

ANTONIO SARACINO¹

La ricostituzione delle aree percorse dal fuoco e il ripristino dei servizi ecosistemici in ambiente Mediterraneo

¹ Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

IL CONTESTO MEDITERRANEO DEGLI INCENDI

Nell'Europa mediterranea la struttura attuale del paesaggio è il risultato dei cambiamenti socioeconomici occorsi a partire dagli anni Cinquanta del secolo scorso. In questo periodo storico si è assistito a un diffuso spopolamento delle aree morfologicamente ed economicamente marginali, con interruzione degli usi del suolo agricolo e pastorale. Contestualmente, si è assistito all'espansione urbana e residenziale nelle aree pianeggianti costiere e subcostiere che ha eroso spazio all'agricoltura intensiva e specializzata. Le dinamiche innescate dall'esodo rurale possono essere sintetizzate portando ad esempio quanto avvenuto in Campania nel periodo 1960-2000 (Di Gennaro e Innamorato, 2005): i processi di successione secondaria innescati dall'abbandono delle attività agricole, hanno incrementato i boschi e i cespuglieti in aree montane (+47%) insieme a un contestuale incremento esponenziale della superficie urbanizzata nelle aree costiere e subcostiere (+321%). Sebbene a scala regionale le dinamiche temporali e le traiettorie degli usi del suolo possano differenziarsi, i tratti comuni del paesaggio mediterraneo europeo attuale riguardano l'aumento della connettività e del carico di combustibile e l'espansione lineare delle aree di interfaccia vegetazione-urbano.

Le formazioni vegetali mediterranee, soprattutto nel periodo estivo caldo e secco, sono danneggiate in vario grado dagli incendi, in funzione delle caratteristiche del combustibile e delle condizioni meteorologiche locali prima e durante l'incendio, sempre più frequentemente esacerbate dagli eventi estremi e dai cambiamenti climatici. La topografia alquanto complessa che caratterizza il paesaggio mediterraneo è un altro fattore che condiziona il livello del danno arrecato dagli incendi.

Le specie delle comunità di vegetazione mediterranea, nelle loro traiettorie evolutive hanno sviluppato meccanismi adattivi e strategie di sopravvivenza al disturbo del fuoco variegati e differenti (Bond e van Wilgen, 1996). Le specie arboree e arbustive che dominano la vegetazione mediterranea sono altamente resilienti al fuoco perché in grado di reiterare la porzione epigea distrutta dal fuoco mediante ricacci, oppure rinnovarsi mediante semi. In questi ecosistemi il fuoco controlla l'età e la struttura della vegetazione, ciò significa che la vegetazione non dipende solo dal clima, ma anche dal regime dell'incendio (per es. il tempo di ritorno sulla stessa superficie), a sua volta dipendente dalle attività umane (Keeley et al., 2012).

LA SEVERITÀ DI INCENDIO

La severità indica l'entità del cambiamento causato dall'incendio sulla comunità vegetale, rispetto alla sua condizione pre-incendio. La severità di incendio definisce la quantità di biomassa epigea e ipogea consumata dall'incendio che induce alterazioni biologiche, fisiche e chimiche con modificazioni di breve e lungo termine dei processi e del funzionamento dell'ecosistema forestale (Keeley, 2009). Gli effetti degli incendi quantificati mediante la severità sono per es. relativi alla mortalità degli alberi dello strato dominante, descritta in termini di area basimetrica rimossa, alla riduzione della copertura delle chiome verdi, alla percentuale di rami vivi e morti rimasti nella chioma. In questo contesto, il *composite burn index* (CBI; Key e Benson, 2006) è utilmente impiegato come misura quali-quantitativa di campo per la stima e la classificazione della severità di incendio sperimentata da una cenosi forestale. Il protocollo di campo CBI scompone il profilo verticale della comunità forestale in cinque strati, tre dei quali appartengono allo strato arbustivo e due allo strato arboreo. Diversi attributi della comunità post-incendio, come il consumo di lettiera e legno morto, la percentuale di alterazione del fogliame e l'altezza di scottatura sul fusto sono stimati visivamente e classificati con scale numeriche per strato. Il più recente *geometric composite burn index* (GeoCBI; De Santis et al., 2009), è stato proposto come indice alternativo al CBI, perché estratto in modo più veloce e meno oneroso da dati telerilevati, anziché da rilievi in campo. Il GeoCBI, rispetto al CBI, tiene conto di due attributi della copertura vegetale: della frazione di copertura vegetale (FCOV) di ciascuno dei cinque strati e della variazione dell'indice di area fogliare (LAI), esclusivamente degli strati intermedio e dominante. Quindi, utilizzando poche misure quali-quantitative rappresentative degli attributi biofisici post-incendio, il GeoCBI consente di classificare gli effetti degli in-

cendi mediante quattro classi di severità: i) bassa, ii) moderatamente bassa, iii) moderatamente alta e iv) alta.

Dal punto di vista ottico la vegetazione bruciata mostra una drastica riduzione nella riflettanza dello spettro del visibile e dell'infrarosso vicino (lunghezze d'onda: 0.4-2.5 μm). La magnitudo del cambiamento della riflettanza è associata al grado di severità dell'incendio ed è catturata da remoto come variazione dell'indice spettrale prima e dopo l'incendio (*normalized delta burn ratio*, dNBR; Lentile et al., 2006). Per rappresentare correttamente su mappa digitale la variabilità spaziale della severità di incendio, è opportuno calibrare la variazione dell'indice di riflettanza da remoto, mettendola in relazione con le classi di severità stimate in campo. Le più appropriate soglie dNBR così ottenute saranno utilizzate nella classificazione della severità di incendio stimata da remoto.

A COSA SERVE LA MAPPA DELLA SEVERITÀ DI INCENDIO

Dopo l'incendio, la rappresentazione della severità del danno su mappa digitale a scala adeguata è la prima informazione indispensabile per programmare gli interventi di ricostituzione e restauro ambientale, prodromici al ripristino dei servizi ecosistemici. La mappa della severità è oltremodo utile a rappresentare nello spazio la severità mista che caratterizza gli effetti di tutti gli incendi della vegetazione mediterranea (DellaSala et al., 2015). I soprassuoli risultati più resistenti al fuoco, e quindi mappati come severità bassa, forniscono informazioni utili per le successive attività di restauro. Ovviamente, la maggiore resistenza passiva al fuoco manifestata da alcune specie durante l'incendio potrebbe essere dovuta al maggiore spessore della corteccia o, a parità di condizioni stazionali, al differente contenuto idrico nei tessuti vegetali; la maggiore resistenza di un tratto di soprassuolo potrebbe anche essere concomitante con azioni selvicolturali preventive volte alla riduzione del combustibile e alla modificazione del suo arrangiamento spaziale nel profilo verticale.

Nella figura 1 (pannello sinistro) è riportato, a titolo di esempio, la mappa della severità degli incendi occorsi nell'estate 2017 nel Parco Nazionale del Vesuvio (Saulino et al., 2020). La severità alta (H) e medio alta (MH) ha interessato soprattutto le pendici meridionali del vulcano, mentre sui versanti settentrionali più freschi ha dominato la severità bassa (L) e moderatamente bassa (ML). Questa variabilità spaziale della severità, sovrapposta alla carta delle tipologie forestali, ha evidenziato che sui versanti meridionali dominano i rimboschimenti di conifere (in prevalenza di pino domestico e in misura minore di pino marittimo), mentre i cedui di castagno e di altre latifoglie deci-

due e sempreverdi (roverella, leccio, robinia, ecc.), sono prevalenti sui versanti settentrionali. In altre parole la severità alta ha interessato quasi esclusivamente soprassuoli di conifere (86%) e in minor misura soprassuoli di latifoglie e arbusteti (14%). All'opposto, la severità bassa ha riguardato prevalentemente soprassuoli di latifoglie (60%), e in minor misura di conifere (23%) e arbusteti (16%), come si desume dal pannello destro della figura 1.

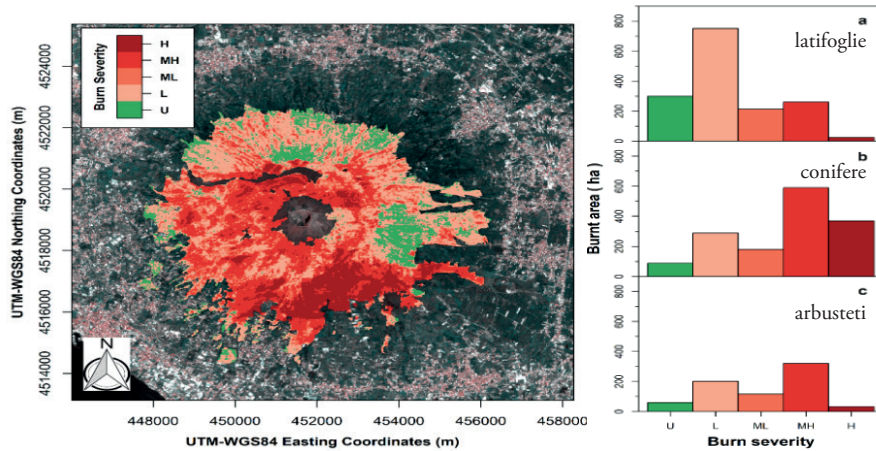


Fig. 1 Nel pannello di sinistra è riportata la mappa della severità di incendio del Parco Nazionale del Vesuvio dopo gli incendi estivi del 2017; H, MH, ML, L, e U corrispondono rispettivamente alle classi di severità di incendio Alta, Moderatamente alta, Moderatamente bassa, Basso e Non bruciato. Nel pannello di destra compare la superficie percorsa dal fuoco (in ha) in funzione delle principali categorie forestali e delle classi di severità dell'incendio (da Saulino et al., 2020)

La mappa della severità rappresenta anche il supporto fondamentale per pianificare gli interventi di ricostituzione e restauro post-incendio. Combinata con il modello di elevazione digitale del terreno, consente di individuare le aree a elevata severità di incendio dove si concentreranno i primi interventi di emergenza di messa in sicurezza, perché a rischio di erosione del suolo o perché aree di interfaccia e/o a elevata frequentazione umana.

Nella fase di emergenza post-incendio, una buona prassi da adottare e da tramutare in norma, è la costruzione di sbarramenti superficiali utilizzando tronchi e ramaglia proveniente da piante uccise dal fuoco e materiale lapideo, tutti reperiti in situ. Gli sbarramenti sono efficaci nell'ostacolare il deflusso e intrappolare i sedimenti ricchi di ceneri e i semi della banca del suolo

(Gómez-Sánchez et al., 2019). Lungo i versanti più acclivi, in corrispondenza di impluvi e tagli stradali, gli sbarramenti diventano indispensabili quando sottendono elementi antropici a rischio.

La mappa della severità di incendio rappresenta anche il supporto per la gestione puntuale dei soprassuoli percorsi dal fuoco. Il grado di severità e la densità della rinnovazione da seme e da ricaccio rilevabili nel primo inverno dopo il passaggio del fuoco, sono un'utile guida nelle azioni gestionali da compiere.

La combinazione della mappa della severità, insieme ad altri tematismi fra cui la suscettibilità all'erosione, le attività turistiche, le produzioni agricole dipendenti dal servizio di impollinazione, ecc., possono essere implementate in un sistema esperto che consente di rappresentare su mappa la perdita di servizi ecosistemici (Haynes-Young e Potschin, 2018). Si tratta di un utile supporto alla pianificazione degli interventi di ricostituzione e restauro. Nell'esempio di seguito riportato (fig. 2), la rappresentazione cartografica della perdita monetaria di servizi ecosistemici è riferita agli incendi occorsi nell'estate del 2017 nel Parco Nazionale del Vesuvio (Silvestro et al., 2021). La carta della severità degli incendi è stata illustrata precedentemente in figura 1. Dal confronto delle due carte emerge che le aree dove sono state registrate le maggiori perdite monetarie di servizi ecosistemici (aree rosse del pannello di sinistra), sono molto più ristrette rispetto a quanto documentato con la severità di incendio. Quindi, gli interventi di restauro post-incendio si concentreranno nelle aree dove la perdita di funzioni, che generano maggiori disservizi ecosistemici, rappresentano la priorità. Anche con questa metodologia di analisi degli incendi, le perdite monetarie registrate dai soprassuoli di conifere (CON nel pannello di destra) sono pressoché il doppio per ettaro rispetto a quelle dei cedui di latifoglie (BRO nel pannello di destra). Ovviamente, non si tratta di una mera perdita di prodotti legnosi, ma anche di importanti servizi di regolazione, quali la protezione idrogeologica dei versanti del vulcano, o culturali legati al tour turistico sul cono del Vesuvio.

L'esempio illustrato è riferito a un'analisi ex post di perdita monetaria di servizi ecosistemici. Ciò non esclude che un esercizio simile possa essere svolto ex ante, utile a pianificare le misure di prevenzione antincendio più adeguate, dando priorità a quelle aree dove, in caso di incendi disastrosi, si registrerebbero i maggiori disservizi e perdite monetarie, legate soprattutto al ripristino delle funzioni ecosistemiche che si perderebbero a causa del disturbo degli incendi. Volendo compiere questo esercizio, a partire da una mappa dei combustibili, un simulatore di incendi tipo Farsite (<https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/4617>) sarebbe il supporto più idoneo per fare previsioni di comportamento del fuoco nei diversi scenari ipotizzati.

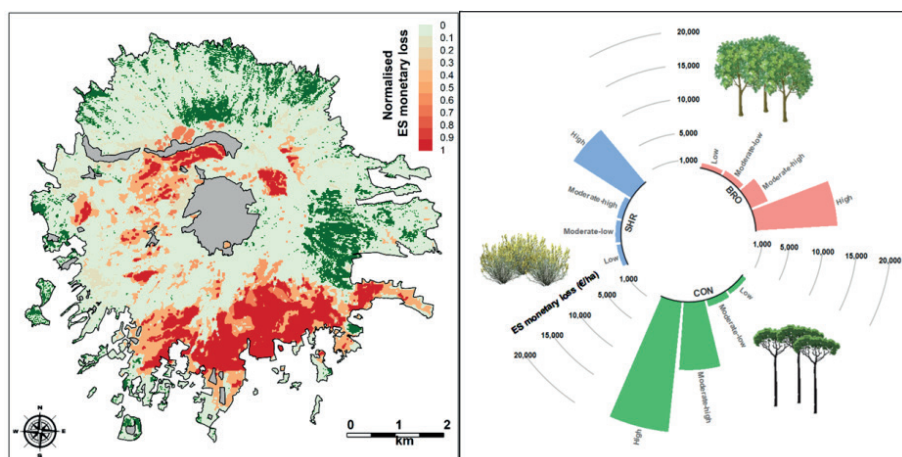


Fig. 2 Nel pannello di sinistra è riportata la mappa normalizzata delle perdite monetarie di servizi ecosistemici, causate dagli incendi dell'estate 2017 nel Parco Nazionale del Vesuvio. Nel pannello di destra le perdite monetarie, in euro/ha, sono disaggregate per tipologie forestali (cespuglieti [SHR], cedui di latifoglie [BRO] e fustaie di conifere [CON]) e per classi di severità dell'incendio (da Silvestro et al., 2021)

LA GESTIONE POST-INCENDIO DELLE FORMAZIONI FORESTALI MEDITERRANEE

La macchia mediterranea è costituita da arbusti policormici, sclerofilli e sem-preverdi. Il ricaccio vegetativo da gemme basali (lentisco, filliree, mirto, alaterno) e lignotuberi (eriche, corbezzolo), stimolato dal disturbo del fuoco, garantisce nel giro di pochissimi anni il ristabilimento di un grado di copertura soddisfacente per la protezione idrogeologica. In breve tempo anche le tracce del passaggio del fuoco non sono più percepibili nel paesaggio. Talvolta, sono necessari interventi prioritari di bioingegneria localizzati nelle aree soggette a erosione, così come descritti precedentemente.

Nei cedui matricinati, il taglio della porzione epigea uccisa dal fuoco è condizionato da quanto distante è l'età del soprassuolo dal turno minimo e, quindi, dalla convenienza economica del taglio di succisione. I regolamenti forestali vigenti nelle diverse regioni italiane impongono di eseguirlo entro l'inverno successivo al passaggio del fuoco. Frequentemente, questa attività di ricostituzione viene omessa perché onerosa, cioè a macchiatico negativo, oppure differita nel tempo. In questo caso i ricacci post-incendio possono essere danneggiati in vario modo dalle operazioni di ricostituzione. È auspicabile

svincolare, o quantomeno snellire, le procedure legate alla ricostituzione dei cedui danneggiati dagli incendi.

Il taglio fitosanitario delle fustaie di conifere mediterranee (pino d'Aleppo, p. marittimo e p. domestico) severamente danneggiate dagli incendi, è sito-specifico e non ci sono soluzioni univoche e universalmente valide. Nella pianificazione del taglio fitosanitario, occorre valutare la stabilità meccanica degli alberi uccisi dal fuoco che decresce progressivamente entro il secondo inverno dopo l'evento per cause biologiche (attacchi di insetti cortico-lignicoli e funghi basidiomiceti lignivori) e fisiche (vento). La destrutturazione del soprassuolo arboreo bruciato determina un incremento del carico di combustibile morto di varie dimensioni in prossimità del suolo e rappresenta un ostacolo per le operazioni di abbattimento e raccolta delle piante morte.

Il taglio fitosanitario, come taglio a raso spesso condotto su ampie superfici, determina impatti ecologici che si protraggono nel tempo sulla biodiversità e sul suolo (fra gli altri: DellaSala et al., 2006; Thorn et al., 2020, Leverkus et al., 2021). L'analisi degli impatti del taglio fitosanitario esaminati in letteratura, quasi sempre si riferiscono a foreste bruciate poco antropizzate e remote, quindi a frequentazione episodica da parte dell'uomo. Per contro, la gran parte delle pinete mediterranee in Italia sono ubicate nella fascia costiera e subcostiera. In queste aree densamente popolate il crollo degli alberi impedirebbe la fruizione delle aree interessate dal fenomeno, e sarebbe percepito dall'opinione pubblica come detrattore paesaggistico e, in modo errato, di mancanza di gestione dei boschi danneggiati dagli incendi. Nei contesti paesaggistici mediterranei molto antropizzati il taglio fitosanitario deve essere quindi ponderato tenendo conto del regime di protezione vigente (area protetta, habitat codificato facente parte di una zona speciale di conservazione, ecc.) e delle funzioni prevalenti attribuite alla pineta bruciata. Per es., nel Parco Nazionale del Vesuvio, nelle pinete di pino domestico, e in minor misura di pino marittimo, di origine artificiale severamente danneggiate dal fuoco dagli incendi estivi del 2017, l'esclusione dal taglio fitosanitario di *patch* meno accessibili e in aree morfologicamente complesse, ha rappresentato un criterio guida degli interventi di ricostituzione. Le aree escluse dal taglio fitosanitario documentano le traiettorie della successione secondaria post-incendio, che in taluni luoghi sono contigue alle successioni primarie, come ad es. quelle in atto sulle colate laviche del 1944 di questo importate geosito.

La triturazione della ramaglia derivante dal taglio fitosanitario e il suo impiego come materiale pacciamante rappresenta un'altra buona prassi da adottare in ambienti a clima mediterraneo. La pacciamatura esercita un controllo efficace sulle specie annuali, cioè sulle terofite a ciclo autunno-invernale, quasi sempre estranee alla comunità di pineta, che nelle prime estati post-incen-

dio incrementano il carico di combustibile morto di piccole dimensioni. La pacciamatura di spessore adeguato, riduce anche l'evaporazione dal suolo e le irrigazioni di soccorso per le piantine messe a dimora e protegge i semenzali di pino da rinnovazione naturale post-incendio "candidati" a ricostituire il futuro soprassuolo. La pacciamatura con trucioli di legno aumenta anche la riflettanza (albedo) del substrato post-incendio tendenzialmente scuro, con conseguente riduzione del flusso di calore nel suolo e mitigazione dello stress termico, causa frequente di mortalità per riscaldamento al colletto dei semenzali in ambienti caldo-aridi. L'albedo può essere anche aumentato con impiego di spray e film pacciamanti bianchi di origine naturale e biodegradabili, già impiegati in agricoltura (Santagata et al., 2014).

Tutte le latifoglie decidue e sempreverdi presenti nella fascia mediterranea e sopra-mediterranea mostrano spesso danni da incendio inferiori a quelli riscontrabili nelle conifere. Le latifoglie rallentano passivamente la progressione delle fiamme e riducono l'intensità lineare del fronte di fiamme. La loro conservazione nelle aree percorse dal fuoco e la loro ridiffusione nei soprassuoli di conifere rappresentano uno strumento biologico idoneo di selvicoltura preventiva. Le querce sempreverdi leccio e sughera hanno gemme epicormiche nelle diverse parti della pianta in grado di reiterare le parti della chioma o l'intera parte epigea danneggiate dal fuoco (Pausas e Keeley, 2017). Castagno, roverella, orniello, etc., in genere non reiterano le parti aree danneggiate dal fuoco e il ricaccio basale post-incendio è condizionato dall'ontogenesi.

IL RESTAURO DELLE PINETE MEDITERRANEE

Le pinete litoranee del nostro Paese sono, molto spesso, piantagioni monospecifiche che con la loro copertura delle chiome esercitano un forte controllo sulla vegetazione autoctona perenne preesistente. Pino d'Aleppo e pino marittimo sono conifere dotate di tratti adattativi al fuoco che gli permettono di rinnovarsi dopo il passaggio del fuoco grazie all'abbondanza di semi stoccati nei coni serotini della chioma. Il pino domestico, invece, non mostra tratti adattativi al fuoco ed è incapace di rinnovarsi mediante semi nelle aree percorse dal fuoco. Nelle pinete mediterranee, una densità di 2,5-4 semenzali di pino per metro quadrato nel primo inverno successivo al passaggio del fuoco è un indice di adeguata rinnovazione (Leone et al., 2000; Vega et al., 2010). Qualora si rendesse necessario il ricorso alla piantagione, piuttosto che alla semina, occorre valutare attentamente l'opportunità di ricostituire popolamenti puri di conifere mostratisi vulnerabili agli incendi. Piuttosto, i pini dovrebbero rappresentare una componente subordinata della mescolanza di specie

arboree e arbustive autoctone preesistenti, o rinvenibili nelle aree adiacenti a quelle percorse dal fuoco. Tuttavia, quando il pino domestico costituisce l'habitat 9540 "Pinete mediterranee di pini mesogeni endemici" (<http://vnr.unipg.it/habitat/cerca.do?formato=stampa&idSegnalazione=78>), oppure per motivi di conservazione del paesaggio, allora occorre piantarlo in mescolanza con le specie arboree e arbustive autoctone. I pini sono specie pioniere caratterizzate da alti tassi di sopravvivenza e a crescita relativamente rapida nelle prime fasi di vita. Le latifoglie arboree, invece, sono rappresentative degli stadi serali più avanzati, a crescita lenta e dotate di elevata resilienza al fuoco grazie alla loro capacità di ricaccio. Dovrebbero essere parte integrante dei programmi di piantagione anche la messa a dimora di specie arbustive mediterranee, anch'esse resilienti al fuoco che nel lungo periodo fungono da facilitatrici per le specie arboree più esigenti.

La grande eterogeneità spaziale di micro siti rinvenibili nelle aree percorse dal fuoco determina condizioni edafiche molto variegate con diversa capacità di immagazzinamento di acqua nel suolo. Le eventuali piantagioni saranno quindi localizzate nei micro siti più favorevoli (impluvi, tasche di suolo più profondo incluse fra affioramenti rocciosi, ecc.), piuttosto che realizzate in modo uniforme nelle aree percorse dal fuoco. La creazione di buche più profonde dello standard di 40 cm, l'impiego di ammendanti (hydrogel) nel pane di terra del semenzale (Hüttermann et al., 1999), da riservare alle specie a esigenze idriche maggiori, e l'impiego di legno bruciato reperito in situ per il contenimento a monte del suolo terrazzato, sono tutte soluzioni che aumentano la percentuale di attecchimento delle piantine in ambiente semi-arido. Il ricorso a sestri di impianto non geometrici nelle isole interessate dalle piantagioni, la mescolanza a gruppi e in alternanza, nonché l'assegnazione a ciascuna pianta (arborea o arbustiva) di un'adeguata superficie corrispondente alle sue dimensioni definitive, sono accorgimenti che non fanno percepire l'origine artificiale dell'impianto (Silvestro et al., 2021).

RIASSUNTO

Nei boschi mediterranei gli interventi di ricostituzione e restauro post-incendio sono dettati dalla variabilità spaziale della severità dell'incendio, dalla topografia, dalla propensione all'erosione del suolo e dal mosaico di aree di interfaccia. Questo insieme di conoscenze consente di individuare le aree di intervento dove il ripristino dei servizi ecosistemici è l'obiettivo prioritario. In fase di emergenza post-incendio, gli interventi da attuare riguardano la messa in sicurezza delle aree di interfaccia bosco-urbano e di quelle a elevata frequentazione umana. Anche la costruzione di sbarramenti superficiali, utili a intrappolare il deflusso e i sedimenti, rientra fra gli interventi emergenziali. La ricostitu-

zione e il restauro post-incendio dei boschi mediterranei severamente bruciati dipendono dalle strategie di sopravvivenza al fuoco delle specie della comunità pre-incendio e sono modulati dall'andamento spaziale della rinnovazione che si insedia dopo l'incendio. In tutti i casi l'obiettivo è aumentare la resistenza e la resilienza al fuoco delle comunità post-incendio e ripristinare i processi ecologici alla base del funzionamento degli ecosistemi forestali e dell'erogazione dei servizi ecosistemici.

ABSTRACT

Rehabilitation of the areas affected by fire and restoration of ecosystem services in the Mediterranean environment. In Mediterranean forests, post-fire rehabilitation and restoration interventions are dictated by the spatial variability of fire severity, topography, erosion-prone soil and the mosaic of wildland-urban interface areas. This set of knowledge makes it possible to identify areas of intervention where the restoration of ecosystem services is the first objective. In the post-fire emergency phase, the interventions to be implemented concern the safety of the forest-urban interface areas and those with high human attendance. The construction of log-dams, useful for trapping runoff and sediments, is one of the emergency interventions. The reconstitution and restoration of severely burned Mediterranean forests depend on the fire survival strategies of the pre-fire community species and are modulated by the spatial pattern of post-fire regeneration. In all cases, the aim is to increase the fire resistance and resilience of post-fire communities and to restore the ecological processes underlying the functioning of forest ecosystems and the provision of ecosystem services.

BIBLIOGRAFIA

- BOND W.J., VAN WILGEN B.W. (1996): *Fire and Plants*, 1st ed.; Chapman & Hall, Dordrecht, The Netherlands.
- DELLASALA D.A., KARR J.R., SCHOENNAGEL T., PERRY D., NOSS R.F., LINDENMAYER D., BESCHTA R., HUTTO R.L., SWANSON M.E., EVANS J. (2006): *Post-fire logging debate ignores many issues*, «Science», 314, pp. 51-52.
- DELLASALA D.A., HANSON C.T. (2015): *The Ecological Importance of Mixed-Severity Fires: Nature's Phoenix*. Elsevier, New York, NY, USA.
- DE SANTIS A., CHUVIECO E. (2009): *GeoCBI: A modified version of the Composite Burn Index for the initial assessment of the short-term burn severity from remotely sensed data*, «Remote Sensing of Environment», 113, pp. 554-562.
- DI GENNARO A., INNAMORATO F.P. (2005): *La grande trasformazione. Il territorio rurale della Campania 1960-2000*, Edizioni CLEAN, 128 pp.
- GÓMEZ-SÁNCHEZ E., LUCAS-BORJA M.E., PLAZA-ÁLVAREZ P.A., GONZÁLEZ-ROMERO J., SAGRA J., MOYA D., DE LAS HERAS J. (2019): *Effects of post-fire hillslope stabilisation techniques on chemical, physico-chemical and microbiological soil properties in mediterranean forest ecosystems*, «Journal of Environmental Management», 246, pp. 229-238.
- HAINES-YOUNG R., POTSCHIN M. (2018): *Common International Classification of Ecosy-*

- stem Services CICES V5.1. Guidance on the Application of the Revised Structure*, URL: <www.cices.eu>.
- HÜTTERMANN A., ZOMMORODI M., REISE K. (1999): *Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of Pinus halepensis seedlings subjected to drought*, «Soil and Tillage Research», 50 (3-4), pp. 295-304.
- KEELEY J.E. (2009): *Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage*, «International Journal of Wildland Fire», 18, pp. 116-126.
- KEELEY J.E., BOND W.J., BRADSTOCK R.A., PAUSAS J.G., RUNDEL P.W. (2012): *Fire in Mediterranean Ecosystems: Ecology, Evolution and Management*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- KEY C.H., BENSON N.C. (2006): *Landscape assessment: (LA). Sampling and analysis methods*, in *FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System*, Lutes D.C., Keane R.E., Caratti J.F., Key C.H., Benson N.C., Sutherland S., Gangi L.J. (Eds.), Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164; LA1-LA55 ISBN USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD. Fort Collins, CO, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- LENTILE L.B., HOLDEN Z.A., SMITH A.M.S., FALKOWSKI M.J., HUDAK A.T., MORGAN P., LEWIS S.A., GESSLER P.E., BENSON N.C. (2006): *Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects*, «International Journal of Wildland Fire», 15, pp. 319-345.
- LEONE V., BORGHETTI M., SARACINO A. (2000) *Ecology of post-fire recovery in Pinus halepensis in southern Italy*, in Trabaud L. (ed.), *Life and Environment in the Mediterranean*, «Advances in Ecological Sciences», 3, WIT Press, Southampton (UK), pp. 129-154.
- LEVERKUS A.B., BUMA B., WAGENBRENNER J., BURTON P.J., LINGUA E., MARZANO R., THORN S. (2021): *Tamm review: Does salvage logging mitigate subsequent forest disturbances?*, «Forest Ecology and Management», 481, 118721.
- PAUSAS J.G., KEELEY J.E. (2017): *Epicormic resprouting in fire-prone ecosystems*, «Trends in Plant Science», 22 (12), pp. 1008-1015.
- SANTAGATA G., MALINCONICO M., IMMIRZI B., SCHETTINI E., MUGNOZZA G.S.; VOX G. (2014): *An overview of biodegradable films and spray coatings as sustainable alternative to oil-based mulching films*, in: International Symposium on New Technologies for Environment Control, Energy-Saving and Crop Production in Greenhouse and Plant, 1037, pp. 921-928.
- SAULINO L., RITA A., MIGLIOZZI A., MAFFEI C., ALLEVATO E., GARONNA A.P., SARACINO A. (2020): *Detecting burn severity across Mediterranean forest types by coupling medium-spatial resolution satellite imagery and field data*, «Remote Sensing», 12 (4), 741.
- SILVESTRO R., SAULINO L., CAVALLO C., ALLEVATO E., PINDOZZI S., CERVELLI E., CONTI P., MAZZOLENI S., SARACINO A. (2021): *The footprint of wildfire on Mediterranean forest ecosystem services in Vesuvius National Park*, «Fire», 4 (4), 95.
- THORN S., CHAO A., GEORGIEV K.B., MÜLLER J., BÄSSLER C., CAMPBELL J.L., CASTRO J., CHEN Y.-H., CHOI C.-Y., COBB T.P., et al. (2020): *Estimating retention benchmarks for salvage logging to protect biodiversity*, «Nature Communications», 11, 4762.
- VEGA J.A., FERNÁNDEZ C., PÉREZ-GOROSTIAGA P., FONTURBEL T. (2010): *Response of maritime pine (Pinus pinaster Ait.) recruitment to fire severity and post-fire management in a coastal burned area in Galicia (NW Spain)*, «Plant Ecology», 206 (2), pp. 297-308.