

GREENChainSAW4Life

Project n° LIFE18 CCM/IT/001193

*“GREEN energy and smart forest supply CHAIN as drivers
for A mountain action plan toWards climate change”*

Deliverable DL. C5.4

Analysis of combined Lidar application in unmanaged dense forest stands and Validation of carbon credits

Action Number and Title	Selection of Demo Forest Plots and Pilot Forest Harvesting
Task	C5.4 Analysis of combined Lidar application in unmanaged dense forest stands and Validation of carbon credits
Starting Date	10/2020
Duration	M20 – M54
Due Date of Delivery	30/03/2024
Actual Submission Date	30/03/2024
Author(s)	Giacomo Bergese (Walden SRL) Christian Rostagnol (Walden SRL)

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	3
1.1	RISERVATEZZA	3
2	PARTICELLE FORESTALI PILOTA	3
2.1	APPEZZAMENTO FORESTALE “A” – PAGNO	3
2.2	APPEZZAMENTO FORESTALE “B” – BARGE	5
3	STIMA DELLO STOCCAGGIO DI CARBONIO	7
3.1	METODOLOGIA 1 – DISPOSIZIONI PER LO SVILUPPO DEL MERCATO VOLONTARIO DEI CREDITI DI CARBONIO DA SELVICOLTURA NELLA REGIONE PIEMONTE	8
3.2	METODOLOGIA 2 – CARBON ACCOUNTING TOOL	9
3.3	RISULTATI	12
3.3.1	RISULTATI METODOLOGIA 1	12
3.3.2	RISULTATI METODOLOGIA 2	12
4	QUADRO ECONOMICO DEGLI INTERVENTI	16
4.1	APPEZZAMENTO FORESTALE “A” – PAGNO	16
4.2	APPEZZAMENTO FORESALE B – “BARGE”	18
4.2.1	CONTABILIZZAZIONE DELLA CO ₂ STOCCATA	19
5	PIANO DI MONITORAGGIO E INTERVENTI FUTURI	19
6	CONCLUSIONI	20
6.1	CRITICITÀ	20
6.2	PUNTI DI FORZA	21

1 INTRODUZIONE

La presente relazione si inserisce all'interno del progetto europeo GreenChainSAW4Life, finanziato nell'ambito del Programma Life Azione per il Clima. GreenChainSAW4Life ha l'obiettivo di contribuire all'adattamento e alla mitigazione del cambiamento climatico nelle aree montane attraverso lo sviluppo di un modello "partecipativo" di gestione forestale "climate smart", che implica la conoscenza implicita ed esplicita di tutti i portatori di interessi nella pianificazione e gestione dei processi di valorizzazione delle risorse forestali locali. Tra le attività di progetto, l'Azione C5 ha previsto la realizzazione di interventi forestali pilota, con il coinvolgimento di proprietari forestali pubblici e privati, per destinare il legname ritraibile in impieghi a cascata. Walden s.r.l., in qualità di beneficiario associato del progetto è stato responsabile, all'interno dell'Azione C5, dell'individuazione delle aree di interesse, del contatto e animazione delle proprietà forestali e della progettazione e direzione degli interventi selvicolturali. Le parcelle forestali pilota descritte di seguito sono state utilizzate per testare gli approcci di climate smart forestry. A tal fine abbiamo applicato gli approcci della climate smart forestry alla tipologia forestale più comune e più a rischio per i cambiamenti climatici in Valle Po: i cedui non gestiti di castagno misti ad altre specie di latifoglie. L'approccio proposto ha previsto uno o due diradamenti ogni 10 o 15 anni, con l'obiettivo di garantire la transizione del ceduo in bosco d'alto fusto, aumentando in ultima analisi la complessità delle parcelle forestali. In particolare, gli obiettivi delle operazioni di diradamento sono stati: (i) favorire la rinnovazione delle specie locali; (ii) diminuire il rischio di incendio; (iii) aumentare la complessità della struttura forestale. Oltre agli obiettivi selvicolturali di cui sopra, questo approccio mira a migliorare la qualità del legname nel tempo. Infine, sono stati contabilizzati i diversi servizi ecosistemici che il bosco gestito è in grado di fornire, ad esempio per tutelare la biodiversità è stato utilizzato l'Indice di Potenziale di Biodiversità (IBP), oppure, grazie ad un intervento più conservativo, è stato possibile ridurre il prelievo di carbonio durante le utilizzazioni e rigenerare boschi in grado di assorbire in maniera maggiore in futuro. La presente relazione spiega gli approcci utilizzati e mette a confronto le diverse metodologie usate per la loro contabilizzazione, descrivendo quali sono stati i punti di forza, le criticità emerse e quali possono essere gli approcci futuri da utilizzare per gestire le foreste in modo da incrementare i servizi ecosistemici da esse prodotti.

1.1 RISERVATEZZA

Questo documento è il risultato di un processo di studio e ricerca che ha coinvolto enti pubblici (Comune di Barge e Unione Montana dei Comuni del Monviso) e privati (Walden SRL), tutte informazioni contenute sono di proprietà dei partner di progetto. Il documento è destinato ad essere di pubblico accesso ma è di proprietà di Walden SRL, Comune di Barge e Unione Montana dei Comuni del Monviso.

2 PARTICELLE FORESTALI PILOTA

2.1 APPEZZAMENTO FORESTALE "A" – PAGNO

L'area di intervento dell'appezzamento forestale "A" è situata nel Comune di Pagno (CN), a Sud - Est del centro abitato, con sviluppo a valle in direzione ovest del Santuario di Santa Cristina di Verzuolo. L'area si sviluppa ad una quota compresa tra 800 e 850 m s.l.m., con una pendenza media di 14° (con marcate differenze fra zone sub-pianeggianti e pendii molto

ripidi) ed esposizione generale Nord - Ovest. La superficie totale d'intervento, al lordo di eventuali tare è di 5,15 ha. Il soprassuolo si presentava omogeneo ed appartenente al tipo forestale¹ CA20C - Castagneto mesoneutrofilo a *Salvia glutinosa* delle Alpi - var. con Faggio. Trattasi di un ceduo di castagno invecchiato con età media dei polloni di *Castanea sativa* e *Fagus sylvatica* di circa 40 anni; erano inoltre presenti, in maniera sporadica, individui di *Quercus petraea*, *Prunus avium*, *Sorbus aria* e *Sorbus aucuparia*. Sono stati inoltre rilevati deperimenti e schianti a carico delle ceppaie di castagno, riconducibili all'abbandono selvicolturale del castagneto e l'ampia diffusione del cancro corticale generato dal patogeno *Cryphonectria parasitica*. Nella tabella sottostante sono riportati i principali parametri dendrometrici medi del popolamento pre-intervento ad ettaro, suddivisi per specie così codificate: BP - *Betula pendula*, CS - *Castanea sativa*, FS - *Fagus sylvatica*, QR - *Quercus petraea* e SA - *Sorbus aria*.

Specie	N°/ha	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)
BP	50,5	2,4	17,9
CS	613,8	31,9	245,3
FS	486,0	13,3	112,7
QR	14,9	1,1	10,2
SA	14,9	0,2	1,1
	1180,1	48,9	387,3

Tabella 1: Principali dati dendrometrici del popolamento riferiti all'ettaro

Per conoscere la biodiversità del popolamento e direzionare l'intervento selvicolturale al fine di mantenere o migliorarne le caratteristiche di naturalità, è stato applicato l'indice di biodiversità potenziale (IBP). L'IBP² nasce in Francia nel 2008, nell'ambito di un programma nazionale di ricerca e sviluppo condotto dal *Centre National de la Propriété forestière* (CNPF). Al fine di mantenere il livello di biodiversità richiesto sono state contrassegnate un totale di 75 piante, il mantenimento di tali esemplari è stato verificato durante e dopo l'esecuzione dei lavori.

L'obiettivo selvicolturale ricercato sul lungo periodo è l'ottenimento di un governo a fustaia dove la componente gamica fosse rappresentata principalmente dalle specie *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea* e *Prunus avium*, con una componente residua di origine principalmente agamica di *Castanea sativa*. Al fine di raggiungere tale obiettivo sono stati programmati due interventi. Il primo, effettuato nell'ambito del presente progetto, ha riguardato le ceppaie di castagno che sono state in parte ceduate ed in parte avviate all'alto fusto affrancando 1-2 polloni per ceppaia. Si è agito principalmente a carico dei concorrenti delle latifoglie di pregio, liberando queste ultime e creando buche di rinnovazione per le stesse. Nel secondo intervento, previsto tra circa 15 anni, si affrancheranno le ceppaie residue rilasciando 1-2 polloni e si preleveranno i polloni maturi già affrancati nel primo intervento; una parte del prelievo potrà inoltre essere costituita

¹ CAMERANO P., GOTTERO F., TERZUOLO P.G., VARESE P. - IPLA S.p.A., Tipi forestali del Piemonte. Regione Piemonte, Blu Edizioni, Torino 2008, pp. 216

² LARRIEU, L., GONIN, P. 2008. L'indice de Biodiversité Potentielle (IBP): une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. *Revue Forestière Française* (6), pp. 727-748.

dagli individui candidati della fustaia a maturità. Entrambi gli interventi si configurano come tagli intercalari, rilasciando a fine lavori una copertura superiore al 50% come previsto dall'art. 55 del Regolamento Forestale.

Il legname retratto dall'utilizzazione è stato stoccato a Saluzzo (CN) in un piazzale di proprietà del Comune nei pressi del Foro Boario. L'utilizzazione ha riguardato all'incirca il 27,7 % del volume totale del popolamento per un totale di 4.250 q.li di legname. Di questo circa il 27% è stato rilasciato al proprietario del fondo per la concessione del terreno, mentre la restante parte di 3.092,30 q.li è stata venduta dall'Unione Montana dei Comuni del Monviso tramite asta pubblica. La società aggiudicataria, in data 25/08/2023, è risultata essere la ditta Monbracco Energy SRL con un offerta di 4,33 €/q.le per un totale di euro 13.389,66.

Nonostante l'intervento sia stato, in linea di massima, eseguito secondo le indicazioni progettuali, il volume esboscato è stato minore del previsto. Questa differenza è dovuta ad alcuni fattori che non hanno permesso una corretta stima dei quantitativi esboscati, tra questi spicca principalmente l'ingente quantitativo di legname secco in piedi e morto a terra, rimosso durante l'esecuzione dei lavori ma non contabilizzato nella stima, così come il differente peso specifico del legname secco, di molto inferiore rispetto al legname verde. Ulteriori criticità sono legate alla scarsa qualità del legname che essendo per la maggior parte di castagno presentava inoltre problemi di cipollatura del fusto, questo ha comportato un utilizzo totalmente orientato alla produzione di energia, in parte come cippato ed in parte come legna da ardere.

Anche se sono emerse diverse criticità, l'intervento ha avuto un esito positivo e sono stati raggiunti gli obiettivi prefissati. In particolare, si hanno avuto effetti positivi sulla valorizzazione dei servizi ecosistemici, la biodiversità presente è stata mantenuta ed incrementata come previsto dall'indice IBP. La rimozione della quasi totalità del legname secco e morto a terra ha notevolmente diminuito il carico di combustibile presente nell'area ed è così stato mitigato il rischio incendio inoltre rispetto al prelievo ordinario, è stato progettato un intervento meno invasivo ed impattante, pertanto questo ha permesso un minor prelievo e – si ipotizza - un futuro maggior accumulo di carbonio all'interno del popolamento. Infine, il ripristino e la manutenzione della viabilità esistente permettono una maggiore fruizione turistica dell'area e inoltre permetteranno futuri interventi di miglioramento del bosco.

2.2 APPEZZAMENTO FORESTALE "B" – BARGE

L'area di intervento dell'appezzamento forestale "B" è situata a Sud - Est del comune di Barge (CN) a monte della borgata Capoloira. La superficie si sviluppa ad una quota media di 580 m s.l.m. con esposizione Sud-Ovest. L'area risulta fortemente condizionata da terrazzamenti in abbandono utilizzati per scopo agricolo, si evidenziano inoltre la presenza di manufatti e abitazioni rurali -"Ciabot" di interesse storico -culturale. La superficie di intervento interessa proprietà private per 3,92 ettari in gestione all'Associazione Fondiaria Valle Infernotto e proprietà pubbliche del Comune di Barge per 0,88 ettari. La superficie totale dell'intervento consiste quindi in 4,8 ettari.

Il soprassuolo si presentava eterogeneo ed appartenente al tipo forestale CA20B-Castagneto mesoneutrofilo a *Salvia glutinosa* delle Alpi var. con latifoglie miste. Il ceduo di castagno risultava molto invecchiato con età media dei polloni di oltre 45 anni. La componente gamica del popolamento era costituita da esemplari adulti di *Quercus petraea* costituenti il piano dominante e da una porzione di latifoglie pioniere rappresentata in particolar modo da *Betula pendula* nelle chiarie. Il soprassuolo era inoltre caratterizzato dalla diffusione a macchia di *Robinia pseudoacacia* con maggiore densità nella porzione Est del versante. Lo strato erbaceo presentava ampio sviluppo di rovo e felce. Sono stati inoltre rilevati

deperimenti e ribaltamenti delle ceppaie di castagno, riconducibili all'abbandono selvicolturale del castagneto e l'ampia diffusione del cancro corticale generato dal patogeno *Cryphonectria parasitica*. Nella tabella sottostante sono riportati i principali parametri dendrometrici medi del popolamento ad ettaro, sull'intera superficie netta ed in percentuale, suddivisi per specie così codificate: AR – Arbusti, BP – *Betula pendula*, CS – *Castanea sativa*, QR – *Quercus petraea*, RP - *Robinia pseudoacacia* e SA – *Sorbus aria*.

Specie	N°ha	G/ha (m ²)	V/ha (m ³)
AR	75	0,7	3,4
BP	181	4,2	27,52
CS	549	26,7	196,54
QR	116	9,6	96,22
RP	192	3,5	22,58
SA	177	1,4	7,49
Tot	1290	46,1	353,76

Tabella 2: Principali dati dendrometrici del popolamento riferiti all'ettaro

Per conoscere la biodiversità del popolamento e direzionare l'intervento selvicolturale, al fine di mantenere o migliorarne le caratteristiche di naturalità, è stato applicato l'indice di biodiversità potenziale (IBP). Grazie ai risultati ottenuti dall'applicazione di tale indice, al fine di mantenere il livello di biodiversità richiesto, sono state contrassegnate un totale di 64 piante le quali sono state mantenute durante l'esecuzione dei lavori.

L'obiettivo principale dell'intervento è stato quello di valorizzare la funzione turistico-ricreativa del luogo, creando le condizioni iniziali per poter migliorare la percorribilità interna delle zone con presenza di manufatti storico-culturali, ridurre il rischio di schianti e danneggiamento dei manufatti stessi, contenere le specie invasive e mantenere o migliorare la biodiversità potenziale. A causa della forte diffusione di rovi e robinia, l'ottenimento di una migliore fruibilità della superficie sarà, tuttavia, legata alla programmazione di un secondo intervento di contenimento e gestione della componente erbacea/arbustiva.

L'obiettivo selvicolturale ricercato sul lungo periodo è l'ottenimento di un governo a fustaia dove la componente gamica è rappresentata principalmente dalle specie *Quercus petraea* e latifoglie di pregio come *Prunus avium* e *Sorbus Aria*, con una componente residua di origine principalmente agamica di *Castanea sativa*. Al fine di perseguire tale obiettivo, in particolar modo nell'area a maggiore interesse turistico-ricreativo (aree limitrofe alla sentieristica e al "Ciabot" principale) è stato effettuato un diradamento dal basso volto a valorizzare gli esemplari di *Quercus petraea* ed in generale le latifoglie nobili come *Sorbus aria* e *Prunus avium*. La componente a ceduo di castagno è stata ceduata o convertita all'alto fusto mediante il rilascio di 1-2 polloni per ceppaia. L'intervento si configura come un taglio intercalare e a fine lavori si è rilasciata una copertura superiore al 50% così come previsto dall'art. 55 del Regolamento Forestale³.

In seguito vengono riportati i dati relativi al prelievo effettivo dell'intervento.

³ Regolamento forestale di attuazione dell'articolo 13 della legge regionale 10 febbraio 2009, n. 4

Assortimenti	% sul Tot.	m³	q
Cippato	46%	231,88	2.087
Ardere	54%	274,11	2.467
Tot.		506	4.554

Tabella 3: Assortimenti rilevati dalla ditta dopo l'esecuzione dell'intervento

L'esecuzione dell'intervento è stata eseguita secondo le indicazioni progettuali, anche se queste sono dovute drasticamente variare in funzione del sistema di esbosco. Nel progetto esecutivo non era previsto l'utilizzo della gru a cavo. Utilizzando questo sistema è stato necessario realizzare nuove piste temporanee di esbosco nonché l'esecuzione della martellata lungo le linee di esbosco della gru a cavo, da attuarsi al momento del montaggio della stessa. Per tali motivi è stato necessario effettuare numerosi sopralluoghi durante l'esecuzione dei lavori. Ulteriori criticità sono legate alla scarsa qualità del legname. Il popolamento presentava ingenti quantità di legno secco, spesso schiantato al suolo. Questo ne ha comportato un utilizzo totalmente orientato alla produzione di energia, in parte come cippato ed in parte come legna da ardere.

Nonostante le criticità emerse, l'intervento ha avuto un esito positivo e sono stati raggiunti gli obiettivi prefissati. I lavori sono stati eseguiti correttamente, gli effetti negativi sul suolo e sulla regimazione delle acque sono stati minimi. L'utilizzo della gru a cavo ha consentito di effettuare l'esbosco sull'intero cantiere, evitando accumuli di legname a terra. Questo ha permesso di ridurre il rischio di incendi boschivi nella zona, così come la rimozione della quasi totalità del legname secco e morto a terra. La biodiversità presente è stata mantenuta ed incrementata come previsto dall'indice IBP e il ripristino e la manutenzione della viabilità esistente permettono una maggiore fruizione turistica dell'area e l'accesso al "Ciabot", costruzione di particolare interesse storico.

Al fine di perseguire gli obiettivi prefissati occorrerà contenere lo sviluppo di rovo e felce, già fortemente sviluppate su gran parte della superficie del popolamento e dei giovani polloni di robinia, sarà necessario quindi programmare un intervento di contenimento e gestione della componente erbacea/arbustiva nelle aree di maggiore interesse fruitivo. Tra gli interventi attuabili, è ipotizzabile il periodico pascolamento ovino/caprino dell'area.

3 STIMA DELLO STOCCAGGIO DI CARBONIO

A seguito delle operazioni di taglio è stato calcolato lo stock di carbonio relativo ai minori prelievi derivanti dall'utilizzazione forestale eseguita rispetto ai metodi tradizionali di utilizzazione. Per il conteggio si è fatto riferimento a due differenti metodologie di calcolo in seguito dettagliate:

- 1) "D.G.R. n. 24-4638 del 6 febbraio 2017 – Disposizioni per lo sviluppo del mercato volontario dei crediti di carbonio da selvicoltura nella Regione Piemonte, allegato A Crediti di carbonio volontari da gestione forestale – indirizzi per la Regione Piemonte".
- 2) "Carbon Accounting Tool", sviluppato nel WP C4 del presente progetto LIFE.

Si sottolinea che, a differenza di quanto previsto nel project proposal candidato inizialmente al bando Life azione per il clima, il ricorso al Lidar per la misurazione degli effetti sugli stock di carbonio è stato escluso perché A) le immagini satellitari non sono di risoluzione sufficiente per essere adoperate su interventi di piccola scala come quello proposto e B) il ricorso al laser scanner portatile è risultato, da indagini e prove iniziali svolte nel corso dell’Azione C2, ancora troppo poco efficiente.

3.1 METODOLOGIA 1 – DISPOSIZIONI PER LO SVILUPPO DEL MERCATO VOLONTARIO DEI CREDITI DI CARBONIO DA SELVICOLTURA NELLA REGIONE PIEMONTE

Le linee guida sviluppate dalla regione Piemonte, al fine di quantificare le tonnellate di CO_{2eq} risparmiate, prevedono che si proceda contabilizzando il carbonio non emesso grazie all’applicazione di una pratica selvicolturale maggiormente conservativa rispetto alle pratiche ordinarie ed al regolamento forestale. Il range nel quale vi è la possibilità di conteggiare questo risparmio di CO_{2eq} è compreso fra la pratica ordinaria di prelievo ed un prelievo minimo definito per ciascuna tipologia di intervento selvicolturale in relazione al tipo forestale ed alla forma di governo. In seguito, viene riportato un grafico illustrativo.

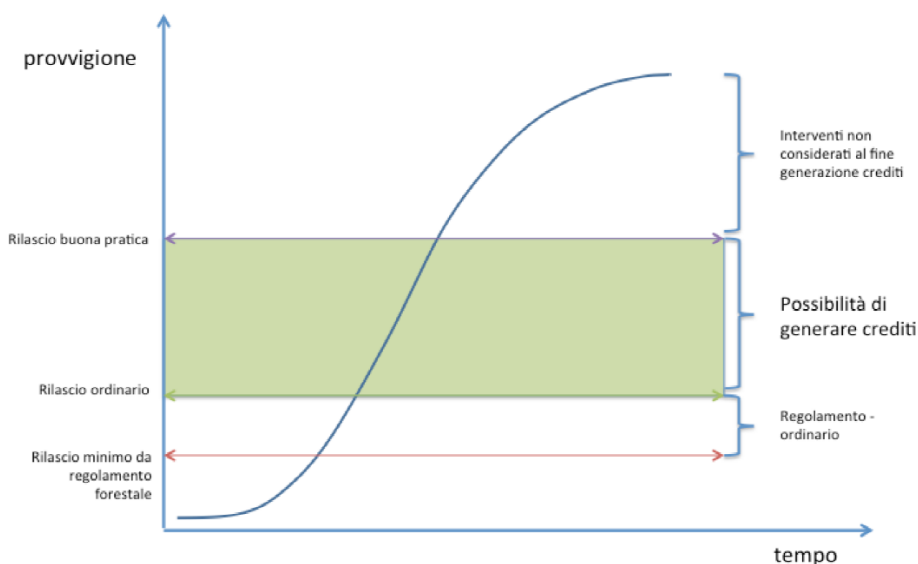


Figura 1: grafico riportante lo schema di contabilizzazione degli stock di CO_{2eq} in relazione al minor prelievo di provvigione rispetto a quanto rilasciato da Reg. For. e dalle pratiche ordinarie della Regione Piemonte. Immagine da “D.G.R. n. 24-4638 del 6 febbraio 2017 – Disposizioni per lo sviluppo del mercato volontario dei crediti di carbonio da selvicoltura nella Regione Piemonte, allegato A (Crediti di carbonio volontari da gestione forestale – indirizzi per la Regione Piemonte)”.

Per gli avviamenti a fustaia in castagneti e robinieti – caso del lotto di Pagno – le linee guida riportano quanto segue:

Forma di governo	Intervento	% copertura da rilasciare da regolamento	prelievo possibile da regolamento forestale (% volume)	prelievo ordinario (% volume)	% copertura da rilasciare da buona pratica	prelievo buona pratica (% volume)
ROBINIETI CASTAGNETI non definita	taglio di avviamento a fustaia	50%	55%	50	65-70%	35%

Per i tagli all'interno del governo misto – caso del lotto di Barge – le linee guida riportano quanto segue:

Forma di governo	Intervento	% copertura da rilasciare da regolamento	prelievo possibile da regolamento forestale (% volume)	prelievo ordinario (% volume)	% copertura da rilasciare da buona pratica	prelievo buona pratica (% volume)
Governo misto	Governo misto	40%	60%	50%	55%-65%	40%
	taglio di avviamento a fustaia	50%	55%	50%	65%-75%	30%

Tabella 4: Linee guida per i conteggi della CO₂eq estratte da "D.G.R. n. 24-4638 del 6 febbraio 2017 – Disposizioni per lo sviluppo del mercato volontario dei crediti di carbonio da selvicoltura nella Regione Piemonte, allegato A (Crediti di carbonio volontari da gestione forestale – indirizzi per la Regione Piemonte)"

Al fine di calcolare la CO₂ equivalente viene applicata la seguente formula per trasformare la massa legnosa in massa di CO₂eq:

$$CO_{2eq} = (V * D * BEF_s) * (1 + R) * CF * 3,67$$

Dove:

- **CO₂eq** è la CO₂ stoccata nella biomassa di un bosco avviato all'lato fusto;
- **V** è il volume di legname risparmiato grazie all'applicazione della buona pratica, espressa in metri cubi m³/ha;
- **D** densità basale del legno espressa in t ss/m³;
- **BEF_s** fattore di espansione della biomassa comprensiva di corteccia, massa fogliare e blastometrica (secondo il "NFAP for Italy – 2019"⁴ è pari a 1,4);
- **R** rapporto biomassa ipogea/epigea adimensionale (secondo il "NFAP for Italy – 2019" è pari a 0,24);
- **CF** carbon fraction t/t ss (secondo l'approssimazione suggerita dall'IPCC, è pari a 0,47 della ss);
- **3.67** è il valore di conversione da Carbonio a CO₂ (cioè, il rapporto tra le moli di Carbonio e la somma delle moli di Carbonio e di Ossigeno)

3.2 METODOLOGIA 2 – CARBON ACCOUNTING TOOL

⁴ NFAP - Italian National Forestry Accounting Plan predisposto da Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA) with the contribution of Ministry of Agricultural, Forestry and Tourism Policies

Il secondo strumento utilizzato per il calcolo della CO_{2eq} è stato il foglio di calcolo sviluppato nel WP C4 del presente progetto. Questo strumento permette, tramite l'immissione di dati forestali derivanti dai rilievi in campo, di quantificare le emissioni, lo stoccaggio e gli effetti di sostituzione di carbonio. Per quanto riguarda le emissioni sono considerate le perdite legate alle utilizzazioni forestali e agli incendi; nel conteggio degli stock si considerano invece la biomassa epigea (*aboveground biomass*), la biomassa ipogea (*belowground biomass*), la sostanza organica del suolo (*soil organic matter*) e la necromassa (*dead organic matter*). Gli effetti di sostituzione sono invece conteggiati considerando i prodotti legnosi derivanti dai prelievi utilizzati per legname da opera e legname di pregio e gli scarti impiegati nella produzione di energia.

I dati immessi sono i medesimi per ciascuna categoria forestale presente nell'area di studio: l'area coperta dal popolamento, la provvigione (mc/ha) ovvero il volume epigeo, l'incremento corrente di volume per anno, la ripresa ovvero la stima della biomassa asportata per anno (mc/y), l'area percorsa da incendi (ha/y) ed infine la percentuale di assortimenti utilizzata per la produzione di energia. Al fine di poter applicare il carbon tool agli interventi effettuati e notare le differenze in termini di Tonnellate di CO₂ equivalenti, i calcoli sono stati effettuati considerando un'intera compresa forestale di 500 ettari (dimensioni medie di una compresa forestale all'interno del PFA) ed ipotizzando al suo interno un taglio annuale del valore dei tagli effettivamente effettuati, valutando così le differenze tra un taglio ordinario ed un taglio più conservativo.

Lo strumento restituisce i dati totali di rimozione, rimozione con sostituzione ed emissione in tonnellate di CO₂ equivalente e il bilancio annuale di carbonio considerando anche le emissioni dovute ad un utilizzo del legname prettamente energetico.

Per maggiori approfondimenti sull'utilizzo del Carbon accounting tool si rimanda al DL. C4.1 sviluppato nel presente progetto.

Di seguito viene riportato un esempio di dati immessi per il calcolo dello stock totale di carbonio sull'intervento di Pagno.

Foglio di calcolo per bilancio speditivo del carbonio		
<i>Compilare le celle colorate di arancione</i>		
Dati Generali		
Area coperta da foreste	500	ha
Volume ad ettaro	353,76	mc/ha
Incremento corrente	8,3	mc/ha/y
Area percorsa da incendi	0	ha/anno
Utilizzazioni annue	1098	mc
Assortimenti per produzione energia	100,00%	%
Fattori di calcolo		
	Valore	Fonte
Biomass Expansion Factor (medio)	1,39	National Forestry Accounting Plan for Italy - 2019
Wood Basic Density (medio)	0,54	National Forestry Accounting Plan for Italy - 2019
Rapporto medio Root/shoot	0,26	National Forestry Accounting Plan for Italy - 2019
Coeff. Trasformazione biomassa secca	0,50	Carbomark 2011
Coeff. Trasformazione C eq.	3,67	Carbomark 2011
Rapporto medio SOM su stock biomas	94%	Presentazione Vitullo
Rapporto medio DOM su stock biomas	19%	Presentazione Vitullo
Coeff. Sostituzione legno opera	2,10	Sathre and O'Connor 2010
Coeff. Sostituzione legno energia	0,54	Sathre and O'Connor 2010

Tabella 5: Esempio di dati immessi nel Carbon accounting tool

3.3 RISULTATI

3.3.1 RISULTATI METODOLOGIA 1

Di seguito, vengono riportati i conteggi relativi ai due interventi eseguiti, calcolati secondo la metodologia 1.

1) APPEZZAMENTO FORESTALE "A" – PAGNO

Specie	Area intervento	Volume totale	Volume rimovibile ordinario	Quantitativo rimossa da pesate	Volume rimosso	Volume risparmiato rispetto all'ordinario	CO ₂ risparmiata buona pratica
	ha	m ³	m ³	q	m ³	m ²	T _{eq}
Castagno	5,15	2.195	1.098	4.250	489	609	719

Tabella 6: Dati di CO₂eq risparmiata mediante una gestione selvicolturale orientata al minor prelievo.

2) APPEZZAMENTO FORESTALE "B" - Barge

Specie	Area intervento	Volume totale	Volume rimovibile ordinario	Quantitativo rimossa da pesate	Volume rimosso	Volume risparmiato rispetto all'ordinario	CO ₂ risparmiata buona pratica
	ha	m ³	m ³	q	m ³	m ²	T _{eq}
Castagno	4,80	1.698	849	4.554	523	326	549

Tabella 7: Dati di CO₂eq risparmiata mediante una gestione selvicolturale orientata al minor prelievo.

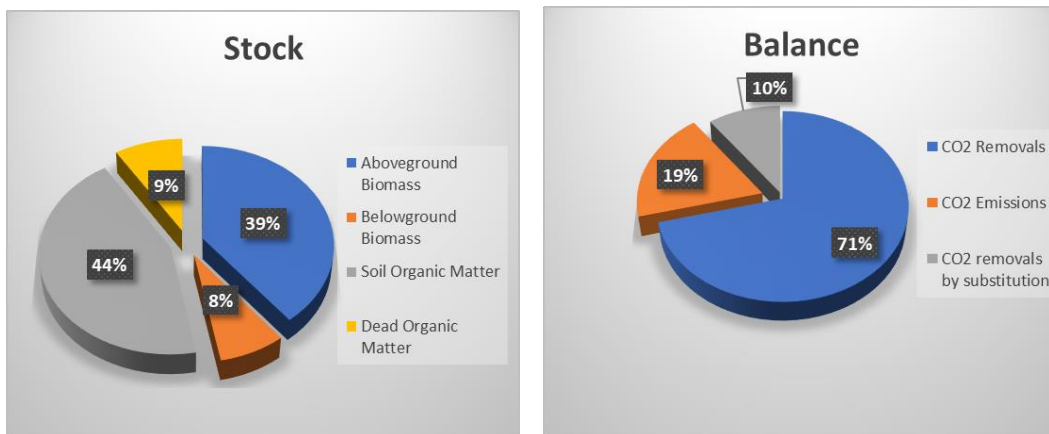
In totale, grazie al sistema di utilizzazione impiegato, sono state evitate emissioni per 719 t equivalenti di CO₂ per il lotto "A" Pagno e 549 per il lotto "B" Barge per un totale di circa **1.268 tonnellate equivalenti di CO₂**. Tale risultato deriva da minori prelievi a causa di una gestione forestale più conservativa rispetto all'ordinario ma che va in egual misura ad avere impatti positivi sulla conservazione ed il miglioramento della biodiversità specifica, sulla protezione del suolo e delle acque e, in particolar modo, sulla fruizione dell'area di intervento.

3.3.2 RISULTATI METODOLOGIA 2

Di seguito, vengono riportati i conteggi relativi ai due interventi eseguiti, calcolati secondo la metodologia 2. I risultati permettono di confrontare l'accumulo di CO₂ mantenuta nel bosco grazie ad un minor prelievo di biomassa.

1) APPEZZAMENTO FORESTALE "A" – PAGNO

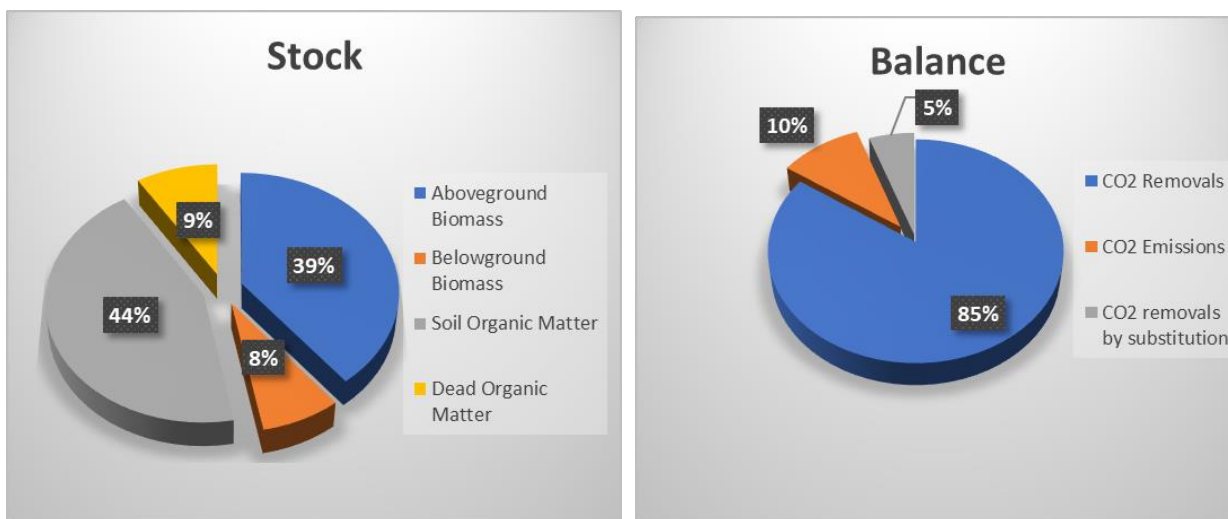
a. Intervento ordinario (Prelievo 50%)



RESUME	
Totale stock (t CO2eq)	588511
CO2 Removals	5711
CO2 Emissions	1511
CO2 removals by substitution	816
Yearly Carbon Balance	5016

Figura 2: Grafici relativi allo stock di Carbonio e al bilancio annuale di carbonio nell'Intervento di Pagno con prelievo ordinario.

b. Intervento effettuato (Prelievo 27,6% della provvigione)

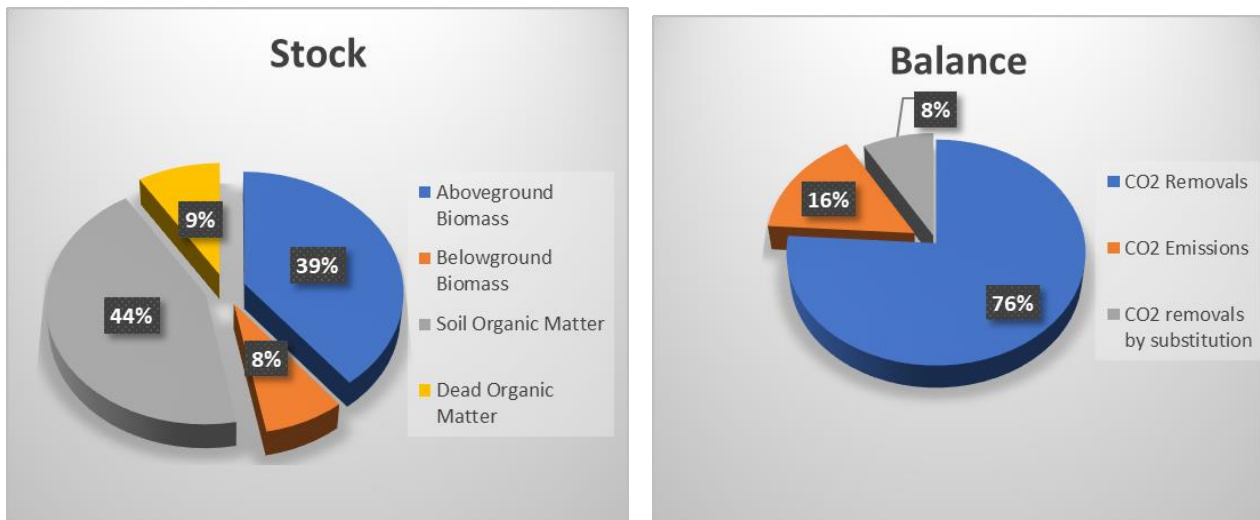


RESUME
Totale stock (t CO2eq)
588511
CO2 Removals
5711
CO2 Emissions
673
CO2 removals by substitution
363
Yearly Carbon Balance
5401

Figura 3: Grafici relativi allo stock di Carbonio e al bilancio annuale di carbonio nell'Intervento di Pagno con prelievo Climate smart

2) APPEZZAMENTO FORESTALE "B – Barge"

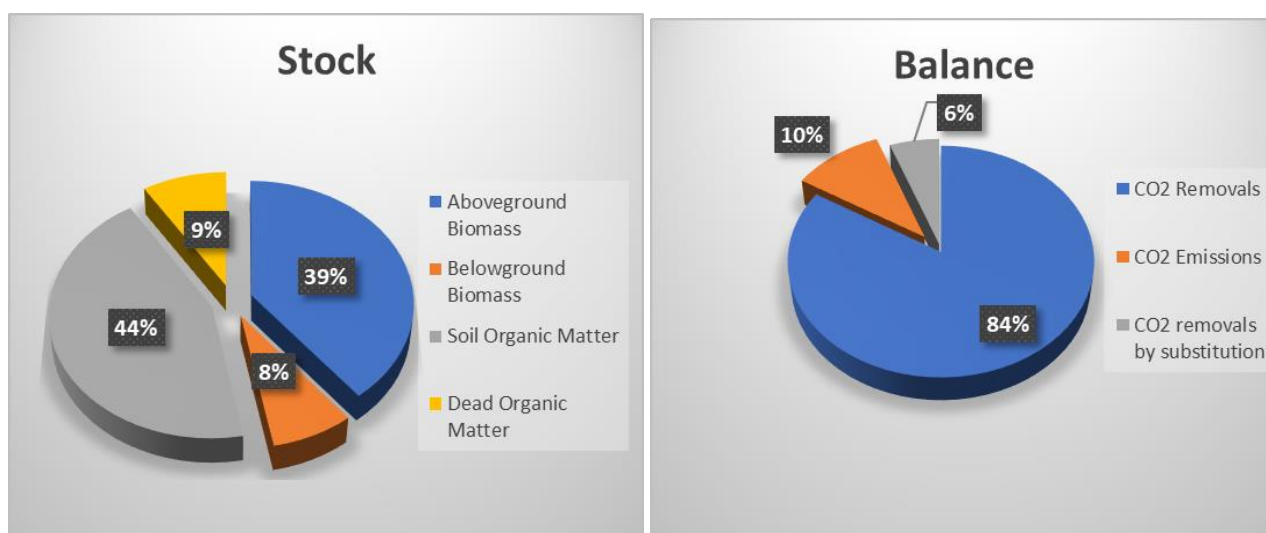
a. Intervento ordinario (Prelievo 50% della provvigione)



RESUME
Totale stock (t CO2eq)
537546
CO2 Removals
5711
CO2 Emissions
1168
CO2 removals by substitution
631
Yearly Carbon Balance
5173

Figura 4: Grafici relativi allo stock di Carbonio e al bilancio annuale di carbonio nell'Intervento di Barge con prelievo ordinario

b. Intervento effettuato (Prelievo 30,8% della provvigione)



RESUME	
Totale stock (t CO2eq)	537546
CO2 Removals	5711
CO2 Emissions	720
CO2 removals by substitution	389
Yearly Carbon Balance	5380

Figura 5: Grafici relativi allo stock di Carbonio e al bilancio annuale di carbonio nell'Intervento di Barge con prelievo Climate smart

Come si può notare dai grafici precedenti, effettuando una gestione forestale climate smart, è possibile avere un risparmio di emissioni di tonnellate di CO₂. In particolare, utilizzando questa metodologia di calcolo, sono state risparmiate circa 385 t per l'intervento "A-Pagno" e 207 t per l'intervento "B-Barge" per un totale di 592 t.

Come si può notare i due metodi differiscono nei risultati. In particolare, con la metodologia 1 vengono calcolate un totale di 1.268 tonnellate equivalenti di CO₂ mentre con la metodologia un totale di 592 tonnellate equivalenti di CO₂. Questo è legato al fatto che il carbon tool prende in considerazione anche le tonnellate di CO₂ emesse a causa dell'utilizzo del legno come fonte energetica. Inoltre, la metodologia 2 non è stata appositamente concepita per conteggi di questo tipo, ma per calcolare gli stock di tonnellate di CO₂ su vasta area.

4 QUADRO ECONOMICO DEGLI INTERVENTI

In seguito vengono riportati i quadri economici degli interventi effettuati:

4.1 APPEZZAMENTO FORESTALE "A" – PAGNO

Il calcolo dei costi è relativo alle spese effettivamente sostenute per l'esecuzione dell'intervento. I ricavi del legname sono relativi alla vendita all'asta con un prezzo medio circa 4,33 €/qle.

Come riportato dal computo economico sotto riportato il costo totale dell'intervento al netto della vendita del legname estratto è pari ad **€ 82.014,08**.

QUADRO ECONOMICO			
(A)	Importo complessivo dei lavori a base di gara		€ 69.921,54
	di cui:		
	<i>Importo lavori</i>		€ 69.100,02
	<i>Oneri per la sicurezza</i>		€ 821,52
Somme a disposizione			
(B)	I.V.A. sui lavori	<i>(22% di A)</i>	€ 15.382,74
(C1)	<i>Spese tecniche</i>	<i>(10% di A)</i>	€ 6.992,15
(C2)	<i>EPAP</i>	<i>(2% di C1)</i>	€ 139,84
(C3)	<i>I.V.A. su spese tecniche</i>	<i>(22% di C1+C2)</i>	€ 1.569,04
(C)	Totale spese tecniche	<i>(C1 + C2 + C3)</i>	€ 8.701,03
(D)	Compenso R.P.	<i>(2% di A)</i>	€ 1.398,43
(E)	Totale somme a disposizione	<i>(B + C)</i>	€ 24.083,77
(F)	TOTALE COSTI	<i>(A + E)</i>	€ 95.403,74
(G)	COSTO SOSTENUTO DA UMCM ALL'INTERNO DEL PROGETTO LIFE	<i>(A+B+D)</i>	€ 86.702,71
(H)	COSTO SOSTENUTO DA WALDEN SRL ALL'INTERNO DEL PROGETTO LIFE COME COSTO DI PERSONALE	<i>(C)</i>	€ 8.701,03
(I)	VALORE LEGNA ESBOSCATA		€ 15.691,16
	di cui:		
(I1)	<i>Assortimenti venduti in piazzale camionabile</i>		€ 13.389,66
(I2)	<i>Assortimenti rilasciati in piazzole provvisorie per la proprietà (stimati)</i>		€ 2.301,50
(L)	COSTO TOTALE DELL'INTERVENTO (al netto dei ricavi)	<i>(F – I2)</i>	€ 82.014,08

4.2 APPEZZAMENTO FORESALE B – “BARGE”

Per la stima dei costi si è fatto riferimento ai costi effettivamente sostenuti per l'esecuzione dell'intervento. Il legname esboscato non è stato venduto ma è stato assegnato alla ditta esecutrice dell'intervento.

QUADRO ECONOMICO			
(A)	Importo complessivo dei lavori a base di gara		€ 52.007,12
	di cui:		
	<i>Importo lavori</i>		€ 51.188,64
	<i>Oneri per la sicurezza</i>		€ 818,48
Somme a disposizione			
(B)	I.V.A. sui lavori	<i>(22% di A)</i>	€ 11.441,57
<i>(C1)</i>	<i>Spese tecniche</i>	<i>(10% di A)</i>	€ 5.200,71
<i>(C2)</i>	<i>EPAP</i>	<i>(2% di C1)</i>	€ 208,03
<i>(C3)</i>	<i>I.V.A. su spese tecniche</i>	<i>(22% di C1+C2)</i>	€ 1.189,92
(C)	Totale spese tecniche	<i>(C1 + C2 + C3)</i>	€ 6.598,66
(D)	Compenso R.P.	<i>(2% di A)</i>	€ 1.040,14
(E)	Totale somme a disposizione	<i>(B + C + D)</i>	€ 19.080,37
(F)	TOTALE COSTI	<i>(A + E)</i>	€ 71.087,49
(G)	COSTO SOSTENUTO DA UMCM ALL'INTERNO DEL PROGETTO LIFE	<i>(A+B+D)</i>	€ 64.488,83
(H)	COSTO SOSTENUTO DA WALDEN SRL ALL'INTERNO DEL PROGETTO LIFE COME COSTO DI PERSONALE	<i>(C)</i>	€ 6.598,66

4.2.1 CONTABILIZZAZIONE DELLA CO₂ STOCCATA

Come precedentemente visto, i due interventi selvicolturali eseguiti hanno portato al risparmio (utilizzando la metodologia n.1) di un quantitativo di ton CO₂eq pari a 1.268,00. Tale valore, senza il supporto di una certificazione di parte terza, non può essere validato per la commercializzazione nel mercato delle compensazioni. A titolo esemplificativo si va di seguito a calcolare l'eventuale prezzo di vendita nel momento in cui tali ton CO₂eq fossero certificate.

Intervento	Costo intervento	Tonnellate equivalenti di CO ₂ prodotte	Costo ton eq CO ₂ (€/ton)
A- Pagno	€ 82.014,08	719	114,07
B- Barge	€ 71.087,49	549	129,49

Tabella 8: calcolo del costo a tonnellata di CO₂ risparmiata relativo ai due interventi pilota.

Come metro di riferimento si sottolinea che il prezzo medio delle compensazioni in Italia sul mercato volontario è di circa 20 €/ ton CO₂eq. Tale differenza rispetto al prezzo medio è da legare al fatto che le compensazioni alle quali fa riferimento il valore medio sono derivanti da differenti fonti e provenienze. In questo caso invece gli interventi effettuati vanno ad interessare anche altri servizi ecosistemici in aggiunta allo stoccaggio di CO₂ come, ad esempio, la protezione della biodiversità e la fruizione turistica dell'area; pertanto hanno un valore aggiunto che ne va ad aumentare il prezzo di vendita.

5 PIANO DI MONITORAGGIO E INTERVENTI FUTURI

Al fine di monitorare l'incremento di carbonio nel tempo, dovuto all'accrescimento delle piante, viene previsto un piano di monitoraggio che dovrà essere effettuato nel tempo. Si prevede quindi la realizzazione di 2 aree di saggio di larghezza circolare di 15m. All'interno delle suddette aree si dovrà effettuare un cavallettamento totale delle piante e dovranno essere carotate 2 piante per ogni classe di età. Questo consente di contare gli anelli di accrescimento e valutare così gli incrementi. Per ogni pianta carotata si dovrà prevedere inoltre la misura dell'altezza. Durante i rilievi, si dovrà porre particolare attenzione ai disturbi forestali. Se presenti dovranno essere contabilizzate le piante come perdita di carbonio totale presente nell'area. Questa tipologia di monitoraggio dovrà essere effettuata ogni 5 anni per almeno due cicli.

Si prevedono inoltre interventi futuri volti al mantenimento delle aree e al raggiungimento degli obiettivi prefissati. In particolare, per il lotto forestale "A – Pagno" si prevede un secondo intervento tra circa 15 anni. In questo intervento si affrancheranno le ceppaie residue rilasciando 1-2 polloni e si preleveranno i polloni maturi già affrancati nel primo intervento; una parte del prelievo potrà inoltre essere costituita dagli individui candidati della fustaia a maturità. Il secondo intervento avrà quindi l'obiettivo di proseguire/completare l'avviamento a fustaia del popolamento, migliorandone ulteriormente le caratteristiche dendrometriche tramite l'applicazione dei criteri della selvicoltura d'albero.

Per il lotto forestale "B – Barge" si prevede, al fine di contenere lo sviluppo di rovo e felce, già fortemente sviluppate su gran parte della superficie del popolamento e dei giovani polloni di robinia, un intervento di contenimento e gestione della componente erbacea/arbustiva nelle aree di maggiore interesse fruitivo. Tra gli interventi attuabili, è ipotizzabile il

periodico pascolamento ovino/caprino dell'area. In caso di pascolamento, questo potrà essere consentito sulle superfici specificamente individuate nei PFA o nei piani pastorali aziendali approvati dalla struttura regionale competente in materia forestale. L'azione di contenimento arbustivo appena descritta è da attuarsi per un periodo di almeno 5 anni dopo l'intervento selvicolturale. Successivamente a tale intervento occorrerà effettuare un monitoraggio degli effetti combinati del taglio selvicolturale e contenimento delle specie arbustive, in modo da individuare eventuali variazioni gestionali.

6 CONCLUSIONI

6.1 CRITICITÀ

Nonostante gli interventi abbiano avuto successo e siano stati eseguiti secondo i criteri progettuali, nella contabilizzazione delle compensazioni di carbonio vi sono state alcune criticità, legate principalmente alle linee guida emesse da Regione Piemonte. In particolare, le linee guida prevedono la possibilità di generare stoccaggi certificati e di conseguenza venderli se l'intervento eseguito ha come una quantità di legname prelevato tra la buona pratica e l'ordinario. Nel caso del lotto forestale "A – Pagno" il prelievo doveva essere tra il 35% (buona pratica) e il 55% (prelievo ordinario). Nel nostro caso il prelievo è stato 27,7%. Questo è stato influenzato dall'ingente quantitativo di legname secco in piedi e morto a terra del quale è stata richiesta la rimozione da parte della direzione lavori. Tale legname non era stato considerato nei rilievi forestali per la progettazione. Inoltre, la valutazione dell'entità dei lavori con la ditta, ovvero la direzione lavori, è stata effettuata basandosi principalmente sulla copertura e non sulla massa: la gran quantità di alberi morti in piedi ha quindi influito sulla stima della copertura e di conseguenza sul prelievo effettuato dalla ditta. Quindi, seppur questo risultato abbia permesso di mantenere un maggior quantitativo di carbonio in foresta, questo non può essere certificato per la vendita secondo la normativa regionale. Al fine di effettuare un intervento che permetta di generare compensazioni vendibili occorrerà – nelle azioni di replicazione - presenziare maggiormente all'esecuzione dei lavori, al fine di monitorare i tagli ed individuare se la ditta sta tagliando troppo o troppo poco fornendo loro eventuali indicazioni ed accorgimenti a seguire.

Per il lotto forestale "B – Barge" le principali criticità sono legate al metodo di stima utilizzato nel progetto iniziale che non ha previsto l'esecuzione dell'intervento mediante l'utilizzo della gru a cavo e ha pertanto richiesto modifiche in corso d'opera rispetto ai quantitativi di legname esboscati.

Un'ulteriore criticità emersa in entrambi i cantieri è stata la scarsa qualità del legname. Il ceduo di castagno ormai invecchiato e prossimo al collasso presentava molto legno secco, schiantato al suolo o morto in piedi; il legname verde, per contro, spesso presentava difetti di cipollatura. Questi fattori hanno determinato una destinazione esclusiva del legname esboscato per la produzione energetica. Questo aspetto può essere analizzato da due differenti punti di vista rispetto al ciclo del carbonio: da un lato questo legname va a fare "effetto sostituzione" di altri combustibili fossili per la produzione di energia, dall'altro se questo legname venisse utilizzato per scopi più nobili il carbonio presente al suo interno verrebbe "immobilizzato" per molto più tempo e non verrebbe subito emesso in atmosfera a causa della combustione.

6.2 PUNTI DI FORZA

I metodi utilizzati per la contabilizzazione del carbonio forestale legato ad una buona pratica selvicolturale hanno funzionato ed è risultata semplice la loro contabilizzazione. La possibilità di generare compensazioni grazie alle buone pratiche messe in atto permette di avere un ulteriore ricavo economico dalla foresta ed un minor impatto ambientale. Inoltre, grazie ad una gestione più sostenibile è stato possibile generare ulteriori servizi ecosistemici. Utilizzando il metodo IBP in entrambi i cantieri è stato possibile mantenere ed incrementare il livello di biodiversità presente e con il prelievo della maggior parte del legno morto è diminuito il rischio di incendio. Quest'ultima eventualità, nel caso si fosse verificata, avrebbe immesso in atmosfera un ingente quantitativo di polveri sottili e CO₂ andando così ad aumentare le emissioni di gas effetto serra in atmosfera.

Il ripristino e la manutenzione della viabilità hanno permesso inoltre una maggiore fruizione turistica dell'area e permetteranno ulteriori interventi di miglioramento del bosco. Soprattutto nel lotto forestale "B – Barge" è stato effettuato un taglio tale da favorire l'accesso al "Ciabot", fabbricato rurale di particolare interesse storico – culturale. Il passaggio, in entrambi gli interventi, da un governo ceduo o misto ad un governo a fustaia permette di incrementare la resistenza e la resilienza delle superfici boscate. Questo aspetto, considerando il cambiamento climatico ed i sempre più frequenti fenomeni estremi ad esso collegati, rende i boschi meno suscettibili agli impatti ed ai disturbi futuri.