



Rev.	Data
1	Ottobre 2019
Pag. 1 di 8	

## INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	GLI OBIETTIVI DEL PIANO DI RIFORESTAZIONE E I RISULTATI RAGGIUNTI CON GLI INTERVENTI DI RIFORESTAZIONE.....	4
3	LA PROPOSTA DI GESTIONE FORESTALE.....	5
4	CONCLUSIONI.....	7
	BIBLIOGRAFIA.....	8

ALLEGATO: Relazione tecnico – scientifica sulla “Quantificazione degli effetti dei diradamenti sulla capacità di assorbimento della CO<sub>2</sub> in boschi di conifere e latifoglie”, a cura di: CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria) Dott. Ugo Chiavetta, 13 Giugno 2018.



Autostrade // per l'Italia  
Autostrada (A14): Bologna –Bari – Taranto  
Ampliamento alla terza corsia  
Tratto: Cattolica – Porto S. Elpidio  
RIFORESTAZIONE  
Proposta di Gestione Forestale

Rev.	Data
1	Ottobre 2019
Pag. 2 di 8	

## 1 Premessa

Nell'ambito dell'approvazione in sede di procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) dei progetti definitivi di ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada (A14): Bologna – Bari – Taranto nei tratti compresi tra Cattolica e Porto Sant'Elpidio il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM, 2006-2007) determinò nei propri Decreti di pronuncia di compatibilità ambientale la seguente prescrizione (n. 11 del tratto Senigallia – Ancona Nord, n. 12 dei tratti Cattolica – Fano, Fano – Senigallia e Ancona Nord – Ancona Sud – Porto Sant'Elpidio):

*“A titolo compensativo dovrà essere predisposto un piano finalizzato alla riforestazione di territori, con piante autoctone, nell'ambito della Regione Marche, per l'assorbimento di carbonio in linea con gli obiettivi del Piano nazionale di riduzione di gas serra in adempimento al protocollo di Kyoto. A tal fine, dovrà essere previsto l'aumento della superficie forestale regionale privilegiando il recupero di territori abbandonati e la protezione del territorio dai rischi di dissesto. Le aree dovranno essere individuate di comune accordo con la Regione Marche, con la quale dovranno essere definite anche le modalità di acquisizione e gestione delle aree, in modo proporzionale all'incidenza che il settore trasporti ha nell'emissione nazionale e ai chilometri di infrastruttura in progetto rispetto all'estensione nazionale della viabilità primaria (rete autostradale, statale e regionale)”.*

In ottemperanza a tale prescrizione la Società Autostrade per l'Italia S.p.A. ha predisposto nell'ambito della Regione Marche il Piano di riforestazione per l'assorbimento di carbonio in linea con gli obiettivi del Piano nazionale di riduzione di gas serra in adempimento al protocollo di Kyoto e i relativi progetti preliminari.

Con Determine Direttoriali del MATTM – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali è stata effettuata la verifica di ottemperanza alla prescrizione di cui sopra (prot. 578 del 13/01/2014 per il tratto Cattolica – Fano; prot. 1268 del 20/01/2014 per il tratto Fano – Senigallia; prot. 1272 del 20/01/2014 per il tratto Senigallia – Ancona nord; prot. 656 del 13/01/2014; per i tratti Ancona nord – Ancona sud e Ancona sud – Porto Sant'Elpidio prot. 656 del 13/01/2014). Anche il MIBAC – Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Direzione Generale per il Paesaggio, le Belle Arti, l'Architettura e l'Arte Contemporanea – Servizio IV Tutela e Qualità del Paesaggio ha espresso parere favorevole condizionato con nota DG/PBAAC/34.19.04/35635 del 21/12/2012.

La progettazione esecutiva degli interventi di riforestazione è in corso di ultimazione e dai dati è emerso che la quantità complessiva delle superfici previste nel Piano ha subito una contrazione, a causa di ostacoli fisici e vincoli di varia natura riscontrati sul terreno. Come evidenziato dalla Regione Marche (prot. n. 0276028 del 29/04/2016), al fine di raggiungere l'obiettivo della prescrizione è risultato necessario prevedere di attuare azioni integrative rispetto a quanto già previsto nel Piano di riforestazione, fra cui, oltre ad avere già massimizzato le aree da riforestare mediante la disponibilità degli Enti di ulteriori superfici da poter riforestare, si è previsto di realizzare una gestione forestale dei boschi esistenti mediante l'applicazione di interventi di diradamento selettivo, per aumentare la capacità di tali boschi di assorbire CO<sub>2</sub> (lo stesso Protocollo di Kyoto, assieme agli interventi di imboschimento e rimboschimento, promuove metodi sostenibili di gestione forestale, per la riduzione delle emissioni).

Rev.	Data
1	Ottobre 2019
Pag. 3 di 8	

Nei capitoli successivi si descrive, quindi, tale azione che si intende perseguire per raggiungere l'obiettivo di completare la previsione di assorbimento di CO<sub>2</sub> definita nel Piano di riforestazione, quale proposta di gestione forestale, allegando alla presente la relazione tecnico-scientifica del CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria), dalla quale si può evincere che tale azione prefigurata è tale da poter contribuire al raggiungimento dell'obiettivo della prescrizione di cui trattasi.



Autostrade // per l'Italia  
Autostrada (A14): Bologna –Bari – Taranto  
Ampliamento alla terza corsia  
Tratto: Cattolica – Porto S. Elpidio  
RIFORESTAZIONE  
Proposta di Gestione Forestale

Rev.	Data
1	Ottobre 2019
Pag. 4 di 8	

## 2 Gli obiettivi del Piano di riforestazione e i risultati raggiunti con gli interventi di riforestazione

In base al Piano di riforestazione le emissioni da compensare per l'ampliamento autostradale sono state stimate in 11'272,00 t CO<sub>2</sub>eq (Regione Marche Prot. n. 0488469\_3 del 02/08/2011).

Sempre nel Piano le capacità di assorbimento degli interventi di riforestazione sono state stimate sia a 5 anni, in quanto relativi al periodo 2008-2012 nel quale il Protocollo di Kyoto richiedeva la riduzione delle emissioni di gas serra (Regione Marche Prot. n. 0488469 - 2 e 3 - del 02/08/2011), sia a 12 anni, periodo di riferimento per l'incremento della massa legnosa che maggiormente si avvicina alla potenziale capacità di assorbimento di un bosco, considerando che esso può raggiungere la massima capacità di assorbimento mediamente a 50 anni (Fischlin A., Buchter B., Matile L., Hofer P., Taverna R., 2006).

In base alla progettazione esecutiva sono risultati oggetto di riforestazione 110,86 ettari e i seguenti assorbimenti:

- 2.563,87 tCO<sub>2</sub> a 5 anni
- 6.153,28 tCO<sub>2</sub> a 12 anni

Di conseguenza, in base ai periodi di riferimento sopra definiti risulterebbe un residuo da compensare compreso tra 8.708,13 e 5.573,72 t CO<sub>2</sub>eq.

### 3 La proposta di gestione forestale

Nella Regione Marche, come osservato dallo stesso Ente Regionale (nota n. 0276028 del 29/04/2016), si trovano estese superfici sulle quali, nel secolo scorso, sono stati effettuati rimboschimenti a prevalenza di "specie pioniere" (prevalentemente conifere alloctone, es. pini e abeti), oppure popolamenti forestali di latifoglie governati a ceduo, spesso invecchiati o abbandonati. La maggior parte dei rimboschimenti non sono stati adeguatamente sottoposti alle necessarie cure colturali (tagli di diradamento a carico dei soggetti deperenti, soprannumerari, ecc.) per la loro rinaturalizzazione e oggi sono in condizioni di eccessiva densità, che da un lato non consente lo sviluppo delle piantine di specie autoctone presenti (aceri, carpini, querce, ecc.), insediatesi naturalmente in corrispondenza di alcune discontinuità della copertura, dall'altro causerebbe l'auto-diradamento naturale (soprattutto in quei boschi a temperamento eliofilo come il pino nero) che nel tempo porterebbe ad una riduzione dello stock di carbonio e a un aumento della necromassa, che, invece, è un sink di carbonio, da cui un bilancio sfavorevole tra la CO<sub>2</sub> assorbita e quella rilasciata in atmosfera.

La gestione forestale proposta consiste in interventi di diradamento selettivo che consentirebbero di innescare processi di sviluppo che favoriscano l'incremento diametrico delle piante arboree residue e della massa legnosa in generale (e quindi della quantità di massa legnosa di tutto il popolamento forestale), al contempo avvantaggiando un processo spontaneo di rinnovamento naturale del bosco attraverso l'insediamento di vegetazione germinata in situ che, in assenza di diradamenti, difficilmente avrebbe possibilità di affermarsi, aumentando in questo modo anche la resilienza del bosco agli attacchi parassitari, soprattutto a carattere epidemico. Come evidenziato nella relazione tecnico – scientifica redatta dal CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria) allegata alla presente, i diradamenti selettivi, infatti, accentuano sia gli aspetti di maggiore stabilità e resilienza dei popolamenti forestali di origine artificiale, sia la capacità di sequestro di carbonio dall'atmosfera e, per tale motivo, sono proposti nella gestione forestale qui presentata.

La stima ottenibile dalla fissazione della CO<sub>2</sub> mediante questi interventi di diradamento selettivo è stata effettuata dal CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria) nella relazione tecnico – scientifica allegata alla presente, da cui è possibile considerare i seguenti assorbimenti:

- 20,82 t CO<sub>2</sub>/ha in 10 anni per le conifere
- 26,47 t CO<sub>2</sub>/ha in 10 anni per le latifoglie

Cautelativamente, per il calcolo degli ettari di bosco da sottoporre a diradamento selettivo si considera nella presente proposta il più basso valore di assorbimento sopra riportato e relativo alle conifere; inoltre e sempre cautelativamente, si considerano 2.563,87 tCO<sub>2</sub> già assorbite a 5 anni dagli interventi di riforestazione (cfr. capitolo 2) e, di conseguenza, 8.708,13 t CO<sub>2</sub>eq residue da compensare. Risultano, quindi, 435 ettari di bosco oggetto di gestione forestale (che consentirebbero di assorbire 9.056,70 t CO<sub>2</sub>), come schematizzato in Tabella 3-1.


	<i>Autostrade // per l'Italia</i> Autostrada (A14): Bologna –Bari – Taranto <i>Ampliamento alla terza corsia</i> Tratto: Cattolica – Porto S. Elpidio <b>RIFORESTAZIONE</b> <i>Proposta di Gestione Forestale</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev.</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">Ottobre 2019</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	1	Ottobre 2019				
	<i>Rev.</i>	<i>Data</i>								
	1	Ottobre 2019								
Pag. 6 di 8										

Tabella 3-1 – Sintesi dei dati della proposta di gestione forestale

t CO <sub>2</sub> eq residue da assorbire	8.708,13 t CO <sub>2</sub> eq
T CO <sub>2</sub> /ha assorbite in 10 anni da gestione forestale - diradamenti selettivi	20,82 t CO <sub>2</sub> /ha
Ettari di boschi oggetto di gestione forestale - diradamenti selettivi	435 ha
t CO <sub>2</sub> assorbite dai 435 ha di cui sopra	9.056,70 t CO <sub>2</sub>

Come indicato dalla stessa Regione Marche (nota n. 0276028 del 29/04/2016), gli ettari di boschi oggetto di gestione forestale saranno compresi nel Demanio Forestale Regionale gestito dall'UNCCEM (Unione Nazionale Comuni, Comunità ed Enti Montani) delle Marche.

## 4 Conclusioni

La presente proposta prevede una gestione forestale attiva sostenibile tramite interventi di diradamento selettivo in 435 ettari di boschi di origine artificiale, o boschi di latifoglie un tempo governati a ceduo e poi abbandonati, appartenenti al Demanio Forestale Regionale gestito dall'UNCCEM (Unione Nazionale Comuni, Comunità ed Enti Montani) delle Marche, aumentandone in questo modo la capacità di assorbire CO<sub>2</sub> e al tempo stesso accentuandone gli aspetti di rinnovazione, stabilità e resilienza.

In base alla relazione tecnico – scientifica redatta dal CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria) e allegata alla presente, gli interventi di gestione forestale proposti consentirebbero di assorbire le tonnellate di CO<sub>2</sub>eq che rimarrebbero da compensare a seguito della contrazione delle aree oggetto degli interventi di riforestazione.

La proposta risulta, infine, in linea con gli obiettivi del Protocollo di Kyoto, infatti metodi sostenibili di gestione forestale sono promossi dallo stesso, assieme agli interventi di imboschimento e rimboschimento, quali azioni per la riduzione delle emissioni e, inoltre, rientrano tra gli obiettivi del Piano Forestale Regionale (Deliberazione Assemblea Legislativa n. 144 del 26 febbraio 2009), il quale sostiene che: *“La gestione forestale, se attiva sostenibile, come previsto dal paragrafo 3.4 della COP7 di Marrakesh (forest management), può incrementare significativamente l'apporto delle foreste delle Marche nella generazione di crediti di C e nell'aumento dello stock di C nel legno degli alberi che le edificano; ciò è dovuto all'aumento della differenza tra incremento e perdite di biomassa che la gestione attiva delle foreste assicura, stimolando l'incremento legnoso, significativo nelle piante giovani, cioè nelle superfici rinnovate sostenibilmente (con particolare attenzione alla quali-quantità del capitale legnoso a dote del bosco ed ai metodi di rinnovazione naturale delle foreste, alla razionalità dei turni, delle provvigioni e dei prelievi effettuati). Tale differenziale positivo non è garantito, anzi è certamente non garantito, dall'abbandono della selvicoltura attiva che può solo assicurare la stabilità del sink, ma non un suo dinamismo in termini positivi. Pertanto, la gestione forestale attiva sostenibile è funzionale a contribuire al raggiungimento dell'obiettivo del Protocollo di Kyoto e del suo recepimento a livello nazionale. Negli accordi negoziali anche più recenti (Nairobi, novembre 2006), il forest management, oltre all'afforestation, reforestation (art. 3.3 COP 7, Marrakesh), è, infatti, stato prescelto dall'Italia quale attività generatrice di crediti di C e di stock di C e farà parte del prossimo Registro Nazionale dei serbatoi di carbonio”.*



## Bibliografia

---

FISCHLIN A., BUCHTER B., MATILE L., HOFER P., TAVERNA R., 2006 - *Serbatoi di carbonio nell'economia forestale: conteggio dell'assorbimento e delle fonti di emissione nel contesto del Protocollo di Kyoto*. Studi sull'ambiente n. 0602.

IPLA - REGIONE MARCHE, 2001 - *I tipi forestali delle Marche. Inventario e carta forestale delle Marche*. Ancona.

IPPC, 2003 - *Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*.

ISPRA - *Monitoraggio dei bilanci del carbonio forestale*. ([http://www.apat.gov.it/site/it-it/Temi/Protezione\\_dell%27atmosfera\\_a\\_livello\\_globale/Cambiamenti\\_climatici/Biosfera\\_e\\_cambiamenti\\_climatici/Monitoraggio\\_dei\\_bilanci\\_del\\_carbonio\\_forestale](http://www.apat.gov.it/site/it-it/Temi/Protezione_dell%27atmosfera_a_livello_globale/Cambiamenti_climatici/Biosfera_e_cambiamenti_climatici/Monitoraggio_dei_bilanci_del_carbonio_forestale)) Aggiornamento: 03/06/2004.

ISPRA - *Biosfera e cambiamenti climatici*. ([http://www.isprambiente.gov.it/site/it-it/Temi/Protezione\\_dell%27atmosfera\\_a\\_livello\\_globale/Cambiamenti\\_climatici/Biosfera\\_e\\_cambiamenti\\_climatici](http://www.isprambiente.gov.it/site/it-it/Temi/Protezione_dell%27atmosfera_a_livello_globale/Cambiamenti_climatici/Biosfera_e_cambiamenti_climatici)). Aggiornamento: 09/06/2004.

ISPRA - *Italia le politiche sul clima*. ([http://www.isprambiente.gov.it/site/it-it/Temi/Protezione\\_dell%27atmosfera\\_a\\_livello\\_globale/Cambiamenti\\_climatici/Italia\\_le\\_politiche\\_e\\_sul\\_clima](http://www.isprambiente.gov.it/site/it-it/Temi/Protezione_dell%27atmosfera_a_livello_globale/Cambiamenti_climatici/Italia_le_politiche_e_sul_clima)). Aggiornamento: 15/11/2004.

ISPRA - *Funzione e ruolo delle foreste*. ([http://www.apat.gov.it/site/it-it/Temi/Natura\\_e\\_Biodiversita%3%A0/Foreste\\_e\\_vegetazione/Funzione\\_e\\_ruolo\\_delle\\_foreste](http://www.apat.gov.it/site/it-it/Temi/Natura_e_Biodiversita%3%A0/Foreste_e_vegetazione/Funzione_e_ruolo_delle_foreste)). Aggiornamento: 26/06/2007.

ISPRA, Rapporto 146/2011 - *Emissioni di gas-serra e interventi compensativi nel settore forestale: un'applicazione ai boschi del Comune di Acerno (SA)*.

ISPRA - *Glossario*. ([http://www.isprambiente.gov.it/Site/it-IT/Servizi\\_del\\_sito/Glossario](http://www.isprambiente.gov.it/Site/it-IT/Servizi_del_sito/Glossario)). Aggiornamento: 18/02/2011.

MATTEM "MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO (E DEL MARE)" – DIREZIONE SALVAGUARDIA AMBIENTALE, 2006-2007 - *Decreti di pronuncia di compatibilità ambientale concernente il progetto "Autostrada (A14) Bologna - Bari - Taranto. Progetto di ampliamento a tre corsie da Rimini Nord a Pedaso". Tratti da Cattolica a Porto Sant'Elpidio. Prot.ª: DSA-2006-0030795 del 29/11/2006; DSA-2006-0030785 del 29/11/2006; DSA-2007-0000421 del 09/01/2007; DSA-2007-0000420 del 19/01/2007.*

NAZIONI UNITE, 1997 - *Il Protocollo di Kyoto della Convenzione sui Cambiamenti Climatici*. ONU.

REGIONE MARCHE, 2008 - *Piano Forestale Regionale delle Marche* (art. 4, LR 6/2005 e s.m.i.). Approvato con DGR 663/2008.

URBINATI C., 2008. *Foreste in forma. La gestione sostenibile nei boschi delle Marche*.

## **Quantificazione degli effetti dei diradamenti sulla capacità di assorbimento della CO<sub>2</sub> in boschi di conifere e latifoglie**

*(Versione aggiornata in seguito ai quesiti di cui alla lettera del 31/05/2018 e della richiesta di approfondimenti di cui alla lettera del 04/06/2018)*

### **Introduzione**

Per diradamento si intende una pratica selvicolturale utilizzata dai gestori di un bosco per ridurre la densità dei popolamenti forestali. Da un lato questa pratica simula la naturale mortalità che avverrebbe in assenza di gestione, dall'altro introduce un controllo ragionato del selvicoltore che (seguendo diversi approcci) definisce gli alberi che devono andare al taglio e quelli che invece devono rimanere. Dato che le risorse a disposizione per un popolamento sono limitate, la riduzione (naturale o successiva ad un diradamento) del numero di alberi di un bosco determina una maggiore disponibilità delle risorse per gli alberi che rimangono. La maggiore disponibilità di risorse determina, a cascata, un'accelerazione dell'incremento corrente degli alberi rimasti. Il diradamento presenta numerosi vantaggi:

- consente di intervenire nelle fasi giovanili in cui gli alberi sono più reattivi e meccanicamente meno instabili;
- consente di distribuire il taglio nel tempo e nello spazio adattandosi a criteri di natura finanziaria, ecologica e logistica;
- consente di operare a diverse intensità di prelievo in modo da adattarsi alle esigenze e alle caratteristiche delle specie presenti;
- consente di aumentare la longevità del popolamento (nel caso del diradamento selettivo);
- consente di operare una selezione secondo i caratteri-obiettivo (produttivi, finanziari, assortimentali, strutturali, etc.) in modo da concentrare l'accelerazione incrementale sugli alberi più adatti alla funzione assegnata al bosco.

Per semplicità di descrizione possiamo distinguere i diradamenti secondo la modalità di selezione in:

- Diradamenti dal basso: vengono individuati per essere tagliati gli alberi peggiori e delle classi sociali dominate e sottoposte.
- Diradamenti dall'alto: questo approccio mira a liberare le chiome degli alberi dello strato dominante attraverso il taglio di alberi delle classi sociali dominate e codominanti (talvolta anche dominanti) direttamente in competizione con le dominanti.
- Diradamenti selettivi: viene individuato un preciso numero di alberi per ettaro su cui concentrare l'accelerazione incrementale post diradamento. Questi vengono liberati dalla competizione diretta dei circostanti. Quando gli alberi liberati hanno una densità bassa, a questo tipo di diradamento, si può associare (per ragioni tendenzialmente di convenienza finanziaria dell'intervento) un diradamento dal basso sulla matrice di alberi non incidenti direttamente su quelli da liberare.

Tutti gli approcci di diradamento di cui sopra possono essere suddivisi in funzione delle loro intensità di prelievo in forte, medio e debole.

Normalmente, le risorse limitanti per gli alberi sono luce, acqua e sostanze nutritive nel suolo. Mentre un qualsiasi diradamento, indipendentemente dal tipo, determina una maggiore disponibilità di acqua e sostanze nutritive per gli alberi che rimangono, la maggiore disponibilità di luce è un fattore che (a parità di intensità) dipende dalla distribuzione del diradamento nelle varie classi sociali e quindi dal suo tipo. Infatti mentre in un diradamento dal basso si eliminano generalmente le classi sociali che erano già carenti di luce, in quelli dall'alto o selettivi vengono eliminati gli alberi delle classi sociali più alte determinando così un sensibile aumento di disponibilità della luce per quelli che rimangono. In conclusione possiamo generalizzare dicendo che i diradamenti bassi e deboli non hanno nessun vantaggio dal punto di vista della capacità produttiva degli

alberi rimanenti e quindi neanche sulla loro capacità di assorbimento di carbonio. Talvolta, però i diradamenti deboli possono essere utili nella prevenzione degli incendi boschivi. Viceversa un diradamento dal basso deve avere una intensità almeno medio-forte per innescare una risposta incrementale significativa. Invece, diradamenti dall'alto o selettivi di intensità media e/o forte (soprattutto in funzione delle caratteristiche dendro-auxometriche dei popolamenti e dell'ecologia delle specie forestali presenti) possono dare delle risposte incrementali significativamente più alte.

Tuttavia, nel complesso quadro dei serbatoi di carbonio, l'innescò di una accelerazione incrementale nel bosco in seguito ad un diradamento deve essere contestualizzata in un bilancio che tenga in considerazione anche alcune voci negative come: la riduzione dello stock di carbonio (determinata dal taglio), gli impatti dei diradamenti sulle emissioni dei gas serra dal suolo, le emissioni dovute all'eventuale uso della legna per scopi energetici, le emissioni dovute alle utilizzazioni e al trasporto della massa intercalare. In contrapposizione, le voci positive del bilancio riguardano invece gli aspetti legati alla maggiore stabilità meccanica del bosco determinata soprattutto dai diradamenti selettivi e al miglioramento delle condizioni incidenti sul comportamento degli incendi forestali (Tabella 1). Infatti i diradamenti selettivi diminuiscono sensibilmente il rapporto ipsodiametrico medio del popolamento a breve termine in modo apparente (eliminando gli alberi più filati) e a lungo termine in modo effettivo (determinando un maggiore incremento diametrico rispetto a quello in altezza degli alberi rilasciati). I diradamenti, soprattutto quelli selettivi, abbassano la pericolosità degli incendi in quanto determinano una riduzione della continuità delle chiome, del legno morto e della densità apparente delle singole chiome. I diradamenti dal basso, al contrario hanno una maggiore influenza sull'aumento dell'altezza di inserzione delle chiome a differenza di quelli selettivi che sono invece ininfluenti. Tuttavia, come già ricordato prima, un diradamento selettivo può essere accompagnato da un diradamento dal basso di debole o media intensità. Gli stessi effetti sono innescati anche dai tagli di conversione all'alto fusto. Inoltre, l'eliminazione della necromassa ai primi stadi di decomposizione può ridurre ulteriormente la pericolosità ed il rischio di incendio. Infine, attraverso i diradamenti selettivi è possibile prolungare il turno dei popolamenti di origine artificiale senza comprometterne la stabilità.

**Tabella 1. Effetti delle operazioni forestali sulle principali caratteristiche che influenzano gli incendi in bosco (da Scott 1998 modificato).**

Intervento sul combustibile	Carico di combustibile superficiale	Umidità del combustibile morto sottile	Densità dei combustibili di chioma	Altezza di inserzione della chioma	Velocità del vento
Conversione ad alto fusto	--	--	--	+	+
Decespugliamento	--	--	*	+	+
Diradamento	*	--	--	+	+
Fuoco prescritto	--	--	--	+	+
Pascolo controllato	--	--	*	+	+
Potatura	*	--	--	+	+
Viali tagliafuoco	--	--	*	*	+

Nota: + aumenta; -- diminuisce; \* ininfluenza.

La gestione del bosco non deve essere sottovalutata nemmeno per tutti quegli aspetti che migliorano la resistenza del bosco ai danni biotici e abiotici. Infatti, i cambiamenti climatici in atto hanno accentuato l'incidenza di eventi meteorologici estremi, che possono causare gravi danni ai boschi meccanicamente instabili come i boschi di origine artificiale non correttamente diradati. Inoltre i diradamenti favoriscono

l'insediamento di altre specie accessorie negli strati inferiori del bosco aumentandone la resilienza agli attacchi parassitari, soprattutto a carattere epidemico.

### Esperienze sui diradamenti selettivi

In questo contesto il CREA attraverso i progetti SelPiBioLife e Life FoResMit sta conducendo delle prove operative di applicazione di diradamenti selettivi di media e forte intensità che hanno già ottenuto dei risultati preliminari incoraggianti sia per l'aumento della biodiversità sia per l'aumento della capacità di assorbimento della CO<sub>2</sub>.

Infatti la differenza di risposta incrementale tra i due tipi di diradamento è molto alta, in particolare il diradamento selettivo innesca un'accelerazione incrementale circa doppia rispetto al diradamento di tipo basso medio. Inoltre gli stessi risultati evidenziano una forte riduzione dell'incremento corrente nei popolamenti non diradati. In Tabella 2 sono riportati i dati sintetici.

**Tabella 2. Dati sintetici della risposta incrementale di popolamenti di pino nero a diversi tipi di diradamento**

Sito	Età al diradamento	Tipo di diradamento	Incremento corrente prima dell'intervento (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Incremento corrente dopo l'intervento (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Risposta incrementale	Media per tipo di diradamento
Amiata	44	Dal basso	1.37	1.55	13%	
Pratomagno	59	medio	0.63	0.71	13%	13%
Amiata	44	Selettivo	0.78	1.11	42%	
Pratomagno	59		1.27	1.52	20%	31%
Amiata	44	Nessuno	1.55	1.36	-19%	-19%

Nel suolo di pinete Mediterranee è stoccato circa il 32 % del carbonio complessivo, quindi variazioni del contenuto di carbonio nel suolo possono modificare fortemente i risultati degli interventi, a livello di ecosistema.

I risultati preliminari del progetto FoResMit indicano un aumento del carbonio stoccato nei primi 30 cm di suolo a seguito dell'intervento selettivo, nel primo anno dell'intervento (circa 4 t C ha<sup>-1</sup>). Questo dato conferma quanto già osservato in Calabria (vedi allegato Settineri et al 2018.pdf). L'intervento tradizionale ha invece prodotto un iniziale decremento del C nel suolo, che tuttavia, a confronto con altri siti e con i risultati osservati in Calabria sul pino laricio, sembrerebbe essere di breve termine.

I risultati preliminari ottenuti dal progetto fino ad ora saranno seguiti da ulteriori osservazioni a distanza di un anno che permetteranno una stima più robusta e precisa dei cambiamenti del carbonio nel suolo a seguito degli interventi.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alle emissioni di gas ad effetto serra dal suolo, i diradamenti selettivi realizzati in popolamenti di origine artificiale di conifere montane (prevalentemente pino nero) hanno evidenziato anche un aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub> durante il periodo dell'intervento. terminate le operazioni di diradamento, le emissioni di CO<sub>2</sub> sono tornate a valori simili ai plot di controllo. Il progetto Life FoResMit ha anche monitorato altri due gas responsabili dell'effetto serra (con potenziale di riscaldamento globale maggiore rispetto alla CO<sub>2</sub>): metano e protossido di azoto. I risultati in questo senso hanno mostrato (nel breve periodo) che le emissioni di protossido di azoto non aumentano significativamente come risultato del diradamento (sia selettivo che dal basso). Al contrario il metano in questi ambienti viene sottratto dall'atmosfera e le esperienze di ricerca condotte da questo ente hanno dimostrato che durante i diradamenti la capacità di sequestro aumenta con i diradamenti e maggiormente con il diradamento selettivo.

Il monitoraggio delle emissioni di gas serra è attualmente in corso e nel tempo si avranno dati più significativi riguardo gli effetti dei trattamenti nel medio periodo.

## Analisi della risposta incrementale di alcuni diradamenti nella regione Marche

L'UNCCEM ha messo a disposizione i rilievi effettuati su 16 aree di saggio forestali relativi a boschi ricadenti nel comune di Fabriano, caratterizzati da diverse tipologie fisionomico-strutturali. Essenzialmente si tratta di cedui invecchiati di latifoglie e rimboschimenti di conifere in cui sono stati effettuati dei diradamenti dal basso di media intensità negli anni dal 2007 al 2009. I rilievi sono stati ripetuti nel 2017 e in Tabella 3 se ne riportano le principali caratteristiche dendro-auxometriche.

I diradamenti operati sono di tipo basso e, come si vede dai dati, di intensità media, oscillando tra il 15% ed il 30% di prelievo in volume. Da queste informazioni è stato possibile verificare come l'accelerazione incrementale innescata dai diradamenti di tipo basso medio determini un aumento di incremento medio di circa il 7% (in media) e un aumento di incremento periodico (relativo al periodo post diradamento) di circa il 135% (in media). Ovviamente l'approccio più completo ai fini della contabilizzazione della capacità di sequestro di CO<sub>2</sub> è quello di considerare l'incremento medio in quanto in esso è già contemplata la massa intercalare.

È interessante notare come ci sia una reazione media differente tra popolamenti a prevalenza di conifere e popolamenti a prevalenza di latifoglie (Figure 1a e 1b), anche se l'alta variabilità degli effetti non consente di dire che questa sia significativa. In particolare ci sono due estremi che accentuano il comportamento medio dei popolamenti in risposta ai diradamenti. Non è possibile dunque affermare con certezza che esista una differente risposta tra conifere e latifoglie (Figure 1c e 1d).

Tuttavia, nel caso di diradamenti sulla ceppaia, è plausibile pensare che la riduzione del numero di polloni su una ceppaia abbia il doppio effetto di liberare la chioma dei polloni rilasciati (come in un qualsiasi diradamento) e di allocare le risorse nutritive solo sui polloni restanti della stessa ceppaia.

**Figura 1. Accelerazione incrementale derivante dai diradamenti dal basso di media intensità nella regione Marche per tutte le 16 aree di saggio (a-b) ed escludendo i due estremi (c-d).**

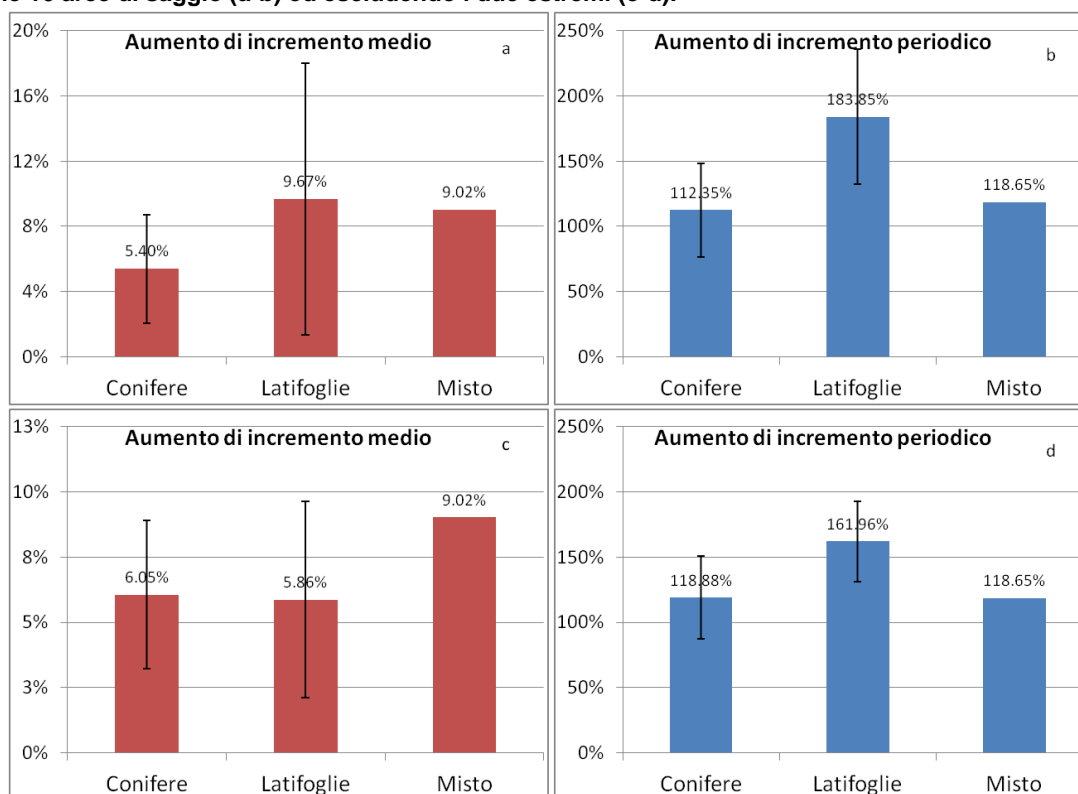


Tabella 3. Descrizione dei principali parametri dendro-auxometrici delle aree di saggio messe a disposizione dalla UNCEM Regione Marche.

Area di Saggio	Tipologia forestale	Anno dei rilievi		Prelievo (%)			Densità (alberi ha <sup>-1</sup> )		Area basimetrica (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )		Diametro medio (cm)		Altezza media (m)		Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )		Età (yr)		Incremento medio (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )			Incremento periodico dopo il diradamento (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	
		Primo rilievo	Secondo rilievo	Numero di alberi	Area Basimetrica	Volume	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Differenza (%)	Secondo rilievo	Differenza con l'incremento medio al primo rilievo(%)
1	Fustaia a prevalenza di pino nero	2009	2017	38.2%	28.7%	25.7%	1752	987	36	36	16.2	21.5	8.6	10.6	155	191	41	49	3.8	3.9	3.1%	9.48	150.8%
2	Fustaia a prevalenza di pino nero	2009	2017	41.3%	29.8%	26.4%	1465	1051	34	35	17.1	20.5	8.6	10.1	146	178	41	49	3.6	3.6	2.0%	8.82	147.7%
3	Fustaia a prevalenza di pino nero	2009	2017	44.4%	24.7%	23.6%	1720	987	36.1	38.3	16.4	22.2	8.3	10	152	193	41	49	3.7	3.9	6.2%	9.61	159.2%
4	Fustaia a prevalenza di pino nero	2008	2017	18.5%	10.5%	8.1%	1720	1338	29.8	30.1	14.8	16.9	9.2	10.5	146	194	35	44	4.2	4.4	5.7%	6.65	59.4%
5	Fustaia a prevalenza di pino nero	2007	2017	35.6%	22.1%	19.7%	1879	924	36.2	35	15.7	22	8	11.1	151	204	28	38	5.4	5.4	-0.5%	8.28	53.6%
6	Fustaia a prevalenza di abete greco	2007	2017	31.8%	29.3%	29.2%	1401	1019	38.6	51.1	18.7	25.3	11.8	14	253	384	28	38	9.0	10.1	11.8%	20.49	126.8%
7	Ceduo invecchiato di latifoglie mesofile	2008	2017	62.8%	34.9%	29.7%	4108	1561	29.8	28.5	9.6	15.2	9.5	13	170	223	46	55	3.7	4.1	9.7%	11.51	211.3%
8	Fustaia di pino nero	2008	2017	30.4%	26.3%	23.8%	1783	1019	30.1	28.8	14.7	19	8.1	10.7	127	165	35	44	3.6	3.8	3.3%	7.58	108.8%
9	Ceduo invecchiato di latifoglie mesofile	2008	2017	58.8%	28.1%	22.0%	3631	1529	38.5	36.6	11.6	17.5	10.5	13	242	286	58	67	4.2	4.3	2.3%	10.80	158.7%

Area di Saggio	Tipologia forestale	Anno dei rilievi		Prelievo (%)			Densità (alberi ha <sup>-1</sup> )		Area basimetrica (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )		Diametro medio (cm)		Altezza media (m)		Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )		Età (yr)			Incremento medio (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )			Incremento periodico dopo il diradamento (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	
		Primo rilievo	Secondo rilievo	Numero di alberi	Area Basimetrica	Volume	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Primo rilievo	Secondo rilievo	Differenza (%)	Secondo rilievo	Differenza con l'incremento medio al primo rilievo(%)	
10	Ceduo invecchiato di carpino e roverella	2009	2017	52.0%	26.0%	17.9%	4713	2548	22.8	23.8	7.9	10.9	7.4	9.7	102	138	34	42	3.0	3.3	9.5%	6.79	126.2%	
11	Fustaia a prevalenza di abete greco	2009	2017	34.5%	23.5%	20.4%	1847	1115	53.2	61.5	19.1	26.5	11.5	14.5	330	467	26	34	12.7	13.7	8.2%	25.55	101.3%	
12	Fustaia a prevalenza di abete greco	2009	2017	35.3%	23.8%	18.2%	1083	860	25.8	33	17.4	22.1	9.4	11.2	146	208	24	32	6.1	6.5	6.8%	11.08	82.1%	
13	Ceduo invecchiato di latifoglie mesofile	2009	2017	48.8%	21.7%	15.3%	3854	1720	52.3	43	13.2	17.8	7.8	13.8	245	356	49	57	5.0	6.2	24.9%	18.57	271.4%	
14	Fustaia a prevalenza di abete greco	2009	2017	37.3%	28.8%	25.5%	1624	1242	27.4	32.8	14.7	18.3	10.1	11.1	158	213	31	39	5.1	5.5	7.2%	11.92	133.8%	
15	Fustaia a prevalenza di abete greco	2009	2017	19.4%	24.4%	22.3%	1146	796	22.5	26.9	15.8	20.7	8.6	10.8	122	171	28	36	4.4	4.8	9.0%	9.53	118.6%	
16	Ceduo invecchiato di latifoglie mesofile	2009	2017	61.9%	26.7%	23.0%	3344	1720	32.8	31.3	11.2	15.2	11	13.7	217	258	48	56	4.5	4.6	1.9%	11.37	151.5%	
	<b>Valori medi</b>			<b>40.7%</b>	<b>25.6%</b>	<b>21.9%</b>	<b>2316.9</b>	<b>1276</b>	<b>34.1</b>	<b>35.7</b>	<b>14.6</b>	<b>19.5</b>	<b>9.3</b>	<b>11.7</b>	<b>179</b>	<b>239</b>	<b>37.1</b>	<b>45.6</b>	<b>5.1</b>	<b>5.5</b>	<b>7.0%</b>	<b>11.75</b>	<b>135.1%</b>	



### Ipotesi di applicazione del diradamento selettivo nelle Marche

L'inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio del 2005 (INFC) riporta un valore medio dell'incremento corrente di  $3.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  per i boschi di pino nero e di  $3.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  per i boschi di altre conifere nella Regione Marche. Per le latifoglie i valori sono più bassi e si aggirano intorno a  $2.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ma i valori variano molto a seconda delle forme strutturali. Questi valori sono nettamente inferiori ai valori di incremento medio periodico innescato dai diradamenti nelle aree di saggio e riportati in Tabella 3. Questo ci suggerisce che l'effetto incrementale operato da diradamenti dal basso di intensità media è già significativo e riuscirebbe a sequestrare ogni anno circa  $8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  di massa legnosa in più rispetto agli stessi popolamenti non diradati. Inoltre un diradamento selettivo aumenterebbe questa risposta incrementale. Nell'esperienza del CREA un diradamento selettivo preleva circa il 34% della massa legnosa totale presente, quindi, considerando un prelievo medio di circa  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (34% di  $179 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) e un incremento corrente solo del 50% superiore a quello medio periodico della Tabella 3, in 10 anni si accumulerebbero oltre  $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ( $92 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  al netto della massa intercalare asportata e  $54 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  considerando comunque un incremento medio annuo di  $3.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  di un bosco non gestito). In un bosco di 37 anni età (media di quelli in Tabella 3) quanto ipotizzato sopra comporterebbe un aumento dell'incremento medio di circa il 23%.

In tabella 4 è sintetizzato uno schema che confronta i due tipi di diradamento e i loro effetti su un popolamento medio con le caratteristiche di quelli riportati in Tabella 3. Si sono volutamente arrotondati per difetto gli incrementi correnti nell'ipotesi dei due tipi di diradamento ed è stato scelto il valore più alto riportato dall'INFC 2005 ( $3.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) nell'ipotesi di nessun intervento con l'intenzione di mettersi nella condizione più sfavorevole.

**Tabella 4. Confronto tra due tipi di diradamento e l'assenza di gestione nel sequestro di carbonio e stima della superficie necessaria per compensare 10 t di emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti (Modificata dopo riunione 07.03.2019).**

Diradamento	Età media (anni)	Massa Totale a T <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Ripresa (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Massa Principale a T <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Incremento Corrente (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	Incremento totale in 10 anni (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Massa totale a T <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Differenziale di massa accumulato (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Differenziale di CO <sub>2</sub> equivalente sequestrata <sup>(2)</sup> (t ha <sup>-1</sup> )	Superficie necessaria per sequestrare 10 t di CO <sub>2</sub> (ha)
Nessun intervento			0.00	178.88	5.12 <sup>(1)</sup>	51.18	230.06	0.00	0	-
Dal basso medio	37	178.9	35.00	143.88	11.00	110.00	253.88	23.82	9.17 7.35 <sup>(4)</sup> 13.00 <sup>(5)</sup>	1.09
Selettivo			60.00	118.88	17.00 <sup>(3)</sup>	170.00	288.88	58.82	22.64 20.82 <sup>(4)</sup> 26.47 <sup>(5)</sup>	0.44

(1) Si assume la situazione più conservativa tra i dati INFC 2005 e l'incremento medio dei dati sperimentali.

(2) Usati i seguenti coefficienti:  $WBD=0.5$ ,  $BEF=1.4$  e  $C \text{ ratio}=0.5$ .

(3) 150% dell'IC innescato dal diradamento dal masso medio.

(4) Contributo delle sole conifere.

(5) Contributo delle sole latifoglie.



## Conclusioni

Il bosco è un sistema complesso e la sua multifunzionalità non può essere ridotta alla sola funzione di sequestro di carbonio. Tuttavia, la funzione di sequestro di carbonio è una funzione che esiste finché il bosco è in buona salute, gli alberi che lo compongono sono meccanicamente stabili, gli interessi di utilizzo della risorsa legnosa possono, competere con gli interessi di uso alternativo del suolo (agricolo, industriale, urbano) e la sicurezza contro danni biotici (epidemie) e abiotici (agenti atmosferici e incendi) è garantita dalla struttura complessiva del bosco.

In particolare i diradamenti selettivi accentuano sia gli aspetti di maggiore stabilità e resilienza dei popolamenti forestali di origine artificiale sia la capacità di sequestro di carbonio dall'atmosfera, senza comportare un aumento significativo delle emissioni dal suolo dei gas ad effetto serra. Inoltre, l'autodiradamento naturale dei boschi (soprattutto quelli a temperamento eliofilo come il pino nero) causerebbe nel tempo una riduzione dello *stock* di carbonio e un aumento della necromassa che invece è un *sink* di carbonio. Pertanto una programmazione di diradamenti continui atti a favorire e incrementare le caratteristiche di stabilità e resilienza senz'altro provocano una risposta incrementale positiva del bosco. Quantificare un valore preciso in termini di aumento della capacità di sequestro di carbonio in seguito a questi diradamenti non è semplice e comunque dipende da una serie di fattori, incluse le caratteristiche stagionali che sono variabili da bosco a bosco.

Tuttavia, alla luce della relazione sopra riportata, si possono esprimere le seguenti considerazioni:

- I diradamenti dal basso nelle aree fornite dalla UNCEM Regione Marche hanno mostrato un aumento dell'incremento medio del 7% circa in conseguenza di un diradamento dal basso di media intensità.
- I diradamenti selettivi nelle esperienze condotte dal CREA determinano una risposta incrementale di breve periodo doppia (14%) rispetto ai diradamenti tradizionali dal basso di media intensità, non è noto ancora fino a quando questa differenza rimanga efficace durante la crescita del bosco ma si può approssimare (in modo sicuramente conservativo) che si riduca linearmente fino a un valore del 7% dopo i 10 anni.
- Le stesse esperienze del CREA dimostrano che nel breve periodo l'incremento corrente delle pinete di pino nero non diradate si riduce di quasi il 20%.
- I diradamenti, siano essi selettivi o dal basso di media intensità, determinano un aumento delle emissioni di carbonio esclusivamente nel periodo delle operazioni di diradamento e ritornano al valore di riferimento quando queste cessano. Nel breve periodo successivo ai diradamenti aumenta il sequestro di metano nei diradamenti selettivi mentre rimangono non influenzati significativamente i flussi di protossido di azoto.
- La capacità di assorbimento di carbonio dall'atmosfera non aumenta complessivamente lo stock di carbonio, in quanto dalla massa totale viene sottratta ad ogni intervento di diradamento una parte (massa intercalare).
- La massa intercalare sottratta nei diradamenti dal basso di media intensità è assimilabile alla riduzione di massa per autodiradamento naturale, almeno nei popolamenti forestali di origine artificiale.
- I diradamenti selettivi aumentano la stabilità meccanica e la resilienza degli ecosistemi a forte impronta antropica come i rimboschimenti.
- I diradamenti, in particolare quelli selettivi, diminuiscono il rischio e la pericolosità degli incendi forestali.
- Attraverso i diradamenti selettivi è possibile, indirettamente, allungare la persistenza dei rimboschimenti e prolungarne la loro funzione di sequestro di carbonio parallelamente ad un

progressivo inserimento (nel piano sottoposto) di latifoglie autoctone che ne aumentano la resilienza.

Considerato quanto sopra e in risposta all'incarico affidato a questo Centro di Ricerca si conclude quanto segue:

- I diradamenti di intensità basso-media eseguiti nelle aree fornite dall'UNCCEM Regione Marche hanno mostrato un aumento dell'incremento medio del 7%, rispetto alla situazione di non intervento. Ciò dimostra inequivocabilmente che l'intervento eseguito provoca un effetto positivo riguardo al sequestro di carbonio in bosco.
- Applicare dei diradamenti di tipo selettivo aumenterà la capacità di sequestro di carbonio rispetto ai boschi non diradati o diradati dal basso con intensità basso-media. Ancora non è possibile dire quanto a lungo questo effetto differenziale può persistere, ma è molto probabile che in 10 anni possa al massimo ridursi ai livelli riscontrati per i diradamenti dal basso.
- Dai dati dell'INFC, dell'inventario forestale regionale della Regione Marche, dai piani forestali particolareggiati si evince che è plausibile poter selezionare le superfici boscate necessarie a rispettare le caratteristiche dei popolamenti di cui alla Tabella 3.
- L'aumento dell'incremento corrente determinato dai diradamenti selettivi in popolamenti simili a quelli relativi ai dati in Tabella 3 è mediamente almeno doppio rispetto a quello determinato dai diradamenti dal basso. Questo effetto però si attenua negli anni man mano che le dirette competitive delle candidate si accrescono. Tale diminuzione si interrompe in occasione di un nuovo diradamento selettivo che tenga gli alberi candidati il più liberi possibile da diretti competitori. Pertanto, considerando un periodo di annullamento di tale aumento in 10 anni, una riduzione costante e un diradamento selettivo alla fine di ciascun periodo è probabile ottenere un aumento almeno del 23% dell'incremento medio.
- I valori di aumento di incremento medio e corrente riportati in Tabella 3 sono valori medi e possono essere soggetti ad alta variabilità ( $\pm 45\%$ ), ma, su grandi superfici (almeno 100 ha di boschi con caratteristiche comparabili a quelli della Tabella 3), i valori sotto la media saranno compensati da quelli sopra la media. La variabilità riscontrata nelle aree campione (molto inferiore al 100%) assicura comunque un effetto positivo dei diradamenti in ogni caso, cioè in nessun caso popolamenti comparabili a quelli di Tabella 3 e sottoposti a diradamento secondo quanto di seguito riportato possono avere un bilancio netto negativo dopo 10 anni dall'intervento se confrontati con popolamenti non diradati.
- Per quanto riguarda la quantificazione dell'effetto positivo sul sequestro di carbonio, si può affermare che:
  - o Un ettaro di bosco confrontabile per tipo ed età con quelli in Tabella 3, gestito con diradamenti dal basso a intensità basso-media, sequestra in media  $11.2 \text{ t ha}^{-1}$  di  $\text{CO}_2$  all'anno.
  - o Un ettaro di bosco confrontabile per tipo ed età con quelli in Tabella 3, gestito con diradamenti selettivi, sequestra in media  $20.8 \text{ t ha}^{-1}$  di  $\text{CO}_2$  all'anno.
- Dai valori di sequestro sopra riportati vanno decurtate però due componenti:
  - o La massa asportata durante il diradamento, nel caso in cui tutta la massa sia utilizzata a fini energetici (legna o biomassa)
  - o Il mancato incremento del bosco in assenza di diradamento (stimato sulla media dell'incremento corrente per i boschi della Regione Marche riportati in Tabella 3). A questo proposito si aggiunge che tale è stato fissato a  $5.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (come da dati in

Tabella 3) in modo da essere conservativo e prudentiale rispetto ai dati riportati per tutta la regione Marche dall'INFC (mai superiori a  $3.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )

- Sulla base dei due punti precedenti sono state stimate le superfici per compensare 10 t di  $\text{CO}_2$  in 10 anni:
  - o 1.091 ha se si applica un diradamento dal basso con una intensità che prelevi in media il 22% ( $\pm 5\%$ ) della biomassa presente o il 25% ( $\pm 5\%$ ) dell'area basimetrica.
  - o 0.442 ha se si applica un diradamento selettivo con una intensità che prelevi in media il 34% ( $\pm 5\%$ ) della biomassa presente o il 40% ( $\pm 5\%$ ) dell'area basimetrica.
  - o Un valore intermedio derivante dalla media pesata (sulla proporzione relativa di superficie diradata da ciascun tipo di diradamento) se si applicano entrambi i diradamenti.
- Nei calcoli di cui sopra non sono considerate le emissioni dovute al diradamento e al trasporto alla prima trasformazione dei prodotti, ma, per compensazione, neanche il valore di riduzione delle emissioni date da uso di combustibili fossili (conseguenti all'uso a fine energetico della massa asportata durante i diradamenti).
- Destinare la massa asportata ad usi diversi dalla legna da ardere o alla biomassa per scopi energetici aumenterà il risultato finale di sequestro di carbonio ottenuto come ai punti precedenti. A scopo puramente esemplificativo gli usi possibili del materiale legnoso ottenuto dai diradamenti potrebbero essere:
  - o paleria utilizzabile per la realizzazione di piccole opere di ingegneria naturalistica (palizzate, viminate, staccionate, ecc.), per il contenimento di piccoli fenomeni di dissesto idrogeologico;
  - o legname da opera per la realizzazione di tavoli, tavoli-panca e arredi per aree di sosta attrezzata.
- Nei calcoli di cui sopra non sono considerati: 1) i cambiamenti del contenuto di carbonio nel suolo e 2) le emissioni (in  $\text{CO}_2$  equivalenti) derivate dai flussi di gas serra ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) dal suolo dovuti agli interventi di diradamento per alcune ragioni:
  - o non esiste una casistica di lavori scientifici tale da quantificare con esattezza valori e variabilità di emissioni e di stock di carbonio nel suolo in popolamenti simili a quelli oggetto di questa relazione in funzione di regimi diversi di diradamento;
  - o il progetto Life FoResMit ha dimostrato effetti di breve termine sulle emissioni di  $\text{CO}_2$  che devono essere confermati nel medio-lungo periodo (vedi allegato Deliverable D2 del progetto Life Foresmit);
  - o il progetto Life FoResMit ha dimostrato cambiamenti di breve termine dello stock di carbonio nel suolo che devono essere confermati nel medio-lungo periodo (vedi allegato Deliverable D1 del progetto Life Foresmit);
  - o recenti studi scientifici hanno dimostrato che in boschi calabresi di pino laricio le migliori condizioni per lo stoccaggio di carbonio e azoto nel suolo sono determinati da regimi di diradamenti con intensità molto forte che asportano il 45% di area basimetrica totale, mentre per diradamenti medi (25% di area basimetrica) non esiste sostanziale differenza con il regime di non intervento (vedi allegato articolo Settineri et al 2018);
  - o dato il regime idrico dei suoli forestali in zone collinari e montane il metano viene generalmente sequestrato durante tutto l'anno e comunque il bilancio netto evidenzia sempre un sequestro annuo. Il progetto Life FoResMit ha dimostrato che nel breve periodo il metano è maggiormente assorbito con regime di diradamento selettivo (o comunque medio-forte) durante e dopo l'intervento. Tuttavia, in termini di  $\text{CO}_2$

equivalente questo effetto ha un valore assoluto trascurabile se confrontato con i valori di variazione di emissioni di CO<sub>2</sub> dal suolo.

- La selezione dei popolamenti da destinare ad attività di diradamento ai fini compensativi devono seguire le seguenti indicazioni:
  - a. per quanto possibile, selezionare i popolamenti da diradare in modo che la distribuzione in termini di tipologia (composizione specifica), forma di governo, età e classe di fertilità più paragonabile possibile a quella riportata nei dati di Tabella 3; nell'impossibilità seguire le indicazioni riportate in seguito;
  - b. selezionare popolamenti di età non superiore a 50 anni o comunque che rispettino i successivi sottopunti;
  - c. verificare che l'incremento medio dei popolamenti da diradare non sia inferiore a 5.0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> per anno;
  - d. laddove è possibile determinare la classe di fertilità, non selezionare mai popolamenti appartenenti a classi di fertilità bassa;
- Tenendo in considerazione e rispettando le indicazioni riportate sopra, i valori di assorbimento indicati ai punti precedenti ed in Tabella 4 possono essere considerati sicuramente prudenziali e quindi riducono a livelli non significativi il rischio di non compensare le emissioni target.
- Il CREA Centro di Ricerca Foreste e Legno si mette a disposizione per un supporto tecnico-scientifico mirante alla quantificazione di dettaglio dell'assorbimento di CO<sub>2</sub> al fine di verificare che i popolamenti selezionati per gli interventi possano garantire un effetto di compensazione così come stimato in questa relazione.
- Il CREA Centro di Ricerca Foreste e Legno si mette a disposizione per le attività di formazione del personale tecnico e operativo al fine della sperimentazione ed applicazione di diradamenti di tipo selettivo.

Arezzo, 13/06/2018

Il responsabile dell'incarico  
Dott. Ugo Chiavetta

