

**LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI PIANI DI
MONITORAGGIO O DI GESTIONE DELL'IMPATTO SULLA
QUALITÀ DEL SUOLO E SUL CARBONIO NEL SUOLO**

Decreto Legislativo n. 199 dell'8 novembre 2021, articolo 42, comma 6

Autori

Francesca Assennato (§2.1); Carmela Cascone (§1.1, §1.2, §2.2, §2.3, Glossario); Enrico de Zorzi (§1.1, §1.2); Eleonora Di Cristofaro (§2.3, §3.4, §3.6, Allegato); Irma Lupica (§2.4); Lucia Muto (§2.4); Roberto Sannino (§2.2, §2.3); Federico Silvestri (§3.1, §3.2); Daniela Smiraglia (§2.1); Marina Vitullo (§1.2, §2.3, §3.3, §3.5, §3.6, Allegato)

INDICE

1. INTRODUZIONE

- 1.1. Scopo delle Linee Guida pag. 4
- 1.2. Inquadramento normativo pag. 4

2. INDICAZIONI SUGLI ASPETTI INERENTI ALLA GESTIONE AGRICOLA DEL SUOLO

- 2.1. Il suolo pag. 7
- 2.2. Coltivazioni agricole e suolo agrario pag. 8
- 2.3. Pratiche agronomiche e di gestione del suolo pag. 9
- 2.4. Tipologia di residui prodotti e possibile descrizione della destinazione di uso energetico pag. 12

3. PIANO DI MONITORAGGIO DEL CONTENUTO DI CARBONIO NEL SUOLO

- 3.1. Metodologie di monitoraggio pag. 13
- 3.2. Campionamento del suolo pag. 13
 - 3.2.1 *Modalità di campionamento e numero di campioni*..... pag. 13
 - 3.2.2. *Piano di monitoraggio e protocollo di campionamento* pag. 14
 - 3.2.3. *Misura del carbonio organico nel suolo* pag. 14
- 3.3. Definizione del contenuto di carbonio organico medio nel suolo dell'area utilizzata ... pag. 15
- 3.4. Stima del carbonio contenuto nei residui asportati pag. 18
- 3.5. Stima delle variazioni di carbonio organico nel suolo e valutazione degli impatti pag. 19
- 3.6. Valutazione complessiva delle variazioni di carbonio pag. 21

GLOSSARIO pag. 22

BIBLIOGRAFIA pag. 24

Allegato: Fac-simile di modello da compilare per gli operatori agricoli pag. 25

1. INTRODUZIONE

1.1. Scopo delle Linee Guida

Gli adempimenti previsti al comma 6 dell'articolo 42 del Decreto Legislativo 199/2021, ovvero “*Nel caso di biocarburanti, bioliquidi e combustibili da biomassa prodotti a partire da rifiuti e residui provenienti da terreni agricoli, gli operatori economici che li producono dispongono di piani di monitoraggio o di gestione dell'impatto sulla qualità del suolo e sul carbonio nel suolo, ...*” sono il fondamento della proposta di “*Utilizzo rifiuti e residui da terreni agricoli per la produzione di biocarburanti, bioliquidi e combustibili da biomassa. Linee guida per il monitoraggio della qualità e del carbonio del suolo*” elaborata da un Gruppo di Lavoro multidisciplinare dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA).

I rifiuti e i residui provenienti da terreni agricoli sono i residui primari derivanti dalle attività produttive agricole e dalla raccolta dei prodotti agricoli sia a scopo alimentare sia come materie prime per le produzioni non alimentari.

Il carbonio organico è determinante nel regolare le principali funzioni chimiche, fisiche e biologiche del suolo, come la capacità di ritenzione idrica, la porosità e la permeabilità, la capacità di scambio cationico, la biomassa e la diversità della comunità microbica e le attività enzimatiche. Uno sviluppo rilevante da analizzare è l'evoluzione dei livelli di nutrienti nel suolo, che potrebbero esaurirsi a seguito della rimozione continua e mancato interrimento in loco dei residui colturali utilizzati come biomassa per la produzione di energia. Altro elemento di potenziale criticità ambientale è l'aumento del rischio di erosione del suolo per eventi atmosferici (vento e pioggia).

Lo sviluppo di un progetto per la produzione di biocarburanti, bioliquidi e combustibili da biomassa a partire da rifiuti e residui provenienti da terreni agricoli necessita della valutazione degli impatti ambientali derivanti dalle attività di asportazione di rifiuti e residui provenienti dai terreni agricoli.

Scopo del documento è fornire agli operatori economici uno strumento facilmente fruibile per il monitoraggio della qualità e del contenuto del carbonio organico dei suoli interessati dalle asportazioni, al fine di stimare le variazioni in seguito alle attività del progetto di utilizzo di rifiuti e residui colturali per la produzione di biocarburanti, bioliquidi e combustibili da biomassa, garantendone la sostenibilità ambientale.

1.2. Inquadramento normativo

Il paragrafo intende agevolare la lettura degli aspetti tecnici, fornendo un quadro sintetico dei principali riferimenti normativi.

La promozione delle forme di energia rinnovabile è uno degli obiettivi della nuova politica energetica dell'Unione Europea (UE). Gli effetti economici e sociali sono molteplici:

- combattere i cambiamenti climatici;
- proteggere l'ambiente e i nostri territori;
- ridurre la dipendenza energetica;
- contribuire alla crescita tecnologica ed industriale dell'UE, ponendola in condizioni di maggior competitività internazionale;
- sviluppare nuove ed ulteriori soluzioni di occupazione e di sviluppo economico in aree rurali o isolate

In materia di energia rinnovabile la “Strategia quadro per un'Unione dell'energia resiliente” [COM(2015) 80 *final*], ” persegue lo scopo di integrare la politica energetica e la politica climatica dell'Unione ed è finalizzata a garantire all'Europa e ai suoi cittadini energia sicura, sostenibile e a prezzi accessibili. Essa si basa su cinque pilastri:

- sicurezza energetica
- un mercato interno dell'energia integrato
- efficienza energetica
- decarbonizzazione dell'economia
- ricerca e innovazione

A seguito della ratifica dell'Accordo di Parigi, da parte dell'Unione Europea (UE) e dei suoi Stati Membri, si prevede la riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 40% a livello europeo rispetto all'anno 1990, senza utilizzo di meccanismi di mercato internazionali.

Al fine di raggiungere tale obiettivo, l'UE ha quindi adottato un pacchetto di provvedimenti, il cosiddetto "Pacchetto clima-energia 2030", per ridurre almeno il 40% delle emissioni, il raggiungimento di una quota di energie rinnovabili sui consumi complessivi al 2030 pari ad almeno il 32% e la riduzione dei consumi di energia primaria del 32,5% rispetto all'andamento tendenziale stabilito nello scenario PRIMES 2007 da conseguire attraverso l'aumento dell'efficienza energetica.

Una parte dell'obiettivo di riduzione delle emissioni è ripartito tra i settori soggetti all'*Emissions Trading System* (ETS), (riduzione del 43% a livello europeo rispetto ai livelli del 2005); per la quota rimanente, non soggetta ad ETS, è invece richiesta una riduzione complessiva del 30% rispetto ai livelli del 2005; in una logica di condivisione degli impegni sono stati fissati specifici obiettivi di riduzione per ciascuno Stato Membro. In tale quadro va anche ricordato il regolamento (UE) 2018/841 che definisce gli impegni per il settore *Land use, Land-Use Change, and Forestry* (LULUCF).

Per quanto riguarda, invece, gli obiettivi sulle rinnovabili e sull'efficienza energetica, sono state adottate le direttive (UE) 2018/2002 sull'Efficienza energetica, che prevede un obiettivo di efficienza energetica al 2030 pari al 32.5%, e (UE) 2018/2001 sulle fonti rinnovabili, che prevede che la quota di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale lordo di energia dell'Unione nel 2030 sia almeno pari al 32%.

Per conciliare i temi della riduzione delle emissioni climalteranti con quelli della sicurezza energetica e dello sviluppo del mercato interno dell'energia, l'UE ha adottato il regolamento (UE) 2018/1999 (il c.d. Regolamento *Governance*) che istituisce un sistema di *Governance* dell'Unione dell'Energia e mira a pianificare e tracciare le politiche e misure messe in atto dagli Stati membri. Il principale obiettivo del regolamento *Governance* (Art. 1) consiste nell'"attuare strategie e misure volte a conseguire gli obiettivi e traguardi dell'Unione dell'energia e gli obiettivi a lungo termine dell'Unione relativi alle emissioni dei gas a effetto serra conformemente all'accordo di Parigi, e in particolare, per il primo decennio compreso tra il 2021 e il 2030, i traguardi dell'Unione per il 2030 in materia di energia e di clima".

In tale contesto, l'Italia ha definito il proprio Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC - https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf), con il quale vengono stabiliti gli obiettivi nazionali al 2030 sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di gas serra.

Nell'ambito del *Green Deal* europeo, nel settembre 2020 la Commissione ha proposto di elevare l'obiettivo di riduzione delle emissioni al 2030 ad almeno il 55% rispetto ai livelli del 1990, includendo anche gli assorbimenti del settore LULUCF, nell'ottica di raggiungere la neutralità emissiva entro il 2050 come stabilito nella recente *Long Term Strategy* della Commissione Europea. In tale contesto, si collocano anche le Strategie nazionali di decarbonizzazione al 2050 che gli Stati membri devono adottare ai sensi dell'articolo 15 del Regolamento *Governance*. L'Italia ha adottato la propria Strategia nazionale di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra (LTS - https://www.mite.gov.it/sites/default/files/lts_gennaio_2021.pdf) nel gennaio 2021 individuando i possibili percorsi utili a raggiungere entro il 2050 una condizione di equilibrio tra le emissioni di gas serra e gli assorbimenti di CO₂, con l'eventuale ricorso a sistemi di cattura e stoccaggio geologico o riutilizzo della stessa. Sul piano operativo la Strategia italiana è stata elaborata in continuità con il PNIEC sotto il coordinamento dei Ministeri della Transizione Ecologica, dello Sviluppo Economico, delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili e delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali.

La Direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (anche nota come RED II¹), costituisce un importante aggiornamento del quadro normativo in materia. Risultano di interesse, come riferimento per le linee guida:

- l'art. 29, comma 2, che chiarisce "I biocarburanti, i bioliquidi e i combustibili da biomassa prodotti a partire da rifiuti e residui provenienti non da terreni forestali bensì agricoli sono presi in considerazione ai fini di cui al comma 1, lettere a), b) e c), solo se gli operatori o le autorità nazionali dispongono di piani di monitoraggio o di gestione dell'impatto sulla qualità del suolo e sul carbonio nel suolo. Le informazioni relative alle modalità di monitoraggio e di gestione dell'impatto sono comunicate conformemente all'articolo 30, paragrafo 3.
- l'art. 100 che stabilisce "Le materie prime di origine agricola destinate alla produzione di biocarburanti, bioliquidi e combustibili da biomassa dovrebbero essere prodotte utilizzando pratiche coerenti con la protezione della qualità del suolo e del carbonio organico ivi contenuto. La qualità del

¹ Il testo della RED II è scaricabile al sito: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001>

suolo e il carbonio nel suolo dovrebbero pertanto essere inclusi nei sistemi di monitoraggio degli operatori o delle autorità nazionali.”

La Direttiva è stata recepita dall'Italia con il decreto legislativo n. 199 del 2021; il decreto ha lo scopo di accelerare la transizione dai combustibili tradizionali alle fonti rinnovabili. Esso individua strumenti calibrati sulla base dei settori d'uso, delle tipologie di interventi e della dimensione degli impianti, con un approccio che mira al contenimento del consumo di suolo e dell'impatto paesaggistico e ambientale, comprese le esigenze di qualità dell'aria. L'approccio per le autorizzazioni è quello della semplificazione e di una partecipazione positiva degli enti preposti al rilascio delle autorizzazioni tramite un percorso condiviso di individuazione di aree idonee. Per gli incentivi la scelta è quella di introdurre una forte semplificazione nell'accesso ai meccanismi e, al contempo, fornire una maggiore stabilità tramite l'introduzione di una programmazione quinquennale, al fine di favorire gli investimenti nel settore. La realizzazione delle infrastrutture necessarie per la gestione delle produzioni degli impianti a fonti rinnovabili ha un ruolo centrale e infatti il documento prevede un'accelerazione nello sviluppo della rete elettrica e della rete gas e semplificazioni per la realizzazione degli elettrolizzatori alimentati da fonti rinnovabili. Il testo prevede altresì una serie di disposizioni nell'ottica del *Green Deal* europeo, necessarie per dare attuazione alle misure del PNRR in materia di energie rinnovabili, con la finalità di individuare un insieme di misure e strumenti coordinati, già orientati all'aggiornamento degli obiettivi nazionali in seguito alla modifica della legge europea sul clima, in attuazione del pacchetto "*Fit for 55*".

Di particolare importanza, per le finalità del presente rapporto è l'art. 42 dove vengono individuati i “Criteri di sostenibilità e di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra per i biocarburanti, i bioliquidi e i combustibili da biomassa; in particolare:

- il comma 4 indica che i criteri di cui al comma 1, lettere a) “criteri di sostenibilità di cui ai commi da 5 a 10” e c) “criteri di efficienza energetica di cui ai commi 13 e 14” non si applicano con riferimento a: a) biocarburanti, bioliquidi e combustibili da biomassa prodotti a partire da rifiuti e residui diversi dai residui dell'agricoltura, dell'acquacoltura, della pesca e della silvicoltura; b) rifiuti e residui che sono stati trasformati in un prodotto prima di essere trattati per ottenere biocarburante, bioliquido o combustibile da biomassa – (Criteri di sostenibilità)
- il comma 6 definisce la necessità delle linee guida: “Nel caso di biocarburanti, bioliquidi e combustibili da biomassa prodotti a partire da rifiuti e residui provenienti da terreni agricoli, gli operatori economici che li producono dispongono di piani di monitoraggio o di gestione dell'impatto sulla qualità del suolo e sul carbonio nel suolo, redatti in base a linee guida adottate con decreto non regolamentare del Ministero della transizione ecologica (MiTE) entro 90 giorni dalla pubblicazione del presente decreto, su proposta dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Le informazioni relative al rispetto di tali piani di monitoraggio e di gestione sono comunicate a ISPRA.”
- il comma 7 prevede che “I biocarburanti, i bioliquidi e i combustibili da biomassa provenienti dall'agricoltura non devono essere prodotti a partire da materie prime ottenute su terreni che presentano un elevato valore in termini di biodiversità,”
- il comma 8 stabilisce che “I biocarburanti, i bioliquidi e i combustibili da biomassa provenienti dall'agricoltura non devono essere prodotti a partire da materie prime ottenute su terreni che presentano elevate scorte di carbonio”
- il comma 9 dispone che “I biocarburanti, i bioliquidi e i combustibili da biomassa provenienti dall'agricoltura non devono essere prodotti a partire da materie prime ottenute su terreni che erano torbiere nel gennaio 2008”

2. INDICAZIONI SUGLI ASPETTI INERENTI ALLA GESTIONE AGRICOLA DEL SUOLO

2.1. Il suolo

Il suolo è lo strato superiore della crosta terrestre formato da componenti minerali, sostanza organica (*humus*), acqua, aria e organismi viventi. Esso è un sistema complesso in continuo dinamismo ed è il risultato dell'interazione di fattori sia abiotici che biotici, detti anche fattori di "formazione del suolo" o "pedogenetici". Questi possono essere di natura meccanica, chimica o biologica, e vengono distinti in: clima, materiale parentale, geomorfologia, organismi viventi e tempo.

Variazioni di temperatura, umidità, precipitazioni e velocità e intensità del vento incidono sui tempi di disaggregazione delle rocce e di decomposizione della materia organica, sulla perdita di sostanze nutritive e sulla quantità e variabilità di specie presenti nel suolo. Il materiale parentale: la natura del substrato roccioso, è di fondamentale importanza in quanto la componente minerale del suolo deriva direttamente dall'alterazione fisica e chimica della roccia madre. A seconda del tipo di roccia, le particelle prodotte avranno dimensioni e caratteristiche che dipenderanno dalla composizione mineralogica della roccia di origine.

La geomorfologia: le forme e le caratteristiche della superficie terrestre hanno un ruolo molto importante nella formazione di un suolo. Per esempio, la diversa esposizione dei versanti di una montagna può influire su temperatura e umidità o la pendenza dei versanti può innescare fenomeni di erosione.

Gli organismi viventi: le piante e gli animali svolgono un ruolo importante nel processo di formazione del suolo. Gli organismi contribuiscono alla disaggregazione fisica del suolo, alterando e trasformando il substrato roccioso, e portando alla formazione delle particelle minerali.

Il tempo: il processo di formazione del suolo è molto lento. Più è lungo il tempo in cui i fattori di formazione agiscono, maggiore è lo sviluppo del suolo e più marcate sono le sue caratteristiche morfologiche.

L'interazione di questi fattori conferisce al suolo il suo assetto fisico e le conseguenti caratteristiche chimiche, meccaniche e idrologiche. Le proporzioni relative di sabbia, limo e argilla determinano la sua tessitura, mentre la distribuzione percentuale di queste particelle è indicativa di altre proprietà del suolo come lo stoccaggio di acqua, il drenaggio e la fornitura di sostanze nutritive.

La grande variabilità dei fattori pedogenetici si riflette in una forte differenziazione dei suoli nello spazio. Il territorio italiano, caratterizzato da una grande complessità climatica, litologica e morfologica, documenta una forte variabilità dei tipi di suolo presenti anche a scala locale: in pochi metri possono cambiare colore, umidità, consistenza, parametri fisico-chimici e microrganismi presenti.

Questa eterogeneità orizzontale si manifesta anche lungo la dimensione verticale, essendo il suolo organizzato in orizzonti. Gli orizzonti sono identificati con delle lettere e ognuno di questi ha proprie caratteristiche e spessori variabili che vanno da pochi centimetri fino ad alcuni metri.

L'orizzonte O è lo strato superiore del suolo costituito principalmente da un accumulo di materiale organico come foglie, aghi e ramoscelli, spesso colonizzati da muschi e licheni, e con poche particelle minerali.

L'orizzonte A è lo strato ricco di materiale organico umificato mischiato alla componente minerale. Spesso è la parte più fertile del suolo.

L'orizzonte E è di colore chiaro a causa del fatto che molte sostanze sono state allontanate per eluviazione. Questo processo si verifica quando nutrienti, minerali e sostanze organiche solubili vengono trasportate verso gli orizzonti più profondi dalle soluzioni che si muovono attraverso il suolo.

L'orizzonte B è lo strato che contiene meno sostanza organica rispetto all'orizzonte A. Si può formare attraverso l'accumulo di minerali eluviati dagli orizzonti A ed E. L'orizzonte B rappresenta il limite inferiore del *solum* (l'insieme degli orizzonti A e B), cioè lo spessore di suolo maggiormente colonizzato dalle radici e dagli animali.

L'orizzonte C è l'orizzonte che si trova tra il *solum* e la roccia madre sottostante ed è meno influenzato dai processi pedogenetici.

L'orizzonte R è l'orizzonte formato dalla roccia madre, o materiale parentale, che si trova alla base del suolo.

Le proprietà chimiche, fisiche e biologiche variano da suolo a suolo ed anche tra i diversi orizzonti all'interno dello stesso suolo. In base alle dimensioni delle particelle minerali che compongono il suolo, e ne costituiscono la parte non vivente, è possibile distinguere:

- sabbia, particelle con un diametro che va da 2 mm a 0,02 mm
- limo, particelle con un diametro che va da 0,02 mm a 0,002 mm
- argilla, particelle con un diametro inferiore a 0,002 mm

La dimensione delle particelle influenza le proprietà del suolo. Per esempio, la presenza di particelle sabbiose favorisce il drenaggio del suolo. La composizione percentuale delle tre frazioni si chiama "tessitura del suolo".

Nell'architettura interna di un suolo un ruolo chiave è giocato dalla sostanza organica che rappresenta il vero *trait d'union* tra le sue caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche. La sostanza organica del suolo è formata da tessuti vegetali e animali a diversi stadi di decomposizione ed è costituita da molecole più o meno complesse di diversi elementi, prevalentemente carbonio, azoto, ossigeno, idrogeno ed in misura minore fosforo, potassio, zolfo, ferro, ecc. Lo stadio ultimo di decomposizione porta alla formazione delle sostanze umiche, in cui i tessuti sono completamente disfatti e irricognoscibili. Le sostanze umiche, e la sostanza organica del suolo in generale, influiscono su molte delle caratteristiche del suolo stesso, come ad esempio la fertilità. La sostanza organica del suolo, infatti, è fonte indispensabile di molti nutrienti essenziali per la crescita e il sostentamento delle piante, con ricadute importanti per la salute del suolo e per tutti gli organismi, animali e vegetali, che lo abitano.

Le particelle minerali e la sostanza organica sono organizzate in strutture dette "aggregati" che possono variare in forma e dimensioni e vanno a costituire la struttura del suolo. I diversi orizzonti del suolo hanno differenti strutture. I pori che circondano i singoli aggregati si chiamano "macro-pori", attraverso essi possono passare l'acqua, l'aria, gli animali e le radici. I pori all'interno degli aggregati, invece, si chiamano "micro-pori" e contengono acqua e sostanze nutritive. Una struttura del suolo in buone condizioni contiene macro-pori e micro-pori, cosicché possano essere presenti aria, acqua e sostanze nutritive necessarie alla sopravvivenza delle piante e degli organismi che vivono nel suolo.

2.2. Coltivazioni agricole e suolo agrario

Secondo la classificazione utilizzata da ISTAT per le indagini e le statistiche sulla Struttura e Produzione delle aziende agricole le tipologie di colture possono essere raggruppate in tre principali categorie: Seminativi; Foraggiere permanenti - Prati permanenti e pascoli; Coltivazioni legnose agrarie.

Seminativi

Sono considerate seminativi le colture di piante erbacee, soggette all'avvicendamento colturale che prevede una durata delle coltivazioni non superiore a cinque anni.

Tra le colture appartenenti a questa categoria troviamo: cereali (frumento tenero e spelta; frumento duro; segale; orzo; avena; mais; riso; sorgo; triticale; ecc.); legumi; patata; barbabietola da zucchero; piante sarchiate da foraggio; ortive; piante industriali (tabacco; piante tessili; colza e ravizzone; girasole; soia e altre piante di semi oleosi; piante aromatiche, medicinali, spezie e da condimento, ecc.); foraggiere temporanee o avvicendate; fiori; piantine; sementi; terreni a riposo.

Foraggiere permanenti - Prati permanenti e pascoli

Sono considerate prati permanenti e pascoli le coltivazioni foraggiere erbacee fuori avvicendamento che occupano il terreno per un periodo superiore a cinque anni. Sono definite Prati permanenti quando il foraggio viene, di norma, raccolto mediante falciatura e Pascoli quando il foraggio viene utilizzato,

di regola, soltanto dal bestiame pascolante.

Tra le tipologie appartenenti a questa categoria troviamo: prati permanenti (utilizzati); pascoli naturali; pascoli magri; prati permanenti e pascoli non più destinati alla produzione, ammessi a beneficiare di aiuti finanziari.

Coltivazioni legnose agrarie

Coltivazioni fuori avvicendamento, che occupano il terreno per più di cinque annate e forniscono raccolti ripetuti.

Tra le coltivazioni appartenenti a questa categoria troviamo: vite (vite per la produzione di uva da vino DOP e/o IGP; vite per la produzione di uva per altri vini; vite per la produzione di uva da tavola; viti non innestate); olivo per la produzione di olive da tavola e da olio e coltivazioni fruttifere (mela; pera; pesca; nettarina-pesca noce; albicocca; ciliegia; susina; fico e altra frutta fresca di origine temperata; kiwi e altra frutta fresca di origine sub-tropicale; mandorla; nocciola; prodotti del castagno; noce e altra frutta a guscio).

Ogni pianta si adatta e cresce meglio su un determinato tipo di suolo piuttosto che su un altro.

Il suolo agricolo è il risultato delle trasformazioni del suolo naturale operate dall'uomo per renderlo adatto alla coltivazione delle piante.

Il suolo agricolo viene suddiviso in due strati:

- Strato attivo, direttamente interessato allo sviluppo delle radici delle piante. È soffice e ben aerato, ricco di *humus* e di organismi viventi: batteri, funghi, protozoi, animali invertebrati (come i lombrichi, ecc.);
- Strato inerte, più compatto, più povero di ossigeno e più ricco di componenti minerali provenienti dallo strato superficiale, trasportati dall'acqua piovana che cola in profondità (acqua dilavante).

La fertilità del suolo agricolo, cioè la sua capacità di produrre prodotti agricoli, è caratterizzata dalle condizioni fisiche, chimiche e biologiche e condizionata dalle tecniche agronomiche adottate (lavorazioni, concimazione, irrigazione e altre scelte culturali).

Una componente importante è la presenza di sostanza organica, rappresentata principalmente da composti organici costituiti da organismi viventi di origine animale e vegetale e da residui in diversi stadi di decomposizione e di trasformazione.

2.3. Pratiche agronomiche e di gestione del suolo

La dotazione qualitativa e quantitativa di sostanza organica nei suoli agricoli è influenzata da aspetti pedoclimatici (pH, tessitura, umidità e capacità di scambio cationica dei suoli), dalla struttura e funzionalità della biodiversità (macro e micro) che essi ospitano e dalle pratiche agronomiche e di gestione del suolo adottate nel contesto delle attività agricole.

Le ragioni per cui buone dotazioni di sostanza organica nei terreni agricoli sono utili ai fini agronomici si possono riassumere in:

- regolazione dei cicli dei nutrienti e dell'acqua e maggiore resilienza;
- miglioramento della struttura del terreno e maggiore stabilità della stessa;
- incremento della biodiversità del suolo e dei benefici connessi (ad es.: mantenimento della fertilità nel tempo, *turnover* sostanza organica e nutrienti, degradazione degli inquinanti).

Di seguito si riporta la individuazione di 4 sistemi di gestione dell'azienda agricola, quale elemento necessario da prendere in considerazione per la stima con approccio modellistico del contenuto di carbonio organico medio del suolo agrario di riferimento (paragrafo 3.3).

Produzione biologica

Disciplinata dal Regolamento 848/2018 del Parlamento Europeo e del Consiglio² e dai relativi regolamenti di esecuzione della Commissione, in primo luogo il Regolamento 1584/2018³, è un sistema di gestione dell'azienda agricola e di produzione alimentare (preparazione e trasformazione dei prodotti agricoli destinati ad essere utilizzati come alimenti) che impiega esclusivamente sostanze e procedimenti naturali. La gestione colturale prevede l'adozione di più tecniche produttive in grado di conservare la naturale fertilità del suolo agrario, di fornire nutrienti vegetali e di controllare erbe infestanti e parassiti. Inoltre, prevede l'uso di residui colturali, scarti organici e concimi di origine animale per la nutrizione delle piante e per migliorare i caratteri chimico-fisici del suolo.

Produzione integrata

Istituita con la legge n. 4 del 3 febbraio 2011⁴ e il decreto ministeriale 4890/8 maggio 2014⁵, il Sistema di Qualità Nazionale di Produzione Integrata (SQNPI) assicura che le attività agricole e zootecniche siano gestite in conformità a norme tecniche rappresentate nei disciplinari di produzione integrata redatti a livello regionale. Le norme tecniche stabilite per la fase di coltivazione sono finalizzate a ridurre al minimo l'uso delle sostanze chimiche di sintesi e a razionalizzare la fertilizzazione, nel rispetto dei principi ecologici, economici e tossicologici.

Agricoltura conservativa

Non esistono norme tecniche di attuazione. Il riferimento tecnico normativo più idoneo sono le pratiche conservative nella conduzione dei suoli previste nel contesto delle misure Agro-Climatiche-Ambientali (ACA) della Politica Agricola Comune (PAC), adattate alle caratteristiche pedo-climatiche locali e beneficiarie, su base regionale, dei finanziamenti comunitari messi a disposizione attraverso il Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale (FEASR). La norma comunitaria più recente è il Regolamento (UE) 2021/2115 del Parlamento Europeo e del Consiglio⁶ e, per il nostro paese, il Piano Strategico Nazionale (PSN) della PAC 2023-2027⁷. Le principali pratiche agronomiche, con implicazioni positive nel mantenimento/incremento del tenore di sostanza organica nei terreni, sono:

- le tecniche di lavorazione ridotta dei suoli per la preparazione del letto di semina e per la lotta alle infestanti, che escludono l'inversione degli strati di suolo;
- l'incremento della copertura vegetale del suolo agrario, tramite la gestione dei residui colturali e, nei seminativi, le colture di copertura o le tecniche di trasemina. Nelle colture arboree l'inerbimento totale o parziale, in questa seconda eventualità le lavorazioni del terreno sono limitate lungo i filari arborei;
- la diversificazione delle colture, tramite l'avvicendamento delle specie agrarie coltivate in una data porzione di suolo agrario;
- apporto diretto di sostanza organica, come principale contributo di elementi nutritivi in alternativa ai fertilizzanti di sintesi, nel rispetto dei fabbisogni colturali e delle dotazioni del terreno. I substrati organici ammissibili sono disciplinati dal Regolamento (UE) 2019/1009⁸ del Parlamento Europeo e del Consiglio e secondo quanto stabilito dal D.Lgs 29 aprile 2010, n. 75 e s.m.i.⁹

Agricoltura convenzionale

Prevede il ricorso anche intensivo alle lavorazioni meccaniche del suolo agrario e ai prodotti chimici di sintesi nonché la ripetizione per due o più anni della coltivazione di una specie agraria sullo stesso appezzamento. Non è disciplinata dagli impegni obbligatori dell'agricoltura biologica e della produzione integrata ed esclude l'adozione ordinaria delle tecniche agronomiche dell'agricoltura conservativa, quali la lavorazione ridotta e l'incremento della copertura vegetale del suolo agrario, la rotazione e diversificazione delle colture e l'apporto di fertilizzanti e/o ammendanti in forma organica.

La tabella 1 mette in relazione le tipologie colturali (paragrafo 2.2) con i sistemi di gestione e le principali pratiche agronomiche e aspetti normativi di pertinenza.

² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/LSU/?uri=CELEX%3A32018R0848>

³ https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2018/1584/oj/ita

⁴ <https://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/16549>

⁵ <https://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/16550>

⁶ EUR-Lex - 32019R2115 - EN - EUR-Lex (europa.eu)

⁷ <https://www.politicheagricole.it/>

⁸ EUR-Lex - 32019R1009 - EN - EUR-Lex (europa.eu)

⁹ DECRETO LEGISLATIVO 29 aprile 2010, n. 75 - Normattiva

Tabella 1 – Tipologie colturali e sistemi di gestione

Tipologie colturali	Sistemi di gestione	Pratiche agronomiche di riferimento	Principale normativa di riferimento
Seminativi	Convenzionale	Utilizzo ordinario di prodotti chimici di sintesi e ricorso ordinario alla lavorazione meccanica del suolo agrario, con frequente inversione degli strati di suolo agrario. Prevalenza di metodi irrigui a bassa efficienza (aspersione, scorrimento e infiltrazione laterale).	
	Produzione integrata	Limitato impiego dei mezzi tecnici con ricadute negative sull'ambiente e sulla salute dei consumatori, tramite adozione volontaria delle pratiche agronomiche definite nei disciplinari tecnici redatti a livello regionale.	Direttiva (CE) 128/2009 Legge n. 4 del 3 febbraio 2011 Decreto ministeriale 4890/8 maggio 2014
	Produzione biologica	Impiego esclusivo di sostanze e procedimenti naturali nonché adozione dell'avvicendamento colturale quale principale pratica agronomica.	Regolamento 848/2018 del Parlamento Europeo e del Consiglio e relativi regolamenti di esecuzione della Commissione, in primo luogo il Regolamento 1584/2018
	<i>Set aside</i>	Sistema agricolo che promuove il minimo disturbo del suolo, il mantenimento di una copertura permanente del suolo e la diversificazione delle specie vegetali	
	Conservativa	Adozione di tecniche di lavorazione minima del suolo agrario, copertura permanente del suolo (<i>cover crops</i>), diversificazione delle specie vegetali e frequente ricorso alla concimazione organica.	
Coltivazioni legnose agrarie	Convenzionale	Utilizzo ordinario di prodotti chimici di sintesi e ricorso ordinario alla lavorazione meccanica del suolo agrario.	
	Produzione integrata	Limitato impiego dei mezzi tecnici con ricadute negative sull'ambiente e sulla salute dei consumatori, tramite adozione volontaria delle pratiche agronomiche definite nei disciplinari tecnici redatti a livello regionale.	Direttiva (CE) 128/2009 Legge n. 4 del 3 febbraio 2011 Decreto ministeriale 4890/8 maggio 2014
	Produzione biologica	Impiego esclusivo di sostanze e procedimenti naturali	Regolamento 848/2018 del Parlamento Europeo e del Consiglio e relativi regolamenti di esecuzione della Commissione Regolamento 1584/2018
Foraggiere permanenti - Prati permanenti e pascoli	Conservativa	Inerbimento continuativo totale o parziale, con lavorazione del suolo agrario eventualmente limitate lungo i filari arborei e gestione agronomica dei residui agricoli.	

Nel *box* sottostante, si riporta un esempio delle informazioni che dovrebbero essere fornite dall'operatore economico in merito alla descrizione dell'area agricola sottoposta ad intervento.

BOX - Esempio di descrizione dell'area agricola

L'intervento verrà effettuato su un'area di 10 ettari nella provincia di Piacenza. L'area è coltivata a mais (3 ettari, coltivato con pratica ordinaria) e i restanti 7 ettari sono occupati da un pescheto, coltivato in regime biologico.

2.4. Tipologia di residui prodotti e possibile descrizione della destinazione di uso energetico

La Direttiva 2018/2001/UE all'Allegato IX fornisce un elenco di categorie di rifiuti e residui che possono essere destinati alla produzione di biogas per il trasporto e per biocarburanti avanzati. In Tabella 2 si riportano alcuni esempi, non esaustivi, di residui e rifiuti provenienti da terreni agricoli.

Tabella 2 – *Elenco non esaustivo dei rifiuti e dei residui compresi nell'allegato IX della Direttiva 2018/2001/UE*

Categoria dell'Allegato IX della Direttiva 2018/2001/UE	Sottocategorie ed esempi di residui/rifiuti
Parte A d)	Residui e rifiuti di frutta/verdure (Solo code, foglie, gambi e bucce)
Parte A d)	Gusci di chicchi, <i>silverskin</i> e polvere: cacao, caffè
Parte A p)	Conchiglie/bucce e derivati: gusci di soia
Parte A e)	Paglia
Parte A p)	Residui della raccolta agricola
Parte A q)	Fronde di palma, tronco di palma
Parte A q)	Alberi danneggiati
Parte A q)	Steli di granturco, pule e gusci

Il residuo è un rifiuto se rispondente alla definizione di cui alla lettera a) comma 1 dell'art. 183 della Parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006, oppure, ai sensi della lettera f) art. 185 del d.lgs. 152/06, è escluso dall'ambito di applicazione della disciplina sui rifiuti ovvero può ritenersi un sottoprodotto qualora rispetti le condizioni di cui all'art. 184-bis del citato decreto.

3. PIANO DI MONITORAGGIO DEL CONTENUTO DI CARBONIO NEL SUOLO

3.1 Metodologie di monitoraggio

Il carbonio organico (Corg) costituisce circa il 60% della sostanza organica presente nei suoli e svolge un'essenziale funzione positiva su molte proprietà del suolo. Deriva dalla decomposizione delle componenti vegetali e animali presenti sul terreno, mediata dagli organismi detritivori e decompositori. È composto da materiali eterogenei e diversificati come frammenti di lettiera vegetale, radici vegetali e fauna, biomassa microbica, metaboliti microbici e altri composti organici come zuccheri e polisaccaridi.

Rappresenta solo una piccola percentuale del suolo (1-5%) ed è fondamentale nel controllare molte delle proprietà chimico, fisiche e biologiche, risultando il costituente più importante e l'indicatore chiave del suo stato di qualità.

Il carbonio organico del suolo è un indicatore di salute del suolo anche perché è determinante nel regolare alcune funzioni di questa componente ambientale come la capacità di ritenzione idrica, porosità e permeabilità, la capacità di scambio cationico, la biomassa e diversità della comunità microbica e le attività enzimatiche.

Il contenuto medio di carbonio organico nel suolo (*Soil Organic Carbon*– SOC) nell'area utilizzata deve essere calcolato prima dell'intervento previsto, per definire il livello di riferimento (SOC₀).

Nel caso in cui sia stato effettuato un campionamento del carbonio organico nel suolo, così come descritto nei successivi paragrafi, si potrà definire il SOC medio sulla base dei campioni raccolti e della procedura esplicitata nel par. 3.2.

In assenza di un campionamento, il contenuto medio di carbonio organico nel suolo nell'area utilizzata potrà essere stimato ricorrendo a modelli ed equazioni come quelli descritti nel paragrafo 3.3.

3.2. Campionamento del suolo

Il carbonio organico nel suolo viene misurato per determinare la fertilità e la produttività in un determinato momento e si calcola come massa di carbonio su massa di suolo (g/kg). In particolare, lo *stock* di Corg deve essere espresso come quantità di carbonio organico stoccato per unità d'area.

Va campionato un volume noto di suolo e va riferito alla densità apparente, che può essere ricavata dalla frazione fine e dalla frazione grossolana.

3.2.1 Modalità di campionamento e numero di campioni

Il campionamento deve essere effettuato prima dell'apporto di fertilizzanti al terreno agrario e almeno due mesi dopo l'attività di raccolta del prodotto agricolo.

I campionamenti vanno ripetuti sempre nello stesso periodo dell'anno, con frequenza annuale, per un intervallo minimo di tre anni.

Dopo aver rimosso il materiale superficiale, il campionamento deve raggiungere una profondità massima di 30 cm (IPCC, 2006).

Il suolo va campionato utilizzando il metodo AFRSS (*Area Frame Randomised Soil Sampling* - campionamento di suolo randomizzato) sviluppato dal JRC (<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-sampling-protocol-certify-changes-organic-carbon-stock-mineral-soils-european-union>). Secondo questo metodo l'intera area viene suddivisa in una griglia costituita da 100 celle numerate in modo randomizzato. Ogni cella della griglia rappresenta un potenziale sito di campionamento, all'interno della quale si possono scegliere dei sotto campioni dai quali poi si raccoglie un campione composito pari a 1 kg di suolo.

Il numero dei campionamenti può essere realizzato a larga scala o localmente, a seconda dell'obiettivo del piano di monitoraggio, secondo lo schema rappresentato nella successiva tabella n. 3

Tabella 3 – Numero minimo di siti di campionamento in relazione alle dimensioni del sito

Dimensione del sito	Numero dei siti di campionamento
<5 ha	3
5-10 ha	4
10-25 ha	5
25 ha	6

3.2.2 Piano di monitoraggio e protocollo di campionamento

Le procedure di campionamento possono essere definite con modalità probabilistiche o su giudizio esperto.

Le prime si basano su un campionamento randomico all'interno del sito che permette a ciascuna unità di avere la stessa probabilità di essere inclusa nel campione finale. Il campionamento con giudizio esperto si basa sulle conoscenze dell'operatore che sceglie le unità da campionare e determina il valore finale del carbonio organico sulla base di queste.

Per la determinazione del contenuto di carbonio organico del suolo viene prediletta la modalità di campionamento probabilistica per i seguenti motivi:

- consente di misurare l'incertezza associata con le stime;
- permette di ottenere risultati riproducibili con incertezze limitate;
- rende possibile applicare tecniche statistiche appropriate
- è in grado di gestire criteri di errore di natura decisionale;
- necessita dello sviluppo di un modello concettuale adeguato.

Con maggiore dettaglio, il campionamento probabilistico può essere eseguito secondo le seguenti modalità:

1. Casuale semplice: ogni unità della popolazione di sotto-campioni ha la medesima probabilità di fare parte del campione finale. La selezione delle unità avviene attraverso l'estrazione di numeri casuali fino al raggiungimento della dimensione del campione fissata. Metodo di semplice concezione e facile applicazione.

2. Sistematico: metodo utile quando si vuole determinare le correlazioni spaziali e temporali tra campioni raccolti a regolari intervalli di spazio e tempo. Il campionamento consiste nella selezione casuale di una certa porzione di suolo come punto di partenza, mentre i restanti punti vengono selezionati a intervalli regolari su un'area (griglia) o su un tempo su base sistematica. Questo metodo garantisce una buona copertura della popolazione *target* e un'elevata precisione di dati raccolti.

3. Stratificato: questo metodo viene utilizzato in caso di popolazioni ampie caratterizzate da numerose unità. La popolazione *target* è suddivisa in strati omogenei e non sovrapposti, utilizzando una variabile come criterio di stratificazione. Questo metodo è utilizzato quando è difficile numerare tutte le unità. Il numero dei campioni sarà direttamente proporzionale alle dimensioni dell'area oggetto di indagine e del tipo di colture che sulla stessa insistono.

Il sito di campionamento deve avere lo stesso tipo di suolo e la stessa storia di gestione in termini di lavorazione del terreno e *input* di carbonio al suolo.

I terreni possono essere accorpati in termini di tipo di suolo e caratteristiche climatiche.

Se un'area del sito è diversa dall'altra a causa di fattori pedoclimatici e agronomici, è quindi necessario individuare più siti di campionamento in modo da ridurre la variabilità e ottenere dati affidabili.

La scelta del sito da campionare dipende dalle caratteristiche del suolo e dalle pratiche agronomiche che incrementano lo *stock* di carbonio. Il sito viene scelto sulla base dei seguenti parametri:

1. Identificazione di tutte le aree agricole idonee alle coltivazioni per ricavare sottoprodotto per generare biocarburanti
2. Valutazione dell'omogeneità delle caratteristiche del suolo da dati cartografici che riportino dati pedologici e in particolare tessitura del suolo, pH, capacità idriche, uso del suolo, etc.

Aree da escludere dai campionamenti:

- Ex torbiere e foreste primarie successivamente trasformate in aree agricole
- Aree con anomalie e ostacoli naturali o antropogenici

I siti scelti per il campionamento devono essere mappati e identificati mediante coordinate GPS.

L'obiettivo finale del campionamento è definire l'eterogeneità spaziale della distribuzione del carbonio organico nel sito agricolo e questa può essere monitorata con una specifica frequenza e densità di campionamento, e con una pianificazione del campionamento nel tempo.

3.2.3 Misura del carbonio organico nel suolo

I campioni raccolti devono essere essiccati al più presto per non influenzare i valori finali, quindi se non è possibile farlo, devono essere conservati al frigo al buio per ridurre l'attività microbica.

Secondo accordi internazionali, il campione poi va setacciato al passante dei 2 mm e il Corg va misurato su questa frazione perché su quella più grossolana la sua percentuale è trascurabile.

Secondo il D.M. 13 settembre 1999, n. 185 "Metodi ufficiali di Analisi chimica del Suolo" esistono tre metodi per determinare il carbonio organico del suolo.

1. Analizzatore elementale: Il campione viene preventivamente acidificato per eliminare carbonati e bicarbonati ed essiccato a 65°C per tre ore. I gas prodotti dall'ossidazione completa del Corg ne indicano il contenuto;

2. Metodo Springer Klee: il carbonio organico viene ossidato completamente a SO₂ con una soluzione di dicromato di potassio e in presenza di acido solforico. La quantità di dicromato di potassio che non ha reagito viene determinata con una titolazione con solfato ferroso;

3. Metodo Walkley Black: il carbonio organico è ossidato a CO₂ con dicromato di potassio in presenza di acido solforico, in condizioni standardizzate. Il valore del Corg è espresso in g kg⁻¹.

Utile è anche misurare la densità apparente del suolo, che rappresenta la massa per unità di volume del suolo e riflette la struttura del suolo sulla base della qualità e la proporzione tra la frazione organica e quella minerale. Questo parametro varia tra 0.8 e 2.0 kg dm⁻³

Vanno raccolti con un cilindro metallico di volume noto campioni indisturbati di suolo e posti poi in un sacchetto di plastica per eliminare l'eccesso d'aria ed infine pesato dopo essiccazione a 105°C.

Per determinare lo *stock* di carbonio organico è necessario venire a conoscenza dei seguenti parametri:

- Concentrazione di carbonio organico nella frazione fine
- Densità apparente del suolo
- Profondità di campionamento
- Frazione minerale grossolana

L'equazione per la misura dello *stock* di carbonio è:

$$STOCK_{SITE} = \left(\frac{C_{ORG} \times DA \times T \times (1 - F)}{100} \right)$$

dove

- *Stock* è lo *stock* di carbonio espresso in mg di C/Ha
- Corg è il contenuto di carbonio organico (g C/kg)
- DA è la densità apparente del suolo
- F è il volume di frazione minerale grossolana in m³/m³ x 100
- T è lo spessore del suolo campionato (m)

3.3 Definizione del contenuto di carbonio organico medio nel suolo dell'area utilizzata

Il contenuto medio di carbonio organico nel suolo (*Soil Organic Carbon*– SOC) nell'area utilizzata deve essere calcolato prima dell'intervento previsto, per definire il livello di riferimento (SOC₀).

Nel caso in cui sia stato effettuato un campionamento del carbonio organico nel suolo, così come descritto nel capitolo 3, si potrà definire il SOC medio sulla base dei campioni raccolti e della procedura esplicitata nel par. 3.1.

In assenza di un campionamento, il contenuto medio di carbonio organico nel suolo nell'area utilizzata potrà essere stimato con la seguente equazione:

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} \cdot F_{LU_{c,s,i}} \cdot F_{MG_{c,s,i}} \cdot F_{I_{c,s,i}} \cdot A_{c,s,i})$$

dove

- c, s ed i rappresentano rispettivamente la zona climatica secondo la classificazione IPCC, il tipo di substrato pedologico secondo la classificazione IPCC e l'insieme dei sistemi di gestione che caratterizzano il territorio in cui è stato stimato lo *stock* di carbonio nel suolo;
- SOC_{REF} è il valore di riferimento dello *stock* di carbonio (tonnellate di carbonio ad ettaro) stimato per la vegetazione nativa (o potenziale) dell'area;
- F_{LU} è il fattore di conversione riferito alle classi (o sottoclassi) di uso del suolo (adimensionale);
- F_{MG} è il fattore di conversione riferito alle pratiche gestionali (adimensionale);
- F_I è il fattore di conversione riferito alle tipologie di *input* di sostanza organica (adimensionale);
- A è la superficie dello strato considerata (ettari).

I valori di SOC_{REF}, riportati in tabella 4, sono riferiti all'intervallo di profondità 0-30 cm, così come riportati nelle Linee Guida IPCC del 2006 (IPCC, 2006, vol.4, cap.2, tab. 2.3).

Tabella 4 - Valori di default per SOC_{REF} (valore di riferimento dello stock di carbonio, $t C ha^{-1}$)

Regione climatica	HAC ¹	LAC ²	Sabbioso ³	Spodic soil ⁴	Suoli vulcanici ⁵	Wetland soils ⁶
Temperata freddo, secco	50	33	34	NA	20	87
Temperata freddo, umido	95	85	71	115	130	87
Temperata caldo, secco	38	24	19	NA	70	88
Temperata caldo, umido	88	63	34	NA	80	88

¹ i terreni con minerali argillosi ad alta attività (HAC) sono terreni da leggermente a moderatamente alterati, dominati da argilla silicatica 2:1 minerali

² i terreni con minerali argillosi a bassa attività (LAC) sono suoli molto alterati, dominati da minerali argillosi 1:1 e ferro amorfo e Ossidi di alluminio

³ include tutti i suoli (indipendentemente dalla classificazione tassonomica) con > 70% di sabbia e < 8% di argilla, sulla base di analisi tessiture standard

⁴ suoli che presentano una forte podzolizzazione

⁵ terreni derivati da ceneri vulcaniche con mineralogia allofanica

⁶ suoli con drenaggio limitato che portano a periodiche inondazioni e condizioni anaerobiche

I fattori di conversione per classi di uso del suolo, pratiche gestionali ed *input* di sostanza organica sono riportati in tabella 5.

Tabella 5 - Fattori di conversione per classi di uso del suolo, pratiche gestionali ed *input* di sostanza organica

Pratica gestionale	F _{LU}		F _{MG}		F _I		
	Umido	Secco	Umido	Secco	Umido	Secco	
colture annuali	Coltivazione ordinaria	0.69	0.8	1	1	0.92	0.95
	Biologico	0.69	0.8	1	1	1.44	1.37
	Integrato	0.69	0.8	1.08	1.02	1	1
	Pratiche conservative	0.69	0.8	1.15	1.1	1.11	1.04
colture arboree	Coltivazione ordinaria	1	1	1	1	1	1
	Biologica	1	1	1.08	1.02	1.44	1.37
	Integrato	1	1	1.08	1.02	0.92	0.95
prati e pascoli	Gestione ordinaria	1	1	1	1	1.11	1.11
	Gestione biologica	1	1	1.14	1.14	1.11	1.11
	Pascolo non gestito	1	1	0.95	0.95	1.11	1.11

In assenza di dati specifici sulle caratteristiche del suolo, è possibile definire lo *stock* di carbonio organico nel suolo medio nell'area utilizzata (SOC_0) sulla base dei dati riportati nelle tabelle 6 e 7, suddivisi per regione amministrativa, tipologia di coltura e pratica gestionale utilizzata. I dati sono riferiti ai primi 30 cm di suolo minerale (cioè privo di lettiera ed orizzonte organico). I dati sono stati stimati a livello regionale secondo la metodologia descritta nei capitoli 6.2 e 6.3 dell'inventario nazionale delle emissioni di gas ad effetto serra, *National Inventory Report* (ISPRA [a], 2022).

Tabella 6 - Contenuto medio di carbonio nel suolo (SOC stock, t C ha⁻¹) per colture annuali ed arboree

Regione	coltivazione ordinaria	colture annuali			colture arboree		
		biologico	integrato	pratiche conservative	coltivazione ordinaria	biologico	integrato
		SOC stock (t C ha ⁻¹)			SOC stock (t C ha ⁻¹)		
Piemonte	49.04	74.86	56.02	65.18	72.91	109.79	71.92
Valle D'Aosta	57.29	89.45	67.07	79.15	89.72	139.09	89.08
Liguria	51.15	78.64	58.89	68.82	77.29	117.47	76.4
Lombardia	52.32	80.88	60.59	71.06	80.06	122.53	79.26
Trentino Alto-Adige	56.84	88.97	66.73	78.87	89.54	139.26	88.97
Veneto	46.88	71.05	53.14	61.55	68.6	102.36	67.53
Friuli - Venezia Giulia	55.94	87.56	65.67	77.62	88.12	137.05	87.56
Emilia - Romagna	40.13	59.6	44.5	50.87	56.17	81.6	54.94
Toscana	38.18	56.43	42.11	47.98	52.88	76.32	51.64
Umbria	46.72	70.81	52.96	61.34	68.37	102.01	67.3
Marche	39.05	57.86	43.18	49.29	54.36	78.72	53.14
Lazio	39.33	58.52	43.69	50.01	55.26	80.48	54.09
Abruzzo	40.97	60.98	45.54	52.13	57.61	83.93	56.39
Molise	32.74	47.67	35.52	40.09	43.94	62.2	42.72
Campania	31.64	45.99	34.26	38.63	42.31	59.75	41.11
Puglia	29.21	42.21	31.43	35.3	38.6	54.07	37.42
Basilicata	30.64	44.37	33.05	37.17	40.67	57.16	39.46
Calabria	34.42	50.34	37.53	42.48	46.63	66.39	45.39
Sicilia	28.7	41.38	30.81	34.56	37.76	52.77	36.59
Sardegna	30.11	43.56	32.44	36.47	39.89	55.99	38.69

Tabella 7 - Contenuto medio di carbonio nel suolo (SOC stock, t C ha⁻¹) per prati e pascoli

Regione	Prati e pascoli		
	gestione ordinaria SOC stock (t C ha ⁻¹)	gestione biologica SOC stock (t C ha ⁻¹)	pascolo non gestito SOC stock (t C ha ⁻¹)
Piemonte	91.78	104.62	78.55
Valle D'Aosta	77.1	87.9	65.99
Liguria	92.7	105.68	79.34
Lombardia	79.93	91.13	68.41
Trentino Alto-Adige	78.51	89.5	67.19
Veneto	101.54	115.76	86.91
Friuli - Venezia Giulia	99.93	113.92	85.52
Emilia - Romagna	91.11	103.87	77.98
Toscana	62.24	70.95	53.27
Umbria	91.28	104.06	78.12
Marche	91	103.74	77.88
Lazio	88.98	101.43	76.15
Abruzzo	99.01	112.87	84.74
Molise	75.28	85.82	64.43
Campania	64.66	73.72	55.34
Puglia	42.03	47.91	35.97
Basilicata	60.13	68.55	51.46
Calabria	65.84	75.05	56.35
Sicilia	46.5	53.01	39.80
Sardegna	56.91	64.88	48.71

Si ritiene opportuno sottolineare che la possibilità di stimare i SOC, avvalendosi dei valori riportati nelle tabelle 6 e 7, si riferisce al caso di materie prime provenienti da terreni agricoli nazionali.

BOX - Esempio di calcolo

L'intervento è realizzato su un'area di 10 ha, coltivata a mais, con gestione ordinaria, nella regione Marche.

In assenza di dati specifici sulle caratteristiche del suolo, il livello di riferimento del contenuto medio di carbonio organico nel suolo nell'area utilizzata (SOC_0) può essere stimato pari a 390.5 tonnellate di C ($= 39.05 \text{ t C ha}^{-1} * 10 \text{ ha}$).

3.4 Stima del carbonio contenuto nei residui asportati

Il primo passo per calcolare la quantità di carbonio nei residui agricoli asportati è determinare l'ammontare dei residui prodotti e asportati (per esempio paglia, stocchi, tutoli, etc.). In assenza di dati specifici sulla quantità di residui asportati tale ammontare può essere calcolato utilizzando i valori riportati nella Tabella 8, stimati sulla base dei dati ISTAT annuali sulle superfici e produzioni agricole e dei dati di letteratura relativi ai coefficienti di produzione dei residui rispetto alla produzione annua.

Tabella 8 – Resa media del residuo asportabile (RRA, tonnellate di sostanza secca ha^{-1})

Colture	RRA ($t \text{ ss } ha^{-1}$)
Riso	3.36
Mais	4.27
Sorgo da granella	7.90
Altri cereali ¹	2.29
Barbabietola da zucchero	4.33
Altre colture industriali ²	2.55
Vite	2.35
Coltivazioni legnose	1.27
Mais Ceroso	13.97
Orzo in erba, altri erbai monofiti	4.42
Orzo ceroso, loietto	7.16
Erbai polifiti ³	3.23
Erba medica	7.30
Prati avvicendati monofiti ⁴	4.08
Prati avvicendati polifiti e prati permanenti	3.23

¹ in 'Altri cereali' sono inclusi Frumento, Segale, Orzo, Avena e Altri cereali

² in 'Altre colture industriali' sono inclusi Tabacco, Colza, Girasole e Soia.

³ in 'Erbai polifiti' sono inclusi Graminacee, Leguminose e Altri miscugli.

⁴ in 'Prati avvicendati monofiti' sono inclusi Lupinella, Sulla e Altre specie

I valori RRA in Tabella 8 sono stati calcolati utilizzando i dati impiegati per la stima delle emissioni dell'inventario nazionale di gas serra e inquinanti atmosferici, derivanti dalla gestione dei residui agricoli, impiegati per vari usi (bruciati, interrati, asportati). I parametri considerati per stimare i valori RRA sono stati la superficie coltivata (totale o in produzione), la produzione (totale o raccolta), il rapporto tra residuo asportabile e produzione annua e la percentuale di sostanza secca, per singola coltura. Sono state considerate le coltivazioni erbacee (cereali, coltivazioni industriali), legnose (vite, ulivo, agrumi, fruttiferi, altra frutta) e foraggere (temporanee, permanenti). I valori utilizzati sono in parte disponibili nel *National Inventory Report*, nelle sezioni dedicate al settore agricoltura (ISPRA [a], 2022). I dati riportati in Tabella 8 rappresentano una media dei valori stimati relativi agli anni 2014-2020. Se la coltura di interesse non è presente nella Tabella 8, usare i valori di una specie culturale equiparabile.

In assenza di dati specifici sull'ammontare dei residui asportati e sulla quantità di carbonio in essi contenuta, il contenuto medio di carbonio dei residui asportati (C_{RA}), espresso in tonnellate, nell'area utilizzata potrà essere stimato con la seguente equazione:

$$C_{RA} = \sum_i (RRA_i \cdot A_i \cdot CF)$$

dove

- i rappresenta la coltura considerata (se si asportano residui di differenti colture, si dovrà calcolare l'ammontare totale dei residui asportati di tutte le colture considerate);
- RRA è il valore relativo alla resa di residuo asportato per singola coltura (tonnellate di sostanza secca ad ettaro) (dati riportati in Tabella 8);
- A è la superficie della coltura considerata (ettari);
- CF (*carbon factor*) è il valore di carbonio contenuto nei residui asportati ($0.5 \text{ t C (t ss)}^{-1}$), tonnellate di carbonio per tonnellata di sostanza secca di residuo asportabile (IPCC, 2006).

La stima del contenuto di carbonio andrà poi convertita in tonnellate di CO₂, moltiplicando il valore di C_{RA} per il rapporto molecolare 44/12.

BOX - Esempio di calcolo

L'intervento è realizzato su un'area di 10 ettari coltivata a mais.

In assenza di dati specifici sull'ammontare totale di sostanza secca dei residui asportati, tale quantità potrà essere determinata utilizzando il valore riportato nella Tabella 8.

La stima sarà quindi pari a 42.7 tonnellate di sostanza secca di residui asportabili (= $4.27 \text{ t ss ha}^{-1}$ [RRA] * 10 ha [A]). Il contenuto medio di carbonio sarà pari a 21.35 tonnellate di carbonio (= $42.7 \text{ t ss} * 0.5 \text{ t C (t ss)}^{-1}$ [CF]).

In termini di CO₂, il risultato sarà pari a 78.28 t CO₂ (= $21.35 \text{ t C [C}_{RA}] * 44/12$).

3.5 Stima delle variazioni di carbonio organico nel suolo e valutazione degli impatti

Le variazioni di carbonio organico nel suolo avvengono in seguito ad una variazione della forma di uso del suolo, della gestione e/o degli *input* (in sistemi seminaturali quali terreni agricoli o prato-pascoli) o della graduale evoluzione della vegetazione (in sistemi naturali quali le foreste). La variazione avviene più o meno gradualmente nel corso del tempo fino al raggiungimento di uno stato stazionario (equilibrio). Le linee guida IPCC del 2006 (Volume 4, capitolo 6) assumono che il tempo necessario a raggiungere uno nuovo stato stazionario sia di 20 anni e che la variazione dello *stock* di carbonio nel suolo avvenga in modo lineare. Pertanto, le variazioni possono essere calcolate secondo l'equazione seguente:

$$\Delta C = \frac{(SOC_T - SOC_0)}{T}$$

dove

- ΔC corrisponde alla variazione annuale dello *stock* di carbonio nel suolo minerale (tonnellate di carbonio);
- SOC₀ è lo *stock* di carbonio organico nel suolo nel sistema all'equilibrio prima della transizione (tonnellate di carbonio);
- SOC_T è lo *stock* di carbonio organico nel suolo all'equilibrio nel sistema dopo la transizione (tonnellate di carbonio) al tempo T;
- T numero di anni per raggiungere un nuovo stato di equilibrio (20 anni di *default*).

Nel caso in cui sia stato effettuato un campionamento del carbonio organico nel suolo, così come descritto nel capitolo 3, il contenuto medio di carbonio organico nel suolo al tempo T potrà essere definito seguendo la procedura esplicitata nel par. 3.1.

In assenza di un campionamento, lo *stock* di carbonio organico nel suolo potrà essere derivato dalle tabelle 5 e 6 in funzione della specifica tipologia di uso e gestione del suolo e degli *input* apportati.

La variazione annuale dello *stock* di carbonio nel suolo minerale può essere calcolata moltiplicando il fattore di emissione EF riportato nella Tabella 9 per l'area utilizzata. La variazione dello *stock* di carbonio nel suolo minerale relativa al periodo considerato sarà pari alla variazione annuale moltiplicata per il numero di anni di tale periodo.

Tabella 9 - *Fattore di emissione/sequestro annuo di carbonio (EF, t C ha⁻¹) per transizioni di uso e pratica gestionale*

	Transizione di uso e pratica gestionale	EF* t C ha ⁻¹
colture annuali	Transizione coltivazione seminativi ordinaria --> coltivazione seminativi biologica	0.86
	Transizione coltivazione seminativi ordinaria --> coltivazione seminativi integrata	0.27
	Transizione coltivazione seminativi ordinaria --> coltivazione seminativi pratiche conservative	0.62
	Transizione pascolo gestito --> coltivazione seminativi ordinaria	-0.22
colture arboree	Transizione coltivazione ordinaria --> coltivazione arboree biologica	0.99
	Transizione coltivazione ordinaria --> coltivazione arboree integrata	-0.05
	Transizione pascolo gestito --> coltivazione arboree ordinaria	-0.06
prati e pascoli	Transizione coltivazione seminativi ordinaria --> pascolo naturale	0.88
	Transizione coltivazione seminativi ordinaria --> pascolo gestito	1.22

* il segno - indica una perdita di carbonio (emissione), in seguito alla transizione di uso/pratica gestionale; il segno + indica un incremento di carbonio (sequestro), in seguito alla transizione di uso/pratica gestionale

Nel caso in cui un sistema all'equilibrio al tempo 0 non subisca alcuna variazione di uso, gestione e input, avrà uno stock di carbonio uguale al tempo T ($SOC_0 = SOC_T$).

La stima del contenuto di carbonio andrà poi convertita in tonnellate di CO₂, moltiplicando la variazione dello stock di carbonio nel suolo minerale per il rapporto molecolare 44/12.

BOX

Esempio di calcolo 1

L'intervento è realizzato su un'area di 10 ettari, coltivata a mais, con gestione ordinaria, nella regione Marche.

In assenza di dati specifici sulle caratteristiche del suolo, lo stock di carbonio organico nel suolo nell'area utilizzata al tempo 0 (SOC_0) può essere stimato pari a 390.5 tonnellate di C (= 39.05 t C ha⁻¹ * 10 ha).

L'intervento ha previsto una modifica della pratica gestionale; dopo 5 anni la stessa area di 10 ettari è coltivata a mais con pratica biologica. La transizione di pratica gestionale (da coltivazione ordinaria a coltivazione biologica) consente un sequestro annuale di carbonio pari a 0.86 tonnellate di C per ettaro. Considerando l'area utilizzata, la variazione annuale dello stock di carbonio nel suolo minerale è pari a 8.6 t C (= 0.86 t C ha⁻¹ * 10 ha); in 5 anni, la variazione dello stock di carbonio nel suolo minerale è pari a 43.0 t C (= 8.6 t C * 5).

In termini di CO₂, la variazione dello stock di carbonio nel suolo minerale è pari ad un assorbimento 157.7 t CO₂ (= 43.0 t C * 44/12).

Esempio di calcolo 2

L'intervento è realizzato su un'area di 10 ettari, coltivata a mais, con gestione ordinaria, nella regione Marche.

In assenza di dati specifici sulle caratteristiche del suolo, lo stock di carbonio organico nel suolo nell'area utilizzata al tempo 0 (SOC_0) può essere stimato pari a 390.5 tonnellate di C (= 39.05 t C ha⁻¹ * 10 ha).

L'intervento non ha modificato la pratica gestionale; dopo 5 anni la stessa area di 10 ettari è coltivata con pratica ordinaria a mais.

Il contenuto di carbonio organico nel suolo al tempo T (SOC_T) può considerarsi uguale al livello di riferimento del contenuto medio di carbonio organico nel suolo (SOC_0); conseguentemente la variazione di carbonio organico nel suolo nel periodo considerato è nulla.

3.6 Valutazione complessiva delle variazioni di carbonio

Al fine di ottenere una valutazione complessiva delle variazioni di carbonio derivanti dall'intervento previsto, sarà necessario sottrarre alla variazione dello stock di carbonio nel suolo, calcolata così come descritta nel par. 3.5, il carbonio contenuto nei residui asportati, calcolato secondo quanto riportato nel par. 3.4. La variazione complessiva del carbonio derivante dall'intervento potrà essere positiva, e quindi risultare in un assorbimento di carbonio, o negativa, corrispondente ad una perdita di carbonio.

BOX

Esempio di calcolo 1

L'intervento è realizzato su un'area di 10 ettari, coltivata a mais, con gestione ordinaria, nella regione Marche.

In assenza di dati specifici sulle caratteristiche del suolo, lo *stock* di carbonio organico nel suolo nell'area utilizzata al tempo 0 (SOC_0) può essere stimato pari a 390.5 tonnellate di C (= $39.05 \text{ t C ha}^{-1} * 10 \text{ ha}$).

L'intervento ha previsto una modifica della pratica gestionale; dopo 5 anni la stessa area di 10 ettari è coltivata a mais con pratica biologica. La transizione di pratica gestionale (da coltivazione ordinaria a coltivazione biologica) consente un sequestro annuale di carbonio pari a 0.86 tonnellate di C per ettaro. Considerando l'area utilizzata, la variazione annuale dello *stock* di carbonio nel suolo minerale è pari a 8.6 t C (= $0.86 \text{ t C ha}^{-1} * 10 \text{ ha}$); in 5 anni, la variazione dello *stock* di carbonio nel suolo minerale è pari a 43.0 t C (= $8.6 \text{ t C} * 5$).

In termini di CO_2 , la variazione dello *stock* di carbonio nel suolo minerale (ΔC) è pari ad un assorbimento 157.7 t CO_2 (= $43.0 \text{ t C} * 44/12$).

In assenza di dati specifici sull'ammontare totale di sostanza secca dei residui asportati, tale quantità potrà essere determinata utilizzando il valore riportato nella Tabella 8.

La stima sarà quindi pari a 42.7 tonnellate di sostanza secca di residui asportabili (= $4.27 \text{ t ss ha}^{-1} [RRA] * 10 \text{ ha} [A]$). Il contenuto medio di carbonio (C_{RA}) sarà pari a 21.35 tonnellate di carbonio (= $42.7 \text{ t ss} * 0.5 \text{ t C (t ss)}^{-1} [CF]$).

In termini di CO_2 , il risultato sarà pari a 78.28 t CO_2 (= $21.35 \text{ t C} [C_{RA}] * 44/12$).

La variazione complessiva in termini di carbonio dell'intervento sarà quindi pari alla variazione dello stock di carbonio nel suolo minerale meno il carbonio contenuto nei residui asportati: $43.0 \text{ t C} [\Delta C] - 21.35 \text{ t C} [C_{RA}] = 21.65 \text{ t C}$.

In termini di CO_2 , il risultato sarà pari a 79.38 t CO_2 (= $21.65 \text{ t C} * 44/12$).

Esempio di calcolo 2

L'intervento è realizzato su un'area di 10 ettari, coltivata a mais, con gestione ordinaria, nella regione Marche.

In assenza di dati specifici sulle caratteristiche del suolo, lo *stock* di carbonio organico nel suolo nell'area utilizzata al tempo 0 (SOC_0) può essere stimato pari a 390.5 tonnellate di C (= $39.05 \text{ t C ha}^{-1} * 10 \text{ ha}$).

L'intervento non ha modificato la pratica gestionale; dopo 5 anni la stessa area di 10 ettari è coltivata con pratica ordinaria a mais.

Il contenuto di carbonio organico nel suolo al tempo T (SOC_T) può considerarsi uguale al livello di riferimento del contenuto medio di carbonio organico nel suolo (SOC_0); conseguentemente la variazione di carbonio organico nel suolo nel periodo considerato è nulla.

In assenza di dati specifici sull'ammontare totale di sostanza secca dei residui asportati, tale quantità potrà essere determinata utilizzando il valore riportato nella Tabella 8.

La stima sarà quindi pari a 42.7 tonnellate di sostanza secca di residui asportabili (= $4.27 \text{ t ss ha}^{-1} [RRA] * 10 \text{ ha} [A]$). Il contenuto medio di carbonio (C_{RA}) sarà pari a 21.35 tonnellate di carbonio (= $42.7 \text{ t ss} * 0.5 \text{ t C (t ss)}^{-1} [CF]$).

In termini di CO_2 , il risultato sarà pari a 78.28 t CO_2 (= $21.35 \text{ t C} [C_{RA}] * 44/12$).

La variazione complessiva in termini di carbonio dell'intervento sarà quindi pari alla variazione dello stock di carbonio nel suolo minerale meno il carbonio contenuto nei residui asportati: $0 \text{ t C} [\Delta C] - 21.35 \text{ t C} [C_{RA}] = -21.35 \text{ t C}$ (il segno meno indica quindi una perdita di carbonio).

In termini di CO_2 , il risultato sarà pari a -78.28 t CO_2 (= $-21.35 \text{ t C} [C_{RA}] * 44/12$), dove il segno meno indica emissione di CO_2 .

GLOSSARIO

Agricoltura conservativa: pratiche conservative nella conduzione dei suoli con implicazioni positive nel mantenimento/incremento del tenore di sostanza organica nei terreni previste nel contesto delle misure Agro-Climatiche-Ambientali (ACA) della Politica Agricola Comune (PAC), adattate alle caratteristiche pedo-climatiche locali.

Agricoltura convenzionale: attività di produzione che prevede il ricorso anche intensivo alle lavorazioni meccaniche del suolo agrario e ai prodotti chimici di sintesi nonché la ripetizione per due o più anni della coltivazione di una specie agraria sullo stesso appezzamento.

Biocarburanti, bioliquidi e combustibili da biomassa a basso rischio di cambiamento indiretto della destinazione d'uso dei terreni: biocarburanti, bioliquidi e combustibili da biomassa le cui materie prime sono state prodotte nell'ambito di sistemi che evitano gli effetti di spostamento dei biocarburanti, dei bioliquidi e dei combustibili da biomassa ottenuti da colture alimentari e foraggere mediante il miglioramento delle pratiche agricole e mediante la coltivazione in aree che non erano precedentemente utilizzate a tal fine, e che sono stati prodotti conformemente ai criteri di sostenibilità per i biocarburanti, i bioliquidi e i combustibili da biomassa di cui all'articolo 42 del Decreto Legislativo 199/2021.

Biogas: combustibili e carburanti gassosi prodotti dalle biomasse.

Bioliquidi: combustibili liquidi per scopi energetici diversi dal trasporto, compresi l'energia elettrica, il riscaldamento e il raffrescamento, prodotti a partire dalla biomassa.

Biomassa: frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti, sottoprodotti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura, comprendente sostanze vegetali e animali, dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti, compresi i rifiuti industriali e urbani di origine biologica.

Biomassa agricola: biomassa risultante dall'agricoltura.

Campionamento del suolo: il campionamento del terreno consiste nel prelievo mirato di una porzione di suolo che sarà la base per definire quali materiali (sostanza organica e concimi minerali) sarà necessario somministrare al terreno stesso per poterne migliorare struttura e fertilità.

Carbonio organico (Corg): il carbonio organico è una componente misurabile della sostanza organica del suolo. Il contenuto di carbonio organico dei suoli varia con il tipo di suolo, ma anche al variare dell'uso del suolo e, in misura ancora maggiore, con le diverse pratiche colturali.

Culture alimentari e foraggere: colture amidacee, zuccherine o oleaginose prodotte su terreni agricoli come coltura principale, esclusi residui, rifiuti o materie ligno-cellulosiche e le colture intermedie, come le colture intercalari e le colture di copertura, a condizione che l'uso di tali colture intermedie non generi una domanda di terreni supplementari.

Esclusione dall'ambito di applicazione della disciplina dei rifiuti: la paglia e altro materiale agricolo o forestale naturale non pericoloso quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, gli sfalci e le potature effettuati nell'ambito delle buone pratiche colturali, utilizzati in agricoltura, nella silvicoltura o per la produzione di energia da tale biomassa, anche al di fuori del luogo di produzione ovvero con cessione a terzi, mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente né mettono in pericolo la salute umana” come definito alla lettera f) art. 185 del d.lgs. 152/06.

Materie cellulosiche di origine non alimentare: materie prime composte principalmente da cellulosa ed emicellulosa e aventi un tenore di lignina inferiore a quello delle materie ligno-cellulosiche, compresi i residui di colture alimentari e foraggere, quali paglia, steli di granturco, pule e gusci, le colture energetiche erbacee a basso tenore di amido, quali loglio, panico verga, *miscanthus*, canna comune, le colture di copertura precedenti le colture principali e ad esse successive, le colture miste di leguminose e graminacee, i residui industriali, anche residui di colture alimentari e foraggere dopo che

sono stati estratti gli olii vegetali, gli zuccheri, gli amidi e le proteine, e le materie derivate dai rifiuti organici, intendendo per colture miste di leguminose e graminacee e colture di copertura pascoli temporanei costituiti da un'associazione mista di graminacee e leguminose a basso tenore di amido che sono coltivati a turno breve per produrre foraggio per il bestiame e migliorare la fertilità del suolo al fine di ottenere rese superiori dalle colture arabili principali.

Monitoraggio: rilevazione periodica e sistematica di parametri chimici, fisici e biologici, mediante appositi strumenti, allo scopo di controllare la situazione o l'andamento di sistemi anche complessi.

PNIEC: Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima predisposto in attuazione del Regolamento (UE) 2018/1999 del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 dicembre 2018.

Produzione biologica: sistema di gestione dell'azienda agricola e di produzione alimentare (preparazione e trasformazione dei prodotti agricoli destinati ad essere utilizzati come alimenti) che impiega esclusivamente sostanze e procedimenti naturali. La gestione colturale prevede l'adozione di più tecniche produttive in grado di conservare la naturale fertilità del suolo agrario, di fornire nutrienti vegetali e di controllare erbe infestanti e parassiti. Inoltre, prevede l'uso di residui colturali, scarti organici e concimi di origine animale per la nutrizione delle piante e per migliorare i caratteri chimico-fisici del suolo.

Produzione integrata: attività agricole e zootecniche gestite in conformità a norme tecniche rappresentate nei disciplinari di produzione integrata redatti a livello regionale. Le norme tecniche stabilite per la fase di coltivazione sono finalizzate a ridurre al minimo l'uso delle sostanze chimiche di sintesi e a razionalizzare la fertilizzazione, nel rispetto dei principi ecologici, economici e tossicologici.

Residuo: sostanza diversa dal prodotto o dai prodotti finali cui mira direttamente il processo di produzione; non costituisce l'obiettivo primario del processo di produzione e il processo non è stato deliberatamente modificato per ottenerlo.

Residui dell'agricoltura, dell'acquacoltura, della pesca e della silvicoltura: residui generati direttamente dall'agricoltura, dall'acquacoltura, dalla pesca e dalla silvicoltura e non comprendono i residui delle industrie connesse o della lavorazione.

Rifiuti: rifiuto quale definito all'articolo 183, comma 1, lettera a) del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 escluse le sostanze che sono state deliberatamente modificate o contaminate per soddisfare la presente definizione.

Rifiuti organici: rifiuti organici quali definiti all'articolo 183, comma 1, lettera d) del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Sottoprodotto: qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;
- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana” come definito all’art. 184-bis del d.lgs. 152/06.

Stock di carbonio: è la riserva di carbonio organico espressa in mg di C su ettari (Ha) di suolo.

Suolo: il suolo è lo strato superiore della crosta terrestre formato da componenti minerali, sostanza organica (*humus*), acqua, aria e organismi viventi.

BIBLIOGRAFIA

Corsi, S. and Muminjanov, H. 2019. Conservation Agriculture: Training guide for extension agents and farmers in Eastern Europe and Central Asia. Rome, FAO. Disponibile su: <https://www.fao.org/3/i7154en/i7154en.pdf>

FAO, 2016. Save and grow in practice: Maize, rice and wheat. A Guide to Sustainable Cereal Production. Rome. Disponibile su: <https://www.fao.org/3/i4009e/i4009e.pdf>

FAO, 2018. Transforming Food and Agriculture to achieve the SDGs – 20 interconnected actions to guide decision-makers. ISBN 978-92-5-130626-0. Rome. Disponibile su: <https://www.fao.org/3/I9900EN/i9900en.pdf>

FAO, 2022. Conservation Agriculture. Factsheet CB8350EN/1/03.22 – Revised version. Rome. Disponibile su: <https://www.fao.org/3/cb8350en/cb8350en.pdf>

IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC Technical Support Unit, Kanagawa, Japan. Disponibile su: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. Disponibile su: <https://www.ipcc.ch/srccl/>

ISPRA [a], 2022. National Inventory Report 2022 – Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2020. ISPRA Rapporti 360/2022.

Disponibile su: <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/italian-greenhouse-gas-inventory-1990-2020-national-inventory-report-2022>

ISPRA [b], 2022. Le emissioni di gas serra in Italia alla fine del secondo periodo del Protocollo di Kyoto: obiettivi di riduzione ed efficienza energetica. ISPRA Rapporti 362/2022. Disponibile su: <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/le-emissioni-di-gas-serra-in-italia-alla-fine-del-secondo-periodo-del-protocollo-di-kyoto>

Allegato: *fac-simile* di modello da compilare per gli operatori agricoli

Parte A: descrizione dell'area in cui si intende realizzare l'intervento

Descrivere l'area oggetto dell'intervento, facendo riferimento alle informazioni riportate nel capitolo 2. Se l'area presenta più di una coltivazione e/o pratica gestionale, inserire una descrizione per ogni coltura e/o pratica gestionale.

L'intervento verrà effettuato su un'area di _____ ettari nel comune di _____, provincia di _____.

Caratteristiche geomorfologiche dell'area: coordinate GPS, altitudine, esposizione, pendenza, natura del substrato roccioso, tessitura del suolo (sabbia, limo, argilla)

L'area è coltivata a:

_____ (inserire tipologia coltura) per una estensione di _____ ha coltivata con la seguente gestione¹⁰ _____.

_____ (inserire tipologia coltura) per una estensione di _____ ha coltivata con la seguente gestione _____.

_____ (inserire tipologia coltura) per una estensione di _____ ha coltivata con la seguente gestione _____.

Se la tipologia di gestione è quella conservativa indicare se si è beneficiari di finanziamenti comunitari/regionali messi a disposizione per l'attuazione di tale pratica

Parte B: tipologia intervento

Descrivere

- *Tipologia di residui prodotti*
- *Destinazione d'uso energetico (es. input biodigestore per produzione di biogas, input impianto di combustione)*

L'intervento è finalizzato alla valorizzazione energetica dei residui colturali dell'area in oggetto.

Parte C: valutazione dell'impatto dell'intervento in termini di variazioni di carbonio

Riportare i calcoli effettuati relativi a:

- *il carbonio organico medio nel suolo nell'area utilizzata prima dell'intervento, seguendo quanto descritto nel par. 3.3*
- *il carbonio contenuto nei residui asportati, seguendo quanto descritto nel par. 3.4*
- *il monitoraggio del carbonio nel suolo (se effettuato), seguendo quanto descritto nel par. 3.2*
- *le variazioni di carbonio organico nel suolo, seguendo quanto descritto nel par. 3.5*
- *la variazione complessiva delle variazioni di carbonio derivanti dall'intervento, seguendo quanto descritto nel par. 3.6*

Si consiglia di seguire gli esempi di calcolo riportati nei box inclusi nei paragrafi sopra menzionati.

¹⁰ Utilizzare una delle seguenti pratiche:

- agricoltura convenzionale
- produzione integrata
- produzione biologica
- conservativa