

Linee guida FABER

Il progetto

Forest Assessment: Biomass as Energy Resource

FOCUS AREA 5E 2019-2023

Presentazione

L'**obiettivo generale** del progetto FABER era rivolto alla realizzazione di un processo che basandosi su moderni sistemi di rilievo ed inventariazione delle risorse forestali favorisse da un lato una corretta pianificazione e **gestione efficiente e sostenibile della biomassa forestale** (residuale e non) e dall'altro consentisse di **intervenire attivamente sul ciclo del carbonio** arrestando la fase di degradazione dei residui legnosi, attraverso la loro carbonizzazione, convertendoli in biochar ed energia. L'obiettivo è stato raggiunto attraverso:

- Sviluppo di metodologie per il monitoraggio (LIDAR), l'inventariazione e la costruzione di scenari in tempo reale sulla produttività delle risorse forestali;
- Miglioramento della pianificazione e della gestione integrata della filiera foresta-legno-energia finalizzata all'aumento della sostenibilità delle risorse mediante applicazione di tecnologie geomatiche e modellistiche.
- Introduzione all'interno della filiera bosco-legno-energia di un sistema innovativo e brevettato per la carbonizzazione degli scarti ed il successivo utilizzo del biochar come ammendante, con ricadute ambientali e climatiche.
- Sequestro del carbonio in forma stabile e permanente nel suolo, attraverso la carbonizzazione della biomassa vegetale (decomposizione termochimica), favorendo una riduzione della mineralizzazione e riducendo la perdita per dilavamento della sostanza organica.



Telerilevamento (LIDAR)

Applicazione forestale

L'obiettivo di effettuare rilievi forestali mediante laser scanner aereo (ALS) è quello di fornire strumenti più performanti per la pianificazione e la gestione integrata della filiera foresta-legno-energia, finalizzati all'aumento della sostenibilità delle risorse attraverso l'applicazione di tecnologie geomatiche e modellistiche.

La scansione laser aerea rappresenta ormai una delle più consolidate e promettenti tecnologie di telerilevamento utilizzabili per fornire informazioni per una vasta gamma di discipline legate alla gestione degli ecosistemi forestali.

Un particolare punto di forza dell'utilizzo del laser scanner aereo per le applicazioni forestali è la sua capacità di penetrare con i fasci la vegetazione fino al livello del suolo e caratterizzare con precisione la struttura tridimensionale delle piante. Ne deriva che tali informazioni sono potenzialmente più utili per gli inventari forestali rispetto a quelle di altre tecniche di telerilevamento, come ad esempio le immagini satellitari nello spettro del visibile. Le metriche riferite all'altezza e alla densità derivate dai dati della scansione laser possono essere utilizzate per stimare la distribuzione orizzontale e verticale del materiale vegetale, per indagini commerciali sul legname e per studi di tipo ecologico.

La caratterizzazione della vegetazione forestale con tecniche di telerilevamento passa per una serie di obiettivi progressivi, il primo è quello di individuare i singoli alberi attraverso classificazione e segmentazione della nuvola di punti, permettendo di ricostruire, in tre dimensioni, le aree vegetate. Tale attività richiede in ingresso il supporto di campagne di misura, dati forestali diretti, rilievi topografici e geomorfologici. Dall'unione di tutte queste informazioni, si ricava la posizione spaziale, l'altezza e infine la relativa biomassa di ciascun elemento arboreo.

Nel nostro studio si è cercato di superare i limiti noti di questa metodica nell'individuare e descrivere quegli alberi che presentano chiome globose e tondeggianti, spesso le une fuse nelle altre, e pertanto poco distinguibili con i tradizionali metodi utilizzati per le conifere.

Per l'individuazione dei singoli alberi si è utilizzato un approccio innovativo basato sulla classificazione e segmentazione della nuvola di punti, attraverso lo studio della densità spaziale dei punti LiDAR acquisiti e la loro distribuzione morfologica nello spazio 3D; le chiome degli alberi di latifoglie infatti risultano più dense in corrispondenza del tronco mentre allontanandosi verso le estremità delle fronde, la densità diminuisce.

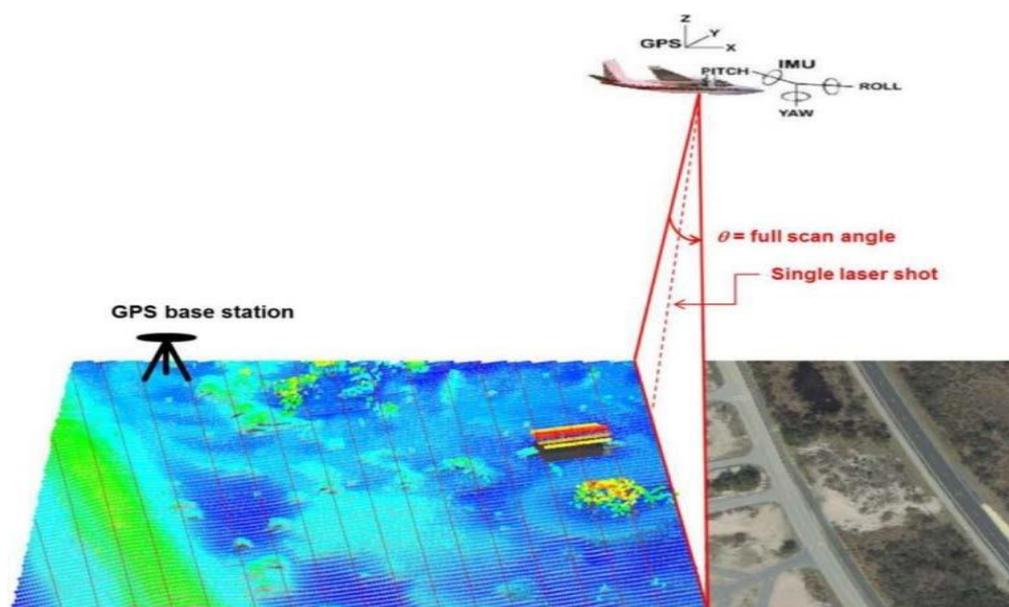
L'elaborazione dei dati laser ha consentito di ottenere per l'area interessata il modello digitale del terreno (DTM), il modello digitale della copertura arborea (CHM, Canopy Height Model), e la stima, attraverso tecniche di modellizzazione avanzata proprietaria, della biomassa arborea.

Al rilievo aereo e alle relative analisi si è affiancata una campagna di misure a terra in due aree campione. Nello specifico sono state analizzate delle aree di saggio, afferenti a due specie particolarmente presenti all'interno delle proprietà forestali, ossia faggio (*Fagus sylvatica*) e castagno (*Castanea sativa*), al fine di verificare e parametrizzare gli indici di biomassa ottenuti per telerilevamento.

TECNOLOGIA LIDAR

La tecnologia LiDAR, acronimo di Light Detection and Ranging, è una tecnica di telerilevamento "attivo" di scansione laser che permette di eseguire rilievi topografici ad alta risoluzione su un'area, ottenendo una nuvola di punti (a ciascun punto vengono associate coordinate ed altezza). Il sistema di acquisizione dei dati LiDAR è composto da sensori attivi costituiti da: 1) un emettitore (laser scanner) che, posizionato a bordo di un aereo un elicottero

o un drone, emette una serie di impulsi luminosi ad alta frequenza, 2) un ricevitore che misura gli echi laser di ritorno, 3) un GPS/IMU per il posizionamento dei punti di emissione e ricezione, e 4) da un sistema di acquisizione dati costituito dalle stazioni GPS che si trovano a terra.



Il laser emette fasci di luce coerente dei quali si misura l'intervallo di tempo tra l'emissione del segnale e la ricezione dell'impulso di ritorno. Noto l'intervallo di tempo, lo si converte tramite la velocità di propagazione del segnale, nota, in distanza percorsa. Il prodotto generato dal volo LiDAR sarà un profilo in tre dimensioni delle superfici colpite dal laser. Questa tecnologia permette di riprodurre l'area interessata in maniera dettagliata, soprattutto se la densità di punti è elevata, ed è possibile dividere (“classificare”) la vegetazione dagli edifici, la vegetazione ed edifici dalla superficie terrestre, ecc. Ogni impulso restituisce dalla superficie un solo ritorno se incontra, per esempio, terreno ed edifici, mentre restituisce ritorni multipli del segnale in presenza di vegetazione in quanto il segnale, in questo caso, viene in parte trasmesso e in parte riflesso.

Quando il raggio laser incontra, per esempio, la chioma di un albero, parte del segnale viene riflessa dalla chioma stessa e parte prosegue fino all'ostacolo successivo o al suolo: se la vegetazione non è eccessivamente densa, il LiDAR penetra riflettendo punti a diversi livelli della fronda e al suolo ed è possibile acquisire dati riguardanti rami e foglie di ciascun albero. Per poter generare il modello digitale è necessario che vengano registrati dal sensore almeno il primo e l'ultimo ritorno: i punti possono essere filtrati in base agli impulsi appartenenti al suolo piuttosto che a superfici vegetate o edificate, e quindi grazie alla classificazione si possono estrarre le quote del terreno ottenendo la descrizione della forma del territorio rimuovendo la vegetazione dalla nuvola di punti rilevata.

Dal rilievo si ottiene, con l'uso dei primi impulsi, un Modello Digitale della Superficie, DSM (Digital Surface Model), che comprende qualsiasi elemento/oggetto intercettato dal laser come edifici, pali, chiome di alberi, terreno, infrastrutture ecc. Tramite una successiva elaborazione dei dati è possibile filtrare il DSM e, utilizzando gli ultimi ritorni dell'impulso laser, si ottiene il Modello Digitale del Terreno, DTM (Digital Terrain Model), che comprende i soli dati dei punti relativi alla superficie del terreno. Dalla differenza algebrica locale tra DSM e DTM si ottiene il DCM (Digital Canopy Model) che comprende solo ed esclusivamente i punti appartenenti alla vegetazione. I vantaggi dell'utilizzo del LiDAR sono principalmente l'elevata precisione, l'elevata velocità di acquisizione dei dati, combinati con una maggior superficie di territorio che è possibile indagare, e una miglior analisi topografica di dettaglio della superficie terrestre rispetto ad altri metodi di raccolta dati come la fotogrammetria o la raccolta dati tramite rilievi classici terrestri. Il rilievo sul campo classico consente di effettuare campagne di censimento molto dettagliate a livello del singolo albero ma che risultano essere molto dispendiose in termini di tempistiche e costi su zone estese, e con l'impossibilità di perlustrare in dettaglio sia siti poco agevoli da accedere che aree ad alta densità di bassa vegetazione (rovi, erba alta, ecc.).

Rilievi a terra

L'attività è stata suddivisa in due fasi.

Nella prima fase si è innanzitutto esaminato attentamente il Piano di Gestione della proprietà, con validità 2010-2019 (prorogato al 2023), consultando in particolare la cartografia CTR (Carta Tecnica regionale), la pianificazione prevista e facendo sopralluoghi in bosco per individuare le aree più opportune per effettuare la sperimentazione. Le due aree identificate sono state individuate in due tipologie di bosco, il ceduo di castagno e il ceduo di faggio, in località Pontolese, scelte considerando la vicinanza alle strade e a confini fisiografici ben individuabili per geolocalizzare con precisione i luoghi d'intervento.

Per ognuna delle due situazioni, una a ceduo di castagno e l'altra a ceduo di faggio, è stata delimitata un'area di saggio circolare con raggio 15 metri (quindi circa 700 mq) nelle quali eseguire i rilievi dendrometrici, in particolare diametro ed altezza di tutte le piante ricadenti nell'area, al fine di calcolare la massa ad ettaro dei popolamenti con le classiche metodologie normalmente adottate in selvicoltura. I calcoli dendrometrici sono stati effettuati sia sulle piante in piedi, sia dopo l'abbattimento. Una volta effettuato il taglio delle piante nelle due buche, queste sono state pesate per avere un dato preciso. Di seguito si riportano i dati rilevati all'interno di ogni area sperimentale, evidenziando i valori calcolati coi rilievi dendrometrici (da rilievi in piedi e da piante abbattute), quelli con le pesate e quelli ricavati dall'applicazione LIDAR.

Calcolo della biomassa ad ettaro applicato alle 2 aree campione

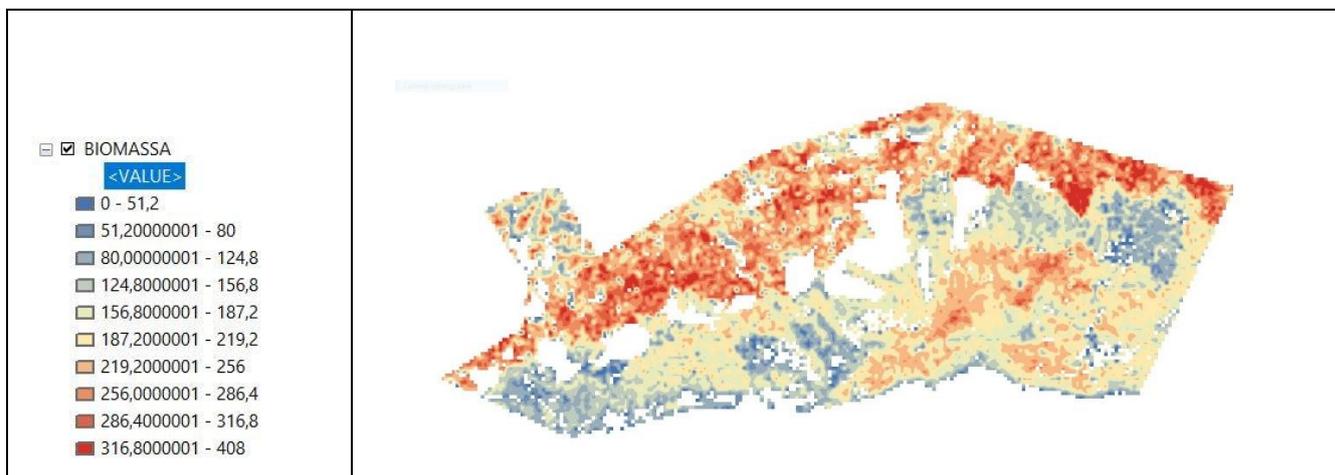
NOME AREE	BIOMASSA stimata coi rilievi dendrometrici (piante in piedi) [Quintali/ha]	BIOMASSA stimata coi rilievi dendrometrici (piante abbattute) [Quintali/ha]	BIOMASSA effettiva da pesate [Quintali/ha]	BIOMASSA da applicazione LIDAR [Quintali/ha]
Castagno	3.970	3.945	3.778	3.328
Faggio	2.824	2.742	2.462	2.167

Come si può notare, le stime del volo LIDAR si discostano dall'effettiva massa di un valore attorno al 10% al ribasso.

Di seguito si riportano i valori stimati dall'applicazione LIDAR su tutta la superficie della Comunalità di Pontolo.

Calcolo della biomassa applicato all'intera area

SPECIE	BIOMASSA [Tonnellate]
Castagno	109.574
Faggio	113.174



Raffigurazione spaziale delle celle di calcolo della biomassa, valori in legenda in quintali.

In conclusione, notiamo che in entrambe le aree campione, con la metodologia proposta, si ottiene una stima della biomassa sottostimata di circa il 13%, sicuramente un risultato soddisfacente in termini statistici ed assoluti, ma che una sola area campione per specie non è significativa sotto il profilo statistico per definire con sufficiente confidenza la curva allometrica caratteristica e sitospecifica della specie indagata. In letteratura si utilizzano almeno 10 aree campione, opportunamente distribuite sull'area di studio.

Take-home messages

Uno degli scopi del progetto era quello di verificare l'attendibilità di uno strumento, il LIDAR, che potrebbe garantire a bassi costi una stima della massa legnosa presente su intere e anche grandissime proprietà.

Normalmente i rilievi per la stima della massa legnosa vengono realizzati attraverso la scelta di aree di saggio di determinate dimensioni, generalmente circolari di 15 m di raggio, che rappresentano una superficie di circa 700 mq, all'interno delle quali vengono effettuati i rilievi dendrometrici avvalendosi di strumenti come il relascopio per misurare le aree basimetriche, il cavalletto per rilevare i diametri e l'ipsometro per misurare le altezze. I rilievi vengono poi elaborati tramite fogli di calcolo e, tramite l'utilizzo di tavole a doppia entrata della Regione Emilia-Romagna, viene ricavato il volume della massa legnosa ad ettaro.

Il rilievo aereo LIDAR è uno strumento innovativo tramite il quale è possibile elaborare la stima della massa legnosa attraverso modelli digitali del terreno e della superficie vegetale, stimando i valori dendrometrici di ogni pianta.

Dalle prove sperimentali si è notato che il vero valore della massa legnosa, ottenuto tramite pesatura dei fusti tagliati (cosa non possibile se si vuole fare una "stima" a priori), discosta di poco sia dalla stima dendrometrica classica, sia dal volo LIDAR. Si parla di valori attorno al +5% per i rilievi dendrometrici, che quindi tendono a sovrastimare, e -10% per il volo LIDAR, che tende a sottostimare.

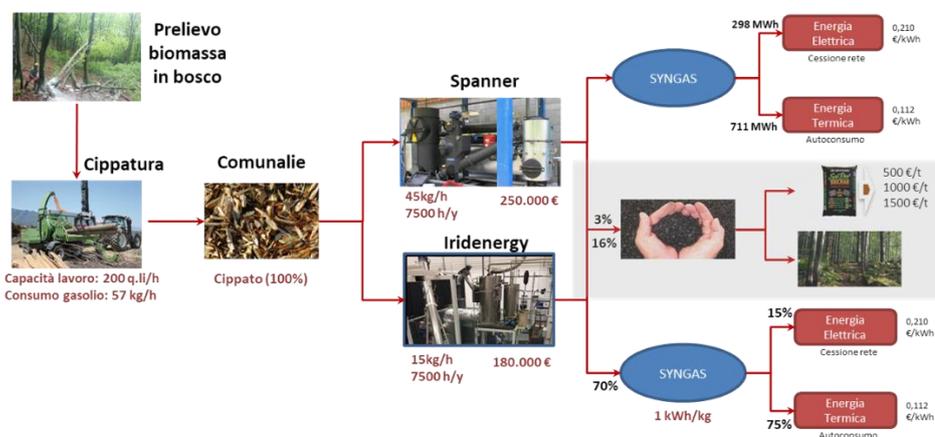
Il volo LIDAR, oltre ad una minore precisione, ha ovviamente anche dei costi molto maggiori rispetto alle stime dendrometriche classiche, ma in caso di stime su grandi superfici possono rivelarsi uno strumento molto affidabile ed economico. Col volo LIDAR del progetto FABER, ad esempio, è stata stimata la massa legnosa dei popolamenti di castagno e di faggio nelle due proprietà delle Comunalie di Baselica e di Pontolo, per una

superficie di circa 1.000 ettari, stima assolutamente impossibile da farsi in tempi e costi ridotti coi metodi tradizionali.

In definitiva, per una stima più puntuale e precisa, per piccoli lotti, risulta ancora maggiormente affidabile l'utilizzo dei rilievi dendrometrici su aree di saggio, ma per superfici di notevole estensione il LIDAR può rappresentare una possibilità comunque valida e con costi assolutamente inferiori.

Attività di gestione delle biomasse

Operazioni di raccolta e trasporto e considerazioni sulla riduzione degli impatti energetici, emissivi e di altro tipo



Le linee guida per le operazioni qui riportate sono ricavate da indicazioni e raccomandazioni provenienti dalla sperimentazione condotta nel contesto di CLEAN-ER (Cippatore Leggero per tErritori montANi in Emilia-Romagna), progetto realizzato nell'ambito del PSR-RER 2019-2023 focus area 5E (n. domanda: 5111527), che aveva come obiettivo la conversione di biomassa legnosa/arbustiva di basso valore economico localizzata in aree montane, in una logica di filiera circolare e valorizzazione.

Raccolta, cippatura e trasporti

Queste attività sono caratterizzate da un notevole dispendio energetico (4,7 kg di gasolio necessari per cippare 1 t di legno o ramaglia), dall'uso di trasporti con automezzi e dalle relative emissioni di gas serra. E' necessario ridurre al minimo gli spostamenti e le operazioni di trasporto, avvicinando l'impianto di pirogassificazione alla fonte delle biomasse.

Pirogassificazione

Come descritto oltre, gli impianti di pirogassificazione (pirolisi) producono energia e biocombustibili oltre al biochar. In base al tipo di impianto si può recuperare energia, oppure riutilizzando localmente l'energia prodotta si possono evitare ulteriori dispendi.

Pirogassificazione e considerazioni sulle caratteristiche di feedstock e impianti

Il biochar

Il biochar costituisce il residuo solido dei processi di pirolisi o di gassificazione di biomasse di origine vegetale, ed è una sostanza ricca di carbonio e minerali. La pirolisi e la gassificazione rappresentano due diversi metodi termochimici per la conversione delle biomasse. Il biochar è un ammendante sostenibile che:

- Aumenta il carbonio organico del suolo e migliora la salute del suolo
- Aumenta l'umidità del suolo
- Migliora la ritenzione dei nutrienti
- Incrementa l'attività microbica
- Riduce il compattamento
- Riduce l'acidità del suolo
- Sequestra carbonio (in futuro fornirà crediti)

Come fonte di informazioni sul biochar si consiglia l'Associazione Italiana Biochar (iChar).

I materiali di partenza (feedstock)

La fonte migliore per il biochar deve essere locale (entro 80 km), disponibile e possibilmente un potenziale scarto o residuo – questo lo rende una soluzione sostenibile. Il biochar si produce da ogni forma di materiale organico: scarti dell'agricoltura, della silvicoltura, sottoprodotti di produzione, cascami della lavorazione del legno. Le ramaglie utilizzate nel progetto FABER sono un esempio perfetto di biomassa locale e sostenibile.

La stagionalità della produzione delle biomasse è un fattore rilevante, perché la biomassa deve perdere umidità ed essere processata in tempi relativamente brevi per poi distribuire il biochar ottenuto entro 1 anno.

Gli impianti di pirolisi

La produzione di biochar da biomasse si ottiene per pirolisi, un processo in assenza di ossigeno che opera una conversione termochimica dai materiali a temperature di 350-1000°C. Si ottengono biocombustibili, e precisamente olio, syngas, idrogeno, insieme a calore e biochar. Gli impianti convenzionali operano su materiali a basso contenuto di umidità e alto contenuto di lignina e cellulosa. La resa di biochar è solitamente intorno al 10%, ad esempio, 5 q di biochar da 50 q di biomassa.

Nel progetto FABER ha operato anche un pirogassificatore prototipale in grado di utilizzare matrici ad alto tenore di umidità, fino a 30-50%, e di miscelare più matrici insieme.

L'obiettivo del pirogassificatore prototipale è quello di abbandonare e superare il concetto di cogenerazione intesa come produzione combinata di energia elettrica e calore, che ha governato lo sviluppo di questi impianti sino ad ora, allargandola a quella di poli generazione (produzione di biochar, energia elettrica, vapore, calore e/o freddo), secondo molteplici modelli di economia circolare, riducendo altresì l'impatto ambientale ed economico, mediante la trasformazione in biochar degli scarti organici di differenti matrici.

Solitamente i cogeneratori sono costituiti da gassificatori che utilizzano come generatore di corrente un motore endotermico e che producono syngas contaminato dalla presenza di catrame, chiamato "tar" che, a basse temperature si dissocia in forma liquida e se non eliminato completamente danneggia le guarnizioni del motore in maniera irreversibile. Questo comporta costi aggiuntivi per la filtrazione, con l'estrazione di un liquido nero, denso e viscoso, che va smaltito come rifiuto speciale. L'impianto prototipale utilizza un motore esotermico per cui la frazione gassosa prodotta per pirolisi passa direttamente nella camera di combustione adiacente non dissociandosi in tar e syngas. In questo modo vengono eliminati i consumi di energia elettrica e le perdite di energia termica per la purificazione del syngas, permettendo quindi di essere alimentato da una biomassa eterogenea.

Caratteristiche del biochar

Il biochar è solitamente basico con valori maggiori di 8,5 e quindi può avere un effetto moderatore del pH in suoli tendenti all'acidità contrastando i processi di acidificazione. Il pH e altre caratteristiche della superficie dipendono dalla matrice di provenienza e dalle temperature di pirolisi. Quando il pH supera il valore di 10 si richiede particolare cautela nell'utilizzo. L'effetto di contrasto nei confronti dell'acidità contribuisce a ridurre anche la mobilità di metalli e sali.

Il biochar con bassa conducibilità elettrica (inferiore a 300-400 mS/m) è povero di sali, e può sequestrare sali in eccesso presenti nei suoli, soprattutto se ha particelle di dimensioni grandi. Il contenuto di sali nel biochar è correlato alla proporzione di ceneri.

Il biochar, se adeguatamente prodotto, analizzato e certificato, non apporta contaminanti. Il D.Lgs. n. 75/2010 fissa i valori limite di metalli e idrocarburi policiclici aromatici.

Il biochar non apporta nutrienti e non è un fertilizzante. E' correttamente definito un ammendante perché migliora le proprietà del suolo. Nel caso delle foreste, riduce i rischi di incendio perché è un modo per rimuovere materiale legnoso, migliora la ritenzione di acqua e nutrienti nel suolo, e stimola la vegetazione migliorando le proprietà del suolo. La sua applicazione imita ciò che succede quando gli incendi generano carbone.

Relativamente al biochar ottenuto dall'impianto di pirogassificazione prototipale, rappresenta un prodotto importante dell'impianto, al pari del calore, è in classe I, qualitativamente migliore, ai sensi del D.Lgs 75/2010, per il basso contenuto di ceneri, elevato contenuto in carbonio (superiore al 70%), quasi assenti gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA totale < 2 mg/kg), elevata pezzatura, con particelle di carbone di dimensioni mediamente grossolane, anche superiori al cm.

Distribuzione in bosco del biochar, considerazioni di sicurezza e indicazioni sulle operazioni necessarie

Quando e come applicare il biochar in bosco

Il biochar si può applicare in qualsiasi momento, purché il suolo non sia gelato. Preferire i periodi di riposo vegetativo in modo da non danneggiare la rinnovazione, tenendo comunque conto della disponibilità degli accessi in base alla presenza di neve o di terreno bagnato che impedirebbe il transito degli automezzi. Optare per aree libere dalla vegetazione per facilitare lo spargimento e favorire il rinnovamento della vegetazione, ad esempio busche tagliate a raso nelle fustaie di conifere o in diradamenti particolarmente intensi. Spesso è conveniente mescolare il biochar con altri ammendanti (letame, compost), quando ciò è possibile. Si potrebbe anche "caricare" il biochar con microrganismi, ma questo vale per l'applicazione a colture agricole.

Considerato che il biochar resiste alla decomposizione, applicazioni singole possono fornire effetti benefici per diverse stagioni; non è necessario applicarlo ogni anno.

Quando lo si applica a situazioni in cui le piante o gli alberi sono già presenti, si deve applicare alla superficie, mescolando leggermente per evitare che si perda, senza disturbare gli orizzonti organici superficiali; solo in caso di progetti di rigenerazione forestale si può interrare e mescolare al suolo minerale.

Il biochar va sempre interrato leggermente e tramite piccole attrezzature manuali, al fine di non danneggiare la rinnovazione ed il micelio fungino presente. I sacchi di biochar andranno trasportati tramite mezzi forestali come trattori a soma, utilizzati normalmente per l'esbosco del legname.

Il biochar dovrebbe derivare dalla gassificazione di materiale legnoso, come ramaglie o piccoli tronchi con ridotto valore commerciale, provenienti possibilmente dal bosco nel quale è stato effettuato il taglio. In alternativa è indispensabile che la specie legnosa dalla quale ottenere il biochar sia la stessa presente nell'area nella quale inserire il biochar.

Il biochar può essere costituito da particelle di dimensioni variabili (secondo la sua granulometria), e quindi anche da particelle molto piccole, oppure può sbriciolarsi durante la manipolazione. Durante la distribuzione occorre, quindi, prestare attenzione a minimizzare i processi di dispersione al vento. Umidificare il biochar può prevenire questi problemi, ma occorre in questo caso considerare l'aumento di peso e i maggiori costi di trasporto e distribuzione che ne derivano. Il biochar umido può risultare più difficile da distribuire.

Poiché il biochar produce comunque polvere, è necessario indossare dispositivi di protezione.

Come valutare la quantità di biochar da applicare

La concentrazione di biochar nella letteratura scientifica e di settore è spesso espressa in percentuale peso su peso (w/w) oppure peso su volume (w/v); infatti negli esperimenti in serra e in spazi confinati il biochar viene mescolato con il substrato di crescita in modo uniforme. Il biochar ha densità variabili tra 80 e 320 kg/m³, e la variabilità dipende dalla matrice di partenza e dalla dimensione delle particelle.

Durante l'applicazione in bosco, invece, è preferibile utilizzare, come misura quantitativa, le **tonnellate per ettaro, t/ha**, e il biochar può essere distribuito sulla superficie del suolo senza interrimento, per non disturbare eccessivamente gli strati esistenti. Non esiste una quantità ottimale, e si deve valutare caso per caso.

Nel progetto FABER sono stati rilevati, nelle aree di applicazione del biochar anche dei funghi visibili/macroscopici nel sito sperimentale di faggio, tutti appartenenti al genere *Panaeolus*, funghi saprofiti che vivono su materia organica e di scarso interesse merceologico (se commestibili).

Attività analitiche e valutative

Indicazioni sulle tecniche analitiche applicate nel progetto

Analisi del biochar

La qualità del biochar è importante per la salute del suolo. L'uso del biochar è ammesso in agricoltura se rispetta alcuni requisiti, indicati nel Dlgs 75/10, allegato 2, modificato da successivi decreti. Il D.M. 10/10/2022 lo ha inserito tra i fertilizzanti ammessi in agricoltura biologica. Sono fissati limiti per metalli, idrocarburi, policlorobifenili e diossine, e requisiti relativi a salinità, pH, rapporto tra idrogeno e carbonio, contenuto di umidità, percentuale di ceneri. Altre caratteristiche importanti sono la granulometria, la presenza di macroelementi e effetti di fitotossicità o fitostimolazione. Tutte le caratteristiche del biochar si analizzano con metodologie standardizzate.

Parametro	Metodo analitico
pH	UNI EN 13037
Conducibilità Elettrica (mS/m)	UNI EN 13038
Densità apparente (g/cm ³)	UNI EN 13038
Classi granulometriche (%)	UNI EN 15428
>20 mm	
20 mm > x > 10 mm	
10 mm > x > 5 mm	
5 mm > x > 2 mm	
2 mm > x > 1 mm	
< 1 mm	
Sostanza organica (%)	UNI EN 13039
Ceneri (%)	UNI EN 13039
Umidità residua (%)	UNI EN 13040
Sostanza secca (%)	UNI EN 13040
Contenuto di carbonio organico (%)	UNI EN 15936:2012 – Metodo B
Azoto ammoniacale (mg/kg)	CNR IRSA 7 Q64 Col 3 1986
Azoto nitrico (mg/kg)	EPA 300.0 1993
Azoto nitroso (mg/kg)	EPA 300.0 1993
Azoto totale Kjeldahl (mg/kg)	M710 Rev.0 2002
Azoto totale sommatoria (mg/kg)	RDPMD02 Rev.5 2019
Potassio (mg/kg)	UNI EN ISO 13657:2004; UNI EN ISO 17294-2:2016
Fosforo totale (mg/kg)	UNI EN ISO 13657:2004; UNI EN ISO 17294-2:2016

Idrocarburi policiclici aromatici totali (mg/kg)	EPA 3545° 2007; EPA 3630C 1996; EPA 8270E 2018
Contenuto di metalli (mg/kg) Cadmio Nichel Rame Piombo Zinco Cromo Ferro	Assorbimento atomico
Test di germinazione (grammi biochar per piastra) Fitostimolante in germinazione Fitotossicità (EC50) Inibizione totale della germinazione	UNICHIM Met 1651-2003
Test di fitotossicità su <i>Hordeum vulgare</i> L. (% biochar/ terriccio) Fitotossicità Fitostimolazione della crescita	UNI EN 16086-1:2012
Test di fitotossicità su <i>Lactuca sativa</i> L. (g biochar/kg di suolo) Giudizio del test	BURL13/05/03

Considerazioni sugli aspetti di impatto economico e ambientale

Aspetti economici

I principali prodotti del sistema di trattamento termico del cippato di conifere ottenuto da biomassa di ramaglie sono:

- i) il biochar proveniente dal processo di pirogassificazione, che potrebbe essere impiegabile come ammendante dei terreni agricoli e come fonte di sequestro di lungo periodo dell'anidride carbonica;
- ii) l'energia, sia termica che elettrica, ottenuta durante il processo di pirogassificazione;
- iii) eventualmente, i crediti di carbonio riconosciuti a fronte di una gestione forestale finalizzata all'incremento dello stock di carbonio.

Per il biochar si possono proporre due scenari alternativi di impiego:

- 1) la destinazione del biochar al mercato degli ammendanti agricoli
- 2) l'applicazione del biochar prodotto sulla stessa superficie forestale da cui è stata prelevata la biomassa, come strumento per incrementare lo stock di carbonio nel suolo forestale ed ottenere possibili benefici dai crediti di carbonio collocabili sui mercati volontari dei servizi ecosistemici.

La raccolta della biomassa forestale prevede l'impiego di attrezzature che consumano carburante, come motoseghe e trattori. Si è ipotizzato di riportare il biochar nelle aree forestali di prelievo della biomassa per il sequestro stabile di CO₂, che può compensare in parte le emissioni causate dalle altre fasi del processo portando ad una impronta di carbonio negativa (il carbonio sequestrato è superiore a quello emesso).

Il biochar prodotto da materiale della manutenzione forestale può essere destinato al mercato degli ammendanti agricoli: il prezzo di vendita del biochar sul mercato degli ammendanti è stimato a 1.000 €/t, desunto da un'indagine condotta su un campione di 40 aziende operanti in diversi paesi. Il mercato del biochar non è ancora consolidato a livello nazionale, a causa della mancanza di massa critica e di una limitata conoscenza delle sue proprietà benefiche da parte degli operatori del settore agricolo e vivaistico. I risultati dell'analisi costi benefici indicano una remuneratività variabile ma soddisfacente dell'investimento nel caso di vendita del biochar sul

mercato degli ammendanti con una forbice di TIR che va dall'11% al 23% e un tempo di ritorno dell'investimento dai 4 ai 9 anni, a seconda della configurazione impiantistica.

La restituzione del biochar prodotto dai processi di pirogassificazione alla superficie forestale potrebbe beneficiare dell'assegnazione di crediti di carbonio destinabili al mercato volontario dei servizi ecosistemici. I mercati volontari dei crediti di carbonio rappresentano una forma di pagamento per servizi ecosistemici (PES). Per accedere a tali mercati, è necessario che i crediti soddisfino i criteri di addizionalità, assenza di leakage e permanenza. Recentemente, la norma UNI/PdR 99 (Crediti da Biochar) ha definito le procedure e i metodi di quantificazione per l'attribuzione di crediti provenienti dalla gestione del biochar ai fini del sequestro di CO₂. Il rispetto della norma deve essere verificato da organismi terzi. Il mercato volontario dei crediti carbonio propone attualmente prezzi mediamente più bassi di quelli del sistema obbligatorio ETS (Emission Trading System) europeo. Tuttavia, sulla base degli obiettivi di neutralità climatica fissati dalla strategia europea di Green Deal, si prospetta un aumento della domanda di crediti con effetti positivi sui livelli di prezzo.

Aspetti ambientali

Aumenti di biodiversità conseguenti all'applicazione di biochar hanno impatti positivi su diverse funzioni ecosistemiche dei suoli, quali la produzione di legname e fibre, la filtrazione di contaminanti, la ritenzione idrica, l'immagazzinamento di carbonio. I funghi costituiscono una rete di ife, e da letteratura si stima che possano raggiungere lunghezze complessive anche di 1 km in un grammo di suolo. La loro diversità è influenzata da proprietà del suolo, fattori biogeografici e vegetazione, oltre che dagli impatti antropogenici. Si ritiene che il biochar, per la sua microstruttura, possa offrire una vera e propria "nicchia" per lo sviluppo delle ife al riparo da possibili consumatori, e che per questo stimoli la crescita dei funghi.

L'elevata stabilità del biochar permette a questo prodotto di costituire un'interessante tecnologia "Carbon negative" in quanto sequestra più carbonio di quanto ne viene immesso durante la sua produzione. L'aggiunta di biochar all'interno della matrice del suolo permette di stoccare carbonio fornendo un approccio sostenibile per la mitigazione dei cambiamenti climatici. Altro aspetto importante riguarda le ricadute sulla produttività. Combinando in modo opportuno la biomassa da cui si ricava il biochar, le caratteristiche del suolo sottoposto a trattamento e la specie colturale si può arrivare persino a raddoppiare la quantità di biomassa prodotta (con conseguente incremento dell'immobilizzazione del C nella biomassa).

L'aggiunta di biochar non può, non ancora almeno, essere considerata una soluzione universale per contribuire alla salute delle foreste, ma si è dimostrata positiva per la crescita di piante e lo sviluppo di microrganismi in suoli poveri e in ambienti degradati: Questo può renderla utile anche in foreste produttive come quelle appenniniche, pensando che il biochar può stabilizzare le parcelle con condizioni sfavorevoli e proteggere contro i cambiamenti climatici e gli stress che ne derivano. Le analisi dimostrano che è di fondamentale importanza scegliere il giusto feedstock e il metodo di produzione per tenere conto degli aspetti di sicurezza, dei risvolti economici e del risparmio in termini di trasporto e distribuzione.

Prodotta nel 2024 dai partner del progetto FABER

I partner del progetto



Consorzio Interuniversitario Nazionale
per le Scienze Ambientali



CENTRO DI FORMAZIONE
SPERIMENTAZIONE E INNOVAZIONE
VITTORIO TADINI S.C.A.R.L.



❖ FIREPACK

**Comunali di San Vincenzo-Rovinaglia, Pontolo,
Santa Maria Valdena e Baselica**

Iniziativa realizzata nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020, Tipo di operazione 16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: "produttività e sostenibilità dell'agricoltura" - Focus Area 5E.