

FRANCESCO IOVINO (\*) (°) - DAVIDE ASCOLI (\*\*) - ANDREA LASCHI (\*\*\*) - ENRICO MARCHI (\*\*\*)  
PASQUALE MARZILIANO (\*\*\*\*) - ANTONINO NICOLACI (\*) - GIOVANNI BOVIO (\*\*)

## DIRADAMENTI E FUOCO PRESCRITTO PER LA PREVENZIONE DEGLI INCENDI IN RIMBOSCHIMENTI DI PINO D'ALEPPO

(\*) Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica - Università della Calabria.

(\*\*) Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari - Università di Torino.

(\*\*\*) Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali - Università di Firenze.

(\*\*\*\*) Dipartimento di Agraria, Università Mediterranea di Reggio Calabria.

(°) Autore corrispondente; francesco.iovino@unical.it

*Vengono esposti i risultati di uno studio, primo esempio in Italia di un approccio sperimentale integrato di diradamenti e fuoco prescritto, che ha interessato rimboschimenti di pino d'Aleppo, al fine di valutare in ambiente mediterraneo gli effetti sui combustibili di questi interventi. All'interno di un complesso boscato ricadente nel territorio dell'Alto Tirreno Cosentino sono state scelte due macroaree, differenti per condizioni di densità dei popolamenti. Il disegno sperimentale ha previsto nell'area a minor densità l'esecuzione prima del fuoco prescritto e poi del diradamento. Nell'area a maggior densità prima è stato eseguito il diradamento e poi il fuoco prescritto. In entrambe le aree sono stati eseguiti diradamenti di tipo selettivo dal basso e di grado debole-moderato nel periodo giugno-luglio 2013. I trattamenti di fuoco prescritto sono stati condotti all'interno di precise finestre ambientali nel maggio 2013 e marzo 2014. Prima e dopo i trattamenti sono stati effettuati rilievi per la caratterizzazione dei combustibili. Sono stati rilevati anche i tempi di lavoro per la esecuzione dei diradamenti. Durante il fuoco prescritto, l'intensità lineare non ha superato le 100 kW/m. A due centimetri di profondità nell'orizzonte organico del suolo, la temperatura massima è stata di 130°C, e in media la residenza delle temperature sopra i 60°C è stata inferiore a 4 minuti. Non si è osservato consumo degli orizzonti organici e danni al popolamento arboreo. I risultati sugli effetti del fuoco prescritto sui combustibili, sui quantitativi di calorie sottratte con i diradamenti e sulla produttività dei diradamenti, evidenziano come sia necessario nell'ambito dell'ordinaria gestione forestale eseguire questo tipo di interventi di prevenzione, che riducono il carico e la continuità dei combustibili di lettiera e rendono i popolamenti forestali meno suscettibili e meno vulnerabili al fuoco.*

*Parole chiave:* incendi boschivi; diradamenti; fuoco prescritto.

*Key words:* wildfire; thinning; prescribed burning.

*Citazione* - IOVINO F., ASCOLI D., LASCHI A., MARCHI E., MARZILIANO P., NICOLACI A., BOVIO G., 2014  
– *Diradamenti e fuoco prescritto per la prevenzione degli incendi in rimboschimenti di pino d'Aleppo.*  
L'Italia Forestale e Montana, 69 (4): 213-229. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2014.4.02>

### 1. PREMESSA

Trattamenti selvicolturali che integrano il taglio con la tecnica del fuoco prescritto vengo-

---

Il lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto PRIN 2009 "in\_FLAMING: Sperimentazione di modelli e tecniche innovative per la gestione integrata dei combustibili nella prevenzione degli incendi boschivi in foreste mediterranee e temperate" (coordinatore nazionale: P. Corona) finanziato dal Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca.

no adottati in diverse realtà forestali extra-europee (RYAN *et al.*, 2013; BURROWS e MCCAW, 2013) ed europee (FERNANDES *et al.*, 2013). Gli obiettivi di questi interventi riguardano la mitigazione del rischio incendi mediante la riduzione dei combustibili di chioma e di superficie (FERNANDES e RIGOLOT, 2008; STEPHENS *et al.*, 2009), e diverse finalità colturali come favorire la rinnovazione naturale in popolamenti di conifere e latifoglie (GRANSTRÖM, 2001; BOYDAK,

2004; ZALD *et al.*, 2008; ALBRECHT *et al.*, 2006), o indirizzare la composizione e struttura del popolamento arboreo (FRANKLIN *et al.*, 2003; DE CHANTAL *et al.*, 2009; HUTCHINSON *et al.*, 2005; PRÉVOSTO *et al.*, 2011a). In Europa, studi relativi a questo tipo di gestione riguardano prevalentemente boschi di conifere in Germania, Finlandia e Svezia (HILLE e OUDEN, 2004; DE CHANTAL *et al.*, 2009), o di pini mediterranei in Francia e Portogallo (FERNANDES e RIGOLOT, 2008; PRÉVOSTO *et al.*, 2011a). In generale, gli effetti di questi interventi sulla riduzione del rischio incendi e lo stimolo della rinnovazione naturale sono considerati positivi (FERNANDES *et al.*, 2013), mentre la maggior parte degli studi non ha evidenziato particolari effetti ecologici negativi a seguito di singoli tagli colturali e fuoco prescritto (GILLON *et al.*, 1999; MOREIRA *et al.*, 2003; PRÉVOSTO *et al.*, 2011b; LAVOIR *et al.*, 2013). Tuttavia, i risultati ottenuti potrebbero non essere verificati in altre aree geografiche dove si ha poca esperienza su questo tipo di gestione selvicolturale, come in Italia (ASCOLI e BOVIO, 2013). Il presente lavoro intende approfondire l'argomento sperimentando in popolamenti di conifere mediterranee del sud Italia gli effetti sui combustibili e sulla riduzione del rischio di incendio che si possono ottenere con interventi selvicolturali che integrano diradamenti e fuoco prescritto.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1. Area di studio

L'area di studio ricade nel territorio dell'Alto Tirreno Cosentino nel settore collinare del bacino del fiume Noce. In questo settore tra gli inizi degli anni '60 e '70 del secolo scorso, nell'ambito di interventi volti alla conservazione del suolo, furono rimboschite vaste superfici con impiego prevalente di pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Mill.) e in alcune zone pino domestico (*Pinus pinea* L.), da quota 300 m s.l.m. e fino a 900 metri circa.

All'attualità di quel complesso, che nel passato si presentava senza soluzioni di continuità su circa 2000 ettari, distribuiti tra i Comuni di Tortora, Aieta e Praia a Mare, in provincia di

Cosenza, restano aree separate tra loro da ampie zone distrutte dai ripetuti incendi (Fig. 1).

Limitatamente al territorio del Comune di Tortora, entro cui ricadono le aree sperimentali, i rimboschimenti ricoprono circa 400 ettari. La lavorazione del suolo è stata a gradoni, generalmente larghi 80 cm e distanziati di 3 metri, con uno sviluppo complessivo di circa 2500 metri lineari ad ettaro. Nei primi interventi si è proceduto mediante semina lungo i gradoni con impiego di 10-15 e 90-100 kg di seme ad ettaro, rispettivamente per il pino d'Aleppo e pino domestico. La semina, il cui seme proveniva dai vivai locali, era eseguita in un solchetto profondo 4-5 cm tracciato al centro del gradone dove il seme veniva ricoperto a mano con terra fine. Con tali tecniche le densità iniziali risultavano particolarmente elevate e tali da richiedere dopo pochi anni interventi di sfollamento per ridurre l'eccessiva densità. Per il pino domestico a 6 anni dalla semina in situazioni analoghe sono state riscontrate, in media da un minimo di 12.000 piante ha<sup>-1</sup> ad oltre 21.000 piante ha<sup>-1</sup>; nel pino d'Aleppo, sempre a 6 anni, da un minimo di 48.000 ad anche 96.000 piante ha<sup>-1</sup> (CIANCIO, 1970). Nei successivi interventi si è proceduto alla piantagione, con una distanza delle piante lungo i gradoni di 1 metro e una densità iniziale di 2500 piante a ettaro. Le piantine erano sia a radice nuda che con pane di terra, in relazione alla disponibilità in vivaio del tipo di postime.

La piovosità media annua, riferita alla stazione di Aieta (524 m s.l.m.), è di 1674 mm<sup>1</sup>, con la tipica distribuzione di tipo mediterraneo: il 74% della piovosità si verifica in autunno-inverno, il 17% in primavera e solo il 9% in estate (Fig. 2). La temperatura media annua, stimata alla stessa quota (CIANCIO, 1971), è di 14,6°C. Dal punto di vista fitoclimatico l'area è ascrivibile quasi interamente alla sottozona calda del *Lauretum* di Pavari, solo una minima parte rientra nella sottozona media. Secondo lo schema di RIVAS MARTINEZ (1995), il bioclimate

<sup>1</sup> La stazione di Tortora, posta a 12 m s.l.m., ha un valore medio annuo di 1135 mm, riferito a soli 12 anni di osservazioni.

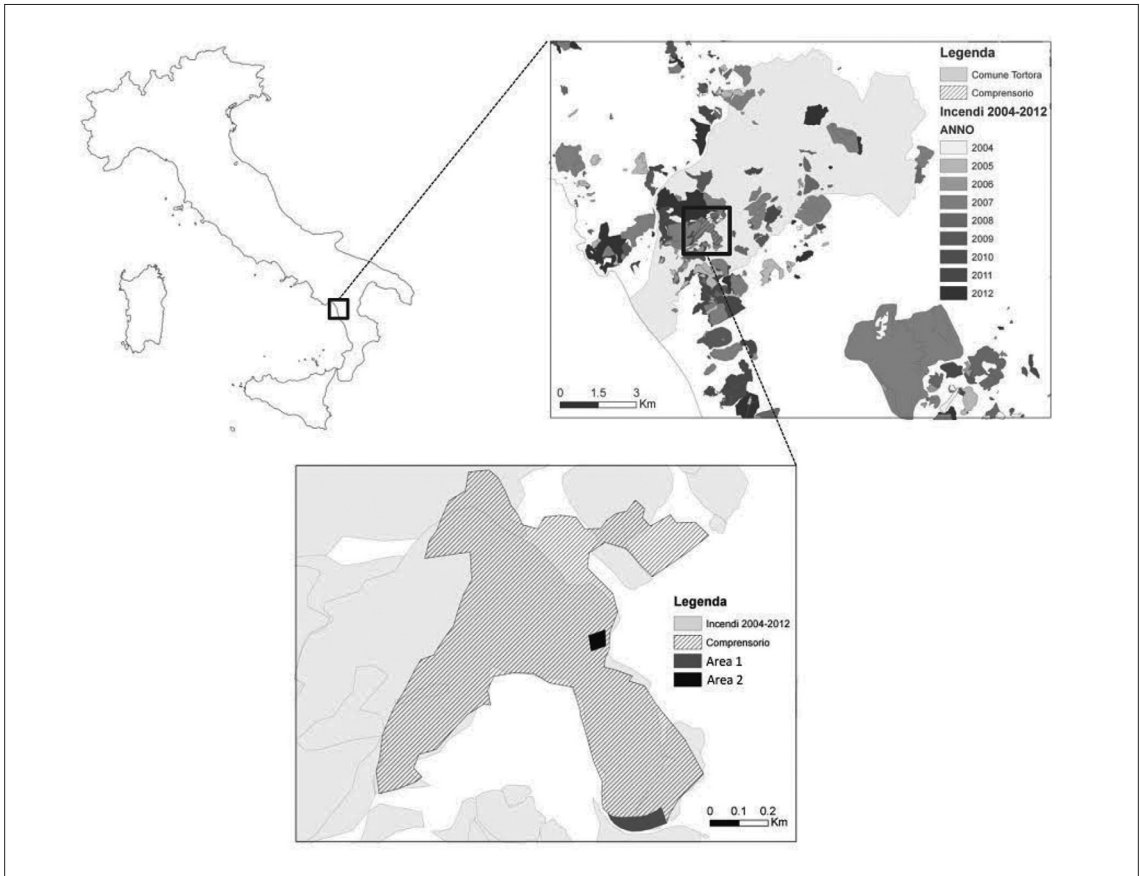


Figura 1 – Localizzazione dell’area di studio e delle aree sperimentali e perimetri degli incendi (2004-2012; Fonte: Corpo Forestale dello Stato) nel comune di Tortora.

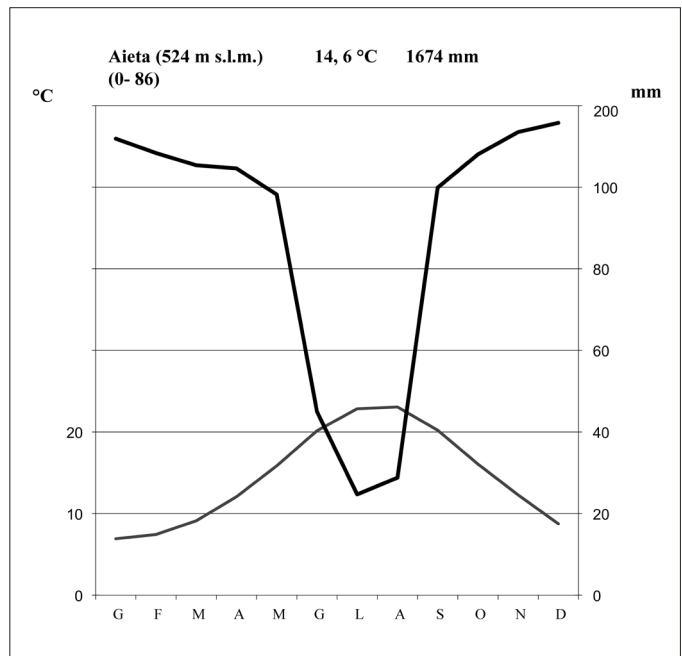


Figura 2 – Climogramma riferito alla stazione di Aieta (CS).

è mediterraneo, con termotipo inframediterraneo e ombrotipo iperumido inferiore.

I suoli sono riconducibili all'associazione Lithic Hapludolls e Rock outcrop. Sono suoli a profilo A-R, sottili, a tessitura media e con scheletro frequente, sub alcalini o moderatamente calcarei, con riserva idrica moderata e drenaggio buono, che si alternano a roccia affiorante (ARSSA, 2003).

## 2.2. Disegno sperimentale

Per l'individuazione delle aree sperimentali si è proceduto per tappe successive in modo da poter conciliare esigenze legate al tipo di ricerca (diradamenti e fuoco prescritto) con aspetti di natura organizzativa (viabilità forestale, condizioni morfologiche dei versanti, densità dei popolamenti, tipo di proprietà). Preliminarmente è stata eseguita una foto-interpretazione da immagini aeree, relative all'anno 2012 (<http://www.bing.com/maps/>). Successivamente, a seguito di riscontri a terra e verifiche di tipo amministrativo, è stato identificato un complesso rimboschito con pino d'Aleppo, immediatamente a monte dell'abitato di Tortora, di una superficie di poco più di 50 ettari, risultato di proprietà dell'omonimo Comune. Il rimboschimento si sviluppa, da quota 350 a quota 600 m (s.l.m.), sui versanti con esposizione da sud-ovest a nord-est, prospicienti la Fiumarella di Tortora affluente di sinistra del Fiume Noce. Geograficamente è compreso tra 39°56'35" e 39°56'35" di Latitudine Nord e 2°59'36" e 2°59'42" di Longitudine Est (orientamento Roma Monte Mario).

All'interno di tale complesso sono state scel-

te due macroaree, differenti per condizioni di densità, in ciascuna delle quali sono state realizzate 5 aree di saggio circolari di raggio pari a 15 m. In ogni area di saggio è stato rilevato il diametro a m 1.30 di tutti gli alberi vivi e morti e il rilievo dell'altezza del 30% degli alberi, distribuiti in tutte le classi diametriche. Tali rilievi hanno permesso di caratterizzare, per ogni macroarea, il soprassuolo arboreo (Tab. 1, Fig. 3). La massa legnosa e la biomassa epigea sono state determinate tramite le equazioni elaborate per i pini mediterranei in occasione dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC, 2005; TABACCHI *et al.*, 2011).

In relazione alle diverse condizioni di densità delle due macroaree, è stato predisposto un disegno sperimentale che ha previsto la realizzazione in aree sperimentali di interventi integrati di diradamento e fuoco prescritto finalizzati nel breve termine a ridurre il rischio incendi, e nel lungo termine ad aumentare la resilienza a seguito dei processi di rinaturalizzazione che vengono favoriti con i diradamenti (IOVINO *et al.*, 2014). In relazione alle differenti condizioni di densità dei popolamenti le due tipologie di intervento sono state eseguite con una sequenza diversa.

La prima tipologia di intervento ha previsto la realizzazione di una fascia di riduzione dei combustibili collocata strategicamente per limitare la propagazione degli incendi ricorrenti che caratterizzano l'area di studio. L'analisi degli incendi dal 2004 al 2012 (fonte: Corpo Forestale dello Stato) ha messo in evidenza incendi estivi che si propagano dalle aree a

Tabella 1 – Parametri dendrometrici medi dei popolamenti esaminati.

|                                   |         | NP/ha | Dg (cm) | H (m) | G (m <sup>2</sup> /ha) | V (m <sup>3</sup> /ha) | PS (Mg/ha) |
|-----------------------------------|---------|-------|---------|-------|------------------------|------------------------|------------|
| Macroarea 1<br>(Località Lacco)   | Media   | 1614  | 22,31   | 16,3  | 63,08                  | 540,8                  | 66,7       |
|                                   | Dev.Std | 491   | 2,21    | 0,38  | 7,72                   | 31,44                  | 4,10       |
|                                   | CV %    | 30,4  | 9,9     | 2,4   | 12,2                   | 5,8                    | 6,1        |
| Macroarea 2<br>(Località Petrosa) | Media   | 1273  | 24,63   | 16,8  | 60,65                  | 551,6                  | 60,1       |
|                                   | Dev.Std | 353   | 2,13    | 0,36  | 7,11                   | 29,06                  | 3,8        |
|                                   | CV %    | 27,7  | 8,6     | 2,1   | 11,7                   | 5,3                    | 6,3        |

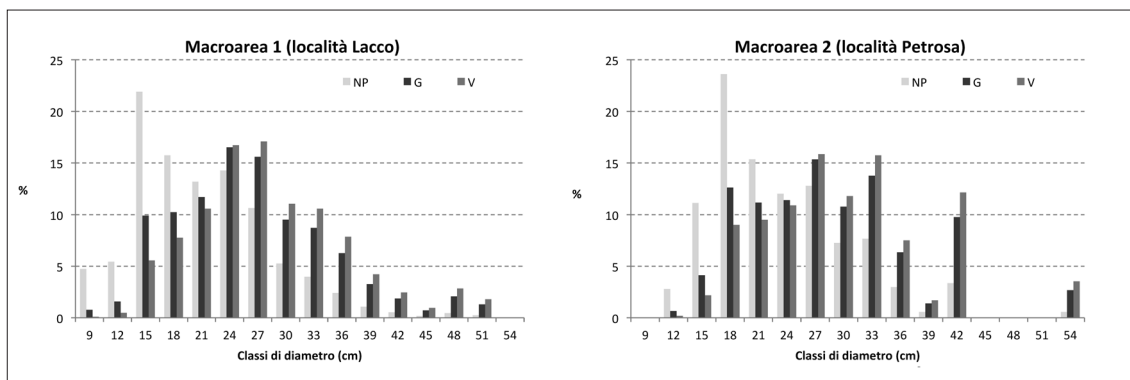


Figura 3 – Distribuzione delle piante, area basimetrica e volume nelle classi diametriche nelle due macroaree.

quote inferiori, caratterizzate da vegetazione arbustiva ed erbacea altamente infiammabile (es., *Ampelodesmos mauritanicus* (Poir.) T. Durand e Schinz), alle zone forestali del comprensorio. Di conseguenza, il primo intervento è stato realizzato in una delle zone di interfaccia fra il comprensorio forestale e la macchia sottostante per una superficie complessiva di 1 ha, e caratterizzata da un rimboschimento di pino d'Aleppo a bassa densità. In quest'area (indicata di seguito come Area 1) si è intervenuti prima con il fuoco prescritto, per ridurre il carico dei combustibili di superficie, e poi con un diradamento per ridurre la continuità dei combustibili di chioma, con l'obiettivo di mitigare l'intensità dell'incendio potenziale e abbassare la probabilità di propagazione del fuoco in chioma.

La seconda tipologia di intervento ha riguardato un popolamento di 1 ettaro di superficie (indicata come Area 2) che, per le condizioni di maggior densità, ha determinato prima l'esecuzione del diradamento e poi il fuoco prescritto che ha avuto anche la funzione di abbassare il carico dei residui legnosi presenti sul terreno a seguito dell'intervento. All'interno di ciascuna delle due aree sono state individuate parcelle testimone, con caratteristiche simili a quelle trattate al fine di confrontare il rischio incendi in assenza e in presenza di gestione selvicolturale.

Gli interventi di fuoco prescritto e diradamento sono stati autorizzati dall'Area Territoriale Settentrionale di Cosenza del Dipartimento Agricoltura, Foreste e Forestazione della

Regione Calabria a seguito della redazione di un progetto esecutivo come previsto da diverse Regioni italiane (BOVIO e ASCOLI, 2012).

### 2.3. Descrizione dei trattamenti

#### 2.3.1. Caratteristiche dei popolamenti e diradamenti

In entrambe le aree sono stati eseguiti diradamenti di tipo selettivo dal basso e di grado debole-moderato<sup>2</sup> nel periodo giugno-luglio 2013. I rilievi dendrometrici hanno riguardato il cavallettamento totale di tutte le piante vive e morte e un campionamento del 30% delle altezze distribuite nelle diverse classi di diametro. Al termine dei rilievi sono state segnate le piante da eliminare con il diradamento.

La massa legnosa è stata calcolata con le equazioni di cubatura di TABACCHI *et al.* (2011). Per la stima della corrispondente energia calorica, in caso di combustione totale, si è fatto ricorso alla quantità di biomassa a ettaro tramite le equazione dell'INFC (2005) alla seguente formula:

$$E_{cal} = B_e * P_{cs}$$

dove:

- $E_{cal}$  = calorie (Kj·m<sup>-2</sup>);
- $B_e$  = Biomassa epigea (Kg·m<sup>-2</sup>);
- $P_{cs}$  = potere calorifico superiore, in kJ·kg<sup>-1</sup>, di un generico legno con contenuto idrico w (per il pino è pari a 17800 kJ·kg<sup>-1</sup>).

<sup>2</sup> L'intensità di taglio è stata determinata in modo da essere conforme a quanto stabilito dalle Prescrizioni di Massima di Polizia Forestale della Regione Calabria.

Area 1 (a minore densità) - L'Area è ubicata nel settore meridionale del complesso, in località Petrosa, a quota 350 m (s.l.m.). La densità del popolamento è risultata di 1078 piante ad ettaro, con 43,83 m<sup>2</sup> di area basimetrica e 458,0 m<sup>3</sup> di volume. In relazione a tale situazione, tenuto conto di quanto stabilito dalla normativa regionale, il diradamento è stato eseguito eliminando il 25% del numero delle piante vive, il 13,5% di area basimetrica e il 10% del volume. A questi valori si sommano quelli delle piante secche che incidono per il 3% sul numero complessivo delle piante, l'1,5 e l'1,1%, rispettivamente, dell'area basimetrica e del volume totali. Il diradamento ha interessato piante con diametro piccolo e medio comprese tra le classi di 12 e 27 cm, con una percentuale del 67% nelle classi di 15 e 18 cm.

Area 2 (a maggior densità) - L'Area ricade nella parte sommitale del complesso nel settore nord-occidentale a quota 500 m (s.l.m.). La densità del popolamento è di 1651 piante vive ad ettaro, con 64,8 m<sup>2</sup> di area basimetrica e 630,4 m<sup>3</sup> di volume, a cui si aggiungono 212 piante morte ad ettaro, con 2,65 m<sup>2</sup> di area basimetrica e 19,5 m<sup>3</sup> di volume. Considerato comunque quanto previsto dalla normativa regionale e tenuto conto anche della presenza di piante nelle classi più piccole e di una percentuale di piante secche in piedi, con il diradamento sono state eliminate il 24% delle piante vive, con il 15,0% di area basimetrica e l'11,0% del volume, pari a 67,2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. A questi valori si sommano quelli delle piante secche che incidono per il 13% come numero di piante, il 4,1 e il 3,1%, rispettivamente, dell'area basimetrica e del volume totali.

### 2.3.2. Caratterizzazione dei combustibili di superficie

Per la caratterizzazione del carico dei combustibili di superficie, sono stati fatti dei rilievi adottando il protocollo descritto in BOVIO e ASCOLI (2013), che integra metodi diretti distruttivi con metodi indiretti. In particolare, ogni area di saggio è costituita da tre transetti lineari (10 m) posizionati con direzioni diverse a formare un triangolo, in modo da evitare errori di campionamento dovuti alla direzione

preferenziale di alcune componenti di combustibile. Lungo ogni transetto, a intervalli di 0,5 m è stata rilevata la presenza/assenza e la profondità delle seguenti componenti di combustibile: lettiera inferiore, lettiera superiore, erbe, arbusti. Inoltre, sono state contate le intersezioni di elementi di necromassa con diametro maggiore di 6 mm per computarne il carico usando il metodo di intersezione planare sviluppato da BROWN (1984), come descritto in BOVIO e ASCOLI (2013). A metà di ogni transetto è stato posizionato un quadrato per il rilievo distruttivo della componente erbacea e arbustiva (superficie 1 m<sup>2</sup>), e per il campionamento della lettiera superiore, inferiore e della necromassa con diametro minore di 6 mm (superficie 0,16 m<sup>2</sup>). I campioni prelevati in campo sono stati disidratati in stufa per almeno 24 ore a 95°C. Il peso secco per unità di superficie è stato quindi ponderato per la copertura al fine di determinare il carico delle diverse componenti di combustibile.

Per valutare l'effetto dei diradamenti e del fuoco prescritto sulla riduzione dei combustibili si è proceduto nel seguente modo: nell'Area 1, i rilievi sono stati eseguiti nella parcella testimone (assenza di fuoco prescritto e diradamento), e nell'area trattata con il fuoco prescritto prima del diradamento. Per problemi logistici non sono stati effettuati i rilievi nelle zone diradate dopo il fuoco prescritto. Nell'Area 2, i rilievi di combustibile sono stati effettuati nella parcella testimone (assenza di diradamento e fuoco prescritto), nell'area solo diradata, e nell'area diradata e trattata con il fuoco prescritto. In totale sono state realizzate 4 aree di saggio nell'Area 1, e 6 nell'Area 2.

### 2.3.3. Trattamenti di fuoco prescritto

Nell'Area 1, il trattamento di fuoco prescritto<sup>3</sup> è stato realizzato nel maggio 2013, prima di effettuare il diradamento. Nell'Area 2, invece, nel marzo 2014 dopo il diradamento. I trattamenti di fuoco prescritto sono stati condotti

<sup>3</sup> Il fuoco prescritto è stato eseguito con manodopera forestale gestita del Consorzio di Bonifica Integrale dei Bacini del Tirreno Cosentino.

all'interno di precise finestre ambientali (Tab. 2). Durante ciascun intervento sono stati raccolti 5 campioni di lettiera, humus e necromassa fine (< 6 mm) e di maggiori dimensioni (> 6 mm) al fine di determinare l'umidità dei combustibili espressa come percentuale sul peso secco (Tab. 3). Il comportamento del fuoco prescritto è stato caratterizzato in modo quantitativo mediante tre parametri descrittivi: i) residenza delle temperature generate dal fronte di fiamma; ii) velocità di propagazione del fronte; iii) intensità lineare del fronte.

La residenza delle temperature del fronte di fiamma è stata misurata all'interno della lettiera in entrambi gli interventi, mentre le temperature nell'humus sono state misurate solo nel secondo intervento. Per registrare le temperature sono state utilizzate delle termocoppie di tipo K (0,4 mm di diametro) connesse a dei *data logger* (intervallo di registrazione: 1 secondo). I *data logger* sono stati sotterrati alcuni centimetri nel suolo minerale in prossimità del punto di rilievo per proteggerli dal fuoco, facendo attenzione a non alterare lo stato dei combu-

stibili nel punto di rilievo (continuità, porosità) in modo da non modificarne le caratteristiche di infiammabilità. In Tab. 3 viene riportato il numero di termocoppie utilizzate nella lettiera superiore e nel suolo rispettivamente nel primo e nel secondo intervento. Le temperature massime del fronte di fiamma hanno superato in entrambi gli interventi i 600°C, mentre il tempo di residenza sopra i 60°C, e i 300°C, è stato maggiore nel secondo intervento a seguito del consumo della necromassa accumulatasi dopo il diradamento.

La velocità del fronte di fuoco prescritto è stata stimata adottando il metodo di SIMARD *et al.* (1994), che consiste nel misurare la velocità di propagazione mediante formule trigonometriche conoscendo il tempo di arrivo del fronte di fiamma ai vertici di un triangolo equilatero. Il tempo di arrivo ai vertici dei triangoli è stato misurato con le termocoppie utilizzando come riferimento il momento in cui la temperatura supera i 300°C, indicativo di combustione con fiamma. In Tab. 3 viene riportato il numero di triangoli (lato di 2 m) posizionati nel primo e

Tabella 2 – Caratteristiche dei due trattamenti di fuoco prescritto.

| Unità  | Stagione (mese) | Giorni ultima pioggia (n.g.) | Pioggia cumulata 15 gg. (mm) | Temp. aria (°C) | Umidità aria (%) | Velocità vento (km/h) | Umidità lettiera (%) | Umidità Necrom. < 6 mm (%) | Umidità Necrom. < 6 mm (%) | Umidità humus (%) | Tecniche accensione           |
|--------|-----------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Area 1 | Maggio 2013     | 1                            | 36                           | 16-21           | 68-80            | 1-6                   | 24-35                | 26-31                      | 35-45                      | 80                | Controvento e pendenza; punti |
| Area 2 | Marzo 2014      | 12                           | 15                           | 12-18           | 50-65            | 2-5                   | 19-21                | 20-21                      | 15-19                      | 140               | Controvento e pendenza        |

Tabella 3 – Numero di aree di saggio e di termocoppie (termoc.) utilizzati per il rilievo del comportamento del fuoco e valori medi di velocità, intensità lineare, temperature massime e tempi di residenza del fronte di fiamma durante gli interventi di fuoco prescritto.

| Unità  | Lettieria         |                         |                          |                 |                |                       | Humus                  |                |                |                         |                       |
|--------|-------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|------------------------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------------|
|        | N. triangoli (n.) | Velocità fiamma (m/min) | Intensità lineare (kW/m) | N. termoc. (n.) | Temp. max (°C) | Tempo T > 60°C (Sec.) | Tempo T > 300°C (Sec.) | N. termoc (n.) | Temp. max (°C) | Tempo T > amb.°C (Sec.) | Tempo T > 60°C (Sec.) |
| Area 1 | 12                | 0,6                     | 30                       | 36              | 959            | 1035                  | 215                    | -              | -              | -                       | -                     |
| Area 2 | 3                 | 0,07                    | 87                       | 9               | 642            | 1553                  | 441                    | 9              | 127            | 5626                    | 222                   |

secondo intervento di fuoco prescritto. Grazie alla tecnica di accensione controvento e pendenza, la velocità di propagazione del fronte di fuoco prescritto è stata inferiore a 1 m/min in entrambi gli interventi in linea con quanto prescritto generalmente per questo tipo di interventi sotto copertura di conifere (BOVIO e ASCOLI, 2013). Nel primo intervento è stata utilizzata anche la tecnica per punti a favore di vento e pendenza, che ha contribuito ad aumentare la velocità di propagazione. Diversamente, nel secondo intervento si è operato in modo molto conservativo a seguito dell'elevato carico post-diradamento.

L'intensità lineare è stata misurata adottando la formula di BYRAM (1959) che computa l'intensità (kW/m) moltiplicando il potere calorifico inferiore della biomassa bruciata (kJ/kg), per la quantità di combustibile combusta nella zona attiva del fronte di fiamma (kg/m<sup>2</sup>), per la velocità di avanzamento del fronte di fiamma (m/s). In entrambi gli interventi l'intensità lineare del fronte di fuoco prescritto è stata inferiore a 100 kW/m, mostrando valori prossimi a quelli osservati in simili interventi sotto copertura di conifere in ambiente mediterraneo (ASCOLI *et al.*, 2012; FERNANDES *et al.*, 2013).

#### 2.3.4. Organizzazione dell'intervento di fuoco prescritto

L'intervento di fuoco prescritto ha interessato entrambe le aree sperimentali in località Petrosa e a Lacco). Nell'Area 1 l'intervento è stato effettuato su 5000 m<sup>2</sup> prima di eseguire il diradamento. Per l'operazione sono stati impiegati 3 mezzi antincendio e 10 operatori, di cui due addetti all'uso della *drip torch*, quattro operatori con rastro, tre con flabello, e uno con soffiatore. Il combustibile utilizzato è stata una miscela in rapporto 2:1 gasolio-benzina. L'accensione del fuoco è avvenuta secondo due direttrici, una seguendo la linea di massima pendenza, l'altra seguendo l'andamento delle curve di livello utilizzando tecniche di accensione controvento e pendenza e tecniche per punti a favore di vento. Nell'Area 2 è stato impiegato 1 mezzo antincendio e 7 operatori e sono state adottate solo accensioni controvento e pendenza.

#### 2.4. Organizzazione del cantiere di diradamento

La realizzazione del diradamento è stata suddivisa in due fasi realizzate da soggetti differenti: l'abbattimento delle piante martellate è stato affidato agli operai del Consorzio di Bonifica Integrale dei Bacini del Tirreno Cosentino, mentre le altre fasi, dal concentramento del materiale al trasporto dello stesso, sono state affidate a ditta privata. Le aree di intervento sono servite da una strada forestale classificabile come "trattorabile" (HIPPOLITI, 1976). La strada percorre il versante con tratti anche ripidi (pendenza 20%) e numerosi tornanti; le due aree sono servite dalla strada sia a monte che a valle.

##### 2.4.1. Abbattimento

Nell'Area 1 hanno lavorato contemporaneamente due motoseghisti, uno con motosega Stihl modello MS271 e l'altro con Motosega Husqvarna modello 272XP, nell'area 2 ha lavorato un solo motoseghista con motosega Stihl modello MS271; durante la fase di abbattimento l'operazione era seguita da un funzionario del consorzio, incaricato dal Direttore dei Lavori, che verificava l'abbattimento delle sole piante martellate e contrassegnava con vernice spray le ceppaie corrispondenti. Le piante sono state lasciate intere su letto di caduta.

##### 2.4.2. Concentramento

L'operazione successiva all'abbattimento è stata il concentramento a strascico indiretto con trattore e verricello, operato dalla ditta privata. Il mezzo utilizzato è stato un trattore cingolato FIAT Agri 605 che montava un verricello Terramac serie 8005 tipo V8000 da 80 q.li. Grazie alla superficie limitata delle aree di intervento e al fatto che queste erano servite dalla strada sia a monte che a valle, è stato possibile concentrare il materiale direttamente sulla strada, senza bisogno di ricorrere a una fase successiva di esbosco a strascico diretto. Le distanze di concentramento erano comprese tra 10 e 60 m nella prima area, di poco maggiori nella seconda con punte massime di 80 m. Il concentramento è stato effettuato sia da monte che da valle per raggiungere tutte le piante abbattute, nel lavoro sono stati impiegati due-tre



operai più un altro che alternava il lavoro tra il verricello e la pinza caricatrice (vedi par 2.4.3). Le fasi del ciclo produttivo medio sono state lo stendimento della fune del verricello eseguito da un operaio in discesa e da due in salita, l'aggancio del carico, il concentramento e infine lo scarico sulla strada. Durante la fase vera e propria di concentramento un operaio provvedeva alla preparazione del carico successivo sezionando con motosega le piante di dimensioni maggiori, difficilmente gestibili altrimenti.

#### 2.4.3. Carico su autocarro e trasporto al piazzale

Una volta portato il materiale lungo strada un operaio procedeva al carico dell'autocarro deputato al trasporto utilizzando una pinza idraulica montata su un altro autocarro; durante questa operazione un altro operaio, munito di motosega, sezionava i fusti di lunghezza eccessiva facilitando il lavoro della pinza stessa. Nello specifico l'autocarro per il trasporto era un FIAT 110, mentre su un IVECO CL75 era montata la pinza idraulica (modello "Buonfiglioli 5500"). Le dimensioni del cassone erano 2,20x3,85x1,40 m e il carico medio era di circa 40 q.li. L'operatore addetto alla pinza, nei momenti in cui si presentava la necessità, si dedicava anche al lavoro col verricello, aiutando gli operai addetti, inoltre era lo stesso che, una volta completato il carico sull'autocarro, effettuava il viaggio fino al piazzale di stoccaggio del materiale.

#### 2.4.4. Raccolta dati relativi ai tempi di lavoro e calcolo delle produttività

Per tutte le fasi descritte sono stati rilevati i tempi di lavoro, mediante apposita tabella di cronometraggio, di un numero rappresentativo di giornate lavorative al fine di calcolare i valori di produttività di ciascuna di esse. Nella fase di abbattimento è stato seguito un operaio motoseghista per ciascuna giornata lavorativa. Nella fase di concentramento oltre ai tempi sono stati rilevati con cavalletto dendrometrico i diametri delle piante prelevate e con metro a nastro le distanze di concentramento. Sono state rilevate 8 giornate su 13. Nella fase di carico con pinza sono state rilevate 7 giornate su 13.

Il rilievo dei tempi è stato effettuato in maniera puntuale suddividendo le fasi del lavoro in diverse sottofasi in modo da studiare approfonditamente lo svolgimento del lavoro e rendendo così possibile la suddivisione della giornata lavorativa in 'Tempi netti' e 'Tempi morti'. Una volta effettuati i rilievi i dati sono stati riportati su foglio elettronico dove è stato possibile aggregarli e calcolare le produttività, lorda e netta. Nello specifico le produttività risultanti sono frutto delle seguenti formule:

$$P_l = \frac{V}{T_l}$$

dove  $P_l$  è la produttività lorda,  $V$  è il volume di legname lavorato e  $T_l$  è il tempo lordo di lavorazione (comprensivo di tempi netti e lordi).

$$P_n = \frac{V}{T_n}$$

dove  $P_n$  è la produttività netta,  $V$  è il volume di legname lavorato e  $T_n$  è il tempo netto di lavorazione.

#### 2.4.5. Calcolo dei costi

Per la valutazione del costo dell'operazione di diradamento si è proceduto con l'analisi dei costi elementari dei diversi fattori; in particolare sono stati calcolati i costi/persona e i costi/macchina.

**Costi del personale** - Per il calcolo dei costi del personale sono stati applicati i costi orari degli operai idraulico-forestali per la Regione Calabria. Da questo dato si è proceduto con il calcolo dei costi del personale tenendo conto delle ore lavorate e del livello di ciascun operaio coinvolto nei lavori di diradamento. I costi sono stati separati per la fase di abbattimento - effettuata dagli operai del consorzio di bonifica - e per le fasi di esbosco, carico e trasporto effettuate dalla ditta privata.

**Costi macchina** - Per le diverse fasi del lavoro sono state utilizzate le seguenti macchine:

- Motosega Stihl MS271;
- Motosega Husqvarna 272XP;
- Trattoria FIAT Agri 605 equipaggiata con verricello;

- Autocarro IVECO CL75 equipaggiato con pinza idraulica;
- Autocarro FIAT 110.

La trattrice e gli autocarri sono macchine obsolete con età superiore ai 30 anni, di conseguenza si è ritenuto opportuno tralasciare le quote di ammortamento nel calcolo dei costi. Per la determinazione del costo macchina quindi ci si è riferiti esclusivamente alle quote relative ai costi variabili. Per le motoseghe invece sono stati calcolati sia costi fissi che costi variabili determinando il costo d'uso delle macchine relativamente alla attività svolta; nello specifico è stata utilizzato il metodo di calcolo del costo orario proposto da HIPPOLITI (1997).

### 3. RISULTATI

#### 3.1. Effetti del fuoco prescritto sui combustibili

In Tab. 4 vengono riportati i valori medi ( $\pm$  ES) del carico delle diverse componenti di combustibile nell'Area 1, sia per la particella testimone (assenza di fuoco prescritto e diradamento) che per la particella trattata con il fuoco prescritto. Si osserva una riduzione marcata del carico di lettiera, arbustivo e della necromassa fine ( $< 6$  mm in diametro) rispettivamente del 80%, 89% e 71%. Di minore importanza è stata la riduzione dei combustibili erbacei (12%), in parte non interessati dalla combustione in quanto verdi al momento dell'applicazione del fuoco prescritto, e della necromassa legnosa con diametri  $> 6$  mm (20%), poiché presentava un'umidità maggiore, in linea con quanto generalmente prescritto per questo tipo di in-

terventi (FERNANDES *et al.*, 2013). Rispetto al controllo, nella particella trattata con il fuoco prescritto si è osservata una riduzione dell'humus del 30% dovuta a valori di umidità vicini al limite inferiore generalmente previsto per questi interventi sotto copertura di conifere (BOVIO e ASCOLI, 2013).

Per quanto riguarda l'Area 2, in Fig. 4 vengono riportati i valori medi ( $\pm$  ES) del carico delle diverse componenti di combustibile, sia per la particella di controllo (assenza di fuoco prescritto e diradamento) che per la particella solo diradata, e per quella diradata e trattata con il fuoco prescritto. Rispetto al controllo, il diradamento ha portato ad un aumento marcato della lettiera, della necromassa fine e in particolare della necromassa con diametri  $> 6$  mm, rispettivamente del 40%, 93% e del 59%. Il fuoco prescritto realizzato dopo il diradamento ha ridotto in modo sostanziale queste tre componenti accumulate dopo il taglio, rispettivamente del 99%, 30% e 62%. Inoltre, al momento del rilievo le componenti erbacee ed arbustive consumate durante l'intervento di fuoco prescritto erano assenti in quanto non avevano ancora ricacciato.

#### 3.2. Stima delle calorie sottratte con i diradamenti

Sulla base dei valori della biomassa eliminata con i diradamenti (Tab. 5) sono stati stimati i quantitativi di calorie che vengono ad esser preventivamente sottratti in caso di combustione totale (Tab. 6).

Nel popolamento a minore densità i dati stimati evidenziano una riduzione del 13,6% di energia calorica, mentre in quello a densità

Tabella 4 – Carico medio  $\pm$  ES (t/ha) dei combustibili nell'Area 1, nella particella di controllo e nella particella trattata con il fuoco prescritto.

| Trattamento      | N. Aree di saggio | Tot. | Lettiera          | Humus             | Erba             | Arbusti           | Legna $< 6$ mm    | Legna $> 6$ mm   |
|------------------|-------------------|------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Controllo        | 2                 | 24,9 | 3,35<br>$\pm 0,5$ | 16,4<br>$\pm 2,2$ | 0,8<br>$\pm 0,2$ | 1,8<br>$\pm 0,2$  | 2,8<br>$\pm 0,4$  | 1,5<br>$\pm 0,4$ |
| Fuoco prescritto | 2                 | 14,8 | 0,67<br>$\pm 0,3$ | 11,4<br>$\pm 2,2$ | 0,7<br>$\pm 0,3$ | 0,2<br>$\pm 0,03$ | 0,8<br>$\pm 0,08$ | 1,2<br>$\pm 0,3$ |

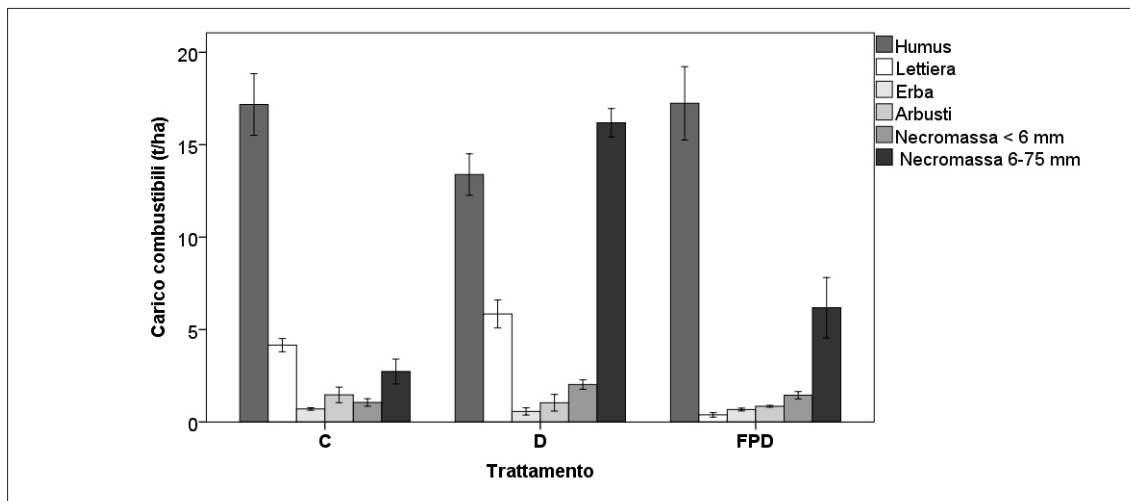


Figura 4 – Carico di combustibile (t/ha) medio ( $\pm$ ES) per le componenti di combustibile nei diversi trattamenti realizzati nell'Area 2: C - controllo; D - diradamento; DFP - diradamento + fuoco prescritto.

maggiore del 16,9%. Questi valori nella realtà risultano inferiori, poiché i processi di combustione determinano un consumo completo dei combustibili solo per il 15% della biomassa.

### 3.3. Stima del costo del diradamento e dell'impiego di mano d'opera per l'esecuzione del fuoco prescritto

Dall'analisi dei tempi di lavoro sono state calcolate le produttività per ogni fase produttiva (Tab. 7).

In Tab. 8 sono riportati i risultati finali dell'analisi dei costi per l'operazione di diradamento, suddivisi in costi macchina e costi del personale suddivisi per le due aree di intervento.

Dal confronto dei valori di produttività ottenuti in questo studio con quelli medi indicativi per diradamenti in soprassuoli giovani di conifere (HIPPOLITI e PIEGAI, 2000), emerge

che le produttività sono state relativamente basse per tutte le operazioni di utilizzazione. I valori di abbattimento ottenuti rientrano nel range 4-8 m<sup>3</sup>/h, ma i valori di riferimenti si riferiscono alle operazioni di abbattimento e allestimento. La produttività ottenuta nello studio è invece riferita al solo abbattimento. La fase di concentrazione del legname è risultata essere quella meno produttiva e limitante le fasi successive (carico e trasporto); i valori ottenuti sono sensibilmente più bassi rispetto a quelli di riferimento di 10-20 m<sup>3</sup>/h. I motivi di queste discordanze possono essere attribuiti a diverse cause contingenti. In particolare la strada di accesso al cantiere era di larghezza limitata con conseguente difficoltà di ingresso da parte dei mezzi e di organizzazione del cantiere. Questo ha avuto ricadute negative sul tipo di macchine utilizzate, in parte obsolete ma di dimensioni

Tabella 5 – Caratteri dendrometrici ed entità del diradamento nei popolamenti a diversa densità.

| Località | Prima del diradamento           |                               |                                  | Diradamento                     |                               |                                  | Dopo il diradamento             |                               |                                  |
|----------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|          | PS<br><i>kg ha<sup>-1</sup></i> | PS<br><i>kg m<sup>2</sup></i> | Ecal<br><i>KgJ m<sup>2</sup></i> | PS<br><i>kg ha<sup>-1</sup></i> | PS<br><i>kg m<sup>2</sup></i> | Ecal<br><i>KgJ m<sup>2</sup></i> | PS<br><i>kg ha<sup>-1</sup></i> | PS<br><i>kg m<sup>2</sup></i> | Ecal<br><i>KgJ m<sup>2</sup></i> |
| Area 1   | 165554                          | 16,6                          | 294687                           | 22438                           | 2,2                           | 39940                            | 143116                          | 14,3                          | 254747                           |
| Area 2   | 243670                          | 24,4                          | 433733                           | 41195                           | 4,1                           | 73327                            | 202475                          | 20,2                          | 360405                           |

Tabella 6 – Energia calonica sottratta a seguito dei diradamenti in caso di combustione totale.

| Località         | Piante vive             |                                      |            |          |                                      |                               | Piante morte            |                                      |            |          |                                      |                               | Totali                  |                                      |            |          |                                      |                               |
|------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------|----------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------|----------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------|----------|--------------------------------------|-------------------------------|
|                  | n.p<br>ha <sup>-1</sup> | G<br>m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | dg<br>(cm) | H<br>(m) | V<br>m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | PS_Tot<br>kg ha <sup>-1</sup> | n.p<br>ha <sup>-1</sup> | G<br>m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | dg<br>(cm) | H<br>(m) | V<br>m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | PS_Tot<br>kg ha <sup>-1</sup> | n.p<br>ha <sup>-1</sup> | G<br>m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | dg<br>(cm) | H<br>(m) | V<br>m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | PS_Tot<br>kg ha <sup>-1</sup> |
| <i>Petrova</i>   |                         |                                      |            |          |                                      |                               |                         |                                      |            |          |                                      |                               |                         |                                      |            |          |                                      |                               |
| Ante diradamento | 1283                    | 53,19                                | 23,0       | 16,4     | 420,3                                | 58595,2                       | 32                      | 0,64                                 | 16,0       | 14,1     | 4,9                                  | 922,8                         | 1315                    | 53,83                                | 22,8       | 16,4     | 425,2                                | 59518,0                       |
| Diradamento      | 261                     | 5,91                                 | 17,0       | 14,5     | 45,0                                 | 8135,6                        | 32                      | 0,64                                 | 16,0       | 14,1     | 4,9                                  | 922,8                         | 293                     | 6,56                                 | 16,9       | 14,5     | 49,8                                 | 9058,4                        |
| Post diradamento | 1022                    | 47,28                                | 24,3       | 16,7     | 375,4                                | 50459,6                       | 0                       | 0                                    | 0,0        | 0,0      | 0,0                                  | 0,0                           | 1022                    | 47,28                                | 24,3       | 16,7     | 375,4                                | 50459,6                       |
| <i>Lacco</i>     |                         |                                      |            |          |                                      |                               |                         |                                      |            |          |                                      |                               |                         |                                      |            |          |                                      |                               |
| Ante diradamento | 1620                    | 65,08                                | 22,6       | 16,3     | 513,3                                | 72563,3                       | 212                     | 2,67                                 | 12,7       | 12,3     | 19,5                                 | 4437,1                        | 1832                    | 67,75                                | 21,7       | 16,1     | 532,8                                | 77000,4                       |
| Diradamento      | 349                     | 8,77                                 | 17,9       | 14,9     | 67,2                                 | 11637,5                       | 212                     | 2,67                                 | 12,7       | 12,3     | 19,5                                 | 4437,1                        | 561                     | 11,44                                | 16,1       | 14,2     | 86,7                                 | 16074,6                       |
| Post diradamento | 1271                    | 56,31                                | 23,7       | 16,6     | 446,1                                | 60925,8                       | 0                       | 0                                    | 0,0        | 0,0      | 0,0                                  | 0,0                           | 1271                    | 56,31                                | 23,7       | 16,6     | 446,1                                | 60925,8                       |

Tabella 7 – Tabella riepilogativa delle produttività (m<sup>3</sup>/h) relative all'applicazione dell'intervento selvicolturale.

|   | Abbattimento<br>1 operaio |        | Concentramento<br>3 operai |        | Carico<br>2 operai |        | Trasporto<br>1 operaio |        |
|---|---------------------------|--------|----------------------------|--------|--------------------|--------|------------------------|--------|
|   | Area 1                    | Area 2 | Area 1                     | Area 2 | Area 1             | Area 2 | Area 1                 | Area 2 |
| Produttività netta<br>(m <sup>3</sup> /h) | 7,1                       | 12,6   | 3,4                        | 2,6    | 4,9                | 5,2    | 3,4                    | 2,8    |
| Produttività lorda<br>(m <sup>3</sup> /h) | 4,7                       | 10,3   | 1,7                        | 1,4    | 2,0                | 2,6    | 1,7                    | 1,4    |

Tabella 8 – Riepilogo dei costi totali per l'intervento di diradamento.

| Costi     | Voce                     | Area 1 |                  | Area 2 |                  | Totale |                  |
|-----------|--------------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|
|           |                          | €      | €/m <sup>3</sup> | €      | €/m <sup>3</sup> | €      | €/m <sup>3</sup> |
| Personale | Abbattimento             | 119    | 2,39             | 95     | 1,09             | 214    | 1,57             |
|           | Esbosco-Carico-Trasporto | 1327   | 26,63            | 2575   | 29,70            | 3903   | 28,58            |
| Macchina  | Motosega                 | 43     | 0,86             | 28     | 0,32             | 70     | 0,52             |
|           | Trattore                 | 33     | 0,66             | 85     | 0,98             | 117    | 0,86             |
|           | Autocarro con pinza      | 45     | 0,90             | 117    | 1,34             | 161    | 1,18             |
|           | Autocarro trasporto      | 212    | 4,30             | 398    | 4,60             | 610    | 4,48             |
|           | Totale Personale         | 1447   | 29,02            | 2670   | 30,80            | 4117   | 30,15            |
| Totale    | Totale Macchine          | 333    | 6,72             | 628    | 7,24             | 958    | 7,04             |
|           | Totale                   | 1779   | 35,74            | 3297   | 38,04            | 5075   | 37,19            |

adeguate all'area. Inoltre, è stato necessario trasportare il materiale raccolto ad un imposto più accessibile per le successive lavorazioni.

#### 4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La riduzione delle attività selvicolturali e il conseguente accumulo di biomassa potenzialmente incendiabile viene indicata, sia in ambito nazionale che internazionale, tra le cause dei ricorrenti incendi boschivi (IOVINO *et al.*, 2005; FERNANDES *et al.*, 2013). I risultati del presente studio, primo esempio in Italia di un approccio integrato di diradamenti e fuoco prescritto, evidenziano come sia necessario in tema di pianificazione antincendi dare adeguato peso nell'ambito dell'ordinaria gestione forestale

agli interventi di prevenzione, volti a ridurre il carico e la continuità dei combustibili e a rendere i popolamenti forestali meno vulnerabili al fuoco.

Studi precedenti, realizzati sul territorio italiano, hanno messo in evidenza l'utilità dei diradamenti nel mitigare il rischio incendi in popolamenti di conifere mediterranee (LOVREGGIO *et al.*, 2006; IOVINO *et al.*, 2014). Altri lavori hanno dimostrato l'efficacia del fuoco prescritto nel ridurre i combustibili di superficie e la probabilità di passaggio in chio-ma dell'incendio potenziale (DELOGU, 2009; ASCOLI *et al.*, 2010). Rispetto ai precedenti lavori, il presente studio ha consentito di verificare l'efficacia di integrare il diradamento con il fuoco prescritto. Quando effettuato prima del diradamento, il fuoco prescritto agisce soprat-

tutto sul consumo dei combustibili di lettiera e della necromassa fine. Quando realizzato dopo il diradamento, il fuoco prescritto contribuisce a ridurre marcatamente la necromassa di maggiori dimensioni (diametro fra 0,6 e 7 cm) che risulta dal taglio. Nonostante l'elevato consumo di combustibile vegetale, il fuoco prescritto non ha superato un'intensità lineare di 100 kW/m, in linea con interventi simili (ASCOLI *et al.*, 2012; FERNANDES *et al.*, 2013). Inoltre, le residenze delle temperature sopra i 60°C nel suolo sono state inferiori a 4 minuti, mentre la temperatura massima non ha superato i 127°C, indicativi di limitate alterazioni delle proprietà del suolo (CERTINI, 2005; VACCHIANO *et al.*, 2014). Di conseguenza, gli effetti del fuoco prescritto sul consumo di humus sono risultati trascurabili e non si sono osservati danni al popolamento arboreo.

I quantitativi di calorie che sono stati sottratti con i diradamenti, se dalla scala di popolamento a cui si riferiscono si trasferiscono a quella di paesaggio, diventano significativi ai fini della riduzione del potenziale pirolitico di un territorio forestale.

I risultati ottenuti dimostrano la validità di questi interventi nel breve e lungo periodo. A breve termine viene ridotta la probabilità che questi rimboschimenti possano esser danneggiati o distrutti da un eventuale incendio, vanificando gli effetti positivi fin qui raggiunti, con tutte le conseguenze di tipo ambientale che ne derivano. Nello stesso tempo si è assicurata la possibilità che i processi di rinaturalizzazione in atto vadano avanti e consentano nel tempo la graduale sostituzione della pineta, altamente infiammabile, con formazioni di latifoglie autoctone che presentano una minore predisposizione al passaggio dell'incendio rispetto alle conifere e conferiscono al bosco una maggiore resilienza al fuoco (PERRY E AMARANTHUS, 1997). Inoltre, l'attenzione con cui gli operatori hanno realizzato l'intervento di fuoco prescritto ha consentito di non danneggiare la rinnovazione naturale delle latifoglie, che, a seguito della riduzione di densità del popolamento, potranno affermarsi e ulteriormente diffondersi. L'eliminazione preventiva, mediante i diradamenti,

delle piante morte e di quelle destinate a seccare per eccessiva densità comporta una conseguente riduzione del combustibile potenziale e della quantità di energia che può sprigionare, determina una maggiore resistenza all'incendio dei popolamenti e una minore facilità di propagazione del fuoco. Infatti, si ha l'isolamento delle masse di combustibile, sia in senso verticale, riducendo il pericolo che il fuoco radente passi alle chiome, sia in senso orizzontale evitando che il fuoco si propaghi su vaste estensioni. La riduzione di densità provocherà un maggiore accrescimento diametrico delle piante, e trattandosi di pino anche di quello longitudinale. Di conseguenza si ha una riduzione del rapporto di snellezza che aumenta la resistenza delle piante alle avversità meteorologiche. La bassa produttività del diradamento in termini finanziari, dovuta alla difficoltà di accesso alle aree boscate e all'impiego di macchine in parte obsolete, migliorabile rendendo le aree più facilmente accessibili e utilizzando macchine più moderne e efficienti, è ampiamente compensata se si considerano oltre gli effetti prima detti, una serie di altri vantaggi (minore propagazione del fuoco, migliore percorribilità del bosco e più facile estinzione, minori danni, più pronta ricostituzione del bosco) particolarmente significativi in momenti di drastica riduzione dei costi anche per contrastare le fasi emergenziali, legate allo spegnimento degli incendi boschi.

#### RINGRAZIAMENTI

La realizzazione delle prove sperimentali è stata resa possibile grazie alla sinergica collaborazione tra diversi Enti che hanno competenza sul territorio interessato: il Comune di Tortora (Cosenza), per aver concesso l'utilizzo dei rimboschimenti ricadenti nel proprio demanio; il Dipartimento Agricoltura, Foreste e Forestazione della Regione Calabria e l'Area Territoriale Settentrionale di Cosenza, per la concessione delle autorizzazioni ad eseguire i diradamenti e il fuoco prescritto, il Comando Provinciale del CFS di Cosenza per l'assistenza

di propria competenza fornita in fase di esecuzione del fuoco prescritto; il Commissario e il Direttore Generale del Consorzio di Bonifica Integrale dei Bacini del Tirreno Cosentino, per tutta la collaborazione fornita in fase di organizzazione delle prove e per aver autorizzato l'utilizzo della manodopera forestale.

Per lo stesso Consorzio è doveroso rivolgere un ringraziamento particolare all'Ing. Giovanni Malomo, Direttore del Servizio Agrario-Forestale e Irriguo, al Dr. Agr. Mario Barbero, Progettista e Direttore dei Lavori, al Geom. Pasquale Lancellotta, Responsabile operativo del cantiere durante le prove sperimentali, ai Capisquadra e a tutte le Maestranze. Ciascuno di loro, con impegno e professionalità, ha consentito e assicurato la riuscita della sperimentazione.

Si ringrazia il Dott. Fabio Matta per il supporto durante l'attività in campo per la caratterizzazione dei combustibili e del comportamento del fuoco prescritto.

#### SUMMARY

##### *Thinning and prescribed burning for fire hazard reduction in Pinus halepensis plantations*

This paper reports the results of the first fire hazard reduction experiment in Italy which integrates thinning and prescribed burning. The study was conducted in Aleppo pine stands in a high fire-risk area in the Calabrian Region. Two stands with a different stem density were selected. The experiment design included: i) prescribed burning followed by selective thinning from below in the stand with lower tree density; ii) selected thinning from below followed by prescribed burning in the stand with higher tree density. Light/moderate thinning intensity treatments were applied at both sites in June-July 2013. Prescribed burning treatments were conducted in May 2013 and March 2014. Data on fuel characteristics were collected before and after treatments. A working time study was also carried out during thinning operations. During burn operations, fireline intensity never exceeded 100 kW/m. Maximum temperature in the organic soil layer was 130°C, and on average temperatures above 60°C lasted less than 4 minutes. The organic soil layer was not consumed, and no damages to adult trees were observed. The results highlight the positive effect of prescribed burning and thinning on the reduction of fuel load and continuity, and then on potential fire behaviour, thus reducing the susceptibility and vulnerability of Aleppo pine stands to summer wildfires. The integrated approach of the study shows how thinning and prescribed burning, the latter a prevention practice surprisingly not very common in

a fire-prone environment like Southern Italy, could be a sustainable practice to be included in the ordinary forest management planning.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALBRECHT M.A., BRIAN C., MCCARTHY B.C., 2006 – *Effects of prescribed fire and thinning on tree recruitment patterns in central hardwood forests*. Forest Ecology and Management, 226: 88-103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.061>
- ARSSA (AGENZIA REGIONALE PER LO SVILUPPO E PER I SEVIZI IN AGRICOLTURA), REGIONE CALABRIA, 2003 – *I suoli della Calabria. Carta dei suoli in scala 1:25.000 della Regione Calabria*. Rubbettino Industrie Grafiche ed Editoriali, Soveria Mannelli (Catanzaro), 387 p.
- ASCOLI D., BOVIO G., 2013 – *Prescribed burning in Italy: a review of issues, advances and challenges*. iForest, 6: 79-89.
- ASCOLI D., BOVIO G., ESPOSITO A., SENECA U., RUTIGLIANO F.A., CATALANOTTI A., STRUMIA S., SALGUEIRO A., PALHEIRO P., REBELO A., MAZZOLENI S., FERNANDES P.M., 2010 – *Using PiroPinus to assess fuel reduction effectiveness of prescribed burning in a Pinus halepensis plantation in Southern Italy*. In: Proceedings of the VI International Conference on Forest Fire Research (Viegas D.X. Ed). Coimbra (Portugal), 15-18 Nov. 2010, p. 11.
- ASCOLI D., CATALANOTTI A., VALESE E., CABIDDU S., DELOGU G., DRIUSSI M., ESPOSITO A., LEONE V., LOVREGGIO R., MARCHI E., MAZZOLENI S., RUTIGLIANO F.A., STRUMIA S., BOVIO G., 2012 – *Esperienze di fuoco prescritto in Italia: un approccio integrato per la prevenzione degli incendi*. Forest@, 9: 20-38. <http://dx.doi.org/10.3832/efor0686-009>
- BOVIO G., ASCOLI D., 2012 – *Fuoco prescritto: stato dell'arte della normativa in Italia*. L'Italia Forestale e Montana, 67 (4): 347-358. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2012.4.04>
- BOVIO G., ASCOLI D., 2013 – *La tecnica del fuoco prescritto*. Aracne, 272 p.
- BOYDAK M., 2004 – *Silvicultural characteristics and natural regeneration of Pinus brutia Ten. – a review*. Plant Ecology, 171: 153-163. <http://dx.doi.org/10.1023/B:VEGE.0000029373.54545.d2>
- BURROWS N., MCCAW L., 2013 – *Prescribed burning in south-western Australian forests*. Frontiers in Ecology and the Environment, 11: e25-e34. <http://dx.doi.org/10.1890/120356>
- BYRAM G.M., 1959 – *Combustion of forest fuels*. In 'Forest Fire: Control and Use'. (Ed. KP Davis) pp. 61-89, 554-555. (McGraw-Hill: New York, NY).
- CERTINI G., 2005 – *Effects of fire on properties of forest soils: a review*. Oecologia, 143:1-10. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>
- CIANCIO O., 1970 – *Prove di sfollamento sui pini mediterranei*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 1: 199-269.
- CIANCIO O., 1971 – *Sul clima e sulla distribuzione altimetrica della vegetazione in Calabria*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 2: 225-259.

- DE CHANTAL M., LILJA-ROTHSTEN S., PETERSON C., KUULUVAINEN T., VANHA-MAJAMAA I., PUTTONEN P., 2009 – *Tree regeneration before and after restoration treatments in managed boreal Picea abies stands*. Applied Vegetation Science, 12: 131-143. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1654-109X.2009.01004.x>
- DELOGU G., 2009 – *Esperienze di Prescribed Burning in Sardegna*. In: Atti del III Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (CT), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 1293-1296.
- FERNANDES P.M., RIGOLOTT E., 2008 – *The fire ecology and management of maritime pine (Pinus pinaster Ait.)*. Forest Ecology and Management, 241: 1-13. <http://dx.doi.org/10.1890/120298>
- FERNANDES P.M., DAVIES M.D., ASCOLI D., FERNÁNDEZ C., MOREIRA F., RIGOLOTT E., STOOFF C.R., VEGA J.A., MOLINA D., 2013 – *Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape*. Frontiers in Ecology and the Environment, 11: e4-e14.
- FRANKLIN S.B., ROBERTSON P.A., FRALISH J.S., 2003 – *Prescribed burning effects on upland Quercus forest structure and function*. Forest Ecology and Management, 184: 315-335. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00153-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00153-1)
- GILLON D., HOUSSARD C., VALETTE J.C., RIGOLOTT E., 1999 – *Nitrogen and phosphorus cycling following prescribed burning in natural and managed Aleppo pine forests*. Canadian Journal Forest Research, 29: 1237-1247.
- GRANSTRÖM A., 2001 – *Fire Management for Biodiversity in the European Boreal Forest*. Scandinavian Journal Forest Research, 3: 62-69. <http://dx.doi.org/10.1080/028275801300090627>
- HARSTELA P., 1991 – *Work study in forestry*. Silva Carelica, 18: 1-41.
- HILLE M., OUDEN J., 2004 – *Improved recruitment and early growth of Scots pine (Pinus sylvestris L.) seedlings after fire and soil scarification*. European Journal of Forest Research, 123: 213-218. <http://dx.doi.org/10.1007/s10342-004-0036-4>
- HIPPOLITI, G., 1976 – *Sulla determinazione delle caratteristiche della rete viabile forestale*. L'Italia Forestale e Montana, 6: 241-255.
- HIPPOLITI, G., 1997 – *Appunti di meccanizzazione forestale*. Studio Editoriale Fiorentino.
- HIPPOLITI G., PIEGAI F., 2000 – *La raccolta del legno*. Compagnia delle foreste, Arezzo.
- HUTCHINSON T.F., SUTHERLAND E.K., YAUSSEY D.A., 2005 – *Effects of repeated prescribed fires on the structure, composition, and regeneration of mixed-oak forests in Ohio*. Forest Ecology and Management, 218: 210-228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2005.07.011>
- INFN, 2005 – *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio*. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Ispettorato Generale - Corpo Forestale dello Stato, Roma, Italy. CRA - Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione forestale, Roma, Italy.
- IOVINO F., MENGUZZATO G., NOCENTINI S., 2005 – *Forest fire management in Italy and in the mediterranean basin*. Cooperation Days. In: Proceedings of the International Symposium on Forest Fires. Experience from the Italian Cooperation. Prevention and active fight in the Mediterranean. Reggio Calabria.
- IOVINO F., MARZILIANO P.A., GARFI V., NICOLACI A., VELTRI A., MENGUZZATO G., 2014 – *Interventi per la gestione dei combustibili forestali*. In: "Gestione selvicolturale dei combustibili forestali per prevenire gli incendi boschivi", a cura di G. Bovio, P. Corona, V. Leone. Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- LAVOIR A. V., ORMEÑO E., PASQUALINI V., FERRAT L., GREFF S., LECAREUX C., VILA B., MÉVY J.P., FERNANDEZ C., 2013 – *Does prescribed burning affect leaf secondary metabolites in pine stands?* Journal of Chemical Ecology, 39: 398-412. <http://dx.doi.org/10.1007/s10886-013-0256-5>
- LOVREGGIO R., LEONE V., SALVATORE R., URBANO V., 2006 – *Rimboschimento ed incendi: un problema antico con un nuovo approccio*. In: Proceedings of the conference Cultural heritage and sustainable forest management: the role of traditional knowledge, 8-11 June, 2006, Florence, Italy, Parrotta J., Agnoletti M. & Johann E. Eds., p. 495-502.
- MOREIRA F., DELGADO A., FERREIRA S., BORRALHO R., OLIVEIRA N., INÁCIO M., SILVA J.S., REGO F., 2003 – *Effects of prescribed fire on vegetation structure and breedingbirds in young Pinus pinaster stands of northern Portugal*. Forest Ecology and Management, 184: 225-237. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00214-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00214-7)
- PERRY D. A., AMARANTHUS M.P., 1997 – *Disturbance, recovery and stability*. In: Khom K.A., Franklin J. F., "Creating a forestry for the 21<sup>st</sup> century". Island Press, Washington D.C. p. 31-56.
- PIEGAI F., FRATINI R., PETTENELLA D., 2008 – *Costi Macchina, confronto fra diversi metodi di calcolo*. Aula magna (8), Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- PRÉVOSTO B., MONNIER Y., RIPERT C., FERNANDEZ C., 2011a – *Diversification of Pinus halepensis forests by sowing Quercus ilex and Quercus pubescens acorns: testing the effects of different vegetation and soil treatments*. European Journal of Forest Research, 130: 67-76. <http://dx.doi.org/10.1007/s10342-010-0396-x>
- PRÉVOSTO B., BOUSQUET-MÉLOU A., RIPERT C., FERNANDEZ C., 2011b – *Effects of different site preparation treatments on species diversity, composition, and plant traits in Pinus halepensis woodlands*. Plant Ecology, 212: 627-638. <http://dx.doi.org/10.1007/s11258-010-9852-4>
- RIVAS MARTINEZ S., 1995 – *Clasificación bioclimática de la Tierra*. Folia Botanica Madritensis, 16: 1-25.
- RYAN K.C., KNAPP E.E., VARNER J.M., 2013 – *Prescribed fire in North American forests and woodlands: history, current practice and challenges*. Frontiers in Ecology and the Environment, 11: e15-e24. <http://dx.doi.org/10.1890/120329>
- SIMARD A.J., EENIGENBURG J.E., ADAMS K.A., NISSEN R.L., DEACON A.G., 1984 – *A general procedure for sampling and analyzing wildland fire spread*. Forest Science, 30: 51-64.
- STEPHENS S.L., MOGHADDAS J.J., EDMINSTER C., FIEDLER C.E., HAASE S., HARRINGTON M., KEELEY J.E., KNAPP E.E., MCIVER J.D., METLEN M., SKINNER C.N., YOUNGBLOOD A., 2009 – *Fire treatment effects on*



- vegetation structure, fuels, and potential fire severity in western.S. forests.* Ecological Applications, 19 (2): 305-320. <http://dx.doi.org/10.1890/07-1755.1>
- TABACCHI G., DI COSMO L., GASPARINI P., MORELLI S., 2011 – *Stima del volume e della fitomassa delle principali specie forestali italiane. Equazioni di previsione, tavole del volume e tavole della fitomassa arborea epigea.* Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Trento.
- VACCHIANO G., STANCHI S., MARIANI G., ASCOLI D., ZANINI E., MOTTA R., 2014 – *Fire severity, residuals and soil legacies affect regeneration of Scots pine in the Southern Alps.* Science Total Environment, 472: 778-788. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.101>
- ZALD H.S.J., GRAYA A.N., NORTH M., KERNC R.A., 2008 – *Initial tree regeneration responses to fire and thinning treatments in a Sierra Nevada mixed-conifer forest, USA.* Forest Ecology and Management, 256: 168-179. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.022>