°; 5 se $> 20^\circ$.
Esposizione	EXP	FG01	Esposizione del campo ai punti cardinali per ottanti (NN, NE, EE, SE, SS, SW, WW, NW)
Età della coltura in anni	COE e COE2	FG01	età della coltura in anni con attribuzione dei seguenti ranghi: 1 se ≤ 2 anni; 2 se compresa tra 2-5 anni, 3 se 5-10 anni; 4 se 10-20 anni; 5 se > 20 anni.
Numero allagamenti risaia	RA e RA2	FG01	Numero di allagamenti ai quali è sottoposta una risaia monitorata all'anno. Per numeri inferiori a 5 il rango corrisponde al numero di anni, oltre ai 4 allagamenti all'anno il rango attribuito è 5.
Sesti di impianto tipo	Sesti di impianto tipo	FG01	Q = quadrilatero; T = triangolare o a "quinconce"; M = misto.
Sesto di impianto distanze	SD1 e SD2	FG01	distanze interfilare e intrafilare in metri
Sesto di impianto area	SA e SA2	FG01	superficie in metri quadrati dei sestri (SD1 x SD2) con attribuzione dei seguenti ranghi: 1 se ≤ 6 mq; 2 se compresa tra 6-12 mq, 3 se 12-24 mq; 4 se 24-36 mq; 5 se > 36 mq.
Numero sfalci / trinciature	NS e NS2	FG01	Numero di sfalci o trinciature ai quali è sottoposto il campo monitorato all'anno. Per numeri inferiori a 5 il rango corrisponde al numero di interventi, oltre ai 4 interventi all'anno il rango attribuito è 5.
Numero passaggi con mezzi meccanici	NPM e NPM2	FG01	numero annuale di passaggi con mezzi meccanici sul campo monitorato con attribuzione dei seguenti ranghi: 1 se ≤ 3 ; 2 se compresa tra 3-6, 3 se 6-10; 4 se 10-15; 5 se > 15 .
Peso macchinario più frequentemente usato	PM e PMF2	FG01	Peso in tonnellate del mezzo più frequentemente usato sul campo monitorato con attribuzione dei seguenti ranghi: 1 se ≤ 20 ; 2 se compresa tra 20-50, 3 se 50-250; 4 se 250-1000; 5 se > 1000 .
Peso macchinario più pesante		FG01	Peso in tonnellate del mezzo più pesante tra quelli usati sul campo monitorato con attribuzione dei seguenti ranghi: 1 se ≤ 20 ; 2 se compresa tra 20-50, 3 se 50-250; 4 se 250-1000; 5 se > 1000 .
Macchinari utilizzati su gomme o cingoli		FG01	Registra se i mezzi impiegati sul campo monitorato si muovono su gomme o su cingoli, sono stati attribuiti i seguenti ranghi: 1 = né gomme né cingoli (non vengono usati mezzi meccanici); 2 = gomme, 3 = entrambi; 4 = cingoli.
Lunghezza Gomme/Cingoli		FG01	Registra la lunghezza in metri lineari dei cingoli o delle gomme a contatto col terreno
Larghezza Gomme/Cingoli		FG01	Registra la larghezza in metri lineari dei cingoli o delle gomme
Area Gomme/Cingoli		FG01	Calcola la superficie di contatto di gomme o cingoli sul terreno in mq

COVARIATA	SIGLA (dove usata)	FOGLIO	RANGO E NOTE
Compressione macchinario sul terreno		FG01	Calcola quante tonnellate per mq esercita il macchinario più frequentemente usato sul terreno tramite la superficie complessiva di contatto di gomme/cingoli.
Numero di fertilizzazioni	NF e NFE	FG01	Numero di fertilizzazioni per stagione colturale alle quali è sottoposto il campo monitorato. Per numeri inferiori a 5 il rango corrisponde al numero di interventi, oltre ai 4 interventi per stagione colturale il rango attribuito è 5.
Tipo di fertilizzanti	Tipo di fertilizzanti e TFE	FG01	Registra la tipologia dei fertilizzanti usati, sono stati attribuiti i seguenti ranghi: 1 = nessuna fertilizzazione; 2 = esclusivamente organica, 3 = mista (organica e chimica o organica e minerale); 4 = minerale; 5 = chimica.
Rapporto tra superficie aziendale e colturale	RCOA	FG01	Rapporto tra la superficie della coltura complessiva e dell'azienda che la contiene
Rapporto tra superficie aziendale e area del campo	RCAA	FG01	Rapporto tra la superficie complessiva dell'azienda e il campo monitorato
Differenza tra superficie colturale e superficie del campo	DCOCA	FG01	Differenza tra la superficie complessiva della coltura in esame nell'ambito dell'azienda e la superficie del campo monitorato.
Rapporto tra la superficie del campo e quella della coltura	RCACO	FG01	Rapporto tra la superficie complessiva della coltura in esame nell'ambito dell'azienda e la superficie del campo monitorato.
Insieme dei fitofarmaci utilizzati	FFC	FG01	Insieme dei fitofarmaci utilizzati
Singoli fitofarmaci usati	FF1...FF4	FG01	Denominazione dei 4 fitofarmaci maggiormente utilizzati
PosizioneGeoMorfo	PGM	FG01	Posizione rispetto al territorio circostante. Se il campo monitorato è collocato su: una sommità S, rango = 1; un versante V, rango = 2; un piano P, rango =3; una depressione D, rango = 4.
Presenza alveari in azienda	AA	FG01	Sì (rango =1) / No (rango =0)
Uso Fitofarmaci	FFU	FG01	Sì (rango =1) / No (rango =0)
Numero trattamenti con fitofarmaci	NFF e NFF2	FG01	Numero di trattamenti per stagione colturale
Tipologia dei fitofarmaci usati		FG01	Nematocida, Acaricida, Algicida, Battericida, Erbicida, Insetticida, Fungicida, Lumachicida, Altro.
Tipo di irrorazione delle colture erbacee con fitofarmaci		FG01	Tramite: Atomizzatore, Barre irroratrici, Irroratrici di altro tipo per colture erbacee (cannoni, scavallanti con recupero...), Irroratrici per diserbo e semina (montate sulle seminatrici), altre irroratrici per colture erbacee
Tipo di irrorazione delle colture arboree con fitofarmaci		FG01	Aeroassistite, di altro tipo per colture arboree, Pneumatiche, a polverizzazione per pressione.
Sistemi antideriva utilizzati		FG01	Nessuno, Uggelli a ventaglio/fessura a iniezione d'aria, Uggelli a fine barra a iniezione d'aria, Uggelli pre-camera, Uggelli a turbolenza, Uggelli a specchio a bassa pressione. Rango 1 = un sistema adottato, Rango 2 = nessun sistema adottato
Colture usate per Cover Crop	CVCR	FG01	Specifica delle colture utilizzate. Per un numero di colture sino a 4 il rango corrisponde al numero delle stesse, rango = 5 se non è stata seminata alcuna coltura in cover crop.
Minimum tilage		FG01	Sì /No.
Irrigazione	IRB	FG01	No = 2; Sì = 1.

COVARIATA	SIGLA (dove usata)	FOGLIO	RANGO E NOTE
Tipo di irrigazione		FG01	Nessuna, Per scorrimento superficiale, Infiltrazione laterale da solchi, a pioggia, a goccia, da impianto interrato, altro
Lavorazione suolo e vegetazione		FG02	AR - Aratura / Zappatura meccanica; CI - Cimatura; DC - Diserbo Chimico; DI - Discatura; ER - Erpicatura; ES - Estirpatura; FE - Fertilizzazione; FR - Fresatura; LA - Laseratura; LI - Livellamento; MO - Morganatura; MT - Minimum Tilage; PO - Potatura; RI - Rippatura; RU - Rullatura; SA - Sfalcio A mano; SM - Sfalcio Meccanico; PI - Pirodiserbo; SV - Sfalcio a Vapore; TR - Trinciatura; RA - Acqua in Risaia; S1 - Semina Cultivar1; S2 - Semina Cultivar2; S3 - Semina Cultivar3; R1 - Raccolto Cultivar1; R2 - Raccolto Cultivar2; R3 - Raccolto Cultivar3
Profondità lavorazione suolo in cm		FG02	Profondità lavorazione suolo in cm
Fitofarmaci erogati per data e relativa concentrazione		FG03	Denominazione dei prodotti commerciali (3873 prodotti previsti) e relativa concentrazione adottata nei trattamenti registrati
Patogeni e parassiti target		FG03	Indicazione delle specie per le quali sono effettuati i trattamenti
Fertilizzanti erogati per data e relativa concentrazione		FG04	Descrizione dei fertilizzanti erogati e relativa concentrazione adottata nei trattamenti registrati
Presenza muri a secco	MU	FG05	No = 2; Sì = 1.
Stima misure muri		FG05	sviluppo lineare, altezza e spessore in metri
Presenza filari di alberi	FA2	FG05	No = 2; Sì = 1.
stima misure filare		FG05	sviluppo lineare e altezza in metri
Presenza alberi isolati	AI2	FG05	No = 2; Sì = 1.
Presenza di siepi	SI2	FG05	No = 2; Sì = 1.
stima misura siepi		FG05	sviluppo lineare, altezza e spessore in metri
Specifiche delle colture confinanti e indicatore diversità colturale periferica	CKOMP e CC2	FG05	Denominazione delle colture in una fascia di 10m dal perimetro e indicatore di sintesi della diversità colturale periferica (minore il numero delle colture periferiche e maggiore è il rango).
Orientamento bordo campo considerato	DIR	FG05	ottanti rispetto ai punti cardinali
Uso Fitofarmaci nei coltivi confinanti	CCF	FG05	No = 1; Sì = 2.
Corpo idrico tipo	CIT2	FG06	NS = Non So (rango = 0); NO = Nessuno (rango = 5); TO = Torrente (rango = 1); FI = Fiume (rango = 1); ST = Stagno (<0.5 ha) (rango = 2); PA = Pozza Artificiale (<0.5 ha) (rango = 4); LA = Laghetto Artificiale (0.5 - 1 ha) (rango = 3); CA = Canale Artificiale (rango = 3); LN = Laghetto Naturale (0.5 - 1 ha) (rango = 2); LL = Lago (>1 ha) (rango = 1).
Corpo idrico presenza	CIT3	FG06	Presenza (rango = 1) / assenza (rango = 5)

COVARIATA	SIGLA (dove usata)	FOGLIO	RANGO E NOTE
copertura %	CIC2 AAC2 ROC2 DEC2 ENC2 ARC2 ALC2 ALB2 E1C...E5C	FG06	Percentuale in 6 classi (0%; <10%; 10-30%; 30-50%; 50-70%; ≥ 70% con rango crescente da 0 a 5) per ciascuno dei seguenti usi del suolo / categorie ambientali: corpi idrici (CIC2), annessi agricoli (AAC2), strade e sentieri, abitazioni, altro urbanizzato (ALC2), rocce (ROC2), suolo decorticato (DEC2), vegetazione naturale erbacea (ENC2), arbustiva (ARC2), arborea (ALB2) e tipo EUNIS (E1C - E5C) sino ad un massimo di 5 tipi.
Numero tipi EUNIS e composizione degli stessi	NTE	FG06	indicatore di sintesi di diversità Eunis ottenuto contando quanti tipi sono presenti nella fascia perimetrale di 10 m (da 1 a 5: ET1 - ET5) e specifica composizione.
copertura per classi percentuali (eccetto flora di interesse apistico) della vegetazione naturale all'interno del campo.	ENC ARC ALC	FG07	Percentuale in 6 classi (0%; <10%; 10-30%; 30-50%; 50-70%; ≥ 70% con rango da 0 a 5) per ciascuno delle seguenti covariate relative alla coltura e alla vegetazione naturale all'interno del campo monitorato : ENC, ARC, ALC = rispettivamente per lo strato erbaceo, arbustivo e arboreo all'interno del campo monitorato.
Percentuali di fioritura / fruttificazione nella fascia perimetrale esterna al campo.	EEFI, EARFI, EALFI, EEFR, EARFR, EALFR.	FG07	Percentuale in 6 classi (0%; <10%; 10-30%; 30-50%; 50-70%; ≥ 70% con rango da 0 a 5) per la fioritura della vegetazione naturale all'interno e all'esterno del campo monitorato (fascia perimetrale di 10 metri): EEFI, EARFI, EALFI (rispettivamente per lo strato delle erbe, quello degli arbusti e quello degli alberi); e per la fruttificazione: EEFR, EARFR, EALFR per erbe, arbusti e alberi.
Tipologie frutti più frequenti nella fascia perimetrale esterna		FG07	AF - assenza di frutti; SG - succosi grandi (> 2cm); BP - baccelli piccoli (baccelli o silique < 5 cm); BG - baccelli grandi (> 5 cm); CH - chicchi (cereali); SE - secchi piccoli (< 1,5 cm, es. girasole); SM - samare (piccoli, membranacei, con "ala/i"); DG - a rivestimento duro grandi (>1,5 cm, es. nocciole); GH - ghiande; CA - castagne; CL - conifere di latifoglie (di norma <2 cm, es. ontani); CC - conifere.
Flora di interesse apistico per classi percentuali rispettivamente all'interno e nella fascia perimetrale esterna del campo considerato	FAE FAER FAAR FAAL	FG07	per la flora di interesse per gli Apoidei separatamente per i 3 strati vegetazionali (erbe, arbusti e alberi) e per l'interno / esterno del campo sono state richieste dagli esperti le seguenti 4 classi percentuali (con rango crescente da 1 a 4): <10%; 10-30%; 30-50%; ≥50%: FAE (flora erbacea all'interno del campo), FAER, FAAR, FAAL (rispettivamente flora erbacea, arbustiva e arborea nella fascia perimetrale esterna).
Distribuzione della flora di interesse apistico	FAD	FG07	Registra in quanti dei 6 strati vegetazionali considerati (erbaceo, arbustivo e arboreo rispettivamente per interno ed esterno del campo monitorato) è presente flora di interesse apistico.
struttura della coltivazione all'interno del campo e della vegetazione naturale nella fascia perimetrale esterna	ACL AEE AAR AAL	FG07	Altezza (ACL) della coltura all'interno del campo considerato e della vegetazione naturale (rispettivamente strato erbaceo, arbustivo e arboreo) all'interno e all'esterno nella fascia perimetrale di 10 metri. Per le altezze sono stati attribuiti i seguenti ranghi: Erbaceo (AEE): 5 se <10cm, 4 se 10-30 cm, 3 se 30-50 cm, 2 se 50-100 cm, 1 se >100 cm; Arbustivo (AAR): 5 se <50 cm, 4 se 50-100 cm, 3 se 100-200 cm, 2 se 200-300 cm, 1 se >300 cm; Arboreo (AAL): 5 se <150cm, 4 se 150-300 cm, 3 se 300-600 cm, 2 se 600-1000 cm, 1 se >1000 cm. Per il diametro dei tronchi della vegetazione arborea sono stati attribuiti i seguenti ranghi: 1 se ≤15 cm, 2 se 15-30 cm, 3 se 30-50 cm, 4 se 50-100 cm, 5 se >200 cm.

COVARIATA	SIGLA (dove usata)	FOGLIO	RANGO E NOTE
Sfalcio nella fascia esterna	ESF	FG07	NO = Nessuno sfalcio (rango = 1); PI = pirodiserbo (rango =4); SV = Sfalcio a Vapore (rango =3); SM = Sfalcio Meccanico (rango =2); DC = Diserbo Chimico (rango =5); SA = Sfalcio A mano (rango =1); AS = Altro tipo di Sfalcio da specificare nelle note (rango = 3).
Interventi nella fascia perimetrale esterna	ETR ERU ESTR	FG07	Si/No (rango 2 e 1) per trinciatura (ETR), rullatura (ERU), sfalcatura e/o trinciatura e/o rullatura (ESTR).
Eterogeneità della vegetazione naturale nella fascia esterna	EEE EAR EAL	FG07	eterogeneità nelle altezze e maturità nell'ambito dei 3 strati vegetazionali. Erbaceo (EEE): altezze eterogenee quando almeno il 20% delle erbe mostra un'altezza diversa dalla restante quota (rango = 1), altrimenti altezze uniformi (rango = 2). Arbustivo: eterogeneo quando almeno il 20% mostrano altezze e diametri diversi dalla restante quota (rango = 1); intermedio quando le altezze sono tutte uniformi ma almeno il 20% delle piante mostra un diametro diverso dalla restante quota (rango = 2); uniforme quando oltre l'80% delle piante mostrano altezza e diametro uniformi (rango = 3). Arboreo stessi criteri esposti per lo strato arbustivo.
Maturità vegetazione arborea della fascia esterna		FG07	ceduo_NS (rango = 5); ceduo giovane coetaneo (rango = 6); ceduo giovane disetaneo (rango = 5); ceduo invecchiato coetaneo (rango = 4); ceduo invecchiato disetaneo (rango = 3); maturo_NS (rango = 2); fustaia coetanea (rango = 2); fustaia disetanea (rango = 1).
intervallo di tempo in cui è stata monitorata la meteo prima del campionamento		FG08	0G - solo il giorno stesso; 1G - 1 giorno prima; 3G - 3 gg prima; 1S - 1 settimana prima; 2S - 2 settimane prima; 1M - 1 mese prima; 2M - 2 mesi prima; 3M - 3 mesi prima.
Numero di giornate dall'ultima precipitazione		FG08	numero di giornate
Numero di ore dall'ultima precipitazione		FG08	se la precipitazione si è verificata nella medesima giornata del campionamento è richiesto di indicare da quante ore è terminata
Copertura del cielo		FG08	Percentuale in 6 classi (0%; <10%; 10-30%; 30-50%; 50-70%; ≥ 70%)
Vento forza		FG08	con scala Beaufort o misura anemometrica
Provenienza del vento		FG08	In ottanti rispetto ai punti cardinali
Temperatura e umidità dell'aria		FG08	rispettivamente in gradi Celsius e percentuale.
Pendenza nel punto di campionamento		FG09	pendenza in gradi o in percentuale.
Parametri chimico fisici puntiformi		FG09	Temperatura in gradi Celsius e umidità in percentuale rispettivamente sulla superficie del suolo e a 10 cm di profondità; pH.
Consistenza dell'eventuale crosta superficiale		FG09	0 - Assente, 1 - Debole: crosta soffice o leggermente indurita, spessore <5mm; 2 - Moderata: crosta soffice o leggermente indurita, spessore >5mm; 3 - Moderata: crosta indurita ma con spessore <5mm; 4 - Forte: crosta indurita con spessore >5mm;.
Resistenza alla penetrazione		FG09	Tramite penetrometro o scala empirica di stima sulla base dello sforzo effettuato per penetrare nel terreno a 10 cm di profondità con una vanghetta di dimensioni standardizzate.

COVARIATA	SIGLA (dove usata)	FOGLIO	RANGO E NOTE
Adesività		FG09	1 - No: Applicando una pressione tra pollice e indice e separando poi le dita: nessuna particella di suolo aderisce ; 2 - Debole: il campione aderisce sia al pollice che all'indice in modo ben percepibile, ma quando le dita si separano esso tende a staccarsi nettamente dall'una o dall'altra e non si estende in modo apprezzabile ; 3 - Abbastanza: il campione aderisce chiaramente sia al pollice che all'indice e tende a estendersi fino a staccarsi da una sola parte anziché da ambedue; 4 - Molto: il campione aderisce così fortemente tra pollice ed indice che quando si separano le dita esso tende decisamente ad allungarsi, fino a rompersi in parte sul pollice e in parte sull'indice.
Plasticità		FG09	1 - No: arrotolando il cilindretto tra pollice ed indice non si riesce a formare un cilindretto lungo 4 cm e spesso 6 mm ; 2 - Debole: si riesce a formare un cilindretto lungo 4 cm e spesso 6 mm, che sopporta il proprio peso, ma diminuendo lo spessore a 4 mm il cilindretto non sopporta il proprio peso ; 3 - Abbastanza: si può formare un cilindretto lungo 4 cm e spesso 4 mm, che sopporta il proprio peso, ma un cilindretto spesso 2 mm non è in grado di sopportarlo ; 4 - Molto: si può formare un cilindretto lungo 4 cm e spesso 2 mm, che sopporta il proprio peso.
Proporzione in superficie di pietre piccole.		FG09	<5%; 5-15%; 16-35%; 36-70%; >70%.
Proporzione in superficie di pietre medio-grandi.		FG09	<0.3%; 0.3-1%; 1.1-3%; 3.1-15%; 15.1-50%; >50%.
Proporzione in superficie di roccia.		FG09	0; 0-2%; 2.1-10%; 10.1-25%; 25.1-50%; >50%.
Rischio di inondazione		FG09	0 - Assente: posizione rispetto al territorio circostante e distanza da corpi idrici tale da fare ipotizzare rischio nullo; 1 - Lieve: campo su terrazzo fluviale confinante con la piana inondabile; 2 - Moderato: campo localizzato nella piana inondabile di un corso d'acqua; 3 - Alto: campo localizzato nell'alveo attivo di un corso d'acqua.
copertura % in un intorno di 1 metro rispettivamente per la coltura, la vegetazione naturale, rocce emergenti.		FG09	Copertura percentuale in 6 classi (0%; <10%; 10-30%; 30-50%; 50-70%; ≥ 70%) applicata in un intorno di 1 metro dal punto di campionamento rispettivamente per la coltura e gli strati erbaceo, arbustivo e arboreo della vegetazione naturale, nonché per aree prive di cotico erboso o con rocce emergenti.
Altezza e diametro coltura		FG09	Altezza media della coltura e diametro del tronco (pollone maggiore) nel caso di coltura arborea forniti in centimetri
Granulometria tramite setacciatura		FG10	Percentuale per ciascuna delle 10 classi dimensionali in millimetri (>64 mm, 32-64 mm, 16-32 mm, 8-16mm, 4-8 mm, 2-4 mm, 1-2 mm, 0.5-1 mm, 0.25 - 0.5 mm, 0.125 - 0.25 mm)
Granulometria tramite densimetria		FG10	Percentuale per ciascuna delle 4 classi dimensionali in millimetri (>0.063 mm, 0.05 - 0.063 mm, 0.02 - 0.05 mm, <0.002 mm.
Temperatura e pH		FG10	Temperatura in gradi Celsius e rispettivamente sulla superficie del suolo e a 10 cm di profondità; pH.
Salinità		FG10	Salinità misurata rispettivamente a livello dell'orizzonte superiore e sotto la superficie in 4 classi: <2 mS/cm, 2-4 mS/cm, 4-8 mS/cm, >8 mS/cm.

COVARIATA	SIGLA (dove usata)	FOGLIO	RANGO E NOTE
Reazione all'HCL 10%		FG10	0 - Nessuna =Nessun effetto uditivo o visivo; 1 - Molto Debole = nessuna manifestazione visiva, effervescenza all'udito indistinta o moderatamente udibile; 2 - DeboleA = è appena visibile una debole effervescenza limitata a singoli granuli,all'udito indistinta o solo moderatamente udibile; 3 - DeboleB = Ad una attenta osservazione si può notare una debole effervescenza generale distintamente o solo moderatamente udibile; 4 - Forte = Si osserva una moderata effervescenza facilmente udibile e con bolle sino a 3mm di diametro; 5 - Violenta = si osserva una forte effervescenza facilmente udibile e con bolle sino a 7 mm di diametro.
Porosità		FG10	Porosità in percentuale misurata su una zolla di terreno di 10 x 10 cm
Adesività e plasticità		FG10	come in FG09
Distanza da corpi idrici	CID1...CID4, CDB1...CDB4	FG11	distanza in metri dai corpi idrici eventualmente intercettanti i buffer e in rango: 1 se ≤ 100m; 2 se compresa tra 100-300m, 3 se 300-500m; 4 se 500-1000m; 5 se > 1000m.
Distanza minima da corpi idrici	CIMD e CIMDR	FG11	In metri (min di CID1...CID4) e in rango (min di CDB1...CDB4).
Tipologia corpo idrico	CItipo1...CItipo4 e CIT1...CIT4	FG11	tipo e rango come in FG06
Larghezza del corpo idrico	CI_largh1...CI_largh4 e CI_largh1b...CI_largh4b	FG11	Larghezza alveo bagnato del corpo idrico in metri e in rango: 5 se ≤ 1m; 4 se compresa tra 1-5m, 3 se 5-10m; 2 se 10-20m; 1 se > 20m.
Lunghezza intersezioni corpi idrici	CIB1...CIB2	FG11	misura in metri variabili a seconda del buffer utilizzato
Numero di corpi idrici intersecanti	N_CI	FG11	Previsto sino ad un massimo di 4 corpi idrici diversi
Superficie intersecata dal buffer	BUS	FG11	superficie in ha dei singoli buffer considerati attorno al campo monitorato
Vegetazione spondale	CIveg1...CIveg4 e CIV1...CIV4	FG11	Presenza /assenza e rango: Sì (rango =1) / Non valutabile (rango =2)
Habitat tipo	HT1...HT4	FG11	codice Corine Land Cover
Habitat tipo superficie in Ha	HS1...HS4	FG11	superficie in ha della categoria Corine rilevata
Numero di classi di uso del suolo Corine intersecate dal buffer	NHAB	FG11	Somma degli HT, può variare da 1 a 4.
Coefficiente di variazione percentuale delle superfici delle categorie Corine intersecanti	CVSH1	FG11	Coefficiente di variazione percentuale delle superfici per le 4 tipologie di uso del suolo prevalenti
Coefficiente di variazione percentuale delle superfici delle categorie Corine intersecanti	CVSH1 e CVSH2	FG11	Coefficiente di variazione percentuale delle superfici per le 4 tipologie di uso del suolo prevalenti e relativo rango: 1 se ≤ 0.3; 2 se compresa tra 0.3-0.5, 3 se 0.5-1.0; 4 se 1.0-1.5; 5 se > 1.5.

COVARIATA	SIGLA (dove usata)	FOGLIO	RANGO E NOTE
Pendenza	PENDgradi, pendenza%, PEN2	FG11	In gradi, in percentuale e in rango: 1 se $\leq 3^\circ$; 2 se compresa tra $3-6^\circ$, 3 se $6-10^\circ$; 4 se $10-20^\circ$; 5 se $> 20^\circ$.
Esposizione	EXP	FG11	In ottanti rispetto ai punti cardinali
Quota	Q e Q2	FG11	altitudine in metri sul livello del mare e relativo rango: 1 se ≤ 100 m; 2 se compresa tra 100-300m, 3 se 300-500m; 4 se 500-700m; 5 se > 700 m.
Percentuale di campo ricadente in aree protette	%AAPP	FG11	percentuale di campo monitorato rientrante in area protetta
Percentuale di campo ricadente in aree Natura 2000	N2K% e N2K%B	FG11	percentuale di campo monitorato rientrante in area natura 2000 e relativo rango: 5 se $\leq 10\%$; 4 se compresa tra 10-30%, 3 se 30-50%; 2 se 50-70%; 1 se $> 70\%$.
Lunghezza in metri dei lati del campo e perimetro complessivo	LUA...LUD e PER	FG11	lunghezza dei 4 lati del campo e del perimetro in metri.
Massima lunghezza tra i lati del campo	MAXL	FG11	lunghezza in metri
Coefficiente di variazione delle lunghezze dei lati	CVLL2	FG11	Coefficiente di variazione percentuale delle lunghezze dei lati che delimitano i singoli campi e il relativo rango: 1 se ≤ 0.3 ; 2 se compresa tra 0.3-0.5, 3 se 0.5-1.0; 4 se 1.0-1.5; 5 se > 1.5 .
Area del campo	CAS	FG11	superficie in ha del campo monitorato
Coefficienti di forma	COF1 e COF2	FG11	Rapporto tra l'area del campo monitorato e l'area che avrebbe se avesse forma perfettamente circolare. Rapporto tra superficie del campo monitorato / il quadrato del perimetro al quadrato (rapporto tra metri quadrati).
Punteggio Fitofarmaco	PF	-	Indicatore del grado di tossicità in base alle frasi di rischio riportate sull'etichetta del prodotto e alla classificazione più recente dello stesso: Prodotti Candidati alla sostituzione e revocati = - 1; Prodotti tossici per l'ambiente (N) = - 0,75; Prodotti con Frasi di precauzione per l'ambiente SPe che indicano possibili impatti su ecosistemi acquatici (Spe3 e Spe4) e per gli uccelli (Spe7) + Frasi H400 Molto tossico per gli organismi acquatici + H410 Molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata = - 0,50; Prodotti con frasi di rischio per gli ecosistemi acquatici (H411, H412, H413) = - 0,25; Prodotti autorizzati nel biologico senza frasi di precauzione o pericolo per l'ambiente = 0
Indice di impatto fitofarmaci	FFI	-	Indice che considera il numero di trattamenti insieme all'indicatore del grado di tossicità dei singoli prodotti di volta in volta utilizzati (PF) ma non le quantità erogate. L'indice di impatto da fitofarmaci per singolo campo "i" e stagione culturale "j" è calcolato come $FFI_{ij} = \sum PF_{ij}$.

ALLEGATO II. TABELLE SUI RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE ED ECOTOSSICOLOGICHE

Allegati al Capitolo 4 - Risultati analisi chimiche ed ecotossicologiche risaie

Tabella 4.4.1 - Caratterizzazione chimica dei campioni di suolo/sedimento di risaie: confronto biologico-convenzionale (RT1-RB4 nel 2018 e RT1-RB6 nel 2019). I dati sono espressi in %

	Campione	TOC	TC	TN	Cont H ₂ O	Sost Org Tot	Ca	K	Mg
2018	RB4 t0 argine suolo	1,475	1,696	0,109	11,00	4,99	0,68	0,51	0,42
	RB4 t1 argine suolo	1,667	1,552	0,123	5,15	5,93	0,62	0,41	0,38
	RB4 t0 SED-IN	1,980	1,985	0,167	31,27	6,45	0,56	0,46	0,37
	RB4 t1 SED-IN	1,334	1,320	0,089	36,40	4,03	0,80	0,28	0,29
	RB4 t0 SED-OUT	1,597	1,842	0,139	29,25	5,07	0,55	0,39	0,35
	RB4 t1 SED-OUT	1,250	1,259	0,097	42,86	3,85	0,47	0,38	0,33
	RT1 t0 camera suolo	1,539	2,006	0,412	39,25	5,60	0,62	0,46	0,38
	RT1 t1 camera suolo	1,614	1,764	0,140	10,08	5,44	0,53	0,41	0,36
	RT1 t0 SED-IN	1,134	1,266	0,113	36,13	4,31	0,48	0,37	0,33
	RT1 t1 SED-IN	1,227	1,198	0,125	37,94	4,56	0,55	0,33	0,30
	RT1 t0 argine suolo	1,564	1,584	0,141	16,51	4,20	0,50	0,34	0,33
	RT1 t0 SED-OUT	1,718	1,799	0,159	40,59	4,89	0,46	0,27	0,30
	RT1 t1 SED-OUT	1,523	2,251	0,250	12,83	6,31	0,57	0,59	0,50
2019	RB6 t0	2,551	2,531	0,240	18,57	5,73	1,32	0,47	1,38
	RB6 t1	1,946	2,216	0,203	2,94	3,98	1,02	0,33	1,04
	RB6 t0 SED IN	1,741	2,037	0,177	46,40	4,12	1,38	0,45	1,14
	RB6 t1 SED IN II	2,270	3,235	0,291	66,47	7,14	1,33	0,61	1,14
	RB6 t0 SED OUT	1,536	1,748	0,155	33,05	4,70	1,30	0,59	1,16
	RB6 t1 SED OUT	2,442	2,512	0,218	50,75	5,73	1,24	0,49	1,59
	RT1 t1	1,526	1,655	0,178	14,19	9,08	0,57	0,53	0,35
	RT1 t1 out	1,392	1,464	0,152	7,08	3,98	0,58	0,51	0,38
	RT1 t0 Suolo	2,087	2,107	0,165	36,13	4,31	0,46	0,42	0,42
	RT1 t1 SED IN	0,831	1,538	0,141	30,17	3,40	0,63	0,54	0,40
	RT1 t0 SED OUT	1,216	1,435	0,122	40,59	4,89	0,29	0,17	0,28
	RT1 t1 SED OUT	1,168	1,327	0,105	46,48	4,13	0,59	0,36	0,31

Tabella 4.4.2 - Caratterizzazione chimica dei campioni di suolo/sedimento di risaie: confronto biologico-convenzionale (RT4-RB1 nel 2018 e nel 2019). I dati sono espressi in %

	Campione	TOC	TC	TN	Cont H ₂ O	Sost. Org. Tot.	Ca	K	Mg
2018	RB1 t0 camera suolo	1,244	1,250	0,102	12,80	6,74	0,59	0,58	0,49
	RB1 t0 argine suolo	1,465	1,325	0,113	12,06	6,25	0,62	0,64	0,50
	RB1 t1 argine suolo	2,193	2,004	0,173	12,45	7,04	0,61	0,67	0,53
	RB1 t0 SED-IN	1,398	1,431	0,118	29,95	5,07	0,52	0,51	0,47
	RB1 t1 SED-IN	1,684	1,721	0,167	5,15	5,93	0,40	0,35	0,41
	RB1 t0 SED-OUT	1,214	1,369	0,127	12,68	6,87	0,49	0,49	0,47
	RB1 t1 SED-OUT	1,482	1,164	0,132	11,85	6,25	0,50	0,57	0,47
	RT4 t0 argine suolo	1,303	1,399	0,116	36,25	6,36	0,55	0,52	0,53
	RT4 t0 camera suolo	1,822	1,946	0,128	43,84	6,67	0,55	0,55	0,51
	RT4 t1 camera suolo	1,651	2,836	0,151	12,83	6,31	0,57	0,59	0,50
	RT4 t1 SED OUT	1,674	1,667	0,175	44,72	6,50	0,55	0,65	0,47
2019	RB1 t0	1,856	1,874	0,167	14,02	10,5	0,59	0,69	0,50
	RB1 t1	2,072	2,330	0,216	14,76	6,50	0,53	0,55	0,50
	RB1 t0 Suolo	1,595	1,702	0,142	15,61	5,07	0,42	0,38	0,45
	RB1 t0 SED IN	1,342	1,395	0,129	5,68	6,89	0,59	0,74	0,55
	RB1 t1 SED IN	1,206	1,360	0,125	28,15	3,02	0,55	0,72	0,55
	RB1 t0 SED OUT	0,608	0,967	0,079	33,82	3,77	0,52	0,63	0,49
	RB1 t1 SED OUT	1,210	1,160	0,105	10,12	7,41	0,42	0,46	0,48
	RT4 t0	2,365	3,403	0,287	23,13	5,81	0,33	0,25	0,36
	RT4 t1	1,668	1,669	0,169	7,05	5,31	1,54	0,62	1,34
	RT4 t0 SED IN	1,917	1,926	0,182	52,14	5,21	0,46	0,40	0,40
	RT4 t0 SED OUT	1,810	1,922	0,182	40,90	7,46	0,52	0,32	0,36
	RT4 t1 SED IN	1,845	1,987	0,175	54,15	4,11	0,45	0,36	0,40
	RT4 t1 SED OUT II	1,906	2,178	0,193	45,96	8,76	0,56	0,63	0,49

Tabella 4.4.3 - Caratterizzazione chimica dei campioni di suolo/sedimento delle risaie: confronto biologico-convenzionale (RT5-RB5 nel 2018 e nel 2019). I dati sono espressi in %

	Campione	TOC	TC	TN	Cont H ₂ O	Sost.Org. Tot.	Ca	K	Mg
2018	RB5 t0 camera	2,053	2,285	0,182	34,48	6,38	1,50	0,45	1,03
	RB5 t0 argine	1,195	1,960	0,200	15,77	5,13	1,28	0,41	1,14
	RB5 t1 argine suolo	1,807	2,005	0,178	21,80	3,42	1,64	0,49	1,10
	RB5 t1 SED-IN	1,304	1,411	0,131	71,87	7,01	1,57	0,40	1,13
	RB5 t1 SED-OUT	0,987	0,862	0,070	35,13	3,37	1,49	0,37	1,08
	RT5 t0 camera	2,300	2,313	0,207	14,58	5,79	1,46	0,46	1,12
	RT5 t1 camera	2,142	2,246	0,201	19,40	6,19	1,59	0,58	1,21
	RT5 T0 argine	2,055	2,106	0,199	12,19	4,34	1,69	0,41	0,98
	RT5 t1 SED-IN	2,068	2,118	0,215	34,18	4,82	1,58	0,53	1,24
	RT5 t1 SED-OUT	1,891	1,873	0,182	63,51	5,99	1,51	0,40	1,05
	RT5 IN (Manzoni IN)	2,623	2,650	0,273	56,00	6,75	1,57	0,42	1,03
	RT5 OUT (Manzoni OUT)	2,275	2,445	0,235	39,21	5,05	1,52	0,42	1,07
2019	RB5 t0 Suolo	1,464	1,813	0,169	17,31	3,19	1,72	0,40	1,04
	RB5 t1	1,808	1,921	0,196	6,18	4,32	1,54	0,36	1,13
	RB5 t0 SED IN	1,029	1,313	0,118	71,64	6,34	1,64	0,37	1,00
	RB5 t1 SED IN II	1,262	1,292	0,118	71,26	8,60	1,40	0,25	0,99
	RB5 t0 SED OUT II	2,155	2,176	0,198	39,00	3,40	1,59	0,50	1,05
	RB5 t1 SED OUT II	1,954	2,677	0,239	38,19	5,67	1,45	0,40	1,02
	RT5 T1 TERRENO	2,324	2,458	0,251	14,97	5,08	1,33	0,38	1,05
	RT5 t0 SED OUT II	1,087	1,894	0,182	35,88	5,48	1,61	0,41	1,07
	RT5 t1 Suolo	1,034	1,752	0,19	27,24	6,89	1,78	0,48	1,10

Tabella 4.4.5 - Concentrazione di Rame e Zolfo (mg/kg) nei campioni di suolo/sedimento di risaie: confronto biologico-convenzionale (RT1-RB4 nel 2018 e RT1-RB6 nel 2019)

	Campione	Cu	S
2018	RB4 t0 argine suolo	6,163	221,430
	RB4 t1 argine suolo	5,567	283,860
	RB4 t0 SED-IN	15,664	297,500
	RB4 t1 SED-IN	10,257	170,380
	RB4 t0 SED-OUT	10,287	256,310
	RB4 t1 SED-OUT	9,752	288,280
	RT1 t0 camera suolo	10,152	249,400
	RT1 t1 camera suolo	9,921	274,800
	RT1 t0 SED-IN	17,358	226,810
	RT1 t1 SED-IN	15,002	263,420
	RT1	15,200	307,510
	RT1 t0 SED-OUT	14,931	320,520
	RT1 t1 SED-OUT	13,983	275,590
2019	RB6 t0	24,410	352,790
	RB6 t1	20,760	290,340
	RB6 t0 SED IN	32,690	269,460
	RB6 t1 SED IN II	26,030	432,050
	RB6 t0 SED OUT	24,240	325,400
	RB6 t1 SED OUT	26,480	399,340
	RT1 t0	16,400	275,210
	RT1 t1 out	14,700	244,930
	RT1 t0 Suolo	22,400	302,420
	RT1 t1 SED IN	19,230	315,530
	RT1 t0 SED OUT	15,700	305,080
	RT1 t1 SED OUT	15,470	312,220

Tabella 4.4.6 - Concentrazione di Rame e Zolfo (mg/kg) nei campioni di suolo/sedimento di risaie: confronto biologico-convenzionale (RB1 e RT4) nel 2018 e 2019

	Campione	Cu	S
2018	RB1 t0 camera suolo	9,45	244,88
	RB1 t0 argine suolo	15,20	215,38
	RB1 t1 argine suolo	10,34	285,99
	RB1 t0 SED-IN 2	15,53	213,17
	RB1 t1 SED-IN	12,73	194,69
	RB1 t0 SED-OUT	8,38	257,10
	RB1 t1 SED-OUT	16,39	228,67
	RT4 t0 argine suolo	14,00	313,68
	RT4 t0 camera suolo	15,21	385,54
	RT4 t1 camera suolo	13,23	301,94
	RT4 t1 SED -OUT	17,90	349,90
	2019	RB1 t0	16,00
RB1 t1		21,79	301,81
RB1 t0 Suolo		15,58	247,54
RB1 t0 SED IN		20,66	261,70
RB1 t1 SED IN		21,13	277,80
RB1 t0 SED OUT		22,03	182,40
RB1 t1 SED OUT		24,59	224,55
RT4 t0		19,82	339,13
RT4 t1		31,01	592,29
RT4 t0 SED IN		20,62	432,04
RT4 t0 SED OUT		16,39	218,78
RT4 t1 SED IN		18,99	345,50
RT4 t1 SED OUT II		22,67	479,67

Tabella 4.4.7 - Concentrazione di Rame e Zolfo (mg/kg) nei campioni di suolo/sedimento di risaie: confronto biologico-convenzionale (RB5 e RT5) nel 2018 e 2019

	Campione	Cu	S
2018	RB5 t0 camera	13,12	468,17
	RB5 t0 argine	16,21	325,53
	RB5 t1 argine suolo	10,98	380,43
	RB5 t1 SED-IN	15,53	317,78
	RB5 t1 SED-OUT	11,94	307,76
	RT5 t0 camera	15,31	670,39
	RT5 t1 camera	18,51	615,68
	RT5 T0 argine	13,17	329,78
	RT5 t1 SED-IN	22,36	630,69
	RT5 t1 SED-OUT	15,97	416,75
	RT5 IN (Manzoni IN)	17,57	574,08
	RT5 OUT (Manzoni OUT)	18,02	457,29
2019	RB5 t0 Suolo	3,19	296,80
	RB5 t0 SED IN	6,34	250,78
	RB5 t0 SED OUT II	3,40	531,56
	RB5 t1	4,32	295,49
	RB5 t1 SED IN II	8,60	373,48
	RB5 t1 SED OUT II	5,67	550,07
	RT5 t1	18,02	476,87
	RT5 t0 SED OUT II	19,68	483,60
	RT5 t1 Suolo	17,38	548,90

Tabella 4.4.9 - Residui di fitosanitari (mg/kg) in campioni di suolo/sedimento di risaie: confronto biologico-convenzionale (RT1-RB4 nel 2018 e RT1-RB6 nel 2019)

Campione	Metolaxyl	Metolachlor	Chlorpyrifos	Pendimethalin (Penoxaline)	Penconazole	Oxadiazon	Endosulfan I (alpha isomer)	Oxyfluorfen	Folpet	Kresoxim-methyl	Endosulfan II (beta isomer)	Tebuconazole	Cyhalothrin (lambda)	Metrafenone	Boscalid	Deltamethrin	Dimethomorph
RB4 t0 argine suolo 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB4 t1 argine suolo 2018	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB4 t0 SED IN 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB4 t1 SED IN 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB4 t0 SED OUT 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB4 t1 SED OUT 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t0 camera suolo 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t1 camera suolo 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t0 SED IN 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t1 SED IN 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t0 SED OUT 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t1 SED OUT 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB6 t0 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

RB6 t1 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB6 t0 SED IN 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB6 t1 SED IN II 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB6 t0 SED OUT 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB6 t1 SED OUT 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t1 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t1 out 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t0 Suolo 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t1 SED IN 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t0 SED OUT 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT1 t1 SED OUT 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabella 4.4.10 - Residui di fitosanitari (espressi in mg/kg) in campioni di suolo/sedimento di risaie: confronto biologico-convenzionale (RT4-RB1 nel 2018 e nel 2019)

Campione	Metolaxyl	Metolachlor	Chlorpyrifos	Pendimethalin (Penoxaline)	Penconazole	Oxadiazon	Endosulfan I (alpha isomer)	Oxyfluorfen	Folpet	Kresoxim-methyl	Endosulfan II (beta isomer)	Tebuconazole	Cyhalothrin (lambda)	Metrafenone	Boscalid	Deltamethrin	Dimethomorph
RB1 t0 camera suolo 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t0 argine suolo 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t1 argine suolo 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t0 SED IN 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t1 SED IN 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t0 SED OUT 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t1 SED OUT 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT4 t0 argine suolo 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT4 t0 camera suolo 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT4 t1 camera suolo 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT4 t1 SED OUT 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t0 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t1 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t0 Suolo 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

RB1 t0 SED IN 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t1 SED IN 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t0 SED OUT 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB1 t1 SED OUT 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT4 t0 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT4 t1 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT4 t0 SED IN 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT4 t0 SED OUT 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT4 t1 SED IN 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT4 t1 SED OUT II 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabella 4.4.11 - Residui di fitosanitari (espressi in mg/kg) in campioni di suolo/sedimento di risaia: confronto biologico-convenzionale (RT5-RB5 nel 2018 e nel 2019)

Campione	Metolaxyl	Metolachlor	Chlorpyrifos	Pendimethalin (Penoxaline)	Penconazole	Oxadiazon	Endosulfan I (alpha isomer)	Oxyfluorfen	Folpet	Kresoxim-methyl	Endosulfan II (beta isomer)	Tebuconazole	Cyhalothrin (lambda)	Metrafenone	Boscalid	Deltamethrin	Dimethomorph
RB5 t0 camera 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB5 t0 argine 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB5 t1 argine suolo 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB5 t1 SED-IN 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB5 t1 SED-OUT 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT5 t0 camera 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT5 t1 camera 2018	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT5 T0 argine 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT5 t1 SED-IN 2018	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT5 t1 SED-OUT 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT5 IN 2018	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT5 OUT 2018	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB5 t0 Suolo 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB5 t0 SED IN 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB5 t0 SED	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

OUT II 2019																	
RB5 t1 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB5 t1 SED IN II 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RB5 t1 SED OUT II 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT5 t1 2019	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,6	<0,1	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT5 t0 SED OUT II 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
RT5 t1 Suolo 2019	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabella 4.4.12 - Calcio, Potassio e Magnesio nei campioni di acqua di risaie: confronto biologico-convenzionale negli anni 2018-2019

Campione	2018			Campione	2019		
	Ca mg/L	K mg/L	Mg mg/L		Ca mg/L	K mg/L	Mg mg/L
RT1 T0 IN	6,29	2,09	1,34	RT1 T0 IN	6,05	1,89	1,35
RT1 T0 OUT	5,63	2,40	1,09	RT1 T0 OUT	5,43	3,32	1,11
RB4 T0 IN	9,22	5,57	2,25	RB6 T0 IN	15,26	1,71	3,45
RB4 T0 OUT	13,85	3,81	3,31	RB6 T0 OUT	13,88	1,98	3,11
RT1 T1 IN	10,9	2,79	2,56	RT1 T1 IN	6,58	2,65	1,37
RT1 T1 OUT	9,52	33,93	3,05	RT1 T1 OUT	12,15	< 1,00	2,34
RB4 T1 IN	11,00	4,00	3,1	RB6 T1 IN	17,70	1,08	4,73
RB4 T1 OUT	9,89	1,90	2,81	RB6 T1 OUT	17,46	< 1,00	3,98
RT4 T0 IN	n.d.	n.d.	n.d.	RT4 T0 IN	6,47	< 1,00	1,04
RT4 T0 OUT	4,27	1,96	< 1,00	RT4 T0 Cam	5,11	1,57	1,06
RB1 T0 IN	4,81	1,07	1,12	RB1 T0 IN	8,02	6,4	1,74
RB1 T0 OUT	9,44	19,79	3,08	RB1 T0 OUT	12,19	13,35	3,19
RT4 T1 IN	5,60	< 1,00	1,22	RT4 T1 IN	6,37	1,40	1,41
RT4 T1 OUT	6,14	1,31	1,85	RT4 T1 OUT	6,11	1,11	1,11
RB1 T1 IN	8,86	2,78	2,02	RB1 T1 IN	9,58	2,03	1,92
RB1 T1 OUT	12,76	< 1,00	3,57	RB1 T1 OUT	8,95	2,00	1,80
RT5 T0 IN	42,66	3,58	8,72	RT5 T0 IN	29,79	3,47	8,47
RT5 T0 OUT	25,13	16,90	6,68	RT5 T0 OUT	27,45	4,55	4,73
RB5 T0 IN	27,39	6,92	8	RB5 T0 IN	39,14	4,57	9,54
RB5 T0 OUT	36,59	8,24	8,22	RB5 T0 OUT	42,17	16,74	8,11
RT5 T1 IN	30,73	3,85	15,01	RT5 T1 IN	16,98	2,99	4,67
RT5 T1 OUT	30,16	3,13	6,89	RT5 T1 OUT	24,07	5,61	7,69
RB5 T1 IN	34,05	< 1,00	9,4	RB5 T1 IN	44,25	5,99	11,3
RB5 T1 OUT	36,59	1,53	9,99	RB5 T1 OUT	31,53	6,28	9,95

Tabella 4.4.13 - Concentrazione di Rame e Zolfo nei campioni di acqua di risaie: confronto biologico-convenzionale nel 2018 e 2019

Campione	2018		Campione	2019	
	Cu ug/L	S mg/L		Cu ug/L	S mg/L
RT1 T0 IN	2,67	2,27	RT1 T0 IN	< 1,00	2,34
RT1 T0 OUT	5,56	3,12	RT1 T0 OUT	6,86	3,2
RB4 T0 IN	1,85	2,7	RB6 T0 IN	1,06	5,78
RB4 T0 OUT	6,86	3,13	RB6 T0 OUT	< 1,00	6,61
RT1 T1 IN	5,58	2,44	RT1 T1 IN	1,05	< 1,00
RT1 T1 OUT	6,69	1,50	RT1 T1 OUT	1,14	< 1,00
RB4 T1 IN	1,94	1,17	RB6 T1 IN	< 1,00	4,85
RB4 T1 OUT	5,67	<1,00	RB6 T1 OUT	< 1,00	3,81
RT4 T0 IN	n.d.	n.d.	RT4 T0 IN	< 1,00	1,90
RT4 T0 OUT	3,82	2,43	RT4 T0 Cam	2,63	3,01
RB1 T0 IN	3,60	1,79	RB1 T0 IN	1,03	1,88
RB1 T0 OUT	8,07	2,44	RB1 T0 OUT	2,75	2,81
RT4 T1 IN	6,73	1,63	RT4 T1 IN	1,23	2,06
RT4 T1 OUT	7,22	<1,00	RT4 T1 OUT	1,44	2,11
RB1 T1 IN	2,85	2,31	RB1 T1 IN	1,16	1,61
RB1 T1 OUT	< 1,00	<1,00	RB1 T1 OUT	1,29	1,31
RT5 T0 IN	2,12	10,43	RT5 T0 IN	1,30	15,28
RT5 T0 OUT	4,56	9,31	RT5 T0 OUT	2,24	12,97
RB5 T0 IN	4,92	10,08	RB5 T0 IN	1,92	16,36
RB5 T0 OUT	2,73	7,01	RB5 T0 OUT	2,23	7,41
RT5 T1 IN	< 1,00	9,25	RT5 T1 IN	< 1,00	6,17
RT5 T1 OUT	2,59	6,92	RT5 T1 OUT	2,47	7,64
RB5 T1 IN	2,10	5,06	RB5 T1 IN	2,34	10,08
RB5 T1 OUT	3,03	19,58	RB5 T1 OUT	< 1,00	4,32

Tabella 4.4.14 - Residui di fitosanitari in campioni di acqua di risaie (U.M. µG/L) relativi alla campagna 2018

CAMPIONE	METALAXYL	METOLACHLOR	CHLORPYRIFOS	TIAMETOXAN	PENDIMETHALIN	PENCONAZOLE	FOLPET	ENDOSULFAN I (ALFA)	OXADIAZON	OXYFLUORFEN	KRESOXIM-METHYL	ENDOSULFAN II (BETA)	TEBUCONAZOLE	CYHALOTHRIN LAMBDA	METRAFENONE	BOSCALID	DELTAMETHRIN	DIMETHOMORPH
RT1 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	1,75	0,23	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT1 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	1,24	0,12	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB4 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	1,68	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB4 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,21	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT1 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,61	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT1 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,35	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB4 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,67	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB4 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,52	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT4 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,13	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT4 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,15	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB1 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,15	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB1 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,13	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT4 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,17	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT4 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,42	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB1 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,14	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB1 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT5 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,82	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT5 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB5 T	<0,10	0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	1,72	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB5 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,52	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT5 T	<0,10	0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,22	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT5 T	<0,10	0,47	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,35	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB5 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	1,09	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB5 T	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,23	<0,10	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10

Tabella 4.4.15 - Residui di fitosanitari in campioni di acqua di risaie (U.M. µG/L) relativi alla campagna 2019

CAMPIONE	METALAXYL	METOLACHLOR	CHLORPYRIFOS	TIAMETOXAN	PENDIMETHALIN	PENCONAZOLE	FOLPET	ENDOSULFAN I (ALFA)	OXADIAZON	LUORFEN	OXIM-METHYL	SULFAN II (BETA)	CONAZOLE	LOTHRIN LAMBDA	AFENONE	ALID	AMETHRIN	THOMORPH
RT1 T0 IN	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT1 T0 OUT	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB6 T0 IN	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,17	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB6 T0 OUT	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,43	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT1 T1 IN	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,37	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT1 T1 OUT	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,40	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB6 T1 IN	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,46	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB6 T1 OUT	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT4 T0 IN	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,17	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT4 T0 Cam	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	26,3	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB1 T0 IN	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	1,56	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB1 T0 OUT	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT4 T1 IN	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT4 T1 OUT	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,14	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB1 T1 IN	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,11	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB1 T1 OUT	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,17	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT5 T0 IN	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,29	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT5 T0 OUT	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	47,6	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB5 T0 IN	<0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB5 T0 OUT	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT5 T1 IN	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,29	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RT5 T1 OUT	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,71	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB5 T1 IN	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,18	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10
RB5 T1 OUT	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10	0,23	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,10

Tabella 4.5.1 – Risultati dei saggi ecotossicologici eseguiti sui campioni di acque e suolo prelevati nelle risaie nella campagna 2015 (in grassetto gli effetti ritenuti significativi)

Campione	Matrice	<i>A. fischeri</i> (%)	<i>D. magna</i> (%)	Alga (%)
RB2_t1-IN	Acqua	0,0	0	6.6
RB2_t1-OUT	Acqua	21.5	5	14.6
RT2_t2-IN	Acqua	7.7	0	9,0
RT2_t2-OUT	Acqua	8.3	0	11.4
RT1_t2-IN	Acqua	17.7	20	26.4
RT1_t2-OUT	Acqua	0,0	10	49.1
RB1_t1-IN	Acqua	12.3	20	14.1
RB1_t1-INT	Acqua	8.1	0	15.4
RT2_t3-INT	Acqua	18.4	10	11.3
RB2_t3-INT	Acqua	10.2	0	13.3
RT1_t3-INT	Acqua	15.1	10	9.4
RT1_t3-INT	Acqua	28.6	15	20.8
RT1_t2	suolo	24.7	10	2.1
RB2_t2	suolo	23.2	5	0.7

Tabella 4.5.3 – Risultati dei saggi ecotossicologici eseguiti sui campioni di acqua prelevata nelle risaie nella campagna 2016 (in grassetto i risultati ritenuti significativi)

Campione	massima inibizione (%)	
	<i>A. fischeri</i>	<i>S. polirhyza</i>
RB1_t0_IN	1.6	2.0
RB1_t0_INT	23.6	4.1
RB1_t0_OUT	13.4	n.d.
RT1_t-1_IN	7.6	38.4
RT1_t-1_INT	12.2	35.9
RT1_t-1_OUT	6.9	-10.9
RB3_t0_IN/OUT(1)	-3.6	4.5
RB3_t0_INT	21.4	23.1
RB3_t0_IN/OUT(2)	0.8	8.6
RT3_t0_IN	11.2	-12.0
RT3_t0_INT	6.0	9.0
RT3_t0_OUT	7.8	n.d.
RB1_t1_IN	10.2	n.d.
RB1_t1_INT	26.7	n.d.
RB1_t1_OUT	-4.9	n.d.
RT1_t+1_IN	-5.8	n.d.
RT1_t+1_INT	16.1	n.d.
RT1_t+1_OUT	-2.0	n.d.
RT1_t+2_IN	-4.6	n.d.
RT1_t+2_INT	6.7	n.d.
RT1_t+2_OUT	-2.2	n.d.
RB3_t1_IN	2.4	n.d.
RB3_t1_INT	17.9	n.d.
RB3_t1_OUT	4.7	n.d.

Campione	massima inibizione (%)	
	<i>A. fischeri</i>	<i>S. polirhyza</i>
RT3_t+1_IN	7.0	n.d.
RT3_t+1_INT	42.2	n.d.
RT3_t+1_OUT	-3.6	n.d.

Tabella 4.5.4 - Risultati dei test di fitotossicità per l'endpoint "allungamento radicale", con le specie *Lepidium sativum* (Ls), *Sinapis alba* (Sa), *Sorghum saccharatum* (Ss) sui campioni di suolo provenienti da risaie, campagne t0 e t1 del 2018 (in grassetto gli effetti d'inibizione superiori alla soglia del 30 %. Il segno negativo indica stimolazione della crescita radicale rispetto al controllo)

Convenz.			Ls		Sa		Ss		Ls		Sa		Ss		Biologici			
			(%)	ds	(%)	ds	%	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds				
RT1	CAM	t0	17.81	7.61	1.84	2.75	-48.62	7.88	30.48	12.24	21.80	9.86	19.47	7.04	t0	ARG	RB4	
		t1	38.20	4.88	24.53	7.83	4.66	12.09	26.94	17.37	15.51	14.62	21.04	15.51	t1			
RT4	ARG	t0	25.84	13.36	36.27	14.63	40.81	3.88	18.11	14.57	-6.79	10.25	-	12.43	22.14	t0	ARG	RB1
		t1							23.67	2.34	-1.50	11.38	-	11.97	13.09	t1		
	CAM	t1	30.91	15.18	29.94	10.42	35.84	15.39	-4.05	8.69	3.13	15.74	-	20.45	24.46	t0		
RT5	ARG	t0	94.34	0.58	82.90	3.25	32.62	12.63	24.41	10.99	7.69	8.27	23.60	14.84	t0	ARG	RB5	
	CAM	t0	25.15	6.45	8.28	6.38	15.96	1.02										
		t1	59.71	9.35	53.18	6.48	24.62	7.46	57.66	14.97	23.59	6.33	19.57	23.58	t1			

Tabella 4.5.5 - Risultati dei test di fitotossicità per l'endpoint "allungamento radicale", con le specie *Lepidium sativum* (Ls), *Sinapis alba* (Sa), *Sorghum saccharatum* (Ss) sui campioni di suolo provenienti da risaie, campagne t0 e t1 del 2019 (in grassetto gli effetti d'inibizione superiori alla soglia del 30 %. Il segno negativo indica stimolazione della germinazione o della crescita radicale rispetto al controllo). Nella risaia RT1 è stato effettuato un ulteriore campionamento (RIP) dopo trattamento contro il brusone

convenzionali			Ls		Sa		Ss		Ls		Sa		Ss		biologici	
			(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds		
RT1		t0	24.18	5.92	41.66	5.33	17.52	12.06	20.26	3.96	20.71	16.14	14.02	2.83	t0	RB6
		t1	46.92	2.14	54.67	6.58	13.12	2.42								
		t1-RIP	51.19	4.59	65.02	5.46	35.61	12.63	6.07	8.59	9.04	11.63	-	10.85	5.62	
RT4		t0	22.40	5.52	21.14	2.96	1.60	14.33	28.56	2.60	-8.25	10.64	5.54	3.60	t0	RB1
		t1	18.19	2.79	34.99	10.24	8.75	8.11	32.26	2.70	6.97	20.02	5.90	5.22	t1	
RT5		t0	30.55	10.42	23.79	0.13	19.44	2.39	21.11	16.30	10.62	13.76	14.08	11.87	t0	RB5
		t1	72.78	4.83	73.08	2.18	58.79	5.15	15.85	9.83	11.19	10.04	13.47	8.86	t1	

Tabella 4.5.6 - Risultati dei test con il sistema Microtox (*Aliivibrio fischeri*) sui campioni di suolo provenienti da risaie, campagne t0 e t1 del 2018 (in grassetto gli effetti superiori alla soglia del 15%). Il segno negativo indica biostimolazione rispetto al controllo)

Campi convenzionali		Media (%)		Scarto tipo (%)		Media (%)		Scarto tipo (%)		Campi biologici			
RT1	CAM	t0	-15.60		7.92	21.50		9.50		t0	ARG	RB4	
		t1	31.67		20.65		-11.32		18.49	t1			
RT4	ARG	t0	-3.51		25.78		-0.24		15.68	t0	ARG	RB1	
		t1					-28.70		36.55	t1			
RT5	CAM	t1	-11.04		21.68		25.32		14.53	t0	CAM	RB5	
		ARG	t0	-18.65		19.62		10.88		7.90	t0		CAM
		ARG	t0	25.26		14.42		-24.77		39.92	t0		ARG
		t1	1.16		21.12		2.69		4.60	t1	ARG		

Tabella 4.5.7 - Risultati dei test con il sistema Microtox (*Aliivibrio fischeri*) sui campioni di suolo provenienti da risaie, campagne t0 e t1 del 2019 (in grassetto gli effetti superiori alla soglia del 15%). Il segno negativo indica biostimolazione rispetto al controllo)

Campi convenzionali		Media (%)	Scarto tipo (%)	Media (%)	Scarto tipo (%)	Campi biologici	
RT1	t0	10.00	18.21	-90.59	107.65	t0	RB6
	t1	-0.77	25.36	-11.84	13.97	t1	
	t1-RIP	-21.79	39.75				
RT4	t0	30.57	33.73	-26.33	58.08	t0	RB1
	t1	10.56	14.81	-0.33	11.21	t1	
RT5	t0	-24.17	33.99	-3.23	8.73	t0	RB5
	t1	-55.48	78.87	-18.89	11.82	t1	

Tabella 4.5.8 - Risultati dei test Microtox espressi come percentuali di effetto (%) con deviazione standard (ds) sui campioni di acque di risaia, campagne t0 e t1 del 2018 e 2019 (le diciture IN e OUT si riferiscono ai campioni prelevati dai flussi in entrata ed in uscita dalla camera di risaia, in grassetto gli effetti d'inibizione superiori alla soglia del 15 %. Il segno negativo indica biostimolazione rispetto al controllo)

Convenzionali		2018		2019		2018		2019		Biologici			
		(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds				
RT1	IN	t0	-11.1	8.4	-4.00	10.00	-6.5	6.8	96.13	10.24	t0	IN	RB4/RB6
			OUT	-8.9	7.4	95.99	10.60	14.4	13.3	-7.36			
	OUT	t1	-5.4	12.8	-4.28	14.08	-3.1	8.5	-19.61	13.75		IN	
			-5.9	5.4	-12.05	9.74	-7.4	5.5	-26.92	17.46		OUT	
RT4	IN	t0	-11.2	20.8	3.11	17.97	-8.2	11.9	94.04	11.48	t0	IN	RB1
			OUT	-1.5	8.3	94.95	11.51	21.2	26.9	90.22			
	OUT	t1	-7.1	10.1	-5.35	6.57	-10.0	11.0	81.88	18.99		IN	
			-0.8	10.1	97.16	7.52	60.1	24.7	46.99	10.76		OUT	
RT5	IN	t0	1.3	11.4	69.53	13.28	4.7	9.1	32.38	10.02	t0	IN	RB5
			OUT	7.7	4.3	77.95	19.08	4.9	14.7	39.99			
	OUT	t1	-6.4	10.4	36.77	10.96	-17.1	17.7	38.67	7.59		IN	
			-15.0	14.9	42.00	5.00	7.9	10.1	37.85	9.30		OUT	

Tabella 4.5.9 - Risultati dei saggi biologici di immobilizzazione con *Daphnia magna*, espressi in percentuale (%), sui campioni di acque di risaia, campagne t0 e t1 del 2018 e 2019 (le diciture IN e OUT si riferiscono ai campioni prelevati dai flussi in entrata ed in uscita dalle risaie, rispettivamente; in grassetto gli effetti superiori alla soglia del 20 %)

convenzionali		2018		2019		2018		2019		biologici			
		(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds				
RT1	IN	t0	37.0	51.8	0.0	0.0	25.0	27.8	0.0	0.0	t0	IN	RB4/RB6
			OUT	97.0	7.1	0.0	0.0	7.5	10.4	0.0			
	OUT	t1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		IN	
			7.5	10.4	0.0	0.0	2.5	7.1	0.0	0.0		OUT	
RT4	IN	t0	62.5	51.8	5.0	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	t0	IN	RB1
			OUT	15.0	23.3	0.0	0.0	97.5	7.1	55.0			
	OUT	t1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	7.1	45.0	19.1		IN	
			50.0	53.5	0.0	0.0	15.0	9.3	75.0	19.1		OUT	
RT5	IN	t0	25.0	20.7	15.0	10.0	0.0	0.0	15.0	19.1	t0	IN	RB5
			OUT	5.0	9.3	45.0	34.2	0.0	0.0	40.0			
	OUT	t1	0.0	0.0	25.0	19.1	0.0	0.0	20.0	16.3		IN	
			0.0	0.0	25.0	10.0	2.5	7.1	0.0	0.0		OUT	

Tabella 4.5.10 - Risultati dei saggi di inibizione della crescita algale con *Raphidocelis subcapitata* sui campioni di acque di risaia, espressi come percentuali d'inibizione del tasso di crescita rispetto ai controlli (%) campagne t0 e t1 del 2018 e 2019 (le diciture IN e OUT si riferiscono ai campioni prelevati dai flussi in entrata ed in uscita dalle risaie; in grassetto sono evidenziati gli effetti superiori alla soglia del 10 %)

convenzionali		2018		2019		2018		2019		biologici		
		(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds			
RT1	IN	t0	92.0	2.1	96.8	1.7	100.0	11.0	95.0	1.2	RB4/RB6	IN
	OUT		91.1	2.9	97.2	1.9	100.0	4.3	95.3	3.1		OUT
	IN	t1	87.0	0.6	98.3	1.7	89.0	0.6	99.4	2.8		IN
	OUT		100.0	3.8	97.6	4.4	86.0	2.1	99.4	2.0		OUT
RT4	IN	t0	100.0	7.6	89.1	4.5	100.0	10.3	88.5	3.9	RB1	IN
	OUT		93.0	2.3	97.8	3.5	84.5	5.1	70.3	7.3		OUT
	IN	t1	87.0	3.3	94.5	1.7	100.0	7.2	100.0	4.6		IN
	OUT		87.3	2.4	80.5	3.9	90.0	11.9	77.1	8.3		OUT
RT5	IN	t0	97.5	2.9	55.1	8.3	84.1	2.2	100.0	3.7	RB5	IN
	OUT		96.3	3.8	36.6	4.5	93.0	2.3	78.4	3.7		OUT
	IN	t1	95.5	1.7	99.0	5.4	94.3	1.0	51.4	5.9		IN
	OUT		94.8	1.4	75.3	5.7	98.7	2.2	76.0	2.6		OUT

Tabella 4.5.11 - Risultati dei saggi di inibizione della crescita fogliare con *Spirodela polyrhiza* del 2018 (le diciture IN e OUT si riferiscono ai campioni prelevati dai flussi in entrata ed in uscita dalle risaie; in grassetto sono evidenziati gli effetti superiori alla soglia del 25%; i valori negativi indicano biostimolazione)

convenzionali		Media (%)	Scarto tipo (%)	Media (%)	Scarto tipo (%)	biologici		
RT1	IN	t0	-37.9	33.8	-16.3	47.2	RB4	IN
	OUT		-0.6	23.8	-5.1	35.6		OUT
	IN	t1	-10.4	34.4	-19.5	26.8		IN
	OUT		-8.0	34.5	-11.8	37.2		OUT
RT4	IN	t0	-15.6	28.0	-44.6	51.0	RB1	IN
	OUT		-2.6	30.5	-35.9	32.9		OUT
	IN	t1	12.7	32.7	-19.5	45.4		IN
	OUT		-34.4	27.2	-30.2	42.6		OUT
RT5	IN	t0	25.6	20.4	81.9	6.8	RB5	IN
	OUT		10.0	27.7	51.5	10.2		OUT
	IN	t1	-0.2	26.2	-1.7	27.8		IN
	OUT		23.7	23.0	-3.3	31.9		OUT

Allegati al Capitolo 5 - Risultati analisi chimiche ed ecotossicologiche vigneti

Tabella 5.4.1 - Caratterizzazione chimica dei campioni di suolo dei vigneti: confronto biologico-convenzionale (VB5-VT4 nel 2018 e nel 2019). I valori sono espressi in % di peso

Parametro	2018				2019			
	VB5 t0	VB5 T1	VT4 t0	VT4 t1	VB5 t0 II	VB5 t1 II	VT4 t0 II	VT4 t1 II
TOC	3,281	3,994	1,296	1,109	4,103	3,591	1,230	1,085
TC	6,231	6,865	3,174	3,873	6,368	5,932	4,140	4,257
TN	0,273	0,363	0,106	0,096	0,322	0,323	0,129	0,117
H ₂ O	2,62	2,84	2,96	16,46	3,5	3,8	1,5	17,9
SOST. ORG. TOT.	8,53	9,63	4,35	6,44	8,4	7,9	4,4	3,7
CALCIO	9,720	8,529	7,15	10,28	7,391	9,915	10,21	10,89
POTASSIO	1,162	1,083	0,97	1,03	1,041	1,137	0,98	1,07
MAGNESIO	1,459	1,390	1,24	1,25	1,378	1,319	1,26	1,23

Tabella 5.4.2 - Caratterizzazione chimica dei campioni di suolo dei vigneti: confronto biologico-convenzionale (VB6-VT5 nel 2018 e nel 2019). I valori sono espressi in % di peso

Parametro	2018				2019			
	VB6 T0	VB6 T1	VT5 T0	VT5 T1	VB6 TO II	VB6 T1 II	VT5 TO II	VT5 T1 II
TOC	1,525	1,287	1,158	1,360	1,770	1,463	1,523	1,718
TC	5,005	4,883	4,884	4,860	4,846	5,434	4,611	5,190
TN	0,157	0,118	0,183	0,153	0,154	0,146	0,165	0,186
CONT H ₂ O	4,19	7,06	2,35	9,24	2,3	13,4	3,1	15,6
SOST ORG TOT	4,41	14,81	5,16	6,97	4,6	3,5	3,8	4,5
CALCIO	10,598	12,753	9,97	11,37	11,703	11,961	8,98	6,79
POTASSIO	0,880	0,987	0,93	1,00	0,818	0,825	0,87	0,96
MAGNESIO	1,318	1,599	1,33	1,39	1,655	1,651	1,27	1,23

Tabella 5.4.3 - Caratterizzazione chimica dei campioni di suolo dei vigneti: confronto biologico-convenzionale (VB7-VT6 nel 2018 e nel 2019). I valori sono espressi in % di peso

Parametro	2018				2019			
	VB7 T0	VB7 T1	VT6 T0	VT6 T1	VB7 T0 II	VB7 T1 II	VT6 T0 II	VT6 T1 II
TOC	1,574	1,553	0,685	0,838	1,635	1,513	0,637	0,857
TC	6,253	5,297	5,177	4,740	5,306	5,130	4,761	4,828
TN	0,137	0,152	0,082	0,071	0,167	0,157	0,070	0,090
CONT H ₂ O	1,88	12,96	0,85	1,43	4,2	14,8	1,7	1,7
SOST ORG TOT	4,18	6,20	5,31	3,18	4,8	4,3	2,8	2,8
CALCIO	11,047	10,607	11,42	11,51	11,060	10,875	11,48	11,73
POTASSIO	0,874	1,052	0,94	0,98	1,043	0,957	1,03	0,97
MAGNESIO	1,744	1,573	1,93	1,93	1,658	1,631	1,82	1,93

Tabella 5.4.4 - Concentrazione di Rame e Zolfo in mg/kg nei campioni di suolo di vigneti: confronto biologico-convenzionale VB5-VT4 nel 2018 e 2019

parametro	2018				2019			
	VB5 t0	VB5 T1	VT4 t0	VT4 t1	VB5 t0 II	VB5 t1 II	VT4 t0 II	VT4 t1 II
Cu	451,836	399,337	146,536	143,098	342,010	440,740	108,490	114,710
S	490,940	585,430	216,270	369,180	427,580	600,810	231,660	275,950

Tabella 5.4.5 - Concentrazione di Rame e Zolfo in mg/kg nei campioni di suolo di vigneti: confronto biologico-convenzionale VB6-VT5 nel 2018 e 2019

parametro	2018				2019			
	VB6 t0	VB6 t1	VT5 t0	Vt5 t1	VB6 to II	VB6 t1 II	VT5 to II	VT5 t1 II
Cu	136,177	111,442	157,741	230,086	133,390	175,390	242,450	225,990
S	240,390	271,650	269,800	327,260	331,500	544,300	479,710	651,340

Tabella 5.4.6 - Concentrazione di Rame e Zolfo in mg/kg nei campioni di suolo di vigneti: confronto biologico-convenzionale VB7-VT6 nel 2018 e 2019

parametro	2018				2019			
	VB7 T0	VB7 T1	VT6 T0	VT6 T1	VB7 T0 II	VB7 T1 II	VT6 T0 II	VT6 T1 II
Cu	122,649	115,478	62,889	84,596	99,430	99,010	50,560	67,210
S	403,660	327,910	347,800	530,300	352,110	391,050	291,090	766,520

Tabella 5.4.7 - Concentrazione di Rame e Zolfo nei campioni di suolo di vigneti: confronto biologico-convenzionale VB7-VT6 nel 2018 e 2019. I valori sono espressi in % di peso

parametro	2018				2019			
	VB7 T0	VB7 T1	VT6 T0	VT6 T1	VB7 T0 II	VB7 T1 II	VT6 T0 II	VT6 T1 II
Cu	122,649	115,478	62,889	84,596	99,430	99,010	50,560	67,210
S	403,660	327,910	347,800	530,300	352,110	391,050	291,090	766,520

Tabella 5.4.9 - Residui di fitosanitari in campioni di suolo di vigneto (mg/kg): confronto biologico-convenzionale (VT5-VB6 nel 2018 e nel 2019)

parametro	2018				2019			
	VB6 T0	VB6 T1	VT5 T0	VT5 T1	VB6 T0 II	VB6 T1 II	VT5 TO II	VT5 T1
Metalaxyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metolachlor	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chlorpyrifos	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
Pendimethalin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Penconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxadiazon	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan alpha	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxyfluorfen	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Folpet	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kresoxim-methyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan beta	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tebuconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cyhalothrin (lambda)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metrafenone	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Boscalid	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Deltamethrin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dimethomorph	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,1

Tabella 5.4.10 - Residui di fitosanitari in campioni di suolo di vigneti (mg/kg): confronto biologico-convenzionale (VT6-VB7 nel 2018 e nel 2019)

parametro	2018				2019			
	VB7 T0	VB7 T1	VT6 T0	VT6 T1	VB7 T0 II	VB7 T1 II	VT6 T0 II	VT6 T1 II
Metalaxyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metolachlor	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chlorpyrifos	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pendimethalin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Penconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxadiazon	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan alpha	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxyfluorfen	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Folpet	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kresoxim-methyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan beta	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tebuconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cyhalothrin (lambda)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metrafenone	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Boscalid	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Deltamethrin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dimethomorph	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,1

Tabella 5.5.1 – Risultati dei saggi ecotossicologici effettuati nei vigneti del Piemonte (2015) – In grassetto sono riportati i risultati “significativi” e in rosso quelli “altamente” significativi

Campione	Tipo campione	<i>A. fischeri</i> (%)	<i>D. magna</i> (%)	<i>R. subcapitata</i> (%)
VB1_t0	acque superficiali	13.1	5.0	0.7
VB1_t1	acque superficiali	6.6	0.0	0.1
VB1_t2	acque superficiali	1.9	0.0	7.6
VB1_t4	acque superficiali	0.0	0.0	0.1
VB2_t0	acque sotterranee	10.6	5.0	0.1
VB2_t1	acque superficiali	2.1	0.0	0.7
VB2_t1	acque superficiali	3.3	5.0	1.3
VB2_t3	acque superficiali	8.1	0.0	11.9
VB2_t3	acque superficiali	9.0	0.0	13.3
VB2_t3	acque superficiali	16.7	0.0	24.6
VB2_t4	Suolo	0.0	0.0	0.1
VT1_t0	acque superficiali	5.6	0.0	0.1
VT1_t1	acque superficiali	7.3	0.0	9.2
VT1_t1	acque superficiali	4.3	0.0	5.4
VT1_t3	acque superficiali	16.0	0.0	21.5
VT1_t4	acque superficiali	0.0	0.0	0.1
VT2_t0	acque superficiali	7.8	0.0	0.1
VT2_t1	acque superficiali	1.6	0.0	1.4
VT2_t4	Suolo	33.8	15.0	1.3

Tabella 5.5.2 – Risultati dei saggi ecotossicologici effettuati nei vigneti del Piemonte (2016) – in grassetto sono riportati i risultati statisticamente significativi al t-test

Campione	Specie	I _G %	Specie	I _G %	Specie	I _G %
VT1_t+1	<i>L. sativum</i>	86	<i>S. alba</i>	137	<i>S. saccharatum</i>	99
VT1_t+2	<i>L. sativum</i>	98	<i>S. alba</i>	187	<i>S. saccharatum</i>	81
VT1_t+3	<i>L. sativum</i>	115	<i>S. alba</i>	152	<i>S. saccharatum</i>	88
VT3_t+1	<i>L. sativum</i>	80	<i>S. alba</i>	125	<i>S. saccharatum</i>	92
VT3_t+2	<i>L. sativum</i>	97	<i>S. alba</i>	138	<i>S. saccharatum</i>	90
Campione	Specie	Mortalità	Tasso di crescita			
VT1_t+1	<i>Eisenia spp.</i>	0%	32%			
VT1_t+2	<i>Eisenia spp.</i>	0%	32%			
VT3_t+1	<i>Eisenia spp.</i>	0%	28%			

Tabella 5.5.3 - Risultati dei test con il sistema Microtox (*Aliivibrio fischeri*), espressi come percentuale d'inibizione della bioluminescenza rispetto ai controlli (%), sui campioni di suolo provenienti dai vigneti piemontesi, campagne t0 e t1 del 2018 e 2019 (in grassetto gli effetti superiori alla soglia del 15%. Il segno negativo indica biostimolazione rispetto al controllo)

Campi convenzionali		2018		2019		2018		2019		Campi biologici	
		(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds		
VT4	t0	nd	nd	-39.75	34.51	-17.29	15.98	-11.87	16.70	t0	VB5
	t1	-18.65	19.62	-32.29	17.34	-14.72	16.01	-31.42	21.44	t1	
VT5	t0	-21.98	9.67	-24.36	18.81	1.37	9.13	-15.65	8.00	t0	VB6
	t1	-3.71	20.14	-21.82	12.48	-14.43	6.48	-27.92	9.22	t1	
VT6	t0	20.38	17.62	-37.06	33.16	-25.88	21.58	-39.39	26.64	t0	VB7
	t1	-14.43	6.48	-14.43	6.48	-24.77	39.92	-24.77	39.92	t0	

Tabella 5.5.4 - Risultati dei test di fitotossicità per l'endpoint "allungamento radicale", con le specie *Lepidium sativum* (Ls), *Sinapis alba* (Sa), *Sorghum saccharatum* (Ss) sui campioni di suolo provenienti dai vigneti piemontesi; campagne t0 e t1 del 2018 (in grassetto gli effetti d'inibizione superiori alla soglia del 30%. Il segno negativo indica stimolazione della germinazione o della crescita radicale rispetto al controllo)

convenzionali		Ls		Sa		Ss		Ls		Sa		Ss		biologici	
		(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds		
VT4	t0	8.82	11.47	7.83	14.06	-65.05	25.81	22.09	5.93	23.56	8.18	42.41	10.58	t0	VB5
	t1	22.02	12.56	19.76	7.09	-83.26	3.76	13.01	6.63	2.34	4.42	25.45	11.57	t1	
VT5	t0	12.17	6.37	-4.97	3.75	-9.10	22.02	22.48	9.96	14.63	5.91	-25.85	10.85	t0	VB6
	t1	21.36	9.61	-11.16	17.39	-15.63	7.19	22.16	9.64	-2.18	12.82	-23.71	25.69	t1	
VT6	t0	16.61	16.37	-8.41	9.23	1.89	4.78	16.06	3.77	3.71	5.75	24.08	17.96	t0	VB7
	t1	10.14	9.37	-8.79	12.85	22.64	5.94	10.88	1.93	6.87	8.68	22.48	6.50	t1	

Tabella 5.5.5 - Risultati dei test di fitotossicità per l'endpoint "allungamento radicale", con le specie *Lepidium sativum* (Ls), *Sinapis alba* (Sa), *Sorghum saccharatum* (Ss) sui campioni di suolo provenienti dai vigneti piemontesi; campagne t0 e t1 del 2019 (in grassetto gli effetti d'inibizione superiori alla soglia del 30%. Il segno negativo indica stimolazione della germinazione o della crescita radicale rispetto al controllo)

		Ls		Sa		Ss		Ls		Sa		Ss			
convenzionali		(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	biologici	
VT4	t0	25.71	5.69	28.75	8.29	18.58	12.04	21.20	1.71	8.90	6.15	7.10	12.16	t0	VB5
	t1	33.01	3.69	23.73	8.38	12.19	7.66	26.09	9.83	0.76	13.78	15.96	12.76	t1	
VT5	t0	33.09	2.65	14.40	4.37	5.05	2.98	35.16	8.49	17.58	7.81	16.45	11.40	t0	VB6
	t1	32.25	6.12	26.67	5.31	5.07	7.99	27.56	5.69	31.06	13.42	-1.80	3.24	t1	
VT6	t0	13.02	0.93	-1.90	10.57	15.85	6.74	13.86	3.82	6.95	13.57	2.30	9.59	t0	VB7
	t1	19.30	10.95	9.82	15.75	14.58	17.66	18.08	12.57	32.60	5.02	20.82	25.23	t1	

Allegati al Capitolo 6 - Risultati analisi chimiche ed ecotossicologiche noccioleti

Tabella 6.4.1 - Caratterizzazione chimica dei campioni di suolo dei noccioleti: confronto biologico-convenzionale (NB3-NT3 nel 2018 e nel 2019). I valori sono espressi in % rispetto al peso

parametro	2018				2019			
	NB3 T0	NB3 T1	NT3 T0	NT3 T1	NB3 T0 II	NB3 T1 II	NT3 T0 II	NT3 T1 II
TOC	4,551	9,19	2,128	6,894	5,411	5,231	3,863	6,400
TC	4,909	7,423	2,048	7,311	5,925	5,418	5,099	6,409
TN	0,363	0,522	0,172	0,566	0,428	0,408	0,380	0,525
Cont H2O	21,49	15,96	18,35	13,95	25,98	22,51	16,72	9,14
Sost org Tot	13,46	17,89	12,07	17,71	20,88	17,54	15,86	22,06
Calcio	0,71	0,79	0,68	0,35	0,74	0,53	0,34	0,34
Potassio	0,66	0,61	1,01	0,60	0,67	0,57	0,65	0,58
Magnesio	0,61	0,57	0,33	0,45	0,62	0,54	0,50	0,45

Tabella 6.4.2 - Caratterizzazione chimica dei campioni di suolo dei noccioleti: confronto biologico-convenzionale (NB4-NT4 nel 2018 e nel 2019). I valori sono espressi in % rispetto al peso

parametro	2018				2019			
	NB4 T0	NB4 T1	NT4 T0	NT4 T1	NB4 T0 II	NB4 T1 II	NT4 T0 II	NT4 T1 II
TOC	3,064	3,289	1,758	4,201	5,296	2,999	4,166	1,772
TC	3,096	3,356	1,748	4,622	5,384	3,118	4,545	1,894
TN	0,289	0,29	0,155	0,330	0,469	0,283	0,348	0,140
Cont H2O	17,73	11,89	16,62	16,58	15,47	28,67	13,94	10,10
Sost Org Tot	8,79	8,66	7,07	11,83	10,88	13,61	9,12	6,05
Calcio	0,43	0,79	0,33	0,53	0,68	0,38	0,58	0,40
Potassio	0,85	1,04	0,66	0,61	1,03	0,88	0,73	0,70
Magnesio	0,47	0,45	0,34	0,34	0,49	0,46	0,35	0,35

Tabella 6.4.3 - Caratterizzazione chimica dei campioni di suolo dei nocioleti: confronto biologico-convenzionale (NB5-NT5 nel 2018 e nel 2019). I valori sono espressi in % rispetto al peso

parametro	2018				2019			
	NB5 T0	NB5 T1	NT5 T0	NT5 T1	NB5 T0 II	NB5 T1 II	NT5 T0 II	NT5 T1 II
TOC	3,179	6,062	3,916	3,392	6,545	1,789	3,926	3,180
TC	3,195	5,566	3,683	3,624	9,764	1,726	4,046	3,060
TN	0,277	0,437	0,297	0,271	0,755	0,150	0,316	0,242
Cont H2O	21,68	14,12	17,22	19,87	14,35	22,46	15,68	17,97
Sost Org Tot	10,64	17,23	10,27	9,93	12,52	10,20	10,09	11,79
Calcio	0,67	0,91	0,28	0,72	1,15	0,59	0,83	0,78
Potassio	0,98	1,04	0,62	0,85	1,00	0,86	1,10	0,83
Magnesio	0,49	0,47	0,48	0,33	0,50	0,45	0,31	0,31

Tabella 6.4.4 - Caratterizzazione chimica dei campioni di suolo dei nocioleti: confronto biologico-convenzionale (NB6-NT6 nel 2018 e nel 2019). I valori sono espressi in % rispetto al peso

parametro	2018				2019			
	NB6 T0	NB6 T1	NT6 T0	NT6 T1	NB6 T0 II	NB6 T1 II	NT6 T0 II	NT6 T1 II
TOC	2,044	2,116	1,845	2,208	2,693	2,910	2,825	2,317
TC	2,091	2,099	1,972	2,609	3,255	2,909	2,825	2,448
TN	0,181	0,169	0,168	0,213	0,255	0,235	0,233	0,193
Cont H2O	15,15	17,38	9,62	39,25	11,59	11,66	10,96	11,73
Sost Org Tot	7,85	7,66	7,57	8,39	11,76	10,59	9,85	11,26
Calcio	1,00	0,92	0,35	0,37	0,91	0,84	0,39	0,36
Potassio	0,79	0,80	0,73	0,70	0,86	0,69	0,79	0,71
Magnesio	0,55	0,56	0,49	0,47	0,52	0,51	0,50	0,46

Tabella 6.4.5 - Concentrazione di Rame e Zolfo in mg/kg nei campioni di suolo di nocioleti: confronto biologico-convenzionale NB3-NT3 nel 2018 e 2019

parametro	2018				2019			
	NB3 T0	NB3 T1	NT3 T0	NT3 T1	NB3 T0 II	NB3 T1 II	NT3 T0 II	NT3 T1 II
Cu	46,729	48,628	80,648	225,146	40,964	39,332	244,991	228,561
S	631,680	724,440	370,260	932,990	633,940	589,670	687,200	652,900

Tabella 6.4.6 - Concentrazione di Rame e Zolfo in mg/kg nei campioni di suolo di nocioleti: confronto biologico-convenzionale NB4-NT4 nel 2018 e 2019

parametro	2018				2019			
	NB4 T0	NB4 T1	NT4 T0	NT4 T1	NB4 T0 II	NB4 T1 II	NT4 T0 II	NT4 T1 II
Cu	37,848	35,300	68,157	75,129	41,049	33,908	87,257	53,419
S	503,680	467,190	336,600	482,160	779,220	438,160	480,920	358,290

Tabella 6.4.7 - Concentrazione di Rame e Zolfo in mg/kg nei campioni di suolo di nocioleti: confronto biologico-convenzionale NB5-NT5 nel 2018 e 2019

parametro	2018				2019			
	NB5 T0	NB5 T1	NT5 T0	NT5 T1	NB5 T0 II	NB5 T1 II	NT5 T0 II	NT5 T1 II
Cu	41,349	64,063	365,383	87,522	65,517	39,293	94,714	78,950
S	526,310	725,350	644,020	410,200	1083,680	417,250	484,630	467,760

Tabella 6.4.8 - Concentrazione di Rame e Zolfo in mg/kg nei campioni di suolo di nocioleti: confronto biologico-convenzionale NB6-NT6 nel 2018 e 2019

parametro	2018				2019			
	NB6 T0	NB6 T1	NT6 T0	NT6 T1	NB6 T0 II	NB6 T1 II	NT6 T0 II	NT6 T1 II
Cu	61,747	65,273	75,129	80,198	61,559	63,174	66,046	71,442
S	327,940	301,030	482,160	513,030	398,750	333,000	534,000	467,020

Tabella 6.4.10 - Residui di fitosanitari (espressi in mg/kg) in campioni di suolo di nocioleti: confronto biologico-convenzionale (NT3-NB3 nel 2018 e nel 2019)

parametro	2018				2019			
	NB3 T0	NB3 T1	NT3 T0	NT3 T1	NB3 T0 II	NB3 T1 II	NT3 T0 II	NT3 T1 II
Metalaxyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metolachlor	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chlorpyrifos	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pendimethalin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Penconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxadiazon	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan alpha	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxyfluorfen	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Folpet	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kresoxim-methyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan beta	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tebuconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cyhalothrin (lambda)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metrafenone	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Boscalid	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Deltamethrin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dimethomorph	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabella 6.4.11 - Residui di fitosanitari in campioni di suolo di nocioleti (espressi in mg/kg): confronto biologico-convenzionale (NT4-NB4 nel 2018 e nel 2019)

parametro	2018				2019			
	NB4 T0	NB4 T1	NT4 T0	NT4 T1	NB4 T0 II	NB4 T1 II	NT4 T0 II	NT4 T1 II
Metalaxyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metolachlor	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chlorpyrifos	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pendimethalin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Penconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxadiazon	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan alpha	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxyfluorfen	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Folpet	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kresoxim-methyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan beta	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tebuconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cyhalothrin (lambda)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metrafenone	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Boscalid	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Deltamethrin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dimethomorph	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabella 6.4.12 - Residui di fitosanitari in campioni di suolo di nocioleti (espressi in mg/kg): confronto biologico-convenzionale (NT5-NB5 nel 2018 e nel 2019)

parametro	2018				2019			
	NB5 T0	NB5 T1	NT5 T0	NT5 T1	NB5 T0 II	NB5 T1 II	NT5 T0 II	NT5 T1 II
Metalaxyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metolachlor	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chlorpyrifos	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pendimethalin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Penconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxadiazon	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan alpha	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxyfluorfen	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Folpet	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kresoxim-methyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan beta	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tebuconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cyhalothrin (lambda)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metrafenone	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Boscalid	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Deltamethrin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dimethomorph	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabella 6.4.13 - Residui di fitosanitari in campioni di suolo di noccioleti (espressi in mg/kg): confronto biologico-convenzionale (NT6-NB6 nel 2018 e nel 2019)

Nome campione	2018				2019			
	NB6 T0	NB6 T1	NT6 T0	NT6 T1	NB6 T0 II	NB6 T1 II	NT6 T0 II	NT6 T1 II
Metalaxyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metolachlor	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chlorpyrifos	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pendimethalin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Penconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxadiazon	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan alpha	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Oxyfluorfen	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Folpet	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kresoxim-methyl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Endosulfan beta	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tebuconazole	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cyhalothrin (lambda)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metrafenone	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Boscalid	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1
Deltamethrin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dimethomorph	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabella 6.5.1 – Risultati dei saggi ecotossicologici eseguiti sui campioni di suolo prelevati nel 2015 presso i nocioleti del Lazio nel 2015. In grassetto i valori ritenuti significativi

Campione	Specie	Massimo effetto (%)
NB1_t0_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	14.50
	<i>Daphnia magna</i>	7.50
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	3.48
NB1_t0_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	5.30
	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	8.42
NB2_t0_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	5.70
	<i>Daphnia magna</i>	2.50
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	10.88
NB2_t0_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	19.50
	<i>Daphnia magna</i>	5.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	1.23
NI_t0_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	21.50
	<i>Daphnia magna</i>	0.0
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	10.41
NI_t0_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	6.80
	<i>Daphnia magna</i>	0.0
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	17.26
NT1_t0_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	11.50
	<i>Daphnia magna</i>	0.0
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	21.41
NT1_T0_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	4.10
	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	-1.53
NT1_t1_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	14.10
	<i>Daphnia magna</i>	0.0
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	-1.55
NT1_t1_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	10.20
	<i>Daphnia magna</i>	0.0
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	1.01
NT1_t2_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	25.00
	<i>Daphnia magna</i>	20.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	6.05
NT1_t2_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	9.30
	<i>Daphnia magna</i>	80.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	6.32
NT1_t3_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	24.50
	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	0.94
NT1_t3_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	17.30
	<i>Daphnia magna</i>	15.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	13.75
NT1_t4_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	15.60

Campione	Specie	Massimo effetto (%)
	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	n.d.
NT1_T4_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	9.50
	<i>Daphnia magna</i>	80.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	n.d.
NT2_t0_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-20.90
	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	5.85
NT2_t0_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-20.80
	<i>Daphnia magna</i>	5.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	11.03
NT2_t1_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-24.80
	<i>Daphnia magna</i>	65.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	17.46
NT2_t1_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-32.30
	<i>Daphnia magna</i>	5.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	8.74
NT2_t2_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	18.80
	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	4.60
NT2_t2_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-4.30
	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	20.59
NT2_t3_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	7.20
	<i>Daphnia magna</i>	35.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	9.31
NT2_t3_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	24.30
	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	n.d.
NT2_T4_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-17.60
	<i>Daphnia magna</i>	65.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	n.d.
NT2_T4_B	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-22.30
	<i>Daphnia magna</i>	40.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	n.d.

Tabella 6.5.2 – Risultati dei saggi ecotossicologici eseguiti sui campioni di suolo prelevati nelle colture a nocciolo del Lazio (2015)

Campione	Specie	IG%	Specie	IG%	Specie	IG%
NT1_t+1	<i>L. sativum</i>	142	<i>S. alba</i>	193	<i>S. saccharatum</i>	94
NT1_t+2	<i>L. sativum</i>	128	<i>S. alba</i>	205	<i>S. saccharatum</i>	121
NT1_t+3	<i>L. sativum</i>	137	<i>S. alba</i>	232	<i>S. saccharatum</i>	142
NT2_t+1	<i>L. sativum</i>	157	<i>S. alba</i>	227	<i>S. saccharatum</i>	141
NT2_t+2	<i>L. sativum</i>	139	<i>S. alba</i>	245	<i>S. saccharatum</i>	131
NT2_t+3	<i>L. sativum</i>	93	<i>S. alba</i>	118	<i>S. saccharatum</i>	97
Campione	Specie	Mortalità (%)	Tasso di Crescita (%)			
NT1_t+1	<i>Eisenia spp.</i>	0	2			
NT1_t+2	<i>Eisenia spp.</i>	0	-2			
NT1_t+3	<i>Eisenia spp.</i>	0	21			
NT2_t+1	<i>Eisenia spp.</i>	0	6			
NT2_t+2	<i>Eisenia spp.</i>	0	2			
NT2_t+3	<i>Eisenia spp.</i>	0	26			

Tabella 6.5.3 - Risultati dei test con il sistema Microtox (*Aliivibrio fischeri*) sui campioni di suolo provenienti dai noccioli laziali, campagne t0 e t1 del 2018 e 2019 (in grassetto gli effetti superiori alla soglia del 15 %. Il segno negativo indica biostimolazione rispetto al controllo).

		2018		2019		2018		2019			
Campi convenzionali		(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	Campi biologici	
NT3	t0	5.07	8.93	3.95	8.52	-2.61	10.1	-4.81	6.16	t0	NB3
	t1	23.62	20.57	16.70	11.58	0.89	2.73	-11.59	14.29	t1	
NT4	t0	34.95	20.73	5.31	16.47	-11.11	11.71	-24.71	23.56	t0	NB4
	t1	8.44	14.23	-7.71	14.85	-0.48	2.61	0.08	27.17	t1	
NT5	t0	-7.9	8.46	-11.47	14.20	-5.33	6.14	-10.28	14.74	t0	NB5
	t1	-13.67	9.98	-4.15	11.28	-6.47	7.48	-12.32	16.19	t1	
NT6	t0	34.64	26.17	1.71	15.46	nd	nd	-17.59	18.67	t0	NB6
	t1	8.06	10.9	-16.36	23.59	-9.79	15.74	-21.50	11.90	t0	

Tabella 6.5.4 - Risultati dei test di fitotossicità per l'endpoint "allungamento radicale", con le specie *Lepidium sativum* (Ls), *Sinapis alba* (Sa), *Sorghum saccharatum* (Ss) sui campioni di suolo provenienti dai nocioleti laziali; campagne t0 e t1 del 2018 (in grassetto gli effetti d'inibizione superiori alla soglia del 30 %. Il segno negativo indica stimolazione della germinazione o della crescita radicale rispetto al controllo).

		Ls		Sa		Ss		Ls		Sa		Ss			
convenzionali		(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	(%)	ds	biologici	
NT3	t0	44.62	7.44	15.32	19.54	-18.10	17.38	32.15	15.13	3.21	10.53	15.05	21.55	t0	NB3
	t1	10.44	0.75	-23.49	11.37	4.06	22.07	-4.10	59.36	8.54	6.42	15.03	8.71	t1	
NT4	t0	29.45	4.48	18.29	5.36	28.20	20.55	48.87	7.54	14.89	9.05	-30.50	6.79	t0	NB4
	t1	20.06	16.40	35.56	20.38	0.11	14.08	15.12	8.62	1.17	8.63	-4.06	24.70	t1	
NT5	t0	9.74	3.85	-10.24	5.56	8.19	3.22	-4.13	6.84	-16.58	4.79	0.94	22.86	t0	NB5
	t1	6.78	15.87	2.89	14.69	6.04	14.19	12.76	3.10	14.84	18.82	2.31	7.14	t1	
NT6	t0	12.68	5.06	15.80	9.46	-9.65	15.79	15.28	7.56	-0.88	14.69	-25.44	16.88	t0	NB6
	t1	49.15	29.61	15.45	7.51	-2.04	13.06	20.30	5.98	-13.25	41.44	19.77	10.43	t1	

Tabella 6.5.5 - Risultati dei test di fitotossicità per l'endpoint "allungamento radicale", con le specie *Lepidium sativum* (Ls), *Sinapis alba* (Sa), *Sorghum saccharatum* (Ss) sui campioni di suolo provenienti dai nocioleti laziali; campagne t0 e t1 del 2019 (in grassetto gli effetti d'inibizione superiori alla soglia del 30 %. Il segno negativo indica stimolazione della germinazione o della crescita radicale rispetto al controllo).

		Ls		Sa		Ss		Ls		Sa		Ss			
convenzionali		(%)	ds	biologici											
NT3	t0	34.15	7.55	31.52	3.53	5.28	1.72	56.83	5.43	33.53	16.38	41.40	6.85	t0	NB3
	t1	26.26	27.49	31.85	20.39	5.60	21.87	47.03	30.22	41.77	9.39	24.99	16.71	t1	
NT4	t0	47.64	12.57	34.36	5.61	34.98	2.35	35.70	10.11	24.37	10.77	16.52	7.87	t0	NB4
	t1	26.77	3.19	18.03	6.32	22.12	11.72	31.69	9.62	20.26	2.48	13.20	9.34	t1	
NT5	t0	34.72	3.21	6.02	9.77	27.29	4.30	14.11	21.25	12.13	7.42	26.27	22.09	t0	NB5
	t1	20.48	4.11	8.29	8.90	10.99	6.46	10.62	15.84	-5.01	13.71	22.88	11.73	t1	
NT6	t0	42.42	10.49	31.05	6.49	28.60	29.39	27.10	12.29	25.49	2.23	3.07	25.52	t0	NB6
	t1	24.01	8.50	22.15	13.38	-8.69	15.46	22.35	14.91	12.30	7.13	-20.58	15.62	t1	

Allegati al Capitolo 7 - Risultati analisi ecotossicologiche seminativi

Tabella 7.5.1 – Risultati dei saggi ecotossicologici eseguiti nella campagna 2015 sui campioni di suolo prelevati nei coltivi a girasole (in grassetto sono riportati i saggi statisticamente significativi).

Campione	Specie	Massimo effetto %
GB1_t0_A	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	1.40
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-1.60
GB1_t0_B	<i>Daphnia magna</i>	10.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	0.33
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-0.70
GB2_t0_A	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	13.38
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-6.20
GB2_t0_B	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	5.92
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	10.20
GI_t0_A	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	12.59
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-8.00
GI_t0_B	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	1.76
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	5.70
GT1_t0_A	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	0.05
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-2.90
GT1_t0_B	<i>Daphnia magna</i>	5.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	3.50
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-0.90
GT1_t1_A	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	4.16
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-1.60
GT1_t1_B	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	13.47
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-3.60
	<i>Daphnia magna</i>	0.00
GT1_t2_A	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-7.80
GT1_t2_B	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	8.20
GT1_t4_A	<i>Daphnia magna</i>	75.00
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	9.10
GT2_t0_A	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	12.28
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-11.70
GT2_t0_B	<i>Daphnia magna</i>	5.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	1.52
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	56.60
GT2_t1_A	<i>Daphnia magna</i>	5.00
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	7.42

Campione	Specie	Massimo effetto %
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-4.90
GT2_t1_B	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	2.98
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	46.20
	<i>Daphnia magna</i>	0.00
GT2_t2_A	<i>Daphnia magna</i>	5.00
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	-5.80
GT2_t2_B	<i>Daphnia magna</i>	0.00
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	43.60
GT2_t4_B	<i>Daphnia magna</i>	10.00
	<i>Aliivibrio fischeri</i>	40.50

Tabella 7.5.2 – Risultati dei saggi di fitotossicità eseguiti nella campagna 2016 sui campioni di suolo prelevati nei coltivi a mais (in grassetto i risultati statisticamente significativi). In rosso sono riportati i saggi che hanno mostrato inibizione della crescita, in nero quelli di biostimolazione. I valori sono espressi come indice di germinazione (IG).

Campione	specie	IG%	specie	IG%	specie	IG%
MB_t-1	<i>L. sativum</i>	97	<i>S. alba</i>	182	<i>S. saccharatum</i>	81
MB_t+1	<i>L. sativum</i>	55	<i>S. alba</i>	68	<i>S. saccharatum</i>	58
MT_t-1	<i>L. sativum</i>	117	<i>S. alba</i>	171	<i>S. saccharatum</i>	82
MT_t+1	<i>L. sativum</i>	48	<i>S. alba</i>	70	<i>S. saccharatum</i>	65



RAPPORTI
330/2020