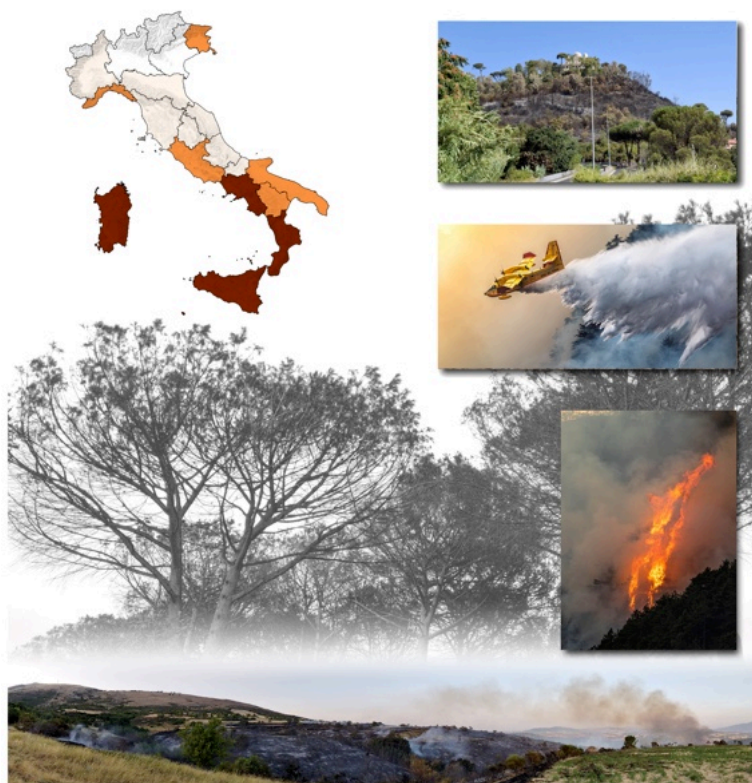


Ecosistemi terrestri ed incendi boschivi in Italia: Anno 2024



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 manuale.

Le serie storiche ISPRA di superfici forestali coperte da grande incendio boschivo, basate su analisi di osservazioni satellitare ad alta risoluzione, sono omogenee e statisticamente rappresentative a livello nazionale, regionale e provinciale, sebbene possano differire in modo non sostanziale rispetto a dati ottenuti con metodi di analisi non omogenea basati interamente o parzialmente su osservazioni in loco.

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

Riproduzione autorizzata citando la fonte: AA.VV., (2025). Ecosistemi terrestri ed incendi boschivi in Italia: Anno 2024. ISPRA, 1, pagg. 1-48.

Il responsabile del Centro Operativo di Sorveglianza Ambientale

Il responsabile del Centro Nazionale per le Crisi, le Emergenze Ambientali e il Danno

Autori

- Emiliano Agrillo - coordinamento ed elaborazione del testo, analisi dei risultati e verifica dei prodotti
- Roberto Inghilesi - supervisione del prodotto ed editing \LaTeX del testo
- Alessandro Mercatini - sviluppo metodologia, analisi, produzione dei dati e verifica
- Alice Pezzarossa - elaborazione del testo, analisi dei risultati, editing \LaTeX , verifica dei prodotti e produzione cartografica
- Nazario Tartaglione - verifica del documento e dei dati

Ringraziamenti

- Si ringrazia Fabrizio Martinuzzi del Corpo Forestale regionale Friuli Venezia Giulia - Stazione di Forni di Sopra (UD) per le foto usate nelle figure 1.3, 3.4, 3.5 e in copertina
- Si ringrazia dott. il Massimo Vaccargiu del Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale della Sardegna per la foto usata in figura 3.1.
- Si ringrazia per il supporto il dott. Alessandro Mario Sergio Delitala, direttore del Dipartimento Meteorologico dell'ARPAS.

Si ringrazia infine il personale del CSA ISPRA:

- dott. Emiliano Agrillo per foto usate nelle figure 1.6 (a, b), 3.9, 3.11
- dott. Nazario Tartaglione per le foto usate nelle figure 3.6, 3.8, 3.13.

Indice

I	Introduzione	1
1.1	Storia recente ed inquadramento del problema	1
1.2	European Forest Fire Information System (EFFIS)	3
1.3	Definizione di wildfires	4
1.4	Incendi di interfaccia	4
1.5	Aspetti normativi e gestione	5
1.6	CUFAA e EFFIS	7
1.7	Burnt Area in Italian Terrestrial Ecosystem (BA-ITE)	7
1.7.1	Perimetrazione degli incendi boschivi	9
1.8	Aree Protette	10
1.9	Obiettivo del documento	11
2	Analisi quantitativa degli effetti degli incendi in Italia	12
2.1	Italia	12
2.2	Italia forestale	15
2.3	Regioni	15
2.3.1	Sicilia	16
2.3.2	Calabria	18
2.3.3	Sardegna	19
2.4	Province Italiane	22
2.5	Aree protette	24
2.6	Regioni Biogeografiche	26
3	Altri eventi rilevanti del 2024	27
3.1	Provincia di Nuoro	27
3.2	Moggio Udinese	29
3.3	Enna	32
3.3.1	I comuni dell'Ennese	33
3.4	Comune di Roma Capitale	36
A	Acronimi	41
A.1	Riferimenti WWW	42
	Bibliografia	43

1.1 Storia recente ed inquadramento del problema

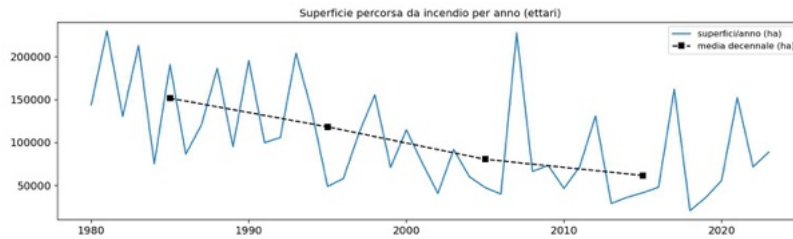
Gli incendi che interessano gli ecosistemi naturali, come foreste, arbusteti e praterie, e gli effetti da questi causati, sono eventi non esattamente prevedibili date le cause che li originano [Whelan, 1995]. Tuttavia, la combinazione di temperature ed assenza di precipitazione per periodi di tempo prolungato, insieme a condizioni topografiche particolari, rende qualunque copertura vegetale del terreno più suscettibile e vulnerabile agli incendi [Dimitrakopoulos and Bemmerzouk, 2003, Hoinka et al., 2009, Pellizzaro et al., 2007, Pyne et al., 1996].

Date determinate caratteristiche biofisiche (i.e. caratteri funzionali) ed ecologiche (i.e. adattamenti edafo-climatici), gli ecosistemi forestali sono ritenuti tra i più vulnerabili agli effetti reiterati degli incendi [Lindner et al., 2010]. Per questo motivo gli Stati membri dell'Unione Europea da più di un decennio stanno impegnando ingenti risorse per proteggere le foreste e renderle più resilienti ai danni associati agli incendi [Jacome et al., 2022], che possono essere particolarmente gravi quando associati ad altri agenti esterni quali tempeste di vento, siccità estrema [Forzieri et al., 2021, Olmo et al., 2021, Williams et al., 2019] e attacchi repentini da fitopatogeni [Canelles et al., 2021, Haynes et al., 2014, Kharuk and Antamoshkina, 2017, Schelhaas et al., 2003, Steffen et al., 2015].

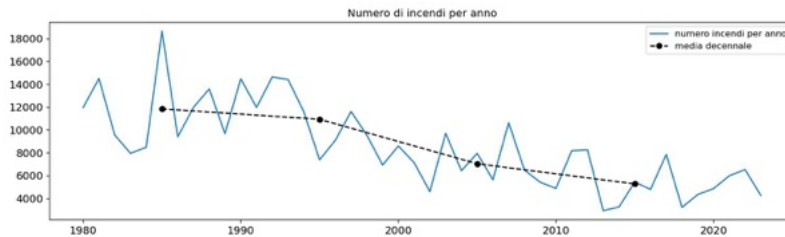
Nonostante i diversi studi esistenti a scala globale e continentale che enfatizzano il ruolo del clima nel regolare il regime degli incendi sulle componenti naturali e semi-naturali, tutt'oggi non è ancora dimostrabile con certezza per il nostro territorio un rapporto diretto di causa-effetto tra i due fenomeni, stante la complessità degli stessi [Bowman et al., 2009]. Infatti, da un'attenta analisi effettuata da [Dupuy et al., 2020], emerge la necessità di dover affrontare il tema del "*Climate change impact on future wildfire danger*" con nuovi sviluppi di ricerca, allo scopo di perfezionare e migliorare i risultati dei modelli predittivi sull'incidenza degli incendi boschivi nei territori dell'Europa meridionale nelle prossime decadi.

In Europa le cause degli incendi forestali sono riconducibili a circa il 4% per cause naturali e un 96% per cause antropiche (eventi accidentali e dolosi). In Italia le cause naturali sono stimate essere causa dell'1% di tutti gli incendi e il resto dei casi sono riconducibili ad origine antropica [San-Miquel-Ayanz and et al., 2024].

In Italia, il corpo addetto alla raccolta dati, all'analisi, alla prevenzione e alla lotta attiva per gli incendi boschivi è il Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari (CUFAA), dell'Arma dei Carabinieri, il quale colleziona dati dal 1980 insieme agli organi deputati alla gestione delle foreste e prevenzione incendi delle regioni e province autonome. Un'analisi degli ultimi quarant'anni di dati indica che la superficie complessiva percorsa da incendi boschivi (vd. figura 1.1a) e il numero di incendi boschivi (vd. figura 1.1b) siano stati mediamente in diminuzione tra il 2000 ed il 2018 anche grazie alla maggiore attenzione alla prevenzione e all'organizzazione dei mezzi operativi di contrasto, come l'impiego della flotta aerea ed il coordinamento degli interventi a scala nazionale ed europea. Un ruolo determinante è attribuibile all'emanazione della legge 353/2000 per la difesa dagli incendi del patrimonio boschivo nazionale. Inoltre, dall'analisi degli ultimi vent'anni, si osserva come tra il 40 ed il 50%



(a) Superfici bruciate in ettari dal 1980 al 2023 e media mobile decennale.



(b) Numero di incendi dal 1980 al 2023 e media mobile decennale.

Figura 1.1: Serie storica nazionale dei dati relativi agli incendi boschivi del Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari (CUFAA) dal 1980 al 2023.

del territorio colpito da incendio sia generalmente costituito da consorzi forestali, con l'eccezione del 2017, anno in cui la percentuale aumenta considerevolmente arrivando al 70% (vedi figura 1.2). Come mostrato dai rapporti EFFIS, complessivamente, in ciascuna nazione europea, l'area bruciata per ciascun anno varia considerevolmente, questo a sottolineare l'influenza della variabilità meteorologica sulla vigoria delle coperture forestali. In molte aree delle nazioni dell'Europa meridionale è diffuso il clima mediterraneo, con conseguente colonizzazione di vegetazione mediterranea costituita prevalentemente da macchia e specie arboree di sempreverdi, che sono al momento quelli maggiormente impattati dagli effetti degli incendi [San-Miquel-Ayanz and et al., 2024].

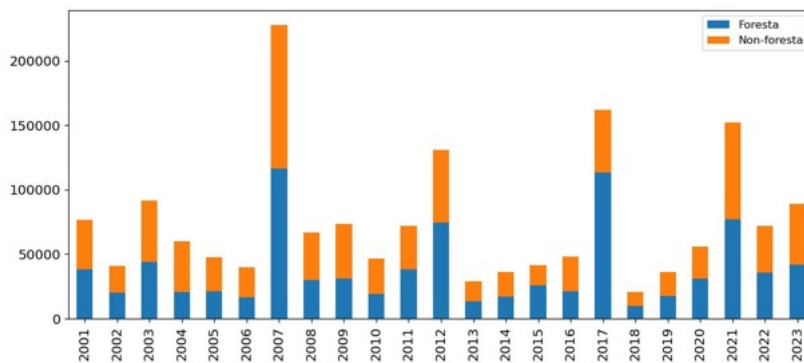


Figura 1.2: Serie storica nazionale del Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari (CUFAA) dal 2001 al 2023 relativa alla scomposizione delle aree bruciate in aree forestate e non forestate (quali: aree agricole, prati pascolo, aree prative, verde urbano).

1.2 European Forest Fire Information System (EFFIS)

EFFIS nasce nel 1998 da un'iniziativa di ricerca europea del Joint Research Center (JRC) come progetto finalizzato all'implementazione di metodi avanzati per la valutazione del pericolo di incendi boschivi e la mappatura delle aree bruciate su scala europea. Il sistema è diventato operativo a partire dal 2000. EFFIS costituisce un supporto alle iniziative dell'Unione Europea (UE) a partire dal RE-GOLAMENTO (CE) N. 2152/2003 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 17 novembre 2003 relativo al monitoraggio delle foreste e delle interazioni ambientali nella Comunità (Forest Focus). Dal 2015, EFFIS è una delle tre componenti del programma Copernicus Emergency Management Services (EMS) dell'UE. Il sistema attualmente rende disponibile una piattaforma online basata su Global Information System (GIS) finalizzata ad uno scambio ampio ed intensivo di dati e informazioni relative al monitoraggio e alla mappatura degli incendi boschivi per le regioni europee, mediorientali e nordafricane, e ai loro effetti sull'ambiente [Camia et al., 2014, San-Miquel-Ayanz et al., 2012]. Ad oggi collaborano all'intero progetto esperti provenienti da 43 paesi tra Europa, Medio Oriente e Nord Africa.

Il monitoraggio principale effettuato da EFFIS consiste nella identificazione degli incendi di sufficienti dimensioni e durata, fornendo informazioni sulle dimensioni e sulla posizione delle aree percorse da incendio (Rapid Damage Assessment). L'intero sistema di monitoraggio e valutazione degli impatti degli incendi viene realizzato attraverso il processamento dei dati satellitari acquisiti da sensori di tipo ottico multispettrale. Il sistema è operativo dal 2003 grazie all'analisi dei dati acquisiti dal sensore Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), presente a bordo dei satelliti del programma National Aeronautics and Space Administration (NASA) Earth Observing System (EOS) Terra (EOS AM) e Aqua (EOS PM) e, in seguito, anche dal sensore Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) installato a bordo dei satelliti del programma National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Joint Polar Satellite System (JPSS) SUOMI NPP e NOAA-20. Un importante sviluppo del sistema di rilevazione è avvenuto nel 2017, due anni dopo l'entrata in orbita dei satelliti Sentinel-2 equipaggiati con sensore Multi Spectral Instrument (MSI) ad altissima risoluzione spaziale nell'ottico. Questi sensori, infatti, hanno permesso di migliorare notevolmente la capacità di monitoraggio delle superfici bruciate, consentendo la perimetrazione di superfici bruciate con dimensioni anche inferiori a 30 ha. È stato stimato che grazie all'impiego dei dati Sentinel-2 MSI dal 2019, EFFIS abbia migliorato la capacità di riconoscimento delle aree bruciate con una dimensione minima degli incendi di circa 5 ha, passando dall'80% al 95% delle superfici riconosciute come percorse da incendio annualmente in Europa [San-Miquel-Ayanz et al., 2023].

Il sistema EFFIS effettua e rende disponibili stime annuali relative alle superfici bruciate, al numero di wildfires e anche alle coperture di suolo percorse da incendio, con una valutazione delle coperture naturali basata su dati Copernicus Corine Land Cover 2018 (CLC2018). Il dataset spazializzato relativo alle aree percorse da incendio è disponibile sul portale corredato da grafici relativi agli andamenti presenti e passati per i vari paesi aderenti. Infine, EFFIS pubblica due rapporti per anno. Un primo rapporto è l'Advance report on forest fires in Europe, Middle East and North Africa', che riporta i dati registrati per queste regioni da EFFIS. Un secondo rapporto, è il 'Forest Fire in Europe, Middle East and North Africa' dove vengono riportate le stime annuali per queste regioni con i dati forniti anche dai diversi organi nazionali ufficiali che si occupano della problematica degli incendi nei diversi paesi. Nel caso dell'Italia, l'ente responsabile della elaborazione e fornitura dei dati è il CUFAA.

Il dataset distribuito da EFFIS e impiegato nelle stime prodotte nel presente rapporto è il 'Real-time updated Burnt Areas database', collezionato in formato shapefile. Per maggiori informazioni vedere l'appendice A.1. I dati originali sono stati qui intersecati con i confini amministrativi italiani per ottenere stime sulle superfici regionali percorse da incendio nelle varie coperture.

1.3 Definizione di wildfires

Gli incendi negli ecosistemi naturali prendono comunemente (e anche nella letteratura scientifica), il nome di *wildfires* o *wildland fire*, riferendosi appunto a quegli eventi che coinvolgono totalmente o in parte ecosistemi naturali terrestri [Pyne et al., 1996, Whelan, 1995]. Gli enti nazionali ed europei che si occupano di studiare e analizzare questi fenomeni applicano una propria specifica definizione operativa di *wildfires*. La definizione operativa è necessaria agli addetti ai lavori per perimetrare e categorizzare nella maniera più corretta ed uniforme possibile le aree incendiate.

In Italia, il Nucleo Informativo Antincendio Boschivo (NIAB) del CUFAA sviluppa la sua raccolta dati e le relative elaborazioni statistiche tenendo conto della definizione di incendio boschivo (i.e. *wildfires*) dato nell'art.2 della Legge n.353/2000: "Per incendio boschivo si intende un fuoco con suscettività a espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate poste all'interno delle predette aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree".

Per l'European Forest Fire Information System (EFFIS), un *wildfires* è definito come un evento che coinvolge specifiche categorie di land cover *wildland* selezionate nell'ambito del Copernicus Corine Land Cover 2018 (CLC2018).

ISPRA, nell'ambito della attività del Centro operativo di Sorveglianza Ambientale ISPRA (CSA), nel computo delle superfici percorse da incendio boschivo, adotta una specifica definizione operativa di *wildfires*, ossia come gli eventi di incendio che coinvolgono gli ecosistemi naturali forestali riferiti alla classificazione European Nature Information System (EUNIS) (in particolare EUNIS terrestrial habitat classification system update 2021). Gli ecosistemi forestali sono attualmente identificati da ISPRA a scala nazionale attraverso il prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4) [Agrillo et al., 2022], riguardando le seguenti classi forestali: foreste di latifoglie decidue (classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1)) come faggete e quercete, foreste di latifoglie sempreverdi (classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2)) come leccete e macchia mediterranea, foreste di conifere (classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3)), foreste temperate sub-alpine (classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34)) ovvero i Lariceti. Sono considerate anche le foreste non classificate (superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC)). Per maggiori informazioni vedere: A.1.

1.4 Incendi di interfaccia

Negli ultimi anni, grande attenzione è stata dedicata ai problemi causati dagli incendi boschivi, comprese le cause e le ripercussioni sul benessere delle popolazioni coinvolte e le attività socio-economiche [Jones et al., 2024]. In particolare, è stato osservato che il fenomeno sta interessando, in misura maggiore rispetto al passato, i contesti territoriali critici di confine tra i sistemi rurali e/o boschivi con abitazioni, infrastrutture urbanizzate, i siti commerciali, industriali, energetici e le reti per il trasporto [Modugno et al., 2016]. Tali incendi sono noti, nella letteratura tecnico scientifica, come incendi di interfaccia, cioè che colpiscono aree di transizione tra un contesto rurale o naturale e i sistemi antropizzati come il tessuto urbano (Wildfire Urban Interface - WUI) [Radeloff et al., 2005] o siti industriali (Wildland Industrial Interface - WII) [Planas et al., 2023]. Dalle norme vigenti, come definito nell'art.2 della Legge 21 novembre 2000, n. 353 (modificazione effettuata dall'entrata in vigore del D.L. 8 settembre 2021, n. 120, vedi Art.5), per incendio di interfaccia urbano-rurale si intende quella tipologia di incendi boschivi che interessano zone o aree nelle quali sussiste una interconnessione tra strutture antropiche e aree naturali, laddove il sistema urbano e quello rurale si incontrano ed interagiscono, potendo venire rapidamente in contatto, con la possibile propagazione di un incendio originato da vegetazione combustibile.

A scala globale, con il mutamento climatico e l'aumento degli eventi estremi, gli incendi di interfaccia

stanno diventando sempre più distruttivi [Guo et al., 2024]. Nel continente europeo, dal 2016 al 2018, gli incendi avvenuti nelle zone di periferia a contatto con le aree urbane hanno causato ingenti danni: (i) nel 2016, incendi hanno colpito Funchal (Madeira - PT), Valencia (ES) e Rognac-Vitrolles (FR), minacciando abitazioni, strutture turistiche e infrastrutture critiche; (ii) nel 2017, il Portogallo ha subito una delle peggiori crisi da incendi, con oltre 110 vittime e gravi danni; (iii) nel 2018, in Grecia, gli incendi hanno causato circa 100 morti, intrappolando molte persone nelle loro case e auto [Pastor et al., 2020].

In Italia nel 2021 un vasto incendio in Sardegna ha intaccato le superfici di interi comuni (vd. Sennariolo nell'oristanese), mentre nel 2022 alle porte di Trieste un vasto incendio ha isolato per ore la città dal resto d'Italia. Anche nel 2024 diversi incendi di interfaccia hanno interessato numerosi centri abitati, tra i quali il comune di Roma capitale (vedi sezione 3.4).

1.5 Aspetti normativi e gestione

Il principale riferimento normativo per le attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nel territorio nazionale è costituito dalla legge n. 353 del 21.11.2000 "Legge quadro in materia di incendi boschivi". I suoi articoli definiscono i pilastri del contrasto agli incendi boschivi: previsione, prevenzione e lotta attiva, identificando nel patrimonio boschivo nazionale un bene insostituibile per la qualità della vita delle attuali e future generazioni. Le principali competenze sono assegnate dalla legge alle Regioni, che hanno il compito, in primo luogo, di emanare annualmente i piani per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi (principalmente attraverso il Piano Antincendio Boschivo, o piano AIB). L'attività di previsione e prevenzione avviene tramite l'individuazione delle aree e dei periodi a rischio di incendio e l'attuazione di azioni mirate a ridurre le cause e il potenziale innesco degli incendi.

Le Regioni, con i rispettivi organi di protezione civile, hanno il coordinamento delle attività di contrasto attivo sul territorio di propria competenza con l'uso di mezzi e risorse regionali e all'occorrenza anche statali. Il Dipartimento della Protezione Civile è coinvolto nel coordinamento delle attività di spegnimento con la flotta aerea antincendio dello Stato. Per quanto riguarda parchi naturali nazionali e riserve naturali dello Stato, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) è incaricato dell'aggiornamento annuale dei piani antincendio boschivo nelle aree protette. Questi sono inseriti nell'apposita sezione relativa alle aree naturali protette dei piani regionali. Le attività di previsione e prevenzione sono attuate dagli enti gestori delle aree naturali protette, o, in assenza di questi, dalle province, dalle comunità montane e dai comuni, secondo le attribuzioni stabilite dalle regioni. Alle Regioni, insieme allo Stato, competono specifiche attività di educazione ambientale attraverso programmi didattici delle scuole e corsi tecnico-pratici rivolti alla preparazione dei soggetti preposti alle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva. Le Regioni curano anche la disseminazione alla popolazione delle norme comportamentali da rispettare nelle situazioni di pericolo e le prescrizioni territoriali su come prevenire l'innesco involontario di potenziali incendi in ambito boschivo.

Di recente, a seguito degli incendi boschivi avvenuti nella stagione estiva del 2021, è stato emanato il decreto-legge n.120 del 08.09.2021, convertito nella legge n.155 del 08.11.21, avente come primo articolo le "Misure urgenti per il rafforzamento del coordinamento, l'aggiornamento tecnologico e l'accrescimento della capacità operativa nelle azioni di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi". In suddetta legge vengono modificati anche alcuni articoli del testo della legge del 21 novembre 2000, n. 353. In dettaglio viene modificato l'art. 2, aggiungendo il comma "1-bis: "Per incendio di interfaccia urbano-rurale si intende quella tipologia di incendi boschivi che interessano zone o aree nelle quali sussiste una interconnessione tra strutture antropiche e aree naturali, laddove il sistema urbano e quello rurale si incontrano ed interagiscono, potendo venire rapidamente in con-

tatto, con la possibile propagazione di un incendio originato da vegetazione combustibile". La legge inoltre, introduce misure di rafforzamento delle attività di coordinamento soprattutto nelle componenti statali, stabilendo fondi speciali per l'acquisto di attrezzature e inasprendo le sanzioni penali e amministrative già previste dalla legge n.353. L'art. 6 ha inoltre introdotto modifiche significative anche al codice penale inasprendo ulteriormente le pene previste per il reato di incendio boschivo (ex art. 423 bis) ed introducendo la confisca dei beni che costituiscono il prodotto o il profitto del reato. Il CUFAA, con il NIAB, è responsabile dell'archiviazione e pubblicazione dei dati relativi alle aree percorse dal fuoco (legge n. 155 del 2021). Le informazioni relative all'archiviazione degli incendi e alle implicazioni sui soprassuoli colpiti sono disponibili dal 1° aprile del 2022, in ottemperanza all'art. 3 - comma 1 - Legge 155/2021, tramite il nuovo Geoportale Incendi Boschivi del CUFAA.



Figura 1.3: Intervento di un mezzo aereo canadair dei Vigili del Fuoco in area boschiva delle Alpi Tolmezzine Orientali (Fonte: Corpo Forestale regionale Friuli Venezia Giulia, 2024).

1.6 Confronto delle aree percorse da incendio stimate da CUFAA ed EFFIS

Per valutare i risultati ottenuti dalla metodologia qui impiegata, utilizzata per sviluppare anche le stime presenti nei capitoli successivi, è stato utile considerare il confronto dei dati EFFIS aggregati a livello nazionale con quelli forniti dal Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari (CUFAA) relativamente alle superfici totali percorse da incendio in Italia. Nel dettaglio il confronto è stato fatto a partire dal 2018, anno in cui i dati MultiSpectral Instrument (MSI) Sentinel-2 sono stati utilizzati per migliorare la risoluzione spaziale del database di EFFIS. La comparazione è stata fatta con un'analisi di regressione in grado di rilevare eventuali differenze significative nelle due serie storiche (vedi figura 1.4).

Il confronto effettuato ha messo in evidenza una chiara e costante corrispondenza tra i due dataset, ad eccezione del 2023, che rende robusta la metodologia impiegata nelle analisi effettuate in questo rapporto. Il dataset di EFFIS infatti, oltre ad essere una fonte ufficiale dall'Unione Europea, è disponibile con cadenza giornaliera ed è spazialmente esplicito. Queste caratteristiche lo rendono particolarmente adatto alla messa a punto di un sistema informativo sviluppato dal CSA, finalizzato a stimare gli effetti degli incendi sugli ecosistemi terrestri.

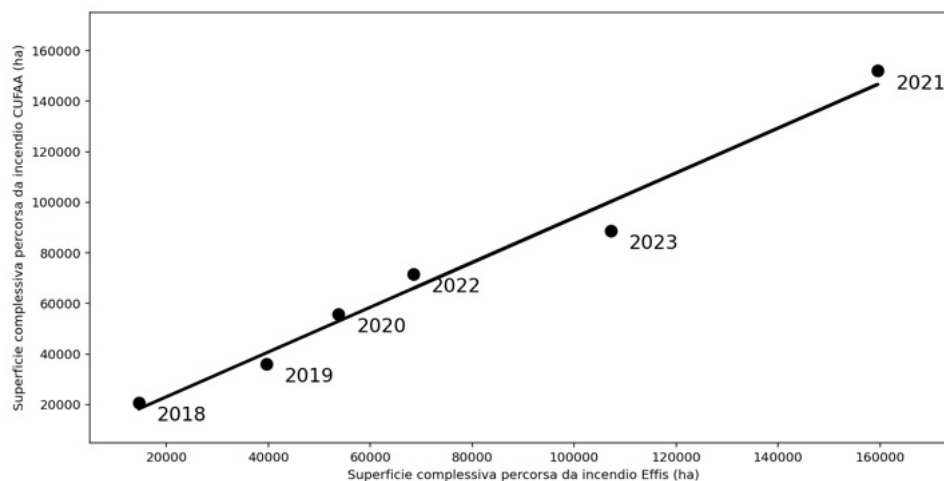


Figura 1.4: Regressione lineare dei dati EFFIS e CUFAA dal 2018 al 2023 relativa alle superfici bruciate in ettari.

1.7 Burnt Area in Italian Terrestrial Ecosystem (BA-ITE)

Il sistema informativo esperto Burnt Area in Italian Terrestrial Ecosystem (BA-ITE) è basato su un dataset spaziale in formato vettoriale, che rappresenta i poligoni delle aree percorse da incendio sul territorio nazionale nel corso di un singolo anno. Il dataset è corredato da informazioni estratte dalla cartografia tematica, con particolare riferimento agli ecosistemi terrestri e alle aree naturali protette. Le aree percorse da incendio nel corso dell'anno sono quelle individuate da EFFIS dal 1 gennaio al 31 dicembre dell'anno considerato (totale superfici percorse da incendio (AB Tot)), mentre le informazioni relative agli ecosistemi naturali sono quelle riferite alle classi di copertura forestale (superfici

forestali percorse da incendio (AB For)) ottenute dal modello Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4) [Aqrillo et al., 2022] riportato in appendice A.1. Le classi riferibili alle coperture forestali sono ascrivibili alla nomenclatura EUNIS (ultimo aggiornamento 2021) al II e III livello: T1-foreste di latifoglie decidue (es. querceti e faggete); T2-foreste di latifoglie sempreverdi (es. leccete e macchia mediterranea); T3-foreste di conifere (es. abetaie e pinete); T34-foreste temperate sub-alpine (es. lariceti). Sono considerate anche le foreste non classificate dal modello ECM-F4 con il codice TNC (classe relativa alle superfici forestali non classificate).

In dettaglio, a partire dai poligoni EFFIS rilasciati dal JRC, si procede ad una standardizzazione dei sistemi di proiezione dei singoli layer vettoriali utilizzati. La procedura prevede per ciascuna classe forestale mappata dal prodotto ECM-F4 il calcolo delle intersezioni delle superfici mediante una "zonal statistics" di tipo categorico, tenendo in considerazione solo i pixel il cui centroide ricade all'interno del poligono dell'area incendiata. In figura 1.5 si riportano schematizzati i passaggi necessari per la generazione del BA-ITE. Le elaborazioni di tipo statistico-spaziale sono state realizzate in Python e relative librerie Pandas, Geopandas e Rasterio. I layout cartografici contenuti nel rapporto sono stati realizzati con l'ausilio del software QGIS.

Il risultato finale è un sistema dinamico di gestione di informazioni relative a superfici caratterizzate da coperture di ecosistemi naturali e semi-naturali (es. ECM-F4) che sono state interessate da incendi durante il periodo temporale considerato (l'anno, una stagione specifica, una mensilità, una settimana o a cadenza giornaliera). Le estensioni delle singole superfici sono riportate in forma cumulata per unità amministrative territoriali (es. regioni, province e comuni - dati confini ISTAT), aree di interesse conservazionistico (es. dato EUAP, Rete Natura 2000 e Regione Biogeografica) o specifiche aree di interesse (es. in caso di emergenze ambientali o specifici casi di studio). I dati relativi al BA-ITE sono disponibili al sito riportato in appendice A.1

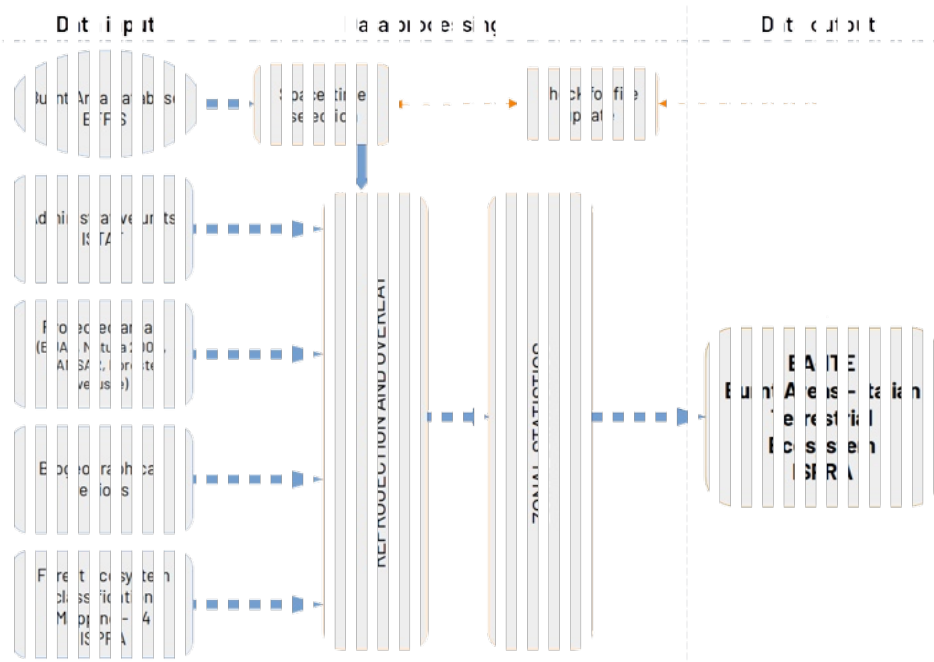


Figura 1.5: Diagramma di flusso della procedura per la generazione del BA-ITE.

1.7.1 Perimetrazione degli incendi boschivi

Per l'individuazione e la perimetrazione delle aree percorse da incendio (vedi il capitolo 3) in questa relazione si impiega in modo efficace un metodo basato sull'indice Normalised Burn Ratio (NBR), [Key and Benson, 1999] ampiamente utilizzato in telerilevamento per la mappatura delle superfici bruciate. L'indice viene calcolato combinando le bande del vicino infrarosso, Near InfraRed (NIR) e dell'infrarosso a onde corte, Short-Wave InfraRed (SWIR), utilizzando la formula:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (1.1)$$

La vegetazione integra e non interessata da incendi presenta una riflettanza elevata nel NIR, grazie alla struttura interna delle foglie che riflette fortemente in questa banda, e bassa riflettanza nello SWIR, dove l'assorbimento dell'acqua è più marcato. Al contrario, le aree recentemente bruciate mostrano bassa riflettanza nel NIR (a causa della perdita di struttura vegetale) e alta riflettanza nello SWIR, dovuta alla rimozione della vegetazione e all'esposizione del suolo o della cenere [Bolouk Heidari and Arfania, 2022]. Un valore alto (positivo) di NBR indica dunque un buono stato di salute della vegetazione, mentre un valore basso (negativo) è indice di suolo non vegetato oppure di area recentemente bruciata.

L'utilizzo dell'NBR è iniziato con Landsat TM ed ETM+ impiegando i canali 4 (0.76-0.90 μm) e 7 (2.08-2.35 μm), e si è dimostrato efficace impiegando diversi e più avanzati sensori multispettrali, tra cui, MODIS, Landsat-8 OLI, Sentinel-2 MSI, grazie alla disponibilità di bande specifiche in NIR nel range (0.7 – 0.9) μm e SWIR nel range (2.08 – 2.35) μm . In particolare, i dati Sentinel-2 MSI offrono una risoluzione spaziale adeguata per la perimetrazione degli incendi di media scala, e sono largamente utilizzati nella comunità scientifica per la mappatura operativa delle aree bruciate [Tienqo et al., 2025].

Numerosi studi confermano l'affidabilità dell'NBR per l'analisi post-incendio. Ad esempio, (Key and Benson [2006]) ne propongono l'utilizzo come metodo standard nel contesto del US Forest Service, mentre Sobrino et al. [2019] ne dimostrano l'applicazione efficace nel contesto europeo con dati Sentinel-2 MSI. In altri studi ([Santana et al., 2018]), l'NBR è stato integrato in modelli operativi per la gestione degli incendi e per la valutazione della risposta ecosistemica.

Nei casi di analisi basate su dati Sentinel-2 MSI qui presentate (vedi figure 3.3 e 3.2), sono state impiegate le bande 8a (0.865 μm) per NIR e 12 (2.190 μm) per SWIR.

Nel caso di dati nell'ottico ad altissima risoluzione spaziale che non dispongono della banda SWIR necessaria per il calcolo dell'NBR, si può comunque impiegare la tecnica basata sull'indice vegetazionale Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Ad esempio, nel caso descritto in figura 3.12, la perimetrazione delle superfici percorse dal fuoco è stata effettuata utilizzando il dNDVI, ossia la differenza tra i valori di NDVI pre e post incendio. L' NDVI si calcola sulla base della riflettanza nei canali NIR e RED (0.64-0.67 μm) secondo la formula:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1.2)$$

e rappresenta un indicatore della salute della vegetazione, sfruttando la forte riflettanza del NIR e l'assorbimento nella banda del rosso da parte della clorofilla. La differenza tra NDVI pre e post evento (dNDVI = NDVI pre – NDVI post) evidenzia le variazioni della copertura vegetale, consentendo di identificare con buona accuratezza le aree degradate dal fuoco ([Gouveia et al., 2010]). Sebbene il dNDVI sia meno sensibile ai residui carboniosi rispetto all'NBR, rappresenta una valida alternativa quando si utilizzano sensori ottici che offrono una risoluzione spaziale molto elevata (fino a 3 m) ma un numero limitato di bande spettrali. In questo contesto, il dNDVI consente comunque una perimetrazione accurata degli incendi su scala locale, risultando particolarmente utile in aree con frammentazione del

mosaico vegetazionale o con incendi di piccola entità.

In conclusione, grazie alle sue proprietà spettrali e alla semplicità computazionale, l'indice NBR rappresenta una delle metodologie più consolidate e robuste per la rilevazione delle superfici percorse dal fuoco, sia in contesti operativi sia in ambito scientifico. Tuttavia, l'impiego del dNDVI con dati ottici ad alta risoluzione costituisce un approccio complementare semplice nei casi in cui le bande necessarie al calcolo dell'NBR non siano disponibili.

1.8 Valutazione delle aree bruciate nelle aree protette italiane

Il livello più generale di insieme di aree naturali protette comprende due grandi cataloghi, le aree comprese nell'Elenco Ufficiale Aree naturali Protette (EUAP) e quelle comprese nella Rete Natura 2000 definita ai sensi della Direttiva Habitat 43/92/CE e alla Direttiva Uccelli 2009/147/CE (RN2000). Attualmente è in vigore il 6° aggiornamento dell'EUAP, approvato con Delibera della Conferenza Stato-Regioni del 17 dicembre 2009 e pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.125 del 31.05.2010.

L'insieme delle aree naturali protette EUAP comprende in particolare: Parchi Nazionali (PNZ), i Parchi Naturali Regionali (PNR), le Riserve Naturali Regionali (RNR), le Riserve Naturali Statali (RNS) e le Altre Aree Naturali Protette (AANP). Da notare che, essendo state istituite con leggi diverse, le aree protette PNZ, PNR, RNR, RNS e AANP si sovrappongono in gran parte a quelle comprese nella RN2000. Della RN2000 fanno parte in via esclusiva le Zone Speciali di Conservazione (ZSC) e le Zone di Protezione Speciale (ZPS), che a loro volta si sovrappongono in larga misura. Le aree umide Convenzione di Ramsar sulle zone umide di importanza internazionale (Ramsar) ([Ravera et al., 2011]) e quelle a rete Nazionale dei "Boschi Vetusti" (D.M. N. 193945 del 05/04/2023 - Istituzione della Rete nazionale dei boschi vetusti) [Blasi et al., 2010, Sabatini et al., 2021] possono essere presenti in entrambe le classi EUAP ed RN2000.

Dato il quadro normativo esistente, non è semplice considerare quantitativamente l'impatto degli incendi, soprattutto perché le stesse porzioni di territorio sono molto spesso definite in toto o in parte in diversi sistemi di tutela, regolamentati da sistemi normativi differenti; quindi se non si applica particolare attenzione nel considerare i temi aggregati si corre il rischio di sovrastimare largamente la dimensione del territorio percorso da incendio in aree naturali protette perché la stessa area bruciata fa parte di diversi insiemi.

Se gli incendi colpiscono delle superfici che appartengono a diversi sistemi, è necessario calcolare le superfici totali con cura, effettuando l'intersezione delle aree incendiate con l'unione delle superfici relative alle aree protette considerate per evitare valori sovrastimati stante le sovrapposizioni. È stata valutata la superficie percorsa da incendio nelle aree naturali protette italiane per l'anno 2024 in termini sia di area totale AB Tot che di superficie bruciata esclusivamente coperta da ecosistemi forestali AB For. I risultati delle analisi sono stati organizzati in tre tabelle: nella tabella 2.8 viene riportato AB Tot e AB For nelle Aree Protette terrestri italiane, calcolato come l'unione di tutte le aree naturali protette bruciate a prescindere dal quadro normativo che le regola. Nella tabella 2.9 viene invece riportato il totale superfici percorse da incendio (AB Tot) e AB For degli incendi nelle aree protette rispettivamente nelle categorie EUAP e RN2000, calcolati come l'unione delle aree bruciate nei relativi sottoinsiemi. In tabella 2.10 è infine riportato AB Tot e AB For per le specifiche tipologie di sottoinsiemi, Zona Speciale di Conservazione (ZSC), Zona Protezione Speciale (ZPS), per RN2000, PNZ, PNR, RNR, RNS ed AANP per EUAP.

In quest'ultima tabella, le aree naturali percorse da incendio in ZSC ed ZPS, appartenenti alla RN2000, hanno una vasta zona di sovrapposizione, la cui superficie è data dall'intersezione $ZSC \cap ZPS$ (INT) dei due insiemi. Il valore di AB For e dei successivi valori nella prima riga in tabella 2.9 per RN2000 sono calcolati come l'unione delle aree delle diverse componenti. Tali valori quindi corrispondono alla somma delle tre prime righe nella presente tabella $([ZSC - INT] + [ZPS - INT] + INT)$. I valori dei totali



(a) Incendio in un bosco di conifere (Pino nero d'Austria) del centro Italia interessato in precedenza da fitopatogeni.



(b) Incendio in aree arbustive del centro Italia.

Figura 1.6: Sopralluoghi dei ricercatori e tecnologi del CSA dell'ISPRA in aree incendiate. Fonte: CSA

delle ZSC si ottengono dalla somma della prima e della terza riga ($[ZSC - INT] + INT$). I valori I valori corrispondenti ai total per ZPS si ottengono dalla somma della seconda e della terza riga della presente tabella ($[ZPS - INT] + INT$).

Anche le aree componenti le EUAP hanno incendi in aree di sovrapposizione, ma la AB For in eccesso della somma PNR + PNZ + RNS + AANP in tabella 2.10 rispetto al totale EUAP in tabella 2.9 è pari ad un ettaro e l'intersezione non viene qui riportata per semplicità di lettura.

1.9 Obiettivo del documento

A partire dal 2021, il Centro operativo di Sorveglianza Ambientale ISPRA (CSA), afferente al Centro Nazionale per le Crisi e le Emergenze Ambientali e il Danno (CN-CRE), ha come obiettivo lo sviluppo di prodotti operativi di sorveglianza ambientale basati su dati di Earth Observation utili a valutare lo stato e le variazioni degli ecosistemi forestali colpiti da incendi. Tali attività rientrano anche nell'elenco delle linee prioritarie di azione, delle funzioni e dei compiti facenti capo all'Istituto sottoscritti dalla "Direttiva generale concernente lo svolgimento delle funzioni e dei compiti facenti capo a ISPRA 2025-2027" (DM n.84 del 02-04-2025), volte a garantire un adeguato supporto al Ministero in tutte le attività conseguenti ai fenomeni incendiari sulle matrici ambientali. In questo contesto il CSA ha sviluppato un sistema informativo esperto utile ad ottenere un monitoraggio operativo delle coperture forestali affette da incendi. Per maggiori informazioni sul sistema si può consultare il sito indicato in appendice A.1.

CAPITOLO 2

Analisi quantitativa degli effetti degli incendi in Italia

2.1 Stima delle superfici incendiate in Italia

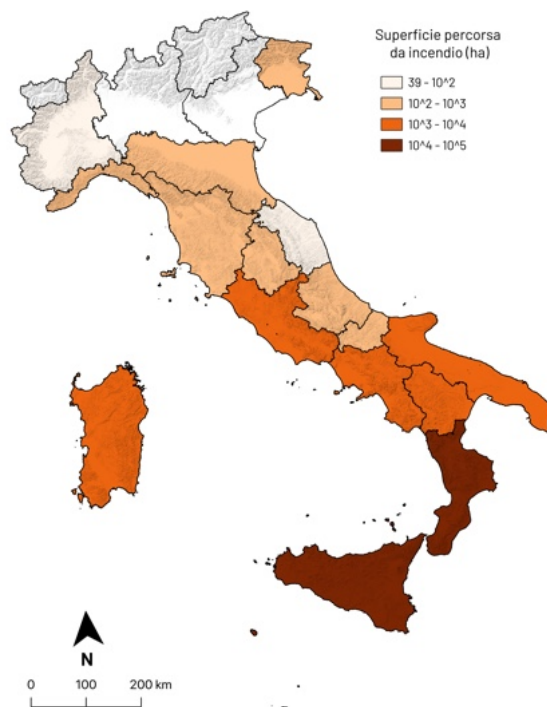


Figura 2.1: Distribuzione della superficie percorsa da incendio nell'anno 2024 per le regioni italiane. Fonte EFFIS (dati aggiornati al 06/03/2025).

Secondo l'elaborazione dei dati EFFIS, risulta complessivamente percorsa da incendio in Italia nel 2024 un'area corrispondente a 51424 ha, di cui circa il 33% risulta corrispondere a copertura di terreni agricoli. Nella tabella 2.1, sono riportati i dati riferiti alle tipologie di copertura del suolo delle

aree bruciate calcolati da EFFIS e suddivisi per le diverse regioni italiane. La distribuzione delle aree percorse da incendio per regione, rappresentata graficamente in figura 2.1, viene approfondita nella sezione 2.3 in relazione agli ecosistemi forestali presenti nelle coperture.

La Sicilia è la regione con la maggiore estensione di incendi boschivi nell'anno 2024, con una superficie complessiva percorsa da incendio di 17 540 ha. In Calabria risultano poi complessivamente percorsi da incendio 10 241 ha. In Sardegna risultano complessivamente percorsi da incendio 5 524 ha (tabella 2.1), circa la metà delle superfici percorse da incendio in Calabria e circa pari a quanto bruciato in Campania e Lazio.

Quasi il 30% delle superfici complessivamente percorse da incendio erano collocate all'interno delle aree protette terrestri italiane (per la definizione di aree protette italiane vedi 1.8). Gli incendi avvenuti in Italia nel 2024 sono risultati senz'altro meno gravi per estensione delle aree colpite rispetto agli anni precedenti. Considerato il periodo di riferimento (2018-2024) infatti, la superficie bruciata in Italia nel 2024 risulta superiore solo al 2018 e al 2019. La figura 2.2, permette il confronto tra l'andamento cumulato delle superfici colpite da incendio (AB tot) nel 2024 con l'andamento medio annuale ed il range massimo-minimo della serie storica del 2006-2023 (fonte EFFIS). Come si può notare, nella prima metà dell'anno il 2024 ha un andamento all'incirca pari al valor medio della cumulata della serie storica, con valori che si identificano a volte con i valori minimi, ma mai con i massimi. Questo andamento si riscontra anche durante il pieno della stagione estiva mentre dalla fine di agosto fino alla fine dell'anno il valore cumulato rimane costante e al di sotto del valore medio della serie storica 2006-2023.

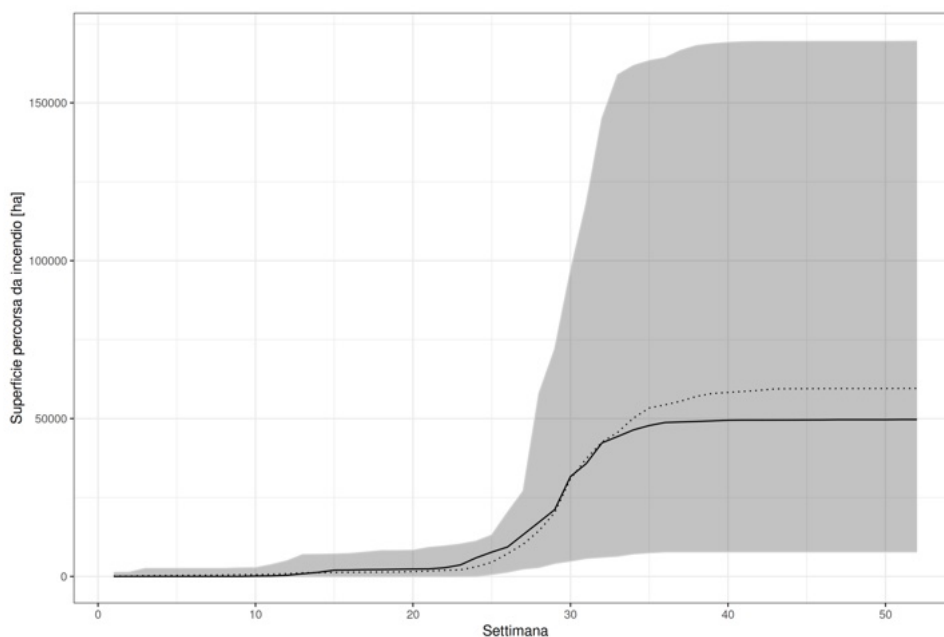


Figura 2.2: Somma cumulata delle superfici percorse da incendio per la serie storica nel periodo 1° gennaio - 31 dicembre 2024 (linea in colore nero). Come riferimento sono stati presi il range min-max della serie storica annuale nel periodo 2006-2023 (area grigia) ed il valore medio della stessa serie storica (linea punteggiata). Dati da EFFIS Burnt area database.

REGIONE	FOR	SCL	TRAN	ALTN	AGR	ART	ALT	TOT
Sicilia	2 662	2 374	132	6 024	6 300	22	26	17 540
Calabria	2 631	793	1 811	1 628	3 344	34	0	10 241
Sardegna	588	1 220	366	167	3 176	7	0	5 524
Campania	1 115	337	692	2 165	1 088	38	2	5 437
Lazio	521	106	676	3 034	902	5	0	5 244
Puglia	372	354	136	1 606	1 130	42	0	3 640
Basilicata	532	13	463	104	924	2	0	2 038
Toscana	38	0	43	304	102	4	11	502
Abruzzo	42	0	28	147	47	0	0	264
Friuli-Venezia Giulia	237	0	0	23	0	0	0	260
Liguria	39	0	62	105	0	0	0	206
Molise	14	0	133	0	3	0	0	150
Umbria	21	0	58	0	58	0	0	137
Emilia-Romagna	7	0	11	105	0	0	0	123
Piemonte	11	0	0	65	3	0	0	79
Marche	5	0	21	0	13	0	0	39

Tabella 2.1: Superficie percorsa da incendio secondo EFFIS nelle diverse regioni Italiane dal 1 gennaio al 31 dicembre 2024, suddivise nelle classi di copertura del suolo prodotte da CLC2018. REG=Regioni, FOR=Foreste, SCL=Sclerofille, TRA=Transizione, ALTN=Altro Naturale, AGR=Agricolo, ART=Artificiale, ALT=Altro, TOT=Totale. Le regioni sono in ordine decrescente in relazione alla superficie totale bruciata. La classe "Foresta" include sia le latifoglie decidue che le conifere. La classe "Sclerofille" comprende tutte le specie arboree e arbustive sempreverdi. La classe "Transizione" comprende tutte le superfici con copertura non omogenea delle specie arboree e arbustive. In "Altro Naturale" sono incluse prevalentemente tutte le praterie non soggette ad attività agricola. Le regioni dove non risultano aree percorse da incendio non sono presenti in tabella. Dati aggiornati in archivio EFFIS al 6 marzo 2025.

2.2 Stima delle superfici boschive incendiate in Italia

Considerando l'intero territorio nazionale, dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024, risultano complessivamente percorsi da incendio 10 314 ha di superficie boschiva. Di 907 eventi con almeno 1 ha corrispondente a superfici forestali bruciate, gli eventi con superfici boschive bruciate superiori ai 100 ettari sono risultati relativamente pochi (13 eventi in tutto il 2024), mentre la gran parte degli incendi che hanno coinvolto coperture forestali hanno interessato superfici comprese tra 1 e 50 ha.

La categoria forestale più colpita risulta essere la classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2) (principalmente rappresentata da leccete e macchia mediterranea) con 4 694 ha, la classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1) (querçeti, faggete e boschi misti) con 3 795 ha percorsi da incendio e la classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) (pinete costiere e abetaie naturali e artificiali) 1 403 ha. I restanti 422 ha rientrano nella classe di bosco non classificato secondo le categorie EUNIS (TNC). Inoltre, nel 2024 non risultano superfici di classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) (larici) percorse da incendio. Infine, il 31% degli ecosistemi forestali percorsi da incendio si trova all'interno di aree protette.

Italia	AB TNC	AB T1	AB T2	AB T3	AB For
	422	3 795	4 694	1 403	10 314

Tabella 2.2: AB For in Italia dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024, suddivise nelle categorie forestali superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) stimate in base al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4). La categoria forestale classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) non è riportata in quanto non risultano superfici percorse da incendio per questa classe durante l'anno 2024.

2.3 Stima delle superfici boschive incendiate nelle regioni

L'analisi delle aree boschive percorse da incendio è stata effettuata per tutte le regioni italiane. Nella tabella 2.3 sono riportate le superfici forestali bruciate suddivise per regione e per le diverse classi di categorie forestali.

Nel 2024 sono presenti superfici boschive colpite da grandi incendi boschivi in 16 regioni su 20. Le regioni che non presentano grandi incendi boschivi sono la Valle D'Aosta, la Lombardia, Il Trentino-Alto Adige e il Veneto.

Confrontando i dati con l'anno precedente [Agrillo et al., 2024], la superficie forestale percorsa da incendio nel 2024 diminuisce sensibilmente in Sicilia e rimane stabile o aumenta nelle altre regioni del Sud, in Sardegna e nelle altre regioni del Nord, mentre diminuisce nelle regioni del Centro.

Si osserva come gran parte delle aree bruciate forestali siano concentrate in Sicilia (2 588 ha), in Calabria (2 494 ha), ed in misura minore, in Sardegna (1 734 ha). Nelle altre regioni risultano percorsi da incendio 1 175 ha di bosco in Campania, 864 ha nel Lazio e 573 ha in Basilicata. Nel nord Italia vanno menzionati i 220 ha di superficie boschiva bruciata in Friuli-Venezia Giulia.

È da sottolineare come nel 2024 le sole regioni Sicilia, Calabria e Sardegna insieme abbiano contribuito a più del 66% del totale di superficie forestale italiana colpita da grandi incendi boschivi. In Sicilia e in Calabria la classe forestale più colpita è quella della classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), corrispondente a foreste di leccio e macchia mediterranea, che caratterizza in prevalenza le zone costiere e l'Italia meridionale, mentre la categoria forestale più colpita in Sardegna è quella della classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), corrispondente in questa regione a quercete e bosco misto. Nei

successivi sotto-paragrafi vengono riportati i focus relativi alle tre regioni con la maggiore superficie forestale colpita da incendio nel 2024.

REGIONE	AB TNC [ha]	AB T1 [ha]	AB T2 [ha]	AB T3 [ha]	AB For [ha]
Sicilia	119	259	1488	722	2 588
Calabria	110	1 085	952	347	2 494
Sardegna	2	402	1 330	0	1 734
Campania	69	793	262	51	1 175
Lazio	50	434	317	63	864
Basilicata	30	374	111	58	573
Puglia	23	104	192	21	340
Friuli-Venezia Giulia	7	84	0	129	220
Liguria	0	103	2	5	110
Umbria	2	24	32	2	60
Toscana	2	54	1	2	59
Molise	5	25	1	0	31
Abruzzo	1	12	6	3	22
Marche	1	15	0	0	16
Emilia-Romagna	1	14	0	0	15
Piemonte	0	13	0	0	13

Tabella 2.3: Totale AB For in ettari nelle regioni italiane dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024. È riportata per ciascuna regione anche la quantità di superficie bruciata nelle specifiche categorie forestali superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) stimate in base al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4). La categoria forestale classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) non è riportata in quanto non risultano superfici percorse da incendio per questa classe durante l'anno 2024. Le regioni dove non risultano aree percorse da incendio non sono presenti in tabella.

2.3.1 Sicilia

Il 25% della superficie forestale percorsa da incendi in Italia nel 2024 è situato in Sicilia. La Sicilia, oltre a essere la regione con la superficie maggiormente interessata dagli incendi boschivi nell'anno 2024, vedi tabella 2.1, risulta anche la regione con la più alta superficie boschiva colpita da incendio (2 588 ha). Il rapporto tra la superficie forestale bruciata e quella complessivamente percorsa da incendio è intorno al 15%. Le coperture forestali maggiormente interessate sono le latifoglie sempreverdi (leccete, boscaglie di macchia mediterranea e piantagioni artificiali) e le conifere (prevalentemente piantagioni artificiali) (tabella 2.3 e figura 2.3). L'estensione delle aree forestali bruciate in Sicilia nel 2024 è di gran lunga inferiore a quella del 2023, quando furono colpiti da incendio più di 10 000 ha di superficie forestale. Le aree boschive percorse da incendi nel 2024 sono pari a circa 0.8% della superficie boschiva totale nella regione. Considerando il rapporto tra superficie forestale percorsa da incendio in una specifica classe (T1,T2,T3,T4) rispetto alla presenza totale della stessa classe di ecosistema nella regione, la classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) è risultata quella con la percentuale più alta, con più dell'1.5% di superficie bruciata rispetto al totale di copertura di aghifoglie nella regione.

Superfici percorse da incendio boschivo per province della regione Sicilia

La provincia che ha maggiormente sofferto gli incendi che hanno colpito la regione da luglio ad ottobre 2024 è quella di Enna, con 731 ha di superficie forestale bruciata (tabella 2.4). La provincia di Ca-

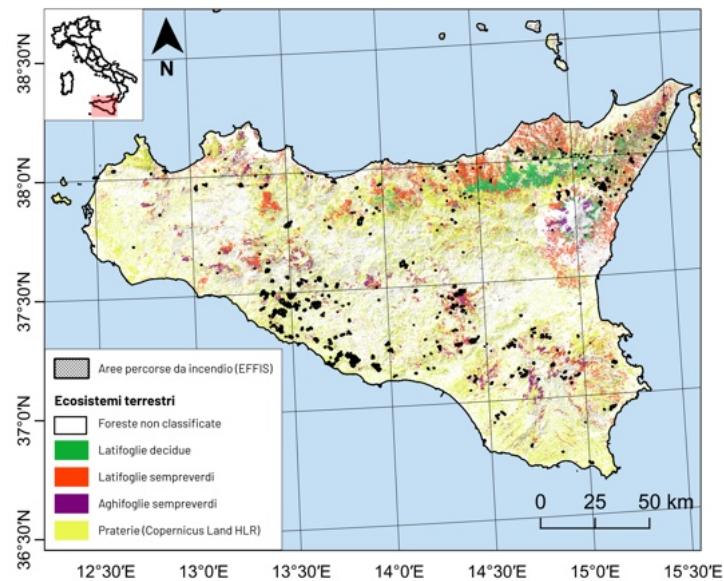


Figura 2.3: Distribuzione delle aree percorse da incendio nell'anno 2024 e rilasciate da EFFIS per la regione Sicilia. Viene riportata anche la classificazione degli ecosistemi forestali ottenuta grazie al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4) relativo all'anno 2020 e la classe prateria proveniente dal layer Copernicus High Layer Resolution Land Monitoring Service Copernicus (HLR).

tania e quella di Messina hanno visto rispettivamente 721 ha e 427 ha di superficie boschiva percorsa da incendi. Per quanto riguarda il resto delle provincie, i valori complessivi di superficie forestale colpita da incendio non raggiungono i 200 ha. Da sottolineare come, indipendentemente dalla provincia considerata, la classe forestale più impattata è la classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), la quale non a caso, caratterizza circa il 60% del patrimonio forestale della regione Sicilia.

PROVINCIA	AB TNC [ha]	AB T1 [ha]	AB T2 [ha]	AB T3 [ha]	AB For [ha]
Enna	20	52	432	227	731
Catania	22	46	356	297	721
Messina	25	127	268	7	427
Caltanissetta	8	10	111	69	198
Agrigento	11	5	97	81	194
Palermo	5	5	89	5	104
Siracusa	8	8	85	2	103
Ragusa	19	6	40	34	99
Trapani	1	0	10	0	11

Tabella 2.4: Totale AB For in ettari nelle provincie della Sicilia dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024. È riportata per ciascuna provincia anche la quantità di superficie bruciata nelle specifiche categorie forestali: superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) stimate in base al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4). La categoria forestale classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) non è riportata in quanto non risultano superfici percorse da incendio per questa classe durante l'anno 2024.

2.3.2 Calabria

In Calabria la superficie boschiva percorsa da incendio risulta essere di 2 588 ha (tabella 2.3). La gran parte (84%) di tutta la superficie forestale regionale percorsa da incendi risulta composta da boschi di latifoglie decidue (1 085 ha) e di latifoglie sempreverdi (952 ha). Dalla distribuzione delle aree percorse da incendio, mappata in Figura 2.4, si può osservare che le porzioni di territorio maggiormente interessate dagli incendi nel 2024, come nel 2023, sono quelle costiere e sub costiere della porzione più meridionale, con alcuni sconfinamenti nelle aree sub montane. Tali aree corrispondono principalmente ad ambiti collinari e sub-collinari con ambito agricolo.

Ad eccezione dei vasti boschi dell'Aspromonte (Parco Nazionale dell'Aspromonte) e delle Serre Calabresi, caratterizzati da faggete, leccete e boschi di querce caducifoglie, storicamente il contesto sub-montano e collinare verso le pianure costiere è costituito da un paesaggio a vocazione agricola e pascolo. In tale contesto territoriale le aree prevalentemente colpite nel periodo esaminato riguardano prati permanenti a pascoli e coltivazioni legnose agrarie (comprendenti l'olivo, la vite, gli agrumi e altre fruttifere). Le poche aree coperte da vegetazione arboreo arbustiva in suddetti contesti territoriali, ai margini delle zone agricole, riguardano la macchia mediterranea e le boscaglie di querce caducifoglie. Inoltre, sporadicamente sono state interessate aree rimboschite a conifere.

Aree percorse da incendio nelle province della regione Calabria nel 2024

In tabella 2.5 sono indicate le aree boschive percorse da incendio nelle province della Calabria dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024. Tra tutte le province, un numero elevato di grandi incendi boschivi risulta aver colpito nel 2024 soprattutto la provincia di Reggio Calabria, con una superficie boscata percorsa da incendio pari a 1 034 ha, il 41% del corrispondente valore di tutta la Regione. Valori molto simili caratterizzano la provincia di Cosenza, che ha avuto 940 ha di superficie boscata percorsa da incendio, il 38% del totale forestale percorso da incendio nell'intera regione. La provincia di Vibo Valentia registra 232 ha di superficie forestale percorsa da incendio. In provincia di Catanzaro sono stati identificati 206 ha di superficie boscata percorsa da incendio e infine, la provincia di Crotona ha visto 82 ha di superficie forestale percorsa da incendio.

PROVINCIA	AB TNC [ha]	AB T1 [ha]	AB T2 [ha]	AB T3 [ha]	AB For [ha]
Reggio di Calabria	42	423	450	119	1 034
Cosenza	48	404	294	194	940
Vibo Valentia	8	99	116	9	232
Catanzaro	9	140	51	6	206
Crotona	3	19	41	19	82

Tabella 2.5: Aree boschive percorse da incendio AB For nelle province della Calabria dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024. È riportata per ciascuna provincia anche la quantità di superficie bruciata nelle specifiche categorie forestali: superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) stimate in base al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4). La categoria forestale classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) non è riportata in quanto non risultano superfici percorse da incendio per questa classe durante l'anno 2024.

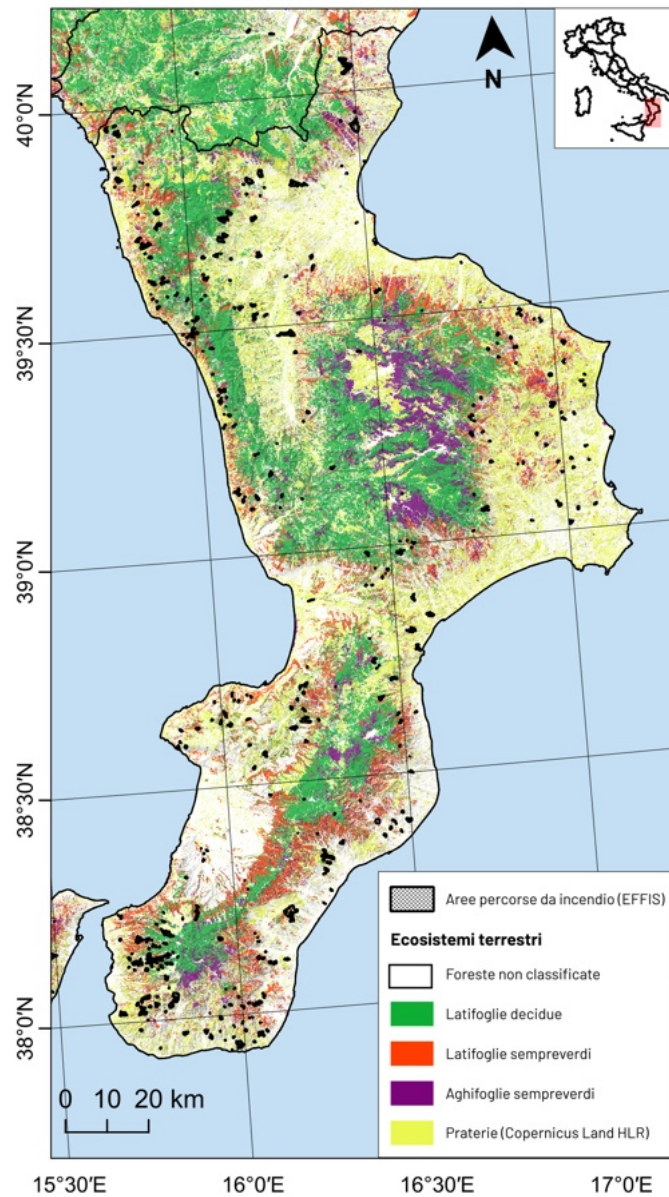


Figura 2.4: Distribuzione delle aree percorse da incendio nell'anno 2024 e rilasciate da EFFIS per la regione Calabria. Viene riportata anche la classificazione degli ecosistemi forestali ottenuta grazie al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4) relativo all'anno 2020 e la classe prateria proveniente dal layer Copernicus HLR.

2.3.3 Sardegna

In Sardegna, nel 2024 risultano percorsi da incendio 1734 ha di ecosistemi forestali (Tabella 2.3). Quasi il 77% della superficie forestale percorsa da incendi è rappresentata dalle latifoglie sempreverdi (lec-

cete, sugherete e boscaglie di macchia mediterranea), mentre il restante 20% circa è composto da classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1) (in prevalenza querceti e boschi misti). Non risultano bruciate in tutto il 2024 aree a conifere. L'assenza della classe T3 dai dati delle superfici forestali percorse da incendio concorda con la presenza di eventi incendiari quasi esclusivamente nella porzione interna dell'isola (vedi figura 2.5); infatti i nuclei principali di boschi a conifera sono localizzati in poche aree costiere della regione.

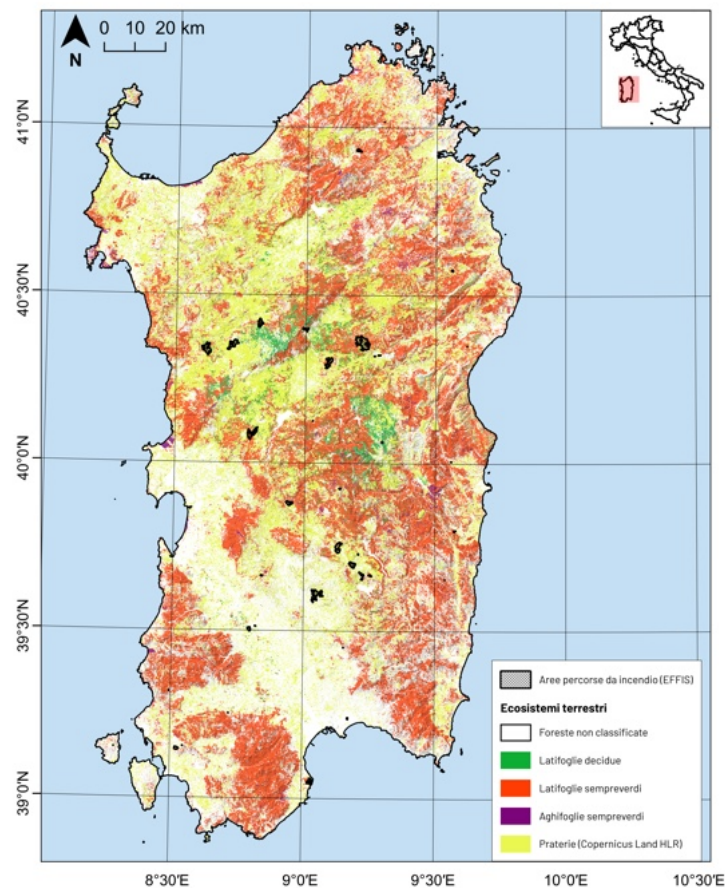


Figura 2.5: Distribuzione delle aree percorse da incendio nell'anno 2024 e rilasciate da EFFIS per la regione Sardegna. Viene riportata anche la classificazione degli ecosistemi forestali ottenuta grazie al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4) relativo all'anno 2020 e la classe prateria proveniente dal layer Copernicus Land HLR.

Superfici percorse da incendio boschivo per province della regione Sardegna

La provincia che ha maggiormente sofferto gli incendi boschivi durante il 2024 è quella di Nuoro con 794 ha (tabella 2.6), protagonista dell'evento incendiario più esteso di tutto il 2024 (vedi sezione 3.1). Le province di Sassari, di Oristano e quella di Sud Sardegna hanno visto rispettivamente 473 ha, 256 ha e 181 ha di superficie boschiva percorsa da incendi. Infine rimane la provincia di Cagliari con soli 30

ha di superficie boschiva percorsa da incendi.

PROVINCIA	AB TNC [ha]	AB T1 [ha]	AB T2 [ha]	AB T3 [ha]	AB For [ha]
Nuoro	0	198	596	0	794
Sassari	2	155	316	0	473
Oristano	0	17	239	0	256
Sud Sardegna	0	32	149	0	181
Cagliari	0	0	30	0	30

Tabella 2.6: Totale AB For in ettari nelle provincie della Sardegna dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024. È riportata per ciascuna provincia anche la quantità di superficie bruciata nelle specifiche categorie forestali: superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) stimate in base al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4). La categoria forestale classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) non è riportata in quanto non risultano superfici percorse da incendio per questa classe durante l'anno 2024.

2.4 Stima delle superfici boschive incendiate nelle province italiane

Nel 2024 le province interessate da incendi che hanno colpito porzioni rilevanti di ecosistemi boschivi sono 56 (figura 2.6). Tra queste, 8 hanno una superficie forestale percorsa da incendio inferiore a 10 ha, 16 hanno una superficie forestale bruciata compresa tra 10 ha e 50 ha, 4 hanno una superficie forestale bruciata compresa tra 50 ha e 100 ha, 27 province hanno registrato eventi con 100 ha e 1000 ha e una sola con superficie superiore a 1000 ha. In tabella 2.7 sono riportate tutte le province italiane con una superficie forestale bruciata maggiore di 50 ha. Le prime dieci province per ordine di superficie forestale percorsa da grandi incendi boschivi (maggiore di 280 ha) sono nell'Italia meridionale. Le due province più colpite risultano quella di Reggio Calabria (1034 ha) e quella di Cosenza (940 ha), entrambe in Calabria. Le uniche province dell'Italia centrale con superfici forestali colpite da incendi sono quelle di Latina, Frosinone, Roma, Viterbo e Perugia. L'unica provincia del nord Italia è quella di Udine (220 ha).

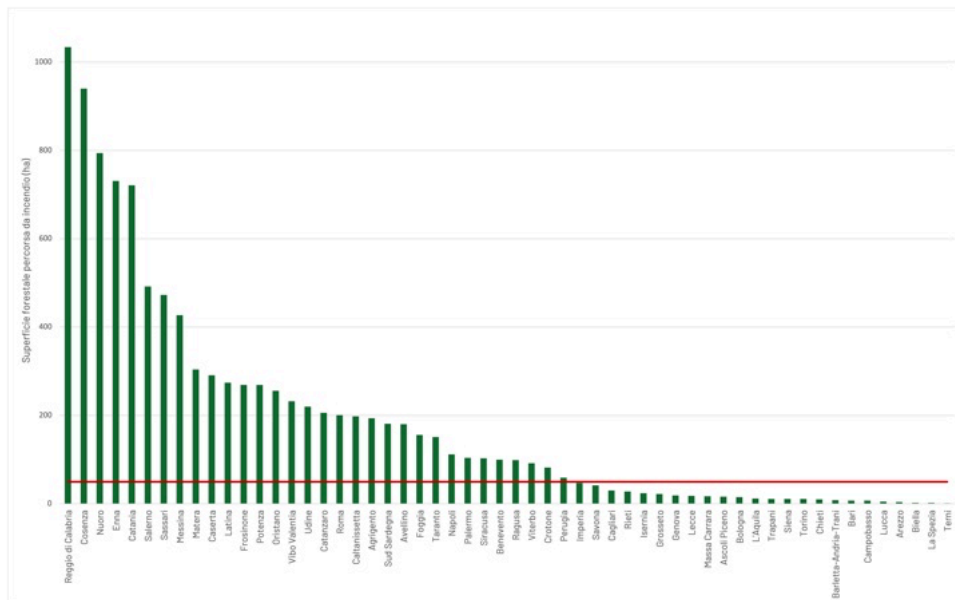


Figura 2.6: Superficie forestale percorsa da incendio durante l'anno 2024 in tutte le province italiane colpite. Viene riportato il valore di 50 ha (retta in rosso), valore soglia selezionato per riportare il dettaglio delle coperture forestali colpite nella tabella 2.7.

PROVINCIA	AB TNC [ha]	AB T1 [ha]	AB T2 [ha]	AB T3 [ha]	AB For [ha]
Reggio di Calabria	42	423	450	119	1034
Cosenza	48	404	294	194	940
Nuoro	0	198	596	0	794
Enna	20	52	432	227	731
Catania	22	46	356	297	721
Salerno	24	386	66	16	492
Sassari	2	155	316	0	473
Messina	25	127	268	7	427
Matera	16	168	72	48	304
Caserta	22	138	118	13	291
Latina	15	42	185	32	274
Potenza	14	206	39	10	269
Frosinone	15	151	88	15	269
Oristano	0	17	239	0	256
Vibo Valentia	8	99	116	9	232
Udine	7	84	0	129	220
Catanzaro	9	140	51	6	206
Roma	14	134	44	9	201
Caltanissetta	8	10	111	69	198
Agrigento	11	5	97	81	194
Sud Sardegna	0	32	149	0	181
Avellino	12	152	12	4	180
Foggia	12	100	37	7	156
Taranto	7	0	136	8	151
Napoli	8	43	45	16	112
Palermo	5	5	89	5	104
Siracusa	8	8	85	2	103
Benevento	3	74	21	2	100
Ragusa	19	6	40	34	99
Viterbo	4	88	0	0	92
Crotone	3	19	41	19	82
Perugia	2	23	32	2	59

Tabella 2.7: Totale superfici forestali percorse da incendio (AB For) in ettari nelle province italiane dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024 con una superficie forestale colpita superiore a 50 ha. È riportato il totale della superficie forestale percorsa da incendio in ciascuna provincia AB For e la quantità di superficie bruciata nella specifica categoria forestale superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3), stimate in base al Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4). La categoria forestale classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) non è riportata in quanto non risultano superfici percorse da incendio per questa classe durante l'anno 2024.

2.5 Stima delle superfici boschive incendiate nelle aree naturali protette italiane

Aree Protette	AB Tot	AB TNC	AB T1	AB T2	AB T3	AB For
	15 105	165	1 270	1 399	398	3 232

Tabella 2.8: AB Tot nelle Aree Protette terrestri italiane dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024, suddivise nelle categorie forestali superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) stimate in base al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4). La categoria forestale classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) non è riportata in quanto non risultano superfici percorse da incendio per questa classe durante l'anno 2024. Sono infine riportate le superfici forestali percorse da incendio (AB For).

Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'insieme delle aree protette terrestri italiane, risultano superfici totali percorse da incendi per un totale di 15 105 ha (AB Tot). Di questi, circa il 21% sono rappresentati da ecosistemi forestali, la stessa percentuale del 2023 sebbene con superfici colpite da incendio inferiori. Dall'analisi dei risultati relativi alle aree RN2000, in tabella 2.9, risultano superfici forestali percorse da incendio (AB For) per 3 282 ha. Di questi, le categorie forestali maggiormente colpite sono la classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1) e la classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2). Per la rete EUAP le categorie maggiormente impattate sono ancora le classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1) e la classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2).

Osservando la tabella 2.10, si evince che come le tipologie di aree protette maggiormente affette da incendio negli ecosistemi forestali sono le ZSC, le ZPS e le RNR con, rispettivamente, 4 811 ha, 2 941 ha e 1 380 ha di superficie forestale percorsa da incendio. Da notare che in termini di aree forestali percorse di incendio rispetto alla superficie forestale complessiva, gli incendi hanno colpito ben l'1.4% delle Riserve Naturali Regionali (RNR). Le Foreste Vetuste non sono presenti in Tabella 2.10 poiché non risultano superfici percorse da incendi nel periodo considerato.

Tipologia	AB Tot	AB TNC	AB T1	AB T2	AB T3	AB For
RN2000	15 395	169	1 376	1 352	385	3 282
EUAP	7 536	80	674	541	169	1 464

Tabella 2.9: AB Tot in ettari nelle tipologie di aree protette italiane RN2000 ed EUAP dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024, suddivise nelle categorie forestali superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) stimate in base al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4). La categoria forestale classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) non è riportata in quanto non risultano superfici percorse da incendio per questa classe durante l'anno 2024. Sono infine riportate le superfici forestali percorse da incendio (AB For). ** Essendo state istituite con leggi diverse, le aree protette in EUAP si sovrappongono in gran parte a quelle comprese nella RN2000.

Tipologia	AB Tot	AB TNC	AB T1	AB T2	AB T3	AB For
ZSC	6 311	84	559	846	222	1 712
ZPS	7 072	59	525	434	141	1 160
INT	2 012	25	292	71	22	410
RNR	542	6	32	113	78	229
PNR	4 216	60	154	697	73	984
PNZ	2 894	17	134	87	50	288
RNS	96	2	2	7	3	14
AANP	137	5	13	40	0	58
Ramsar	50	1	0	1	2	4

Tabella 2.10: Totale superfici percorse da incendio in ettari AB Tot nelle diverse tipologie di aree protette italiane dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024, suddivise nelle categorie forestali superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) stimate in base al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4). La categoria forestale classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) non è riportata in quanto non risultano superfici percorse da incendio per questa classe durante l'anno 2024. Sono infine riportate le superfici forestali percorse da incendio (AB For) appartenenti complessivamente alla categoria forestale. INT=ZSC \cap ZPS intersezione tra gli insiemi delle aree bruciate in ZSC ed ZPS.

2.6 Stima delle superfici boschive incendiate nelle Regioni Biogeografiche

La distribuzione delle aree bruciate forestali nelle tre regioni biogeografiche [Roekaerts, 2002] presenti in Italia ai sensi della Direttiva Habitat è mostrata in tabella 2.11. La maggioranza delle aree bruciate protette ricade nella regione biogeografica mediterranea in termini di aree bruciate forestali (95.5%). Trattandosi della regione biogeografica più diffusa in Italia, il risultato non stupisce ma conferma i risultati ottenuti, che vedono le latifoglie sempreverdi la categoria forestale più impattata, in quanto proprio la più rappresentativa di questa regione bioclimatica.

REGIONE BIOGEOGRAFICA	AB TNC [ha]	AB T1 [ha]	AB T2 [ha]	AB T3 [ha]	AB For [ha]
Mediterranea	412	3 656	4 690	1 274	10 032
Alpina	7	97	0	129	233
Continentale	3	42	4	0	49

Tabella 2.11: Totale superfici percorse da incendio in ettari (AB: Aree Bruciate) suddivise nelle tre regioni biogeografiche italiane dal 1° gennaio al 31 dicembre 2024. Sono riportati anche il totale suddiviso nelle categorie forestali superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) stimate in base al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4). La categoria forestale classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) non è riportata in quanto non risultano superfici percorse da incendio per questa classe durante l'anno 2024. Sono infine riportate le superfici forestali percorse da incendio (AB For) appartenenti complessivamente alla categoria forestale.

CAPITOLO 3

Altri eventi rilevanti del 2024

Sono qui descritti alcuni episodi, accaduti nel 2024, particolarmente rilevanti sia in termini di estensione di aree impattate da incendi boschivi, che per le caratteristiche degli eventi stessi.

3.1 Provincia di Nuoro



Figura 3.1: Immagine presa da elicottero il 29/07/2024. Fonte: Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale della Sardegna

In provincia di Nuoro nei comuni di Orani e Nuoro stesso, nella giornata del 29 luglio si è sviluppato un fronte di fiamma che ha percorso un'area complessiva di 1 169 ha, interessando aree boschive, garighe, aree prative perenni e zone di mantello. La superficie boschiva bruciata risulta di 602 ha (figura 3.2). Dalle stime di ISPRA, nella zona compresa tra le località di Monte Nùschele, Punta Mazonzo e Sa

e Paschedda, in ambito sub-montano tra i 480 e i 750 m s.l.m., le cenosi forestali maggiormente impattate dall'evento sono state le coperture arboree costituite da specie sempreverdi (*Quercus suber-sughera* e *Quercus ilex* - leccio) e specie arbustive mediterranee, per una superficie complessiva di 415 ha. I restanti 187 ha interessati dall'incendio sono ricoperti da specie arboree di latifoglie decidue riconducibili a querce (*Quercus ichnusae* e *Quercus dalechampii*). La superficie forestale impattata, seppur di valore ecologico e caratterizzante il paesaggio interno della Sardegna centrale (nuorese), non risulta ricadere nei limiti amministrativi riconducibili ai sistemi delle aree protette nazionali e/o regionali.

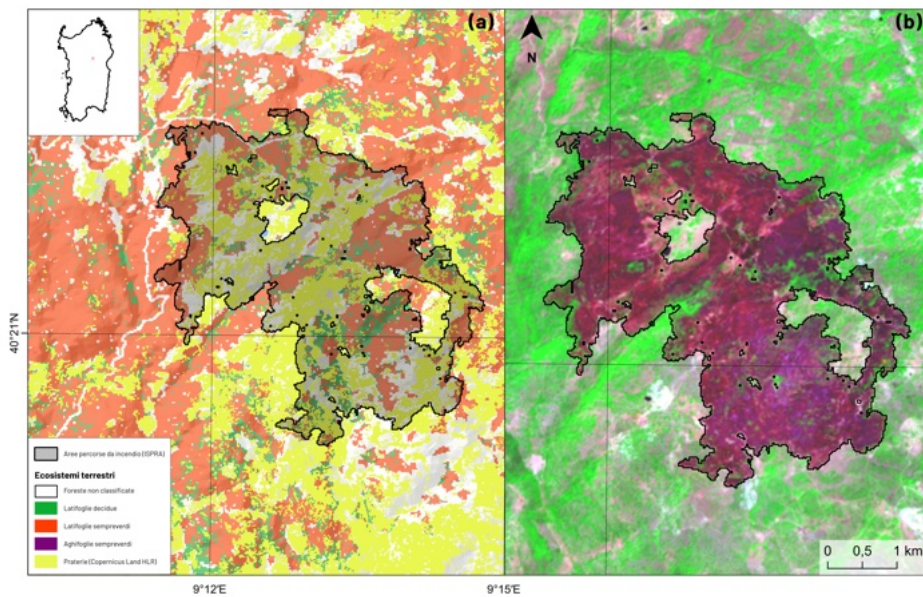


Figura 3.2: Distribuzione delle aree percorse da incendio nell'anno 2024 ed elaborate da ISPRA (poligoni neri) per l'area sarda nei comuni di Orani e Nuoro (NU). Viene riportata anche la classificazione degli ecosistemi forestali ottenuta mediante il prodotto ECM-F4 relativo all'anno 2020 e la classe prateria proveniente dal layer Copernicus HLR (a), e l'immagine satellitare Sentinel-2A MSI acquisita il 31/07/2024 in falsi colori che mostra in toni del verde la vegetazione e in toni del rosso scuro le superfici percorse da incendio (b). Contiene dati Copernicus modificati.

Data l'area impervia e le condizioni di aridità tipiche del periodo, nelle fasi di spegnimento sul posto, sono intervenuti i Vigili del Fuoco supportati da squadre della Protezione Civile e del Corpo forestale. Inoltre, le complesse operazioni di spegnimento hanno previsto l'utilizzo di quattro Canadair e diversi elicotteri. Oltre all'impatto sugli ecosistemi, notevoli disagi e danni sono ricaduti inevitabilmente sulle attività agricole interessate, costringendo diversi pastori ad abbandonare i propri ovili e le relative aree pascolive.

3.2 Moggio Udinese

Anche il settore alpino e prealpino è spesso colpito dal fenomeno degli incendi boschivi. Le provincie maggiormente colpite nel 2024 sono Torino e Biella per la regione Piemonte e Pordenone e Udine per la regione Friuli-Venezia Giulia. La stagione degli incendi nella regione alpina e pre-alpina è generalmente collocata nei periodi tardo autunnali e invernali, tuttavia, recentemente sono avvenuti eventi incendiari anche nel periodo estivo (ad esempio l'incendio avvenuto a Gorizia e Trieste nel luglio 2022). L'evento del 2024, avvenuto in Friuli Venezia-Giulia, in provincia di Udine, è durato dal 18 agosto all'8 settembre. La difficoltà nello spegnimento era dovuta alla complessa orografia della zona e alle condizioni di forte vento.

Il 18 agosto del 2024, in seguito ad una caduta di un fulmine su un bosco di conifere, nel comune di Moggio Udinese in località Monte Cimadors, si è sviluppato un primo incendio boschivo che ha interessato una superficie di 253 ha (figura 3.3). Le cenosi forestali maggiormente impattate dall'evento sono state le coperture arboree costituite da conifere a pini (pino nero e pino silvestre) (vedi figura 3.4), per una superficie complessiva di 128 ha. I restanti 90 ha, interessati dall'incendio, sono ricoperti da specie arboree di latifoglie decidue riconducibili a faggio e boschi misti.

In seguito alla caduta del fulmine, l'incendio si è propagato in più fasi, partendo da un'area di cresta del Monte Cimadors a quota 1005 metri s.l.m., fino allo spegnimento totale avvenuto l'8 settembre 2024. La fase più critica è risultata essere dal 31 agosto al 2 settembre per la presenza di focolai multipli (Corpo Forestale Regionale Friuli Venezia Giulia, Relazione Incendio Boschivo M.te Cimadors - Moggio Udinese 18/08/2024-08/09/2024) [Bulfone et al., 2025]. Le opere di spegnimento e contenimento delle fiamme, da parte della Protezione civile regionale e del Corpo forestale e dei Vigili del fuoco, sono risultate sin da subito complesse, vista la zona acclive (figura 3.5) in cui l'incendio si è propagato e le particolari condizioni meteorologiche estive particolarmente siccitose (vedi dati ArCIS - Archivio Climatologico per l'Italia centro Settentrionale <https://www.arcis.it/wp/>). L'ARPA FVG riporta come l'estate 2024 sia stata caratterizzata da un marcato deficit pluviometrico, con un indice di siccità tra i più elevati del Nord Italia, nonostante precipitazioni abbondanti avvenute a giugno (A.1).

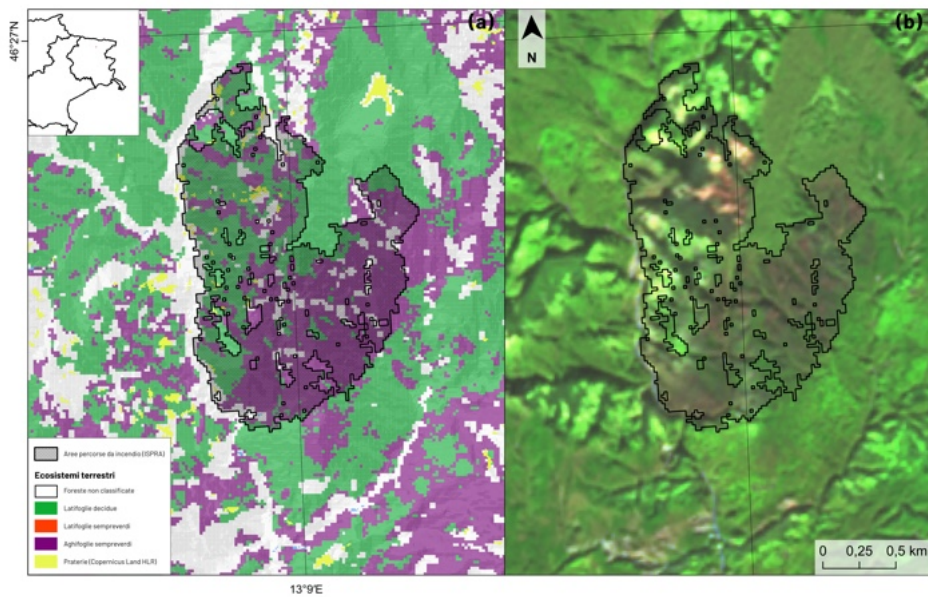


Figura 3.3: Distribuzione delle aree percorse da incendio nell'anno 2024 ed elaborate da ISPRA (poligoni neri) per l'area udinese nel comune di Moggio Udinese (UD). Viene riportata anche la classificazione degli ecosistemi forestali ottenuta mediante il prodotto ECM-F4 relativo all'anno 2020 e la classe prateria proveniente dal layer Copernicus HLR (a), e l'immagine satellitare Sentinel-2A MSI acquisita il 21/10/2024 in falsi colori che mostra in toni del verde la vegetazione e in toni del rosso scuro le superfici percorse da incendio (b). Contiene dati Copernicus modificati.



Figura 3.4: Foto delle coperture arboree a pino nero bruciate durante l'incendio a Moggio Udinese (Fonte: Corpo Forestale regionale Friuli Venezia Giulia, 2024).



Figura 3.5: Foto del fumo sprigionato dall'incendio Moggio Udinese sopra l'area del Monte Cimadors (Fonte:Corpo Forestale regionale Friuli Venezia Giulia, 2024).

3.3 Enna

Il comune di Enna, tra le località di M.te Rossomanno, M.te Canalotto e M.te della Forma, a fine luglio è stato oggetto di diversi incendi per una superficie complessiva forestale di 131 ha (figura 3.7, pannello d), in prevalenza caratterizzata da boschi e boscaglie di specie arboree sempreverdi. Oltre a foreste naturali di leccio nell'area sono presenti numerose piantagioni di eucalipti, impattati dall'evento per un totale di 71 ha. Sono state interessate dagli incendi anche i boschi di conifere, perlopiù riconducibili a piantagioni arboree di origine artificiale, per una superficie complessiva di 45 ettari. Dalla sovrapposizione dei limiti amministrativi delle aree protette nazionali e regionali nell'area in esame ricadono anche le Zone Speciali di Conservazione (Rete Natura 2000) Vallone Rossomanno e Boschi di Piazza Armerina, con un interessamento di circa 173 ettari di coperture arboree, arbustive e prative. L'evento ha interessato anche una porzione di territorio della Riserva Regionale "Riserva naturale orientata Rossomanno-Grottascura-Bellia" (115 ha) che si sovrappone in parte con i siti Natura 2000 precedentemente elencati.



Figura 3.6: Incendio 2024 Piazza Armerina, boschi di latifoglie sempreverdi riconducibili ad impianti artificiali arborei di eucalipti.
Fonte: CSA

3.3.1 Criticità nei comuni dell'ennese dal 2021 al 2024: Enna, Aidone e Piazza Armerina

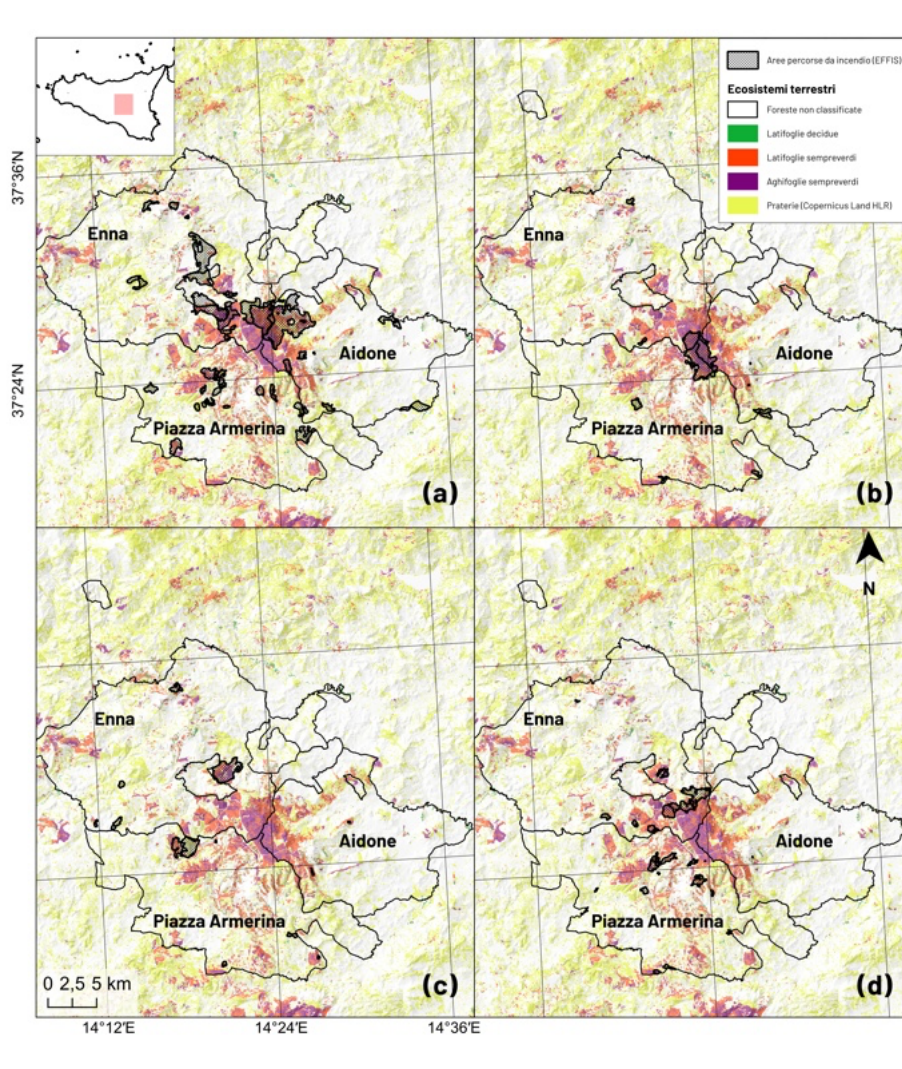


Figura 3.7: Distribuzione delle aree percorse da incendio nei comuni di Aidone, Enna e Piazza Armerina dal 2021 (pannello a), 2022 (pannello b), 2023 (pannello c) e 2024 (pannello d) ed elaborate da EFFIS (poligoni neri). Viene riportata anche la classificazione degli ecosistemi forestali ottenuta mediante il prodotto ECM-F4 relativo all'anno 2020 e la classe prateria proveniente dal layer Copernicus HLR (a).

Considerando tutti e tre i comuni Enna, Aidone e Piazza Armerina in Sicilia (tutti ricadenti nel territorio dell'ex provincia di Enna) il patrimonio di superficie coperta da ecosistemi forestali presente nell'area si stima essere intorno a 13 447 ha, rispettivamente suddivisi in 606 ha di superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), 1 149 ha di classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), 8 046 ha di classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2) e 3 646 ha di classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) [Agrillo et al., 2022].

Negli ultimi anni i tre comuni risultano interessati da incendi boschivi reiterati che incidono sulle ce-

nosi forestali accantonate sulle aree collinari e sub-montane nella stessa porzione di territorio, nei monti Erei i (vetta più alta Monte Altesina 1192 m s.l.m.). Dal 2021 sono stati registrati da ISPRA ben 83 eventi di grandi incendi con superfici maggiori all'ettaro (vedi tabella 3.1). Nel complesso gli incendi hanno interessato anche superfici arboreo-arbustive e prative per un'estensione pari a 8 693 ha, di questi il 52% corrispondono a coperture arboree in prevalenza di latifoglie sempreverdi e conifere (4 516 ha). La corrispondente porzione boschiva impattata dagli incendi, escluse le sovrapposizioni di aree incendiate ripercorse in precedenza, risulta pari a 4 173 ha (vedi tabella 3.1). Stante l'intera superficie boscata dei comuni interessati, risulta che nel quinquennio considerato il 31% delle coperture arboree è stato percorso da incendi.

Il numero di grandi incendi boschivi è variato da un minimo di 11 eventi nel 2022 ad un massimo raggiunto nel 2021 con 36 eventi. Per quanto riguarda la superficie boschiva interessata vi è un picco nel 2021 con 2 335 ha, fino ai 493 ha percorsi da incendi nel 2023. Come spesso accade, in funzione delle tipologie di incendio, alcune di queste superfici possono essere state ripercorse da incendi in anni successivi, ad esempio in aree poco impattate da eventi precedenti, oppure in aree con vegetazione erbaceo-arbustiva annuale ricostituitasi rapidamente nel periodo post evento. Si stima infatti, per il periodo considerato, che la percentuale di sovrapposizione delle aree percorse da incendi sulle coperture arboreo-arbustive sia intorno al 9% (circa 350 ha).

Di seguito si elencano i casi analizzati nel periodo 2021-2024:

- **2021: Enna, Aidone e Piazza Armerina**

Le zone boschive maggiormente interessate dagli incendi durante la stagione estiva, sono state le alture collinari dei monti Erei meridionali (figura 3.7, pannello a) in due aree site tra i comuni di Aidone (EN), Piazza Armerina (EN) ed Enna. Complessivamente la superficie forestale interessata dagli incendi è stata di 2024 ha, di questi circa il 65% corrisponde a coperture arboreo-arbustive. Nell'area interessata sono presenti due siti della Rete Natura 2000: le Zone Speciali di Conservazione Boschi di Piazza Armerina (ITA060012); e Vallone Rossomanno (ITA060010). Nei siti le superfici maggiormente impattate risultano essere dei vecchi impianti artificiali di afforestamento (es. specie del genere *Eucalyptus* e *Pinus*). Le formazioni naturali arboreo-arbustive principalmente colpite sono lembi naturali di querceti caducifogli, sempreverdi e aree prative.

- **2022: Aidone e Piazza Armerina**

Ad inizio luglio nei comuni di Aidone e Piazza Armerina è avvenuto l'evento più esteso dell'anno in termini di superficie boschiva a scala nazionale impattata da incendi. Come si evince dalla figura 3.7, pannello b, l'incendio ha interessato un'ampia porzione del settore meridionale della Riserva Naturale Regionale orientata "Rossomanno-Grottascura-Biella", riconosciuta nell'elenco ufficiale EUAP del MASE, ed in particolare parte della ZSC "Boschi di Piazza Armerina" (settore orientale), che si sovrappone in corrispondenza della Contrada Bannata alla RNR sopracitata. La superficie complessiva interessata dall'incendio è risultata essere di 1034 ha, di questi, 937 ha (ca. il 90%) sono relativi, in prevalenza, a coperture arboreo-arbustive riconducibili a boschi di conifere, in particolare specie del genere *Pinus* per circa 571 ha, e a boscaglie di specie legnose di latifoglie sempreverdi, incluse anche piantagioni di eucalipto, per una superficie di 335 ha. Un'ultima piccola porzione (23 ha) degli ecosistemi forestali incendiati è rappresentata da appezzamenti di specie arboree di latifoglie decidue.

- **2023: Piazza Armerina**

Nel comune di Piazza Armerina, durante la stagione degli incendi, sono risultati percorsi dal

fuoco circa 320 ha, di cui oltre 100 ha corrispondevano a coperture riconducibili ad ecosistemi forestali (vedi figura 3.7, pannello c). Di questi circa un terzo sono coperti da ecosistemi boschivi. Come accaduto nel 2021 e 2022 anche nel 2023, la Riserva Naturale Regionale orientata "Rossomanno-Grottascura-Biella" è stata interessata da incendi.

	2021	2022	2023	2024
N° eventi	34	11	14	24
ΔB Tot	5 221	1 312	1 055	1 105
ΔB TNC	61	8	17	17
ΔB T1	125	23	7	49
ΔB T2	1 411	364	279	417
ΔB T3	738	583	190	227
ΔB For	2 335	978	493	710

Tabella 3.1: *Impatto degli incendi boschivi nelle provincia di ENNA tra il 2021 ed il 2024. È riportata per ciascuna provincia anche la quantità di superficie bruciata nelle specifiche categorie forestali: superficie forestale non classificata da ECM-F4 (TNC), classe ECM-F4 latifoglie decidue (T1), classe ECM-F4 latifoglie sempreverdi (T2), classe ECM-F4 aghifoglie sempreverdi (T3) stimate in base al prodotto Ecosystems Classification Model - Forest4 (ECM-F4). La categoria forestale classe ECM-F4 aghifoglie decidue (T34) non è riportata in quanto non risultano superfici percorse da incendio per questa classe durante il periodo considerato.*

3.4 Comune di Roma Capitale

Solo considerando il periodo estivo da giugno a settembre 2024 per il comune di Roma è stata stimata da ISPRA una superficie complessivamente percorsa da grandi incendi boschivi (superiori ad 1 ha) pari a 646 ha, associabili a circa 100 eventi. Le superfici forestali impattate dagli incendi si estendono a 34 ha di boschi e boscaglie di specie legnose caducifoglie (querce), 23 ha di macchia mediterranea e boschi di specie sempreverdi (leccio, sughera) e 2 ha di pinete. I restanti 588 ha corrispondono per circa 383 ha ad aree prative naturali e semi-naturali e 205 ha ad aree prevalentemente agricole di tipo estensivo. Nella capitale sono in particolare accaduti alcuni episodi che hanno impattato parimenti su ecosistemi naturali e contesto urbano. Estesi incendi di interfaccia hanno determinato la chiusura della rete viaria del Grande Raccordo Anulare (6 agosto 2024) e l'interruzione temporanea dei voli sull'aeroporto internazionale Leonardo da Vinci (28 agosto 2024).

Due eventi in particolare, impattanti le aree di Roma interne e al margine del grande raccordo anulare, hanno provocato feriti, danni alle infrastrutture abitative e limitate evacuazioni di persone da uffici ed aree residenziali.

- **Roma zona Casal Lumbroso – Massimina, 17/07/2024**



Figura 3.8: Deposito Materiali Plastici a Roma, zona Casal Lumbroso – Massimina 17 luglio 2024. Fonte: CSA

In seguito ad un incendio scoppiato nelle zone prative e arbustive di Malagrotta le fiamme hanno raggiunto l'area di interfaccia abitativa della Massimina, che costeggia il grande raccordo anulare. Nell'area, occupata prevalentemente da vegetazione prativa e arbustiva di ricostituzione, occupante le superfici del complesso impiantistico del trattamento dei rifiuti di Malagrotta, si è innescato un incendio che ha interessato circa 20 ha. Le fiamme hanno raggiunto rapidamente i complessi abitativi e commerciali siti nelle vicinanze, da cui si è successivamente innescato l'incendio di un deposito di materiali plastici. Da un incendio in un'area prativa in essiccamento e boscaglie di specie legnose, le fiamme si sono propagate all'interno del capannone industriale da cui è scaturita la formazione di una imponente nube inquinante che ha interessato da prima la zona abitativa circostante e successivamente, spostata dai venti, ha raggiunto l'abitato di Roma ovest (figura 3.10).



Figura 3.9: Incendio in prossimità del Grande Raccordo Anulare a Roma, zona Parco Dei Medici- Magliana. Fonte: CSA

La dispersione della nube atmosferica (plume) che si è generata dall'incendio verificatosi a partire presumibilmente dalle ore 14:00 è stata monitorata da ISPRA con metodi di analisi satellitare basata su sensore SEVIRI (METEOSAT) ed è risultata visibile fino alle ore 17:00. Come si evince dalla figura 3.10 la direzione di propagazione era verso est, con un'estensione che ha interessato anche il centro della città di Roma. Per limitare i potenziali disturbi alla popolazione, a titolo precauzionale, il servizio di Protezione Civile di Roma Capitale ha emesso raccomandazioni per la popolazione presente nel raggio di 3 km dalla zona dell'incendio, contestualmente è stato attivato anche il monitoraggio dell'aria da parte della Regione Lazio tramite i tecnici del Sistema Nazionale Protezione Ambiente - ARPA Lazio.

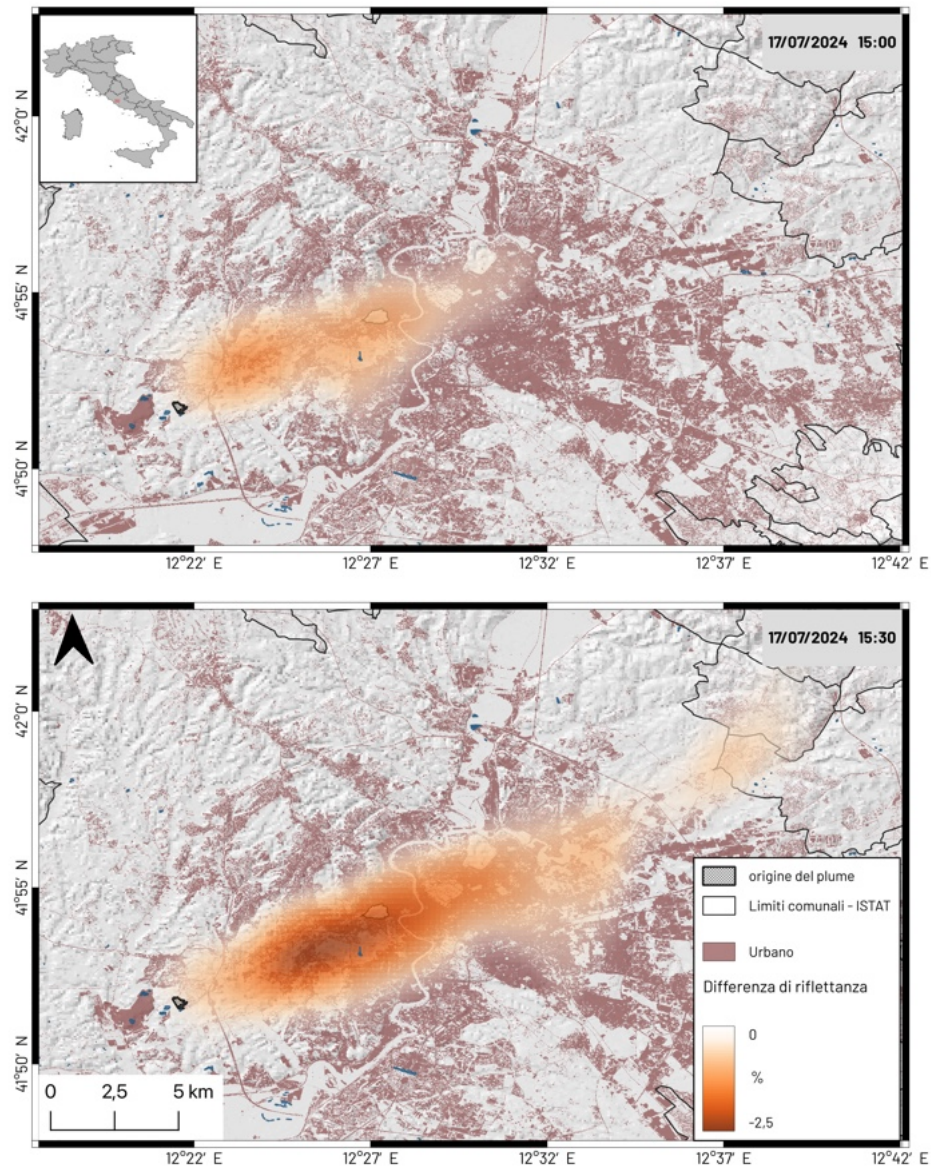


Figura 3.10: Elaborazione GIS del plume associabile all'incendio di Roma - Casal Lumbroso alle ore locali 15:00 e 15:30. Sono stati impiegati dati EUMETSAT MSG SEVIRI in banda HRV.

- **Roma zona Prati – Monte Mario, 31/07/2024**



Figura 3.11: Incendio Roma zona Prati – Monte Mario, sullo sfondo Monte Mario e l'Osservatorio Astronomico di Roma. Fonte: CSA

Il 31 luglio, nel pieno centro della città di Roma, a Monte Mario, a poca distanza da siti critici come la città giudiziaria di piazzale Clodio (sede della Procura della Repubblica e il Tribunale Ordinario di Roma), la sede storica della Rai a via Teulada, oltre ad alcuni edifici abitativi, si è innescato un incendio di interfaccia avviatosi nella porzione naturale della collina di Monte Mario, sito protetto ricadente nella Rete Roma Natura (parco regionale suburbano) (figura 3.11). Data la violenza delle fiamme e la direzione di propagazione del fuoco verso le aree urbane attigue, alcuni abitanti sono stati fatti evacuare, così come la caserma dei Carabinieri della Compagnia Trionfale, il centro di produzione Rai di via Teulada e l'Osservatorio Astronomico. Inoltre, per consentire gli interventi del servizio antincendio di Roma Capitale e dei Vigili del Fuoco sono state interdette al traffico alcune vie anche per agevolare l'intervento di mezzi aerei (Canadair ed elicotteri).

Dalle elaborazioni ISPRA, basate su analisi dei dati satellitari pre-post evento, l'area complessivamente interessata dall'incendio è risultata avere un'estensione pari a circa 6.5 ha, perlopiù ricoperti da specie arboreo-arbustive di diversa origine (Leccete, Pinete ed Eucalipti).

La collina di Monte Mario (139 m s.l.m.), sita in destra idrografica del fiume Tevere, è area di accantonamento di un complesso vegetazionale sub-mediterraneo tipico delle aree collinari e sub collinari ascrivibili al paesaggio della campagna romana. In dettaglio si tratta di un bosco naturale con elementi mediterranei come lecci, sughere, aceri, carpini, roverelle e allori, che resiste all'invasività di specie introdotte dall'uomo come l'eucalipto, la robinia, l'ailanto e i pini d'Aleppo e domestico.

Stante le osservazioni effettuate in loco, emerge che le coperture arboree più danneggiate (figura 3.13) e gli effetti dell'incendio sembrerebbero esser stati più severi nelle porzioni di territorio occupate da specie arboree invasive quali l'eucalipto (specie sempreverde), robinia e l'ailanto, per circa 4 ha e pinete per circa 1 ha. In misura minore sono state interessate anche le coperture arboreo-arbustive di macchia a leccio e specie legnose di latifoglie decidue.

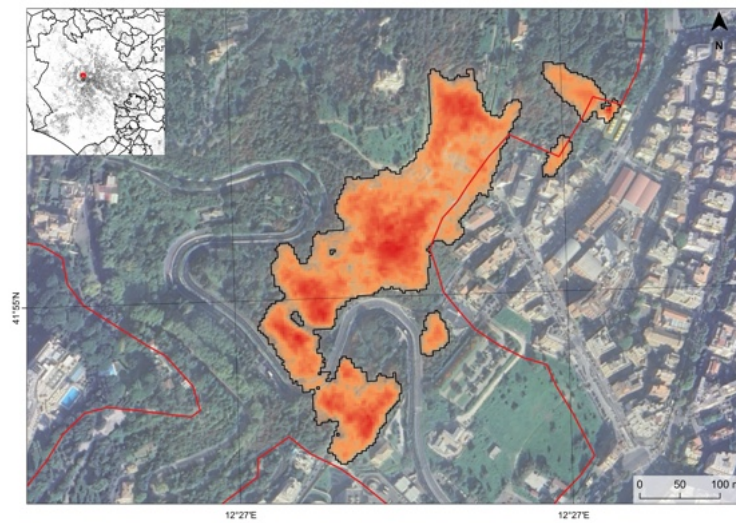


Figura 3.12: Distribuzione delle aree percorse da incendio nell'anno 2024 ed elaborate da ISPRA (poligoni neri) per l'area della Riserva Naturale Regionale di Monte Mario (poligono rosso) nel comune di Roma (RM). Viene riportata l'area incendiata in gradazioni di rosso, con le aree maggiormente impattate in rosso scuro e quelle meno impattate in arancione elaborata a partire da immagini PlanetScope imagery © 2025 Planet Labs PBC modificate.

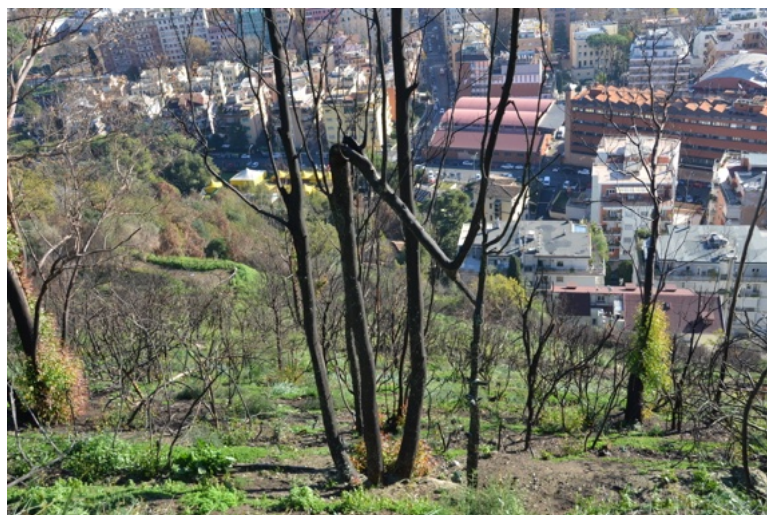


Figura 3.13: Incendio Roma zona Prati - Monte Mario, in primo piano fusti carbonizzati di eucalipto con margini di ripresa post incendio del cotico erboso e ricaccio al colletto Fonte: CSA.

APPENDICE A

Acronimi

AANP	Altre Aree Naturali Protette
AB Tot	totale superfici percorse da incendio
AB For	superfici forestali percorse da incendio
BA-ITE	Burnt Area in Italian Terrestrial Ecosystem
CLC2018	Copernicus Corine Land Cover 2018
CSA	Centro operativo di Sorveglianza Ambientale ISPRA
CUFAA	Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari
ECM-F4	Ecosystems Classification Model - Forest4
EFFIS	European Forest Fire Information System
EMS	Emergency Management Services
EOS	Earth Observing System
UE	Unione Europea
EUAP	Elenco Ufficiale Aree naturali Protette
EUNIS	European Nature Information System
GIS	Global Information System
HLR	High Layer Resolution Land Monitoring Service Copernicus
INT	ZSC \cap ZPS
JPSS	Joint Polar Satellite System
JRC	Joint Research Center
MASE	Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MSI	MultiSpectral Instrument
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NBR	Normalised Burn Ratio
NIAB	Nucleo Informativo Antincendio Boschivo
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NIR	Near InfraRed
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
RN2000	Rete Natura 2000
PNZ	Parchi Nazionali
PNR	Parchi Naturali Regionali
Ramsar	Convenzione di Ramsar sulle zone umide di importanza internazionale
RN2000	Rete Natura 2000 definita ai sensi della Direttiva Habitat 43/92/CE e alla Direttiva Uccelli 2009/147/CE
RNR	Riserve Naturali Regionali
RNS	Riserve Naturali Statali
SPI	Standardized Precipitation Index
SWIR	Short-Wave InfraRed

T1	classe ECM-F4 latifoqlie decidue
T2	classe ECM-F4 latifoqlie sempreverdi
T3	classe ECM-F4 aghifoqlie sempreverdi
T34	classe ECM-F4 aghifoqlie decidue
TNC	superficie forestale non classificata da ECM-F4
VIIRS	Visible Infrared Imaging Radiometer Suite
ZPS	Zona Protezione Speciale
ZSC	Zona Speciale di Conservazione

A.1 Riferimenti WWW

https://groupware.sinanet.isprambiente.it/prodotti-operativi-di-sorveglianza-ambientale/library/ecosystems-classification-model/ecm-f4_2020

<https://groupware.sinanet.isprambiente.it/prodotti-operativi-di-sorveglianza-ambientale/library/disturbance-agents>

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/Crisi-Emergenze-ambientali-e-Danno/centro-operativo-per-la-sorveglianza-ambientale/ecosistemi-ed-incendi-boschivi-in-italia>

<https://effis.jrc.ec.europa.eu/applications/data-and-services>

https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/siccitas/index.html

https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/current-drought-situation-europe_en

<https://www.copernicus.eu/en/media/image-day-gallery/record-drought-sicily>

<https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/news/unestate-piuttosto-secca-i-dati-del-2024#:~:text=L'estate%202024%20in%20Friuli,le%20regioni%20dell'Italia%20settentrionale>

www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/ResocontoCampagnaAIB2024.pdf

Bibliografia

- E. Agrillo, F. Filipponi, R. Inghilesi, A. Mercatini, and A. Pezzarossa. Monitoraggio dei cambiamenti degli ecosistemi forestali in Italia. Technical report, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, 2022.
- E. Agrillo, R. Inghilesi, A. Mercatini, A. Pezzarossa, and N. Tartaglione. Ecosistemi terrestri ed incendi boschivi in Italia: anno 2023. Technical report, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, 2024. URL https://groupware.sinanet.isprambiente.it/prodotti-operativi-di-sorveglianza-ambientale/library/report_incendi_ispra/wildifre_annual_report/report_incendi_2023_ispra.
- C. Blasi, S. Burrascano, A. Maturani, and F.M. Sabatini. *Foreste vetuste in Italia*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2010.
- F. Bolouk Heidari and R. Arfania. Wildfire susceptibility mapping using nbr index and frequency ratio model. *Geoconservation Research*, 5(1):240–260, 2022.
- D. M. J. S. Bowman, J. K. Balch, P. Artaxo, W. J. Bond, J. M. Carlson, M. A. Cochrane, C. M. D'Antonio, R. S. DeFries, and J. C. Doyle. Fire in the earth system. *Science*, (324):481–484, 2009.
- P. Bulfone, D. Cancian, F. Cimenti, G. Lenarduzzi, and F. Martinuzzi. Relazione incendio boschivo m.te cimadors - maggio udinese 18/08/2024-08/09/2024. Technical report, Corpo Forestale Regionale Friuli Venezia Giulia, 2025.
- A. Camia, T. Durrant, and J. San-Miguel-Ayanz. The European fire database technical specifications and data submission. JRC Science and Policy Report ISSN 1831-9424, JRC, 2014.
- Q. Canelles, N. Aquilué, P. M. James, J. Lawler, and L. Brotons. Global review on interactions between insect pests and other forest disturbances. *Landscape Ecology*, 36:945–972, 2021.
- A. Dimitrakopoulos and A. Bemmerzouk. Predicting live herbaceous moisture content from a seasonal drought index. *Int J Biometeorol.*, 47(2):73–79, 2003.
- J.-I. Dupuy, H. Fargeon, N. Martin-StPaul, F. Pimont, J. Ruffault, M. Guijarro, C. Hernando, J. Madrigal, and P. Fernandes. Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: a review. *Annals of Forest Science*, 77:1–24, 2020.
- G. Forzieri, M. Girardello, G. Ceccherini, J. Spinoni, L. Feyen, H. Hartmann, P. S. Beck, G. Camps-Valls, G. Chirici, A. Mauri, et al. Emergent vulnerability to climate-driven disturbances in European forests. *Nature communications*, 12(1):1081, 2021.
- C. Gouveia, C. DaCamara, and R. Trigo. Post-fire vegetation recovery in Portugal based on spot/vegetation data. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(4):673–684, 2010.

- Y. Guo, J. Wang, Y. Ge, and C. Zhou. Global expansion of wildland-urban interface intensifies human exposure to wildfire risk in the 21st century. *Science Advances*, 10(45):eado9587, 2024.
- K. J. Haynes, A. J. Allstadt, and D. Klimetzek. Forest defoliator outbreaks under climate change: effects on the frequency and severity of outbreaks of five pine insect pests. *Global Change Biology*, 20(6):2004–2018, 2014.
- K. P. Hoinka, A. Carvalho, and A. I. Miranda. Regional-scale weather patterns and wildland fires in central portugal. *International Journal of Wildland Fire*, 18:36–49, 2009.
- F. O. D. Jacome, D. D. Rigo, H. Pfeiffer, A. B. A. D. Ferrari, R. Grecchi, T. A. Vivancos, T. Durrant, R. B. R. P. Maianti, G. Liberta', and J. San-Miguel-Ayanz. Pan-european wildfire risk assessment. Technical Report KJ-NA-31160-EN-N (online), KJ-NA-31160-EN-C (print), Luxembourg (Luxembourg), 2022.
- M. W. Jones, D. I. Kelley, C. A. Burton, F. Di Giuseppe, M. L. F. Barbosa, E. Brambleby, A. J. Hartley, A. Lombardi, G. Mataveli, J. R. McNorton, et al. State of wildfires 2023–2024. *Earth System Science Data*, 16(8):3601–3685, 2024.
- C. H. Key and N. C. Benson. Measuring and remote sensing of burn severity: the cbi and nbr. volume 2 of *Proceedings Joint Fire Science Conference and Workshop*. University of Idaho and International Association of Wildland Fire, 1999.
- C. H. Key and N. C. Benson. Landscape assessment (la). In: *Lutes, Duncan C.; Keane, Robert E.; Carratti, John F.; Key, Carl H.; Benson, Nathan C.; Sutherland, Steve; Gangi, Larry J. 2006. FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. LA-1-55, 164, 2006.*
- V. Kharuk and O. Antamoshkina. Impact of silkmoth outbreak on taiga wildfires. *Contemporary problems of ecology*, 10:556–562, 2017.
- M. Lindner, M. Maroschek, S. Netherer, A. Kremer, A. Barbati, J. Garcia-Gonzalo, R. Seidl, S. Delzon, P. Corona, M. Kolström, M. J. Lexer, and M. Marchetti. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of european forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259(4):698–709, 2010. ISSN 0378-1127. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112709006604>. Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate.
- S. Modugno, H. Balzter, B. Cole, and P. Borrelli. Mapping regional patterns of large forest fires in wildland-urban interface areas in europe. *Journal of environmental management*, 172:112–126, 2016.
- V. Olmo, E. Tordoni, F. Petruzzellis, G. Bacaro, and A. Altobelli. Use of sentinel-2 satellite data for windthrows monitoring and delimiting: The case of “vaia” storm in friuli venezia giulia region (north-eastern italy). *Remote Sensing*, 13, 04 2021. doi: 10.3390/rs13081530.
- E. Pastor, J. A. Muñoz, D. Caballero, A. Àgueda, F. Dalmau, and E. Planas. Wildland-urban interface fires in spain: summary of the policy framework and recommendations for improvement. *Fire technology*, 56(5):1831–1851, 2020.
- G. Pellizzaro, C. Cesaraccio, P. Duce, A. Ventura, and P. Zara. Relationships between seasonal patterns of live fuel moisture and meteorological drought indices for mediterranean shrubland species. *International Journal of Wildland Fire*, 16:232–241, 2007.

- E. Planas, R. Paugam, A. Àgueda, P. Vacca, and E. Pastor. Fires at the wildland-industrial interface. is there an emerging problem? *Fire safety journal*, 141:103906, 2023.
- S. J. Pyne, P. L. Andrews, and R. D. Laven. *Introduction to Wildland Fire*. Wiley, second edition, 1996.
- V. C. Radeloff, R. B. Hammer, S. I. Stewart, J. S. Fried, S. S. Holcomb, and J. F. McKeefry. The wildland-urban interface in the united states. *Ecological applications*, 15(3):799–805, 2005.
- S. Ravera, M. Ottaviano, and M. Marchetti. Conservazione dei boschi ripariali: il ruolo delle zone umide nazionali ai sensi della convenzione di ramsar. *L'Italia Forestale e Montana*, 66(5):401–407, 2011.
- M. Roekaerts. The biogeographical regions map of europe. *Basic principles of its creation and overview of its development*, 17, 2002.
- F. M. Sabatini, H. Bluhm, Z. Kun, D. Aksenov, J. Atauri, E. Buchwald, S. Burrascano, E. Cateau, A. Diku, I. M. Duarte, Á. B. Fernández López, M. Garbarino, N. Grigoriadis, F. Horváth, S. Keren, M. Kitenberga, A. Kiš, A. Kraut, P. L. Ibsch, L. Larrieu, F. Lombardi, B. Matovic, R. N. Melu, P. Meyer, R. Midteng, S. Mikac, M. Mikoláš, G. Mozgeris, M. Panayotov, R. Pisek, L. Nunes, A. Ruete, M. Schickhofer, B. Simovski, J. Stillhard, D. Stojanovic, J. Szwagrzyk, O.-P. Tikkanen, E. Toromani, R. Volosyanchuk, T. Vrška, M. Waldherr, M. Yermokhin, T. Zlatanov, A. Zagidullina, and T. Kuemmerle. European primary forest database v2.0. *Scientific Data*, 8(1):220, 2021. doi: 10.1038/s41597-021-00988-7. URL <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00988-7>.
- J. San-Miguel-Ayanz and et al. Advance report on forest fires in europe, middle east and north africa 2023. JRC Technical Report JRC139704, Joint Research Centre (JRC), 2024.
- J. San-Miguel-Ayanz, E. Schulte, G. Schmuck, A. Camia, P. Strobl, G. Libertá, C. Giovando, R. Boca, F. Sedano, P. Kempeneers, D. O. McInerney, C. Withmore, S. Oliveira, M. Rodrigues, T. H. Durrant, P. Corti, F. Oehler, L. Vilar, and G. Amatulli. Comprehensive monitoring of wildfires in europe: The european forest fire information system (effis). In J. Tiefenbacher, editor, *Approaches to Managing Disaster - Assessing Hazards, Emergencies and Disaster Impacts*, doi = 10.5772/284415. IntechOpen, url = <https://doi.org/10.5772/28441>, 2012.
- J. San-Miguel-Ayanz, T. DURRANT, R. BOCA, P. MAIANTI, G. LIBERTA, D. OOM, A. BRANCO, R. DE, D. FERRARI, E. ROGLIA, et al. Advance report on forest fires in europe, middle east and north africa 2022. Technical report, JRC, 2023.
- N. C. Santana, O. A. de Carvalho Júnior, R. A. T. Gomes, and R. F. Guimarães. Burned-area detection in amazonian environments using standardized time series per pixel in modis data. *Remote Sensing*, 10(12):1904, 2018.
- M.-J. Schelhaas, G.-J. Nabuurs, and A. Schuck. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9(11):1620–1633, Nov. 2003. doi: 10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x.
- J. A. Sobrino, R. Llorens, C. Fernández, J. M. Fernández-Alonso, and J. A. Vega. Relationship between soil burn severity in forest fires measured in situ and through spectral indices of remote detection. *Forests*, 10(5):457, 2019.
- W. Steffen, K. Richardson, J. Rockström, S. E. Cornell, I. Fetzer, E. M. Bennett, R. Biggs, S. R. Carpenter, W. De Vries, C. A. De Wit, et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223):1259855, 2015.

- R. Tiengo, S. Merino-De-Miguel, J. Uchôa, N. Guiomar, and A. Gil. Burned areas mapping using sentinel-2 data and a rao's q index-based change detection approach: A case study in three mediterranean islands' wildfires (2019-2022). *Remote Sensing*, 17(5):830, 2025.
- R. J. Whelan, editor. *The ecology of fire*. Cambridge University Press, 1995.
- A. P. Williams, J. T. Abatzoglou, A. Gershunov, J. Guzman-Morales, D. A. Bishop., J. K. Balch, and D. P. Lettenmaier. Observed impacts of anthropogenic climate change on wildfire in california. *Earth's Future*, 7(8):892-910, 2019.