



Ruolo della copertura forestale dei versanti nella mitigazione dei rischi idrogeologico e idraulico



I quaderni del Centro Studi

Sulle Bonifiche nell'Italia meridionale

5/2019

INTRODUZIONE

Il quaderno n. 5 è interamente dedicato ai problemi che riguardano la gestione della copertura forestale dei versanti, intesa come componente essenziale delle politiche di difesa del suolo e di mitigazione dei rischi idrogeologico e idraulico.

La terribile recrudescenza degli incendi boschivi del 2017 ha mostrato ancora una volta quanto l'uso improprio e irrazionale del patrimonio forestale può tradursi in aggravamento delle condizioni di rischio idrogeologico nelle aree pedemontane, per effetto dell'elevato incremento dell'erosione superficiale del suolo e della formazione e trasporto di sedimenti a valle.

La recente pubblicazione del Decreto Legislativo 3 aprile 2018, n. 34: "Testo unico in materia di foreste e filiere forestali" appare invece come momento fondamentale di ripresa del dibattito sull'idea di gestione attiva del patrimonio forestale, mirata al mantenimento di un giusto equilibrio tra l'esigenza di salvaguardare le foreste e di proteggerle dai rischi naturali e antropici, e la necessità di rilanciare, attraverso l'uso razionale del patrimonio forestale nazionale, l'economia forestale e montana.

I contributi di questo quaderno tendono tutti a sviluppare la riflessione sul ruolo fondamentale che la gestione attiva delle foreste può assumere nel contenimento dell'erosione superficiale dei versanti e nella mitigazione del rischio idrogeologico e idraulico.

Il quaderno si apre con l'articolo di F. Rossi e A. De Nardo: "La prevenzione del dissesto idrogeologico attraverso il controllo delle dinamiche delle terre superficiali sui versanti".

Segue il contributo di A. Hofmann e F. Preti su: "Politiche di promozione del potere regimante del bosco".

Il tema più specifico delle conseguenze degli incendi boschivi sulla vegetazione forestale, sul suolo e sugli equilibri idrogeologici di versante è trattato da G. Bovio in: "Incendi boschivi: problemi e rimedi".

Un ulteriore contributo sul tema delle relazioni tra utilizzazioni forestali e difesa del suolo è proposto da F. Iovino con il suo articolo su: "Il ruolo della gestione forestale nella sistemazione dei territori montani".

Chiude il quaderno lo studio presentato da M. De Falco, C. Allocca, G. C. Chirico, P. Nasta, M. Palladino e N. Romano su: "Caratteri stagionali dell'erosività della pioggia in Regione Campania"

COMITATO SCIENTIFICO DEI QUADERNI CESBIM

- prof. ing. Michele Di Natale (Università della Campania L. Vanvitelli)
- prof. ing. Fabio Rossi (Università degli Studi di Salerno)
- prof. ing. Giacomo Rasulo (Università degli Studi Federico II di Napoli)
- prof.sa. arch. Maria Rita Pinto (Università degli Studi Federico II di Napoli)
- prof. ing. Paolo Villani (Università degli Studi di Salerno)
- prof. ing. Mauro Fiorentino (Università degli Studi della Basilicata)
- prof. ing. Pasquale Versace (Università degli Studi della Calabria)
- prof. ing. Nunzio Romano (Università degli Studi Federico II di Napoli)
- prof.sa arch. Stefania de Medici (Università degli Studi di Catania)
- prof. ing. Giovanni De Marinis (Università degli Studi di Cassino)
- prof. Guglielmo Trupiano (Direttore del Laboratorio di Urbanistica e Pianificazione Territoriale – Università degli Studi Federico II di Napoli)
- dr. Massimo Gargano (Direttore Generale ANBI)
- dr. Bruno Miccio (componente “Gruppo 183”)

LA PREVENZIONE DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO ATTRAVERSO IL CONTROLLO DELLE DINAMICHE DELLE TERRE SUPERFICIALI SUI VERSANTI

F. Rossi, A. De Nardo

Sommario

Il fenomeno dell'erosione superficiale produce un continuo rimodellamento dei versanti, degli impluvi e degli alvei in piano, provocando il denudamento delle pendici più acclivi e vicine alle linee di cresta e l'ispessimento degli strati sciolti negli impluvi e nei corsi d'acqua pedemontani.

Ne è conseguenza l'incremento del rischio idrogeologico e idraulico.

Il controllo dell'erosione può essere esercitato solo con una gestione accorta della copertura forestale. È perciò necessario definire proprio sui versanti un modello di selvicoltura compatibile con le esigenze di difesa del suolo, orientato a favorire l'insediamento di una copertura forestale di massima efficienza protettiva e caratterizzato da prelievi periodici la cui intensità e la cui dislocazione nel tempo e nello spazio siano tali da non aggravare significativamente l'entità dell'erosione del suolo.

Esso comprende l'adozione di misure che nell'immediatezza dell'utilizzazione del bosco evitino di scoprire eccessivamente il suolo e di esporlo a eccessivi incrementi di erosione negli anni successivi al taglio

Il modello di utilizzazione forestale compatibile deve essere sostenuto anche da un opportuno adeguamento normativo. Occorre definire anche nelle comprese di proprietà privata dei comparti di dimensione tale da garantire contemporaneamente la riduzione del denudamento del suolo entro limiti accettabili e la convenienza economica dell'utilizzazione. In ciascun comparto dovranno essere condotte gestioni unitarie del patrimonio forestale, in analogia a quanto già previsto nell'attuazione dei comparti urbani dalla legge urbanistica 1150/1942.

1. NATURA ED EFFETTI DELL'EROSIONE SUPERFICIALE DEI VERSANTI

Lo studio sistematico dei fenomeni di "dissesto idrogeologico" li suddivide generalmente in due distinte categorie, di assai diverse caratteristiche, riassumibili nei fenomeni gravitativi (ovvero di instabilità idrogeologica in senso stretto) e in quelli alluvionali.

In genere vengono trattati in maniera diversa, essendo i primi (le frane, generalmente lente) fenomeni di instabilità di massa, che richiedono prevalentemente interventi di consolidamento statico, costituendo invece i secondi un problema eminentemente idraulico, di portate e di piene, quindi di canali e invasi atti a contenerle e a impedire inondazioni.

Si può trattare di fenomeni non interdipendenti, nel senso che la frana o lo smottamento di versante può avere conseguenze spazialmente limitate sulla circolazione superficiale delle acque. In alcuni casi, appaiono con evidenza le interferenze tra i due fenomeni: le frane e i crolli vanno a modificare la sezione dei torrenti che scorrono alla loro base, occludendoli e talvolta obbligando le acque a un diverso percorso; le acque superficiali defluenti in un impluvio possono a loro volta innescare fenomeni franosi, erodendo il piede di una pendice e accentuando la sua instabilità.

Ma sostanzialmente gli ambiti di pertinenza dei due fenomeni restano ben distinti, come del resto la loro stessa natura, essendo il rischio di inondazione significativo solo nelle pianure e riguardando i movimenti franosi solo i versanti, sicché possiamo dire, in linea di massima che dove ci sono le alluvioni non esistono le frane (e viceversa). È evidente che in mancanza di pendenze non vi è luogo

ai fenomeni gravitativi; sui versanti, ove le correnti sono veloci e le acque scorrono sul fondo di incisioni più o meno pronunciate, sono assolutamente improbabili le esondazioni.

Tuttavia il rischio idraulico proprio delle piane non può essere trattato prescindendo dalle dinamiche di versante. Dai versanti proviene la maggior parte delle portate che vanno a formare le piene nei corsi d'acqua di pianura, oltre al materiale solido trasportato dalle acque, destinato a depositarsi a valle e a modificare la sezione degli alvei con l'interrimento.

Se si esclude il contributo dato dalle frane e dagli smottamenti, che sono pur sempre fenomeni sporadici, all'alterazione del moto delle acque superficiali, resta tuttavia fondamentale il contributo (questa volta continuo e di ampia propagazione) dato dall'erosione superficiale dei versanti. Inesorabilmente, sotto l'azione di trascinamento delle acque piovane, le terre di superficie provenienti dall'erosione e dal disfacimento delle rocce si spostano verso il basso con un continuo rimodellamento dei versanti e alimentano il trasporto solido negli impluvi e nei torrenti

Tutti i versanti sono dunque assoggettati a fenomeni di migrazione continua delle particelle solide che costituiscono gli strati più superficiali del suolo (erosione diffusa), per effetto principale della gravità e con l'aiuto delle piogge, del vento e delle variazioni termiche.

In un'areola elementare di versante, ubicata in una generica posizione, coesistono sempre i due momenti dell'ingresso e dell'uscita di particelle, dell'erosione (l'uscita) e del deposito (l'ingresso). La gravità fa sì che particelle provenienti da monte si fermino sull'areola in questione e che nello stesso tempo altre particelle insistenti su di essa siano trasportate a valle. Il peso relativo di ciascun fenomeno dipende principalmente dalla posizione e dalla pendenza media dell'areola. È evidente che l'erosione prevale nelle aree prossime alle linee di cresta, al limite superiore della pendice, mentre nelle aree prossime al piede del versante prevale l'accumulo. È altrettanto evidente che l'erosione prevale nelle aree a maggiore pendenza, mentre l'accumulo prevale in quelle a pendenza minore.

Un altro fattore significativo è costituito dalla granulometria delle particelle. Le particelle più piccole tendono a depositarsi più in basso e dove le pendenze sono minime; quelle più grandi si fermano più in alto, su tratti a pendenza più elevata. Essendo l'acqua il veicolo principale di questi trasferimenti, è chiaro che a pendenze maggiori corrisponde una forza di trascinamento maggiore e che perciò il dislocamento di particelle più grosse è possibile solo con pendenze sufficientemente elevate.

Il moto delle particelle d'acqua superficiale e quindi delle particelle solide trasportate avviene secondo le linee di massima pendenza, che sono in ogni punto ortogonali alle curve di livello e confluiscono nelle linee di impluvio, in genere caratterizzate da pendenze minori di quelle del versante.

In due areole di dimensione unitaria, scelte sul versante e nell'impluvio si avrà perciò un diverso bilancio del trasporto solido: nella prima, a pendenza maggiore, il saldo tra trasporto ed erosione sarà negativo, nella seconda, a pendenza minore, sarà positivo (fig. 1).

Lo spessore degli strati detritici sui versanti, che ovviamente varia nello spazio in funzione non solo della pendenza, ma anche della morfologia e delle irregolarità del substrato, è quindi sempre il risultato di una condizione di equilibrio dinamico, perciò mutevole, alla cui formazione possono sporadicamente contribuire le frane e gli smottamenti o le eruzioni vulcaniche con la deposizione di lapilli e ceneri e contribuisce invece con continuità il trasporto delle particelle solide superficiali provocato prevalentemente dalle acque meteoriche.

Gli impluvi sono il luogo privilegiato di accumulo dei detriti provenienti dall'erosione superficiale dei versanti (fenomeni erosivi e diffusivi), poiché di norma qui si raggiungono gli spessori più elevati degli strati di materiale sciolto che ricoprono il substrato roccioso; la circostanza, che è di particolare importanza nella formazione delle colate rapide, è evidenziata per altro dal notevole sviluppo che

in genere assume la vegetazione in loro corrispondenza, dovuto principalmente alla grande fertilità degli accresciuti spessori pedologici.

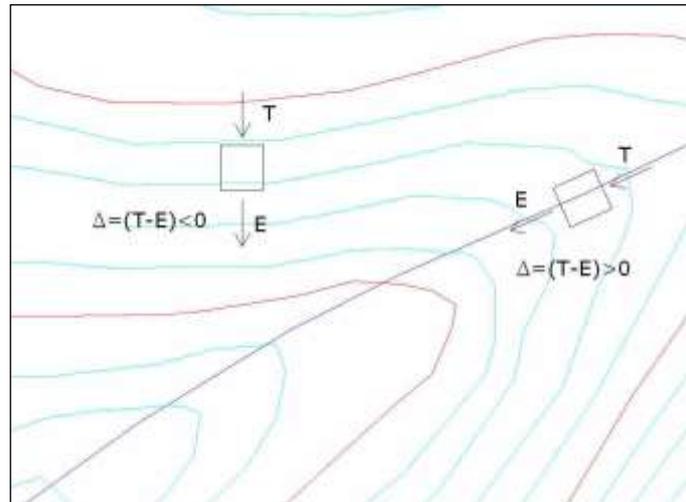


Fig. 1: Bilancio trasporto-erosione su aree a diversa pendenza

Le stesse correnti che si formano negli impluvi provvedono a loro volta al trasporto degli inerti, anche in questo caso secondo un modello di equilibrio di forze. Man mano che le pendenze diminuiscono si riduce la forza di trascinamento dell'acqua: gli elementi più grossolani e più pesanti sono i primi a essere depositati, seguiti da quelli via via più piccoli e leggeri. La risultante delle azioni di trascinamento si traduce in una complessiva azione di erosione del letto e delle sponde nei tratti più alti dell'impluvio, nell'interrimento dell'alveo nei tratti inferiori, con una distribuzione dei materiali depositati che è funzione della loro granulometria: dalle ghiaie alle sabbie ai limi alle argille.

Il fenomeno produce quindi un continuo rimodellamento dei versanti, degli impluvi e degli alvei in piano, provocando il denudamento delle pendici più acclivi e vicine alle linee di cresta e l'ispessimento degli strati sciolti negli impluvi e nei corsi d'acqua pedemontani.

Esso è naturalmente mitigato dalla copertura verde dei versanti, che intercetta le acque piovane, ne riduce l'azione battente sul suolo, protegge gli strati superficiali con la lettiera. E si accresce quando l'azione protettiva viene meno, come capirono già gli studiosi del XIX secolo che per primi misero in diretta correlazione le inondazioni, i ristagni e gli impaludamenti della pianura con i disboscamenti e i dissodamenti che invadevano i versanti collinari e montuosi.

Si tratta dunque di un fenomeno naturale inevitabile, che produce tuttavia effetti significativi e particolarmente rilevanti sul territorio antropizzato. Il fondo degli impluvi viene scavato in modo che le acque scorrano in incisioni sempre più profonde, che richiamano nuovi scoscendimenti delle pareti. Il materiale solido invade i letti e riduce le sezioni idrauliche di fiumi e canali nelle aree sub-pianeggianti e pianeggianti, rendendo più frequenti le inondazioni. Quando esso si accumula negli impluvi si carica invece lentamente di un potenziale immenso, che può scaricarsi violentemente nella devastante energia cinetica delle colate rapide.

È perciò importante il controllo del fenomeno dell'erosione dei versanti.

2. CONSEGUENZE DELL'USO DEL SUOLO SUL DEFLUSSO SUPERFICIALE E SULL'EROSIONE SUPERFICIALE

I boschi e la copertura vegetale esercitano una ben nota azione regolatrice sul deflusso superficiale.

L'acqua di pioggia viene intercettata dalle chiome, che la trattengono fino a una certa durata e intensità della precipitazione. La quantità di acqua intercettata varia con la specie del popolamento forestale (in ragione del *leaf area index ratio*, ovvero indice di espansione dell'area fogliare), con la densità della vegetazione e naturalmente con le caratteristiche dell'evento meteorico. Essa ritorna in parte all'atmosfera per evaporazione e in parte raggiunge il suolo per gocciolamento; in parte ancora scivola con moto laminare lungo i rami e i tronchi, raggiungendo direttamente la circolazione sub-superficiale e sotterranea (*stemflow*). Poiché la capacità di intercettazione delle latifoglie decidue è limitata alla sola stagione vegetativa, è evidente, almeno nelle aree appenniniche, che il miglior risultato è garantito dalle latifoglie sempreverdi della macchia mediterranea e della foresta di sclerofille.

All'intercettazione meccanica delle gocce d'acqua si aggiunge il fenomeno ancora più importante della restituzione dell'acqua all'atmosfera attraverso i sempre attivi meccanismi di evapotraspirazione. Per effetto di tale fenomeno le radici estraggono con continuità acqua dal suolo per immetterla nella circolazione linfatica; determinano così un deficit idrico nel terreno, che può essere compensato con l'assorbimento di nuove quote degli apporti idrici delle piogge successive. L'intensità dell'evapotraspirazione è collegata non solo alla densità del popolamento, ma alle sue condizioni vegetative e ovviamente al periodo dell'anno.

Le chiome e la lettiera (e in alternativa la copertura arbustiva ed erbacea) svolgono inoltre una importantissima azione di protezione del suolo dall'azione battente della pioggia e contribuiscono perciò al contenimento dell'erosione superficiale.

Sia l'erosione diffusa che quella concentrata sono condizionate dall'azione antropica.

Il taglio dei boschi sui versanti, o, peggio, il disboscamento, producono in primo luogo aumento dei deflussi superficiali, poiché con la scomparsa o la riduzione della protezione arborea si riducono i volumi sottratti alla circolazione superficiale per effetto dell'intercettazione fogliare, dell'evapotraspirazione e dell'infiltrazione nel suolo, di cui alla nota formula del bilancio afflussi – deflussi:

$$D=P-(I_t+E_v+\Delta s)$$

Ciò è costantemente confermato dalle numerose esperienze di campo portate a termine su bacini boscati nei quali siano stati effettuati tagli,¹ che mostrano sempre notevoli incrementi del deflusso nei primi due o tre anni successivi a ogni utilizzazione.

La riduzione della copertura forestale provoca inoltre un aumento considerevole dell'erosione diffusa, anche questa limitata a pochi anni.

E' indicativo al proposito, tra i tanti, il risultato riportato nella fig. 2, relativo a un'indagine effettuata nel 2006² nel bacino idrografico del torrente Cateratte, sul versante orientale della catena costiera cosentina, in provincia di Cosenza.

L'indagine, effettuata con l'applicazione della metodologia USLE³ in ambiente GIS, consentì di stimare l'entità delle perdite complessive di suolo prodotte dalla ceduzione di boschi di castagno e di evidenziare l'incremento dell'erosione nelle aree ceduate nei primi anni successivi al taglio. Lo scostamento maggiore tra i valori di prima e del dopo, registrato nel primo anno successivo al taglio,

¹ Cfr. Iovino F., Borghetti M., Veltri A.: *Foreste e ciclo dell'acqua*. In Forest@ 2009

² G. Garfi, A. Veltri, G. Callegari, F. Iovino: *Effetti delle ceduzioni sulle perdite di suolo in popolamenti di castagno della catena costiera cosentina (Calabria)*. L'Italia Forestale e Montana, 6, 2006.

³ Il metodo USLE è una procedura ricavata empiricamente negli anni '70 dall'analisi di migliaia di dati sperimentali raccolti dal *Soil Conservation Service* e dall'*Agricultural Research Service* degli Stati Uniti, per la stima del valore medio della perdita di suolo provocata dall'erosione laminare ed alveata, in specifiche condizioni climatiche, pedologiche, topografiche e colturali.

tende rapidamente a ridursi, fino ad annullarsi al quarto anno. L'entità dell'erosione varia naturalmente in funzione dell'uso del suolo e della pendenza del versante (figg. 3 e 4).

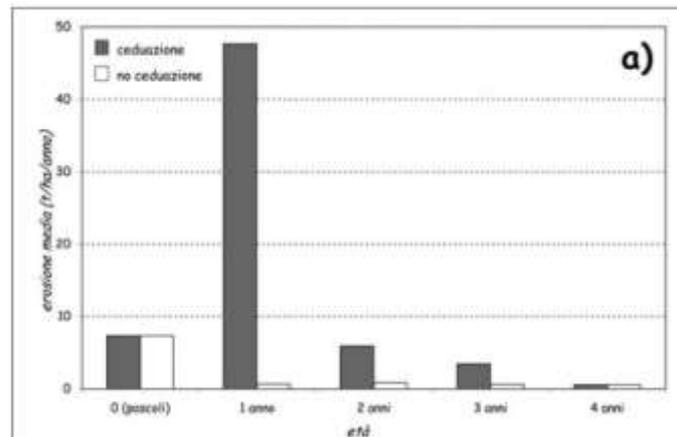


Fig. 2: Entità dell'erosione media in funzione dell'età dei soprassuoli. (Fonte: G. Garfi, A. Veltri, G. Callegari, F. Iovino: Effetti delle ceduzioni sulle perdite di suolo in popolamenti di castagno della catena costiera cosentina (Calabria). L'Italia Forestale e Montana, 6, 2006.)

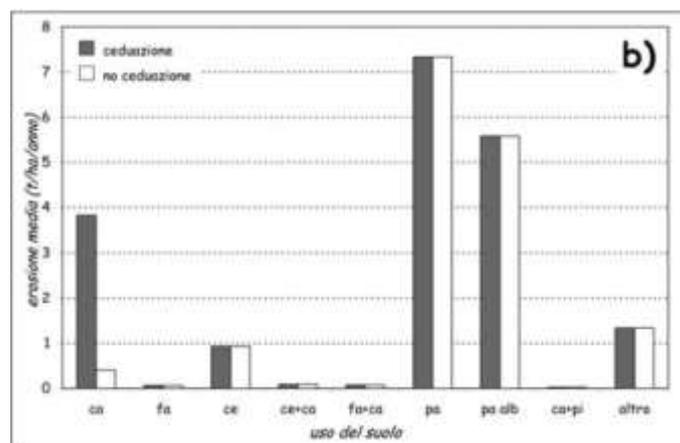


Fig. 3: Entità dell'erosione media in funzione dell'uso del suolo. ca: boschi di castagno; fa: boschi di faggio; ce: boschi di cerro; pa: pascolo semplice; pa alb: pascolo alberato; pi: pino laricio. (Fonte: G. Garfi, A. Veltri, G. Callegari, F. Iovino: Op. cit.)

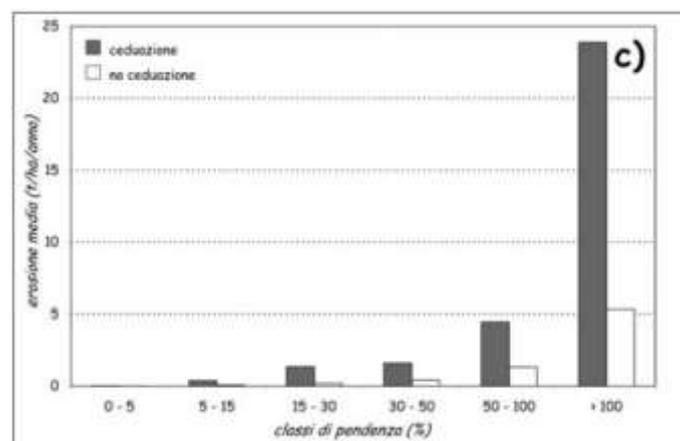


Fig. 4: Entità dell'erosione media in funzione della pendenza. (Fonte: G. Garfi, A. Veltri, G. Callegari, F. Iovino: Op. cit.)

Un interessante studio comparativo degli effetti prodotti sull'erosione superficiale dai diversi tipi di utilizzazione forestale fu condotto già a partire dal 1962 da Reinhart ed Eschner in quattro bacini della *Fernow experimental forest*, attraverso la misurazione della torbidità delle acque effluenti ai piedi della tagliata. Il risultato, sintetizzato nella tabella di fig. 5, mostra che la produzione di sedimenti, che si accresce in maniera gigantesca a seguito di un taglio raso, resta invece contenuta in limiti molto più ristretti quando gli interventi selvicolturali praticati sono di tipo leggero⁴.

Tipo di taglio	Torbidità massima (ppm)
Taglio raso commerciale	56.000
Taglio a diametro limite	5.200
Taglio selettivo pesante	210
Taglio selettivo leggero	25
Bacino di controllo	15

Fig. 5: Intensità in 4 bacini della *Fernow experimental forest*.

Tra le pratiche che incidono fortemente sull'incremento dell'erosione superficiale va infine annoverata quella illegale dell'incendio boschivo, purtroppo assai diffusa in ambiente mediterraneo.

Il passaggio del fuoco provoca il consumo della sostanza organica degli orizzonti superficiali del suolo, la diminuzione della stabilità degli aggregati, la formazione di uno strato superficiale impermeabile. La conseguenza è che per un periodo successivo all'incendio di ampiezza variabile da alcuni mesi a qualche anno (*relaxation time*) si riduce fortemente la capacità di infiltrazione del suolo, il che comporta aumento del deflusso superficiale. L'effetto combinato del maggior deflusso e dell'azione battente della pioggia sul terreno denudato si manifesta a sua volta con un aumento ancora più intenso dell'erosione.

3. EFFETTI DELL'EROSIONE SUPERFICIALE DIFFUSA E CONCENTRATA

L'acqua di pioggia scorre inizialmente sulla superficie inclinata del versante con un moto laminare, portando con sé piccole particelle solide sottratte agli strati pedologici del suolo. Successivamente, seguendo sempre le linee di massima pendenza, si raccoglie nelle ondulazioni del suolo, formando correnti concentrate, dotate di elevata turbolenza e capaci di asportare parti solide di elevato peso e diametro.

Consideriamo erosione diffusa quella che avviene nella prima fase e che perciò interessa l'intera superficie del versante; erosione concentrata quella che viene provocata dalle correnti raccolte negli impluvi.

L'effetto diretto dell'erosione diffusa sul versante è la perdita progressiva degli strati fertili, fenomeno che si presenta su ogni rilievo, quando lo si percorra risalendone la pendice. Si nota che la vegetazione forestale diventa meno rigogliosa quando ci si avvicina alla sommità dei rilievi: piante più basse, tronchi più esili, crescita stentata. Contemporaneamente il suolo si presenta sempre più povero, con rocce che affiorano dovunque e con uno strato di suolo sciolto ridotto a spessori esigui. In prossimità del culmine le particelle asportate dall'acqua non possono infatti essere rimpiazzate,

⁴ Cfr. Colpi C., Fattorelli S.: *Effetti idrologici dell'attività primaria in montagna*. Dendronatura, 1982.

se non dalla lenta disgregazione delle rocce superficiali, prodotto dell'azione combinata delle radici e delle escursioni termiche.

Si è già detto degli effetti prodotti a valle, consistenti nel caricamento degli impluvi e nella deposizione delle particelle solide negli alvei di pianura, più importanti dal punto di vista della sicurezza idrogeologica, in quanto incidenti sul rischio di colata rapida e sul rischio di esondazione dei corsi d'acqua.

Il moto dell'acqua lungo la pendice, inizialmente laminare, si concentra in rivoli sempre più robusti e turbolenti, che si formano negli avvallamenti naturali ove producono un'azione erosiva concentrata. Il risultato è il rimodellamento dell'impluvio e dell'intero versante. L'erosione produce abbassamento del letto, instabilità delle sponde, scoscendimenti e smottamenti delle pareti, con la formazione di incisioni sempre più profonde che attraversano la pendice fino a che, con la riduzione della pendenza, non si attenua la turbolenza della corrente.

4. EFFETTI DELL'EROSIONE SUPERFICIALE SULLA FORMAZIONE DELLE COLATE RAPIDE

Le condizioni che determinano la formazione delle colate rapide sono:

- 1) presenza di materiale detritico prontamente mobilizzabile;
- 2) elevata acclività dell'incisione nella quale si raccoglie il materiale detritico;
- 3) apporto di una quantità d'acqua sufficiente per mobilizzare il materiale.

Di particolare interesse sono le colate che si formano nei depositi piroclastici che coprono i versanti calcarei nelle aree vulcaniche. Qui è la sovra-saturazione del suolo sciolto, provocata da precipitazioni di intensità e durata critiche, a determinare la formazione di un'onda fluida che percorre l'impluvio per l'intera sua lunghezza con il comportamento proprio di una corrente viscosa, lo denuda con una terribile forza abrasiva e finalmente, ingrossata dagli strati trascinati lungo il percorso, si rovescia sulle aree pedemontane. La natura fluida della colata e la sporadicità delle frazioni litoidi di grosso diametro impediscono in genere la formazione di conoidi al piede del versante; essa si spande nella valle fino a quando la sua energia cinetica si esaurisce completamente.

Uno degli episodi recenti più noti e disastrosi di colata rapida è quello che investì l'intera corona dei monti che circondano il Vesuvio tra il 5 e il 6 maggio 1998.

All'indomani del disastro gli impluvi che scendono dai rilievi montuosi si presentavano come impressionanti solcature, provocate dallo scorrimento e dall'abrasione di un'immensa massa di sedimenti che, colando come una corrente torbida, avevano completamente denudato il substrato roccioso. La vista attuale (a 18 anni dalla tragedia) dei versanti del Pizzo d'Alvano che sovrastano l'abitato di Sarno lascia oggi appena intravedere l'impronta di quelle solcature, ormai rinverdite dalla nuova vegetazione che vi si è insediata.

Gli impluvi interessati dalle colate rapide sono un importante laboratorio naturale per la conoscenza del dinamismo dei versanti. È del tutto evidente che il rischio dell'innescò di nuove colate è qui per lungo tempo inesistente, per la mancanza della condizione 1) sopra richiamata. Perché si possa nuovamente formare una colata è necessario che la coltre detritica sull'impluvio sia ricaricata fino a raggiungere nuovamente lo spessore critico.

Prima o poi lo spessore dei depositi raggiunge la soglia critica e lì, in concomitanza con precipitazioni prolungate, si verificherà la colata rapida, con lo svuotamento parziale o totale dell'impluvio. Sulla roccia calcarea si depositano lentamente nuove particelle solide e si insedia la vegetazione erbacea e arbustiva pioniera, che a sua volta arricchisce di nutrienti l'esile strato di terreno vegetale appena formatosi e contribuisce a intercettare e a fermare gli ulteriori apporti solidi provenienti da monte.



Fig. 6: La frana di Gragnano del 1841

È il fenomeno che si è verificato anche sulle frane più antiche, ove naturalmente oggi è in una fase molto più avanzata. La frana di Gragnano del 1841 viene rappresentata dagli studiosi dell'epoca con caratteristiche del tutto simili ai più recenti fenomeni, come testimonia il dipinto dell'architetto Camillo Ranieri (fig. 6).⁵ Oggi l'antica nicchia di distacco non è più visibile e nell'impluvio è presente un considerevole spessore di depositi colluviali, accumulatisi dopo l'evento franoso, che tuttavia è ancora ben lontano, nonostante i 175 anni trascorsi dal denudamento, dal determinare una nuova condizione di pericolosità.

Su un transetto realizzato proprio al centro dell'impluvio principale della frana del 1841, tra le quote 175 e 450 (fig. 7) è stato effettuato nell'estate 2006 il rilievo degli spessori detritici depositati sul substrato calcareo (fig. 8)⁶. L'analisi della curva di compensazione degli spessori mostra che, come è prevedibile, gli spessori maggiori corrispondono alle quote più basse del profilo, ove diminuiscono le pendenze. Ma tuttavia, nonostante il lungo tempo trascorso dal precedente episodio di svuotamento, si registrano ancora spessori che nella parte più bassa dell'impluvio superano a stento il mezzo metro e che già a metà versante tendono ad annullarsi.

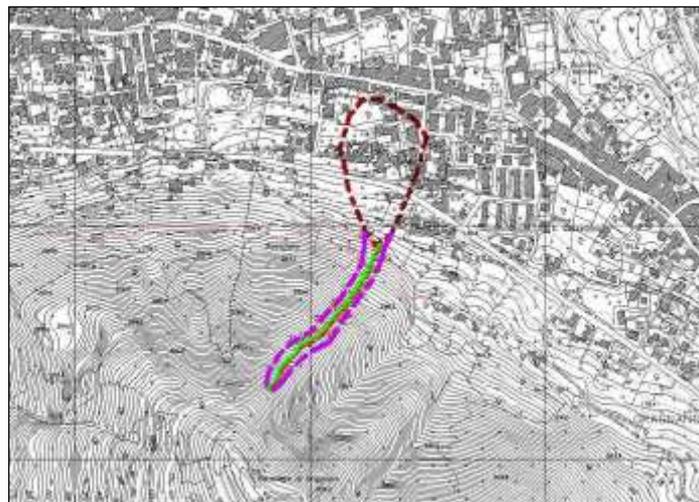


Fig. 7: Planimetria della frana di Gragnano del 1841

⁵ C. Ranieri: *Sul funesto avvenimento della notte dal 21 al 22 gennaio 1841 nel Comune di Gragnano*. Boezio, Napoli, 1841.

⁶ A. De Nardo, A. Buonoconto, G. Cardillo, A. Cestari, V. Siervo. Autorità di Bacino del Sarno: *Piano per la riduzione del rischio di frana, con particolare riferimento agli aspetti connessi all'uso del suolo e alla copertura vegetazionale dei versanti*. Napoli, 2006

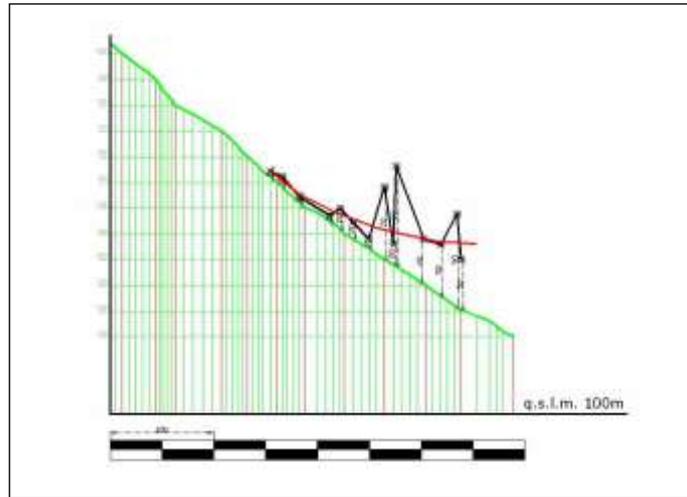


Fig. 8: Rilievo degli spessori detritici sulla frana di Gragnano

Si delinea dunque una successione storica di fasi di colmata lenta e di svuotamento rapido, che è quella rappresentata nel modello di fig. 9⁷.

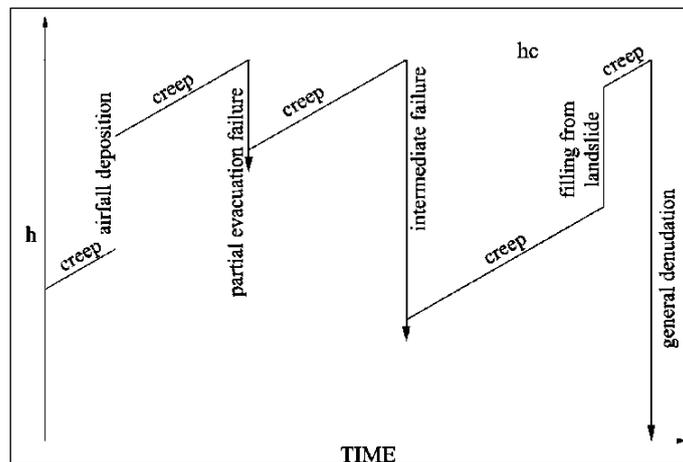


Fig. 9: variazioni degli spessori nel tempo

Dal diagramma risulta che i successivi fenomeni di svuotamento rapido degli impluvi sono separati da un tempo di ritorno di notevole durata, che può essere definito come il tempo necessario affinché dalla condizione di svuotamento parziale o totale dell'impluvio si ritorni all'accumulo dello spessore critico di detriti. Tale tempo di ritorno definisce orientativamente la durata della condizione di immunità dell'impluvio rispetto al ripetersi dei fenomeni di instabilità.

L'accrescimento lento dello spessore dei sedimenti (*creep*) prosegue fino a che le forze stabilizzanti (coesione e attrito) non sono raggiunte dalle forze instabilizzanti (gravità). È noto che la condizione critica (immediatamente prossima al distacco) è funzione dello spessore dello stato potenzialmente instabile, della pendenza e delle caratteristiche meccaniche del suolo. Nel caso della formazione di una colata cambiano repentinamente, per la "liquefazione" delle coperture piroclastiche sciolte, le caratteristiche meccaniche del suolo (azzeramento di coesione e angolo di attrito), sicché lo spessore critico si riduce a quell'altezza sufficiente, appena innescato lo scorrimento, a esercitare l'azione di trascinamento sui segmenti sottostanti dell'impluvio. Altezza che a sua volta è collegata alla pendenza e alla superficie cui è esteso il fenomeno iniziale di fluidificazione dei detriti.

⁷ D. Guida: *The role of the zero-order basin in flowslide-debris flow occurrence and recurrence in Campania (Italy)*. Bologna, 2003.

Di qui la possibilità di pensare a un criterio di determinazione della pericolosità di un impluvio: minima nelle fasi immediatamente successive a un episodio di svuotamento rapido, massima in prossimità del tempo di ritorno. Il dato rilevato sperimentalmente sulla frana di Gragnano consente di attribuire al tempo di immunità una dimensione ampiamente superiore al secolo.

In ogni caso la condizione critica può essere ritardata se si riesce a controllare il fenomeno dell'erosione o se si riesce a bloccare l'azione di trascinamento prodotta dalla massa fluidificata sugli strati terrosi più a valle. Il rallentamento dell'erosione produce benefici anche nella pianura, rendendo meno frequenti le operazioni (pur tuttavia sempre necessarie) di espurgo dei canali e dei corsi d'acqua interriti.

Il controllo dell'erosione può essere esercitato solo con una **gestione accorta della copertura forestale**. La riduzione dell'effetto di trascinamento potrà essere ottenuta mediante la **segmentazione dell'impluvio con briglie** solidamente ammassate nel substrato roccioso.

5. L'USO DEL SUOLO IN FUNZIONE PROTETTIVA

Nella storia i boschi sono stati periodicamente tagliati per fornire legname, quindi per una evidente finalità produttiva. Solo recentemente, a partire dal secolo scorso, si è compresa la necessità di comprimere l'obiettivo imprenditoriale e commerciale dell'ottenimento del massimo tornaconto conseguibile dall'incremento naturale di massa legnosa, in funzione della polivalenza funzionale del bosco, che comprende aspetti protettivi ed ecologici contrastanti l'ottimizzazione del profitto imprenditoriale.

È evidente che la funzione protettiva del bosco assume rilievo maggiore sui versanti, crescente in ragione della loro pendenza, così come in ragione di essa si accrescono la velocità di deflusso delle acque superficiali e l'intensità dell'erosione.

Si è perciò creata la necessità di definire proprio sui versanti un modello di selvicoltura compatibile con le esigenze di difesa del suolo, orientata a favorire l'insediamento di una copertura forestale di massima efficienza protettiva e caratterizzata da prelievi periodici la cui intensità e la cui dislocazione nel tempo e nello spazio siano tali da non aggravare significativamente l'entità dell'erosione del suolo.

Esso comprende l'adozione di misure che nell'immediatezza dell'utilizzazione del bosco evitino di scoprire eccessivamente il suolo e di esporlo a eccessivi incrementi di erosione negli anni successivi al taglio; su orizzonti temporali necessariamente più lunghi favoriscano l'insediamento di specie e di cenosi idonee a difendere in maniera ottimale il suolo acclive dall'erosione.

Ma perché possa essere compiutamente adottato sono altresì necessarie modificazioni del quadro normativo che rendano le suddette misure compatibili con il regime proprietario dei suoli.

Come si continuano a utilizzare i boschi sui versanti nel 2016.

Di notevole interesse, in quanto indicativa di un modello di uso irrazionale del suolo ancora diffuso, è la recente foto aerea del 2012 (fig. 10) di un versante boscato dei monti di Lauro, in Comune di Quindici (AV), lo stesso Comune che appena nel 1998 fu interessato insieme a Sarno dalle terribili colate rapide che costituirono uno degli eventi idrogeologici più disastrosi della storia recente.

La ripresa aerea mostra un bosco ceduo in fase di utilizzazione: la parte inferiore è tagliata da almeno un anno, come risulta dalla presenza di erba e cespugli ivi insediati; quella superiore è stata utilizzata nell'ultima stagione silvana e si presenta con il suolo completamente denudato. L'irregolarità dei margini occidentale e orientale fa pensare addirittura che il taglio sia ancora in

corso all'epoca della foto. Al piede della pendice si riconoscono le opere ingegneristiche eseguite all'indomani dell'alluvione dal Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica.

La tagliata occupa un rettangolo stretto e allungato, compreso tra due impluvi paralleli, disteso sul versante per tutta la sua lunghezza, della pendenza media del 45%. La ceduzione del bosco scopre il suolo, in un breve volgere di tempo, per circa mezzo chilometro nella direzione della massima pendenza.

È evidente che un tale intervento provoca negli anni successivi al taglio il massimo effetto in termini di incremento dell'erosione, come mostrano del resto le eloquenti incisioni che percorrono l'area di taglio in tutta la sua estensione, con l'aspetto di una profonda aratura a ritto chino.

La configurazione planimetrica del taglio e l'incredibile andamento della strada di esbosco sono imposti evidentemente dalla necessità di mantenere l'uno e l'altra entro i confini della proprietà, i quali, essendo di preferenza costituiti dalle linee di impluvio, fanno sì che le particelle catastali siano generalmente allungate proprio nella direzione di massima pendenza del versante.



Fig. 10: Ceduzione di un bosco di castagno a monte dell'abitato di Quindici (AV)

Che si tratti di ceduzione è evidenziato dalla ripresa di dettaglio (fig. 10): le sottili linee scure, appena percepibili nella direzione est-ovest sono le ombre delle piante matricine risparmiate dal taglio.

La stessa ripresa aerea mostra nel dettaglio l'entità del fenomeno erosivo.



Fig. 11: Dettaglio dell'area sottoposta a ceduzione

Misure di selvicoltura compatibile con la protezione del suolo

L'erosione sarebbe sicuramente molto più contenuta se l'utilizzazione fosse stata condotta con

accorgimenti atti a evitare il denudamento della superficie su una lunghezza così ampia. In teoria nulla vieta che il taglio possa essere effettuato a buche o a strisce, ovvero per piccole aree sempre delimitate da aree indisturbate, e nulla vieta che il taglio dell'intera particella sia distribuito in più anni, in modo che il suolo possa essere già rinsaldato nelle aree limitrofe a quelle di utilizzazione più recente. Le strisce della ceduzione vanno eseguite sempre nella direzione delle curve di livello e vanno alternate in modo che ogni nuova tagliata sia seguita in basso da una particella di almeno quattro anni di età. La loro larghezza, inversamente proporzionale alla pendenza del suolo, dovrà essere sempre contenuta entro i 100 ml.

In realtà il problema è dato dalla dimensione limite della tagliata, al di sotto della quale non vi è più alcuna utilità economica per chi utilizza il bosco. Pretendere che il singolo proprietario della particella rinunci del tutto all'utile significa di fatto impedire che l'utilizzazione abbia corso.

È questo il motivo per cui il modello di utilizzazione forestale compatibile deve essere sostenuto anche da un robusto adeguamento normativo. I boschi potranno essere gestiti in maniera produttiva (quindi con utile positivo) se verranno definiti per legge anche nelle comprese di proprietà privata dei comparti di dimensione tale da consentire una conveniente utilizzazione per strisce o a buche. In ciascun comparto dovrà essere predisposto un piano dei tagli pluriennale di ampiezza tale da garantire contemporaneamente la riduzione del denudamento del suolo entro limiti accettabili e la convenienza economica dell'utilizzazione. In ciascun comparto dovranno essere condotte gestioni unitarie del patrimonio forestale e dovrà essere individuata una percentuale minima di proprietà abilitata a rappresentare la totalità delle quote nell'utilizzazione e a operare anche forzatamente nei riguardi di proprietari renitenti, in analogia a quanto già previsto nell'attuazione dei comparti urbani dalla legge urbanistica 1150/1942.

Tutto ciò potrà avvenire nell'ambito della pianificazione di bacino, entro la cornice normativa già stabilita dall'art. 65 del D.Lgs. 152/2006, che inserisce tra i contenuti del piano di bacino distrettuale:

e) la programmazione e l'utilizzazione delle risorse idriche, agrarie, forestali ed estrattive;
f) la individuazione delle prescrizioni, dei vincoli e delle opere idrauliche, idraulico-agrarie, idraulico-forestali, di forestazione, di bonifica idraulica, di stabilizzazione e consolidamento dei terreni e di ogni altra azione o norma d'uso o vincolo finalizzati alla conservazione del suolo ed alla tutela dell'ambiente;

La difesa del suolo e il contenimento dell'erosione superficiale richiedono pure un'attenzione molto più forte alla forma di governo del bosco e al comportamento delle diverse specie arboree.

Per esempio il castagno, specie estremamente diffusa su tutti i rilievi appenninici, ha radici superficiali, che in ogni caso non raggiungono il substrato calcareo; contribuisce poco a fissare gli strati di suolo sciolto superficiale al substrato compatto o roccioso ed è a sua volta esposto all'effetto di trascinamento prodotto dalle colate rapide.

La diversa morfologia delle radici delle specie quercine e delle latifoglie consociate come il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e l'ontano napoletano (*Alnus cordata*) e la loro tolleranza per l'ambiente calcareo fanno sì che esse penetrino invece negli strati di suolo più profondi e si insinuino nelle stesse fessurazioni del substrato roccioso, contrastando il moto franoso con la resistenza a trazione delle fibre. Meglio ancora si comportano le querce, con le potenti radici fittonanti che riescono ad ancorarsi profondamente nel substrato.

L'utilizzazione forestale dovrà essere allora condotta anche attraverso un'attenta selezione degli individui da abbattere, orientata a stabilire le condizioni che col tempo favoriranno l'insediamento e l'espansione delle specie dotate di un potere maggiore di consolidamento. Sui versanti a pendenza più accentuata dell'area fitoclimatica compresa tra il Lauretum e la sottozona calda del Castanetum, bisogna dunque ricorrere a una selvicoltura mirata al mantenimento di coperture forestali dotate della massima efficienza idrogeologica, costituite prevalentemente dall'associazione delle latifoglie

sempreverdi e decidue nelle forme della successione naturale che più le avvicina alla condizione climax (in particolare *Quercus ilex* sui suoli a substrato calcareo). Si tratta di formazioni forestali ben stratificate, caratterizzate da buona densità e da elevata biodiversità, con elevata percentuale di essenze a radice profonda e fittonante. Consentono con le chiome dense la massima intercettazione delle acque piovane e quindi la massima riduzione del deflusso superficiale; limitano fortemente il trasporto solido diffuso grazie all'azione di trattenuta delle radici più superficiali e della lettiera; esercitano una buona azione di consolidamento meccanico del terreno e di ancoraggio tra gli strati incoerenti superficiali e i più profondi strati compatti. È la copertura forestale più efficiente sui versanti calcarei ricoperti da terreni vulcanici. Insieme alle briglie di segmentazione degli impluvi rappresenta, per altro, la migliore forma di mitigazione degli effetti prodotti dalle colate piroclastiche.

Contemporaneamente, laddove se ne accertino le condizioni, sarà opportuno passare alla forma di governo dell'alto fusto da trattare a taglio saltuario, in modo da ridurre in maniera radicale il denudamento del suolo.

In un caso e nell'altro si tratta di processi lunghi che la selvicoltura può solo cercare di assecondare con accorte pratiche mirate, senza pretendere di poter ottenere risultati a breve o medio termine. Influisce positivamente sulla fattibilità attuale degli interventi di conversione dei cedui di castagno in formazioni miste di alto fusto il fatto che quasi tutti gli assortimenti legnosi forniti dai cedui sono oggi pressoché privi di mercato, essendosi ormai da tempo esaurita la domanda di puntelli e pali una volta destinati all'edilizia e all'agricoltura.

6. SEGMENTAZIONE DEGLI IMPLUVI

Nell'ambito di una strategia di prevenzione del rischio idrogeologico orientata al contenimento dell'erosione superficiale e al controllo degli effetti da essa prodotti sul versante e nei corsi d'acqua di pianura, assume grande rilievo la sistemazione delle linee di impluvio con briglie, in particolare nei versanti più esposti alla formazione di colate rapide.

È noto che le briglie trasformano il profilo di fondo riducendone la pendenza. Evitano perciò lo scalzamento dell'alveo e stabilizzano le sponde; riducono la velocità dell'acqua e la sua azione erosiva.

A tutto ciò va aggiunto che le batterie di briglie, sui versanti interessati da colate detritiche fluide, consentono di interrompere la continuità della coltre detritica e funzionano perciò come barriera al propagarsi della colata verso valle. A condizione che lo sbarramento, generalmente in muratura o in calcestruzzo, sia sufficientemente robusto da resistere alla sollecitazione dinamica prodotta dalla massa detritica in movimento e sia soprattutto ben ammorsato nel substrato compatto, in modo da non cedere per ribaltamento o per scivolamento e da non essere aggirato o sifonato dalla corrente. Le briglie devono essere perciò fondate entro un alloggiamento incassato nel substrato roccioso e, quando questo sia eccessivamente profondo, devono essere costruite su pali portanti.

7. LA VIABILITÀ DI ESBOSCO SUI VERSANTI

L'utilizzazione dei boschi si accompagna inevitabilmente alla realizzazione di strade di esbosco, che si inerpicano sui versanti in modo da attraversare più volte, a diverse quote, la particella sottoposta a taglio. Ciò consente di ridurre al minimo l'esbosco di tronchi e rami per trascinamento o a dorso di mulo, con grande vantaggio economico dell'imprenditore forestale. Ma provoca gravi alterazioni della continuità del versante, sul quale vengono prodotte numerose incisioni inclinate che

intercettano il deflusso laminare delle acque trasformandolo repentinamente in correnti concentrate che si raccolgono lungo il tracciato e lo scavano profondamente, prima di riversarsi negli impluvi più vicini trascinando immense quantità di detriti.

I fotogrammi di fig. 10 e 11 sono ancora una volta espressione di una pessima gestione forestale. Su una pendice della pendenza del 45% è stata realizzata una strada camionabile della pendenza media del 13% in sostituzione di un'antica mulattiera. A causa della sua pendenza così elevata la strada funziona da canale di intercettazione delle acque piovane, che vi si incanalano e scorrono turbolente, erodendola e trasportando grandi quantità di sedimento negli alvei che delimitano il versante. Il tracciato visibile nell'ortofoto è sicuramente quello più conveniente per l'imprenditore, perché è ricco di tornanti (avvicina all'autocarro ogni porzione del bosco da tagliare) e non attraversa mai gli impluvi (il che comporterebbe maggiori spese per le opere d'arte di attraversamento). È dunque il tracciato più conveniente per chi sia interessato a disporne per una sola stagione. Finito il taglio, gli importa poco che le prime piogge lo disestino completamente.

L'idea, già enunciata al punto 5b), dell'organizzazione delle attività selvicolturali pubbliche e private in comparti, è utile anche a evitare che con le vie di esbosco si producano danni gravi alla stabilità dei versanti. Su un comparto sufficientemente ampio è possibile infatti realizzare vie di esbosco "condominiali" con tornanti molto più distanziati e con pendenze assai meno sostenute, meno soggette all'erosione e al dissesto. Resta fermo che le strade di esbosco dovranno comunque essere sottoposte ad accurata manutenzione e che quelle palesemente incompatibili con la stabilità dei versanti dovranno essere cancellate con il ripristino della continuità del profilo del suolo e con il rapido inerbimento o piantumazione delle superfici.

Bibliografia

Colpi C., Fattorelli S.: *Effetti idrologici dell'attività primaria in montagna*. Dendronatura, 1982.

De Nardo A., Buonoconto A., Cardiello G., Cestari A., Siervo V.: *Autorità di Bacino del Sarno: Piano per la riduzione del rischio di frana, con particolare riferimento agli aspetti connessi all'uso del suolo e alla copertura vegetazionale dei versanti*. Napoli, 2006.

Garfi G., Veltri A., Callegari G., Iovino F.: *Effetti delle ceduzioni sulle perdite di suolo in popolamenti di castagno della catena costiera cosentina (Calabria)*. L'Italia Forestale e Montana, 6, 2006.

Guida D.: *The role of the zero-order basin in flowslide-debris flow occurrence and recurrence in Campania (Italy)*. Bologna, 2003.

Iovino F., Borghetti M., Veltri A.: *Foreste e ciclo dell'acqua*. In Forest@ 2009.

Ranieri C.: *Sul funesto avvenimento della notte dal 21 al 22 gennaio 1841 nel Comune di Gragnano*. Boezio, Napoli, 1841.

POLITICHE DI PROMOZIONE DEL POTERE REGIMANTE DEL BOSCO

Amerigo Hofmann, Accademia Italiana di Scienze forestali - Firenze

Federico Preti, Università di Firenze, GESAAF

Sommario

Tutta la legislazione forestale, a partire da quella degli Stati preunitari e poi dalle leggi dell'Italia unita che riordinano la disciplina del settore (Legge forestale del 1877, Legge Luzzatti del 1910 e infine la legge fondamentale del 1923), privilegia la funzione regimante del bosco. In tal senso dispongono anche il recente testo unico in materia di foreste e filiere forestali (2018) e i numerosi testi unici regionali entrati in vigore a partire dalla fine del secolo scorso.

L'enfasi posta dalla legislazione forestale sulla capacità del bosco d'influire positivamente sull'assetto idrogeologico dei versanti e dei compluvi ricorre anche nei documenti di piano e di programma elaborati dal Governo centrale e da quelli regionali autonomamente o nel rispetto di direttive e regolamenti comunitari.

Dalla letteratura tecnica e scientifica, sviluppatasi da più decenni in numerosi Paesi, non emerge invece un'univocità di vedute sul ruolo idrologico del bosco: pur riconoscendone in generale la positività, controversi ne sono l'entità e i limiti. Questi ultimi dipendono da molti fattori: ambiente climatico, contesto geo-pedologico, ampiezza dell'area presa in considerazione, intensità e durata degli eventi meteorici e altri ancora, tra i quali rilevano in particolare la struttura del soprassuolo e la sua gestione colturale. La capacità delle fitocenosi forestali di regolare le acque e difendere i suoli è direttamente proporzionale al loro grado di evoluzione verso climax stabili in equilibrio con l'ambiente che le ospita.

La discussione sul potere regimante del bosco va ricondotta pertanto al suo vero punto di merito: il forestale deve attuare una selvicoltura che asseconi l'azione complessiva e integrata dei fattori ecologici operanti nei diversi territori. Nei Paesi, come il nostro, dotati di un buon indice forestale, primari sono il miglioramento e la stabilizzazione dei boschi esistenti

1. CAPACITÀ PROTETTIVA DEI BOSCHI NELLA LEGISLAZIONE E NELLA PIANIFICAZIONE FORESTALE

Il recente decreto legislativo n. 34 del 2018, Testo Unico in materia di foreste e filiere forestali, disciplina, fra l'altro, gli interventi e le opere di sistemazione idraulico-forestale di carattere sia intensivo sia estensivo, riconoscendone la funzione di miglioramento dell'efficienza funzionale dei bacini idrografici. Fra le opere estensive rientrano tipicamente gli imboschimenti, i rimboschimenti e, in genere, quelle prodotte dalle attività di gestione forestale.

Il D. Lgs. n. 34 abroga quello del 2001 n. 227, "Orientamento e modernizzazione del settore forestale", individuato anche come Testo Unico forestale, che intendeva porsi come norma di riferimento delle leggi regionali in materia di foreste. Il nuovo D. Lgs. supera e arricchisce le indicazioni del TU del 2001, ma non ne contraddice alcuni riferimenti fondamentali. Fra questi la valorizzazione delle attività selvicolturali per la tutela attiva dell'assetto idrogeologico, vale a dire per la difesa del suolo e la regimazione delle acque. Del resto, tale specifico interesse per il bosco e la selvicoltura risale alla legge forestale fondamentale, la 3267 del 1923. In senso stretto non è, quella del '23, una legge forestale che disciplini la tutela e la valorizzazione economica del bosco in modo confrontabile con la maggior parte della normativa di settore degli altri Paesi europei, in quanto pone al centro degli interessi da essa tutelati non il bosco, ma la stabilità dei suoli e il regime delle acque di superficie e profonde. In altri termini, lo scopo specifico del legislatore di allora era

l'assetto idrogeologico e l'imposizione dei vincoli per garantire tale assetto. La selvicoltura veniva disciplinata solo, o prevalentemente, in funzione del vincolo per scopi idrogeologici (fig. 1).



Fig. 1: Esempio di protezione del suolo esercitata dalla copertura forestale (Parco Nazionale della Majella)

Tutta la legislazione forestale successiva, statale prima, regionale poi, è rimasta condizionata in maniera più o meno accentuata dallo spirito della legge del '23, che è quello di contrastare forme d'utilizzazione dei terreni boscati o da rimboschire tali da esporli "con danno pubblico" a perdita di copertura e di stabilità o a disordine nella circolazione delle acque. C'è però da rilevare che anche nella legislazione forestale italiana precedente, unitaria e preunitaria, è fondamentale la preoccupazione di evitare l'instabilità del suolo e il disordine delle acque superficiali e di profondità. Il legislatore è sempre alla ricerca di un non facile equilibrio fra le esigenze produttive, che in ogni caso devono essere assicurate al proprietario del bosco, e l'interesse pubblico della salvaguardia idrogeologica, che si ritiene garantito dai terreni che ospitano o possono ospitare il bosco stesso. Fino a tempi relativamente recenti, situabili nei primissimi decenni del secondo dopoguerra (anni cinquanta-sessanta del secolo scorso), il bosco presenta, come dice schematizzando una certa letteratura forestale, due sole "dimensioni": quella produttiva, legata al legno e ad altri prodotti tipici della foresta (principalmente castagne, pinoli, sughero, foraggi), e quella protettiva, legata alla sua capacità di regolare i deflussi delle acque e di stabilizzare il terreno. La possibilità di raggiungere un ragionevole compromesso fra le due dimensioni è affidata all'introduzione *ope legis* di alcuni limiti, vincoli e destinazioni d'uso obbligatori per i terreni che già ospitano piante forestali o che li possono ospitare, ponendo regole per la coltura e l'utilizzo dei boschi, per la loro ristrutturazione e per crearne di nuovi. In tal senso si muoveva la disciplina dei terreni "banditi" in Piemonte e delle "terre appese" nel Regno di Napoli, i due Stati che si erano dotati della normativa forestale più organica. Nella stessa direzione andavano anche la Legge forestale del 1877 e la legge Luzzatti del 1910, che intendevano riordinare e dare unità a tutta la legislazione forestale pregressa degli Stati d'Italia e dell'Italia unita (Hofmann, 2011).

Al riordino provvidero infine, e in modo magistrale, il regio decreto 3267 del 30 dicembre 1923 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani" e il relativo regolamento del 1926. Dietro l'approvazione della norma troviamo la figura di Arrigo Serpieri, allora sottosegretario di Stato per l'economia nazionale, lo studioso di maggior riferimento per l'economia agraria italiana fino alla metà del secolo scorso, tant'è vero che spesso è indicata come "Legge Serpieri". È meglio però riservare tale titolo al R.D. n. 215 del 1933, che detta le "Nuove norme per la bonifica integrale": è il capolavoro della politica agraria del Serpieri e crea un felice collegamento fra l'assetto dei territori collinari e di pianura e quello dei terreni montani oggetto della 3267. L'attuazione delle due leggi porta infatti a una visione integrale della necessità di governo delle

acque da monte a valle.

Nella legge del '23, impropriamente detta Legge forestale del '23, mentre, per quanto sopra detto, dovrebbe essere meglio identificata come Legge del vincolo idrogeologico, esistono dei passaggi chiave che sottolineano la principale valenza attribuita al bosco, quella di presidio per il buon regime delle acque. Così nei primi articoli (n. 7, n. 8 e n. 9) il legislatore si preoccupa immediatamente di bloccare quelle forme d'utilizzazione dei terreni boscati che possono provocare la perdita delle loro capacità regimanti. Ne proibisce pertanto la trasformazione in altre qualità di coltura, ne prescrive le modalità di governo e d'utilizzazione e specifica le restrizioni per l'esercizio del pascolo nei soprassuoli in rinnovazione, in quelli troppo radi, in quelli deperienti o percorsi da incendi. Proibisce infine il pascolo delle capre, a causa del loro morso distruttivo col quale aggrediscono foglie e germogli e scortecciano fusti e rami, soprattutto al momento della ripresa vegetativa.

Più avanti (art. n. 39, n. 40 e n. 48), i rimboschimenti vengono inclusi fra le opere sistematorie dei bacini montani; si prevede il loro coordinamento con le altre opere di bonifica e sono esplicitamente dichiarati opere di pubblica utilità. Particolare enfasi è posta nel disciplinare la realizzazione dei nuovi impianti (come pure la ristrutturazione dei boschi deteriorati), sia che avvenga obbligatoriamente nell'ambito delle sistemazioni dei bacini montani, sia che abbia carattere volontario nelle aree sottoposte a vincolo idrogeologico. Si prescrive l'irreversibilità delle nuove colture forestali (art. 54) e sono previsti poi i vari soggetti titolati ad eseguirle (Stato in primo luogo, Province, Comuni, Enti morali, ma anche privati proprietari e imprenditori), singolarmente o riuniti in consorzio (art. 59, art. 75 e art. 79).

Come detto, la legge del '23 ha improntato di sé tutta la legislazione forestale successiva, compresa quella regionale, anche quando, a partire dagli anni 60 del secolo scorso, si cominciarono ad analizzare le altre "dimensioni del bosco". Venne in luce dapprima l'utilità turistico-ricreativa, poi, dal 1985, con la cosiddetta Legge Galasso, e con quelle successive in cui fu integrata, la valorizzazione dell'intera categoria dei boschi come beni paesaggistico-ambientali; via via tutte le altre, fino ad introdurre il concetto di "multifunzionalità del bosco", che ricorre nelle leggi dell'ultimo ventennio. La funzione regimante è attualmente inclusa fra quelle complessivamente denominate come "protettive", pur mantenendo una posizione di assoluto rilievo.

Le Regioni, a seguito della c.d. Riforma Bassanini della fine del secolo scorso e della legge costituzionale n. 3 del 2001 (Modifiche al titolo V della parte seconda della Costituzione), che ne concludeva il percorso, sono divenute titolari pressoché esclusive della competenza legislativa in materia di produzione forestale. A stretto rigore esse possono legiferare in tale materia svincolate dalla necessità di essere coerenti al dettato di una legge statale di principi fondamentali. Tuttavia la legge del '23 è stata sempre accettata dalle Regioni come legge statale di riferimento, anche quando esse si sono accinte ad elaborare i testi unici che riordinavano l'insieme delle competenze trasferite. Ne è riprova il fatto che il primo TU elaborato, quello della Provincia autonoma di Bolzano (legge provinciale n. 21 del 1996, "Ordinamento forestale"), in molti passi significativi, a cominciare dal Titolo I (Norme generali e vincolo idrogeologico-forestale), si limita a dare veste locale alla legge generale del '23. Ma anche nei successivi TT.UU. delle Regioni a statuto ordinario filtra sempre, con sviluppo normativo più o meno contenuto o più o meno sviluppato, la disciplina del vincolo idrogeologico, e con essa la connessione fra bosco e regimazione delle acque e difesa del suolo.

Così è per la Legge forestale della Toscana (L.R. n. 39/2000), che intende uscire dal cono d'ombra totalizzante del vincolo idrogeologico della legge nazionale del '23, per assumere le vesti di una vera e propria legge forestale, paragonabile a quelle esistenti nei Paesi europei a più solida tradizione forestale, ma che comunque ribadisce il valore sistematorio del bosco. Lo fa fin dai primi articoli (art. 2), quando si riconosce nel bosco un "bene di rilevante interesse pubblico...", del quale si "persegue la conservazione e la valorizzazione in relazione alle sue funzioni...", fra cui primaria è quella ambientale. Anzi, in tal senso il bosco è considerato un "bene irrinunciabile della società

toscana”, e a questo fine viene perseguito “il mantenimento dell’indice forestale esistente”. Si vieta perciò (o comunque si limita a casi giudicati eccezionali o si sottopone a particolari restrizioni) la “trasformazione dei boschi”, vale a dire l’eliminazione dei soprassuoli per destinare a diverso uso il terreno già boscato (art. 41, art. 42, art. 43), e s’introduce l’istituto del “rimboschimento compensativo” (art. 44). Mutuato dalla legislazione svizzera, esso compare in Italia per la prima volta con la legge forestale toscana e verrà ripreso ampiamente dalle normative successive all’anno 2000. Impone di rimboschire, per pari superficie, terreni nudi possibilmente nell’ambito dello stesso bacino idrografico ove ricade il bosco trasformato.

Se si associano questi provvedimenti a quello d’inibizione del taglio raso nelle fustaie (art. 46), a quello che impone di determinare annualmente la superficie massima da sottoporre ad utilizzazione “per singolo bacino o sottobacino idrografico in funzione delle sue caratteristiche ambientali, in modo particolare idrogeologiche...” (art. 46) e a quelli, infine, del Regolamento forestale indicato dall’art. 39 della legge, che disciplinano l’estensione massima e la contiguità delle tagliate, si deve rilevare la grande attenzione posta dal legislatore per evitare interruzioni del manto boschivo che possano risultare pericolose o eccessivamente riduttive della sua azione regimante.

Numerosi disposti della legge forestale toscana sono ripresi, e anche rafforzati, dai più recenti TT.UU. regionali. In Piemonte, la legge regionale n. 4/2009 “Gestione e promozione economica delle foreste” sottolinea l’apporto delle foreste “al benessere degli individui, per la protezione del territorio, della vita umana e delle opere dell’uomo dalle calamità naturali” (art. 1) e l’assimilazione al bosco dei “fondi gravati dall’obbligo di rimboschimento per le finalità di difesa idrogeologica del territorio, ...salvaguardia del patrimonio idrico, ...protezione del paesaggio e dell’ambiente in generale” (art. 3). La legge prevede ancora piani d’intervento straordinari “per ragioni di pubblica utilità e urgenza, quali la prevenzione dei rischi di dissesto idrogeologico, caduta valanghe...”, al fine di migliorare la stabilità del bosco e rafforzarne le potenzialità protettive (art. 17).

Il Regolamento forestale relativo alla legge regionale 4/2009 prescrive, nel caso di violazione delle normative sui tagli boschivi, “lavori di ripristino, consolidamento o adeguamento che risultano necessari al fine di ricostituire il bosco e di assicurare, con altre opere o lavori, la stabilità dei suoli e la regimazione delle acque” (art.54). Il ripristino è previsto anche per i “boschi danneggiati o distrutti a seguito di incendio o di altre avversità biotiche o abiotiche”; in casi particolari, compreso quello “della destinazione del bosco a funzioni di protezione diretta” ...”la Regione può partecipare all’esecuzione dell’intervento mediante la concessione di un contributo economico, ...oppure eseguire l’intervento con l’ausilio delle squadre di operai forestali regionali” (art. 41). Infine, il Regolamento stabilisce, in ordine alle modalità d’esecuzione degli interventi selvicolturali, che i relativi cantieri devono sempre esser chiusi con l’attuazione di “tutte le operazioni necessarie ad assicurare la stabilità idrogeologica attraverso la stabilizzazione dei movimenti terra e la regimazione dei deflussi superficiali” (art. 34).

In una delle più recenti leggi forestali, la legge provinciale del Trentino n. 11 del 2007: “Governo del territorio forestale e montano, dei corsi d’acqua e delle aree protette”, più brevemente conosciuta e citata come Legge provinciale sulle foreste e sulla protezione della natura, il rapporto funzionale fra copertura boschiva e azione regimante è perseguito tramite disposti molto espliciti.

Fin dall’art. 1 si dichiara che la legge “è finalizzata a migliorare la stabilità fisica e l’equilibrio ecologico del territorio forestale e montano” per “perseguire un adeguato livello possibile di stabilità dei bacini idrografici, dei corsi d’acqua e di sicurezza per l’uomo”. “La stabilità fisica ed ecologica del territorio e degli ecosistemi montani” viene perseguita “in particolare, attraverso: a) il mantenimento e il miglioramento della funzione protettiva, mediante la difesa idrogeologica del territorio e la tutela del bosco; b) la gestione dei corsi d’acqua”.

Anche da un punto di vista puramente documentale e di controllo, si ribadisce la valenza regimante del bosco, includendo nel monitoraggio ambientale sia l’inventario forestale sia il catasto dei corsi

d'acqua, delle opere di sistemazione e degli eventi alluvionali (art. 5). Il sistema informativo forestale e montano che ne discende è alla base del Piano forestale e montano previsto dall'art. 6, articolato in più elaborati, uno dei quali individua in particolare "il reticolo idrografico del territorio provinciale, nonché l'assetto idrogeologico dei bacini idrografici e le principali criticità sul reticolo idrografico e sui versanti".

Il Titolo III della legge provinciale: "Stabilità del territorio e sicurezza per l'uomo", al Capo I, "Conservazione e miglioramento della stabilità dei bacini idrografici, dei corsi d'acqua e degli ecosistemi forestali", entra esplicitamente nel merito del rapporto funzionale fra bosco e regimazione delle acque e protezione del suolo. Dichiara infatti (art. 8): "La Provincia riconosce che la stabilità del territorio è connessa al mantenimento della funzionalità idrogeologica del suolo e al corretto ed equilibrato assetto, anche colturale, dei bacini idrografici. A questo riguardo l'ecosistema forestale esprime, tra i diversi usi del suolo, il massimo grado di efficacia idrogeologica e la corretta gestione selvicolturale rappresenta un efficace strumento di prevenzione e contrasto del dissesto idrogeologico". Più avanti, all'art. 10, fra le opere e gli interventi di sistemazione idraulica e forestale, sono indicati "rimboschimenti, cespugliamenti e rinverdimenti di terreni denudati..., interventi di arricchimento della composizione floristica e di riequilibrio dei popolamenti forestali, comprese le cure colturali e quelle indirizzate alla normalizzazione dei caratteri del bosco". Com'è noto, nel campo delle foreste, delle sistemazioni, dei lavori per la conservazione della natura e per la valorizzazione ambientale, operano per la Provincia di Trento maestranze altamente qualificate, comprese quelle dell'Agenzia provinciale delle foreste demaniali.

Alle Regioni, oltre alle competenze legislative in materia di foreste, fanno capo anche quelle della bonifica in agricoltura. Ciò crea una buona opportunità di collegare l'assetto delle acque di monte con quelle del piano e di dare concreto significato al principio che la loro regimazione, e con essa la difesa del suolo, si attua per bacini e non per piani altimetrici. In passato è stata spesso lamentata la separazione fra le opere di sistemazione idraulico-forestale controllate dagli Ispettorati del Corpo Forestale e quelle idrauliche seguite dagli Uffici del Genio Civile. Ora, almeno dal punto di vista teorico, sono ricondotte tutte sotto un'unica regia programmatica, quella appunto della Regione. In Toscana ricadono nelle responsabilità di pianificazione degli organi regionali sia il Piano forestale regionale (art. 4 della L.R. 39/2000), sia il Piano delle attività di bonifica (art. 26 della L.R. 79/2012). Entrambi i piani devono raccordarsi alle previsioni degli altri strumenti di piano e di programma riguardanti il territorio toscano, a cominciare dal PRS, il Piano regionale di sviluppo. Tutto il territorio regionale è classificato di bonifica ed è suddiviso in sei comprensori, per i quali è istituito un diverso Consorzio di bonifica (art. 5 della L.R. 79/2012); all'interno dei sei comprensori ricadono gli enti competenti per le funzioni amministrative disciplinate dalla legge forestale, in via principale le Unioni di Comuni subentrate alle Comunità montane. Tale combinato disposto crea un più solido aggancio fra gli interventi di bonifica e quelli forestali e, segnatamente, fra l'azione regimante del bosco e delle opere idraulico-forestali nella parte superiore dei bacini idrografici e la sottostante attività di bonifica.

In modo non dissimile avviene nel Lazio, dopo l'entrata in vigore della L.R.12/2016: "Disposizioni per la semplificazione, la competitività e lo sviluppo della regione", che, all'art. 11, prevede la suddivisione di tutto il territorio regionale in quattro comprensori di bonifica affidati ad altrettanti Consorzi di bonifica.

Sembra di poter concludere, a questo punto, che sia gli strumenti normativi sia quelli pianificatori attribuiscono al bosco la capacità d'intervenire positivamente nella regimazione dei corsi d'acqua naturali e nel contenimento del trasporto solido. Il limite di tale indicazione è che leggi e programmi parlano genericamente di "bosco", senza entrare nel merito della differenziazione regimante in presenza di diverse realtà che i boschi, ma anche le caratteristiche fisiche dei bacini e gli eventi meteorici, possono presentare. Questa genericità di riferimento al potere regimante del bosco è

solo leggermente mitigata, e in modo più indiretto che diretto, dalla preferenza che normalmente la politica forestale accorda alla fustaia rispetto al ceduo e ai boschi naturali rispetto a quelli d'origine artificiale, e dalla necessità, sempre richiamata, di migliorare i soprassuoli radi o comunque degradati, riportandoli a densità e struttura più serrate e, infine, di proibire, o quanto meno contenere, il pascolo nel bosco.

Tale genericità ha alimentato spesso, nel dibattito tecnico-scientifico dei forestali e anche nelle correnti informazioni dei mezzi di comunicazione, le contrapposizioni sulla reale utilità del bosco nella difesa dei versanti e del buon regime delle acque, portando talvolta a posizioni estreme, del bosco salvifico da una parte e della sua inutilità sistematoria dall'altra (fig. 2). Possiamo citare Giuseppe Di Tella, docente fra l'altro di tecniche idraulico-forestali presso l'Istituto forestale di Vallombrosa prima e di Firenze poi, fra i più convinti sostenitori del primo schieramento (Di Tella, 1910); in contrasto, Giuseppe Cappuccini (1934) oppure, dopo l'alluvione di Salerno del 1954, Gioacchino Viggiani (1956) fra i sostenitori del secondo.

Non sono mancati esempi, a sostegno dell'una o dell'altra tesi, di avvenimenti che, letti senza il dovuto distinguo fra i vari tipi di bosco e di contesto territoriale e ambientale, hanno condotto a conclusioni affrettate e persino distorte. Così, in presenza di colate detritiche che avevano interessato pendici boscate a forte pendenza nell'alluvione di Salerno del 1954 e di Sarno nel 1998, al soprassuolo forestale e al peso da esso esercitato fu imputato l'aggravamento dei fenomeni franosi, senza entrare nel merito delle particolari condizioni di suolo e soprassuolo che caratterizzavano le aree in questione (Piussi e Puglisi, 2012).



*Fig. 2 – Esempi di diverso potere regimante del bosco:
in alto “il bosco salvifico” (Gracco, UD) e in basso “il bosco inutile” (Monti Lattari, SA)*

2. L'EFFETTO REGIMANTE E IL RUOLO PROTETTIVO DEL BOSCO

I boschi rappresentano un elemento significativo e peculiare dei territori montani anche in termini di superficie (35% del territorio nazionale) e circa il 40% delle foreste svolge funzione di protezione primaria diretta e indiretta (Iovino, 2017). A livello nazionale il 65% circa della superficie forestale si riscontra a quota superiore a 500 metri. L'87% circa della macrocategoria bosco è sottoposto a vincolo idrogeologico, ai sensi del R.D.L. n. 3267/1923, mentre il 23% è interessato da fenomeni di dissesto, di cui il 3,3% da frane e smottamenti.

I boschi sono parte di un sistema articolato di fattori che regolano i processi idrologici e attraverso questi intervengono sul ciclo dell'acqua (fig. 3). Nel ciclo dell'acqua la copertura vegetale esercita un'azione fisiologica ed un'azione meccanica e condiziona la stabilità delle pendici, la portata liquida e solida dei corsi d'acqua e la sicurezza delle persone e degli insediamenti.

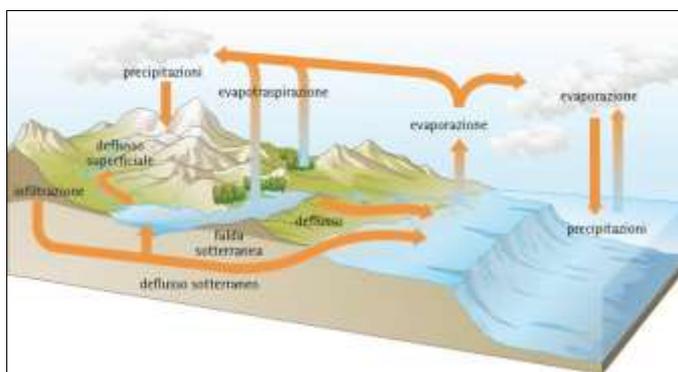


Fig. 3: Ciclo dell'acqua in area boscata

L'interazione tra bosco e ciclo dell'acqua si manifesta in modo differente nei diversi ambienti forestali, è funzione del contesto climatico e dipende dalla scala spaziale e temporale di analisi dei fenomeni (Iovino et al., 2009). Tali relazioni possono essere valutate, infatti, nella dimensione spaziale, a livello di popolamento e a scala di bacino, e in quella temporale per singoli eventi di precipitazione o su base stagionale o annua, in funzione delle modificazioni conseguenti a cause naturali (e.g. eventi calamitosi) o antropiche (incendi, pascolo, interventi selvicolturali, etc.).

Il ruolo idrologico del bosco è argomento molto dibattuto negli ultimi due secoli, anche se dalla cospicua letteratura sull'argomento non sempre scaturisce una univocità di pensiero in merito alla sua efficienza, perché, mentre è riconosciuto un impatto positivo, ne restano in discussione l'entità ed i limiti (Iovino et al., 2009; Puglisi, 1996; Andréassian, 2004; Vazken, 2004; Alila, 2009).

La funzione protettiva dei boschi è costituita da:

- riduzione del deflusso superficiale e ipodermico, che rappresentano la componente principale delle portate di piena;
- aumento dei tempi di corrivazione e, quindi, della capacità di laminazione delle piene da parte dei bacini;
- diminuzione del tasso di erosione superficiale dei suoli e del rischio di frane superficiali con trasporto solido associato;
- miglioramento della qualità dell'acqua, etc.

I meccanismi fondamentali di tali processi sono legati al consumo di notevoli quantità d'acqua, alla presenza di suoli ben conservati, caratterizzati da elevata infiltrabilità per la formazione di orizzonti superficiali ben drenati e capacità d'immagazzinamento idrico (Alila et al., 2009; Preti et al., 2011; Iovino, 2017).

L'ampia e articolata letteratura presa in esame, ad es. da Puglisi (1996) o da Iovino et al. (2009), evidenzia la notevole variabilità di questi fenomeni, che sono condizionati sia dalle condizioni

climatiche (regime pluviometrico, condizioni termiche, ventosità, radiazione) che dal contesto pedologico e variano in relazione alle condizioni strutturali dei popolamenti (composizione specifica, densità, età, profilo verticale).

Queste ultime hanno una loro dinamicità, dovuta a cause naturali o a fattori antropici, tra i quali le diverse modalità di gestione dei boschi (Iovino et al., 2009), come si vedrà più avanti.

I processi attraverso i quali il bosco interviene sul ciclo dell'acqua riguardano l'intercettazione della pioggia, che si manifesta a livello di soprassuolo, l'infiltrazione, che si sviluppa a livello del suolo, e l'evapotraspirazione (ET) che coinvolge entrambi: sono i termini dell'equazione del bilancio idrologico che, insieme all'ammontare della variazione dei volumi di acqua presenti nel suolo, rappresentano le uscite dal sistema (Piuksi e Puglisi, 2012).

Le chiome delle piante agiscono come schermo meccanico che intercetta la precipitazione e ne trattiene una certa frazione; una parte viene intercettata dalla lettiera ed in parte evaporata direttamente. Ad esempio, per i cedui di faggio Giacomini & Trucchi (1992) e Falciai et al. (2001) riportano valori d'intercettazione del 10% per precipitazioni comprese tra 50 e 100 mm e del 65% della pioggia incidente per eventi di lieve entità e di breve durata (per esempio Gerrits et al., 2011 e Sutanto et al., 2012).

Parte dell'acqua cade al suolo – direttamente o dalle chiome da cui è stata intercettata – e parte scorre dalle chiome, poi lungo i rami ed infine al suolo, in zona limitata al piede della pianta, e penetra nel terreno scorrendo a ridosso delle radici. L'acqua che giunge al suolo viene intercettata dalla lettiera per poi subire i processi di infiltrazione e evaporazione.

I valori di ET relativi alle formazioni boschive sono in genere superiori a quelli di altre forme di vegetazione e possono corrispondere al 70% circa delle precipitazioni (Piuksi e Puglisi, 2012).

La lettiera riduce o assorbe totalmente la forza battente delle gocce, ostacola il deflusso superficiale rallentando la velocità dell'acqua e quindi la sua forza erosiva, intercetta una frazione della precipitazione che da qui evapora direttamente.

La penetrazione nel terreno (ovvero l'infiltrazione, poi la redistribuzione e poi o l'assorbimento radicale o la percolazione a strati più profondi e alla falda) dipende dal grado di porosità (macropori). L'acqua presente nel terreno aumenta la pressione interstiziale, che riduce fino a vanificare la coesione geotecnica e facilita lo spostamento della massa del suolo in risposta alla forza di gravità; spostamento tanto più facile quanto maggiori sono la quantità d'acqua trattenuta dal suolo e la pendenza.

L'acqua che non si infiltra scorre in superficie, ostacolata nel movimento dalla lettiera stessa.

Gli effetti della vegetazione arborea sulle piene sono più significativi per i bacini fino a 10 km², caratterizzati da maggiore frazione di copertura boscata e più pendenti (tempi di corrivazione dell'ordine di un'ora) con riduzione del picco di piena fino al 30%, mentre si riducono per quelli di centinaia di km² (perdite per intercettazione meno importanti) e sono trascurabili per quelli di migliaia di km² (Puglisi, 1996, Preti, 2011).

La distruzione del bosco (tagli, malattie, incendi, etc.) provoca modifiche all'intercettazione e all'ingresso dell'acqua che aumentano lo scorrimento superficiale e generano fenomeni erosivi. Anche la formazione del gelo nel suolo e la copertura nevosa agiscono su questi processi: l'infiltrazione idrica nel terreno viene ostacolata dal gelo che occlude i pori, che è più prolungato e agisce a maggiore profondità nei terreni privi di copertura arborea e quindi anche nelle zone di bosco sottoposte al taglio raso.

Il sistema radicale, creando dei percorsi preferenziali collegati tra loro a formare una rete di deflusso dell'acqua nel suolo e rinforzando, in termini geo-meccanici, il suolo esplorato, migliora la stabilità della pendice indipendentemente dal suo contenuto di acqua (per esempio Frei et al., 2003; Reubens et al., 2007; Arnone et al., 2017). Questi fattori contribuiscono alla stabilità dei versanti poiché riducono il rischio di frane superficiali (Piuksi e Puglisi, 2012; Preti, 2013).

La presenza delle radici aumenta la coesione (“coesione radicale apparente”). Gli apparati radicali sono particolarmente sviluppati in superficie, ma possono raggiungere più metri di profondità. In caso di precipitazioni abbondanti e/o intense il terreno può venire dilavato, ma il sistema radicale trattiene buona parte della massa di scaglia calcarea.

In particolare il rinforzo radicale riveste un ruolo positivo maggiore di quello dovuto al sovraccarico da parte della biomassa epigea, a parte i casi di versanti assai pendenti con spessori di detrito limitati e su substrati non facilmente esplorabili dagli apparati radicali (ad es. quelli, già citati, dei castagneti su formazioni calcaree, come in Alta Versilia e nel Salernitano, alluvionati nel 1996 e nel 1954).

Le frane possono avere origine quando l’acqua che entra nel terreno attraverso i pori incontra uno strato impermeabile, dando origine ad una perdita di coesione localizzata; in questo caso il suolo soprastante è ancora coerente, ma si sposta con uno scorrimento traslazionale (planare) che può evolvere in frana superficiale e/o colata di detrito.

La presenza di acqua nel suolo provoca, nelle condizioni favorevoli di pendenza, una perdita di coesione che determina un movimento gravitativo. Il fenomeno può essere favorito o causato dallo scalzamento al piede del suolo, provocato dall’azione di scavo di un torrente o da lavori di costruzione di strade.

Le fustaie di conifere o di latifoglie e i cedui invecchiati senza più capacità pollonifera, se sottoposti a taglio, subiscono la degradazione degli apparati radicali e quindi, dopo un primo periodo positivo per l’alleggerimento del sovraccarico epigeo, passano ad una condizione di maggiore instabilità di versante rispetto a quella di partenza (Preti, 2013).

Nei terrazzamenti, presenti in molti rimboschimenti e in castagneti, l’assenza di manutenzione e il crollo dei muri di sostegno possono dar inizio ad un fenomeno erosivo o a frane, così come il crollo di piante stramature.

3. GESTIONE FORESTALE E POTERE REGIMANTE/PROTETTIVO DEI BOSCHI

Il ruolo dei boschi sul ciclo dell’acqua deve essere analizzato sia per confronto con altre modalità di uso del suolo che in relazione agli effetti che la gestione forestale determina sulla generazione dei deflussi, con le dovute differenze nell’analisi degli andamenti annui e dei singoli eventi di piena (Iovino, 2017).

Una gestione dei boschi finalizzata al loro ruolo di protezione dovrà avere effetti sul controllo del rischio idrogeologico: erosione idrica, dissesti gravitativi superficiali (colate di detrito, frane per erosione al piede), produzione/trattenuta di detriti legnosi e massi, deflussi di piena, schianti e ribaltamenti da vento, etc.

Le utilizzazioni forestali causano alterazioni idrologiche ed erosive il cui impatto deve essere contenuto (Cambi et al., 2015).

Inoltre, diventa importante, per le dimensioni che il fenomeno ha assunto negli ultimi decenni, valutare l’impatto degli incendi boschivi e della fauna selvatica.

L’entità della superficie boscata di un bacino e lo stato di efficienza dei boschi esprimono il livello di efficacia sulla conservazione del suolo. Tanto più le condizioni strutturali dei boschi sono efficienti e l’incidenza in termini di superficie nel contesto del bacino idrografico è elevata, maggiore risulta l’influenza positiva sul controllo dei processi idrologici di versante e, conseguentemente, sull’erosione dei suoli (Iovino et al., 2009).

La struttura di un soprassuolo disetaneo, quale si riscontra nel ceduo a sterzo e nella fustaia da dirado, assicura – soprattutto in quest’ultima - un’azione di protezione del terreno e di positiva regolamentazione del ciclo dell’acqua di maggior efficacia rispetto al soprassuolo coetaneo dato da un ceduo semplice o da una fustaia soggetta a taglio raso, che provocano una periodica e totale

scopertura del suolo.

Nonostante il rispetto di tutte le prescrizioni dei regolamenti forestali, l'autorizzazione al taglio potrebbe portare in certi casi a una sostanziale modifica del regime idrologico a scala di bacino idrografico. Infatti, pur mantenendo il rispetto delle estensioni massime di tagliate contigue, interrompendo le stesse nel rispetto delle distanze minime imposte dai regolamenti forestali, potrebbe accadere che la superficie boscata all'interno di un piccolo bacino idrografico subisca delle riduzioni anche consistenti, seppur effettive solo per alcuni anni, fino alla ricostituzione del soprassuolo utilizzato. È necessario dunque disporre di uno strumento per la determinazione della superficie massima tagliabile che non provochi aumento di rischio idraulico-idrogeologico di un dato bacino idrografico.

Un altro problema di carattere gestionale è la manutenzione degli impluvi e dei tratti montani dei torrenti. La pratica attuale è spesso indirizzata alla rimozione delle piante in alveo finalizzata soprattutto alla riduzione del materiale fluitabile in caso di piena (la riduzione della resistenza al moto in termini di scabrezza è di maggior interesse per le aste fluviali vallive). A tale scopo, gli interventi sono effettuati nei corsi d'acqua di valle ma anche di monte, con gli stessi criteri di "pulizia", ma con costi nettamente superiori dettati dalla scarsa accessibilità degli alvei. Tali interventi si fermano però alla base dei versanti, non risalendo anche gli impluvi di primo ordine, spesso asciutti per gran parte dell'anno e ben vegetati. Questo comporta che nei tratti ai piedi dei versanti si vada ad accelerare la corrente, incrementando lo scavo e il trasporto di materiale che, in assenza di ostacoli naturali, può raggiungere agevolmente le opere antropiche situate più a valle. Tale materiale (spesso proveniente dai tratti ancora più a monte, non gestiti) potrebbe mobilizzarsi sotto forma di colata di detrito lapideo e legnoso in caso di eventi di pioggia intensi e creare danni a valle trasferendosi lungo alvei sgombri, privi di ostacoli fino ai centri abitati. Una gestione del genere può risultare in certi casi aggravante del rischio a valle, sia per un aumento del trasporto solido, sia per la riduzione dei tempi di corrivazione, con conseguente innalzamento dei picchi di piena.

Le sistemazioni idraulico-forestali, infine, con la stabilizzazione di sponde e versanti, consentono il ritorno della vegetazione o ricorrono ad essa (interventi estensivi e di ingegneria naturalistica) per raggiungere tale stabilizzazione. I progressi compiuti nella specializzazione delle opere di sistemazione idraulico-forestale e nella teoria e pratica selvicolturale ne consentono l'integrazione funzionale e il raccordo organico con gli interventi di natura idraulica, in tal modo fornendo indicazioni fondamentali per la pianificazione territoriale (Puglisi, 1996).

4. CONCLUSIONI

Vorremmo concludere le nostre considerazioni con un'annotazione di specifico carattere selvicolturale.

L'Inventario forestale nazionale ha messo in luce, sia nell'edizione del 1985 sia in quella più recente del 2005, che il patrimonio forestale italiano è in fase di netta espansione (fig. 4). Ciò è dovuto a molteplici fattori: vi giocano principalmente l'occupazione spontanea di coltivi e pascoli abbandonati da parte delle piante forestali e le ridotte utilizzazioni boschive per motivi squisitamente economici e di mercato. Vi gioca anche il fatto che le specifiche internazionali delle superfici classificate "bosco" o semplicemente "d'interesse forestale", che anche da noi sono state alla fine adottate, hanno portato ad includere nell'area boschiva terreni che in precedenza vi erano stati esclusi. Di conseguenza l'indice forestale è passato dal 20% (come registrato dall'ISTAT negli storici Annuali e nei Censimenti dell'agricoltura del dopoguerra) all'attuale 35% (Pompei, 2017).

Fra i boschi inventariati, larga superficie è occupata da soprassuoli di scarsa efficienza nei confronti

di un positivo assetto idrogeologico. Fra questi possiamo annoverare i cedui e le fustaie rade o degradate, le aree boscate danneggiate o distrutte dagli incendi, i vecchi rimboschimenti assoggettati a scarse cure colturali e non avviati ad una loro rinaturalizzazione, gli stessi soprassuoli di neoformazione. Ne consegue che il maggior impegno che si prospetta attualmente e nel prossimo futuro alla selvicoltura italiana non è tanto quello di rimboschire superfici nude, quanto quello di curare e migliorare i boschi già esistenti, perché possano rispondere sempre meglio alle produzioni e ai servizi che da essi ci si attende.

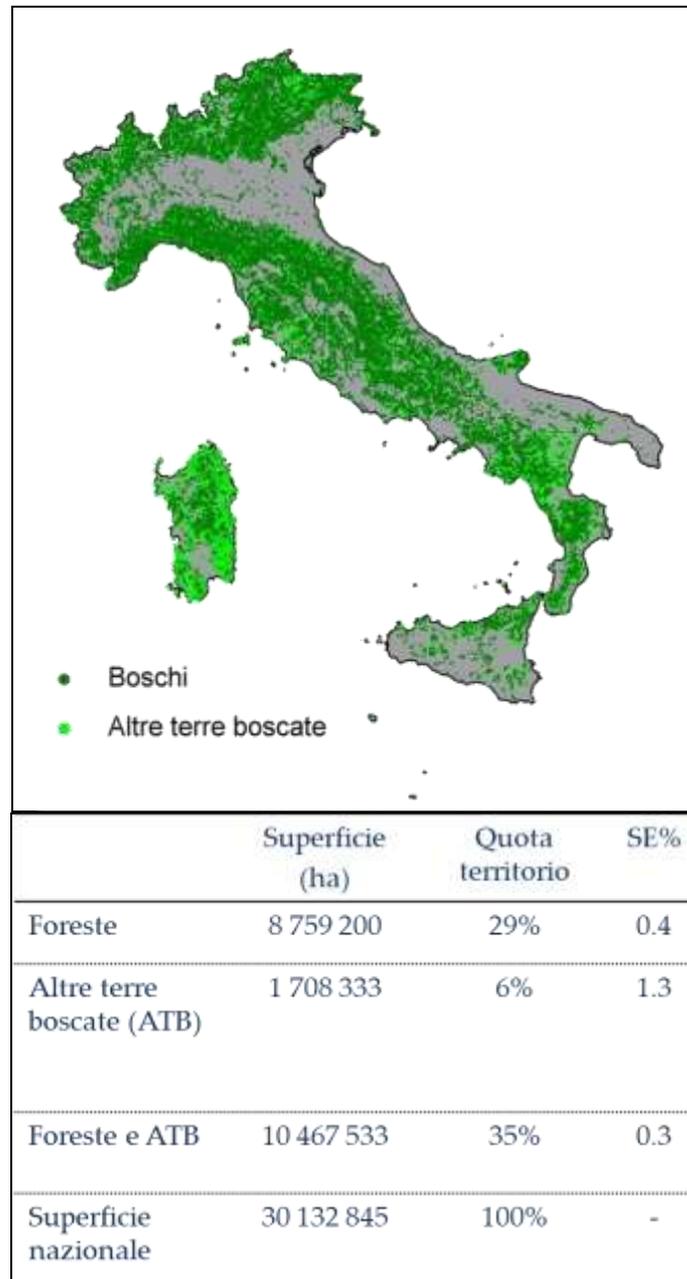


Fig. 4: I boschi secondo l'Inventario Forestale Italiano del 2005

Fra i servizi eco-sistemici richiesti al bosco, di primaria importanza rimane quello di regolare le acque e di difendere il suolo. A questo fine, il bosco ottimale è quello con caratteri prossimi alle cenosi naturali, connotato in genere da una composizione floristica mista, da una struttura disetanea e pluristratificata, dalla presenza di sottobosco e di rinnovazione naturale e radicato su terreni forestali evoluti e profondi (Strele, 1934). È tale fito-geocenosi che il selvicoltore deve perseguire

con interventi mirati e localizzati. La sua azione deve muovere da una buona conoscenza dei fattori ambientali, osservati zona per zona nella loro azione complessiva (e anche integrata). In tutto ciò è di primaria utilità lo studio delle associazioni vegetali secondo la scuola fitosociologica dinamica, che suggerisce le cenosi forestali più appropriate ai bilanci idrici nei diversi bacini e le modalità colturali per realizzarle e mantenerle.

In altre parole, l'intervento prioritario per prevenire o rimediare al mancato assetto delle acque e dei terreni non è tanto o non è solo il rimboschimento, come sembrano invocare molti studiosi e tecnici forestali e la stessa opinione pubblica di fronte all'ennesima frana o alluvione, ma la cura, il miglioramento, la ristrutturazione del bosco già esistente, in particolar modo nei paesi con alto o soddisfacente indice forestale. In questo senso si comprende l'aforisma "non più bosco, ma un bosco migliore" (fig. 5).



Fig. 5: Esempio di fustaia mista disetanea con elevato potere regimante (Foresta di Tarvisio)

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano, per la rilettura critica del testo, Alessandro Errico, Yamuna Giambastiani e Daniele Penna (che ha anche fornito la fig. 3 dal suo materiale didattico).

Bibliografia

Alila Y., P. K. Kuras', Schnorbus M., Hudson R., 2009: *Forests and floods: A new paradigm sheds light on age-old controversies*. *Water Resour. Res.*, 45, W08416, doi:10.1029/2008WR007207.

Andréassian V., 2004: *Waters and forests: from historical controversy to scientific debate*. *Journal of Hydrology*, 291: 1–27.

Arnone, E., Caracciolo D., Noto L. V., Preti F., Bras R. L., 2016: *Modeling the hydrological and mechanical effect of roots on shallow landslides*, *Water Resour. Res.*, 52, doi: 10.1002/2015WR018227.

Cambi M., Certini G., Neri F., Marchi E., 2015: *The impact of heavy traffic on forest soils: A review*. *Forest Ecology and Management* 338: 124–138.

Cappuccini G., 1934: *La sistemazione idraulico-forestale del bacino del Rio Pontaiba in Carnia*.

Di Tella G., 1910: *Il bosco contro il torrente*. Milano, T. C. I.

Falciai M, Ghinassi G, Trucchi P., 2001: *Deflussi superficiali stagionali da un ceduo di faggio sottoposto a trattamenti selvicolturali*. Quaderni di Idronomia Montana.

Gerrits, A.M.J. Savenije, H.H.G. 2011: (invited) *Forest floor interception*. In Levia, D.F., Carlyle-Moses, D.E., Tanaka, T. (Eds.), *Forest Hydrology and Biogeochemistry: Synthesis of Past Research and Future Directions*. Ecological Studies Series, No. 216, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.

Giacomin A., Trucchi P., 1992: *Rainfall interception in a beech coppice (Acquerino, Italy)*. *Journal of Hydrology* 137: 141-147. - doi: 10.1016/0022-1694(92)90052-W.

Hofmann A.A., 2011: *Il bosco dopo l'Unità d'Italia. La difesa dell'assetto idrogeologico: dal vincolo della prima legge forestale del 1877 alla riforma del r.d. 3267/1923*. Atti del Convegno "L'evoluzione giuridica della tutela del bosco dall'Unità d'Italia ai giorni nostri", Firenze Castello, Villa Medicea La Pietraia, 10 settembre 2011. www.agronomiforestalifi.it/Documenti/atti_10_09_2011-v.02.pdf: p.10-21 di 42.

Iovino F., 2017: *Gestione forestale e tutela dal dissesto idrogeologico nei territori montani*. Georgofili. www.georgofili.it/detail.asp?IDN=1647&IDSezione=4.

Iovino F., Borghetti M., Veltri A., 2009: *Foreste e ciclo dell'acqua*. *Forest@* 6: 256-273 [online: 2009-06-30] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.

Pompei E., 2017: *Consistenza e monitoraggio del patrimonio forestale in Italia*. Georgofili. www.georgofili.it/detail.asp?IDN=1647&IDSezione=4.

Preti F., 2013: *Forest protection and protection forest: Tree root degradation over hydrological shallow landslides triggering*. *Ecological Engineering* 61P: 633– 645.

Preti F., Forzieri G., Chirico G.B., 2011: *Forest cover influence on regional flood frequency assessment in Mediterranean catchments*. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 3077–3090, <http://dx.doi.org/10.5194/hess-15-3077-2011> www.hydrol-earth-syst-sci.net/15/3077/2011.

Piussi P., Puglisi F., 2012: *Copertura forestale e Franosità*. Accademia Nazionale dei Lincei, XII Giornata Mondiale dell'Acqua, incontro – dibattito: Cosa non funziona nella difesa dal rischio idrogeologico nel nostro paese? Analisi e rimedi, Roma, 23 marzo 2012.

Puglisi S., 1996: *Introduzione alla Sessione Le Scienze Forestali contro le alluvioni*, in Atti del Convegno scientifico in occasione del trentennale dell'alluvione di Firenze, a cura di M. Falciai e F. Preti.

Sutanto S.J., Wenninger J., Coenders-Gerrits A.M.J., Uhlenbrook S., 2012: *Partitioning of evaporation into transpiration, soil evaporation and interception: a comparison between isotope measurements and a HYDRUS-1D model*, *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 2605-2616.

Strele G., 1934 – *Grundriss der Wildbachverbauung*, Wien.

Vazken A., 2004: *Waters and forests: from historical controversy to scientific debate*. *Journal of*

Hydrology, 291: 1–2.

Viggiani G., 1956: *La Montagna Meridionale va coltivata e non rimboschita*. Mondo agricolo – Settimanale di tecnica, economia e politica agraria, anno VII, n. 49.

INCENDI BOSCHIVI: PROBLEMI E RIMEDI

Giovanni Bovio, già docente di Protezione dagli incendi boschivi - DISAFA - Università di Torino

Sommario

Sul territorio italiano gli incendi boschivi tendono a diminuire anche se in alcuni periodi si manifestano con particolare intensità.

In funzione della severità dell'incendio vi sono conseguenze che variano da effetti addirittura positivi fino a traumi gravi. I più frequenti riguardano la copertura vegetale e il suolo. Per ripristinare l'ambiente danneggiato possono essere attuati vari interventi necessariamente basati sulla valutazione corretta del danno.

L'estinzione non è efficace in incendi violenti pertanto serve la prevenzione selvicolturale per rendere meno intenso l'eventuale fronte di fiamma. Assai utile è il fuoco prescritto.

Tutti gli interventi forestali antincendio devono essere correttamente previsti dagli appositi piani equilibrando prevenzione, ricostituzione ed estinzione selettiva.

1. L'ANDAMENTO DEGLI EVENTI

Gli incendi boschivi si sviluppano quasi sempre durante il riposo vegetativo delle coperture forestali. Pertanto in estate sono più frequenti negli ambienti con clima mediterraneo, mentre in inverno sono più frequenti sui rilievi appenninici e in particolare alpini.

Nel corso degli ultimi decenni si evidenzia una tendenza media alla diminuzione degli incendi. Tuttavia si notano periodi in cui la loro frequenza e diffusibilità sono particolarmente elevate.

Nell'estate del 2017 si è assistito ad una recrudescenza del fenomeno. In California si sono verificati vasti incendi nella Napa Valley, tanto da richiedere l'evacuazione di 20.000 persone. In varie zone dell'Europa mediterranea si sono verificati problemi. In particolare si ricordano gli incendi del Portogallo, diffusisi a luglio e ripresentatisi alla metà di ottobre, che hanno causato la perdita di numerose vite umane e percorso grandi superfici forestali. Per indagare sulle modalità di sviluppo sono state istituite due commissioni indipendenti.

Anche l'Italia è stata particolarmente colpita. Interessante notare come in alcuni casi gli incendi sono stati particolarmente intensi come in Campania a luglio e agosto 2017, in particolare nella zona del parco del Vesuvio.

Nella seconda metà dell'ottobre 2017 in Piemonte incendi particolarmente gravi per estensione e conseguenze si sono diffusi a causa di forti venti di *foehn* ed a seguito di un lungo periodo di siccità. Queste condizioni hanno provocato incendi di chioma particolarmente intensi in boschi di conifere eliofile. Salti di faville hanno originato nuovi focolai anche a distanza notevole dall'incendio principale, generando un numero elevato di fronti contemporaneamente accesi. La formazione di fumi ha spesso ridotto la visibilità tanto da rendere difficile il volo dei mezzi antincendi. In queste condizioni è stata assai difficile l'estinzione, anche se con il concorso sia di aerei nazionali, sia di servizi antincendi esteri. Gli incendi in Val di Susa hanno immesso grandi quantità di inquinanti in atmosfera, tanto che il 27 ott. 2017, nei pressi di Torino, a oltre 50 km dall'incendio più prossimo, le PM10 hanno raggiunto valori di oltre 350 microgrammi/m³, cioè 7 volte superiori ai valori ritenuti già dannosi per la salute.

2. GLI EFFETTI SUGLI ECOSISTEMI

Un incendio in ambiente forestale può causare delle trasformazioni assai varie sia nelle loro caratteristiche sia nel tempo in cui si evidenziano. In genere sull'ecosistema possono manifestarsi effetti:

- immediati e riscontrabili subito dopo l'incendio principalmente sulla vegetazione, sul suolo e sugli animali selvatici;
- a breve termine, riscontrabili da pochi mesi a qualche anno dall'evento, che portano ad un cambiamento nella successione, nella struttura e nella composizione della vegetazione;
- a lungo termine, dopo molti anni dall'incendio, evidenziabili con cambiamenti nella vegetazione, nella mescolanza di popolazioni vegetali e con diversi stadi di successione.

Tutti gli effetti anche se in tempi differenti sono principalmente rapportati a:

- consumo di biomassa;
- variazione delle caratteristiche dell'ecosistema;
- variazione delle caratteristiche fisico-chimiche e di disponibilità dei nutrienti del suolo.

Tutti gli effetti del fuoco possono essere assai differenti a seconda del comportamento del fronte di fiamma, delle condizioni di umidità e dello stato fenologico della vegetazione, ma soprattutto in funzione della severità dell'incendio, cioè dell'attitudine del fronte di fiamma a traumatizzare l'ecosistema e a eliminare materia organica al di sopra e nel suolo. La severità viene evidenziata da mortalità delle piante, frazione di chioma danneggiata, consumo di materia organica.

Si precisa che la severità non coincide con il comportamento dell'incendio. Infatti i valori di intensità lineare, altezza di fiamma, velocità di avanzamento, tempo di residenza, esprimono il modo con cui si manifesta il fronte di fiamma, mentre la severità esprime le conseguenze. Pertanto, anche se spesso un'elevata intensità è accompagnata da alta severità, non vi è un rapporto univoco tra i parametri del comportamento e della severità.

Questa distinzione è fondamentale per comprendere le conseguenze del fuoco. Infatti, sia in prevenzione, che in estinzione e nella ricostituzione delle coperture forestali danneggiate è opportuno valutare la severità. Comprendere le conseguenze ambientali permette di valutare i possibili interventi per limitare i danni o favorire il ripristino del bosco.

Anche per l'estinzione è importante valutare la severità. La sua conoscenza informa sulle possibili conseguenze e pertanto è la base per impostare le tecniche e le priorità di intervento. Questo fatto è assai importante per evitare che prevalga nell'estinzione il concetto di intervenire esclusivamente con tecniche proporzionate al comportamento, indipendentemente dalla valutazione dell'importanza dell'ecosistema.

Si evidenzia che le conseguenze del passaggio del fuoco sono assai differenti e possono variare da un limitato beneficio al danno più severo. Deve essere precisato che talvolta, soprattutto se il fronte di fiamma è poco intenso, possono manifestarsi anche effetti positivi. Ne sono esempio l'aumento dell'attività dei microrganismi nel suolo. Si è spesso riscontrato, a medio e lungo termine, un incremento diametrico degli alberi per l'effetto diradante del fuoco e il contestuale aumento di sostanze nutritive derivate dalle ceneri di combustione.

Per comprendere a fondo in quale situazione ci si trovi a seguito di un incendio, è opportuno valutare il carattere delle specie forestali colpite. Alcune, dette "pirofite attive", possono sopportare ustioni di varia profondità, fino alla totale distruzione della parte aerea, ma sono capaci di ricacciare dopo il trauma in virtù di organi sotterranei, quali bulbi o rizomi, che non essendo raggiunti dal calore, poiché protetti dal suolo, rigenerano nuovi individui.

Se il fuoco si sviluppa in riposo vegetativo la parte aerea secca, o comunque disidratata, può essere completamente bruciata e i nuovi ricacci si svilupperanno alla ripresa vegetativa. Se fuoco si sviluppa

nella stagione vegetativa la pianta sostituirà la parte aerea danneggiata avvalendosi delle risorse degli organi di riserva. Pertanto il fuoco in riposo vegetativo non sarà dannoso come quello che si manifesta nella stagione vegetativa.

Il pirofitismo si manifesta con numerosi meccanismi che, caso per caso, dovranno essere indagati e stimolati nelle azioni di ricostituzione dei boschi danneggiati. In particolare nei casi in cui il calore favorisce la germinabilità dei semi sarà opportuno realizzare le condizioni di sviluppo per le giovani piantine.

Ogni specie ha una caratteristica sensibilità al trauma termico e poiché le coperture forestali sono formate da molte specie, ogni bosco in funzione della sua composizione avrà una caratteristica capacità di sopportare il fuoco, derivata da resistenza e resilienza. I boschi resistenti, come alcuni querceti, possono sopportare senza danni fronti di fiamma anche intensi che però non superino un determinato limite termico. Se lo si supera gli alberi muoiono e verranno sostituiti attraverso una successione secondaria da altre specie. Quelli resilienti, come la macchia mediterranea, al passaggio del fuoco, anche di intensità bassa, subiscono una riduzione o talvolta l'eliminazione della parte epigea ma sono capaci di rigenerarsi velocemente con ricacci che originano nuovi individui della stessa specie che si affermano prima di altre concorrenti. Pertanto si riafferma la composizione del bosco che c'era prima del trauma.

Per valutare i danni da incendio si seguono vari criteri. Spesso si opera sulla base degli effetti riscontrati sulla vegetazione arborea, e, in modo particolare, in funzione della perdita di materiale legnoso consumato e di quello che non verrà prodotto in futuro. Al valore del legname perso si aggiunge il costo per ripristinare il bosco danneggiato. Questa valutazione è soggetta a molte incertezze poiché i danni variano non solo per il comportamento del fuoco, ma anche con le specie presenti, con il governo e con il trattamento del bosco. Inoltre le cure selvicolturali praticate prima dell'incendio concorrono certamente sia a contenere i danni sia alla possibilità di ripresa. Infatti, tra l'altezza media dello strato dominante del bosco e la percentuale delle piante morte per il passaggio dell'incendio si riscontra una correlazione negativa. Pertanto più gli alberi sono alti e il bosco ha elevata provvigione, cioè biomassa legnosa utilizzabile, tanto minori saranno i danni da fuoco. Si riscontra una correlazione positiva tra l'altezza dominante ed il ricoprimento del suolo che viene ombreggiato. Questo limita lo sviluppo dello strato arbustivo. Su di esso si può sviluppare il fronte di fiamma radente, poco traumatico, che rappresenta la fase di sviluppo che precede l'incendio di chioma, assai pericoloso sia per la copertura vegetale sia per le operazioni di estinzione.

Oltre a realizzare condizioni di densità ottimale vi sono altri interventi selvicolturali, come le spalature, che rendono meno probabile l'incendio di chioma e le scottature allo stesso albero, poiché l'altezza delle ustioni sui tronchi e sulle chiome è proporzionale alla biomassa bruciabile aerea. Le ustioni, soprattutto se interessano il cambio, responsabile dell'accrescimento dell'albero, saranno più dannose e più gravi quanto più estese sulla circonferenza. Inoltre le ustioni sulla chioma, durante la stagione vegetativa, limitano la fotosintesi e causano sofferenze immediate. Sui tessuti traumatizzati, successivamente e agevolmente possono affermarsi parassiti cui conseguono ulteriori danni.

Per queste caratteristiche gli interventi forestali plasmando la composizione del bosco gli conferiscono caratteri di maggiore resistenza.

Oltre che sulla copertura vegetale il fuoco produce conseguenze sulla fauna forestale. Essa viene influenzata sia per la mortalità durante l'incendio, sia per le trasformazioni dell'ambiente che rendono difficile la vita degli individui sopravvissuti. Gli animali che abitano negli strati superficiali del suolo e che hanno scarsa mobilità soffrono una diminuzione numerica. Infatti le popolazioni edafiche che vivono prevalentemente nei primi 10 cm di suolo sono molto colpite dall'innalzamento termico che è assai elevato negli strati superficiali.

Il trauma deriva anche dal tempo durante il quale il calore si può trasferire. Per questo motivo più è

veloce il passaggio del fronte di fiamma, minori sono i danni alla fauna. Infatti il fuoco percorre la lettiera del bosco consumandola in proporzione inversa al tempo di residenza. Anche questo fatto ha un riscontro nelle cure selvicolturali, con le quali si ottimizza anche la massa del sottobosco, evitando accumuli che originerebbero con la loro combustione trasferimenti di calore pericolosi sia per la loro entità sia per la loro durata.

Situazione diversa si presenta per i micromammiferi che possono salvarsi spostandosi. Dopo l'incendio possono tornare nelle aree originarie ma manifestano sofferenze come, ad esempio, la diminuzione del peso corporeo medio a causa delle difficoltà derivate dalle variazioni dell'ambiente in cui vivono. Situazioni analoghe valgono nel breve e medio termine anche per gli uccelli. Ad esempio sulle superfici di suolo calcinato spesso avviene una colonizzazione di graminacee che costituiscono la nuova copertura erbacea che rappresenta un attraente pascolo per gli uccelli granivori. Essi verranno richiamati in misura assai più elevata della normalità spostando l'equilibrio preesistente.

Effetti sul suolo

Il fuoco causa anche variazioni chimiche e biologiche che si riflettono sulla fertilità e sulla stabilità del suolo. In primo luogo consuma materia organica diminuendo la capacità di scambio cationico. Alcune sostanze, che con l'umificazione sarebbero divenute disponibili per la nutrizione delle piante, volatilizzano. La tessitura diviene più grossolana poiché l'erosione può agire sulle particelle più fini rese mobili.

Solitamente si verifica un innalzamento del pH, sia per l'apporto di ceneri alcaline, sia per la demolizione termica degli acidi organici derivanti dall'umificazione. Questa variazione inizialmente avviene nello strato superficiale del suolo. Con il passare del tempo vi è un aumento del pH anche a maggiore profondità per la percolazione dei prodotti di combustione trasportati dalle acque piovane.

L'alcalinizzazione del suolo è transitoria, sia per l'azione dei microrganismi, sia per il dilavamento delle precipitazioni. In tempi variabili, comunque normalmente non superiori ai mesi, si torna ai valori iniziali.

Poiché la combustione dei materiali legnosi nel bosco non avviene in modo completo, assieme alle ceneri si origina una notevole quantità di carbonio il cui contenuto nel suolo aumenta anche notevolmente, dapprima nello strato più superficiale e poi in quello più profondo.

I residui carboniosi, per la carica negativa e l'elevata porosità, accrescono la capacità del suolo di ritenere acqua e nutrienti disponibili per i vegetali. Risulta anche che il carbone originato da incendio sia capace di abbattere la fitotossicità causata da specie invadenti. Dopo alcuni mesi, in superficie, il carbonio tende ai valori iniziali a causa delle precipitazioni e del vento.

Da queste considerazioni si evidenzia che l'aumento di carbone può essere considerato più positivo che negativo. Tuttavia questo accumulo avviene solo dove la combustione è incompleta e parziale. Questo fatto è tipico degli incendi di bassa intensità nei quali il suolo è scarsamente interessato, poiché la parte epigea dei vegetali non viene consumata completamente. Differente situazione si verifica in incendi di alta intensità in cui si ha un elevato consumo della biomassa con combustione completa cui residuano prevalentemente ceneri piuttosto che carbone. Inoltre il suolo viene calcinato e subisce delle trasformazioni. Alcuni minerali si trasformano per l'innalzamento di temperatura. Tra i 200 e 400 °C, che si raggiungono in numerosi incendi radenti, la magnetite e la goethite si trasformano in maghemite. La titanomagnetite in ilmenite. A 550 °C, che si raggiungono in incendi intensi, la caolinite si decompone.

Con il fuoco l'azoto volatilizza parzialmente e diminuisce il suo contenuto totale, ma nel tempo tende a riequilibrarsi.

Il potassio aumenta, anche molto, ma tende a ritornare velocemente al livello iniziale. Il fosforo non volatilizza e aumenta fino a 5 volte sopra il livello originario, mantenendosi per tempi assai più lunghi rispetto agli altri elementi nutritivi e residuando come ortofosfato. Per i caratteri nutrizionali della vegetazione, al fuoco corrisponde una blanda concimazione. La maggiore disponibilità di elementi nutritivi influisce positivamente sulla flora microbica. Tuttavia si constata una corrispondente variazione negativa delle proprietà fisiche con un peggioramento della struttura del suolo che si riflette immediatamente e negativamente sulla capacità di trattenere l'acqua. Quindi dove c'è scarso apporto di carbone, come in incendi intensi, si presenterà un'aridità degli strati superficiali. Questo rende difficoltose le condizioni di vita delle piante e dei microrganismi. La variazione della capacità di trattenimento dell'acqua è differente tra incendi autunnali e primaverili. I primi deprimono la flora microbica totale, i secondi dopo un breve periodo di involuzione ne causano un arricchimento.

Per i funghi le condizioni, dopo il fuoco, non sono favorevoli poiché prediligendo gli ambienti acidi, essi sono inibiti dall'aumento del pH. Conseguenza a questo fatto che tutti i vantaggi della micorrizzazione delle radici delle specie forestali subiscono un rallentamento.

L'effetto del calore influenza le caratteristiche fisiche chimiche e biologiche del suolo. In particolare vi è un'azione negativa per la stabilità all'erosione per la diminuzione dello stato di aggregazione dei colloidi e degli ossidi di ferro e alluminio. Con elevato calore questi composti si disaggregano, si liquefanno, vaporizzano. Una parte distilla. Con il passaggio dell'incendio si verifica un gradiente termico, massimo sulla superficie e degradante nel senso della profondità. La variazione più elevata è in superficie e interessa pochi cm, oltre i quali non vi sono variazioni termiche. Lungo il gradiente termico i composti, costituiti principalmente da idrocarburi alifatici a lunga catena e da residui catramosi, dove trovano la temperatura idonea condensano. Si forma così uno strato impermeabile all'acqua, esteso in rapporto sia alla quantità di sostanza organica bruciata sia al calore sviluppato. Esso è dipendente dall'intensità del fronte di fiamma e dal tempo di residenza.

Lo strato idrorepellente di neoformazione si colloca al di sotto della cenere e del suolo disaggregato, la cui quantità è massima nello strato più superficiale. Al verificarsi di precipitazioni, il materiale si imbibisce velocemente, poiché la percolazione dell'acqua viene impedita. In pendenza viene trasportata la materia organica incombusta, la cenere e tutta la frazione inorganica che si trova sopra lo strato idrorepellente. Per tale motivo inizia facilmente il trasporto solido. Su pendici scoscese il fenomeno è assai pericoloso, poiché si originano frane e si formano masse di detriti destinati a scendere a valle. La massa del trasporto solido è proporzionale alla superficie dell'incendio, pertanto proprio in occasione di incendi vasti potranno temersi conseguenze gravi. Dove il trauma termico è stato limitato, le piante superiori hanno conservato la loro vitalità e la capacità di ritenzione idrica è variata poco, la situazione è assai differente da quella conseguente al fuoco intenso che causa elevate variazioni.

Poiché le conseguenze negative del passaggio del fuoco sull'idrologia e sull'erosione del suolo sono note, è opportuno diversificare le aree percorse per livelli di rischio idrogeologico e di desertificazione.

Per questi motivi in rapporto al passaggio del fuoco si dovrà analizzare tutto il territorio interessando sia le aree già percorse e danneggiate, sia quelle che pur non essendolo ancora sono in corso di degradazione e ancora quelle che potrebbero evolvere verso la sterilità se le condizioni di equilibrio venissero perturbate.

3. PREVENZIONE E RICOSTITUZIONE

Per realizzare qualsiasi intervento di contrasto al fuoco è necessario percepirne correttamente

l'andamento e la gravità, basandosi su un'analisi di adeguata estensione temporale e comprendendo osservazioni sul lungo periodo. Con queste informazioni si definisce, per la zona di interesse, il regime di incendio che informa sulla capacità della vegetazione di sopportare e di adattarsi al fuoco.

Si ritiene che la prevenzione selvicolturale dovrebbe essere attuata in tutte le aree a rischio e che potrebbe realizzare condizioni di maggiore resistenza al fuoco. Nelle aree incendiate le attività di ricostituzione hanno la valenza di fare ripristinare il bosco danneggiato, ma contemporaneamente hanno anche funzione preventiva. Per questi motivi si ritiene che se si realizzasse la ricostituzione delle aree percorse si avrebbe già un notevole miglioramento della protezione dagli incendi.

A causa di motivi economici e per la difficoltà di valutare il danno, la ricostituzione artificiale dei boschi danneggiati è poco attuata. Tuttavia, per realizzarla serve valutare il danno avvenuto in funzione della severità del fronte di fiamma che si è verificato.

Vi sono varie metodologie che possono guidare nella valutazione delle conseguenze. Tuttavia esse esprimono prevalentemente il danno economico. Per realizzare interventi di prevenzione o di ricostituzione è necessario individuare il danno ambientale avvenuto o potenziale.

Dopo le trasformazioni, oppure danni da fuoco, la copertura forestale tende ad avviare con tempi spesso lunghi, una ricostituzione spontanea. Quando si ritiene opportuno intervenire è sempre opportuno basarsi sulla corrispondenza tra l'intensità del fronte di fiamma e le conseguenze ambientali. Deve anche essere considerata la dimensione dell'incendio poiché il danno è più che proporzionale all'area percorsa. Quindi fare la ricostituzione dopo incendi vasti sarà più urgente rispetto a quella di incendi di piccola superficie anche se con traumi severi. In generale si deve fare tendere il bosco ad una maggiore resistenza o resilienza al fuoco, assicurando anche una valenza di prevenzione che conferisce elevata probabilità che non si verifichino più altri incendi o comunque non vi siano altri danni.

Talvolta in coperture di conifere si impiegano latifoglie che assicurano il ricaccio, carattere essenziale in caso di successivi passaggi di incendio. Tuttavia questa scelta spesso va incontro a insuccessi, poiché le condizioni ambientali dopo incendi severi sono difficili per molte latifoglie. In altri casi si propone di tagliare e asportare le piante morte, ma questa scelta è spesso discutibile poiché l'ambiente si impoverisce ulteriormente di biomassa e non si favorisce la rinnovazione spontanea che si giova della copertura di piante in piedi anche se deperienti. La loro asportazione pertanto può essere giustificata solo per motivazioni paesaggistiche.

In alcuni casi la rinnovazione spontanea è più abbondante dove non si è fatto alcun intervento, come spesso constatato sia in pinete di Pino silvestre in ambiente alpino sia di Pino d'Aleppo in ambiente mediterraneo.

Si deve tenere presente la tendenza della rinnovazione spontanea da parte di specie colonizzatrici, come il pioppo tremulo, a formare dei gruppi. La rinnovazione naturale si afferma soprattutto attorno a individui maturi sessualmente e capaci di produrre seme anche se traumatizzati. Soprattutto negli incendi vasti, con comportamento di chioma pulsante, residuano spesso zone di bosco non danneggiate a causa dell'alternarsi del comportamento radente e di chioma. Le frazioni di bosco rimaste intatte consentono di avviare la ricostituzione spontanea e quella artificiale, integrandole nel massimo rispetto dell'evoluzione naturale. Si asseconda così la successione secondaria e contemporaneamente si contengono i costi, poiché il favorire le piante nate da seme permette di evitare interventi più estensivi e talvolta traumatici.

4. CONSIDERAZIONI FINALI

I traumi da fuoco alla vegetazione hanno frequenza e importanza notevole soprattutto se verificati

in zone di particolare prestigio ambientale. In particolare se sono colpite le aree protette sono opportuni interventi sia per ripristinare le conseguenze negative, sia per realizzare future condizioni di minore danneggiabilità.

Per questi motivi i piani antincendi boschivi, previsti dalla L 353/2000, sia delle Regioni sia delle aree protette, anche alla luce delle nuove linee guida per l'impostazione dei piani recentemente realizzate dal Ministero dell'Ambiente (M.A.T.T.M.) dovranno offrire indicazioni precise di prevenzione, estinzione e ricostituzione. Questa affermazione potrebbe apparire superflua, poiché tutti i piani di cui sopra offrono queste indicazioni. Tuttavia si vuole sottolineare come sia assolutamente indispensabile realizzare un vero collegamento tra prevenzione, estinzione e ricostituzione. Perché ciò avvenga è necessario che la prevenzione si basi su un'accurata analisi del rischio e che individui le aree di differente importanza e vulnerabilità distinguendo chiaramente gli aspetti forestali da quelli di protezione civile, senza sovrapporli né fare prevalere gli uni sugli altri. La differente vulnerabilità delle aree, collocate in scala ordinale di importanza, dovrebbe fare automaticamente adottare il criterio dell'estinzione selettiva, previsto da alcuni piani antincendi boschivi come quello del Piemonte, che contempla appunto la differenziazione degli interventi a seconda delle probabili conseguenze. Con questo criterio, sempre per gli aspetti forestali, non si ipotizza di intervenire in modo uguale su tutti gli incendi. Ci sarà invece una gradualità di sforzi e l'assegnazione di priorità alle zone più vulnerabili. Questo fatto è essenziale soprattutto nei periodi in cui è alta la frequenza di incendio. Infatti se su un'area vasta si manifestano uno o comunque pochissimi eventi contemporanei non si presentano problemi di priorità poiché le risorse sono sufficienti per contrastarli tutti. Assai diverso è lo scenario in condizioni di alta frequenza. Accadono periodi in cui si verificano molti incendi contemporaneamente sia in più zone di una regione sia in varie regioni. In tali condizioni la distribuzione delle risorse di estinzione deve essere guidata dalle conoscenze forestali. In caso opposto si tenderà a fare interventi distribuendo gli sforzi nel tentativo di affrontare tutti gli eventi, con il risultato di poterli fronteggiare concretamente solo in minima parte. L'estinzione selettiva deve poi essere attuata tenendo presenti i possibili interventi di ricostituzione. Infatti dove maggiore è la vulnerabilità, anche maggiori saranno le conseguenze dell'incendio e maggiori saranno gli interventi per ripristinare l'ambiente. Anche in questo caso se non si definisce una corretta priorità si rischia una dispersione di risorse senza ottenere i risultati. Inoltre a lungo termine la mancanza di ricostituzione produce condizioni di maggiore probabilità di ripercorrenza. Ciò comporta che facilmente le zone già percorse in futuro saranno nuovamente teatro di incendio. A questo fatto si assiste con grande frequenza. In particolare agli addetti ai lavori che si sono occupati per anni dell'argomento non mancano gli esempi di zone ripercorse dal fuoco a periodicità di alcuni anni.

Per queste considerazioni si ritiene imprescindibile che questi concetti siano assimilati da tutte le forze di intervento che compongono il mosaico dell'organizzazione antincendi. In particolare a seguito delle disposizioni del Decreto Legislativo 177/2016 si è realizzata una configurazione organizzativa con nuove competenze rispetto al passato. Poiché si tratta di incendi boschivi il risultato può essere positivo solo alla luce delle conoscenze di carattere forestale. Bisogna quindi realizzare la prevenzione selvicolturale sia in aree tipicamente boscate, sia dove queste confinano o si intersecano con insediamenti civili o industriali formando l'interfaccia urbano-foresta. In questo contesto è particolarmente importante fare la prevenzione, consistente nella gestione del bosco da parte dei proprietari sia pubblici che privati. Questi ultimi, in particolare, dovranno essere sensibilizzati per realizzare azioni di autodifesa per proteggere soprattutto le costruzioni con un opportuno spazio difensivo. Si tratta di attività con valenza selvicolturale da realizzare in rapporto al probabile comportamento del fronte di fiamma.

L'autoprotezione inoltre comprende anche l'insieme di precauzioni da seguire in occasione dei periodi di massima pericolosità. A questo riguardo è opportuno ricordare che le Regioni

normalmente attuano un servizio di previsione di pericolo di incendio che indica per ogni giorno, in modo sintetico, un valore che esprime la probabilità che si diffondano inneschi nella zona. Si ritiene che del livello di pericolosità sia data la massima diffusione a tutti i cittadini proprio con l'obiettivo di stimolare comportamenti di precauzione. Tuttavia affinché queste informazioni siano effettivamente diffuse e utilizzabili è necessario che da parte dei servizi si superi il frequente errore di non diffondere l'informazione per l'erronea convinzione che si fornirebbero informazioni utili ad eventuali malintenzionati. Questo comportamento errato, talora seguito da parte di alcuni servizi, si basa sulla convinzione altrettanto erronea che le cause di incendio siano prevalentemente dolose. Tale convinzione, assai diffusa dai mezzi di comunicazione e presente anche tra gli stessi addetti ai lavori, non corrisponde a verità. Gran parte degli incendi che hanno cause colpose sono classificati volutamente come dolosi. A questa convinzione seguono errori come quello di non diffondere il livello di pericolo di incendio previsto alla popolazione.

Inoltre spesso i servizi di previsione assumono un comportamento prudentiale della previsione che viene offerta agli utilizzatori con livelli tendenzialmente più alti della realtà. Tale uso esagerato del principio di precauzione ottiene come risultato inevitabile di stimare una probabilità più alta degli accadimenti che verranno attesi nel tempo e nello spazio.

Consegue che la previsione non risulterà corretta né utilizzabile per gli utilizzatori che, a lungo termine, trascureranno le precauzioni di autoprotezione.

Queste considerazioni sottolineano come sia apparentemente semplice offrire indicazioni per prevenire gli incendi. Si tratta però di un argomento complesso e si possono ottenere risultati concreti solo evitando errori che derivano dalla scarsa conoscenza della materia antincendi boschivi. Ne è un esempio tipico l'applicazione del fuoco tecnico per eliminare parte della biomassa morta che in occasione di incendio originerebbe elevata intensità del fronte di fiamma. Si tratta del fuoco prescritto, che pur essendo una validissima tecnica di prevenzione, adattissima a molti ambienti forestali, compresi i parchi, viene spesso osteggiata nell'errata convinzione che possa essere dannosa per l'ambiente.

Queste considerazioni confermano che gli incendi boschivi si possono evitare con la prevenzione basata sulla conoscenza sia del bosco, sia del comportamento del fuoco e non illudendosi che sia sufficiente l'estinzione anche se bene organizzata.

IL RUOLO DELLA GESTIONE FORESTALE NELLA SISTEMAZIONE DEI TERRITORI MONTANI

Francesco Iovino, - Dipartimento DIMES - Laboratorio di Cartografia Ambientale e Modellistica Idrogeologica. Università della Calabria. Campus di Arcavacata Rende (Cosenza)

Sommario

Il lavoro analizza il contributo della gestione forestale nella sistemazione dei territori montani. In particolare viene esaminata l'influenza dei boschi sul ciclo dell'acqua e il loro ruolo idrologico e antierosivo. Vengono messe in risalto l'efficacia dei boschi rispetto ad altre forme di uso del suolo, le modificazioni della risposta idrologica e delle perdite di suolo conseguenti alle diverse modalità di gestione, all'impatto degli incendi e gli effetti della ricostituzione boschiva. Il ruolo della gestione forestale viene analizzato evidenziandone le variazioni che ha subito nel tempo per le mutate condizioni delle aree interessate. In particolare è stata affrontata sia la fase volta alla ricostituzione boschiva che quella attuale, indirizzata, invece, al miglioramento e alla valorizzazione del patrimonio forestale esistente. Pur nella diversità di situazioni che caratterizzano il panorama forestale italiano, vengono delineati gli approcci selvicolturali volti alla rinaturalizzazione dei boschi e dei rimboschimenti monospecifici di conifere, alla riduzione delle criticità insite nel trattamento a raso dei cedui, al recupero delle aree degradate, con particolare riferimento alla ricostituzione post-fire. Approcci che si rifanno ai principi della gestione forestale sostenibile e rappresentano linee operative che possono trovare applicazione in tante realtà, dando continuità alle azioni di manutenzione e di presidio dei territori montani. Viene sottolineato come la definizione puntuale di tali interventi debba essere affidata agli strumenti di pianificazione forestale a diversa scala e come questa debba trovare concreta integrazione con la pianificazione di bacino.

1. PREMESSA

Gli eventi degli ultimi anni hanno riportato all'attualità il problema del dissesto idrogeologico ma anche evidenziato la necessità di una rinnovata strategia per la mitigazione degli effetti, che deve superare la logica dell'emergenza per passare a quella della prevenzione e riqualificazione territoriale, con indubitabili positive conseguenze anche sul piano economico.

Nel triennio 2013-2016, il costo del dissesto è stato pari a 7,6 miliardi di euro (Italia Sicura). I costi dell'emergenza sono risultati da 3 a 5 volte maggiori rispetto a quelli della prevenzione (fonte: Alleanza delle Cooperative Italiane, 2015). Risorse finanziarie che potrebbero essere risparmiate se si attuasse una reale politica di prevenzione e di buon governo del territorio

Su tale necessità è emblematico quanto sottolineato dall'allora Responsabile della Protezione Civile Nazionale, Gabrielli (2015): *Cosa dobbiamo fare per ricongiungere ambiente e agricoltura anche nelle zone di collina e di montagna, visto che abbiamo individuato da tempo la correlazione positiva tra mancata manutenzione del territorio e crescita dei livelli di rischio e degli episodi di rottura degli equilibri a essi collegati?*

Un approccio che rispecchia l'attuale realtà caratterizzata da un territorio reso vulnerabile dall'eccessiva antropizzazione e dall'abbandono di molte aree montane e collinari dove, in occasione di precipitazioni abbondanti, si manifestano forme di dissesto idrogeologico che, con sempre maggior frequenza, assumono carattere di catastoficità. Negli anni più recenti quasi tutte le regioni italiane sono state interessate da tali fenomeni nelle loro diverse manifestazioni: esondazioni, alluvioni, smottamenti, frane, con conseguenti ingenti danni e in alcuni casi con perdite di vite umane.

A questi fenomeni, di grande impatto mediatico, si affiancano altre manifestazioni di dissesto idrogeologico, meno evidenti delle prime ma altrettanto insidiose, con effetti anche nel lungo termine, come nel caso dell'erosione idrica dei suoli. Un processo che produce danni sia nei luoghi in cui si verifica (danni on-site), che portano alla perdita di suolo, di fertilità, di biodiversità, che in aree distanti da quelle in cui il fenomeno erosivo è avvenuto (danni off-site). Le conseguenze si traducono in aumento del trasporto solido dei corsi d'acqua, danni alle infrastrutture, riempimento dei bacini di irrigazione e idroelettrici, inquinamento delle acque superficiali a causa dal trasporto di inquinanti (concimi e antiparassitari) a mezzo delle acque di scorrimento superficiale. In Italia circa 4 milioni di ettari di terreno agricolo e forestale, pari al 13% della superficie totale, è a rischio erosione e frane. (ISPRA, 2013).

L'erosione idrica, proprio a causa della gestione non sempre corretta del territorio, rimane il principale elemento della degradazione dei suoli superando, mediamente, di 30 volte il tasso di sostenibilità (erosione tollerabile), con danni economici, per la perdita di suolo, poco quantificati sia a livello nazionale che Europeo (Pagliai, 2017).

Le cause del dissesto idrogeologico, nelle sue diverse manifestazioni, vengono ricondotte da una parte alla pericolosità naturale e dall'altra all'azione antropica. Tra le prime, le particolari caratteristiche geomorfologiche del territorio italiano e l'instabilità climatica di questo periodo che si manifesta spesso con precipitazioni abbondanti e di particolare intensità. Tra le seconde, nei settori vallivi, l'eccessiva antropizzazione, la impermeabilizzazione dei suoli, l'urbanizzazione delle aree di naturale pertinenza fluviale soggette a prevedibili inondazioni, la compromissione, sino a farlo scomparire, del reticolo idrografico minore, la sottrazione dal letto dei fiumi di ghiaia ed altro materiale da costruzione (Leone, 2012). Nelle aree montane, e in parte in quelle collinari, il loro progressivo spopolamento ha determinato una diminuzione delle attività di manutenzione e di cura di questi territori, divenuti sempre più vulnerabili. Modalità di gestione del suolo non ovunque idonee nelle aree agro-pastorali (Foto 1), abbandono colturale dei boschi, con conseguenze sulla stabilità dei popolamenti e sul rischio incendi, approcci gestionali, specialmente per i cedui, non sempre sostenibili, quasi totale assenza di interventi di manutenzione delle opere idrauliche nei collettori secondari e della viabilità forestale, rappresentano alcune delle criticità tali da pregiudicare, o comunque mettere a rischio, l'equilibrio idrogeologico del territorio.



Fig. 1 - Intensa erosione dei suoli dovuta a impropria utilizzazione (Foto Iovino)

I boschi, elementi peculiari dei territori montani e collinari, costituiscono da sempre un presidio per la sicurezza di tali territori con effetti positivi in quelli vallivi. Una funzione riconosciuta come fondamentale e preminente fin dalla promulgazione della legge Serpieri (R.D.L., n. 3267/1923) il cui obiettivo principale era il raggiungimento della stabilità dei suoli e della regimazione delle acque. Con l'imposizione del vincolo di carattere idrogeologico su molti terreni forestali (attualmente poco oltre l'87% della superficie dei boschi è sottoposta a vincolo idrogeologico) sono di fatto limitati i cambiamenti di uso del suolo e tutte le pratiche colturali che possano incidere negativamente sulla regimazione idrica e sull'attenuazione dell'erosione dei suoli.

Il decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 nella parte terza: *Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche,*

tra le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione, prevede esplicitamente la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini idrografici, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari, silvo-pastorali, di forestazione e di bonifica, anche attraverso processi di recupero naturalistico, botanico e faunistico; Attraverso le interazioni con i processi che regolano il bilancio idrico e l'erosione dei suoli, l'azione dei boschi si traduce nella riduzione delle cause che contribuiscono all'innescarsi dei fenomeni di dissesto idrogeologico e nella mitigazione del rischio.

2. EFFICIENZA IDROLOGICA E ANTIEROSIVA DEI BOSCHI

La regimazione idrica, l'influenza sulle risorse idriche e la mitigazione dei fenomeni di erosione superficiale dei suoli, sono aspetti interconnessi, regolati dalla presenza dei boschi. La loro efficacia sull'idrologia dei versanti si riflette positivamente sulle riserve idriche nel suolo, sul minore dilavamento e, conseguentemente, sulla ridotta erosione superficiale che ha effetti sul minore trasporto solido dei corsi d'acqua. L'attenuazione dell'erosione contribuisce, altresì, a non alterare la capacità di invaso dei suoli con ricadute a scala di bacino sulla trasformazione degli afflussi in deflussi (Iovino, 2009).

Tali interazioni risultano ancor più significative se si considera che in Italia: a) la superficie forestale è quasi 12 milioni di ettari, pari a circa il 39% del territorio nazionale (Romano et al., 2018); b) il 61% circa si riscontra a quota superiore a 500 metri con l'86% fino 1500 metri di altitudine; c) il 58% della superficie a bosco si colloca sopra i 600 metri di quota. Inoltre, quasi il 40% delle foreste svolgono funzione di protezione primaria diretta e indiretta (INFC, 2007).

La protezione diretta indica il ruolo che il bosco svolge nei confronti di specifici beni e interessi, rispetto a pericoli naturali ben definiti (valanghe, caduta massi, scivolamenti superficiali e colate detritiche). È attribuita ai boschi in ambiente alpino, posti oltre certi valori di pendenza dei versanti e a monte di insediamenti umani o infrastrutture di trasporto e terreni agricoli coltivati e devono avere determinati requisiti, legati alle proprie caratteristiche intrinseche ed alla loro localizzazione (Chauvin et al., 1994; Motta e Haudemand, 2000; Brang et al., 2001; Sakals et al., 2006; Schönenberger, 1998, 2000; Schönenberger e Brang 2004). In specifiche situazioni viene valutata di volta in volta la necessità di affiancare la fondamentale azione del bosco con opere paravalanghe o di protezione dalla caduta dei massi (Pircher e Broll, 2015). La protezione indiretta è svolta, invece, da tutti i boschi attraverso un'azione generale di regimazione delle acque meteoriche e di difesa dal dissesto idrogeologico, e assume maggiore o minore rilievo in funzione di giacitura, pendenza, morfologia e condizioni geopedologiche (AA. VV., 2016).

I boschi, inoltre, assumono un elevato valore rispetto alla risorsa idrica, in quanto rappresentano fonte preferenziale per la produzione, lo stoccaggio, la biopurificazione e la captazione di acqua potabile necessaria per i fabbisogni umani (Dudley e Stolton, 2003). A questo riguardo i bacini montani costituiscono una fonte privilegiata di approvvigionamento cui sempre con maggior interesse si rivolgono le limitrofe aree di pianura o di fondovalle densamente urbanizzate. A fronte di una domanda crescente, in particolare di acqua di elevata qualità, la disponibilità idrica, peraltro legata alle oscillazioni stagionali, risulta limitata. Ne consegue la necessità di interventi di pianificazione volti ad ottimizzare la gestione delle risorse idriche in questi bacini (Dalla Fontana, 1996).

Tutte queste funzioni sono riconosciute fondamentali da importanti accordi internazionali e nella programmazione nazionale. La Seconda risoluzione "Le foreste e l'acqua", adottata nell'ambito della quinta Conferenza Interministeriale Europea sulla Protezione delle Foreste, di Varsavia (MCPFE, 2007), concentra la sua attenzione sulle risorse idriche sottolineando il ruolo delle foreste

e della gestione forestale nella protezione della qualità e quantità delle acque, nella prevenzione dalle inondazioni, nella mitigazione degli effetti della siccità e dell'erosione del suolo.

Mantenere e incrementare la superficie forestale negli Stati membri per assicurare la protezione del suolo, la regolazione della qualità e della quantità dell'acqua attraverso l'integrazione di pratiche forestali sostenibili nei Programmi di misure per i Piani di gestione dei bacini idrografici, di cui alla Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), e nei Piani di Sviluppo Rurale, è ribadito nella strategia forestale dell'Unione Europea (COM, 2013). La stessa Direttiva 2007/60/CE, recepita in Italia dal D.Lgs. 49/2010, introduce il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), nelle cui linee operative di redazione (Lastoria et al., 2016) sono previste misure che agiscono sui meccanismi di formazione dei deflussi nei bacini di drenaggio, che indirettamente fanno riferimento alla gestione forestale. Il ruolo che questa può svolgere nei territori a rischio idrogeologico è stato ribadito anche nel Forum Nazionale delle Foreste (MIPAAF, 2016), con specifici contributi nel Tavolo 9 dedicato alla Prevenzione del Dissesto Idrogeologico.

La Risoluzione del Parlamento europeo del 28 aprile 2015 (P8TA(2015)0109) esorta gli Stati membri a definire la loro politica forestale in modo da tenere pienamente conto dell'importanza delle foreste in termini di protezione della biodiversità, prevenzione dell'erosione del suolo, garanzia di cattura del carbonio, purificazione dell'aria e mantenimento del ciclo dell'acqua.

Per evitare generalizzazioni e attribuzione ai boschi di una valenza assoluta in tema di prevenzione dei fenomeni di dissesto idrogeologico, è necessario premettere che essi devono essere considerati come parte del sistema articolato di fattori che regolano i processi idrologici, la cui peculiarità, rispetto alle altre caratteristiche del bacino idrografico (morfologia, geologia, condizioni climatiche), è quella di essere modificabili in tempi relativamente brevi per cause naturali o antropiche. Di conseguenza la loro efficacia idrologica e antierosiva deve essere analizzata in termini relativi e non assoluti, cioè in relazione alla loro rappresentatività spaziale all'interno dei bacini (superficie forestale/superficie del bacino), per confronto con modalità alternative di uso del suolo e in relazione alle diverse modalità di gestione che possono provocare una variabilità spazio-temporale dei processi idrologici (Ciancio e Iovino, 1995).

Interazioni bosco - ciclo dell'acqua

Il bosco, inteso come sistema biologico complesso, può considerarsi come la componente biologica nel complesso dei fattori che regolano il ciclo idrologico (de Philippis, 1970) e rappresenta uno dei fattori che maggiormente influisce sull'entità, sul ritmo e sugli effetti degli scambi idrici che avvengono tra idrosfera, litosfera e atmosfera. Tutti i processi di formazione e di trasporto del vapore acqueo sono attivati dall'energia solare, mentre la formazione dei deflussi a partire dalle precipitazioni è di natura essenzialmente gravitazionale. (Todini, 1989).

La ripartizione dell'afflusso meteorico in deflussi superficiali e subsuperficiali è regolata dai boschi che influenzano anche la distribuzione spaziale e temporale della risorsa idrica nel sottosuolo.

I processi attraverso i quali il bosco interviene sul ciclo dell'acqua sono espressi dalla nota equazione del bilancio idrologico:

$$D = P - (I_t + E_{vt} + \Delta s)$$

Dove:

D rappresenta il deflusso, P le precipitazioni, quale forma di immissione idrica nell'ecosistema (di cui va considerata non solo la quantità, ma anche la distribuzione); i termini nella parentesi sono le perdite idriche: I_t = intercettazione; E_{vt} = evapotraspirazione; Δs = variazione dei volumi di acqua presenti nel suolo.

Il bilancio idrico è caratterizzato dalla fase di input dovuta alle precipitazioni e infiltrazione e di output alla traspirazione e all'evaporazione. Questi processi regolano direttamente e

indirettamente i volumi d'acqua presenti nel suolo, a cui sono in buona parte legate le modalità di generazione dei deflussi, e coinvolgono l'intero ecosistema forestale: l'intercettazione della pioggia si manifesta a livello della copertura forestale; l'infiltrazione si sviluppa a livello del suolo e l'evapotraspirazione coinvolge entrambi.

I suddetti processi sono condizionati sia dall'ambiente climatico (regime pluviometrico, condizioni termiche, ventosità, radiazione) che dal contesto pedologico e variano in relazione alle condizioni strutturali dei popolamenti (composizione specifica, densità, età, profilo verticale). Queste ultime hanno una loro dinamicità, dovuta a cause naturali o a fattori antropici che sono strettamente connessi all'attività forestale, ovvero alle diverse modalità esecutive degli interventi selvicolturali e alla loro relativa pianificazione spaziale e temporale, cioè alla gestione forestale.

I meccanismi fondamentali che assicurano l'efficienza idrologica dei boschi possono ricondursi a: a) consumo di una notevole quantità d'acqua, che altrimenti si trasformerebbe in deflusso; b) presenza di suoli ben conservati, caratterizzati da elevata infiltrabilità e capacità di immagazzinamento idrico (Alila et al., 2009; Dalla Fontana, 1996; Preti et al., 2011).

Nel nostro ambiente climatico tanto più si stabilisce un equilibrio fra le due fasi nel corso dell'anno, tanto maggiore è l'efficacia dei boschi sulla regimazione idrica (Iovino, 2011). Questa, a scala di bacino, viene esercitata attraverso una riduzione del deflusso superficiale, che rappresenta la componente principale delle portate di piena, un aumento dei tempi di corrivazione e, quindi, della capacità di laminazione dei bacini (Colpi e Fattorelli, 1982; Bosch e Hewlett, 1982; Ferrari et al., 2002, 2004; Negishi et al. 2006). A questo bisogna aggiungere il mantenimento ad elevati livelli della qualità dell'acqua.

Il ruolo idrologico del bosco è argomento molto dibattuto negli ultimi due secoli, anche se dalla abbondante letteratura sull'argomento non sempre scaturisce un'univocità di pensiero in merito alla loro efficienza, perché mentre è riconosciuto un impatto positivo, restano in discussione l'entità e i limiti (Andréassian, 2004; Alila et al., 2009; Vazken, 2004). Le discussioni vertono sul comportamento dei boschi in occasione di piogge ordinarie o eccezionali, nei piccoli e nei grandi bacini. Alcuni sostengono che nel caso di afflussi eccezionali su bacini di vaste dimensioni il bosco non eserciti un'influenza apprezzabile sui deflussi di piena; altri che il bosco manifesti un sensibile effetto di regimazione delle piene solo nei piccoli bacini, altri affermano che la presenza del bosco comporti comunque dei benefici (Barneschi e Preti, 2004).

Sulla mitigazione degli eventi di piena in bacini di diverse caratteristiche non sempre è risultata evidente l'influenza del bosco per la complessità e per la incompleta conoscenza dei fenomeni. Nei bacini con rilevante presenza di aree forestali, la formazione dell'evento di piena risente della presenza del bosco, ma non è facile valutare l'entità di questa influenza a causa dei processi idrologici che regolano le dinamiche di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi di piena (Andréassian, 2004). Gli eventi di piena si sviluppano su un periodo di tempo ridotto. In tale situazione l'azione regimante della foresta si manifesta non tanto con la sottrazione d'acqua attraverso i flussi di evaporazione, quanto piuttosto con le favorevoli caratteristiche idrologiche che in genere caratterizzano i suoli forestali. L'azione mitigatrice sugli eventi di piena può esplicarsi sia attraverso una riduzione dei volumi di deflusso superficiale, a vantaggio dell'immagazzinamento e dello scorrimento in profondità (Penna et al., 2009), con effetti positivi sulla riduzione dei colmi di piena, sia attraverso un allungamento dei tempi di risposta del bacino. Ambedue le azioni concorrono a una riduzione dei valori al colmo (Dalla Fontana, 1996).

Alcune esperienze hanno mostrato come le piene di minore entità in bacini di piccole dimensioni siano in parte mitigate dalla presenza del bosco; ciò non è risultato altrettanto evidente nel caso di eventi più intensi e su bacini di maggiori dimensioni. In relazione all'impatto della gestione forestale nella formazione delle piene, nella maggior parte dei casi di studio si è rilevato un relativo incremento dei valori delle portate al colmo e dei volumi defluiti, in relazione al tipo e all'entità

dell'intervento selvicolturale praticato. (Veltri e Ferrari 2009).

In merito all'impatto della gestione forestale sui singoli eventi di piena, l'analisi condotta da Ferrari et al. (2002), in un bacino sperimentale della Calabria (Iovino e Puglisi, 1989) su 73 eventi di piena registrati da gennaio del 1986 a ottobre 2000, ha consentito di mettere in luce alcuni aspetti peculiari:

- la risposta idrologica, a parità di precipitazione, dipende in misura considerevole dalla condizione di umidità del suolo antecedente l'evento pluviometrico, come è risultato in modo chiaro dal confronto tra due eventi invernali riportati in fig. 2, per i quali si hanno coefficienti di afflusso (D/A) nettamente diversi: 0.158 e 0.053;
- gli idrogrammi di piena osservati nei periodi estivi risultano, invece, legati essenzialmente alla forma del pluviogramma, che spesso si concentra in pochi intervalli di pioggia caratterizzati da intensità notevoli;
- i coefficienti di afflusso dei singoli eventi di piena sono mediamente molto bassi, variando da 0.001 a 0.173;
- il coefficiente di afflusso medio degli eventi registrati prima dell'intervento selvicolturale è pari a 0.021; quello successivo all'intervento risulta 0.048.
- la portata al colmo varia da 0.082 a 0.097 (m^3/s)/ km^2 , rispettivamente prima e dopo l'intervento, e rappresenta qualche unità percento dei valori medi dei massimi annuali di portate al colmo per unità di superficie osservati in Calabria. Tale aumento non sembra costituire motivo di pericolosità indotto dalla variazione di copertura forestale.

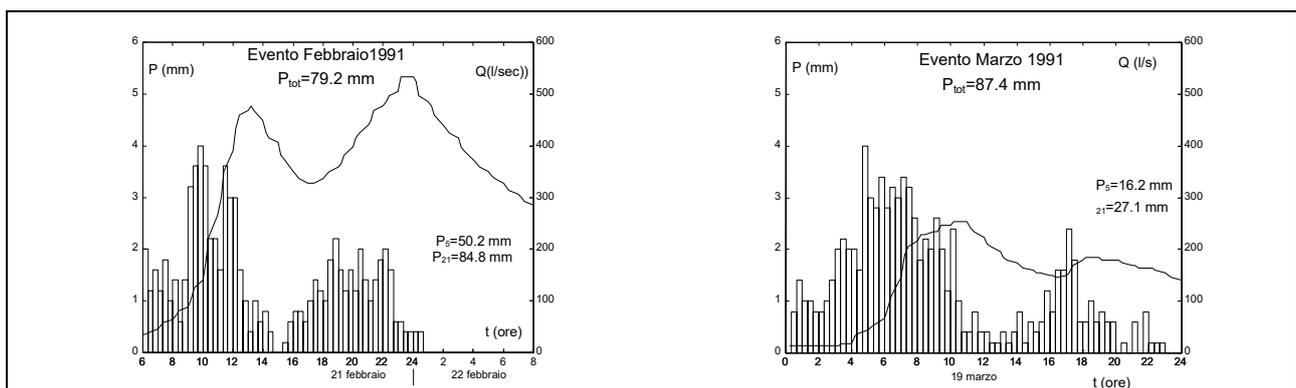


Fig. 2: Idrogrammi di piena registrati in un bacino sperimentale della Calabria (da Ferrari et al., 2002)

In merito all'efficacia del bosco sulla formazione dei deflussi rispetto ad altre modalità d'uso del suolo (fig. 3), un'ampia letteratura, a livello internazionale e nazionale, conferma il positivo e diverso comportamento idrologico tra bacini boscati e non boscati (pascolo, praterie, ecc.) (Bosch e Hewlett, 1982; Burch et al. 1987; Callegari et al. 2001; Cantore et al. 1994; Cognard-Plancq et al., 2001; Cosandey et al., 2005; Fattorelli 1976, Fattorelli 1982; Hewlett e Hibbert, 1967; Iovino e Puglisi 1990).

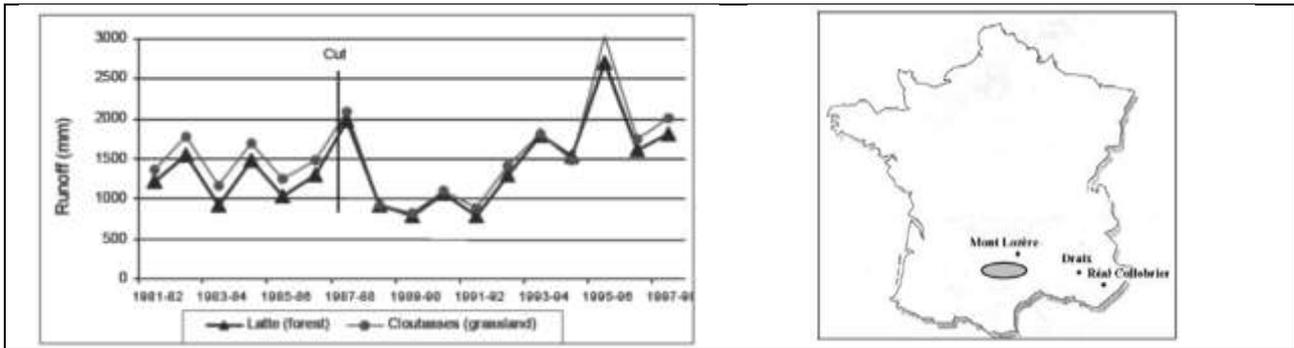


Fig. 3: Deflussi medi annui in due bacini sperimentali con differenti modalità di uso del suolo nel Settore Meridionale del Massiccio Centrale della Francia (da Cosandey et al., 2005)

Erosione superficiale e trasporto solido

Tra ciclo dell'acqua e ciclo erosivo ci sono interazioni evidenti poiché l'acqua è il principale agente erosivo e vettore del materiale eroso. L'azione della copertura forestale si manifesta sia con la intercettazione della pioggia sia con il contenimento dei deflussi superficiali, che limitano la perdita di suolo sui versanti.

La bassa erosione superficiale dei suoli forestali e la conseguente limitazione della portata solida dei corsi d'acqua provenienti da bacini molto boscati vennero sintetizzati da Smith e Wischmeier (1962) che definivano la copertura forestale come "il più efficace freno dell'erosione".

L'azione antierosiva del bosco è riconosciuta da tempo e dimostrata sia da studi a grande scala (fig. 4), anche con ricostruzioni storiche dell'andamento del fenomeno in parallelo con la distruzione della superficie boscata (Diodato, 2006), che dai risultati sperimentali ottenuti su parcelle e in bacini (Bagarello e Ferro, 2006; Cantore et al., 1994; Garfi et al., 2006; Iovino e Puglisi, 1990). Questi ultimi confermano che la perdita di suolo dai versanti boscati, specie se confrontata con quella di altre forme d'uso del suolo, a parità di altri fattori, è piuttosto contenuta.

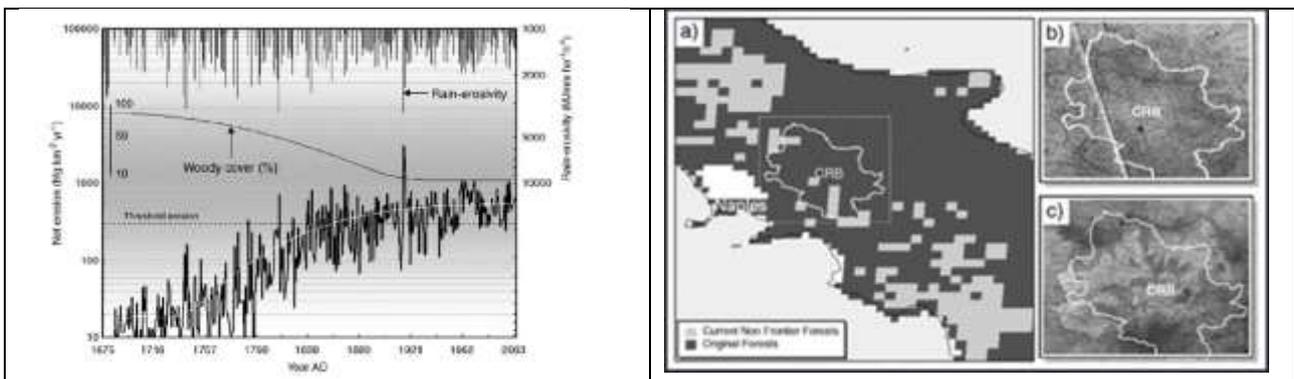


Fig. 4: Effetto della deforestazione sull'erosione dei suoli nel bacino del Calore, esplorato attraverso il modello distribuito RUSLE (Diodato, 2006)

L'effetto di protezione esercitato dalla copertura forestale, anche quando con piogge di breve o di brevissima intensità la dispersione per intercettazione è bassa o nulla, è da attribuire all'importante azione di dissipazione della forza viva delle gocce d'acqua. Queste, frenate dalle chiome, raggiungono il terreno con velocità ridotta senza alterare la struttura del suolo. In tale azione un contributo importante viene dato anche dal sottobosco e dalla lettiera che formano uno schermo protettivo capace di disperdere ulteriormente l'energia cinetica residua della pioggia.

Gli apparati radicali, inoltre, creando dei percorsi idrologici collegati tra loro a formare una rete di deflusso dell'acqua nel suolo (Noguchi et al., 2001) e rinforzando, in termini geo-meccanici, il suolo

esplorato (Preti, 2013), migliorano la stabilità della pendice, indipendentemente dal suo contenuto di acqua (Frei et al., 2003; Fournier et al., 2006; Reubens et al., 2007), e riducono il rischio frane superficiali (Sakals et al., 2006). Sugli effetti del peso che la biomassa vegetale e la maggior quantità di acqua possono determinare sulla stabilità dei versanti, Gray & Megahan (1981) e Sidle (1992) sostengono che la variazione del sovraccarico dovuto alla biomassa risulta praticamente ininfluente. Analisi di sensibilità condotte sul modello del pendio infinito hanno dimostrato, inoltre, che anche il contenuto idrico del suolo esercita un ruolo molto modesto (Hammond et al. 1992, in Scrinzi et al., 2006). Bianchi et al. (2004), sulla base di dati riferiti alla macchia alta e a una pineta di pino laricio, evidenziano come la biomassa vegetale, comprensiva delle radici, costituisce solamente il 3-4% del peso complessivo, mentre l'acqua gravitazionale presente nel suolo raggiunge valori dal 15% al 19% del carico complessivo solo nel caso di eventi piovosi particolarmente intensi e prolungati, in grado di saturare completamente il profilo. Il suolo, lo scheletro e l'acqua, invece, incidono dall'82% al 77%. Studi di tipo inventariale su fenomeni franosi superficiali hanno, infatti, evidenziato come questi siano meno frequenti in zone boscate rispetto a zone aperte (Markart et al., 2007; Rickli e Graf, 2009). Resta controverso, e comunque difficilmente valutabile, l'effetto destabilizzante riferibile alla trasmissione al suolo di sollecitazioni meccaniche dovute all'azione del vento sulla chioma e all'eventuale scalzamento di intere piante; in questo caso la rottura dell'apparato radicale genera nel suolo una brusca e locale perdita di coesione che può rappresentare un punto preferenziale per l'innescò di fenomeni franosi (Scrinzi et al., 2006).

Sui fenomeni di erosione di massa (frane), che possono manifestarsi anche con il distacco di un intero versante, la profondità interessata va ben oltre quella esplorata dagli apparati radicali. Purtroppo in questi casi il bosco non può esercitare alcuna azione di contenimento, ma alla sua presenza non può certo esser attribuito il peggioramento della stabilità del versante per effetto del peso del soprassuolo arboreo (Iovino e Nocentini, 2015).

3. RUOLO DELLA GESTIONE FORESTALE

Le più recenti strategie di gestione forestale fondate su principi di sostenibilità mirano sempre più a conciliare le esigenze produttive con il bisogno di conservazione e tutela del patrimonio naturale, attraverso approcci selvicolturali, volti a valorizzare la multifunzionalità dei boschi con strumenti di pianificazione forestale efficaci ed efficienti.

Il mantenimento della copertura forestale in buono stato funzionale rappresenta un obiettivo prioritario da perseguire in una ottica moderna di gestione integrata delle risorse naturali, delinea ambiti di intervento nei quali la selvicoltura e la pianificazione forestale (elementi caratterizzanti la gestione forestale) hanno una loro rilevanza e rappresentano strumenti fondamentali per garantire la salvaguardia del territorio.

Il ruolo della gestione forestale è ben evidenziato anche nel documento di sintesi del Tavolo 9 (Prevenzione del dissesto idrogeologico) del Forum Nazionale delle Foreste (MIPAAF, 2016), nel quale viene ribadita la necessità di individuare indirizzi utili per la definizione di azioni e interventi efficaci, per passare dall'emergenza alla prevenzione del rischio, riconoscendo concretamente il ruolo svolto dalla gestione forestale nella protezione del suolo e delle acque, nella tutela attiva e per la valorizzazione sostenibile dei boschi italiani.

Il contributo della gestione forestale nella sistemazione dei territori montani e pedemontani ha subito nel tempo una variazione legata alle mutate condizioni delle aree interessate. Dalla metà del secolo scorso e fino ai primi anni 70, la gestione è stata indirizzata prevalentemente alla ricostituzione boschiva; successivamente, invece, al miglioramento e alla valorizzazione del patrimonio forestale esistente, che è aumentato ulteriormente negli ultimi trenta anni. In Italia

l'aumento annuo della superficie forestale, secondo l'Inventario Forestale Nazionale, è stimato in circa 90.000 ettari nel periodo 1985-2005 e in circa 63.000 ettari nel periodo 2005-2015. Tale aumento, avvenuto specie in alcune regioni del centro e in molte del sud Italia, è da attribuire all'espansione dei boschi su superfici agricole abbandonate e nelle aree utilizzate in passato come pascolo (Travaglini 2017).

In questo quadro di riferimento, pur nella diversità di situazioni che caratterizzano il panorama forestale italiano, approcci selvicolturali volti alla rinaturalizzazione dei boschi e dei rimboschimenti monospecifici di conifere, alla riduzione delle criticità insite nel trattamento a raso dei cedui, al recupero delle aree degradate, rappresentano linee operative che possono trovare applicazione in tante realtà, dando continuità alle azioni di manutenzione e di presidio dei territori montani.

Rinaturalizzazione delle fustaie di origine naturale

I boschi in Italia hanno subito per attività antropica una trasformazione della fisionomia naturale, uno scardinamento strutturale e funzionale e un impoverimento quantitativo e qualitativo. Di conseguenza presentano quasi sempre una semplificazione della struttura e della composizione, e quindi la riduzione della complessità del sistema. Nell'intento di massimizzare la produzione legnosa e soprattutto il tasso di accrescimento legnoso, sono stati adottati turni molto più brevi rispetto alla longevità delle specie presenti.

La semplificazione di molti boschi (faggete, querceti, ecc.), non riguarda solo il numero di specie, o l'assenza di necromassa, ma anche la varietà di strutture e di processi presenti a diverse scale, dal popolamento al paesaggio, inteso come insieme di ecosistemi. I sintomi più evidenti della semplificazione sono le difficoltà di rinnovazione naturale e l'alterazione della qualità e della varietà degli habitat (Nocentini, 2000). A questi effetti macroscopici se ne assommano altri meno evidenti ma altrettanto negativi, come la modifica dei cicli biogeochimici e l'alterazione della microflora e della microfauna. Tutto ciò riduce la capacità adattativa dei boschi ai cambiamenti quali potranno verificarsi, a esempio, per effetto del *global change*.

L'aumento della complessità può e deve essere promossa attraverso una gestione incentrata sul mantenimento di un livello di provvigione minimale a garanzia della funzionalità dei processi di autorganizzazione e autoriproduzione del bosco. Si favorisce in tal modo anche la formazione e il mantenimento di suoli profondi, ricchi di sostanza organica che, oltre ad essere dei veri e propri *carbon sinks*, diventano anche serbatoi di accumulo dell'acqua durante le stagioni piovose autunno invernali, con conseguenti effetti positivi sulla regimazione idrica, sul controllo dell'erosione superficiale e, conseguentemente, sulle risorse idriche. La maggiore densità radicale, il differente approfondimento delle radici e la distribuzione molto più articolata delle piante nello spazio verticale, garantiscono, inoltre, una maggiore stabilità degli strati superficiali del suolo con effetti positivi anche nei confronti dei fenomeni franosi superficiali.

Nel caso di boschi con una elevata complessità compositiva e strutturale, l'applicazione della selvicoltura sistemica (Ciancio e Nocentini, 1996; Ciancio, 1998) rappresenta la scelta più appropriata per favorire la conservazione di tutti quei processi che sostengono la diversità biologica, e migliorare la loro efficienza idrologica.

Rinaturalizzazione dei rimboschimenti

La graduale e significativa diminuzione della superficie boscata che aveva interessato, seppur in maniera diversa, l'intero territorio italiano, con oltre 20 milioni di ettari (Susmel, 1971) e l'aver sottoposto il suolo a varie forme di utilizzazione non forestale, provocò una serie di alterazioni le cui conseguenze si sono progressivamente aggravate. A questo riguardo sono significativi i contenuti di

una lettera che nel 1951 Luigi Einaudi, presidente della Repubblica, di ritorno dalla visita a zone alluvionate, scrisse su questi problemi ad Alcide De Gasperi, capo del governo. Alla lettera fece seguito, alcuni giorni dopo, una memoria nella quale si esaminarono i due problemi connessi del rimboschimento e degli uomini viventi nelle terre inondate. *Sul primo sembra esistere l'unanimità di consensi. Giornali, uomini politici, scienziati dicono concordi: bisogna andare alla radice del male: non basta difendere il piano con argini robusti, con regolazioni del corso e del livello dei fiumi meglio studiati; importa ricostruire il monte e far sì che l'acqua defluisca più lentamente, trattenuta dagli alberi, dalle briglie, dai pascoli sodi. E più avanti:*

Dimenticheremo, di fronte all'urgenza di sempre nuovi problemi pressanti che il problema massimo dell'Italia agricola è la difesa, la conservazione e la ricostruzione del suolo del nostro paese contro la progressiva distruzione che lo minaccia? (...) La lotta contro la distruzione del suolo italiano sarà dura e lunga, forse secolare. Ma è il massimo compito d'oggi se si vuole salvare il suolo in cui vivono gli italiani. La direzione generale delle foreste dovrebbe chiamarsi direzione generale della conservazione del suolo e delle foreste (Einaudi, 1951, in Puglisi, 2003).

Le esortazioni del Capo dello Stato, probabilmente, contribuirono alla promulgazione della legge per la montagna (L. 25 luglio 1952 n. 991) che fece seguito a distanza di pochi mesi alla Legge 19 marzo 1952 n. 18, relativa al piano orientativo ai fini di una sistematica regolazione dei corsi d'acqua naturali.

L'importanza dei rimboschimenti per contrastare la degradazione dei suoli era riconosciuta già in un editto del Regno di Napoli del 1782, con il quale sir John Acton obbligava al rimboschimento le terre abusivamente disboscate e coltivate. Tuttavia, solo dopo l'unità d'Italia sono state emanate una serie di leggi, frammentarie e di efficacia locale: per la Basilicata (1904), per il bacino del Sele (1902), per la Calabria (1906), per la Sardegna (1907), per le Province pugliesi (1910). I lavori di sistemazione e di rimboschimento a seguito di queste leggi furono nel complesso modesti, tanto che dal 1867 al 1922 erano stati rimboschiti appena 51.000 ettari.

Soltanto con l'emanazione della Legge Luzzati sul Demanio Forestale (1910) e con il R.D. 30 dicembre 1923 n. 3267 - Legge Serpieri, che al Titolo II prevedeva esplicitamente interventi di sistemazione e di rimboschimento dei terreni montani, sorsero i primi movimenti diretti ad una politica forestale e montana ispirata alla necessità di facilitare la difesa dei boschi esistenti e la creazione di nuovi boschi, aumentando le risorse complessive dell'economia montana. Tali dispositivi legislativi cominciarono a produrre effetti, visto che dal 1927 al 1940 la superficie rimboschita, compresi i rinfoltimenti di boschi degradati, era salita a 150.000 ettari circa (Iovino e Menguzzato, 2002).

Effetti ancor più evidenti, dopo la legge del 1923, si ebbero con la legge 264 del 1949 sui cantieri scuola di rimboschimento e sistemazione montana, con la legge istitutiva della Cassa per il Mezzogiorno⁸, con la legge 10 agosto 1950 n. 647 per l'esecuzione di opere straordinarie nell'Italia settentrionale e centrale, nonché con la prima richiamata legge sulla montagna. Con tali dispositivi la sistemazione dei bacini montani veniva inquadrata un'azione molto più vasta e complessa di bonifica montana, tendente ad aumentare le sue risorse ed a rimuovere, per quanto possibile, la pressione delle popolazioni sul bosco. Fino al 1960 furono così realizzati oltre 300.000 ettari di rimboschimenti (Camaiti, 1961).

In seguito l'attività di rimboschimento trovò nuovo impulso con l'emanazione della legge n. 454 del 1961 – Piano verde n. 1 – e, cinque anni dopo, con il Piano verde 2, che prevedeva contributi per operazioni di rimboschimento e di restaurazione forestale, anche se eseguiti su terreni non classificati montani e vincolati (Iovino e Menguzzato, 2002).

A partire dalla seconda metà degli anni settanta, accanto al persistere di interventi a prevalente

⁸ La legge del 10 agosto 1950 n. 646 nel piano generale di opere straordinarie da realizzare metteva al primo posto quelle inerenti la sistemazione dei bacini montani e dei relativi corsi d'acqua.

finalità di conservazione del suolo (eseguiti sempre da parte dello Stato o degli Enti competenti per il territorio), sono state realizzate iniziative con l'obiettivo di esaltare la redditività del bosco, stimolando nel contempo l'attività privata di rimboschimento (La legge Quadrifoglio, 984/77, Progetto Speciale n. 24 della Cassa per il Mezzogiorno). Complessivamente in Italia con tali iniziative sono stati rimboschiti circa 120.000 ettari (Corona et al., 2009).

I risultati dell'attività di rimboschimento, seppur diversi nelle differenti realtà territoriali, sono confermati dall'incremento della superficie boscata, tanto più significativo in regioni, come a esempio, la Sicilia e la Calabria, nelle quali maggiore era stata la contrazione della superficie boscata. In gran parte dei casi i rimboschimenti hanno corrisposto alle attese, favorendo la ricostituzione boschiva di terreni intensamente degradati e posti in condizioni ambientali oggettivamente difficili: ampie superfici denudate o comunque erose, precipitazioni nel periodo autunno-invernale caratterizzate frequentemente da alta intensità e tali da determinare una forte aggressività al suolo con conseguente dilavamento dei versanti.

Le condizioni di intensa erosione dei suoli che interessavano interi versanti e il deficit di legname di conifere determinarono un largo uso di specie del genere *pinus*, che per le loro caratteristiche bio-ecologiche, su terreni che presentavano fasi estreme di degradazione, rispondevano meglio rispetto alle specie con caratteristiche delle fasi più evolute. Scelte dettate in molte aree dal dover operare in situazioni oggettivamente difficili, per le quali era necessario affidarsi a specie che dessero garanzia di elevato attecchimento e di rapido accrescimento in modo da coprire rapidamente il suolo. Proprio perché si è trattato di interventi a grande scala, sono sfuggite quelle situazioni nelle quali le migliori condizioni pedologiche avrebbero consentito l'impiego di specie diverse dai pini (Iovino, 2003).

L'efficacia dei rimboschimenti nei confronti del dilavamento e dell'erosione superficiale dei versanti, nonché del miglioramento delle caratteristiche biologiche e fisico-chimiche del suolo è sperimentalmente dimostrata da tempo (Mancini, 1975; Stone, 1975; Dyck e Cooke, 1981). Gli effetti dei rimboschimenti possono considerarsi opposti a quelli della distruzione del bosco, ma sono più gradualmente e, per un certo periodo, non altrettanto evidenti. La gradualità è insita nel sistema: nel breve termine a una fase iniziale in cui gli effetti immediati sulla regimazione idrica e controllo dell'erosione superficiale lungo i versanti sono dovuti alle tecniche di preparazione del suolo, come nel caso di gradonamento, segue quella di protezione del suolo per la copertura delle chiome; nel lungo termine si ha un miglioramento delle caratteristiche biologiche e fisico-chimiche dei suoli, un incremento dell'infiltrazione, immagazzinamento e scorrimento in profondità, e la riduzione dell'erosione superficiale dei suoli (Iovino, 2003, 2011) (fig. 5).

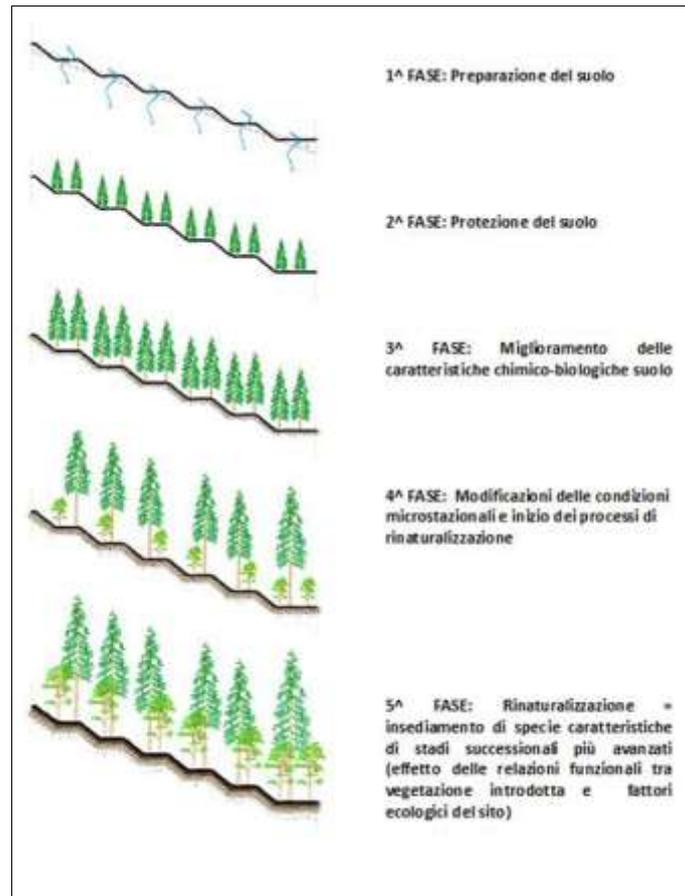


Fig. 5: Rappresentazione schematica della gradualità degli effetti dei rimboschimenti sulla regimazione idrica e sul controllo dell'erosione del versante (Iovino, 2011)

Tali elementi conferiscono peculiarità all'intervento e lo differenziano dalla realizzazione di altri tipi di coperture vegetali erbacee, arbustive e arboree, come nel caso di piantagioni per arboricoltura da legno, che per le loro caratteristiche determinano effetti spesso limitati alla semplice copertura del suolo che, per quanto efficace, non provoca effetti durevoli, come avviene invece con la restaurazione di un bosco. Se, infatti, l'efficacia dei rimboschimenti dovesse limitarsi alla sola protezione del suolo, allora di volta in volta bisognerebbe porsi il problema se optare per una soluzione anziché un'altra (Iovino, 2003).

Il rimboschimento rappresenta un input per il ripristino di un sistema naturale, cioè di un sistema biologico complesso, in grado di auto-organizzarsi e di perpetuarsi autonomamente. Ciò presuppone tempi più lunghi, utilizzazione di metodi che agevolano anche la naturale distribuzione della vegetazione forestale e di tecniche che valorizzano la peculiarità del bosco come sistema (Ciancio 2000). Un obiettivo che non si raggiunge in pochi anni o decenni ma richiede tempi più lunghi. Il susseguirsi delle fasi di preparazione del suolo, semina o piantagione e le prime cure colturali post impianto, rappresentano l'avvio di un processo i cui effetti iniziano a manifestarsi fin dai primi anni e gradatamente proseguono, tranne dove subentrano fenomeni di disturbo dovuti a cause antropiche (incendi, pascolo) o a cause naturali (Iovino, 2002).

Il popolamento arboreo realizzato dopo alcuni anni modifica le condizioni microstazionali perché varia la quantità e la qualità delle radiazioni solari, nonché la distribuzione della luce al suolo, variano anche le condizioni di temperatura e di umidità e si hanno continui apporti di sostanza organica al suolo (Corona et al., 1996; Barbati, 1999-2000). Il miglioramento del suolo avviene lentamente, spesso per le difficili condizioni pedologiche di partenza (suoli molto erosi), per la quantità di materia organica che nei giovani popolamenti non è abbondante, per la densità dei popolamenti

stessi, per la lenta decomposizione della sostanza organica e della lettiera che tende ad accumularsi sul suolo per la bassa alterabilità degli aghi, nel caso delle conifere, e/o per la modesta attività della pedofauna dovuta ai suoli fortemente degradati (Dimase e Iovino, 1996; Mancini, 1956, 1960, 1975). Tali processi rappresentano le prime relazioni funzionali tra la vegetazione introdotta e i fattori ecologici del sito e diventano più evidenti quando cominciano ad innescarsi fenomeni di rinaturalizzazione, che si manifestano con l'insediamento di specie caratteristiche degli stadi successionali più avanzati (fig. 6)



Fig. 6: Processi di rinaturalizzazione in rimboschimenti di pino laricio (foto Iovino)

La rinaturalizzazione dei rimboschimenti si configura quindi come una prosecuzione dell'attività di ricostituzione boschiva avviata nel secolo scorso, quando, come prima detto, gli interventi interessavano vaste superfici in preda ad intensi fenomeni erosivi. In molti di questi rimboschimenti sono in atto già da tempo processi di rinaturalizzazione (Iovino e Menguzzato, 2002; Corona et al., 1989; Marchetti et al., 1995; De Mas, 1993), che vanno assecondati valorizzando al massimo livello la dinamica evolutiva intrinseca attraverso un sostegno ai processi naturali, agevolando i nuclei promettenti e favorendo la rinnovazione naturale (Nocentini, 2000).

Mitigazione dell'impatto delle utilizzazioni dei boschi cedui

I boschi cedui rappresentano una parte consistente del patrimonio boschivo italiano (circa 3.700.000 ettari, pari al 42% della superficie forestale (Gasparini & Tabacchi 2011) e una importante risorsa economica per i proprietari, sia pubblici che privati (il 69%). La grande diffusione di questa forma di governo, come è noto, è dovuta ad una serie di positività legate alla facilità e alla sicurezza della rinnovazione naturale; all'adozione di turni relativamente brevi, e comunque nettamente inferiori rispetto a quelli delle fustaie; alla semplicità di gestione, che consente di avere continuità e costanza di produzione nel tempo; alla facilità di trasporto della legna o del carbone, anche in mancanza di adeguate vie di comunicazione. Di contro, sussistono alcune criticità insite nella forma di trattamento a raso del ceduo che hanno ricadute sul paesaggio, sulla biodiversità, sul bilancio idrico e sull'erosione dei suoli.

Uno dei problemi di maggiore rilievo nella gestione di questi boschi è rendere sostenibile anche in termini ambientali, la loro utilizzazione, soprattutto in relazione all'impatto del taglio finale sulla conservazione del suolo.

La ceduzione determina alterazioni sensibili del bilancio idrico, a seguito delle modificazioni che subiscono i processi traspirativi; la copertura arborea viene drasticamente ridotta e

conseguentemente si ha un aumento del contenuto di acqua nel suolo che può determinare un incremento del deflusso superficiale e una maggiore suscettività dei suoli all'erosione. Questi fenomeni possono assumere un'entità diversa in funzione delle condizioni climatiche, delle dimensioni e forma delle singole tagliate, della loro distribuzione nello spazio e nel tempo, della pendenza dei versanti, delle caratteristiche dei suoli e della maggiore o minore erodibilità di questi. Gli effetti del taglio si accentuano ulteriormente in stazioni già degradate e dove il suolo è reso ancora più vulnerabile dai fenomeni di costipamento e di alterazione degli orizzonti superficiali, spesso causati dalle attività di concentrazione ed esbosco (Murphy e Jackson, 1989; Iovino, 2007). La meccanizzazione, infatti, può determinare danni al suolo a seguito del rimescolamento degli orizzonti minerali e organici e l'eventuale trasferimento o asportazione di questi ultimi, come conseguenza dello strascico dei tronchi (Marchi e Piegai, 2001). Inoltre, si ha compattamento del suolo per la pressione esercitata dai trattori e dal rimorchio, oltre che per lo strascico del materiale legnoso e la creazione di solchi causati dal passaggio e dall'affondamento dei mezzi meccanici. Tali processi modificano le condizioni di drenaggio e di infiltrazione dell'acqua, con conseguente scorrimento superficiale delle acque meteoriche e di fenomeni erosivi localizzati e diffusi (Marchi e Certini, 2015).

Ulteriori impatti a livello di versanti sono spesso dovuti all'apertura di piste e strade con tracciati non sempre adeguati che vengono abbandonati subito dopo l'utilizzazione (fig. 7).



Fig. 7: Apertura di piste per l'utilizzazione di un ceduo. Si notino fenomeni di frane superficiali sul versante a monte di un tratto del tracciato. (Foto Iovino)

Tali tracciati, senza la necessaria manutenzione, aumentano notevolmente il rischio di dissesto idrogeologico. La concentrazione della legna lungo gli impluvi per l'esbosco, altra pratica purtroppo spesso praticata, nel caso di eventi piovosi intensi contribuisce ad aumentare notevolmente i fenomeni di erosione localizzata e trasporto solido nei corsi d'acqua (fig. 8).



Fig. 8: Ceduo di leccio subito dopo l'utilizzazione. Si notino gli effetti sui versanti dello strascico e l'impiuvio utilizzato come via di esbosco. (Foto Iovino)

L'influenza delle ceduazioni sull'idrologia e sull'erosione dei suoli non può prescindere però dalla dinamica temporale della ricostituzione della copertura arborea (fig. 9) e dalla scala a cui si considerano i fenomeni. Gli impatti relativi ad una singola tagliata vanno inquadrati in un contesto territoriale più vasto che è quello del bacino idrografico. Di conseguenza diventa fondamentale esaminare l'entità della superficie complessivamente utilizzata ogni anno e la distribuzione spaziale delle utilizzazioni all'interno dell'unità idrografica (Iovino, 2007).

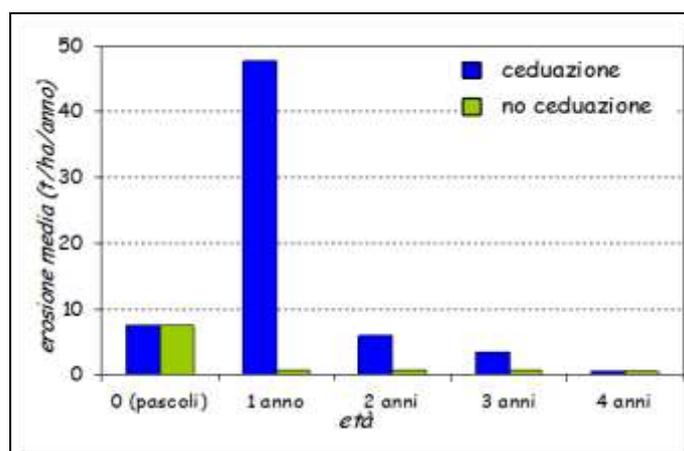


Fig. 9: Entità dell'erosione media in funzione dell'età dei soprassuoli in cedui di castagno (Da Garfi et al., 2006)

Le criticità del governo a ceduo sopra evidenziate sono da tenere in particolare considerazione, dato che ormai da alcuni decenni si sta assistendo in molte regioni dell'Italia peninsulare a una intensa attività di utilizzazione di questi boschi, soprattutto di quelli che si trovano in favorevoli condizioni di accessibilità con mezzi meccanici. Per mitigare gli effetti negativi insiti in questa forma di governo è necessario mettere in atto una serie di accorgimenti che rendano più sostenibile l'utilizzazione dei cedui, specie in quelle numerose proprietà nelle quali non è infrequente la presenza di vasti accorpamenti di particelle di una stessa classe cronologica. In questi casi diventa prioritario: a) distribuire nello spazio le singole tagliate in modo da creare soluzioni di continuità; b) limitare l'ampiezza delle superfici di ogni singola tagliata in relazione alla pendenza dei versanti; c) aumentare l'intervallo tra due utilizzazioni contigue; d) allungare il periodo di taglio per evitare che i periodi di utilizzazione non coincidano con quelli di massima concentrazione delle precipitazioni; e) rilasciare sulla tagliata gli scarti di lavorazione, per favorire l'infiltrazione di acqua nel suolo e ridurre l'erosione superficiale (Iovino e Menguzzato, 2001).

In molte realtà italiane, dove nel breve medio periodo gran parte dei cedui di proprietà private e di

comunità locali continueranno ad essere utilizzati, tali accorgimenti rappresentano parametri di sostenibilità per la loro gestione. Dove, invece, i cedui, spesso di proprietà pubblica ma anche privata, non sono più utilizzati, la conversione a fustaia, seguendo opportuni algoritmi colturali, rappresenta la scelta da privilegiare, anche per attenuare i rischi di gravi danni connessi all'abbandono del bosco: in particolare il fuoco con le relative conseguenze.

Recupero di aree degradate

Il degrado di un ecosistema si ha quando si supera la soglia di resilienza, cioè la capacità che esso ha di reagire a un disturbo. Di conseguenza i meccanismi sono lenti e non consentono più all'ecosistema di ricostruire, senza l'intervento dell'uomo, lo stato antecedente il disturbo (Quèzel e Médail, 2003).

Il pascolamento, spesso senza regole, e soprattutto gli incendi boschivi, sono le cause storiche più importanti che hanno determinato e determinano nell'area mediterranea la progressiva riduzione della superficie forestale e il degrado dei boschi. In tali situazioni se da una parte è necessario contenere le cause del degrado, dall'altra per mitigare l'impatto sull'idrologia e sull'erosione dei suoli bisogna intervenire per ripristinare l'efficienza dei boschi.

Anche se la pressione del pascolo sul bosco si è ridotta notevolmente, a seguito dello spopolamento delle aree montane avvenuto dalla metà del XX secolo, ancora oggi nelle regioni meridionali è largamente praticato e incoraggiato dalla presenza di aree pubbliche con diritti di uso civico di pascolamento.

Le conseguenze ecologiche del pascolo praticato con eccessivo carico di bestiame e in modo incontrollato si risentono anche dopo molti anni e in particolar modo riguardano:

- la capacità di rinnovazione naturale delle foreste
- il cambiamento della composizione specifica
- l'alterazione della funzionalità degli ecosistemi forestali (fig. 10).



Fig. 10: Evidenti effetti del pascolamento in boschi di leccio (Foto Iovino)

L'altra causa di degrado, oggi ancor più preoccupante rispetto al pascolo, è rappresentata dagli incendi che hanno assunto il significato di una vera e propria aggressione ai boschi, con significative conseguenze ecologiche oltre che economiche.

Gli effetti sull'ambiente sono sia diretti che indiretti e si manifestano a breve o a lungo periodo, con una grande variabilità dovuta a differenze di origine, intensità e frequenza degli eventi, alla diversità di composizione e struttura dei popolamenti forestali e alle caratteristiche dei suoli (Iovino et al., 2005).

L'impatto degli incendi sul bilancio idrologico sono ascrivibili alla modifica della copertura forestale

e delle proprietà del suolo. Queste ultime interessano i processi idrologici, le proprietà fisiche e chimiche, e la componente biologica. Diverse intensità di fuoco provocano effetti differenti, in relazione anche alle caratteristiche del suolo prima dell'evento (in particolare tipo e stato di idratazione, piogge recenti ecc.) (fig. 11).

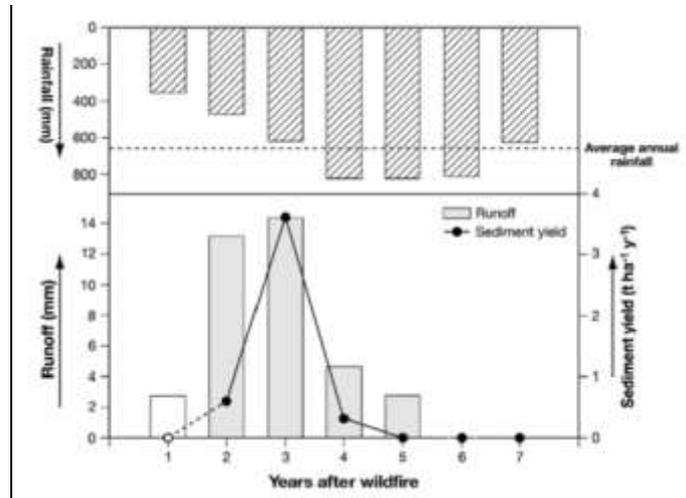


Fig. 11: Andamenti dei deflussi, precipitazioni e produzione di sedimenti in un bacino di 2,1 ha nella catena montuosa di Xortà, in Spagna (modificato da Mayor et al., 2007). (Dall'analisi degli andamenti si evince come a valle di un incendio la produzione di sedimento è notevolmente influenzata dalle precipitazioni immediatamente successive all'incendio stesso) (da Shakesby, 2011)

Quelli più evidenti, oltre al consumo della sostanza organica negli orizzonti superficiali del suolo e alla diminuzione della stabilità degli aggregati, sono legati all'insorgenza di fenomeni di repellenza e alterazione della capacità di infiltrazione (De Bano et al. 1998; Inbar et al. 1998; De Bano 2000; Robichaud 2000; Onda et al. 2008; Malkinson & Wittenberg 2011; Ebel et al. 2012; Stoof et al. 2012; Moody et al. 2013).

Risulta ampiamente riconosciuto che questi effetti si riflettono sulla risposta idrologica, con un incremento del deflusso superficiale (runoff) ed in particolare delle portate di picco (figg. 12 e 13), usualmente più rilevante rispetto all'incremento del volume totale (Hessling, 1999; McLin et al., 2001; Moody & Martin, 2001; Candela et al., 2005; Canfield et al., 2005; Shakesby, 2011).

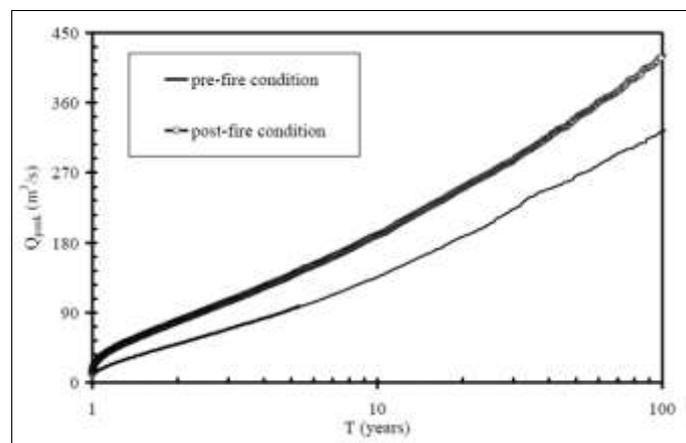


Fig. 12: Curve derivate della frequenza delle portate prima e dopo gli incendi nel bacino Asinaro (Sicilia) (Candela et al., 2005)

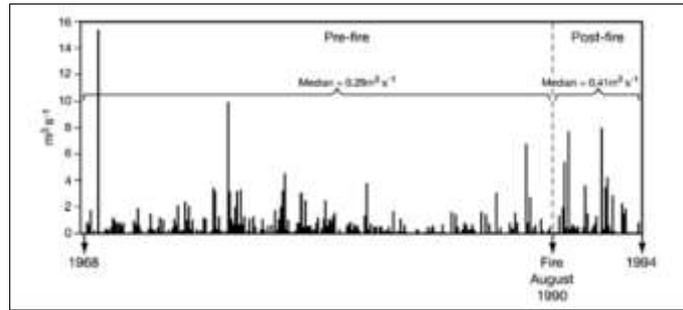


Fig. 13: Picchi di portata per eventi di pioggia > 20 mm/24 ore per periodi pre e post-incendio (bacino di Rimbaud, Francia sud-orientale (modificato da Lavabre e Martin, 1997). Si noti come, sebbene alcuni picchi individuali fossero più alti nel periodo pre-incendio, il valore mediano risulta più elevato nel periodo post incendio. (da Shakesby, 2011)

Anche gli effetti in termini di erosione del suolo sono influenzati dalla severità dell'incendio, dal tipo di suolo, dalla topografia e dall'intensità delle precipitazioni. L'incremento del tasso di erosione è generalmente correlato con il livello di severità, e, in considerazione di alcuni fattori sito-specifici, può arrivare a diversi ordini di grandezza di magnitudo.

La variazione dei parametri di comportamento del fuoco, e in particolare dell'intensità lineare del fronte di fiamma, intesa come espressione della quantità di energia emanata nell'unità di tempo per unità di lunghezza del fronte, e il suo tempo di residenza, determinano modifiche diverse nel complesso suolo-soprassuolo, ed è proprio la magnitudine di tali modifiche che funge da elemento regolatore principale dei processi idrici ed erosivi. Col trascorrere del tempo le variazioni apportate al suolo a seguito del passaggio del fuoco tendono a ridursi progressivamente fino al ripristino delle condizioni idrologiche iniziali, con un aumento della conducibilità idraulica e diminuzione del deflusso superficiale (Bovio et al., 2001). Di conseguenza, esiste un limitato intervallo temporale in cui il fuoco manifesta effetti più o meno evidenti nei riguardi dell'idrologia e dell'erosione. Tale intervallo di tempo, noto anche come tempo di rilassamento (relaxation time), può variare da poco più di un mese a diversi anni (Brown et al., 2005).

Ricostituzione *postfire*

Per mitigare gli effetti derivanti dalla totale o parziale eliminazione della copertura forestale è necessario procedere alla ricostituzione post incendio attraverso specifici interventi selvicolturali idonei a favorire le capacità intrinseche di recupero dell'ecosistema danneggiato. La ricostituzione post incendio è un problema complesso perché dipende dalle interazioni fra innumerevoli variabili non solo fisiche e biologiche ma anche economiche e sociali. Infatti gli interventi devono tener conto del tipo di incendio, del comportamento del fuoco, degli effetti del passaggio del fronte di fiamma, delle condizioni pedoclimatiche del sito. Sono differenziati e attuati in funzione: a) dell'intensità dell'incendio, b) della gravità delle conseguenze, c) dell'estensione delle aree bruciate e della ricorsività del disturbo, d) della tipologia fisionomica e strutturale dei popolamenti di origine. Devono, inoltre, valutare anche la salvaguardia del paesaggio forestale peculiare del territorio.

Le modalità di ricostituzione possono seguire due strategie: per via naturale e per via artificiale. La prima si basa sulla fiducia nei meccanismi naturali di recupero degli ecosistemi e non deve in alcun modo forzarne l'evoluzione verso modelli precostituiti.

Sul piano operativo la ricostituzione per via naturale sostanzialmente può seguire due strade:

1. il non intervento;
2. interventi a sostegno delle dinamiche naturali.

La scelta tra queste due opzioni dipende da una serie di considerazioni relative a: caratteri della stazione (giacitura, pendenza, suolo, accessibilità); caratteri della vegetazione prima del passaggio del fuoco (composizione, struttura, età); tipo e intensità dell'incendio; caratteri della superficie

interessata dall'incendio (dimensione, forma); condizioni dopo l'incendio (grado di danneggiamento della vegetazione, del suolo, presenza di elementi o aggregati che possano fungere da memoria ecologica); eventuali vincoli derivanti dalla presenza di aree protette, ecc.

Il non intervento consiste nel lasciare alla libera evoluzione il sistema dopo il passaggio del fuoco. Questa scelta appare la più indicata quando:

- la stazione presenta pendenze accentuate insieme a suoli facilmente erodibili, soprattutto a seguito di incendi di forte intensità che aumentano il rischio di erosione;
- il tipo di vegetazione interessata dall'incendio è rappresentata dalle varie fasi di sviluppo della macchia mediterranea, dall'arbusteto alla macchia bassa;
- l'incendio è stato di bassa intensità e le piante hanno subito danni ridotti alle chiome;
- la zona percorsa dal fuoco si trova all'interno di aree di riserva integrale, dove la pianificazione prevede l'esclusione di qualsiasi forma di attività antropica;
- il fuoco ha percorso superfici limitate o di forma molto frastagliata, tali da garantire un elevato rapporto margine-superficie.

In questi casi è necessario proteggere il sito da altri eventi perturbativi quali il pascolo e il ritorno del fuoco.

Gli interventi a sostegno delle dinamiche naturali di riorganizzazione degli ecosistemi forestali dopo l'incendio riguardano sostanzialmente interventi colturali finalizzati a favorire l'insediamento e/o lo sviluppo della rinnovazione delle specie arboree. Si basano sulla distinzione operata dagli ecologi del fuoco fra specie "sprouter" e specie "seeder" o "non sprouter" che si traduce, nella pratica forestale, nella distinzione fra due forme di governo: il ceduo e la fustaia (Iovino et al., 2005). Conseguentemente le tecniche per il recupero per via naturale dei soprassuoli percorsi dal fuoco seguiranno due strategie diverse in relazione alla composizione specifica e alla forma di governo precedente il passaggio del fuoco.

Le prime riformano il modulo arboreo danneggiato a seguito dell'incendio con l'emissione di ricacci da gemme latenti e/o protette, localizzate su radici, ceppaie, branche. Le seconde sono le specie che si rinnovano esclusivamente per via gamica, costituendo banche del seme nei primi centimetri del suolo e/o nella chioma, o provenienti da zone limitrofe. Sono le strategie messe in atto da alcune specie del genere *Pinus*.



Fig. 14: Versanti con intensi fenomeni di erosione a seguito del ripetuto passaggio del fuoco (Foto Iovino)

La ricostituzione per via artificiale è, invece, una strada che dovrebbe essere seguita nelle situazioni dove l'intensità dell'incendio rende difficile la ricolonizzazione delle stesse specie e nelle aree dove si sono susseguiti ripetuti passaggi del fuoco sulla stessa superficie (fig. 14). In questi casi per

contenere le condizioni di estremo degrado del suolo è necessario procedere al rimboschimento o al recupero del sito integrando i rimboschimenti con le tecniche dell'ingegneria naturalistica. La definizione degli interventi richiede una pianificazione degli stessi stabilendo le priorità in funzione della severità dell'incendio. La severità esprime le variazioni e gli effetti conseguenti all'impatto del fuoco sull'ecosistema (Cocke et al., 2005) e presenta un'elevata eterogeneità all'interno dell'area percorsa (fig. 15).



Fig. 15: L'eterogeneità della severità dell'incendio all'interno di aree percorse dal fuoco richiede una pianificazione degli interventi di recupero (Foto Iovino)

La sua caratterizzazione, pertanto, è un elemento importante per definire necessità e indirizzi sulle modalità di ripristino

Per questo tipo di indagine sempre più spesso si fa ricorso all'analisi di immagini satellitari multispettrali con diverse risoluzioni spaziali e temporali, sia al visibile che all'infrarosso, in combinazione con la cartografia disponibile, utilizzando Sistemi Informativi Geografici (GIS), con lo scopo principale di produrre una cartografia tematica delle aree percorse, dei tipi di uso del suolo che sono stati maggiormente colpiti e dei livelli di severità, quali principali elementi di cui tenere conto per progettare gli interventi di ricostituzione.

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Negli ultimi anni si sono susseguiti numerosi fenomeni di dissesto idrogeologico, nelle sue differenti manifestazioni, peraltro aggravati da fattori di tipo climatico, attribuibili all'assenza di manutenzione e di cura del territorio montano e alla forte antropizzazione delle aree di pianura. L'insieme di questi fenomeni da un lato ha evidenziato la vulnerabilità del territorio italiano, dall'altro ha individuato la necessità di una rinnovata strategia che porti a superare la logica dell'emergenza per passare a quella della prevenzione.

La gestione forestale secondo i principi della sostenibilità valorizza beni e servizi legati alle funzioni ecologiche del bosco, considerato come presidio per la sicurezza del territorio e componente della qualità ambientale. Con le attività selvicolturali e la loro organizzazione spazio-temporale, promuove azioni di manutenzione a presidio degli stessi territori da parte delle Comunità locali, fornendo un contributo fondamentale nelle strategie di prevenzione, perché interviene sulle cause di innesco e sulla mitigazione dei fenomeni di dissesto idrogeologico.

La definizione puntuale degli interventi da attuare è necessario sia affidata agli strumenti di

pianificazione forestale a diversa scala e alla concreta integrazione anche con la pianificazione di bacino. I piani di gestione forestale e gli strumenti analoghi basati sui principi della gestione sostenibile delle foreste sono fondamentali per un'offerta equilibrata di molteplici beni e servizi e sono un elemento centrale sia della strategia UE 2020 per la biodiversità, sia dei fondi UE per lo sviluppo rurale. La strategia è incentrata su questi piani e strumenti e ne promuove e sostiene l'uso⁹. Negli orientamenti strategici dell'area prioritaria 3.3.4 è esplicitamente fatto riferimento alla integrazione tra la pianificazione forestale e quella di bacino. La pianificazione forestale permette di individuare e sottoporre a tutela, differenziandone la gestione, le formazioni più vulnerabili ai processi degradativi (es. boschi posti in zone a elevato rischio di erosione, boschi ad elevato rischio di incendi, ecc.) e quelle strategiche per il normale deflusso dei corsi d'acqua (es. aree ripariali). Consente, inoltre, di individuare le aree degradate, in particolare quelle a rischio desertificazione, da recuperare con interventi selvicolturali. (Iovino e Nocentini, 2015).

Bibliografia

Alila Y., Kuras P. K., Schnorbus M., Hudson R.: *Forests and floods: A new paradigm sheds light on age-old controversies*. Water Resour. Res.; 45, W08416, doi: 10.1029/2008WR007207, 2009.

Andréassian V.: *Waters and forests: from historical controversy to scientific debate*. Journal of Hydrology ; 291: 1–27, 2004.

AA.VV.: *Selvicoltura nelle foreste di protezione – Esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e Valle d'Aosta*. Compagnia delle foreste S.r.l.; Arezzo pp 220, 2006.

Bagarello V., Ferro V.: *Erosione e conservazione del suolo*. McGraw-Hill. Collana istruzione scientifica. Serie ambiente e territorio Milano; p 539, 2006.

Barbati A.: *La rinaturalizzazione dei rimboschimenti di Monte Morello: metafora di piano attendendo una teoria di autorganizzazione*. Elaborato finale Tesi di Dottorato in Economia e Pianificazione Forestale. XIII Ciclo; 1999-2000.

Barneschi M., Preti F.: *Cap.15 Regimazione dei deflussi*. Materiale didattico del corso di Ingegneria Forestale. A.A. 2003-2004; I Edizione, 2004.

Bianchi L., Calamini G.: Gregori E., Paci M., Tani A., Zorn G.: *Valutazione degli effetti del rimboschimento in zone aride della Sardegna. Modificazioni ambientali relative ai processi di desertificazione*. L'Italia Forestale e Montana; 1 47-66, 2005.

Bosch JM, Hewlett JD.: *A review of catchment experiments to determine the effects of vegetation changes on water yield and evaporation*. Journal of Hydrology; 55: 3- 23, 1982.

Bovio G., Callegari G., Camia A., Francesetti A., Iovino F., Porto P., Veltri A.: *Prove sperimentali per*

⁹ COM (2013) 659 final/2 3.3 Una nuova strategia forestale dell'Unione europea: per le foreste e il settore forestale. Otto aree prioritarie interconnesse: un valore aggiunto per tutti. 3.3.4 Proteggere le foreste e migliorare i servizi ecosistemici. Gli Stati membri sono chiamati a preservare e migliorare le superfici boschive al fine di garantire la protezione del suolo e una regolamentazione qualitativa e quantitativa delle acque integrando pratiche sostenibili in ambito forestale nei programmi di misure dei piani di gestione dei bacini idrografici di cui alla direttiva quadro sulle acque e nei programmi per lo sviluppo rurale

valutare l'impatto degli incendi boschivi sull'idrologia superficiale e sull'erosione dei suoli (primi risultati). *L'Italia Forestale e Montana*; 4:233-256, 2001.

Brang P., Schönenberger W., Ott E.: *Forests as protection from natural hazards*. In: Evans, J. (Ed.), *The Forests Handbook*, Vol. 2. Blackwell Science, Oxford; 53-81, 2001.

Brown A. E., Lu Zhang, McMahonc T. A., Western Andrew W., Vertessy Robert A.: *A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation*. *Journal of Hydrology* 310 (2005) 28–61, 2005.

Burch G.J., Bath R.K., Moore I.D., O'Loughlin E.M.: *Comparative hydrological behaviour of forested and cleared catchments in southeastern Australia*. *Journal of Hydrology*; 90: 19-42, 1987.

Callegari G., Iovino F., Veltri A.: *Influenza dei diradamenti sul processo di intercettazione in rimboschimenti di pino laricio*. *Atti III Congresso SISEF*; 143-146, 2001.

Candela A., Aronica G., Santoro M.: *Effects of Forest Fires on Flood Frequency Curves in a Mediterranean Catchment/Effets d'incendies de forêt sur les courbes de fréquence de crue dans un bassin versant*. *Méditerranéen, Hydrological Sciences Journal*, 50:2, -206; DOI: 10.1623/hysj.50.2.193.61795, 2005.

Canfield HE, Goodrich DC, Burns IS: *Application of models to predict post-fire runoff and sediment transport at the watershed scale in southwestern forests*. In: *Proceedings of the "2005 Watershed Management Conference - Managing Watersheds for Human and Natural Impacts: Engineering, Ecological, and Economic Challenges"* (Moglen GE ed). American Society of Civil Engineers, Reston, VA, USA; pp. 1-12, 2005.

Cantore V., Iovino F., Puglisi S.: *Influenza della forma di governo sui deflussi liquidi e solidi in piantagioni di eucalitti*. *L'Italia Forestale e Montana*, Firenze; 5: 463-477, 1994.

Chauvin C., Renaud J.P., Rupe C., Leclerc D.: *Stabilité et gestion des forêts de protection*. *Bulletin Technique Office National des Forêts* ; 27: 37-52, 1994.

Ciancio O.: *Gestione forestale e sviluppo sostenibile*. *Atti del Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani*. Venezia, 24-27 giugno 1998, vol. 3: 131-187, 1998.

Ciancio O.: *Selvicoltura e arboricoltura da legno*. In *Atti della Tavola rotonda su: "Selvicoltura ed arboricoltura da legno: quale gestione?"* Collana Sicilia Foreste 7. Supplemento alla Rivista trimestrale Sicilia Foreste. Officine Grafiche Riunite; Palermo 13-16, 2000.

Ciancio O, Iovino F.: *I sistemi forestali e la conservazione del suolo*. I Georgofili. *Atti dell'Accademia Italiana dei Georgofili*. Anno 1994. "Global Change" Il verde per la difesa ed il ripristino ambientale. IV giornata: le piante, la regimazione delle acque e i dissesti idrogeologici. *Settima Serie-XLI*: 85-146, 1995.

Ciancio O., Nocentini S.: *Systemic silviculture: scientific and technical consequences*. *L'Italia Forestale e Montana*; 51 (2): 112-130, 1996.

- Cocke A.E., Fulé P.Z., Crouse J.E.: *Comparison of burn severity assessments using Differenced Normalized Burn Ratio and ground data*. International Journal of Wildland Fire; 14: 189–198, 2005.
- Cognard-Plancq A.L., Marc V., Didon-Lescot J.F., Normand M.: *The role of forest cover on streamflow down sub Mediterranean mountain watersheds: a modelling approach*. Journal of Hydrology; 254: 229-243, 2001.
- Colpi C., Fattorelli S.: *Effetti idrologici dell'attività primaria in montagna*. Dendronatura; 57 pp, 1982.
- Commissione Europea: *Una nuova strategia forestale dell'unione europea: per le foreste e il settore forestale*. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni. 659 FINAL/2 p18, 2013.
- Corona P., Ducoli V., Eccher A., Ferrara A., Papitto P.: *Analisi multivariata delle formazioni forestali del Parco Naturale Regionale dei Monti Simbruini*. Monti e Boschi; 4: 41-47, 1989.
- Corona P., Lucci S., Iovino F.: *La gestione dei sistemi forestali nella conservazione del suolo. Seconda parte: Strategie operative e pianificazione forestale*. Linea Ecologica, 4: 4-15, 1996.
- Corona P., Ferrari B., Iovino F., La Mantia T., Barbati A.: *Rimboschimenti e lotta alla desertificazione in Italia*. Aracne Editrice; Roma 282pp, 2009.
- Cosandey C., Andressian V., Martin C., Didon Lescot J.F., Lavare J., Folton N., Mathys N., Richard D.: *The hydrological impact of the Mediterranean forest: a review of french research*. Journal of Hydrology; 301: 235-249, 2005.
- Dalla Fontana G.: *Il contributo della foresta alla mitigazione della vulnerabilità del territorio. Parchi*. Rivista del Coordinamento Nazionale dei Parchi e delle Riserve Naturali; 19:56-63, 1996.
- DeBano L.F., Neary D.G., Ffolliott P.F.: *Fire's Effects on Ecosystems*. John Wiley & Sons, New York; 159–196, 1998.
- DeBano L.F.: *The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review*. Journal of Hydrology; 231–232: 195–206, 2000.
- De Mas G.: *Tecniche selvicolturali nel restauro ambientale. L'esempio della rinaturalizzazione di aree rimboschite con pino nero*. Monti e Boschi, 1: 16-22, 1993.
- De Philippis A.: *La copertura forestale e la difesa del suolo*. Istituto di Tecnica e Propaganda Agraria. Roma, 1970.
- Dimase A.C.; Iovino F.: *I suoli dei bacini idrografici del Trionto, Nicà e torrenti limitrofi (Calabria)*. Pubblicazioni della Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze; 112 pp, 1996.
- Diodato N.: *Modelling net erosion responses to enviroclimatic changes recorded upon multiseccular timescales*. Geomorphology 80 (2006); 164–177, 2006.
- Dyck W.J., Cooke J.G.: *Exotic forestry and its effect on water quality*. In Proceedings of a Seminar on

The Waters of the Waikato. University of Waikato, New Zealand; Vol.1:63-84, 1981.

Dudley N., Stolton S.: *Running pure: The importance of Forest Protected Areas to Drinking*. Water. WWF and World Bank, Gland, Switzerland and Washington; DC. p103, 2003.

Ebel B.A., Moody J.A., Martin D.A.: *Hydrologic conditions controlling runoff generation immediately after wildfire*. Water Resources Research; 48. <http://dx.doi.org/10.1029/2011WR011470W03529>, 2012.

Fattorelli S.: *Indagini idrologiche in tre piccoli bacini delle valli Giudicarie*. Annali del Centro di Economia Montana delle Venezie; X: 265-293, 1976.

Fattorelli S.: *Ricerche idrologiche in tre piccoli bacini delle Valle Giudicarie*. Quaderni di Idronomia Montana; 1: 11-30, 1982.

Ferrari E., Callegari G., Iovino F., Veltri A.: *Influenza della copertura forestale e impatto degli interventi selvicolturali sulla risposta idrologica in un bacino sperimentale della Calabria*. 28° Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche. Potenza 16/19 settembre 2002. Editoriale Bios Cosenza. Volume V:355-365, 2002.

Ferrari E., Iovino F., Veltri A.: *Bosco e ciclo dell'acqua: aspetti metodologici ed applicativi*. In "Tecniche per la difesa dall'inquinamento" A cura di Giuseppe Frega. Editoriale Bios; Cosenza: 645-660, 2004.

Fournier M., Stokes A., Coutand C., Fourcaud T., Moulia B.: *Tree biomechanics and growth strategies in the context of forest functional ecology*. In: Herrel, A., Speck T. (Eds.), Ecology and Biomechanics: A Mechanical Approach to the Ecology of Animals and Plants. CRC Taylor & Francis, Boca Raton, 2006.

Frei M., Böll A., Graf F., Heinimann H.R., Springmann S.: *Quantification of the influence of vegetation on soil stability*. In: Proceedings of the International Conference on Slope Engineering, Hong Kong, Department of Civil Engineering, The University of Hong Kong; pp. 872–877, 2003.

Gabrielli F.: «*La società dei rischi e delle emergenze*» *Riflessioni sulla protezione civile in Calabria*. Lectio Magistralis, Inaugurazione 43° Anno Accademico Università della Calabria. Arcavacata di Rende (CS); 20 gennaio 2015.

Garfi G., Veltri A., Callegari G., Iovino F.: *Effetti della ceduzione sulle perdite di suolo in popolamenti di castagno della Catena Costiera Cosentina (Calabria)*. L'Italia Forestale e Montana; Vol. 61, 6: 507-531, 2006.

Gasparini P., Tabacchi G.: *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi forestali di Carbonio INFC 2005. Metodi e Risultati*. MiPAAF-CFS-CRAMPF. Edagricole, Milano, pp. 653, 2011.

Gray D.H., Megahan W.F.: *Forest vegetation removal and slope stability in the Idaho Batholith*. USDA – Forest Service, Ogden UT Intermountain Forest and Range Experiment Station; Res. Pap. INT 271, 1981.

Hessling M.: *Hydrological modelling and pair basin study of Mediterranean catchments*. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere; 24 (1-2): 59-63, 1999. - doi: 10.1016/S1464-1909(98)00012-4

Hewlett J.D., Hibbert A.R.: *Factors affecting the response of small watersheds to precipitations in humid areas*. In: "International Symposium on Forest Hydrology", Pennsylvania State University, 29/8-10/9/1965. Pergamon Press, Oxford & NY; pp. 275-290, 1967.

Iovino F.: *I rimboschimenti e le piantagioni da legno nel recupero dei territori montani*. In: "La progettazione di opere idrauliche in zona montana" a cura di Ugo Maione, Armando Brath, Paolo Mignosa. Atti del corso di aggiornamento 7-11 ottobre 2002. Politecnico di Milano. Editoriale Bios; Cosenza: 297 – 329, 2003.

Iovino F.: *Analisi dell'uso del suolo e linee operative di gestione forestale sostenibile per mitigare la vulnerabilità del territorio di Pizzo d'Alvano (Campania)*. Quaderni del Camilab, Laboratorio di Cartografia Ambientale e Modellistica Idrogeologica Università della Calabria, Dipartimento di Difesa del Suolo, Volume 2, 64 pp, 2007.

Iovino F.: *Ruolo della selvicoltura nella conservazione del suolo*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 425-436, 2009.

Iovino F.: *Influenza del bosco sulla regimazione idrica*. In: tecniche per la difesa dall'inquinamento. A cura di G. Frega. Atti 32° Corso di Aggiornamento, 15-18 giugno 2011. EdiBios, Cosenza: 223-252, 2011.

Iovino F., Menguzzato G.: *Valorizzazione colturale dei boschi cedui dell'Italia Meridionale*. L'Italia Forestale e Montana, 5:362-376, 2001.

Iovino F., Menguzzato G.: *Rimboschimenti in Calabria: Storia e significato*. In Rimboschimenti e piantagioni nelle trasformazioni del paesaggio. A cura di P. Corona e M. Marchetti. Quaderno 15 IAED. Edizioni Papageno; 111-122, 2002.

Iovino F., Nocentini S.: *Selvicoltura e tutela del territorio*. Proceedings of the Second International Congress of Silviculture Florence, November 26th - 29th 2014.); Vol .I: 226-235, 2015.

Iovino F., Menguzzato G., Nocentini S.: *Forest fire management in Italy and in the mediterranean basin*. Cooperation Days. International Symposium on Forest Fires. Experience from the Italian Cooperation. Prevention and active fight in the Mediterranean. Reggio Calabria, Italy, 24-25 November 2004. Calabria Regional Council, Nucleo di Ricerca sulla Desertificazione Università di Sassari. <http://nrd.uniss.it/>,2005.

Iovino F., Puglisi S.: *Il bacino strumentato Bonis tributario del torrente Cino nel versante ionico silano (Calabria)*. Quaderni di Idronomia Montana; 9: 159-169, 1989.

Iovino F., Puglisi S.: *L'aménagement des reboisements de protection. Un cas d'étude*. Contributo volontario presentato al X World Forest Congress Paris 1990. Proceedings; Vol.2:276, 1990.

Inbar M., Tamir M., Wittenberg L.: *Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area*. *Geomorphology* 24: 17–33, 1998.

INFC: *Le stime di superficie 2005*. Tabacchi G., De Natale F., Di Cosmo L., Floris A., Gagliano C., Gasparini P., Salvadori L., Scrinzi G., Tosi V. (a cura di) *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio*. MIPAF – Ispettorato Generale Corpo Forestale dello Stato, CRA - ISAFSA, Trento. www.infc.it, 2007.

ISPRA: *Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo e forestale*. ISPRA, Manuali e Linee Guida 85/2013 Tipografia Tiburtini S.r.l. Roma; 98 p, 2013. *Italiasicura Progettare L' Italia sicura*, Roma 13 dicembre 2017 *Italia sicura governo.it/site/home/dissesto/piano/documento1041.html*, 2017.

Lastoria B., Piva, Bussetini M., Monacelli G.: *Note sulla compilazione del Database Access conforme agli SCHEMA per il reporting della Dir. 2007/60/CE art. 7: Piani di Gestione del Rischio Alluvioni*. ISPRA - Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine. Versione gennaio 2016. http://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/Piani_gest.html, 2016.

Leone U.: *Dissesto idrogeologico*. Editoriale. *Quadrimestrale di analisi e monitoraggio ambientale*. Numero 3: 2-4, giugno, 2012.

Malkinson D, Wittenberg L.: *Post fire induced soil water repellency - modeling short and long-term processes*. *Geomorphology*; 125: 186-192. - doi: 10.1016/j.geomorph.2010.09.014, 2011.

Mayor A.G., Bautista S., Llovet J., Bellot J.: *Post-fire hydrological and erosional responses of a Mediterranean landscape: seven years of catchment-scale dynamics*. *Catena*; 71, 68–75, 2007.

Mancini F.: *Contributo alla geopedologia della Macchia di Migliarino (Pisa)*. *Accademia Italiana di Scienze Forestali*; Firenze: 5 – 35, 1956.

Mancini F.: *Modificazioni del suolo per effetto dei rimboschimenti*. *Accademia Italiana di Scienze Forestali*, Firenze; 3 – 25, 1960.

Mancini F.: *Qualche parola sulla evoluzione del suolo e la sua conservazione a seguito dei rimboschimenti*. *Informatore Botanico Italiano*; Volume VII (1): 58 – 69, 1975.

Marchetti M.; Campaiola F.; Lozupone G.: *Progettazione di interventi colturali nei rimboschimenti di pino nero dell'appennino laziale*. *Atti La progettazione ambientale nei sistemi agroforestali.*, IAED:102-114, 1995.

Marchi E., Certini G.: *Impatti ambientali delle utilizzazioni forestali e strategie di mitigazione*. *Proceedings of the Second International Congress of Silviculture Florence, November 26th - 29th 2014*; Vol. I: 48-453, 2015.

Marchi E., Piegai F.: *Sistemi di utilizzazione forestale a basso impatto ambientale*. *L'Italia Forestale e Montana*; 56 (6): 477-490, 2001.

MCPFE: Fifth Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. *Forests for quality of*

life. Resolution 2 Forests and Water; Varsavia, 2007.

Markart G., Perzl F., Kohl B., Luzian R., Kleemayr K., Ess B., Mayerl J.: *Analysis of flooding events and mass movements in selected communities of Vorarlberg*. 22nd and 23rd august 2005 BFW-Dokumentation 5/2007. 45pp, 2007.

McLin S.G., Springer E.P., Lane L.J.: *Predicting floodplain boundary changes following the Cerro Grande wildfire*. Hydrological Processes; 15 (15): 2967-2980. - doi: 10.1002/hyp.385, 2001.

MIPAAF – Rete Rurale Nazionale 2014-2020: *Prevenzione del Dissesto Idrogeologico*. Convegno: Forum Nazionale delle Foreste Tutela e valorizzazione del patrimonio forestale italiano. Report di sintesi Tavolo 9; Roma dicembre 2016. forestern@politicheagricole.it, 2016.

Moody J.A., Shakesby R.A., Robichaud P.R., Cannon S.H., Martin D.A.: *Current research issues related to post-wildfire runoff and erosion processes*. Earth-Science Reviews 122: 10-37, 2013. doi:10.1016/j.earscirev.2013.03.004.

Moody J.A., Martin D.A.: *Post-fire, rainfall intensity-peak discharge relations for three mountainous watersheds in the western USA*. Hydrological Processes; 15: 2981-2993, 2001. doi:10.1002/hyp.386

Motta R., Haudemand J.C.: *Protective forests and silvicultural stability. An example of planning in the Aosta Valley*. Mountain Research and Development; 20: 180-187, 2000.

Murphy G., Jackson R.J.: *Water regime changes resulting from soil disturbance through mechanisation of forest operations*. ECE/ILO/FAO Joint Committee on forest working techniques and training of forest workers. Louvan-la-Neuve, 1989.

Negishi J.N., Sidle R.C., Noguchi S., Nik A.R., Stanforth R.: *Ecological roles of roadside fern (Dicranopteris curranii) on logging road recovery in peninsula Malaysia: preliminary results*. Forest Ecology and Management. 224: 176-186, 2006.

Nocentini S.: *La rinaturalizzazione dei sistemi forestali: aspetti concettuali*. L'Italia Forestale e Montana; 4:211-218, 2000

Nocentini S.: *La rinaturalizzazione come strumento di recupero dei sistemi forestali semplificati nell'Italia Meridionale*. L'Italia Forestale e Montana; 56 (5): 344-35, 2001.

Noguchi S., Tsuboyama Y., Sidle R.C., Hosoda I.: *Subsurface runoff characteristics from a forest hillslope soil profile including macropores*. Hitachi Ohta, Japan. Hydrol. Process. 15: 2131–2149, 2001. doi: 10.1002/hyp.278

Onda Y., Dietrich W.E., Booker F.: *Evolution of overland flow after a severe forest fire*. Point Reyes, California. Catena 72: 13–20, 2008.

Pagliai M.: *Rischi ambientali, sociali ed economici derivati da una non gestione del suolo*. www.georgofili.info, 2017.

Penna D., Borga M., Dalla Fontana G.: *Distribuzione del contenuto idrico del suolo: analisi a scala di*

versante in ambiente alpino. IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria. Ischia Porto, 12-16 settembre. Memoria n. 3-6, 2009.

Pircher G., Broll M.: *I lariceti di protezione in Val Venosta (Bz). Sfida selvicolturale in un contesto di impatti negativi*. Proceedings of the Second International Congress of Silviculture Florence, November 26th - 29th 2014; Vol.I: 263-268, 2015.

Preti F.: *Forest protection and protection forest: Tree root degradation over hydrological shallow landslides triggering*. Ecological Engineering; 61P: 633– 645, 2013.

Preti F., Forzieri G., Chirico G.B.: *Forest cover influence on regional flood frequency assessment in Mediterranean catchments*. Hydrol. Earth Syst. Sci. 15, 3077–3090, 2011. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-15-3077-2011> www.hydrol-earth-syst-sci.net/15/3077/2011.

Puglisi S.: *Attualità delle sistemazioni idraulico-forestali in un mondo che cambia*. L'Italia Forestale e Montana; 5:331-352, 2003.

Quèzel P., Médail F.: *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Paris 571pp, 2003.

Reubens B., Poesen J., Danjon F., Geudens G., Muys B.: *The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: a review*. Trees, 21:385-402, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-007-0132-4>.

Rickli C., Graf F.: *Effects of forests on shallow landslides – case studies in Switzerland*. For. Snow Landsc. Res. 82, 1: 33–44, 2009.

Robichaud P.R.: *Fire effects on infiltration rates after prescribed fire in northern Rocky Mountain forests, USA*. Journal of Hydrology; 231–232: 220–229, 2000.

Romano R., Plutino M. Licciardo F.: *Libro Bianco sui Boschi d'Italia, il futuro del settore forestale*. Rapporto Rete Rurale Nazionale 2014-2020; Scheda 22.1, 2018.

Sakals M.E., Innes J.L., Wilford D.J., Sidle R.C., Grant G.E.: *The role of forests in reducing hydrogeomorphic hazards*. Forest Snow; Landscape Research. 80, 1: 11–22, 2006.

Schönenberger W.: *Adapted Silviculture in Mountain Forests in Switzerland*. In IUFRO Inter-Divisional Seoul Conference, Seul; 142-147, 1998.

Schönenberger W.: *Silvicultural problems in subalpine forests in the Alps*. In: Price M.F., Butt N., (Eds.), Forest in sustainable Mountain development: a state of knowledge report for 2000. CABI, Wallingford; 197-203, 2000.

Schönenberger W., Brang P.: *Silviculture in mountain forests*. In: Burley J., Evans J., Younquist J. (eds) Encyclopedia of Forest Sciences. Amsterdam, Elsevier; 1085–1094, 2004.

Sidle R.C.: *A theoretical model of the effects of timber harvesting on slope stability*. Water Resources Research 28 (7): 1897-1910, 1992.

Scrinzi G., Gregori E., Giannetti F., Galvagni D., Zorn G., Colle G., Andrenelli M.: *Un modello di valutazione della funzionalità protettiva del bosco per la pianificazione forestale: la componente stabilità dei versanti rispetto ai fenomeni franosi superficiali*. *Forest@* 3 (1): 98-155, 2006. [online] URL: <http://www.sisef.it/>

Shakesby R.A.: *Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions*. *Earth-Science Reviews*; 105 71–100, 2011.

Stoof C.R., Vervoort R.W., Iwema J., van den Elsen E., Ferreira A.J.D., Ritsema C.J.: *Hydrological response of a small catchment burned by experimental fire*. *Hydrology and Earth System Sciences*; 16: 267–285, 2012.

Stone E.L.: *Effects of species on nutrient cycles and soil change*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 271: 149-162, 1975.

Susmel L.: *La difesa del suolo*. Italia Nostra; n° 10. Milano, 1971.

Todini E.: *Il ruolo del bosco nel ciclo idrologico*. Materiale didattico, Bologna; 131 p., 1989.

Travaglini D.: *Più boschi in Italia. Strategie e opportunità*. *Natura*; Vol. 96, pp. 12-14, 2017.

Vazken A.: *Waters and forests: from historical controversy to scientific debate*. *Journal of Hydrology*; 291: 1–2, 2004.

Veltri A., Ferrari E.: *Influenza del bosco nella mitigazione delle piene*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali; Firenze. 511-516, 2009.

STIMA DELL'AGGRESSIVITÀ DELLA PRECIPITAZIONE IN REGIONE CAMPANIA MEDIANTE DATI PLUVIOMETRICI GIORNALIERI

M. De Falco, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Napoli Federico II

C. Allocca, Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

G.B. Chirico, Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

P. Nasta, Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

M. Palladino, Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

N. Romano, Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

Sommario

L'erosione idrica del suolo dipende da fattori naturali e da azioni antropiche, ed è notevolmente influenzata dalla aggressività della precipitazione (erosività). Per valutazioni accurate di questo fattore climatico è necessario disporre di ampie serie storiche di dati di pioggia con aggregazione sub-oraria che, purtroppo, sono invece disponibili solo per un numero ridotto di stazioni, peraltro spesso distribuite in modo poco uniforme su un territorio di interesse. L'ammmodernamento delle reti pluviometriche con sensori automatici ha reso più agevole disporre di tali informazioni, ma solo per gli ultimi 10-15 anni. Pertanto, soprattutto per scopi tecnico-applicativi, è necessario ricorrere a metodi di stima semplificati che utilizzano principalmente dati di pioggia giornaliera, solitamente più numerosi e rilevati in stazioni ben distribuite spazialmente. Dal punto di vista operativo, è altresì necessario fornire indicazioni circa il grado di incertezza associata all'uso di relazioni empiriche semplificate rispetto a metodi più rigorosi. In questo studio sono stati aggiornati i dati di pioggia giornaliera utili per la Regione Campania e sono state utilizzate tre diverse espressioni empiriche per stimare l'indice di erosività della precipitazione. I risultati ottenuti sono stati confrontati con quelli relativi a una tecnica più accurata e hanno confermato l'importanza di analizzare i caratteri di erosività in termini stagionali. Le analisi hanno anche consentito di identificare i periodi dell'anno in cui sono da attendersi maggiori incertezze nelle stime semplificate dell'aggressività della precipitazione.

1. PREMESSE

Il territorio è soggetto a continue perturbazioni per effetto di agenti naturali e attività antropiche che possono favorire e anche esaltare processi di degrado ovvero processi regressivi della produttività e della funzionalità di un determinato ambiente (Blanco & Lal, 2008). In questo studio si attribuisce alla parola "territorio" un concetto essenzialmente dinamico-funzionale considerandolo come quel particolare ambiente fisico in cui esercitano influenza le complesse interazioni fra morfologia, clima, pedologia, idrologia e vegetazione. I cambiamenti climatici, ma soprattutto alcune alterazioni riscontrate nei caratteri di stagionalità del clima Mediterraneo, stanno influenzando l'evoluzione di fenomeni di degrado del territorio e quelli agro-forestali collinari e montani dell'Europa mediterranea hanno subito negli ultimi anni diversi e profondi cambiamenti, accompagnati da fenomeni di degrado (come l'erosione e la salinizzazione del suolo, le frane e gli incendi boschivi), che spesso hanno determinato una ridotta capacità delle aree rurali di produrre "beni e servizi ambientali". Molte delle dinamiche di degrado riscontrate negli ultimi decenni in queste zone sono state in parte causate dalle mutate condizioni socio-economiche del dopoguerra, che hanno indotto rapidi cambiamenti di uso del suolo anche in conseguenza

dell'abbandono delle aree agro-forestali in favore delle zone urbanizzate e industrializzate, ma anche indotte da alcune scelte di politica agricola comunitaria (ad esempio, la ben nota pratica del *set-aside*) che in specifici casi hanno esaltato i caratteri di vulnerabilità di certi suoli presenti nella fascia del Mediterraneo.

In particolare, negli ultimi decenni si sta riscontrando un inasprimento dei processi di erosione idrica del suolo che certamente è uno dei fenomeni di degrado più significativi in un territorio. Le cause principali di tale fenomeno sono spesso da ascrivere a particolari condizioni morfologiche del territorio, a eventi meteorici estremi, ma anche a pratiche di gestione del territorio non sempre corrette. I processi naturali di erosione, allorché interagiscono con le infrastrutture, possono costituire un fattore di grave squilibrio per la struttura delle attività socio-economiche di una certa zona. Si pensi ad esempio ai problemi connessi all'interrimento dei serbatoi artificiali (utilizzati soprattutto per immagazzinare acqua per scopi agricoli) e delle reti di drenaggio artificiali, in ambienti rurali e periurbani, come pure ai fenomeni di sovralluvionamento dei corsi d'acqua. D'altra parte, le stesse attività antropiche che mirano alla trasformazione e all'utilizzo delle risorse territoriali possono alterare notevolmente la naturale evoluzione geomorfologica del territorio connessa ai processi erosivi, divenendo così causa di intenso degrado. Attività agricole, pascoli, disboscamenti, incendi, attività estrattive e la costruzione di strade, se non opportunamente proporzionate e controllate, possono indurre un'accelerazione dei processi erosivi, con un impatto molto negativo sul territorio. Gli enti territoriali preposti alla pianificazione del territorio non possono quindi prescindere dall'adozione di tecniche di analisi del rischio di erosione, utili a definire le pratiche ottimali di gestione e d'uso del territorio per la mitigazione degli effetti di degrado indotti dai processi erosivi.

Fra i diversi fattori naturali che maggiormente influenzano il fenomeno dell'erosione idrica del suolo, la precipitazione assume un ruolo importante e fondamentale soprattutto per i suoi complessi caratteri di variabilità sia spaziale sia temporale. L'azione erosiva della pioggia, la cosiddetta "aggressività" della precipitazione, esercita innanzitutto un distacco delle particelle di suolo che sono poi trasportate lungo il versante dal ruscellamento superficiale dell'acqua e l'entità di tale azione dipende, in generale, dalla quantità, intensità e frequenza della pioggia. Questo fattore climatico è poi notevolmente influenzato dalla spiccata stagionalità che caratterizza i climi a regime mediterraneo e una sua stima accurata dipende da dati pluviografici orari o meglio sub-orari, purtroppo difficilmente disponibili. Pertanto, per scopi applicativi si è costretti a ricorrere a dati surrogati più numerosi e di più agevole reperimento come quelli pluviometrici giornalieri da utilizzare in relazioni parametriche, sostanzialmente empiriche e semplificate, che tuttavia consentono di pervenire a valutazioni di erosività su scale temporali stagionali e anche mensili.

Tanto premesso, dopo avere svolto un aggiornamento dei dati pluviometrici giornalieri, integrando anche reti meteorologiche gestite da enti diversi, l'obiettivo di questo studio è di confrontare le stime dell'indice di erosività della pioggia ottenute tramite relazioni empiriche semplificate con quelle ottenute da dati pluviografici sub-orari ed offrire un esame critico soprattutto in relazione a valutazioni pratiche dei fenomeni erosivi.

2. DATI PLUVIOMETRICI DISPONIBILI ED ELABORAZIONI

Le stazioni che in Regione Campania acquisiscono dati pluviografici con risoluzione temporale sub-oraria sono in numero insufficiente e peraltro distribuite anche in modo non molto omogeneo sull'intero territorio regionale. Per svolgere invece una adeguata analisi spaziale delle piogge, specie se abbastanza variabili nel corso dell'anno, è importante disporre di serie di dati di buona qualità, sufficientemente lunghe e ben distribuite.

La rete di monitoraggio pluviometrico tradizionale gestita dall'ex Ufficio Compartimentale di Napoli del Servizio Idrografico era stata realizzata con strumenti meccanici a partire da un nucleo storico di stazioni, gestite da vari Enti e Osservatori, che nel 1915 era costituito da 80 pluviometri (Eredia, 1919). I dati inizialmente registrati venivano raccolti in tabelle contenenti le precipitazioni totali mensili e annuali. Questa rete fu successivamente ampliata e i relativi dati pubblicati nei volumi degli "Annali Idrologici". L'attuale disponibilità nel mercato di sensori elettronici, sempre più affidabili e a costi molto competitivi, ha consentito una notevole evoluzione nelle tecniche di monitoraggio e l'acquisizione eseguita con apparecchiature pluviometriche meccaniche tradizionali è stato a poco a poco sostituita con sistemi in grado di misurare, visualizzare, registrare e trasmettere i dati direttamente in formato digitale (stazioni automatiche). Attualmente i dati idrologici sono gestiti dal "Centro Funzionale Multirischi della Protezione Civile – Regione Campania". La rete di monitoraggio meteo-idropluviometrico, con trasmissione dei dati in tempo reale, si sviluppa nell'ambito del territorio di competenza istituzionale dell'ex Ufficio Compartimentale di Napoli del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, costituito da tutti i bacini idrografici sfocianti nel Mar Tirreno lungo il tratto di costa compreso fra Sperlonga e Sapri, corrispondente all'area idrografica omogenea medio-tirrenica del territorio italiano. La superficie interessata è di circa 19'200 km² e comprende gran parte della Regione Campania e zone delle regioni confinanti (Lazio per 3'750 km², Basilicata per 800 km², Abruzzo per 1'200 km² e Molise per 950 km²). Le stazioni periferiche ricadenti fuori regione ammontano complessivamente a 14 (8 nel Lazio, 4 nel Molise e 2 in Basilicata) e sono strumentate con 10 sensori pluviometrici (4 nel Lazio, 4 nel Molise e 2 in Basilicata). In attesa della definizione degli accordi interregionali previsti dal D.P.C.M. del 24 luglio 2002, di trasferimento alle regioni degli Uffici Periferici del SIMN, la Regione Campania sta provvedendo alla gestione delle suddette stazioni, ricadenti nei bacini idrografici dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno (di interesse Nazionale) e del fiume Sele (di interesse Interregionale). La configurazione attuale della rete è il risultato di circa 10 anni di interventi.

I dati pluviometrici utilizzati in questo studio si riferiscono ai valori di pioggia giornaliera acquisiti in 259 stazioni del "Centro Funzionale", nel periodo 1950-2017, 20 delle quali sono state integrate con i valori di pioggia giornaliera registrati dalle stazioni gestite dal "Servizio Agrometeo" della Regione Campania. Come mostrato nella Fig. 1, le stazioni pluviometriche appartenenti a questi due gruppi sono distribuite in modo alquanto irregolare, ma forniscono una buona copertura delle 7 aree VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) della Regione Campania.

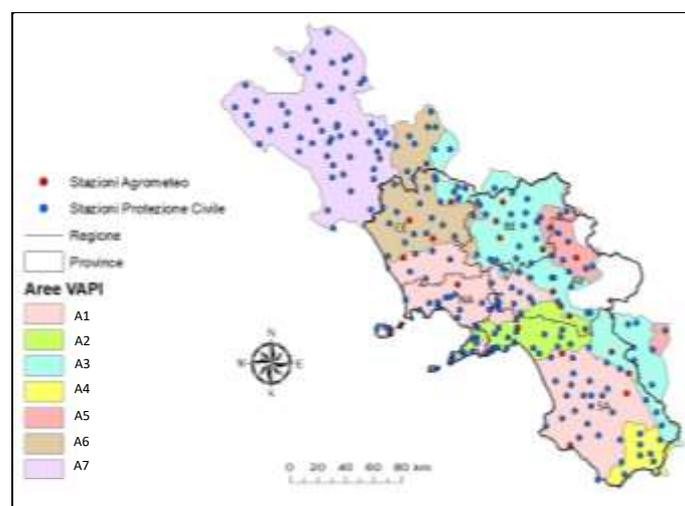


Fig. 1: Ubicazione delle stazioni meteorologiche utilizzate in questo studio e indicazione delle 7 sotto-zone pluviometriche identificate dal progetto CNR-VAPI per la Regione Campania e aree limitrofe.

Aspetti del regime pluviometrico in Regione Campania

Per una descrizione dei caratteri di stagionalità delle piogge in Regione Campania, De Falco (2011) ha raccolto ed elaborato dati aggregati con una risoluzione temporale di 30 minuti, di 1 ora, e di 24 ore (calcolate sia dalle 00:00 alle 24:00 di un assegnato giorno sia dalle 9:00 di un certo giorno alle 9:00 del successivo). In particolare, per ciascuno dei diversi anni di osservazione disponibili sono state calcolate le seguenti variabili idrologiche:

- massimo annuale dell'altezza di pioggia consecutiva caduta in un intervallo di 1 ora (h_1 ; in mm);
- massimo annuale dell'altezza di pioggia consecutiva caduta in un intervallo di 24 ore (h_{24} ; in mm);
- massima altezza di pioggia caduta in un giorno (h_g ; in mm);
- pioggia cumulata mensile (mm/mese);
- intensità massima di pioggia caduta in 30 minuti (I_{30} ; in mm/h).

Determinata la distribuzione di probabilità dei dati osservati alle sole stazioni pluviometriche meccaniche, i grafici di Fig. 2 evidenziano i mesi in cui si concentrano maggiormente i massimi annuali: per i massimi annuali in 1 ora, le frequenze più elevate si concentrano fra i mesi di agosto e ottobre (v. Fig. 2a), mentre per i massimi annuali in 24 ore le frequenze maggiori si riscontrano nei mesi compresi fra ottobre e dicembre (v. Fig. 2b).

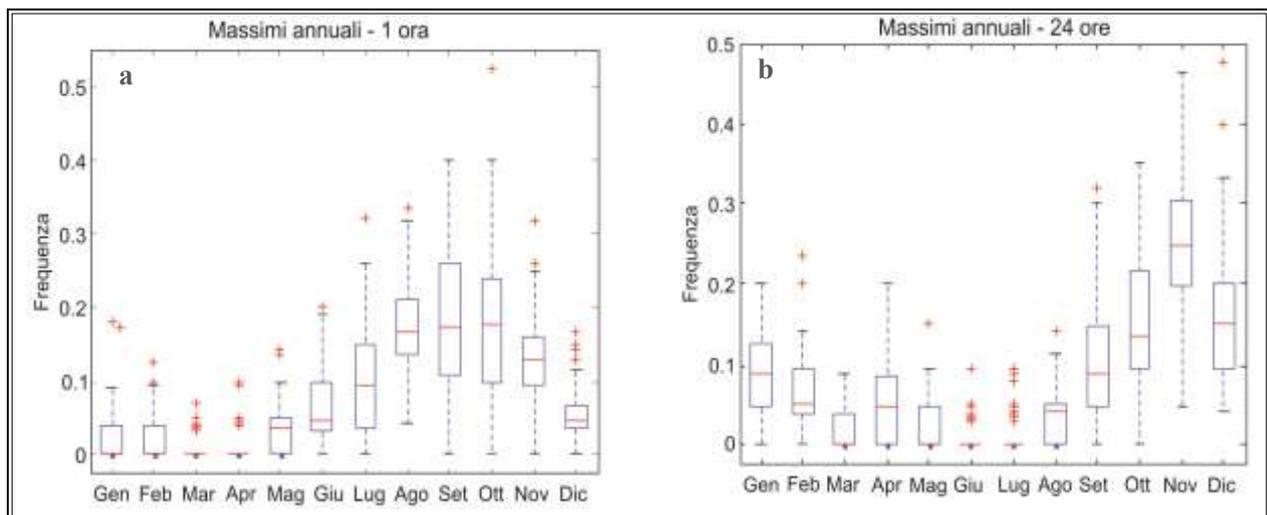


Fig. 2: Box-plot delle frequenze relative dei massimi annuali di pioggia in 1 ora consecutiva (h_1 ; fig. 2a) e dei massimi annuali della pioggia in 24 ore consecutive (h_{24} ; fig. 2b) [da De Falco (2011)].

Le elaborazioni statistiche mostrate nei due grafici di Fig. 2 evidenziano come i massimi annuali delle piogge di più breve durata (ossia, h_1), quindi quelle a cui è attribuito un maggiore potere erosivo, si concentrano essenzialmente subito dopo la stagione estiva, mentre i massimi annuali delle piogge di maggiore durata (ossia, h_{24}) sono principalmente distribuite nel periodo fra l'autunno e l'inverno. I grafici di Fig. 3, invece, consentono di confrontare i valori medi delle frequenze relative mensili dei massimi annuali di pioggia in 1 ora e 24 ore consecutive, osservati sia alle stazioni pluviometriche meccaniche (grafico 3a) sia a quelle automatiche (grafico 3b).

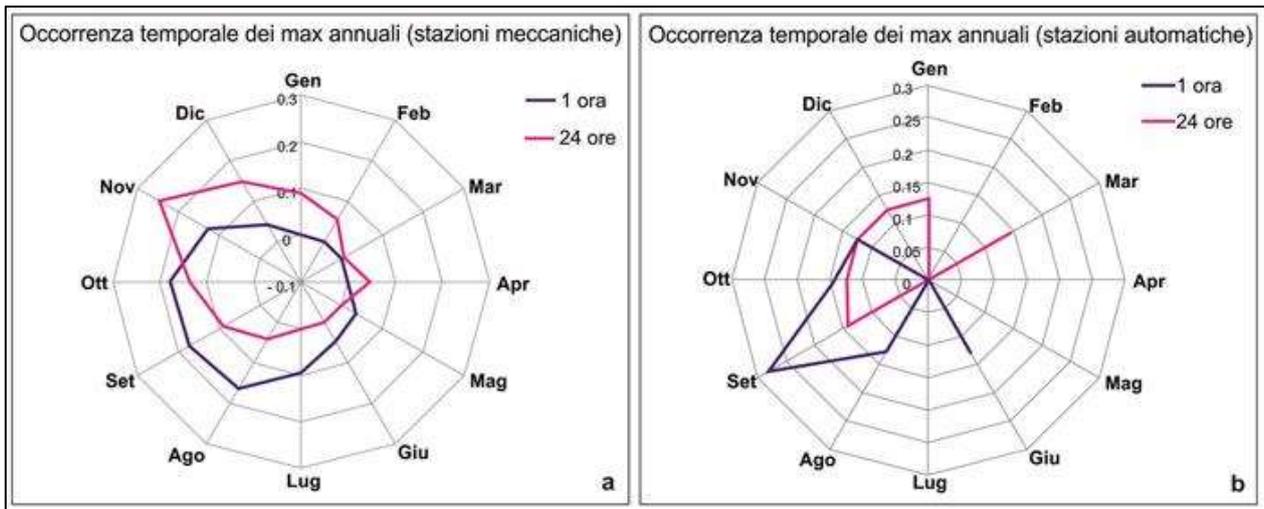


Fig. 3: Frequenze relative delle mediane dei massimi annuali di pioggia in 1 ora (h1) e 24 ore consecutive (h24), per ciascun mese dell'anno, calcolate dai dati osservati alle stazioni meccaniche (fig. 3a) o alle stazioni automatiche (fig. 3b) (da De Falco, 2011).

Mentre le frequenze dei massimi annuali di pioggia di durata 1 ora consecutiva (h1) per le stazioni meccaniche si concentrano essenzialmente nei tre mesi da agosto fino a ottobre, quelle ottenute dai dati rilevati alle stazioni automatiche individuano un massimo molto marcato nel mese di settembre. Con riferimento invece alle frequenze dei massimi annuali delle piogge in 24 ore consecutive (h24), i dati registrati alle stazioni automatiche mostrano un andamento distribuito in modo più uniforme nel periodo compreso da settembre a gennaio. Le differenze esistenti fra le stazioni automatiche e quelle meccaniche, soprattutto rispetto alle frequenze dei massimi annuali per le piogge di 1 ora consecutiva, potrebbero anche essere dovute in parte alla circostanza che per le stazioni pluviometriche automatiche si dispone di un numero di anni di osservazione più modesto (circa 8 anni) rispetto a quello delle stazioni meccaniche (37 anni). Pertanto, le indicazioni fornite dai dati rilevati dalle stazioni automatiche potrebbero essere statisticamente meno significative, ma potrebbero anche evidenziare una variazione climatica dell'ultimo decennio rispetto al passato, che ha condizionato la distribuzione degli eventi intensi nel corso dell'anno. Tuttavia, il numero di anni di osservazione è troppo breve per trarre conclusioni in tal senso.

In relazione agli specifici obiettivi di questo studio, sono stati utilizzati dati di pioggia giornaliera (hg) del "Centro Funzionale Multirischi" che sono stati non solo aggiornati a tutto il 2017, ma anche integrati con i dati rilevati dalla rete pluviometrica "Agrometeo" della Regione Campania. La mappa di Fig. 4 mostra la distribuzione dei valori medi di pioggia cumulata annuale per l'intero territorio regionale ed evidenzia la complessa variabilità delle piogge medie annue, con valori di maggiore entità che si concentrano nella zona del Matese, nella zona della Penisola Sorrentina-Amalfitana e con ramificazioni nella piana di Nocera e verso le aree interne dell'Irpinia e dei Monti Picentini, come pure nelle zone cilentane interne collinari-montane (lungo la catena montuosa tra gli Alburni e il monte Cervati). La media della pioggia cumulata annuale nel periodo 1950-2017 risulta pari a 916 mm/anno ed è compresa fra un valore minimo di 350 mm/anno e un valore massimo di 1618 mm/anno.

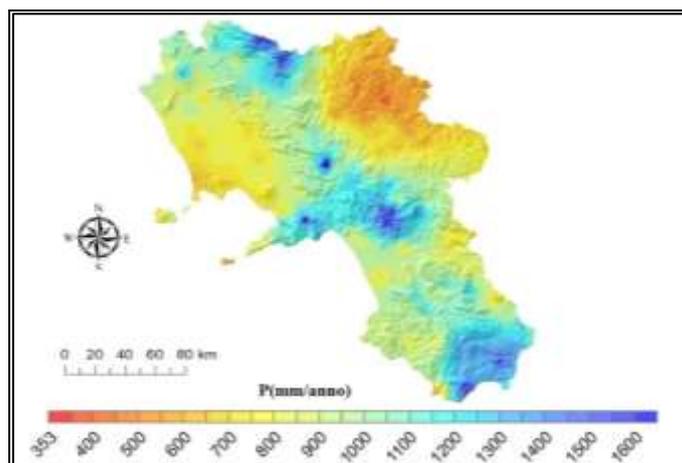


Fig. 4: Distribuzione della media della pioggia cumulata annuale in Regione Campania.

Per evidenziare l'importanza di caratterizzare il regime di precipitazioni nei climi mediterranei in termini stagionali, le mappe di fig. 5 illustrano la distribuzione delle medie della pioggia cumulata nei trimestri aprile/maggio/giugno, luglio/agosto/settembre e ottobre/novembre/dicembre che approssimano le stagioni della primavera, estate, autunno e inverno. Queste mappe integrano i risultati della precedente fig. 4 e mostrano come i mesi più critici per le piogge di maggiore entità sono dalla metà di settembre (in media a luglio e agosto le precipitazioni sono alquanto modeste) a ottobre e fino agli inizi di dicembre. Inoltre, anche per una scala temporale aggregata a tre mesi, le zone della Regione Campania con le maggiori precipitazioni sono praticamente le stesse di quelle indicate in Fig. 4.

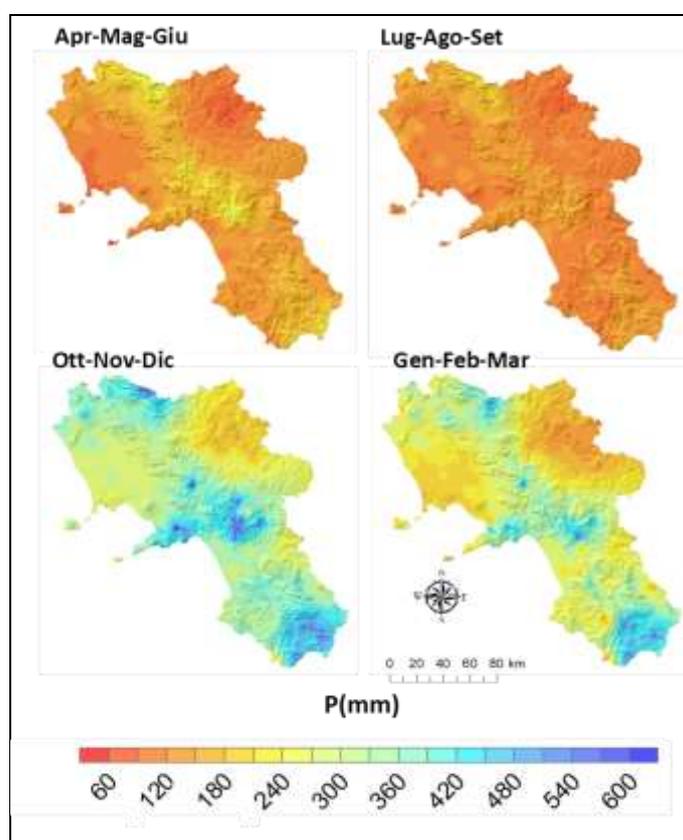


Fig. 5: Variabilità in Regione Campania dei valori medi della pioggia cumulata su scala trimestrale.

3. STIMA DELL'EROSIVITÀ DELLA PIOGGIA

Il modello più accurato proposto in letteratura (Morgan, 2005) per determinare l'indice R di erosività climatica è costituito dal prodotto di un termine legato all'energia cinetica della precipitazione e di un valore caratteristico dell'intensità della pioggia ed è definito dalla seguente espressione:

$$R = E \times I_{30} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{m_j} (EI_{30})_k \quad (1)$$

dove E rappresenta l'energia cinetica totale sviluppata nell'evento di pioggia (in genere in MJ ha^{-1}), mentre I_{30} (in genere in mm h^{-1}) è l'intensità della massima altezza di pioggia caduta in 30 minuti durante l'evento. Nel calcolo dell'erosività R media annua (in $\text{MJ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1} \text{ mm h}^{-1}$) tramite la (1), N è il numero di anni con disponibilità di dati di pioggia e m_j è il numero di eventi erosivi k nell'anno j (quindi in anno^{-1}). Per il calcolo dell'energia cinetica della precipitazione (E) sono state proposte diverse relazioni empiriche (Morgan, 2005). Lo studio di De Falco (2011) ha fatto riferimento all'espressione di Foster (2004), utilizzando i valori di pioggia sub-orari rilevati in 106 stazioni automatiche della Regione Campania che saranno utilizzati nel presente lavoro ai fini del confronto con le stime dell'indice R basate su dati pluviometrici giornalieri. Inoltre, i risultati ottenuti da De Falco (2011) hanno posto l'attenzione, come già evidenziato nel rapporto "Agricultural Handbook n° 282" della USDA (ARS-USDA, 1965), sull'importanza di svolgere le valutazioni di erosione del suolo non su base annua, bensì alla scala stagionale o mensile, specie per quelle zone che mostrano accentuati caratteri di stagionalità climatica.

Sebbene la relazione (1) cerchi di tenere conto dei principali fattori che intervengono nel definire l'aggressività della precipitazione, è pur sempre una relazione empirica che, come mostrato da diversi studi, non ha neanche una validità molto ampia. Infatti, si sconsiglia l'uso della (1) se il termine E assume valori $\geq 28.3 \text{ J m}^{-2}$ quando l'intensità corrispondente di pioggia $I_j \geq 76.2 \text{ mm/h}$, mentre è stata riscontrata anche una limitazione per il termine I_{30} che non dovrebbe superare il valore di 63.5 mm h^{-1} . Diversi studiosi (Kinnell, 2003; Ferro et al., 1999) hanno criticato la formulazione della (1) e hanno proposto relazioni alternative che, ad esempio, tengono conto non solo dell'intensità della pioggia, ma anche del volume di pioggia caduto nell'intero evento. In ogni caso, la (1) resta sempre l'espressione analitica più usata per la determinazione del fattore climatico R .

Relazioni semplificate per il calcolo dell'indice R

Poiché, come già accennato in precedenza, le informazioni utili alla determinazione della variabile I_{30} sono di solito limitate, in letteratura sono state proposte e verificate un gran numero di relazioni analitiche semplificate che fanno riferimento a dati pluviometrici più numerosi e di più agevole reperimento, soprattutto per scopi tecnico-applicativi, e relativi essenzialmente a dati di pioggia giornaliera. Fra le molte relazioni semplificate disponibili è in ogni caso importante fare riferimento a quelle che consentono una determinazione mensile o almeno stagionale del fattore di aggressività della pioggia. Fra le molte relazioni semplificate disponibili, di seguito si riportano solo quelle utilizzate in questo studio.

Indice di erosività mensile "ERm-A"

In uno studio svolto per calcolare l'indice di erosività della pioggia su base mensile, R_m , nella regione meridionale del Portogallo, Goovaerts (1999) ha utilizzato la seguente relazione di regressione lineare multipla (modello "ERm-A"):

$$R_m \approx ER_{m-A} = 6.56 r_{10} - 75.09 d_{10} \quad (2)$$

in cui r_{10} indica la precipitazione cumulata mensile del mese m , ma solo per altezze di pioggia giornaliera di entità maggiore di 10 mm, mentre d_{10} rappresenta il numero di giorni nel mese m in cui la pioggia è stata maggiore della soglia di 10 mm. Con modeste variazioni dei valori dei coefficienti che compaiono nella (2), questo modello ERm-A è stato anche utilizzato in uno studio condotto da Loureiro & Coutinho (2001).

Indice di erosività mensile “ERm-B”

In questo studio è stata valutata la rispondenza per il territorio della Regione Campania anche di un'altra espressione semplificata, ma molto usata in letteratura anche se talvolta con diversa definizione dei parametri, che ha la seguente struttura analitica (modello):

$$R_m \approx a \sum_{d=1}^n P_d^b \quad (3)$$

e che si ottiene cumulando, per gli n giorni piovosi del mese m -esimo, tutte le piogge giornaliere $P_d > P_0$, essendo P_0 la soglia erosiva di altezza di pioggia giornaliera fissata al valore di 12.7 mm oppure di 10 mm. Nel presente lavoro si è posto $P_0 = 10$ mm.

Per l'esponente b che compare nella (3), Bagarello & D'Asaro (1994) hanno riscontrato valori che variano da un minimo di 1.5 a un massimo di 2.2. Invece per i due coefficienti a e b della (3), Petkovšek & Mikoš (2004) hanno proposto i seguenti valori: $a = 0.128$, $b = 2$ che sono stati adottati nel presente lavoro identificando il modello “ERm-B1”:

$$ER_{m-B1} = 0.128 \sum_{d=1}^n P_d^2 \quad (4)$$

Assumendo sempre $b = 2 = \text{costante}$, in questo studio si è anche considerato un altro modello, indicato come “ERm-B2”, in cui per il termine a è invece variabile per ciascun mese m dell'anno ed è calcolato tramite la seguente relazione periodica (Angulo-Martínez & Beguería, 2009):

$$a_m = \xi \cdot \left[1 + \eta \cdot \cos \left(\frac{2\pi}{12} m - \zeta \right) \right] \quad (5)$$

con i seguenti valori dei tre coefficienti della (5): $\xi = 0.100$, $\eta = 0.863$, $\zeta = 3.85$.

Pertanto, nel modello “ERm-B2” l'erosività mensile generata dai singoli eventi di pioggia è calcolata tramite la seguente espressione:

$$ER_{m-B2} = a_m \sum_{d=1}^n P_d^2 = \left\{ 0.100 \cdot \left[1 + 0.863 \cdot \cos \left(\frac{2\pi}{12} m - 3.85 \right) \right] \right\} \times \sum_{d=1}^n P_d^2 \quad (6)$$

sempre calcolata solo per quegli eventi la cui altezza di pioggia giornaliera (P_d) è maggiore della soglia P_0 (=10 mm al giorno).

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

L'indice R di aggressività della precipitazione è stato calcolato per ciascuna delle 259 stazioni pluviografiche considerate in questo studio, e per i 12 mesi dell'anno, tramite le tre relazioni empiriche ERm-A, ERm-B1 e ERm-B2. Le stime di erosività sono state poi interpolate per ottenere la

distribuzione di questo indice erosivo climatico per l'intera Regione Campania, con riferimento ad aggregazioni temporali trimestrali per i mesi Ott-Nov-Dic, Gen-Feb-Mar, Apr-Mag-Giu e Lug-Ago-Set (v. Figg. 7-8-9). In questo studio sono stati adottati periodi a partire dal trimestre ottobre/novembre/dicembre in considerazione del fatto che solitamente si assume che l'anno idrologico inizia in ottobre, convenzionalmente il mese in cui ricomincia la ricarica delle falde dopo il periodo estivo di precipitazioni scarse o addirittura nulle. Anche la cosiddetta "stagione irrigua" è, per convenzione, quel semestre dell'anno che varia da aprile a settembre.

È opportuno ricordare che le relazioni ER_m-B1 e ER_m-B2 si distinguono fra loro solo per la modalità di valutazione del parametro a : in ER_m-B1 tale parametro è costante e pari a 0.128, mentre in ER_m-B2 assume valori (a_m) diversi per ogni mese dell'anno mediante una relazione di tipo periodico. In particolare, il parametro a_m definito dalla (5) assume un valore minimo di 0.0152 a gennaio [quindi alquanto più modesto della costante 0.128 che compare nella (4)] e un valore massimo di 0.185 a luglio [ossia all'incirca il 44.5% in più rispetto al valore costante della (4)]. Pertanto, le stime dell'indice di erosività R con il metodo ER_m-B1 saranno in media minori nella stagione estiva di quelle fornite dal modello ER_m-B2.

Le mappe dell'indice di erosività mensile di Fig. 6-7-8 evidenziano i seguenti aspetti: in generale le tre relazioni empiriche semplificate mostrano il verificarsi di una marcata erosività della precipitazione nei mesi autunnali (ottobre-novembre-dicembre), poiché tale periodo è di solito caratterizzato da valori maggiori delle piogge cumulate mensili; i caratteri di aggressività della pioggia stimati con i modelli ER_m-A e ER_m-B1 sono più accentuati nei mesi invernali di gennaio-febbraio-marzo.

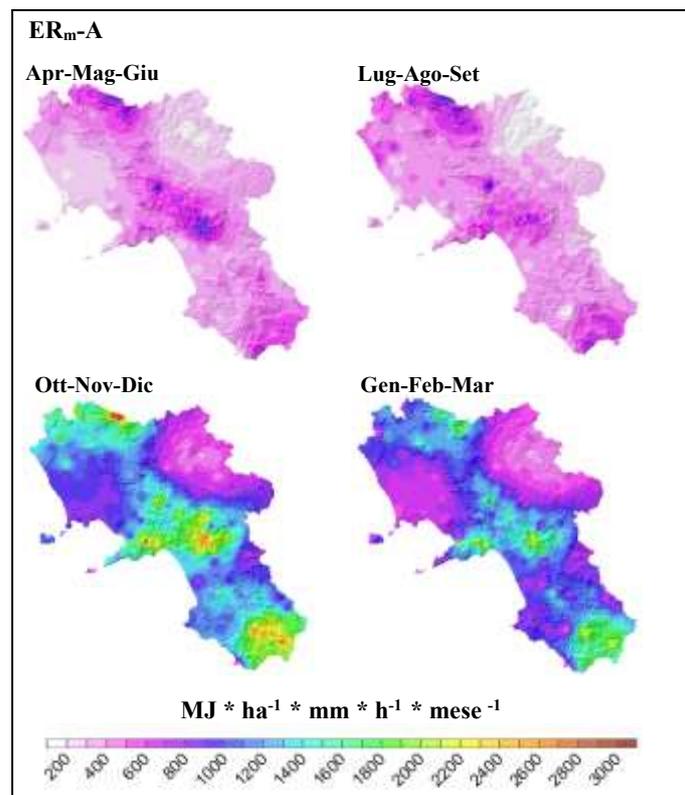


Fig. 6: Distribuzione in Regione Campania dell'indice di erosività R_m su base trimestrale ottenuta dal modello semplificato ER_m-A

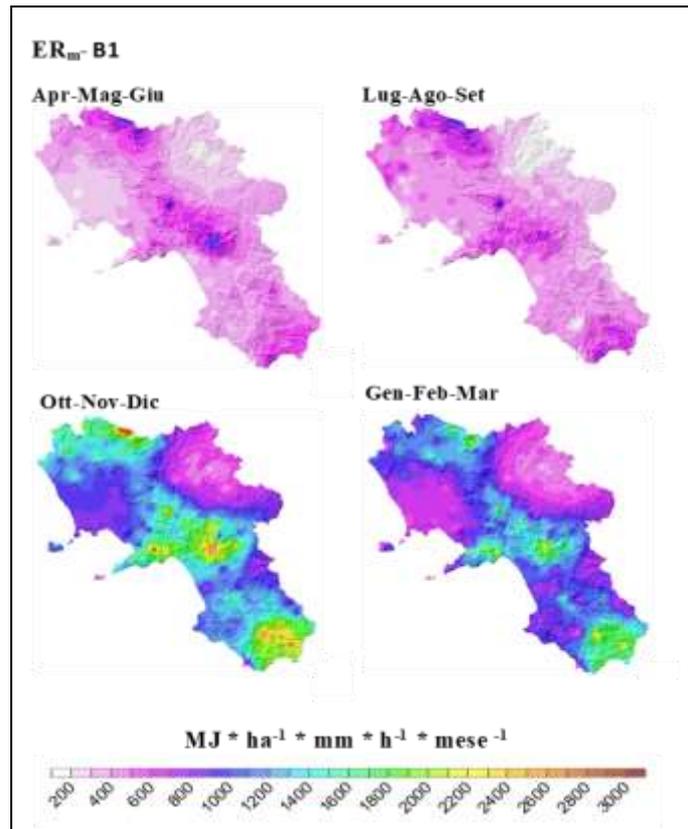


Fig. 7: Distribuzione in Regione Campania dell'indice di erosività R_m su base trimestrale ottenuta dal modello semplificato ER_m -B1

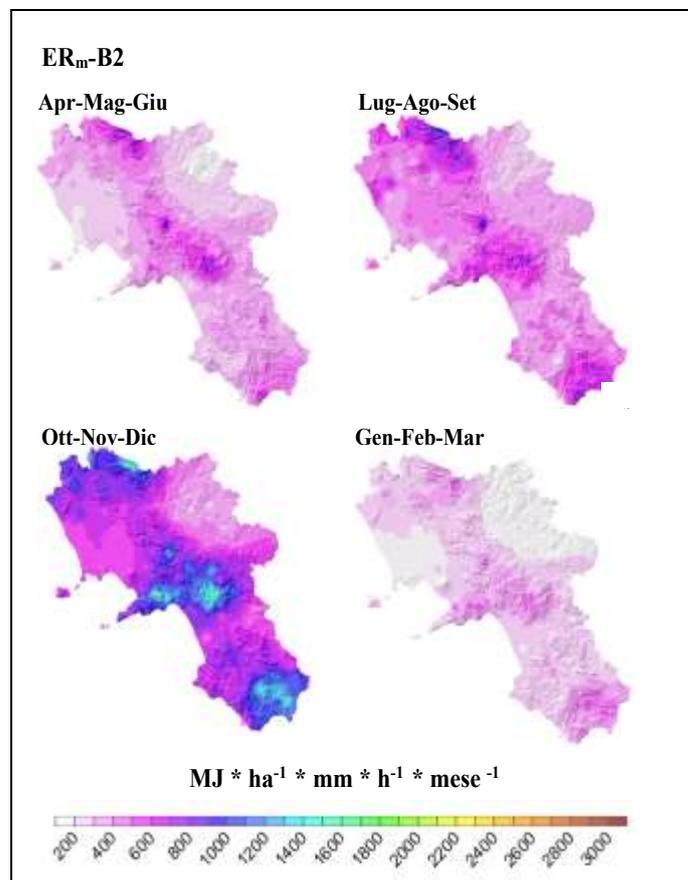


Fig. 8: Distribuzione in Regione Campania dell'indice di erosività R_m su base trimestrale ottenuta dal modello semplificato ER_m -B2

La Fig. 9 mostra i valori dell'indice di erosività mensile R_m stimati da De Falco (2011) con il modello EI30 (barra di colore azzurro), considerato in questo studio come riferimento. In questa figura sono anche confrontate le stime dell'indice R_m ottenute tramite i tre modelli ERm-A, ERm-B1 e ERm-B2 che invece utilizzano valori di pioggia giornaliera (h_g). È evidente come i valori dell'indice R ottenuti tramite il modello EI30 seguono l'andamento delle frequenze delle piogge massime annuali a scala oraria mostrate in Fig. 2a mentre le stime di erosività basate sui tre modelli semplificati riflettono la distribuzione delle piogge cumulate mensili.

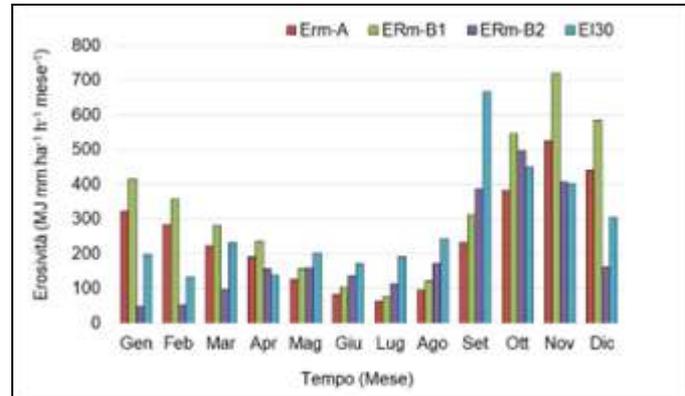


Fig. 9: Valori mensili di erosività calcolati con il modello EI30 (barra azzurra) e con i tre modelli semplificati, ERm-A (barra rossa), ERm-B1 (barra verde), ERm-B2 (barra viola).

Un ulteriore confronto fra i risultati ottenuti da De Falco (2011) con il modello EI30 e quelli stimati tramite i tre modelli semplificati è illustrato in Fig. 10, che riporta i valori della radice dello scarto quadratico medio (RMSD, root-mean-square deviation) nei quattro trimestri. È agevole osservare come i valori assunti da RMSD nel trimestre luglio-agosto-settembre siano abbastanza elevati per tutti i tre modelli semplificati, mentre risultano essere più modesti nel trimestre aprile-maggio-giugno. Si può osservare come nei mesi in cui gli errori sono di minore entità le relazioni semplificate offrono stime abbastanza vicine a quelle ottenute con la procedura più rigorosa del modello EI30. Per i trimestri ottobre-novembre-dicembre e gennaio-febbraio-marzo i risultati meno precisi sono forniti dalla relazione ERm-B1, mentre per il trimestre luglio-agosto-settembre dalla relazione ERm-A.

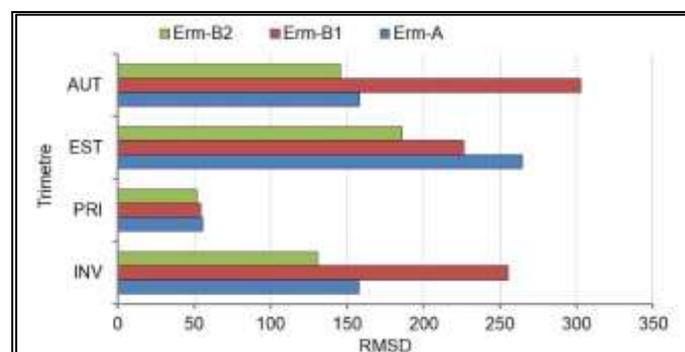


Fig. 10: Radice dello scarto quadratico medio (RMSD) nei quattro trimestri dell'anno.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio illustrato in questo articolo è stato svolto con il principale obiettivo di pervenire a stime della aggressività erosiva della precipitazione con tecniche operative dal punto di vista applicativo

che utilizzano dati di pioggia giornaliera di agevole reperimento nelle banche date idrologiche. Pertanto, dopo un aggiornamento e ampliamento dei dati di pioggia giornaliera in Regione Campania per il periodo 1950-2017, sono state adoperate tre relazioni empiriche molto note per stimare in modo semplificato l'indice di erosività R che rappresenta uno dei principali indicatori degli agenti naturali sul fenomeno dell'erosione idrica del suolo.

I risultati ottenuti hanno confermato l'importanza di riferire l'erosività della pioggia a periodi almeno stagionali, mentre i mesi di settembre e ottobre sono quelli più "aggressivi" e caratterizzati da maggiori entità dell'indice R . Con maggiore enfasi verso la risoluzione di problemi tecnico-applicativi di valutazione dell'erosione idrica del suolo, i confronti con i risultati molto accurati ottenuti da De Falco (2011) forniscono utili informazioni circa il livello di incertezza nelle stime allorquando si è costretti a utilizzare modelli semplificati rispetto ad analisi più complesse, queste ultime certamente più rispondenti e capaci di contribuire meglio a descrivere la complessità del fenomeno erosivo.

Bibliografia

Angulo-Martínez M., Beguería S., 2009: *Estimating rainfall erosivity from daily precipitation records: A comparison among methods using data from the Ebro Basin (NE Spain)*. J. Hydrol. 379:111-121.

ARS-USDA, 1965: *Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the rocky mountains: Guide for selection of practices of soil and water conservation*. Agricultural Handbook n. 282, pp. 1-47, USDA, USA.

Bagarello V., D'Asaro V., 1994: *Estimating single storm erosion index*. Transactions ASAE 37:785-791.

Blanco H., Lal R., 2008: *Principles of soil conservation and management*. Springer Science+Business Media B.V., pp. 1-617, ISBN: 978-1-4020-8708-0.

Chirico G.B., De Falco M., Diodato N., Romano N., Santini A., 2011: *Mapping monthly rainfall erosivity in Campania Region (southern Italy) from daily precipitation records*. Mid-term AIIA Conference, 22-24 September, Belgirate (MI, Italy).

De Falco M., 2011: *Approcci innovativi per l'identificazione del degrado per erosione idrica in ambienti agro-forestali mediterranei*. Tesi di Dottorato di Ricerca in "Valorizzazione e Gestione delle Risorse Agro-Forestali - XXIV ciclo", pp. 1-287, Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli (Italy).

Eredia F., 1919: *Osservazioni pluviometriche raccolte a tutto l'anno 1915*. Ministero dei Lavori Pubblici, Consiglio Superiore delle Acque, Ispettorato del Servizio Idrografico. Roma, 1919. Tipografia Nazionale Bertero.

Ferro V., Porto P., Yu B., 1999: *A comparative study of rainfall erosivity estimation for southern Italy and southeastern Australia*. Hydrol. Sci. J. 44:3-24.

Foster G.R., 2004: *User's Reference Guide: Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE2)*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC, USA.

Goovaert P., 1999: *Using elevation to aid the geostatistical mapping of rainfall erosivity*. *Catena* 34:227-242.

Kinnell P.I.A. 2003: *Event erosivity factor and errors in erosion predictions by some empirical models*. *Australian J. Soil Res.* 41:991-1003.

Loureiro N.D., Coutinho M.D., 2001: *A new procedure to estimate the rusle ei30 index, based on monthly rainfall data and applied to the Algarve region, Portugal*. *J. Hydrol.* 250:12-18.

Morgan R.P.C., 2005: *Soil erosion and conservation – 3rd edition*. Blackwell Science Ltd, pp. 1-304, Malden (MA, USA).

Petkovšek G., Mikoš M., 2004: *Estimating the R factor from daily rainfall data in the sub-Mediterranean climate of southwest Slovenia*. *Hydrol. Sci. J.* 49:869-877.

INDICE

La prevenzione del dissesto idrogeologico attraverso il controllo delle dinamiche delle terre superficiali sui versanti	pag.....
Politiche di promozione del potere regimante del bosco	pag.....
Incendi boschivi: problemi e rimedi	pag.....
Il ruolo della gestione forestale nella sistemazione dei territori montani	pag.....
Caratteri stagionali dell'erosività della pioggia in Regione Campania	pag....