

UN'ESTATE DI FUOCO

SPECIALE INCENDI BOSCHIVI

SEGNALI DAL CLIMA IN FVG (2023):

IL CARSO, UN PAESAGGIO VULNERABILE AGLI INCENDI	64
L'EQUILIBRIO PERDUTO TRA FORESTE E INCENDI ALLA LUCE DELLA CRISI CLIMATICA	70
DUE OCCHI CONTRO GLI INCENDI A 800 KM DI ALTEZZA	74
IL FUTURO DEI BOSCHI NEL CARSO: QUALI ALBERI POSSONO RIDURRE IL RISCHIO DI INCENDI?	78

UN'ESTATE DI FUOCO

Speciale incendi boschivi

estratto da:

SEGNALI DAL CLIMA IN FVG

CAMBIAMENTI – IMPATTI – AZIONI

maggio 2023

notizie dal

Gruppo di lavoro tecnico-scientifico

Clima FVG

“Segnali dal Clima in FVG” è realizzato da:

ARPA FVG - Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia

nell'ambito dell'attività di coordinamento e segreteria del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” istituito dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia con Decreto DC Difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile, n. 2137 del 04/05/2022

Coordinamento editoriale:

Federica Flapp, Fulvio Stel

Elaborazione grafica:

Ester Curci, Federica Flapp, Michela Mauro

“Segnali dal Clima in FVG” ospita articoli firmati da vari autori: ciascun autore è responsabile per i contenuti (testi, dati e immagini) dei propri articoli ed esclusivamente di essi.

ARPA FVG, gli altri enti del “Gruppo di lavoro tecnico scientifico Clima FVG” e i singoli autori non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

Ove non diversamente specificato, le immagini sono state fornite dagli autori dei diversi contributi, che se ne assumono la responsabilità, o sono tratte da:

<https://pixabay.com/it/>

<https://www.google.com/maps>

<https://it.freepik.com/>

La foto di copertina è di Agostino Manzato.

ARPA FVG

Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)

Tel +39 0432 922 611 - Fax +39 0432 922 626

www.arpa.fvg.it

<https://twitter.com/arpafvg>

Questo prodotto è rilasciato con licenza Creative Commons - Attribuzione 4.0 Internazionale (CC BY 4.0):

Può essere quindi utilizzato citando la fonte, nel rispetto delle condizioni qui specificate:

informazioni generali <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.it>

licenza <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.it>



Segnali dal Clima

Segnali dal Clima in FVG è una pubblicazione divulgativa che racconta i cambiamenti climatici partendo da un'ottica locale e regionale e affronta questo grande tema da tre prospettive: CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI.

Nasce dall'impegno del Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG e dalla convinzione che le sfide che i cambiamenti climatici pongono alla nostra società si possano affrontare efficacemente solo se allo sviluppo scientifico e tecnologico si accompagnano una crescita della conoscenza e una consapevolezza sempre più diffusa sul tema da parte di tutta la popolazione.

Segnali dal Clima affronta diversi aspetti dei cambiamenti climatici partendo dal racconto di eventi e situazioni che hanno riguardato il Friuli Venezia Giulia nel 2022, ma anche evidenziando come la dimensione locale sia collegata a quella globale attraverso riferimenti a eventi e situazioni verificatisi al di fuori della nostra regione e su scala più ampia.

Al racconto degli eventi e dei fenomeni si accompagnano le spiegazioni delle cause che li hanno prodotti. Un filo rosso - CAMBIAMENTI, IMPATTI, AZIONI - unisce i diversi articoli, i nostri "segnali dal clima", collegando i cambiamenti in atto con i loro effetti sull'ambiente e sulle attività umane, ma anche con le azioni che possiamo mettere in campo sia per limitare il riscaldamento globale e i cambiamenti del clima (mitigazione) che per ridurre gli impatti che ne conseguono (adattamento).

Il 2022 è stato l'anno più caldo mai registrato in Friuli Venezia Giulia: alle alte temperature si è associata una grave e prolungata siccità, che ha determinato pesanti conseguenze per il nostro territorio. Alle criticità più acute che hanno occupato le pagine dei giornali per diversi mesi si affianca però un flusso più graduale e meno evi-dente di effetti che si manifestano negli anni. Il racconto parte quindi dagli argomenti più propriamente "climatici" - a iniziare dalle temperature dell'aria e dalle precipitazioni e dai loro effetti sul mare e sui ghiacci - e indaga poi alcuni ambiti in cui gli effetti dei cambiamenti climatici si manifestano in Friuli Venezia Giulia: dalle modifiche graduali, ma profonde, degli ecosistemi, agli incendi che hanno devastato i nostri boschi nell'estate 2022, all'agricoltura, mettendo in luce alcune possibili risposte e soluzioni e come queste emergano dalle conoscenze prodotte dagli enti scientifici e di ricerca e dalle attività delle agenzie e strutture regionali.

Segnali dal Clima in FVG non è quindi un report sullo "stato del clima" in Friuli Venezia Giulia: non ha l'obiettivo di fornire un quadro completo ed esaustivo della tematica, non ne esplora tutti gli aspetti e i settori ambientali e socioeconomici coinvolti, non passa in rassegna tutte le conoscenze disponibili. È però, appunto, un segnale: un segnale di cosa sta accadendo, di quanto sia importante prenderne coscienza ed agire, di come la società, la pubblica amministrazione e il mondo scientifico si stiano già attivando.

*Il gruppo di lavoro tecnico-scientifico
Clima FVG*

L'ABC DEL CLIMA

Per rendere gli argomenti accessibili a tutti, negli articoli sono inseriti alcuni box a sfondo arancione pensati per avvicinare al pubblico alcuni termini e concetti tecnico-scientifici a cui è necessario fare riferimento quando si spiegano argomenti e fenomeni collegati ai cambiamenti climatici.

DAL LOCALE AL GLOBALE

Con uno sfondo grigio sono evidenziati gli articoli che riportano notizie e informazioni relative a realtà extra-regionali e che ci consentono di ampliare la nostra visione, collegando ciò che avviene in Friuli Venezia Giulia con conoscenze generali e con fenomeni a scala più ampia.

Gruppo di lavoro Clima FVG

Il “Gruppo di lavoro tecnico-scientifico Clima FVG” istituito dalla Regione autonoma Friuli Venezia Giulia nel 2022 riunisce le eccellenze tecniche e scientifiche presenti in FVG, in grado di fornire all’Amministrazione regionale e a tutti gli enti e soggetti del FVG le conoscenze più aggiornate per affrontare i cambiamenti climatici sul nostro territorio.

Ad ARPA FVG è stato affidato il coordinamento del team, che è composto da esperti di ICTP, OGS, CNR, delle Università di Udine e di Trieste e della stessa Regione: gli stessi che avevano elaborato e pubblicato, nel 2018, il primo **Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia**.

Il Gruppo di lavoro Clima FVG innanzitutto facilita la condivisione e la collaborazione tra i soggetti esperti che in regione producono conoscenze tecnico-scientifiche sui cambiamenti climatici e sui loro effetti.

Fornisce quindi un **orientamento** e un **supporto consultivo alla pianificazione** regionale delle azioni per il clima e in particolare per **l’adattamento ai cambiamenti climatici**.

L’attività del gruppo di lavoro Clima FVG favorisce anche il **trasferimento delle conoscenze** scientifiche ai tecnici che le applicano sul territorio.

E infine, tutti i componenti del gruppo di lavoro credono che sia indispensabile divulgare queste **conoscenze alla cittadinanza**, promuovendo quella che si chiama **“climate literacy”** ovvero **l’alfabetizzazione climatica**, che mette ciascuno di noi in condizione di comprendere la propria influenza sul clima e l’influenza del clima su ciascuna persona e sulla società.

La redazione di “Segnali dal Clima in FVG” è un primo passo per dare concretezza a questo fondamentale obiettivo

Chi siamo?



ARPA FVG – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente



Fulvio Stel (coordinatore) e Federica Flapp



CNR - Istituto di Scienze Marine di Trieste



Fabio Raicich



CNR - Istituto di Scienze Polari



Renato Colucci



ICTP - International Centre for Theoretical Physics di Trieste



Filippo Giorgi



OGS - Istituto nazionale di oceanografia e di geofisica sperimentale di Trieste:



Cosimo Solidoro



Regione autonoma Friuli Venezia Giulia



Silvia Stefanelli ed Enzo Dall’Osto



Università degli Studi di Trieste



Giovanni Bacaro



Università degli Studi di Udine



Alessandro Peressotti

IL CARSO, UN PAESAGGIO VULNERABILE AGLI INCENDI

Il fuoco è una componente naturale degli ecosistemi, ma il regime naturale degli incendi è stato modificato dall'azione umana. Le ondate di calore e di siccità degli ultimi decenni hanno determinato un ulteriore aumento della frequenza e gravità degli eventi a livello globale, che sta mettendo in crisi i sistemi di lotta agli incendi. Il Carso, drammaticamente colpito dai devastanti incendi dell'estate 2022, è un territorio particolarmente problematico. Strategie di prevenzione basate sul recupero e gestione del territorio per contrastare l'abbandono delle aree rurali offrono soluzioni efficaci.



IL RUOLO DEL FUOCO IN NATURA

Il fuoco è una **componente naturale** fondamentale degli ecosistemi. Gli incendi distruggono e minacciano la vegetazione e gli animali, causano morte e danni materiali, ma influenzano la distribuzione, la struttura e il funzionamento degli ecosistemi terrestri. Varie specie dipendono dal fuoco per la loro diffusione, molti habitat sono stati modellati nel tempo dalla presenza del fuoco, periodici incendi hanno effetti positivi sulle condizioni degli ecosistemi di un territorio.

La **conseguenza degli incendi è la regressione degli ecosistemi** a stadi con diversa composizione in specie e complessità strutturale più semplice; un esempio è la sostituzione di un bosco con una vegetazione arbustiva o erbacea. Le comunità danneggiate o distrutte dal fuoco possono ricostituirsi nel tempo attraverso i **processi di recupero spontaneo** della successione ecologica.

SUCCESSIONE ECOLOGICA

Processo di trasformazione spontanea e graduale nella struttura e composizione delle comunità di un'area nel tempo, determinato dalle condizioni ambientali di un'area.

Le **cause** del fenomeno sono quindi **naturali**, come ad esempio i fulmini, ma anche **antropiche**, di tipo accidentale, colposo o doloso, che ne aumentano la naturale frequenza: nel nostro Paese gli incendi sono legati soprattutto all'azione umana. Frequenti incendi provocano un progressivo impoverimento e degrado del suolo e una riduzione della capacità di recupero della vegetazione, per cui una modificazione del regime naturale degli incendi porta a **danni** più o meno rilevanti per l'ambiente, le risorse naturali e le condizioni socio-economiche del territorio.

Purtroppo, la **frequenza**, l'**estensione** e **gli impatti negativi** degli incendi sono **destinati ad aumentare** a causa degli effetti combinati delle attività umane, del cambiamento dell'uso del territorio e dei cambiamenti climatici, costituendo una **minaccia sempre più grave** per le popolazioni umane e la biodiversità.

LA VULNERABILITÀ AGLI INCENDI E LA VEGETAZIONE

L'aumento del rischio di incendi richiede un'attenta pianificazione per la prevenzione e protezione, finalizzata ad eliminare le cause, a difendere gli insediamenti e le infrastrutture e a limitare i danni. Da questo punto di vista le conoscenze riguardanti la vegetazione giocano un ruolo fondamentale: **il fuoco modifica gli ecosistemi, ma gli ecosistemi modificano il fuoco.**

I principali fattori che influiscono sul tipo e sviluppo di un incendio sono le condizioni meteorologiche, l'uso del suolo e in particolare la copertura vegetale, le condizioni topografiche e urbanistiche. **La vegetazione costituisce il combustibile di un incendio:** la struttura, la composizione in specie, lo stato idrico, le forme di governo delle comunità vegetali determinano il comportamento del fuoco.

La **quantità di biomassa vegetale** è un fattore fondamentale per l'innescò e la propagazione del fuoco. Essa è legata alla struttura della vegetazione: è ridotta nelle praterie e nei pascoli e aumenta passando ai cespuglieti, alle boscaglie e ai boschi. Anche la **disposizione spaziale** verticale e orizzontale della biomassa è importante: un bosco denso, con abbondanti specie lianose e un fitto sottobosco favorisce la propagazione del fuoco.

Il combustibile vegetale è rappresentato anche dalla **biomassa morta**, costituita da alberi morti in piedi, tronchi al suolo, rami e foglie secchi. La sua quantità è influenzata dalle specie dominanti la comunità, dallo stato di salute della vegetazione, da attacchi parassitari e da condizioni di stress idrico. Gli aghi delle conifere che cadono al suolo si decompongono lentamente per

cui nei boschi di aghifoglie spessi strati di foglie morte si accumulano nella lettiera.

L'infiammabilità e la combustione della materia vegetale dipendono dallo **spessore** del combustibile e dalla sua **composizione chimica**. La presenza di resine, oli e cere favoriscono l'infiammabilità: i pini, ad esempio, contengono resine, altamente infiammabili e con alto potere calorifico, che aumentano l'intensità e la velocità di propagazione del fuoco.

POTERE CALORIFICO

Quantità di calore sviluppata dalla combustione completa dell'unità di massa (o di volume) di un combustibile; si può esprimere in kcal/kg o MJ/kg.

Un'altra rilevante caratteristica è il **contenuto idrico** delle piante e della biomassa morta, condizionato dalle condizioni meteorologiche (temperatura e umidità dell'aria, andamento delle precipitazioni, vento, ecc.) e da altri fattori ambientali quali l'esposizione, la posizione al sole o all'ombra, l'umidità del suolo. Ondate di calore e prolungati periodi di siccità aumentano così la vulnerabilità della vegetazione al fuoco.

GLI ELEMENTI DEL PAESAGGIO VEGETALE E IL RISCHIO DI INCENDI NEL CARSO

Il Carso, drammaticamente colpito dai devastanti incendi dell'estate 2022, è **un territorio particolarmente problematico** dal punto di vista degli incendi, a causa di molteplici fattori: l'assetto urbanistico caratterizzato da una diffusa presenza di centri abitati, aree agricole, infrastrutture viarie compresse in uno stretto territorio, l'elevata fruizione e frequentazione delle aree naturali, il clima contraddistinto dal freddo e secco vento di Bora e da una marcata tendenza all'aridità estiva, la mancanza di una rete idrografica superficiale, e lo stato della copertura vegetale, come evidenziato dagli studi coordinati dal prof. Livio Poldini dell'Università di Trieste.

Il **paesaggio vegetale** del Carso è attualmente dominato dalla boscaglia carsica e da cespuglieti, in forte espansione a scapito delle praterie e prati, e dalle pinete a pino nero. I boschi maturi, rappresentati soprattutto dal bosco a rovere (*Quercus petraea*) e da quello a carpino bianco

di dolina (*Carpinus betulus*), hanno invece un'estensione molto limitata. La landa carsica, che comprende le praterie aride che un tempo caratterizzavano il paesaggio carsico, e i prati da sfalcio sono sempre più ridotti e frammentati.



Le **pinete a pino nero** (*Pinus nigra*), frutto di opere di rimboscimento iniziate nella seconda metà del 1800, sono le tipologie a maggior pericolo d'incendio. Si tratta di boschi di una specie forestale introdotta che si trovano in un generale stato di deperimento, dovuto all'età degli impianti, agli attacchi di patogeni e ai sempre più prolungati periodi di siccità ed elevate temperature. L'alto contenuto in resine della materia vegetale, unito all'elevata quantità di biomassa secca, in aumento a causa del disseccamento di piante sempre più sofferenti, ne determina l'elevata infiammabilità e combustione.

Anche le comunità dominate da cespugli densi e contenenti resine o oli essenziali sono altamente infiammabili: questi tratti caratterizzano i **cespuglieti** a sommacco o scotano (*Cotinus coggygria*) che coprono ampie superfici dell'altopiano carsico, in quanto stadio di ricolonizzazione spontanea da parte di specie legnose della landa carsica in seguito all'abbandono del pascolo.

La **boscaglia carsica** è la formazione forestale principale del Carso, costituita principalmente dalla roverella (*Quercus pubescens*), carpino

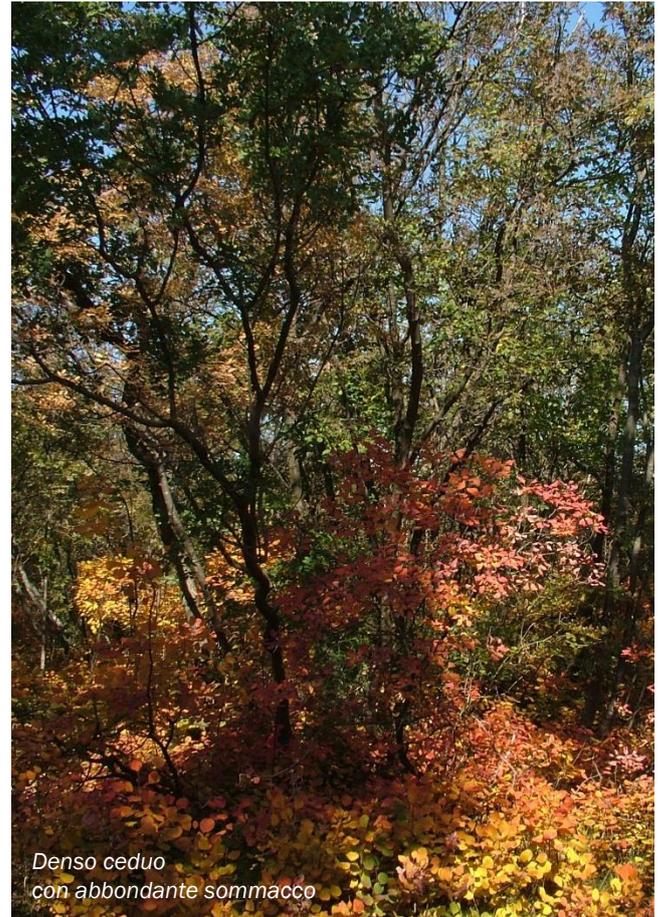
nero (*Ostrya carpinifolia*) e orniello (*Fraxinus ornus*); grazie all'elevato grado di luminosità presenta uno strato erbaceo ben sviluppato dominato dalla sesleria autunnale (*Sesleria autumnalis*). È presente soprattutto come **cedui abbandonati e invecchiati e fitte macchie a struttura arbustiva** che stanno invadendo le formazioni erbacee per l'abbandono delle pratiche colturali. Questi consorzi sono **facile esca di incendi** a causa del denso sviluppo dello strato arbustivo ed erbaceo che facilitano l'innesco e la propagazione del fuoco, l'elevata penetrazione della radiazione solare che influenza la temperatura interna, l'abbondante presenza di specie contenenti resine ed oli essenziali come il sommacco, l'assenza di interventi di tipo selvicolturale.

Una **minore incendiabilità** si presenta nel caso dei **boschi maturi di latifoglie**, grazie alla maggiore complessità strutturale, al ridotto sviluppo dello strato arbustivo ed erbaceo e al microclima più fresco ed umido. Per quanto riguarda le **vegetazioni erbacee**, la quantità di combustibile vegetale è ridotta e gli incendi possono essere controllati con maggiore tempestività e minore difficoltà.

I tipi di vegetazione ed il loro stato di salute hanno quindi un ruolo cruciale nel determinare la probabilità e il comportamento degli incendi.

PROBLEMATICHE NELLA RIPRESA POST-INCENDIO DELLA VEGETAZIONE

Le **conseguenze** degli incendi a livello ambientale sono molteplici. Tra queste va considerata la tendenza al **mantenimento** nel territorio **delle comunità arbustive**, particolarmente esposte al pericolo di incendio: dopo un incendio, questi tipi di comunità riescono a recuperare in termini di biomassa nel giro di pochi anni, risultando così facile esca di nuovi incendi. Questa situazione interessa la più diffusa tipologia forestale del Carso, la boscaglia carsica, rappresentata prevalentemente da cedui abbandonati ad elevato pericolo di incendio.



Frequenti incendi, uniti al riscaldamento globale, potrebbero portare ad una progressiva **modifica-zione nella composizione floristica** dei tipi di vegetazione, con la possibile espansione delle specie più termofile (adattate a vivere in luoghi caldi) e quindi degli aspetti più caldi delle comunità vegetali, che attualmente caratterizzano la parte occidentale del Carso: tra le essenze legnose, specie quali la spina di Cristo (*Paliurus spina-christi*), il terebinto (*Pistacia terebinthus*) o il leccio (*Quercus ilex*), diffuso nella zona della costiera triestina, potrebbero mostrare un'espansione. Invece, specie quali il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e la roverella (*Quercus pubescens*), che in questi decenni hanno mostrato gravi segni di deperimento a causa dei cambiamenti climatici, potrebbero subire una contrazione, con un conseguente stravolgimento delle comunità boschive che attualmente dominano.

Un'altra rilevante conseguenza degli incendi è l'alterazione degli habitat dovuta all'**espansione di specie esotiche** ed invasive, non appartenenti alla nostra flora.

Il passaggio del fuoco può distruggere la copertura vegetale e le porzioni di suolo nudo possono essere colonizzate da nuove specie, non presenti nella comunità incendiata, che possono essere entità autoctone legate a situazioni disturbate oppure specie esotiche. Le specie aliene invasive particolarmente pericolose in relazione al problema degli incendi nel Carso sono l'ailanto (*Ailanthus altissima*), specie arborea che si sta espandendo rapidamente soprattutto in prossimità di centri abitati, strade, sentieri e altre infrastrutture lineari, il senecione africano (*Senecio inaequidens*) e la cespica annua (*Erigeron*

annuus), specie erbacee che invadono soprattutto aree di pineta, landa ed altre comunità erbacee incendiate. Anche le piste forestali e le piste tagliafuoco che vengono realizzate per facilitare gli interventi di spegnimento degli incendi e per limitare la loro propagazione possono facilitare la diffusione di specie esotiche all'interno delle aree naturali.



LA PREVENZIONE DEGLI INCENDI ATTRAVERSO LA GESTIONE DEL TERRITORIO

I cambiamenti climatici stanno determinando un aumento della frequenza ed intensità degli incendi a livello globale, con gravi danni per l'uomo e il territorio. Nella lotta agli incendi diventano cruciali **strategie di prevenzione** basate sull'aumento della resilienza e resistenza al fuoco del paesaggio, attraverso **politiche di gestione del territorio** volte a migliorarne l'assetto ambientale. Queste politiche sono basate su interventi selvicolturali per ridurre l'inflammabilità dei boschi, creazione di radure ed altri elementi per aumentare la discontinuità delle vegetazioni legnose, rafforzamento dell'eterogeneità ambientale con l'ampiamiento di pascoli, prati e coltivazioni come aree tagliafuoco, misure per contrastare l'abbandono delle aree rurali e supportare la manutenzione del territorio. Nel caso del Carso, questa strategia di lotta agli incendi può essere realizzata attraverso interventi di diradamento e conversione di pinete in boschi di latifoglie, conversione dei cedui in boschi di alto fusto, riduzione dei cespuglieti con recupero delle superfici di landa carsica da mantenere attraverso

la reintroduzione del pascolo estensivo, ampliamento o creazione di fasce di vegetazione erbacea intorno ai centri abitati per la difesa dalla propagazione del fuoco.

MOSAICO AMBIENTALE

Insieme di aree di tipi diversi di ambienti presenti in un territorio; ogni area è una tessera del mosaico ambientale.

Si tratta di una politica di gestione del territorio volta al rafforzamento e al miglioramento del **mosaico ambientale** e al recupero di aspetti del paesaggio tradizionale che richiede pianificazione, investimenti e tempo, ma che costituisce un efficace strumento per la lotta agli incendi e per la salvaguardia della biodiversità e dell'ambiente.

Miris Castello, Giovanni Bacaro
Università degli Studi di Trieste

Ad alcuni argomenti specifici, introdotti da questo articolo, sono dedicati gli approfondimenti:

- L'EQUILIBRIO PERDUTO TRA FORESTE E INCENDI ALLA LUCE DELLA CRISI CLIMATICA
- DUE OCCHI CONTRO GLI INCENDI A 800 KM DI ALTEZZA
- IL FUTURO DEI BOSCHI NEL CARSO: QUALI ALBERI POSSONO RIDURRE IL RISCHIO DI INCENDI?

Disseccamento degli aghi in individui di Pino nero



CEDUO

Forma di governo del bosco basata sulla capacità di alcune latifoglie di emettere nuovi fusti se tagliate. Questo tipo di formazione boschiva è costituita essenzialmente da polloni, cioè da fusti provenienti da rinnovazione agamica (propagazione vegetativa).

INFIAMMABILITÀ

Facilità con cui una sostanza prende fuoco e brucia.

SPECIE ESOTICA

Specie che si trova al di fuori del suo areale di distribuzione naturale a causa dell'uomo. Sinonimo: aliena, avventizia.

SPECIE INVASIVA

Specie esotica capace di espandersi spontaneamente dall'area di introduzione in modo rapido e su distanze molto vaste e causare seri danni ambientali e socio-economici.

SPECIE TERMOFILA

Specie adattata a vivere in luoghi caldi.

STRUTTURA DELLA VEGETAZIONE

Disposizione nello spazio delle piante in senso verticale (stratificazione) e orizzontale (densità)

Landa carsica in via di scomparsa per l'invasione da parte del sommacco



L'EQUILIBRIO PERDUTO TRA FORESTE E INCENDI ALLA LUCE DELLA CRISI CLIMATICA

Il cambiamento climatico in atto sta alterando il regime naturale degli incendi con conseguenti modifiche nello sviluppo e nella composizione dei boschi. L'adozione di nuovi approcci per la prevenzione o la mitigazione di questi eventi di disturbo è quindi quanto mai auspicabile e necessaria, anche attraverso un attivo coinvolgimento dei proprietari forestali privati.

Gli incendi boschivi sono sicuramente tra i più importanti fattori di disturbo degli ecosistemi forestali. Sono eventi ricorrenti in natura e che hanno importanti conseguenze sulla composizione specifica, sulla struttura e sul funzionamento di molti ecosistemi terrestri, tanto che il fuoco è stato una delle principali forze ecologiche ed evolutive sulla Terra da quando le piante

hanno colonizzato il nostro pianeta circa 400 milioni di anni fa.

Proprio per questo motivo, molte specie vegetali hanno sviluppato tratti funzionali e strategie adattive, che consentono loro di sopportare gli effetti del fuoco e/o di riprendersi dopo il suo passaggio.

COME LE PIANTE SI DIFENDONO DAGLI INCENDI

Diverse specie vegetali hanno sviluppato strategie come:

- una certa resistenza al passaggio delle fiamme (per esempio, la corteccia ispessita ed isolante della quercia da sughero);
- una maggiore capacità di ricolonizzare rapidamente le aree percorse dagli incendi attraverso abbondanti fruttificazioni e/o il rilascio dei semi solo dopo il passaggio delle fiamme (serotinia);
- il vigoroso riscoppio delle ceppaie dopo la distruzione della parte aerea in molte latifoglie;
- una maggiore germinazione del seme grazie anche alla stimolazione di alcune sostanze volatili rilasciate durante l'evento.



Strategie di adattamento agli incendi forestali: resistenza al passaggio delle fiamme tramite una corteccia ispessita ed isolante nella quercia da sughero (sinistra); abbondante rinnovazione di pino marittimo da seme post-incendio (centro); ricacci da una ceppaia di corbezzolo (destra)

Inoltre, gli incendi influenzano il modo con cui le specie sono presenti all'interno delle comunità con dirette conseguenze sulla biodiversità e sull'eventuale maggiore diffusione di specie più adattate ad eventi ricorrenti a scapito delle altre. D'altro lato, **le stesse comunità vegetali possono modificare nel tempo le caratteristiche ed il regime degli incendi** attraverso un ciclo auto-rinforzante che seleziona particolari tratti funzionali (quelle caratteristiche proprie di un organismo che si rivelano importanti nel guidarne le risposte ai fattori ambientali che agiscono su di esso) o attraverso modifiche nell'infiammabilità della vegetazione a seguito di cambiamenti nella composizione specifica. La stessa distribuzione spaziale dei tratti funzionali delle specie vegetali nel territorio può influenzare la continuità del combustibile e quindi la probabilità e la diffusione degli incendi.

Il **regime degli incendi** è generalmente descritto attraverso una serie di caratteristiche tra cui:

- la frequenza o tempo di ritorno dell'evento (cioè ogni quanti anni ci aspettiamo che si verifichi un evento di una determinata entità, basandoci sulle evidenze del passato),
- la dimensione;
- la stagionalità;
- l'intensità (energia rilasciata per unità di tempo per unità di superficie);
- la gravità (impatto diretto);
- il tipo (incendio sotterraneo, di superficie, di chioma);
- la modalità di combustione.

RICOSTRUIRE LA STORIA DEGLI INCENDI

La storia degli incendi in una certa area geografica può essere ricostruita facendo ricorso a fonti dirette come, per esempio, documenti storici, dati statistici, mappe delle aree percorse dal fuoco e, più recentemente, osservazioni da satellite oppure attraverso fonti indirette come dati paleo-ecologici (per esempio, le cicatrici da fuoco negli anelli di accrescimento degli alberi, particelle di carbone conservate nei sedimenti e composti organici conservati nelle carote di ghiaccio).



Questa sezione trasversale di un albero di sequoia in California mostra alcuni degli anelli degli alberi e le cicatrici formatesi a seguito del passaggio del fuoco. I numeri indicano l'anno in cui un particolare anello è stato depresso dall'albero (foto: Tom Swetnam)

GLI INCENDI BOSCHIVI: UN FENOMENO IN AUMENTO A LIVELLO GLOBALE E LOCALE. PERCHÉ?

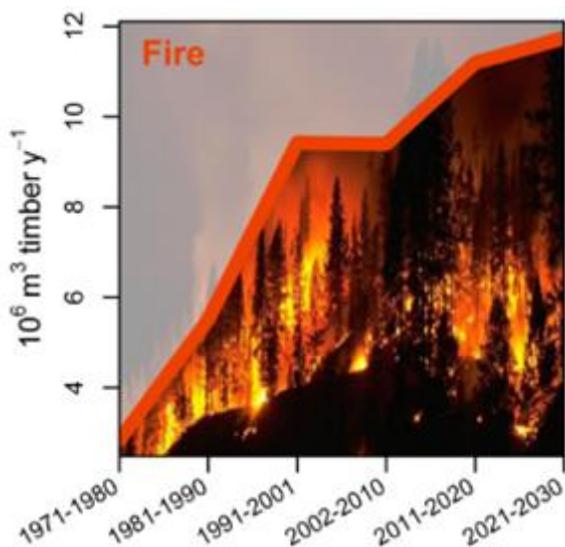
Diversi studi hanno messo in evidenza come il cambiamento climatico in atto possa modificare il regime naturale degli incendi e di conseguenza alterare le traiettorie di sviluppo dei soprassuoli forestali, ossia i tempi e i modi con cui si sviluppano i boschi.

In particolare, **l'aumento delle temperature globali e degli eventi siccitosi** negli ultimi decenni sta creando condizioni molto favorevoli per gli incendi ed è probabile che entro la fine del secolo aumentino la gravità e la durata della stagione degli incendi. In tutto il mondo, soprattutto alle più elevate latitudini dell'emisfero boreale.

Infatti, recenti stime hanno riportato un **aumento nelle perdite di superficie forestale a scala globale** dal 2001 al 2019 direttamente imputabili al passaggio del fuoco e le foreste boreali in Eurasia e Nord America, insieme alle foreste subtropicali dell'Australia e dell'Oceania, sono le formazioni forestali in cui gli incendi hanno causato i maggiori danni in termini di superficie.

Per quanto riguarda l'**Europa**, sebbene l'area percorsa dal fuoco sia diminuita negli ultimi decenni grazie ad un migliore sistema di allerta ed un'elevata capacità di controllo e spegnimento, si è registrato un cambiamento nella localizzazione geografica di questi eventi: se in passato più dell'80% della superficie bruciata a scala europea ricadeva nell'area mediterranea, oggi gli incendi nelle foreste temperate di latifoglie sono quelli più frequenti, soprattutto a causa delle recenti ondate di calore e della forte siccità durante il periodo estivo. Infatti, il decennio tra il 2011 e il 2020 ha incluso **i nove anni più estremi per i massimi globali di stress idrico per la vegetazione mai registrati** e si prevede che l'aridità aumenterà ulteriormente in futuro con possibile intensificazione degli incendi.

Ne è un esempio l'incendio sul Carso dell'estate 2022 in cui sono andati distrutti più di 4.100 ha di superficie forestale tra Italia e Slovenia.



Danni da incendi forestali in milioni di metri cubi all'anno tra il 1971 ed oggi e previsione per il 2030 in Europa alla luce del cambiamento climatico in atto (fonte: Seidl et al. 2014, modificato)

GESTIRE E PREVENIRE GLI INCENDI BOSCHIVI: SFIDE CRESCENTI, NUOVE SOLUZIONI

In questo contesto, l'uomo ha la possibilità di influenzare in modo diretto il regime degli incendi attraverso:

- la modifica della frequenza, dei tempi e della distribuzione spaziale delle fonti di accensione (in molte aree geografiche, gli esseri umani si sono sostituiti ai fulmini come causa principale di innesco);
- la modifica della struttura dei boschi, della loro composizione e della quantità di combustibile (massa legnosa);
- la soppressione del fuoco;
- l'emissione di gas ad effetto serra in atmosfera con il conseguente riscaldamento climatico.

Tuttavia, vista l'elevata influenza che il clima ha sui regimi degli incendi boschivi, i previsti cambiamenti in termini di disponibilità idrica legati al cambiamento climatico potrebbero rappresentare una sfida crescente per il successo delle strategie di gestione degli incendi in Europa e nel nostro Paese. Infatti, l'aumento degli eventi siccitosi, come quello recente del 2022, potrebbe portare a un **aumento delle dimensioni massime degli incendi e della loro severità** rendendo questi eventi meno controllabili.

Per questo, le attuali strategie antincendio e di gestione degli incendi potrebbero diventare in futuro sempre più inefficaci per il controllo dell'area bruciata e richiedere nuovi approcci di mitigazione e/o adattamento.

Pertanto, per ottenere un risultato significativo nella lotta agli incendi boschivi bisogna sempre più orientarsi ad una **gestione integrata del territorio**, in cui ad interventi puntuali possano affiancarsi iniziative a scala più ampia, in modo da supportare la creazione di mosaici paesaggistici più resistenti e resilienti nei confronti degli incendi.

È stato infatti dimostrato che la coesistenza di differenti usi del suolo (agricoli e forestali) nello stesso territorio può contribuire a evitare che un incendio evolva verso un evento catastrofico in quanto favorisce la discontinuità del carico di combustibile.

Allo stato attuale, tuttavia, le **azioni** per ridurre l'inflammabilità di popolamenti e paesaggi forestali sono **generalmente realizzate su proprietà pubblica e con fondi pubblici** (per esempio, la misura 8.3 dei **PSR** - Programmi di Sviluppo Rurale 2013-2020), poiché le spese per la loro attuazione supera, nella maggior parte dei casi, i ricavi ottenibili dal materiale estratto (dalla produzione di legname). Per questo motivo, **l'interesse dei privati verso una prevenzione attiva su superfici accorpate è ancora scarso**. Tale meccanismo non permette di raggiungere né la distribuzione spaziale, né la quantità di superficie trattata necessaria a modificare i regimi di incendio. Per ottenere una prevenzione efficace e sostenibile economicamente, è quindi necessario migliorare il rapporto costo-efficienza della prevenzione antincendio, ad esempio attivando filiere produttive che valorizzino i prodotti derivanti dalle azioni di prevenzione.

Un esempio in questo senso sono i vini DOP Montsant prodotti in Catalogna da vigneti collocati in aree strategiche per la prevenzione degli incendi (Vinyes de Contrafoc): il consumo di questi prodotti è promosso attraverso un marchio che rende riconoscibile il servizio di mitigazione del rischio di incendio fornito dalla produzione viti-vinicola, rendendo quindi appetibili investimenti privati in attività con effetti positivi sulla riduzione del rischio incendi.

È inoltre **auspicabile la convergenza con iniziative complementari**, non specifiche per la prevenzione, ma coerenti con gli obiettivi di riduzione del rischio a scala di paesaggio, in grado di offrire ulteriori risorse economiche per sostenere le filiere della gestione preventiva (per esempio, fondi PSR per lo sviluppo di impresa, fondi per la conservazione degli habitat, investimenti privati). L'applicazione di tali strategie in territori più ampi della singola proprietà è possibile solo se si integra la pianificazione strategica della prevenzione con gli obiettivi multipli di governo del territorio (sviluppo urbanistico, gestione agro-pastorale, conservazione degli habitat).

Giorgio Alberti, Antonio Tomao
Università degli Studi di Udine

Denso ceduo con abbondante sommacco



DUE OCCHI CONTRO GLI INCENDI A 800 KM DI ALTEZZA

Il cambiamento climatico sta rendendo sempre più difficoltoso il controllo da parte dell'uomo degli impatti derivanti da fenomeni come siccità e incendi, come quelli che hanno colpito il Carso goriziano tra Italia e Slovenia a luglio 2022. Un aiuto però può arrivare dall'uso di satelliti che controllano costantemente quello che succede sulla superficie del nostro pianeta.



GUARDARE LA TERRA DALL'ALTO

L'uso dei satelliti con scopi di osservazione terrestre nasce in ambito militare oltre 40 anni fa, ma non sono altro che l'evoluzione dell'uso di aerei su cui venivano montate macchine fotografiche in grado di riprendere il territorio sottostante, e che a sua volta derivano da primi esperimenti con macchine fotografiche installate su mongolfiere a metà Ottocento o addirittura sui... piccioni! Le singole foto (fotogrammi) venivano quindi unite e poi interpretate per leggere ad esempio la forma della superficie terrestre, l'estensione dei boschi o altre caratteristiche. Seguiva la produzione di mappe disegnando in forma semplificata quanto rappresentato nelle foto scattate.

Queste tecniche di rilievo a notevole distanza vanno sotto al nome di **telerilevamento** – in inglese *remote sensing* – e offrono la possibilità di ottenere informazioni qualitative, come ad

esempio il tipo di vegetazione di una foresta, ma anche quantitative, come ad esempio la stima della grandezza di un incendio o di una zona coltivata.

IL PROGRAMMA COPERNICUS E I SUOI SATELLITI SENTINEL-2

Nel caso del telerilevamento in campo ambientale, i sistemi più utilizzati sono i satelliti perché permettono di poter osservare grandissime porzioni della superficie terrestre, aiutandoci a comprendere lo stato di salute delle foreste, stimare la deforestazione, capire quanto le nostre città stanno crescendo di dimensione, ma anche valutare l'inquinamento delle acque marine o dell'aria che respiriamo!

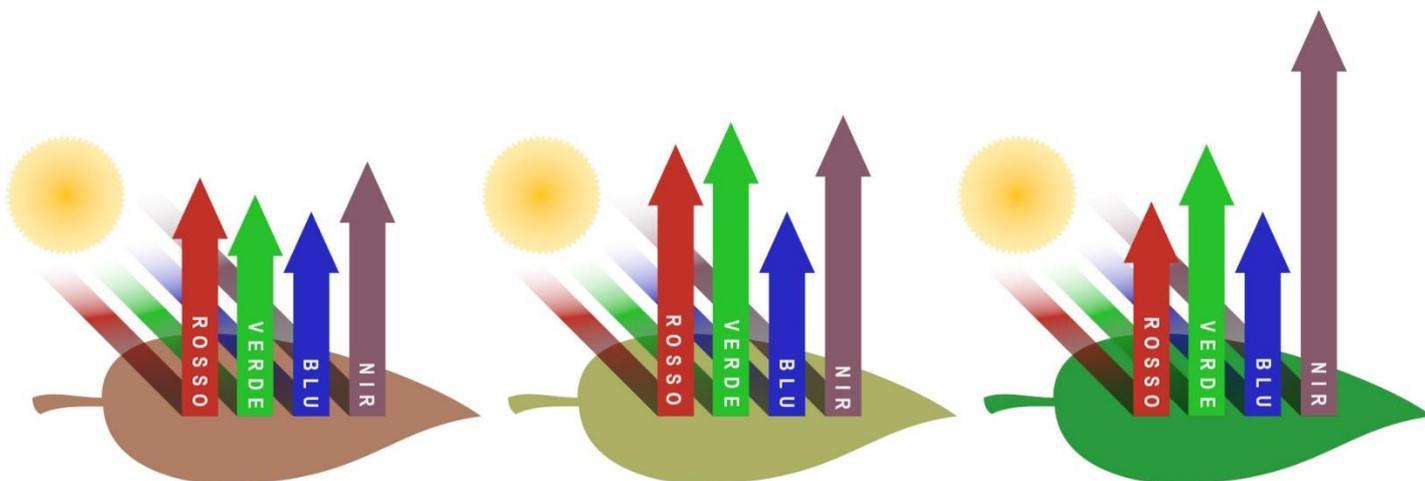
Esistono decine di satelliti che fanno questo tipo di lavoro messi in orbita fin dagli anni '70, ma tra i più moderni i più promettenti sono quelli del **programma europeo Copernicus**, dedicato a monitorare gli ecosistemi terrestri a beneficio di tutti i cittadini.

Il programma è coordinato e gestito dalla Commissione europea ed è attuato in collaborazione con gli Stati membri, l’Agenzia spaziale europea (ESA) ed altri enti. Il programma Copernicus vanta una lunga serie di satelliti, equipaggiati con sensori diversi a seconda dello scopo con cui sono stati costruiti.

Tra tutti, i due satelliti della **missione Sentinel-2** hanno l’obiettivo di fornire dati utili per la generazione di diversi prodotti, come mappe di copertura del suolo, mappe di rilevamento dei cambiamenti del suolo e variabili geofisiche. I due satelliti orbitano attorno alla Terra ad un’altezza di quasi 800 km e acquisiscono una serie di immagini in sequenza ritornando sulla stessa posizione indicativamente ogni 5 giorni permettendo quindi degli **aggiornamenti molto frequenti**, ma anche l’immagazzinamento dei rilievi all’interno di grandi server **a disposizione dei ricercatori e degli enti pubblici**.

Analogamente agli aerei, lavorano scattando tante fotografie in sequenza alla superficie del pianeta, ma non sono semplici foto! Infatti, sono

in grado di catturare anche informazioni che l’occhio umano non è in grado di vedere, come **la radiazione infrarossa**. Proprio questa **ha una particolare interazione con la vegetazione** ed è quindi utilissima per capire se per esempio una coltivazione di mais è in sofferenza a causa della siccità. Si parla quindi di **sensori multispettrali**. Infatti, una foglia in salute e ricca di acqua tende a riflettere molto la radiazione infrarossa, che giunge dal Sole. Diversamente se vi è poca acqua, la foglia è secca tenderà a rifletterne molto meno. Dati che i satelliti sono in grado di notare su grandi superfici come quelle di un bosco! Quindi le diverse componenti della radiazione solare riflessa dagli oggetti sulla Terra, vengono catturate dai sensori digitali dei satelliti, combinate usando delle funzioni matematiche e usate per creare degli **indici spettrali cioè dei numeri che possono indicare una certa proprietà della vegetazione**. Uno dei più famosi è il Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), basato sull’infrarosso e rosso, che viene utilizzato spesso come indice della **presenza della vegetazione e del suo stato di salute** come schematizzato in figura.



Se osservi le tre foglie con diverso stato di idratazione noterai che hanno un colore diverso anche all’occhio umano. Ma oltre a quello riflettono in modo molto diverso anche la radiazione infrarossa (NIR) che il satellite può però vedere!

(Wikimedia Commons - Creative Commons CC0 1.0)

SENTINEL-2 PER LA STIMA DEGLI INCENDI DEL CARSO

Le stesse tecniche, usando le diverse componenti della luce riflessa, possono essere utilizzate però anche per rilevare i cambiamenti avvenuti sulla superficie terrestre a seguito di un

incendio, aiutando a stimare il danno sia in termini di superficie colpita, ma anche di intensità e di quanto si è salvato.

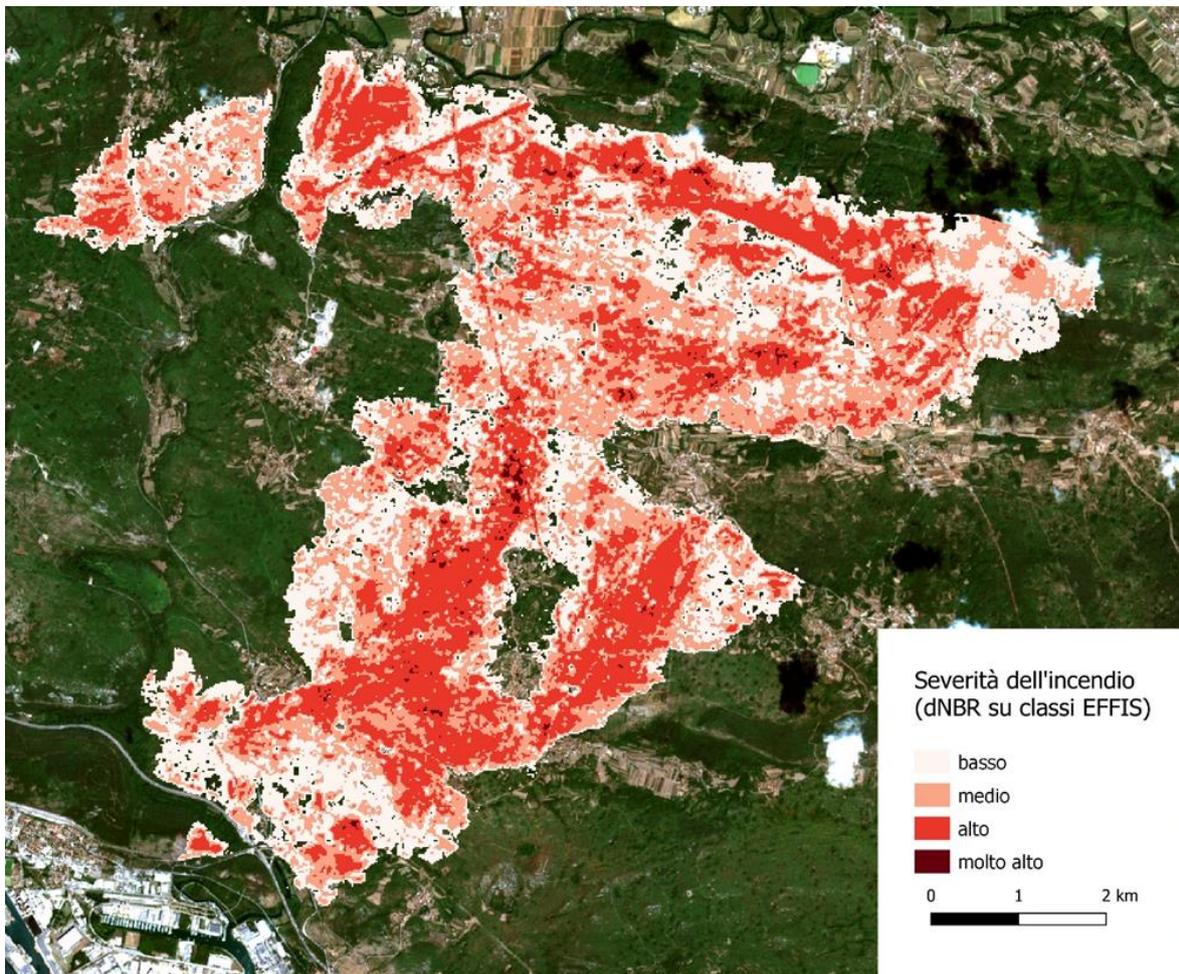
Se le cause del grave rogo che ha colpito il Carso a luglio 2022 non sono ancora del tutto chiare, dal momento che sembrano esserci stati più punti di innesco, è invece chiaro che **un ruolo fondamentale nella propagazione l'ha avuto il forte stato di siccità della vegetazione** che quindi è stata più suscettibile ad incendiarsi.

La coppia di Sentinel-2 è transitata più volte durante l'incendio, mettendo in evidenza addirittura le fiamme che divampavano, ma è stato necessario attendere la conclusione per poter avere un quadro completo. Forse un po' meno devastante del previsto. Per circoscrivere le aree effettivamente colpite è stato usato **un particolare indice spettrale pensato proprio per gli incendi**. Si chiama **dNBR**, difference Normalized Burn Ratio, e si basa su due tipi di infrarosso, che, come detto, sono legati al contenuto d'acqua, e su una sorta di confronto con un rilievo

precedente all'evento. L'analisi svolta ha messo così in luce una situazione sicuramente seria, con una superficie bruciata di 45 km², di cui 41 km² di boschi, ma dove grazie all'indice **è possibile anche assegnare un livello di gravità all'incendio**. Si scopre così che per fortuna le aree più severamente colpite sono solo 13 km². Ma da satellite è anche possibile stimare l'altezza degli alberi! E unendo i due dati, è stato quindi possibile **calcolare il volume di legno che è stato perso**, e anche quanto si è salvato.

Dalla mappa così ottenuta è possibile notare una gradualità della severità dell'incendio spostandosi da un rosso chiaro (pochi danni) a rosso intenso (alta severità), confermata dall'immagine a colori, che mostra tante piccole chiazze verdi laddove la vegetazione è stata risparmiata. Un piccolo segno di speranza auspicando un rapido ripristino dell'ecosistema!

Mappa di severità dell'incendio



La mappa di severità mostra che solo una parte dell'area ha subito danni molto gravi, e si notano zone dove la vegetazione si è salvata! (Elaborazioni Università degli Studi di Udine)

QUANTI ALBERI SONO MORTI?

In Carso dopo i rimboschimenti a pino nero avviati a inizio Ottocento, insieme all'abbandono delle aree agricole avvenuta dalla metà del secolo scorso, si è verificata una folta colonizzazione dell'area da parte non solo del pino nero ma anche di frassino, scotano ed altre specie arboree e arbustive. Non è molto facile ovviamente contare il numero di alberi morti dopo l'incendio, ciò nonostante, è possibile fare **una stima del volume legnoso (espresso in metri cubi) che è andato perso**. Anche qui torna utile il telerilevamento grazie ad uno speciale sensore installato sulla Stazione spaziale internazionale, che utilizza un laser per stimare l'altezza degli alberi! In particolare, con il dato fornito nel 2019 è stato possibile stimare il volume boscoso prima

dell'evento, e fare una ipotesi di riduzione incrociandolo con i dati di danneggiamento forniti da Sentinel-2. Complessivamente, il patrimonio boschivo dell'area interessata dall'incendio ammontava a 614.000 m³ prima dell'evento (166 m³ ha⁻¹ in media) e l'incendio ha distrutto 194.000 m³ pari al **32% del volume iniziale** sull'intera superficie. Si tratta ovviamente di una stima grossolana ma che sarà confrontata con le informazioni di dettaglio derivati dai rilievi a terra e con drone che sono in programma prossima primavera.

Luca Cadez, Giorgio Alberti,
Università degli Studi di Udine
Francesco Petruzzellis
Università degli Studi di Trieste



IL FUTURO DEI BOSCHI NEL CARSO: QUALI ALBERI POSSONO RIDURRE IL RISCHIO DI INCENDI?

La portata degli incendi che hanno interessato il Carso triestino, isontino e sloveno nel corso dell'estate 2022 è stata eccezionale. Il fuoco ha coinvolto oltre 3700 ettari di superfici boscate, per una perdita complessiva di 194 mila metri cubi di biomassa vegetale. Il quotidiano sloveno Delo ha definito l'incendio divampato a luglio 2022 come "il più grande incendio nella storia della Slovenia", chiedendosi quindi se il futuro riserva altri incendi di frequenza e intensità simili a quelli della scorsa estate.

Oltre ai fattori umani (atti colposi o dolosi, gestione del territorio e delle superfici boscate ecc.), il clima gioca un ruolo fondamentale nel determinare la probabilità di innesco e la velocità di propagazione degli incendi. I cambiamenti climatici stanno favorendo estati sempre più siccitose e con temperature elevate, aumentando con ogni probabilità la biomassa secca altamente suscettibile ad essere incendiata anche accidentalmente. Purtroppo, eventi di disseccamento e morte degli alberi si stanno verificando in molti ecosistemi forestali a livello globale a seguito dei cambiamenti climatici, e i boschi carsici non fanno eccezione. Sin dal 2012, a seguito di un'estate molto calda e siccitosa, è stato osservato un progressivo declino di molti individui di *Pinus nigra* (il pino nero) e di varie specie di latifoglie autoctone, ciò che ha portato a un progressivo accumulo di biomassa legnosa secca.

Non tutte le specie vegetali sono però suscettibili allo stesso modo a condizioni climatiche avverse, e quindi non tutte le specie contribuiscono allo stesso modo all'accumulo di necromassa e combustibile. Ciascuna specie vegetale

è infatti caratterizzata da una diversa capacità di resistere ad eventi prolungati di siccità.

IL TRASPORTO DELL'ACQUA DALLE RADICI ALLE FOGLIE

Durante il processo di fotosintesi, la fissazione della CO₂ a livello fogliare è inevitabilmente accoppiata alla perdita di notevoli quantità d'acqua attraverso il processo di traspirazione. Per sopperire a tali perdite e mantenere lo stato fisiologico di idratazione, le piante devono quindi rifornire continuamente le foglie con acqua assorbita a livello del suolo e sottosuolo e trasportata attraverso i condotti xilematici, delle vere e proprie "tubature" che connettono le radici sino alle foglie. Il trasporto dell'acqua avviene secondo un meccanismo passivo basato sulla generazione di gradienti di pressione idrostatica negativa (altrimenti detta "tensione") che si instaurano nei condotti xilematici a seguito del processo di traspirazione. Questi gradienti, uniti alla struttura anatomica e all'inter-connessione dei condotti xilematici, sono responsabili del movimento d'acqua in direzione ascendente (dal basso verso l'alto) e permettono la formazione di

una colonna d'acqua continua dalle radici sino alle foglie. La tensione a cui è sottoposta la colonna d'acqua dipende dalla velocità della traspirazione, che a sua volta dipende dalla temperatura e dall'umidità dell'aria, e dal contenuto d'acqua del suolo. Quando i livelli di traspirazione sono molto alti e/o il contenuto d'acqua del suolo scende al di sotto di soglie critiche, la tensione nella colonna d'acqua può raggiungere

livelli tali da “rompere” la colonna stessa e interrompere il flusso d'acqua all'interno dei condotti xilematici. Questo determina l'interruzione del trasporto di acqua alla chioma, determinando il disseccamento di alcuni rami o dell'intera pianta. Il livello di resistenza di una pianta a condizioni di stress idrico dipende in gran parte dalla sua capacità di mantenere intatta la colonna d'acqua e di preservare quindi l'apporto di acqua alle foglie.

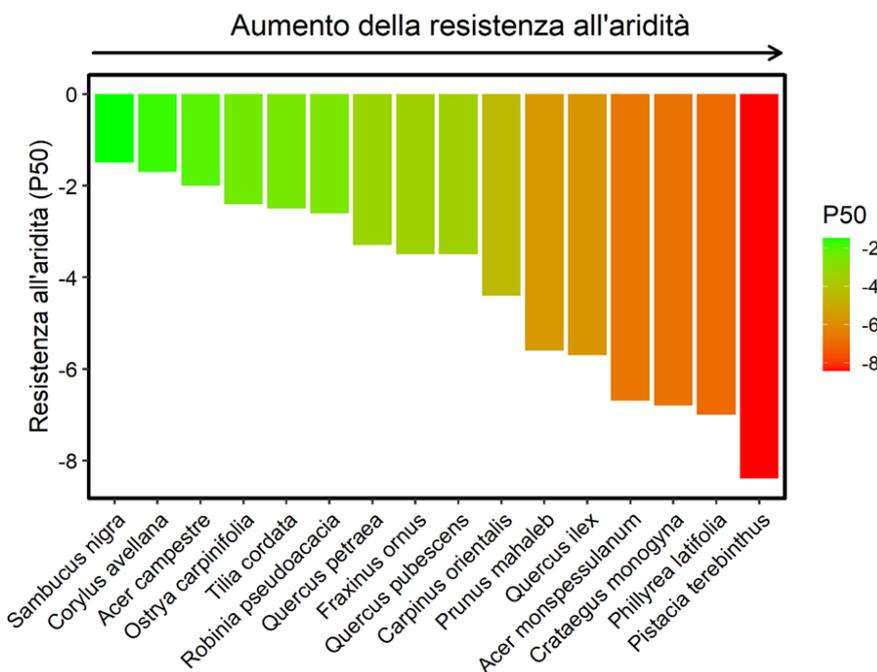
QUANTIFICARE LA RESISTENZA A CONDIZIONI DI STRESS IDRICO

È possibile quantificare la resistenza specie-specifica allo stress idrico attraverso la misura di “tratti funzionali idraulici”. In generale, i tratti funzionali sono definiti come una qualsiasi caratteristica della pianta, misurabile dal livello di individuo a quello di popolazione, legata ad una o più funzioni specifiche. Nello specifico, i tratti funzionali idraulici sono legati alla capacità di

trasporto dell'acqua attraverso i condotti xilematici, e potrebbero giocare un ruolo fondamentale nel determinare il rischio di propagazione degli incendi. Un tratto funzionale fondamentale viene indicato come P50, e misura il livello di tensione (misurata in termini di potenziale dell'acqua, Ψ) che causa la perdita del 50% della capacità di trasporto dell'acqua. La figura mostra i livelli di resistenza di

alcune delle specie più abbondanti nell'area carsica interessata dagli incendi del 2022. Le specie con valori più negativi di P50, come *Phyllirea latifolia* (fillirea) e *Pistacia terebinthus* (terebinto), sono quelle con un maggiore livello di resistenza allo stress idrico, e quindi sono in grado di limitare la perdita di capacità di trasporto dell'acqua in condizioni di maggior stress idrico rispetto a specie con valori meno negativi, come *Sambucus nigra* (sambuco) e *Corylus avellana* (nocciolo).

È possibile ipotizzare che le specie più vulnerabili allo stress idrico siano anche quelle che più probabilmente vanno incontro a disseccamento parziale o totale della chioma, contribuendo quindi in misura maggiore all'accumulo di combustibile in grado di aumentare la probabilità di innesco degli incendi e/o favorirne una rapida propagazione. Per una prima verifica di questa ipotesi, alla fine dell'estate 2022 è stato effettuato un monitoraggio dello stato di salute delle piante arboree in varie aree del Carso

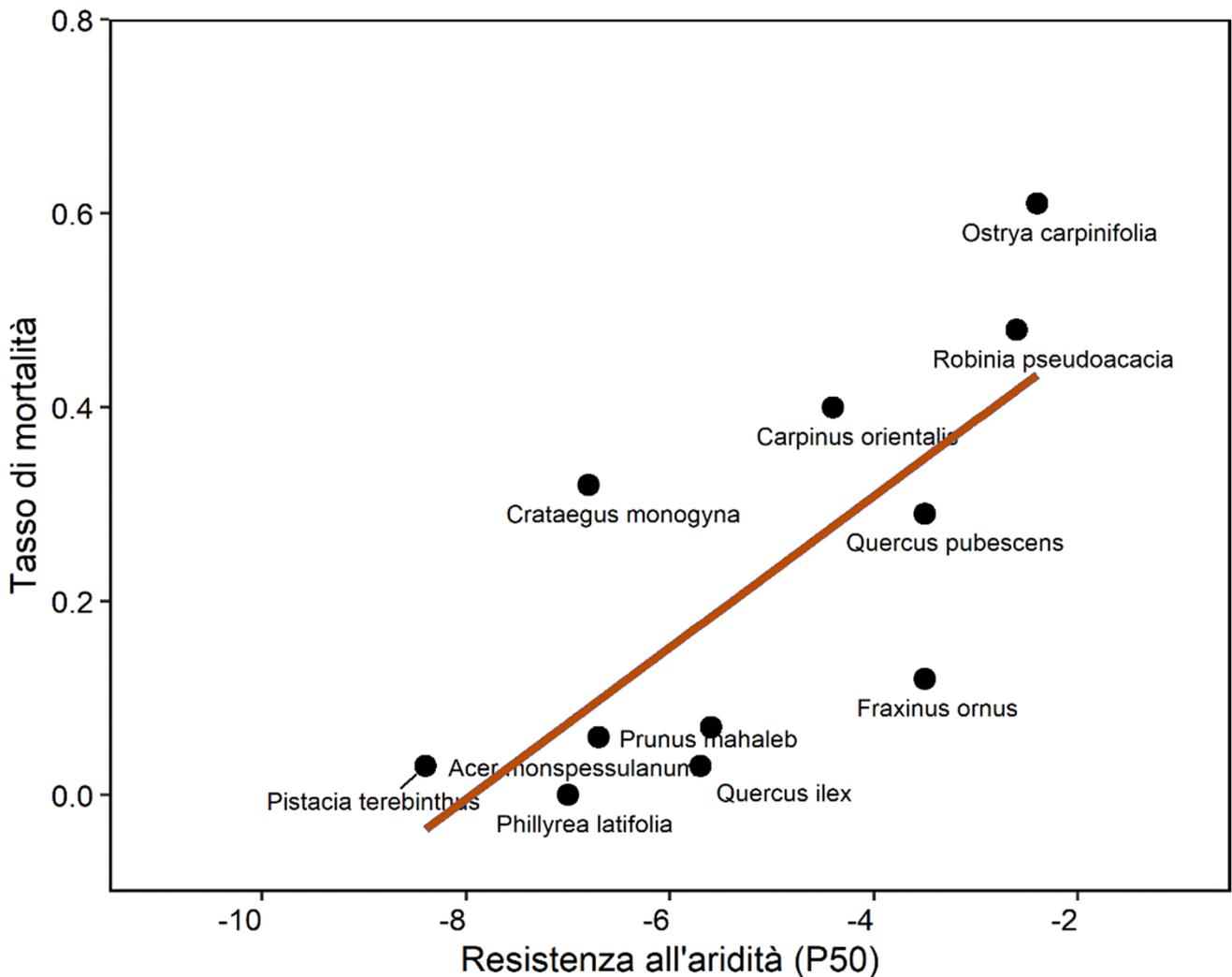


Livelli di resistenza all'aridità (espressa in termini di P50) delle specie più abbondanti presenti nelle aree interessate dagli incendi del 2022

triestino, non interessate dagli incendi. Sono state rilevati complessivamente 2650 alberi appartenenti a 11 specie autoctone (con l'eccezione di Robinia pseudoacacia, la robinia specie aliena ma ampiamente naturalizzata nell'area). Per ciascun individuo è stato valutato lo stato della chioma, distinguendo gli alberi senza segni di disseccamento da quelli che mostravano rami e foglie secche

in più del 50% del volume della chioma. È stato quindi calcolato un tasso di mortalità/disseccamento per le popolazioni delle diverse specie, che è stato correlato ai valori specie-specifici di P50. Come si può vedere nella figura, il tasso di mortalità è altamente correlato a P50, dimostrando come questo parametro funzionale permetta di prevedere quali specie hanno contri-

buito maggiormente alla produzione di necromassa, che a sua volta potrebbe avere aumentato estensione e severità degli incendi. E altresì verosimile che, nelle zone non ancora percorse da incendi, le specie più vulnerabili continueranno a contribuire in maniera significativa all'accumulo di biomassa secca, stanti le previsioni climatiche per l'area di riferimento nei prossimi decenni.



Correlazione tra il tasso di mortalità e la resistenza all'aridità (espressa in termini di P50) delle specie più abbondanti presenti nelle aree interessate dagli incendi del 2022

PROSPETTIVE FUTURE: FAVORIRE LE SPECIE PIÙ RESISTENTI ALL'ARIDITÀ COME STRATEGIA DI ADATTAMENTO AL RISCHIO DI INCENDI BOSCHIVI

I dati preliminari sopra esposti invitano a una riflessione sulla futura gestione dei boschi carsici, soprattutto se a ridosso di infrastrutture sensibili quali abitazioni, strade, linee elettriche ecc. Poiché è molto probabile che in futuro estati calde siccitose si ripeteranno con maggiore frequenza, sono auspicabili attività di gestione forestale volte a favorire la presenza delle specie maggiormente tolleranti la siccità, riducendo al

contempo la diffusione delle specie più vulnerabili, quantomeno negli habitat e siti in cui ormai fanno fatica a sopravvivere a causa delle condizioni di esposizione (es. versanti a sud) e delle caratteristiche del suolo e del substrato roccioso. Una gestione dei boschi orientata da criteri fisiologici, legati ai tratti funzionali idraulici, potrebbe ridurre la quantità di necromassa prodotta nel corso delle estati siccitose, li-

mitando la probabilità di innescarsi degli incendi e rallentando la loro velocità di propagazione. Ulteriori indagini saranno orientate a caratterizzare anche le proprietà della biomassa secca (foglie, rami) delle diverse specie, per identificare quelle con minore infiammabilità, caratteristica che le renderebbe ancora più apprezzabili in un'ottica di adattamento del territorio ai cambiamenti climatici.

**Andrea Nardini,
Francesco Petruzzellis**
Università degli Studi
di Trieste



Ostrya carpinifolia



Quercus pubescens



Fraxinus ornus



Carpinus orientalis



Quercus ilex



Acer monspessulanum



Prunus mahaleb



Phillyrea latifolia



Pistacia terebinthus

Esempi di specie vegetali tipiche dell'area del Carso (fonte: <http://dryades.units.it/cercapiante/index.php>)



Tutti i “Segnali dal clima in FVG”:

<https://www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/sezioni-principali/clima-e-cambiamenti-climatici/segnali-dal-clima-in-fvg>