



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO
2015 DEL TIPO DI OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI
DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA SOSTENIBILITÀ
DELL'AGRICOLTURA" FOCUS AREA 5E DGR N. 2144 DEL 10
DICEMBRE 2018**

**RELAZIONE TECNICA A CONCLUSIONE
DEL PROGETTO**

DOMANDA DI SOSTEGNO n. 5111733
DOMANDA DI PAGAMENTO n. 5523029; 5522778; 5522063;
5523548; 5521780;
FOCUS AREA: 5E

Titolo Piano	Nuove tecniche di monitoraggio del bilancio del carbonio e dello stato di salute del castagneto da legno e da frutto - Castagni Parlanti	
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Open Fields s.r.l.	
Elenco partner del Gruppo Operativo	<ol style="list-style-type: none">1. Open Fields s.r.l.2. COOPERATIVA DI LAVORO E SERVIZIO PER LO SVILUPPO AGRO-SILVO- PASTORALE E PER LO SVILUPPO AGROTURISTICO VAL RENO SOC.COOP.VA A RESPONSABILITÀ LIMITATA3. Fondazione Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici4. Università di Bologna, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari DISTAL5. Centoform s.r.l.6. Comune di Alto Reno Terme	
Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	24	
Data inizio attività	02/09/2019	
Data termine attività	30/09/2022	
Relazione relativa al periodo di attività dal	01/10/2020	al 30/09/2022
Data rilascio relazione	30/11/2022	

Autore della relazione: Ilaria Mazzoli – Open Fields s.r.l.			
telefono		email	i.mazzoli@openfields.it

Sommario

A - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano	4
Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano	4
B - Descrizione per singola azione	5
Esercizio della cooperazione	5
Attività e risultati	5
Personale	5
Trasferte	6
Materiale consumabile	6
Spese per materiale durevole e attrezzature	6
Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi	6
Attività di formazione	6
Collaborazioni, consulenze, altri servizi	6
Attività: Studi necessari alla realizzazione del Piano	7
Personale	7
Trasferte	7
Materiale consumabile	7
Spese per materiale durevole e attrezzature	7
Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi	7
Attività di formazione	8
Collaborazioni, consulenze, altri servizi	8
Azione 1: installazione delle apparecchiature e test	8
Personale	9
Trasferte	9
Materiale consumabile	9
Spese per materiale durevole e attrezzature	9
Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi	9
Attività di formazione	10
Collaborazioni, consulenze, altri servizi	10
Azione 2: realizzazione del portale del progetto e della applicazione per i cittadini	10
Personale	10
Trasferte	11
Materiale consumabile	11
Spese per materiale durevole e attrezzature	11
Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi	11
Attività di formazione	11
Collaborazioni, consulenze, altri servizi	11
Azione 3: monitoraggio ed elaborazione dei dati	11
Personale	12
Trasferte	13
Materiale consumabile	13
Spese per materiale durevole e attrezzature	13
Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi	13
Attività di formazione	13
Collaborazioni, consulenze, altri servizi	13

Azione 4: stima degli effetti di recupero colturale sulla qualità del suolo e sul sequestro di carbonio nel suolo	14
Personale	15
Trasferte	15
Materiale consumabile	15
Spese per materiale durevole e attrezzature	16
Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi	16
Attività di formazione	16
Collaborazioni, consulenze, altri servizi	16
Azione: divulgazione	16
Personale	21
Trasferte	21
Materiale consumabile	21
Spese per materiale durevole e attrezzature	21
Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi	21
Attività di formazione	22
Collaborazioni, consulenze, altri servizi	22
Azione: formazione	22
Personale	23
Trasferte	23
Materiale consumabile	23
Spese per materiale durevole e attrezzature	24
Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi	24
Attività di formazione	24
Collaborazioni, consulenze, altri servizi	24
Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività	24
- Altre informazioni	24
C - Considerazioni finali	25
D - Relazione tecnica	27
I risultati del progetto – prof. Federico Magnani, Università di Bologna	27
Cosa ha evidenziato il progetto?	27
Le immagini del satellite Sentinel 2	27
Il monitoraggio con i sensori MoniPAM	28
I TreeTalker, il carbonio e le potature – Maria Vincenza Chiriaco - Centro Euro-Mediterraneo per il Cambiamento Climatico CMCC	30
Risultati riguardanti il suolo – a cura della prof. Livia Vittori Antisari – Università di Bologna	33
Il contesto	33
Caratterizzazione dei suoli – benchmark e loro qualità ex-ante.....	34
Monitoraggio delle emissioni di CO ₂ dal suolo ex-post nel breve termine.....	42
Monitoraggio del contenuto di C del suolo ex-post nel breve termine.....	45
Il sito web e l'applicazione – Ilaria Mazzoli, Open Fields srl	52
Risultati del sito web	52
Risultati dell'applicazione	52

A - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Il progetto ha preso avvio il 30 settembre 2019 ed è stato concluso il 30 settembre 2022. Le analisi e le elaborazioni sono completate. Sono stati realizzati e pubblicati il portale e l'applicazione per le famiglie e scuole. Sono state condotte le attività di divulgazione e formazione.

- Il 27 giugno 2022 si è tenuta la presentazione finale a Porretta Terme, con la presenza di tutti i partner e dell'Assessora Barbara Lori.

Il 10 luglio 2020 era stata protocollata la richiesta di variante legata ad esigenze del partner CMCC, che ha modificato la struttura dei costi a causa dei minori costi di viaggio e maggiori costi di elaborazione, e di spostamenti delle spese tra personale dipendente ed indipendente. L'11 marzo 2022 era stata protocollata la comunicazione integrativa relativa alle forniture di Alma Mater Studiorum e CMCC.

Nel corso dell'attività, sono state inviate seguenti comunicazioni:

- **28 aprile 2021:** comunicazione della scelta di avvalersi dell'intera durata disponibile da bando per il Piano n. 5111733; secondo quanto previsto dalla delibera n° 2144 del 10 dicembre 2018, comunicavamo di avvalerci per il completamento del Piano dell'intero periodo previsto da bando (30 mesi), portando pertanto la data di completamento, come evidenziato dagli scambi preliminari con la Dott.ssa Alberti, al 30/03/2022;
- **3 novembre 2021:** richiesta di proroga di 90 giorni delle attività del progetto, che aveva portato il nuovo termine al 30/06/2022;
- **23 novembre 2021:** richiesta di prolungamento a un anno della proroga di 90 giorni delle attività del progetto già concessa con Atto del Dirigente DETERMINAZIONE Num. 21257 del 10/11/2021. Questo ha portato il nuovo termine del progetto al 28/03/2023.
- Con pec del **27 settembre 2022**, Open Fields ha comunicato che la Prof. ssa GLORIA FALSONE, che all'atto della sottomissione della domanda di sostegno in oggetto era in servizio presso Alma Mater Studiorum-Università di Bologna in qualità di Ricercatore, ma successivamente, Come da lettera dell'ufficio personale di Alma Mater Studiorum-Università di Bologna allegata alla pec inviata, in data 07/09/2020 la Prof.ssa FALSONE è passata al ruolo di Professore Associato. Si è evidenziato quindi il passaggio di costo orario: da livello basso (31€/h) per Ricercatore, a livello medio (48€/h) per Professore Associato. In sede di rendicontazione a saldo la variazione del livello viene evidenziata nello spazio note disponibile per la descrizione dell'investimento sul SIAG. La variazione di livello non comporterà né variazioni del budget approvato né variazioni tra voci di spesa del budget del partner interessato.

E' stato comunque possibile chiudere le attività del progetto il **30 settembre 2022**.

Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
Esercizio della cooperazione	Open Fields	Coordinamento	1	1	24	36
Studi necessari	Unibo	Analitica	1	3	3	5
Azione 1, Installazione apparecchiature e	Unibo + CMCC	Tecnico - sperimentale	1	3	24	24

test						
Azione 2, realizzazione portale e applicazione	Open Fields	Informatica + comunicazione	1	2	9	9
Azione 3, monitoraggio ed elaborazione dati	Unibo, CMCC, Valreno	Analitico – sperimentale	4	4	24	33
Azione 4, stima degli effetti degli interventi sul suolo	Unibo	Analitico – sperimentale	4	4	24	33
Divulgazione	Open Fields - Unibo	Comunicazione	1	1	24	33
Formazione	Centoform	Formazione	13	13	24	30

B - Descrizione per singola azione

Esercizio della cooperazione

Attività e risultati

Azione	Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	Open Fields
Descrizione delle attività svolte	<ul style="list-style-type: none"> Il 5 maggio 2021 si è tenuta una riunione “tecnica” con Università di Bologna (prof. Magnani) e CMCC (tre risorse coordinate dalla Dott.ssa Chiriaco), con la partecipazione di Open Fields, per una decisione sul migliore impiego congiunto e interattivo dei risultati ottenuti. Il 7 aprile 2022 si è tenuta, online, la riunione conclusiva per l’organizzazione dell’evento finale. <p>Open Fields ha organizzato e gestito tutte le comunicazioni inviate alla Regione, la variante e la comunicazione integrativa protocollate, ed ha collaborato intensamente con l’ente di formazione Centoform nell’ideazione, organizzazione e promozione delle attività formative realizzate.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Le complessità indotte dall’emergenza covid hanno generato difficoltà e ritardi nella organizzazione della formazione, sia per quanto riguarda la progettazione di dettaglio, sia relativamente alla presentazione dei corsi ai potenziali interessati. Si è riusciti, comunque, a rendere fluidi ed efficienti tutti i contatti ed a completare la formazione, attivando una pluralità di iniziative.</p>
Attività ancora da realizzare	Questa azione è stata completata.

Personale

OPEN FIELDS SRL

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell’azione	Ore	Costo
		Coordinamento / esercizio della cooperazione	146,5	€ 3.955,50
		Aiuto coordinamento / esercizio della cooperazione	58,5	€ 1.579,50

Totale:	€ 5.535,00
---------	------------

Trasferte

OPEN FIELDS SRL

Cognome e nome	Descrizione	Costo

Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
Totale:		

Spese per materiale durevole e attrezzature

Fornitore	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
Totale:		

Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Fornitore	Descrizione	Costo
Totale:		

Attività di formazione

Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

OPEN FIELDS SRL

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Totale:			

Attività: Studi necessari alla realizzazione del Piano

Azione	Studi necessari alla realizzazione del Piano
Unità aziendale responsabile	Unibo
Descrizione delle attività svolte	
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli studi preliminari sono stati completati come da obiettivi prefissati.
Attività ancora da realizzare	Questa azione è stata completata.

Personale

UNIBO

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo	A contributo
		Individuazione delle aree; definizione dei moduli colturali; supervisione delle operazioni di recupero all'attualità di coltura	28	2.044,00	2.036,70
		Campionamenti del suolo	74	3.552,00	3.552,00
		Campionamenti del suolo	70	2.170,00	2.018,10
			Totale:	7.614,10	7.606,8

Trasferte

UNIBO

Cognome e nome	Descrizione	Costo
		Totale:

Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
		Totale:

Spese per materiale durevole e attrezzature

Fornitore	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
		Totale:

Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Fornitore	Descrizione	Costo
		Totale:

Attività di formazione
Collaborazioni, consulenze, altri servizi

Azione 1: installazione delle apparecchiature e test

Azione 1	Installazione delle apparecchiature e test
Unità aziendale responsabile	Unibo, CMCC
Descrizione delle attività svolte	<p>A) Sensori Monitoring PAM</p> <ul style="list-style-type: none"> Il sistema Walz Monitoring PAM è stato acquistato utilizzando fondi di progetto ed altri fondi propri dell'Università di Bologna (cfr. in comunicazione integrativa, punto 13.1 del bando). Si è inoltre provveduto a progettare e realizzare specifici supporti per il sostegno dei sensori nella chioma di piante adulte senza danneggiare la pianta stessa. I sensori di fluorescenza sono stati preliminarmente installati su piante cresciute nei campi sperimentali dell'Università a Cadriano (BO). I risultati orari ottenuti nel corso di oltre un mese di misure sono stati messi a confronto con misure parallele di produttività primaria lorda a livello di chioma (GPP), rilevata sulle stesse piante con un sistema aperto di scambi gassosi. I risultati ottenuti ($R^2 = 0.91$) hanno costituito la base per la stima della produttività delle piante di castagno nel corso del secondo anno del progetto. Utilizzando tecniche di tree-climbing, 5 sensori Walz MoniPAM sono stati collocati su foglie apicali di castagno piante potate e di controllo.  <p><i>Sensori Moni PAM</i></p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Tutte le apparecchiature sono state installate ed utilizzate per ricavare ed analizzare i dati previsti.

Attività ancora da realizzare	Questa azione è stata completata.
-------------------------------	-----------------------------------

Personale Unibo

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Esperto GIS selvicoltura - installazione e test	8	€ 584,00
		pedologa - installazione e test	19	€ 912,00
			Totale:	€ 1.496,00

Fondazione Centro Euro - Mediterraneo Sui Cambiamenti Climatici CMCC

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		installazione delle apparecchiature e test	21,1	€ 4.671,27
			Totale:	€ 4.671,27

Trasferte

Cognome e nome	Descrizione	Costo
		Totale:

Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
		Totale:

Spese per materiale durevole e attrezzature

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA

Fornitore	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
	Descrizione bene/servizio: MONITORING-PAM STAND-ALONE	€ 7.987,00
		Totale: € 7.987,00

Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Fornitore	Descrizione	Costo
	Totale:	

Attività di formazione

Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
			Installazione di n.48 sensori Treetalker e di n.4 modem - controllo di qualità delle misure - raccolta dei dati	€27.450,00
Totale:				€27.450,00

Azione 2: realizzazione del portale del progetto e della applicazione per i cittadini

Azione 2	Realizzazione del portale del progetto e della applicazione per i cittadini
Unità aziendale responsabile	Open Fields
Descrizione delle attività svolte	
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti: con l'avanzare del progetto il flusso dei dati è divenuto sempre più tempestivo e fruibile.
Attività ancora da realizzare	Questa azione è stata completata

Personale

OPEN FIELDS

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Gestione realizzazione portale e App, alimentazione portale / Azione 2: realizzazione del portale del progetto e dell'applicazione per i cittadini	37	€ 999,00

Totale:	€ 999,00
---------	----------

Trasferte

Cognome e nome	Descrizione	Costo
Totale:		

Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
Totale:		

Spese per materiale durevole e attrezzature

Fornitore	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
Totale:		

Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Fornitore	Descrizione	Costo
Totale:		

Attività di formazione

Collaborazioni, consulenze, altri servizi

OPEN FIELDS

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
			realizzazione portale e app 50% importo complessivo STD-104 17/11/2022	4.000
Totale:				4.000

Azione 3: monitoraggio ed elaborazione dei dati

Azione 3	Monitoraggio ed elaborazione dei dati
Unità aziendale responsabile	Tutti i partner in collaborazione

Descrizione delle attività svolte	La rilevazione dei dati è proseguita ed è stata ottimizzata. I partner scientifici sono stati in grado di analizzare i dati, traendone le previste considerazioni.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<ul style="list-style-type: none"> • I dati sono rilevati e si è riusciti ad ottimizzarne il flusso. • I problemi relativi alla carica delle batterie sono stati risolti, anche riducendo leggermente la frequenza di invio dei dati (che inizialmente era particolarmente elevata) • Il 3 settembre 2021 è stato eseguito un sopralluogo, con la Cooperativa Valreno ed il prof. Magnani, responsabile scientifico del progetto, a seguito del quale è stata eseguita la pulizia delle aree.  <p><i>Lo stato dell'area il 3 settembre 2021, in occasione del sopralluogo prima della sistemazione</i></p> <p>In particolare, sono state eseguite le seguenti attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Taglio di tutti i polloni presenti sul terreno (es. pioppo), con limite di 2 metri intorno ai castagni; - Pulizia dei ricacci dei castagni presenti attorno ai TreeTalker e ai pannelli per far pervenire la luce; - Esecuzione dei tagli sui castagni in modo esclusivamente manuale evitando l'impiego di decespugliatori, utilizzati invece sul terreno; <p>Il materiale di risulta è stato lasciato in loco come pacciamatura.</p>
Attività ancora da realizzare	Questa azione è stata completata

Personale

VALRENO

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Organizzazione e amministrazione / Azione 3: monitoraggio ed elaborazione dei dati	318	€ 8.586,00
		Azienda forestale, monitoraggio / Azione 3: monitoraggio ed elaborazione dei dati	18	€ 351,00
		Azienda forestale, monitoraggio / Azione 3: monitoraggio ed elaborazione dei dati	18	€ 351,00
Totale:				9.288,00

FONDAZIONE CENTRO EURO - MEDITERRANEO SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI

<i>Cognome e nome</i>	<i>Mansione/ qualifica</i>	<i>Attività svolta nell'azione</i>	<i>Ore</i>	<i>Costo</i>
		Monitoraggio ed elaborazione dati Responsabile unità di Ricerca	27	€ 13.682,25
		Monitoraggio ed elaborazione dati Ricercatore	27	€ 3.179,25
		Monitoraggio ed elaborazione dati supervisore	97,81	€ 4.657,14
<i>Totale:</i>				€ 21.518,64

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA

<i>Cognome e nome</i>	<i>Mansione/ qualifica</i>	<i>Attività svolta nell'azione</i>	<i>Ore</i>	<i>Costo</i>
		Esperto GIS selvicoltura - monitoraggio elaborazione dati	19	€ 1.387,00
<i>Totale:</i>				€ 1.387,00

Trasferte

Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
Totale:		

Spese per materiale durevole e attrezzature

Fornitore	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
Totale:		

Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Fornitore	Descrizione	Costo
Totale:		

Attività di formazione

Collaborazioni, consulenze, altri servizi

Azione 4: stima degli effetti di recupero colturale sulla qualità del suolo e sul sequestro di carbonio nel suolo

Azione 4	Stima degli effetti di recupero colturale sulla qualità del suolo e sul sequestro di carbonio nel suolo
Unità aziendale responsabile	Unibo
Descrizione delle attività svolte	<p>E' stato creato un Progetto GIS "Suoli"; sulla base dell'Ortofoto multifunzione EMILIA ROMAGNA -AGEA 2008 sono stati inseriti diversi strati informativi: a) geologia (unità geologiche, coperture affioramenti e coperture quaternarie), b) idrografia, c) uso del suolo_2014.</p> <p>Su queste informazioni sono stati inseriti i punti di campionamento TREE_TALKER e gli altri campionamenti del suolo pregressi per elaborare i dati dello stock di C spazialmente. Sono state eseguite le relative analisi.</p> <p>Sono state eseguite le misure di respirazione del suolo sui collari impiantati in prossimità delle piante trattate.</p> <div data-bbox="525 1095 1457 1384" data-label="Image"> <p>The image consists of four side-by-side photographs of soil sampling points. Each photo shows a black rectangular marker with white text. The markers are labeled 'A2', 'A4', 'A9', and 'A11' from left to right. Below each label, the words 'TREE TALKER' are written. A yellow measuring tape is placed vertically in the soil next to each marker to indicate depth. The soil is dark brown and appears to be in a field setting.</p> </div> <p><i>Minipit aperti ad una profondità di 0-30 cm nell'area A in corrispondenza delle piante A2 (potatura leggera), A4 (potatura intermedia), A9 (capitozzata) e A11 (controllo)</i></p>

	
	<p><i>I collari per le misure della respirazione del suolo, presso il castagneto</i></p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Il raggiungimento degli obiettivi è in linea con quanto atteso, non si evidenziano ritardi né particolari criticità.</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p>Questa azione è stata completata.</p>

Personale

UNIBO

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Pedologa - Stima degli effetti degli interventi di recupero colturale	38	€ 1.824,00
		Pedologa - Stima degli effetti degli interventi di recupero colturale	27	€ 1.296,00
			Totale:	€ 3.120,00

Trasferte

Cognome e nome	Descrizione	Costo
		Totale:

Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
		Totale:

Spese per materiale durevole e attrezzature

Fornitore	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
		Totale:

Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Fornitore	Descrizione	Costo
		Totale:

Attività di formazione Collaborazioni, consulenze, altri servizi

Azione: divulgazione

Azione	Divulgazione
Unità aziendale responsabile	Open Fields, Unibo
Descrizione delle attività svolte	<ul style="list-style-type: none"> • Nel corso del mese di settembre 2020, è stata organizzata una prima presentazione del progetto tenutasi il 12 ottobre 2020 presso il castagneto alla presenza dell'Assessore Barbara Lori, di rappresentanti della ATS castagni Parlanti e di rappresentanze delle principali associazioni di riferimento. • Il comunicato relativo alla presentazione è stato pubblicato sui siti e sulle pagine Facebook e LinkedIn di alcuni dei partner. • A seguito di tale attività, si è condotta attività di ufficio stampa, che ha portato alla pubblicazione di informazioni sul Piano su: Il Resto del Carlino (28 ottobre 2020) Dire.it (4 novembre 2020); Bologna Today (4 novembre 2020); La Repubblica (6 novembre 2021); Il Venerdì di Repubblica (27 novembre 2021). • La disponibilità di informazioni sul progetto, sui media e tramite il portale dedicato (www.castagniparlanti.it) ha favorito l'attivazione di scambi e spunti con altre realtà che si occupano di verde e foreste, e in particolare: <ul style="list-style-type: none"> ○ Dott. Agr. Mazzoni Flavia, Responsabile Servizio Verde - Comune di Cervia, che ha contattato Open Fields per avere informazioni sul possibile impiego dei TreeTalker all'interno di una candidatura di un progetto Life CLIMA denominato Ecosystems-Based Integrated Coastal Zone Adaptation & Management: combining wet and dry coastal synergies. ○ iLaria Marengo, direttrice del Dipartimento "Pest/Diseases Monitoring and Diagnosis" nell'istituzione non-profit denominata InnovPlantProtect e localizzata a Elvas (Portogallo), https://iplantprotect.pt/. Grazie a questo contatto, è stato possibile avviare la progettazione, nell'ambito del Piano di un interessante viaggio formativo in Portogallo, in Braganza, per i castanicoltori dell'Emilia- Romagna. • Il video girato il 12 maggio 2020 dal regista Ginetto Campanini, menzionato nella relazione intermedia, è andato in onda nelle puntate di Geo&Geo del 23 maggio e 4 novembre 2022, all'interno del documentati intitolato "I sentieri del Belvedere" (http://www.castagniparlanti.it/notizie.html#I%20castagneto%20su%20GEOeGEO) • Un articolo sul progetto è stato pubblicato da EIP Agri, Inspirational Ideas, nella Newsletter del marzo 2021.

Inspirational ideas

NEWSLETTER MARCH 2021



Talking Chestnuts

An Operational Group from Italy is developing new techniques for monitoring chestnut trees with regards to carbon balance and healthy development of the trees, both for wood and fruit production. The project is testing techniques for chestnut restoration and is assessing the carbon footprint of different methods of chestnut management in terms of carbon fixation and sequestration in the soil-plant system, water use and land cover. The monitoring uses the innovative TreeTalker® system which collects data directly from the trees.



Il frontespizio della Newsletter EIP-Agri

- Il 9 settembre 2021 il progetto Castagni Parlanti è stato presentato alla manifestazione fieristica Sana a Bologna, e in quell'occasione è stato realizzato anche un breve video di presentazione, pubblicato sul portale della Regione Emilia-Romagna: <https://www.youtube.com/watch?v=XBGP8aaERDI>
- Il 24 novembre 2021 il progetto è stato presentato nel seminario online EIP Agri "Turning Forest Innovation into Practice" <https://www.youtube.com/watch?v=IEZftZ541Q>



La copertina della presentazione per il Sana



La presentazione al convegno EIP Agri

Il 6 maggio 2022 i primi risultati del progetto sono stati presentati nell'ambito della manifestazione fieristica Macfrut.



La copertina della presentazione al Macfrut

- Il progetto Castagni Parlanti e i risultati preliminari sono stati presentati dal partner CMCC ad una sessione specifica della Conferenza della Società Italiana per le Scienze del Clima (SISC) 22-24 settembre 2021, on line.
- Un articolo sulla formazione collegata al progetto è stato pubblicato su Agronotizie il 23 novembre 2021 <https://agronotizie.imaginenetwork.com/agronomia/2021/11/23/castagni-parlanti-dall-emilia-romagna-corsi-per-il-castagno/73319>
- Il progetto Castagni Parlanti è stato menzionato più volte, anche con slide, nell'ambito del Primo Convegno per il 70° anniversario dell'Istituto Spallanzani di Castelfranco Emilia (MO), tenutosi a Castelfranco il 18 ottobre 2022.
- Il progetto Castagni Parlanti e i risultati finali sono stati presentati ad una sessione specifica della Conferenza della Società Italiana per le Scienze del Clima (SISC) 19-21 ottobre 2022 a Roma.
- Il progetto Castagni Parlanti e i risultati finali saranno presentati nella poster session dell'annual meeting della American Geoscience Union (AGU) a Chicago – 12-16 dicembre 2022.

E' stato pubblicato un booklet divulgativo con la descrizione del progetto ed i principali risultati, scaricabile dal portale del progetto.

Nuove tecniche di monitoraggio del bilancio del carbonio e dello stato di salute del castagneto da legno e da frutto

Castagni Parlanti



FOCUS AREA SE
PIANO DEL GRUPPO OPERATIVO
DOMANDA DI SOSTEGNO N. 5111733

Sito web:
www.castagniparlanti.it

Partenariato

- Open Fields s.r.l. (capofila)
- Val Reno - Coop. di Lavoro e Servizio per lo Sviluppo Agro-Silvo-Pastorale e per lo Sviluppo Agroturistico Soc. Coop.va a resp. limitata
- Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
- Università di Bologna, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari DISTAL
- Centoform s.r.l.
- Comune di Alto Reno Terme

Responsabile del Progetto
Roberto Ranieri, Open Fields

Responsabile scientifico del Progetto
Prof Federico Magnani, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

DURATA progetto mesi n. 24



www.castagniparlanti.it Info: l.mazzoli@openfields.it

INIZIATIVA REALIZZATA NELL'AMBITO DEL PROGRAMMA REGIONALE DI SVILUPPO RURALE 2014 - 2020 - Tipo di operazione 16.1.D1 - Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: "produttività e sostenibilità dell'agricoltura" - Focus Area SE - Progetto n. 5111733

La copertina del booklet

Il 27 giugno 2022 si è tenuta, a Porretta Terme, la presentazione finale del progetto, con le presentazioni di tutti i partner: del Sindaco di Alto Reno Terme Giuseppe Nanni, dell'Assessora Barbara Lori, dei professori Federico Magnani e Livia Vittori Antisari di Unibo, Riccardo Valentini di Unitus, di Maria Vincenza Chiriaco del CMCC. I riferimenti possono scaricati i pdf delle presentazioni dei diversi relatori: <https://www.castagniparlanti.it/notizie.html>; al seguente link, inoltre, possono essere scaricati i pdf delle presentazioni dei diversi relatori: <https://www.castagniparlanti.it/articoli-utili.html>.



**PROGETTO PSR
CASTAGNI PARLANTI
Convegno conclusivo**

«Nuove tecniche di monitoraggio del bilancio del carbonio e dello stato di salute del castagneto da legno e da frutto»
www.castagniparlanti.it

27 GIUGNO 2022 ORE 9:00-13:00
Parco Rufus Thomas – Porretta Terme (BO)
(in caso di maltempo, teatro al coperto)

Il futuro dell'agricoltura montana
La foresta rinasce e diventa protagonista dell'agricoltura sostenibile

Programma

9:00 – Saluti istituzionali e considerazioni generali

- **Giuseppe NANNI** (Sindaco del Comune di Alto Reno Terme)
- **Barbara LORI** (Assessore alla Montagna, Parchi e Forestazione, Area Interne, Regione Emilia-Romagna)
- **Carlo CPOLU** (Fondazione Cassa di Risparmio in Bologna)
- **Giulio VANELLO** (Accademia Nazionale di Agricoltura)
- **Fabio BERNARDINI** (Cooperativa ValReno)

10:00 – I risultati del progetto «Castagni Parlanti»

- «**Tecniche di monitoraggio a basso costo in situ; il risultato della sperimentazione**»
Federico MAGNANI (Responsabile scientifico del progetto – DISTAL, Università di Bologna)
- «**Gli effetti degli interventi di recupero colturale sulla qualità del suolo e sul sequestro di carbonio nel suolo**»
Livia Vittori ANTISARI (DISTAL, Università di Bologna)
- «**Assorbimento di carbonio e altre variabili fisiologiche misurate con il sistema IoT del TreeTalker in un castagneto a diverse intensità di potatura**»
Maria Vincenza CHIRIACO (CMCC - Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici)

11:30 – Pausa caffè

11:45 - «Nature 4.0 il ruolo delle foreste nel sistema agro-forestale del futuro»
Riccardo VALENTINI (CMCC – DIBAF, Università della Tuscia)

13:00 - Buffet

Moderatrici: **Iaria MAZZOLI** (Open Fields – Project Manager di «Castagni Parlanti»)

Evento in presenza previa registrazione su [questo LINK](#)



Iniziativa realizzata nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014 - 2020 - Tipo di operazione 16.1.01 - Servizi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: "produttività e sostenibilità dell'agricoltura" - Focus Area 02 - Progetto n. 2111732

Il volantino della presentazione



L'evento di presentazione finale

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

Gli obiettivi sono stati raggiunti.

Attività ancora da realizzare

Questa azione è stata completata

Personale

OPEN FIELDS

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Filmato con drone / Divulgazione	6	€ 162,00
		Coordinamento realizzazione materiali, organizzazione incontri, stesura testi / Divulgazione	99	€ 2.673,00
			Totale:	€ 2.835,00

UNIBO

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Partecipazione agli incontri di presentazione e divulgazione	16	€ 1.168,00
		Pedologa - Divulgazione	20	€ 960,00
		Pedologa - Divulgazione	9	€ 432,00
			Totale:	€ 2.560,00

Trasferte

OPEN FIELDS

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	presentazione Castagni Parlanti a Granaglione / Divulgazione	€ 119,48
	divulgazione Castagni Parlanti presso Sana / Divulgazione	€ 87,80
	incontro presso università bosco di Granaglione (Bo) per filmati con drone / Divulgazione	€ 79,96
	portato materiale divulgazione per convegno finale presso comune Porretta (Bo) / Divulgazione	€ 124,33
	convegno finale presso comune Porretta (Bo) / Divulgazione	€ 135,86
		Totale: €547,43

Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
		Totale:

Spese per materiale durevole e attrezzature

Fornitore	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
		Totale:

Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Fornitore	Descrizione	Costo
		Totale:

Attività di formazione

Non ci sono attività concluse in quest'ambito.

Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ OPEN FIELDS

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
		31/10/2020 fattura 117	visita guidata all'interno del parco sperimentale didattico del castagno	€525,00
		30/11/2021 Fattura FVE554	stampa materiale divulgativo	€29,30
		24/12/2021 Fattura FVE640	stampa materiale divulgativo	€93,80
		27/06/2022 Fattura 670/2022	catering evento finale	€1.875,00
		29/04/2022 Fattura FVE248	stampa materiale divulgativo	€148,00
		08/09/2022 Fattura FVE567	stampa materiale divulgativo	€285,00

	Totale:	€2.956,10
--	---------	------------------

Azione: formazione

Azione	Formazione
Unità aziendale responsabile	Centoform

Descrizione delle attività svolte	<p>Il mix di attività formative attivato ha visto l'erogazione di:</p> <p>a) Due edizioni del corso approfondito di 20 ore</p> <p>b) Due edizioni del corso breve in campo</p> <p>c) Un viaggio Studio in Portogallo.</p> <p>Tutta la formazione è stata oggetto di intensa attività promozionale da parte dei partner.</p>						
	Tipologia proposta	Codice ID	Titolo	Partecipanti effettivi	Durata in ore	Dal	Al
	Formazione	5208334	Nuove tecniche di monitoraggio dello stato di salute del castagneto e del bosco: da Industria 4.0 a Natura 4.0	9	29	02/12/2020	14/04/2021
	Viaggio	5359272	Innovazione e sviluppo del castagno in Portogallo	5	12 (4 gg)	30/09/2021	03/10/2021
	Formazione	5226678	Nuove tecniche di monitoraggio dello stato di salute del castagneto e del bosco: da Industria 4.0 a Natura 4.0	9	29	09/02/2022	09/03/2022
	Formazione	5392866	Potatura, innesti e trappole del castagno	6	16	19/03/2022	28/03/2022
	Formazione	5376095	Potatura, innesti e trappole del castagno	19	16	19/03/2022	29/03/2022
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi formativi sono stati raggiunti						
Attività ancora da realizzare	Questa azione è stata completata						

Personale

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
			Totale:	

Trasferte

Cognome e nome	Descrizione	Costo
		Totale:

Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
		Totale:

Spese per materiale durevole e attrezzature

Fornitore	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
		Totale:

Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Fornitore	Descrizione	Costo
		Totale:

Attività di formazione

Ragione sociale della società di consulenza	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
CENTOFORM	attività formativa	€ 27.554,32

Collaborazioni, consulenze, altri servizi

Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Criticità tecnico - scientifiche	Le principali criticità incontrate, superate nel corso del progetto, sono state: <ul style="list-style-type: none"> Ottimizzazione del flusso di dati dei TreeTalker in tempo reale Problemi relativi alla durata della carica delle batterie, che ha comportato complessità operative inattese al partner forestale Valreno.
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	<ul style="list-style-type: none"> Ottimo livello di collaborazione tra i partner. Progressivo superamento delle varie criticità causate dal Covid, ad esclusione di un minore afflusso di visitatori al castagneto rispetto a quanto prevedibile ante-pandemia.
Criticità finanziarie	Nessuna

- Altre informazioni

C - Considerazioni finali

Il progetto si è concluso con successo ed ha offerto spunti per successivi approfondimenti ed applicazioni dei sistemi messi a punto in diversi ambiti, conseguendo l'obiettivo di rendere disponibili strumenti di monitoraggio accessibili e innovativi.

Le apparecchiature sono state tutte installate ed i dati analizzati. L'attività di citizen science è stata condotta tramite il portale e l'applicazione Castagni Parlanti. L'attività di divulgazione è stata realizzata sia tramite il portale, l'app per telefono, l'attività di ufficio stampa sia tramite la partecipazione a convegni (il progetto è stato anche citato anche in un documentario trasmesso da Geo&Geo), sia, ancora, tramite visite al castagneto sia in occasione di una delle due presentazioni / conferenze stampa, anche in occasione dei corsi pratici in campo.

Richiamiamo in sintesi, per le considerazioni finali, la tabella degli indicatori di risultato originariamente inserita nel Piano.

Tabella 1 – Gli indicatori di risultato

Obiettivo generale	Indicatori misurabili di risultato	Valutazione ex post
Diffondere metodologie di analisi di vocazionalità territoriale	Flowchart della procedura in ambiente QGIS e GRASS Partecipazione di almeno 45 castanicoltori al corso di formazione	L'obiettivo è stato raggiunto, con 48 partecipanti complessivi alle diverse occasioni formative e di valorizzazione proposte
Applicare tecnologie smart e a basso costo (ad esempio TreeTalker) per monitorare l'impatto ambientale e sul ciclo del C del recupero del castagneto da frutto	Funzioni allometriche per la stima del contenuto di C del castagneto da frutto Report finale: sommario dei risultati	L'analisi è stata effettuata, con risultati presentati regolarmente.
Applicare le stesse metodologie per monitorare la risposta del castagneto al cambiamento globale	Sito web con risultati dei Tree Talker Partecipazione di almeno 45 castanicoltori al corso di formazione Report finale: confronto risultati con tecniche diverse	L'obiettivo è stato raggiunto, con ampio numero di visitatori al sito web e 48 partecipanti complessivi alle diverse occasioni formative proposte
Messa a disposizione delle strumentazioni alla selvicoltura e castanicoltura nazionale	Pubblicazione risultati su rivista nazionale di selvicoltura. Numero di persone presenti agli incontri di divulgazione. Numero di operatori coinvolti nei corsi di formazione. Numero di visite alle sezioni divulgative del portale dedicato.	L'obiettivo è stato raggiunto, con ampio numero di visitatori al sito web, circa 3000 click, 48 partecipanti complessivi alle diverse occasioni formative proposte e significativa presenza ai diversi incontri di divulgazione effettuati (in primis Granaglione 12 ottobre 2020; Porretta 27 giugno 2022, entrambi con circa 25 partecipanti).
Aumento della consapevolezza dei cittadini sulle problematiche della castanicoltura	Numero di applicazioni scaricate. Numero di visitatori presso il castagneto.	187 volte in cui l'applicazione è stata scaricata. I visitatori al Castagneto hanno evidenziato discontinuità legate al periodo di pandemia da covid-19.

In particolare, per quanto riguarda le apparecchiature:

B) TreeTalker

- Tutti i TreeTalker e le relative centraline di comunicazione sono stati installati sui 48 alberi di castagno sottoposti a diverse intensità di potatura e sono stati regolarmente collegati alla rete per il rilevamento dei dati.



Treetalker applicato a uno dei castagni

C) Sensori Monitoring PAM

- 5 sensori Walz MoniPAM sono stati collocati su foglie apicali di castagno piante potate e di controllo.



Sensori Moni PAM

D) Collari

In ogni area per ogni tipo di intervento è stata individuata una pianta in prossimità della quale (circa 1 m dal colletto) sono stati installati nel suolo 3 collari distanziati tra loro di 1 m, su cui al momento dell'esecuzione della misura dell'emissione di CO₂ dal suolo è stata posizionata la camera di accumulo dell'analizzatore portatile.



Collazione del collare in prossimità della pianta e posizionamento della camera per il rilievo delle emissioni di CO₂ dal suolo

D - Relazione tecnica

I risultati del progetto – prof. Federico Magnani, Università di Bologna

Cosa ha evidenziato il progetto?

Il progetto ha dimostrato che una serie di semplici strumentazioni a basso costo possono supportare la competenza del castanicoltore nell'affrontare le sfide del recupero dei castagni all'attualità di coltura in un contesto di cambiamento climatico e di particolare attenzione al bilancio del carbonio.

L'agricoltura di precisione è dunque possibile non solo in zone di pianura, ma anche in area appenninica.

Le foreste, opportunamente gestite, possono svolgere un ruolo prezioso per il miglioramento del bilancio del carbonio nei sistemi agro-forestali. Le nuove tecnologie possono integrarsi armoniosamente con le competenze millenarie delle persone che operano nelle aree montane, fornendo supporto, possibilità di misurazione e valorizzazione dei risultati, spunti per la gestione delle nuove sfide poste dal cambiamento climatico.

Nella sperimentazione sono state messe a confronto (oltre a un controllo non potato) tre modalità di potatura di diversa intensità, caratterizzate da un diverso impatto su forma e vitalità della pianta e da un diverso costo di realizzazione:

Potatura forte

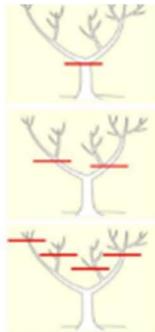
- ☐ capitozzatura (da terra, costi bassissimi)

Potatura intermedia

- ☐ potatura al primo ordine di ramificazione (*tree climber*, costi bassi)

Potatura lieve

- ☐ potatura al secondo ordine di ramificazione (*tree climber*, costi intermedi)



Le valutazioni sono state effettuate mediante un mix di strumenti e l'attenzione rivolta a diversi aspetti.

Le immagini del satellite Sentinel 2

Oltre alle diverse strumentazioni impiegate, si sono valorizzate anche le immagini del satellite europeo Sentinel 2, che permettono di studiare lo stato della vegetazione con una risoluzione di 10 m e una cadenza di 5 giorni. L'indice di vegetazione NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) permette di quantificare la quantità di fogliame, evidenziando trattamenti (tagli, potature) e defogliazioni. L'indice S2REP (Sentinel 2 Red-Edge Position) permette invece di stimare il contenuto di clorofilla delle foglie, evidenziando precocemente eventuali stati di stress.

E' stato sviluppato un programma in Google Earth Engine per il monitoraggio del territorio con indici di vegetazione (NDVI, NBR, S2REP).



Figura 1 - A sinistra: immagine ad alta risoluzione. A destra: indice di vegetazione

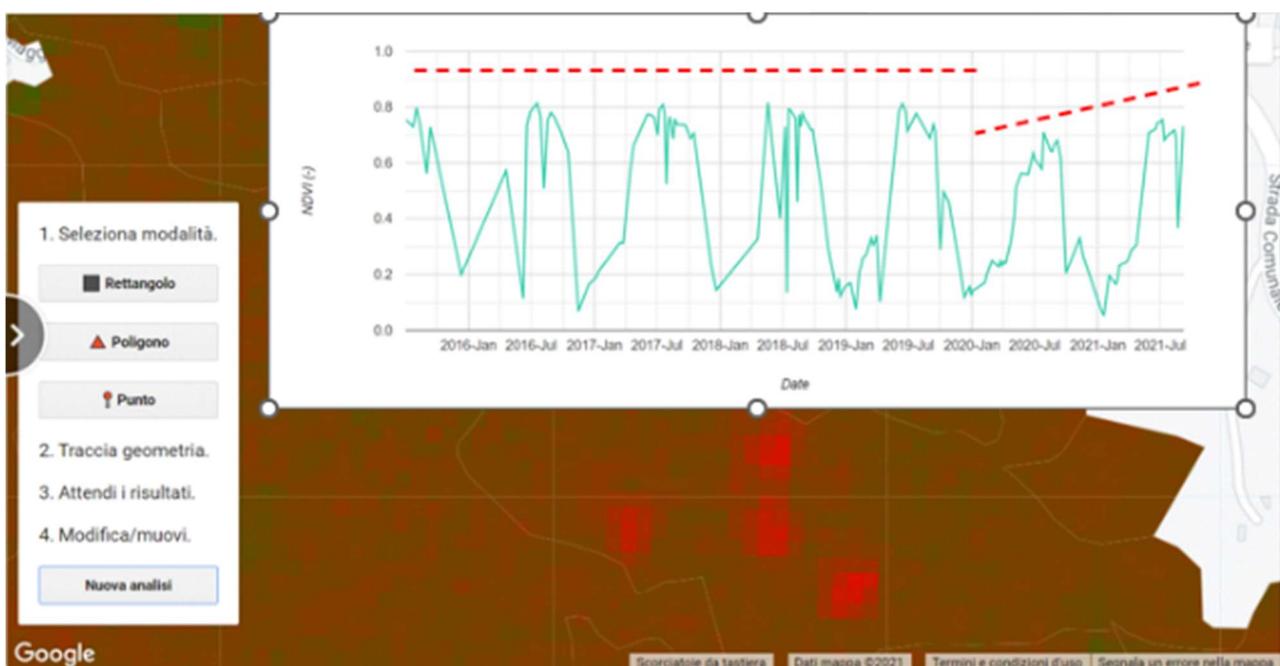


Figura 2 - Andamento stagionale dell'indice NDVI (indice di area fogliare) a partire dal 2015 in una delle aree di studio. Evidente l'effetto delle potature

Il monitoraggio con i sensori MoniPAM

Utilizzando tecniche di tree-climbing, 5 sensori Walz MoniPAM sono stati collocati su foglie apicali di piante potate e di controllo. I risultati sono stati comparati con le stime dei Tree Talker®.

Il sensore Walz MoniPAM misura in continuo la fluorescenza della clorofilla e di stimare i processi fotosintetici della foglia nel corso del giorno e della stagione.

Misure preliminari hanno dimostrato la possibilità di utilizzarle per la stima della produttività primaria lorda (GPP) della pianta. Le misure non hanno evidenziato differenze fra i trattamenti a livello di foglia.



Figura 3 – Sensori Monitoring PAM installati

$$\text{GPP} = s(\Phi_p) + s(\text{PAR}) + s(\text{dPAR})$$

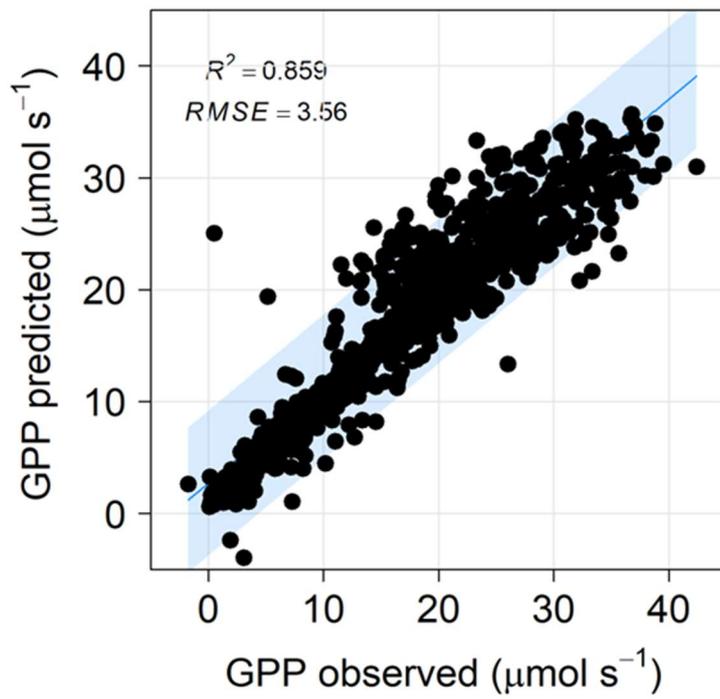


Figura 4 – GPP prevista e osservata

I TreeTalker, il carbonio e le potature – Maria Vincenza Chiriaco - Centro Euro-Mediterraneo per il Cambiamento Climatico CMCC

Le variabili principali analizzate sono state le seguenti:

NPP - Net Primary Production indica la quantità di nuova biomassa potenzialmente prodotta dalle piante (calcolata a partire dalla radiazione solare) e del carbonio sottratto dall'atmosfera e fissato nei tessuti

NPP_{abg} is the net primary productivity of the above ground biomass (g of dry matter m^{-2}) = $\epsilon \times \Phi_{abg}$

Φ_{abg} is the amount of PAR absorbed by a canopy ($MJ\ m^{-2}$),

ϵ is the light-use efficiency (g of dry matter MJ^{-1}).

NDVI trasmesso - Normalized Difference Vegetation Index rilevato sotto la chioma, con rilevazione delle bande spettrali trasmesse attraverso la chioma, fornisce informazioni circa la colorazione della vegetazione e lo stato di salute della pianta;

$NDVI = \frac{\rho_{760} - \rho_{680}}{\rho_{760} + \rho_{680}}$

ρ is the spectral transmittance of the respective spectral bands in red (680nm) and near-infrared (760nm) region

Sap Flow (o flusso linfatico) indica la quantità di acqua trasportata dalla pianta e potenzialmente evapotraspirata.

$Sap\ flux\ density\ (gm^{-2}s^{-1}) = 118.99((\Delta T_{max} - \Delta T)/\Delta T)^{1.231}$

$sap\ flow\ (l\ d^{-1}) = Sap\ flux\ density \times K \times Sapwood\ area\ (cm^2)$.

E' stato possibile monitorare le 48 piante su cui sono stati installati i sensori in maniera quasi continuativa per due annualità, ed è stato quindi possibile valutare gli effetti delle diverse intensità di potatura sulla capacità di assorbimento di carbonio e altre variabili fisiologiche attraverso il sistema IoT dei TreeTalker. I dati relativi alla NPP mostrano che nel ciclo vegetativo del 2020 gli alberi «controllo», avendo mantenuto una chioma più fitta, hanno mostrato in media una maggiore capacità di sequestrare il carbonio con punte di quasi 2,5 g di sostanza secca m^{-2} al giorno (luglio). Gli alberi con potatura ad «alta intensità» avendo subito una drastica riduzione della chioma, hanno mostrato dapprima una ridotta capacità di sequestrare il carbonio, che hanno poi però recuperato a partire da luglio, con il massimo accrescimento della chioma. A partire da metà settembre, proseguendo fino al 2021, tutti i trattamenti si sono allineati e hanno mostrato un'intensa attività fotosintetica autunnale paragonabile a quella di giugno/luglio.

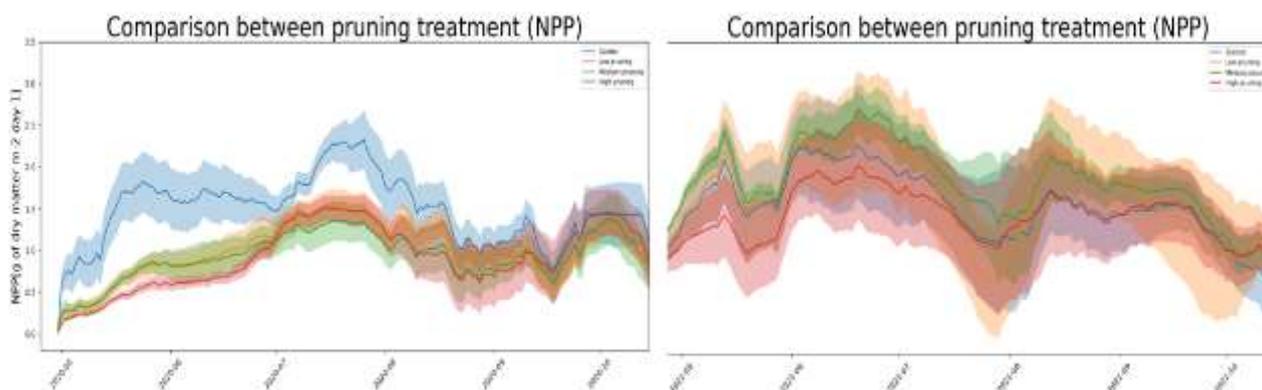


Figura 5 - Confronto NPP tra castagni sottoposti a diverse potature

I dati relativi all'indice NDVI mostrano che nel ciclo vegetativo del 2020 i sensori hanno rilevato fino a fine luglio una colorazione più verde della chioma nelle piante «controllo». Gli alberi con potatura ad «alta intensità» avendo subito una drastica riduzione della chioma, mostrano dapprima una colorazione meno verde della chioma (assenza/poche foglie), che hanno poi però recuperato a partire da luglio, con il massimo accrescimento della chioma, in cui tutti i trattamenti si sono allineati proseguendo fino al 2021. In generale, il trend mostra ad inizio luglio il momento di maggiore sviluppo della chioma, per poi virare verso colorazione marrone e perdita di foglie a metà novembre.

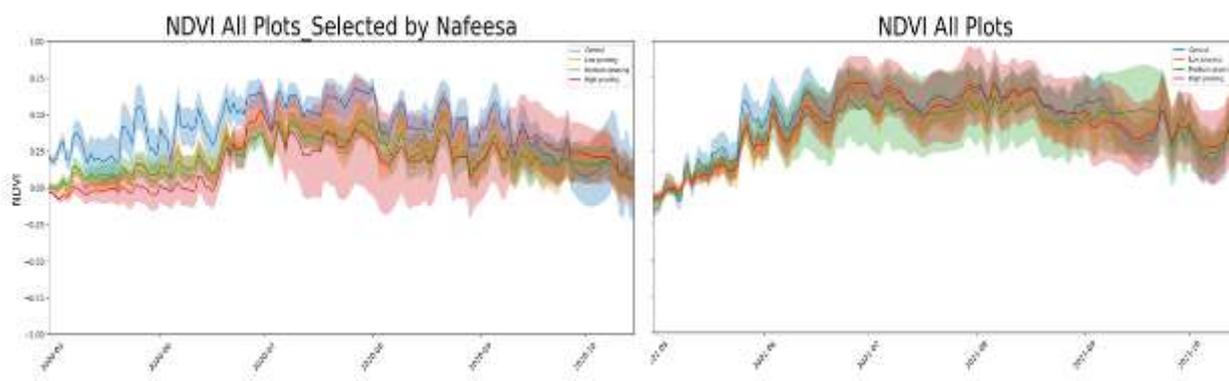


Figura 6 – Analisi NSVI

I dati relativi al Flusso Linfatico mostrano che nel ciclo vegetativo del 2020 gli alberi «controllo» hanno mostrato una maggiore quantità di acqua trasportata (con punte di oltre 40 litri al giorno a luglio) in cui si registrano temperature elevate e di conseguenza una maggiore evapotraspirazione, soprattutto negli alberi con chioma più fitta perché meno potati. Gli alberi con potatura ad «alta intensità» richiedono un minor consumo di acqua (circa 10 litri al giorno per tutto il periodo vegetativo) rispetto al controllo. Alla fine del ciclo vegetativo autunnale, con la senescenza delle foglie, la quantità d'acqua traspirata da tutti i trattamenti tende ad allinearsi, fino al 2021.

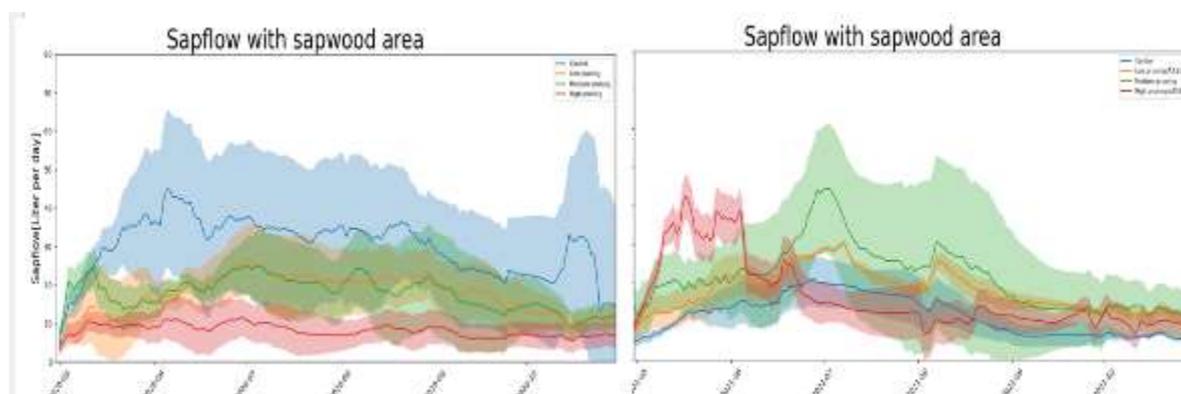


Figura 7 – Analisi flusso della linfa

Quanto alle differenze tra i plot, si è osservata, in generale, una risposta migliore in tutti gli indicatori in tutti i tipi di potatura nelle piante dei plot A e plot C, maggiormente esposti ad est.

Concludendo:

- Gli indicatori calcolati a partire dai dati dei sensori IoT: NDVI trasmesso, NPP potenziale, Sap Flow si dimostrano utili ed affidabili per monitorare lo stato di salute della pianta in relazione al suo ciclo fenologico e la risposta ai trattamenti per diverse intensità di potatura
- Le potature meno intense (bassa e media) hanno garantito una maggiore capacità di sequestro del carbonio attraverso la chioma per unità di superficie della stessa. Tuttavia, tale vantaggio rispetto alle potature più intense è venuto meno a settembre.
- Le potature più intense hanno comportato una forte diminuzione del fabbisogno di acqua rispetto agli altri trattamenti e al Controllo durante quasi tutto il primo ciclo vegetativo annuale.

I cambiamenti climatici intensificheranno i periodi di siccità prolungati, favorire potature che incidono meno sullo stato idrico del suolo?

- Le potature (anche quelle più intense) non sembrano avere riportato danneggiamenti allo stato di salute delle chiome delle piante, con valori di NDVI trasmesso che si allineano nella seconda stagione.

Sistema IoT TreeTalker



Figura 8 – Installazione dei TreeTalker

Raccolta ed elaborazione dei dati:

05.05.20	14:44:44	52010004;44;40;260;36807;36867;74811;43005;17;56;106;3947;0;-343;0;0
05.05.20	14:45:01	52010004;45;40;192;35955;35581;68145;42726;17;57;204;3493;0;687;0;19
05.05.20	14:45:18	52010004;46;40;260;36807;36867;74811;43005;17;56;106;3947;0;-343;0;0
05.05.20	14:45:35	52010004;47;40;192;35955;35581;68145;42726;17;57;204;3493;0;687;0;19
05.05.20	14:45:52	52010004;48;40;260;36807;36867;74811;43005;17;56;106;3947;0;-343;0;0
05.05.20	14:46:09	52010004;49;40;192;35955;35581;68145;42726;17;57;204;3493;0;687;0;19
05.05.20	14:46:26	52010004;50;40;260;36807;36867;74811;43005;17;56;106;3947;0;-343;0;0
05.05.20	14:46:43	52010004;51;40;192;35955;35581;68145;42726;17;57;204;3493;0;687;0;19
05.05.20	14:47:00	52010004;52;40;260;36807;36867;74811;43005;17;56;106;3947;0;-343;0;0
05.05.20	14:47:17	52010004;53;40;192;35955;35581;68145;42726;17;57;204;3493;0;687;0;19
05.05.20	14:47:34	52010004;54;40;260;36807;36867;74811;43005;17;56;106;3947;0;-343;0;0

1. Conversione dei numeri digitali in variabili fisiologiche quantitative mediante equazioni di calibrazione
2. Rimozione dei duplicati
3. Definire le soglie per ogni variabile e rimuovere le anomalie
4. Calcolo delle variabili derivate, ad es. densità del flusso linfatico, indici di vegetazione, ecc.
5. Calcolo di statistiche riassuntive su base giornaliera
6. Alert per verificare la funzionalità dei sensori e ottimizzare la ricarica delle batterie del treetalker



Figura 9 – Raccolta ed elaborazione dei dati

Risultati riguardanti il suolo – a cura della prof. Livia Vittori Antisari – Università di Bologna

Il contesto

Il suolo per definizione si origina dall'interazione nel tempo tra fattori climatici, litologici e biologici a loro volta condizionati dalla morfologia dell'ambiente e molto spesso dominati dall'intervento antropico.

La formazione ed evoluzione dei suoli montani è influenzata principalmente dagli aspetti climatici, dalla componente litologica, che influenza i processi di alterazione della roccia madre, non meno importante il ruolo della morfologia che, innescando processi erosivi, ne possono rallentare l'evoluzione. Il continuo e consistente apporto di carbonio organico, principalmente negli ecosistemi forestali, favorisce i processi di accumulo della sostanza organica che possono essere intensificati sia attraverso il trasporto dei composti organici dagli orizzonti superficiali a quelli più profondi (processi di approfondimento) che tramite i processi di umificazione. Entrambi i processi incentivano il sequestro di carbonio nel suolo.

Nel caso specifico dei castagneti, l'habitat pedoclimatico ideale delle piante di castagno è rappresentato dalle stazioni in cui la temperatura media è compresa tra 8 e 15 °C e la temperatura media mensile nel periodo fisiologico più delicato per la pianta, cioè quello primaverile – estivo, non scende sotto i 10 °C data la sensibilità nei confronti dei freddi precoci e tardivi. Il castagno non è considerato comunque una specie esigente, in quanto resiste a temperature invernali molto rigide e ad inaspettati abbassamenti termici anche nel periodo della fruttificazione. L'altitudine di insediamento del castagno nell'Italia centro-settentrionale oscilla tra 300 e 800 m s.l.m., prosperando principalmente nelle zone in cui le precipitazioni piovose sono tra 600 e 1600 mm annui. Il castagno predilige suoli non calcarei, sabbiosi, con tenore limitato di argilla, e che si sono formati ed evoluti su substrati di rocce sedimentarie; nel caso dell'Appennino bolognese il suolo vocato alla castanicoltura si è formato prevalentemente su formazioni arenacee quarzose e quarzoso-feldspatiche a cemento siliceo o costituito da ossidi e sesquiossidi di ferro ed alluminio. Il castagno viene generalmente associato a suoli che presentano reazione acida o subacida (pH da 4,5 a 6,5); la coltura del castagno è associata infatti alle terre brune acide ed essendo una tipica pianta potassofila e calcifuga è opportuno assicurare una quota costante di potassio nel terreno. La respirazione e l'attività radicale sono molto intense ed è per questo che il castagno predilige terreni sabbiosi in cui non siano presenti ristagni idrici che sono molto pericolosi anche per la trasmissione e l'incremento della virulenza delle patologie infettive.

Come è noto, la diffusione della coltivazione del castagno è avvenuta nel Medioevo e, fino a tutta la prima metà del XX secolo, centinaia di migliaia di contadini e montanari dipendevano, per la loro sopravvivenza, in buona parte dalle castagne fresche, secche o sfarinate e dalla vendita del legname. Successivamente, la ricostruzione postbellica e l'industrializzazione avvenuta dopo il secondo conflitto mondiale hanno provocato lo spostamento di grandi masse umane dalla montagna alle città con conseguente abbandono dei castagneti. L'incuria dei castagneti a causa del loro abbandono insieme alla notevole diffusione di malattie, quali il cancro corticale e il mal dell'inchiostro, hanno ridotto sensibilmente il valore aggiunto dei castagneti nei sistemi montani. A tal proposito, nella regione Emilia Romagna la crisi della castanicoltura tradizionale è riconosciuta come una delle criticità del settore forestale regionale (RER, Piano Forestale Regionale 2014-2020): il ripristino dei castagneti è uno degli interventi da favorire.

Tuttavia, affinché ci possa essere una ripartenza sostenibile sia dal punto di vista ambientale che economico della castanicoltura regionale rivolta all'attuale sfida della lotta al cambiamento climatico, è necessario considerare tutte le componenti che compongono l'ecosistema "castagneto", tra cui il suolo.

Il suolo, infatti, all'interno dell'ecosistema del castagneto è uno degli elementi fondamentali in grado di fornire servizi ecosistemi per il corretto funzionamento dell'ecosistema stesso. Il suolo è in grado sia di sostenere la produzione di frutto e biomassa delle piante attraverso la disponibilità di nutrienti, derivanti dalla degradazione della sostanza organica o dall'alterazione della fase minerale del suolo, e l'immagazzinamento di acqua piovana. Il suolo garantisce la sostenibilità ambientale grazie alla sua capacità di sequestrare carbonio e limitare le emissioni di CO₂ in atmosfera.

Affinché le pratiche forestali finalizzate al recupero della coltura del castagno non abbiano ripercussioni negative sulle funzioni ecosistemiche del suolo, è necessario conoscere le proprietà del suolo stesso su cui si

interverrà per comprendere la sua resilienza a tali interventi. Infatti, suoli debolmente resilienti, e che quindi sono maggiormente suscettibili a un declino delle proprie caratteristiche di fertilità chimica e biochimica, non solo possono ridurre sensibilmente la propria capacità di stoccaggio del carbonio ma possono non garantire la sopravvivenza delle foreste insediate su essi.

Il sito del Parco Didattico-Sperimentale di Varano di Granaglione individuato in questo progetto presenta tutte le caratteristiche edafiche tipiche del castagno. Esso si trova nel territorio del comune di Alto Reno Terme (BO) nell'Appennino Tosco Emiliano (coordinate: 44°08'22,52"N, 10° 57'08,21" E) ad un'altitudine di circa 650 m s.l.m. Il clima è freddo temperato, con una temperatura media annuale di 12 °C, con gennaio come mese più freddo dell'anno (2.5 °C in media) e luglio come quello più caldo (22 °C in media). Le precipitazioni annuali variano da 900 a 1.300 mm. Il suolo è coperto da neve per circa 45 giorni all'anno e lo spessore del manto nevoso raggiunge, in media, i 130 cm. Il suolo si è sviluppato sulla Formazione del Monte Cervarola, membro di Granaglione, costituita da alternanze di depositi torbiditici in facies arenacea e pelitica. La composizione mineralogica della roccia presente in situ è dominata da feldspati, miche e quarzo. La sua composizione elementare, determinata mediante spettrofotometria XRF ed espressa in ossidi, è: SiO₂, 63,5%; TiO₂, 0,7%; Al₂O₃, 16,6%; Fe₂O₃, 4,9%; MnO, 4,6%; CaO, 0,3%; Na₂O, 2,4%; K₂O, 2,5%; P₂O₅, 0,2%. Essa ne riflette la composizione mineralogica ed evidenzia il limitato contenuto in calcio e fosforo.

Caratterizzazione dei suoli – benchmark e loro qualità ex-ante

Nel Castagneto Didattico-Sperimentale sono stati individuate quattro aree (A, B, C e D) che ricadono nell'attuale condizione di castagneto misto dove da parecchie decine di anni non è stato effettuato alcun intervento. Al fine di comprendere l'eventuale effetto degli interventi di recupero del castagneto sul suolo, preliminarmente alle operazioni forestali si è provveduto alla caratterizzazione dei suoli delle quattro aree e alla definizione della loro qualità come previsto dall'azione 2 del progetto.

Le quattro aree individuate mostrano differenze legate principalmente alle condizioni microclimatiche e geomorfologiche. I siti A e B sono esposti a nord, in versanti acclivi ed il substrato pedologico è caratterizzato da rocce arenacee *in facies* detritica. Il sito C rappresenta la situazione più rilevata e in posizione pianeggiante e soleggiata dominata prevalentemente da castagni secolari; la conformazione geologica fa sì che la roccia in giacitura suborizzontale sia molto prossima alla superficie così che il suolo presenta uno spessore limitato. Il sito D, infine, esposto a nord-nord-ovest, si colloca in ambiente pianeggiante umido e depresso che favorisce il ristagno delle acque.



Figura 10. Localizzazione delle quattro aree di indagine (A, B, C e D)

In ognuna delle aree di indagine si è provveduto all'apertura di un profilo di suolo rappresentativo (suolo-benchmark). In ogni profilo, di ogni orizzonte genetico individuato si è provveduto al rilevamento delle proprietà morfologiche e alla raccolta di un campione da sottoporre ad indagini fisiche, chimiche e biologiche.

Sono riportate le schede descrittive delle proprietà morfologiche dei quattro profili.



Oi (5/6-0 cm) Lettieria con foglie, rametti, cupole spinose di castagno e felci. Limite inferiore abrupto lineare.

Oe/Oa (0-0.5 cm) Colore nero (10YR 2/1) e bruno grigiastro molto scuro (10YR 3/2) secco. Scarsa presenza di ife fungine. Radici fini e medie prevalentemente erbacee abbondanti. Limite inferiore abrupto lineare.

A (0.5-2.5/3.5 cm) Colore bruno scuro (10YR 3/3) umido e bruno grigiastro (10YR 5/2) secco. Scheletro scarso fine e medio. Struttura grumosa fine con moderato grado di aggregazione. Non plastico, non adesivo. Radici abbondanti fini e medie comuni. Limite inferiore abrupto lineare

AB (2.5/3.5-16 cm) Colore bruno giallastro scuro (10YR 4/6) umido e bruno giallastro chiaro (10YR 6/4) secco. Scheletro comune medio (3/4 cm). Struttura poliedrica subangolare fine con debole grado di aggregazione. Non plastico, non adesivo. Radici medie e fini comuni, molto fini scarse. Limite inferiore chiaro ondulato.

Bw (16-37 cm) Colore bruno giallastro (10YR 5/8) umido e bruno molto chiaro (10YR 7/3) secco. Scheletro comune medio e grande (fino 5 cm). Struttura poliedrica subangolare medio con scarso grado di aggregazione. Non plastico, non adesivo. Radici medie comuni e fini scarse. Poco plastico, poco adesivo. Limite inferiore abrupto lineare.

BC (37-50 cm) Colore bruno giallastro scuro (10YR 4/4) umido e bruno molto chiaro (10YR 7/4) secco. Scheletro abbondante di medie e grandi dimensione. Struttura angolare fine a debole grado di aggregazione. Poco plastico e poco adesivo. Radici legnose medie abbondanti e fini scarse. Limite inferiore diffuso.

C (50-70 cm) Colore bruno giallastro (10YR 5/6) e bruno molto chiaro (10YR 7/4) secco. Blocchi angulari poco stabili. Non plastico, molto poco adesivo. Radici medie comuni. Limite inferiore sconosciuto.

Figura 11. Profilo dell'area di indagine A



Oi (6-0 cm) Lettieria con foglie, rametti, cupole spinose di castagno e muschi. Limite inferiore abrupto lineare.

Oe (0-1 cm) Colore bruno molto scuro (10YR 2/2) umido e secco. Radici fini comuni. Limite inferiore abrupto lineare.

Oa (1-2 cm) Colore bruno molto scuro (10YR 2/2) umido e grigio molto scuro (10YR 3/1) secco. Radici fini molto fini comuni.

A (2-4/6 cm) Colore bruno giallastro scuro (10YR 3/4) umido e bruno grigiastro scuro (10YR 4/2) secco. Scheletro scarso medio e grande. Struttura grumosa media con moderato grado di aggregazione. Non plastico, non adesivo. Radici abbondanti fini e molto fini, scarse le medie. Limite inferiore abrupto lineare

Bw1 (4/6-22 cm) Colore bruno giallastro scuro (10YR 4/6) umido e bruno chiaro (10YR 6/3) secco. Scheletro comune medio (3/4 cm). Struttura poliedrica subangolare fine con debole grado di aggregazione. Non plastico, non adesivo. Radici medie e fini comuni, molto fini scarse. Limite inferiore abrupto lineare.

Bw2 (22-41 cm) Colore bruno giallastro (10YR 5/6) umido e bruno giallastro chiaro (10YR 6/4) secco. Scheletro comune fine e medio angolare. Struttura poliedrica subangolare medio-line con scarso grado di aggregazione. Non plastico, non adesivo. Radici abbondanti fini e medie. Non plastico, non adesivo. Limite inferiore abrupto lineare.

BC (41-60 cm) Colore bruno giallastro (10YR 5/8) umido e bruno molto chiaro (10YR 7/4) secco. Scheletro abbondante di medie e grandi dimensione. Struttura angolare fine a debole grado di aggregazione. Poco plastico e moderatamente adesivo. Radici legnose medie e grandi scarse. Limite inferiore chiaro ondulato.

C (60+)

Figura 12. Profilo dell'area di indagine B



Oi (2-0 cm) Lettieria con foglie, rametti, cupole spinose di castagno. Limite inferiore abrupto lineare.

Oe (0-2 cm) Colore bruno molto scuro (10YR 2/2) umido e grigio molto scuro (10YR 3/1) secco. Radici fini comuni. Limite inferiore abrupto lineare.

A (2-6 cm) Colore grigio molto scuro (10YR 3/2) umido e secco. Scheletro scarso piccolo e medio. Struttura grumosa fine con debole grado di aggregazione. Poco plastico, non adesivo. Radici legnose medie comuni. Limite inferiore abrupto lineare

AB (6-20 cm) Colore bruno giallastro scuro (10YR 4/4) umido e bruno giallastro chiaro (10YR 6/4) secco. Scheletro comune medio (3/4 cm). Struttura poliedrica subangolare media con moderato grado di aggregazione. Poco plastico, non adesivo. Radici medio-grosse poche. Limite inferiore chiaro ondulato.

B (20-30 cm) Colore bruno giallastro (10YR 5/6) umido e bruno molto chiaro (10YR 7/4) secco. Scheletro comune medio (3/4 cm) Screziature scarse piccole poco distinte. Struttura poliedrica subangolare medio-grande con moderato grado di aggregazione. Radici comuni medie che si accentrano nel limite inferiore. Plastico, poco adesivo. Limite inferiore abrupto lineare. Limite inferiore chiaro ondulato.

BC (30-40 cm) Colore bruno giallastro scuro (10YR 4/6) umido e bruno giallastro chiaro (10YR 6/4) secco. Scheletro scarso di piccole dimensioni alterato. Screziature piccole comuni poco distinte. Struttura poliedrica subangolare media con moderato grado di aggregazione. Poco plastico, non adesivo. Radici fini e medie comuni. Limite inferiore diffuso.

C (40-50+) Colore bruno giallastro (10YR 5/8) umido e bruno molto chiaro (10YR 8/4) secco. Scheletro abbondante di piccole e medie dimensioni. Struttura angolare medio a debole grado di aggregazione tendente all'incoerente. Radici medie molto scarse.

Figura 13. Profilo dell'area di indagine C



Oi (2/3-0 cm) Lettieria con foglie, rametti, cupole spinose di castagno. Limite inferiore abrupto lineare.

Oe (0-0,5 cm) Colore nero (10YR 2/1) umido e grigio molto scuro (10YR 3/1) secco. Radici fini abbondanti. Limite inferiore abrupto lineare.

A (0,5-3/3,5 cm) Colore bruno scuro (10YR 2/2) umido e bruno grigiastro molto scuro (10YR 3/2) secco. Scheletro scarso medio (3/4 cm). Struttura granulare fine con debole grado di aggregazione. Poco plastico, non adesivo. Radici fini comuni e medie scarse. Limite inferiore abrupto lineare

BA (3/3,5-11/16 cm) Colore bruno giallastro scuro (10YR 4/6) umido e bruno chiaro (10YR 6/3) secco. Scheletro comune medio (3/4 cm). Struttura poliedrica subangolare media con moderato grado di aggregazione. Poco plastico, non adesivo. Radici medie abbondanti, fini comuni. Limite inferiore chiaro ondulato.

Bw (11/16-41 cm) Colore bruno giallastro (10YR 5/4) umido e bruno chiaro (10YR 6/3) secco. Scheletro comune medio (3/4 cm) Screziature scarse piccole poco distinte. Struttura poliedrica subangolare medio-grande con moderato grado di aggregazione. Radici comuni medie che si accentrano nel limite inferiore. Poco plastico, non adesivo. Limite inferiore chiaro ondulato.

BCg (41-60+ cm) Colore bruno giallastro (10YR 5/8) umido e bruno molto chiaro (10YR 7/3) secco. Scheletro scarso di piccole dimensioni alterato. Screziature piccole comuni poco distinte. Struttura poliedrica subangolare media con debole grado di aggregazione. Poco plastico, non adesivo. Radici molto poche medie. Limite inferiore sconosciuto.

Figura 14. Profilo dell'area di indagine D

Tutti i suoli indagati presentano lettiera (orizzonte Oi) anche di consistente spessore (da 2 a 6 cm) per lo più costituita da foglie, cupole spinose e residui legnosi. Al di sotto della lettiera è stato osservato un orizzonte organico emialterato (orizzonte Oe), nel caso del sito A frammisto a materiale organico più trasformato (orizzonte Oe/Oa), che sebbene abbia spessore piuttosto limitato (0.5-2 cm) è presente in tutti le aree. Solo nel caso dell'area B è presente un orizzonte caratterizzato da sostanza organica fortemente trasformata (Oa) ben distinguibile dall'orizzonte organico emialterato.

Per quanto riguarda la sequenza di orizzonti minerali, in tutti i profili essa è simile e piuttosto semplice di tipo A-(AB o BA)-Bw-BC-(C). In tutti i profili l'orizzonte organo-minerale A ha spessore di circa 3-4 cm, colore bruno bruno-grigiastro scuro, struttura grumosa o granulare debolmente o moderatamente aggregata. Al di sotto dell'orizzonte A, si osservano invece delle variazioni degli spessori degli orizzonti di alterazione Bw, che raggiungono profondità fino a circa 40 cm nei siti A, B e D, e 30 cm nel sito C. Al di sotto troviamo orizzonti BC e C. Se si tiene conto dello spessore del solum (i.e., parte del profilo fortemente pedogenizzata), si osserva che nell'area C esso è limitato, con la presenza di orizzonte derivante da una scarsa trasformazione della roccia madre (orizzonte C) rilevabile già a 40 cm. La scarsa profondità del suolo dell'area C è coerente con la prossimità alla superficie della roccia in giacitura sub orizzontale. Contrariamente, il profilo dell'area D collocata in una zona depressa è caratterizzato da uno spessore del solum maggiore in quanto alla profondità di scavo massima raggiunta (60 cm) non è stato raggiunto l'orizzonte C. Qui, data la posizione depressa, si osserva ristagno idrico con formazione di orizzonte di transizione BCg (g: *gleyfication*; riduzione imputabile a ristagno idrico) nella parte inferiore del profilo. Dai dati morfologici si deduce quindi che i suoli sono caratterizzati da processi relativi principalmente all'accumulo in superficie di sostanza organica, più o meno trasformata che permette la formazione di orizzonti A *in senso stretto* di limitato spessore e struttura non particolarmente resistente, forse dovuto all'elevata presenza di frazione sabbiosa derivante dalla roccia madre. I processi di alterazione della roccia madre sono visibili in tutti i profili, con particolare rilevanza nel sito D in cui a causa della posizione morfologica depressa mostra evidenza di alterazione idromorfica e potenza maggiore degli orizzonti pedogenizzati. Il sito C, collocato nella parte alta del versante dove la roccia affiora o è molto prossima alla superficie, ha suoli poco potenti con orizzonti di alterazione di minor spessore. I dati di caratterizzazione fisica, chimica e biologica dei campioni di suolo raccolti sono riportati nelle Tabelle 1, 2 e 3.

Come visibile in Tabella 1, questi suoli hanno valori di pH che variano tra 4.3 e 6.2, con classe di reazione quindi compresa tra suoli estremamente acidi a leggermente acidi, rispettivamente. I valori di conducibilità elettrica sono molti bassi, in media pari a $73 \mu\text{S cm}^{-1}$, con evidenza di un leggero aumento di concentrazione di sali negli orizzonti organici. La distribuzione delle particelle è abbastanza omogenea lungo i profili sebbene vi siano degli orizzonti di alterazione (Tabella 1). Come atteso si evidenzia in tutti i suoli un contenuto limitato di argilla, sempre $<200 \text{ g kg}^{-1}$, mentre rilevante è il tenore in limo che in media è pari a 497 g kg^{-1} (quindi circa al 50%). Le maggiori differenze nella distribuzione delle particelle si osservano negli orizzonti A in cui è la sabbia che compone circa il 50% (valore medio pari a 499 g kg^{-1} considerando solo gli orizzonti A). Questo è dovuto all'aggregazione che, sebbene formi aggregati non fortemente cementati, risulta essere efficace ed in grado di aggregare le particelle più fini a dimensioni della sabbia.

Il valore di C organico varia da 303.2 a 10.7 g kg^{-1} , con un evidente andamento a decresce con la profondità del profilo, ovvero passando dagli orizzonti emialterati di superficie agli orizzonti BC e C più profondi (Tabella 1). Interessante notare come la quantità di sabbia sia fortemente correlata ($r=0.920$) al contenuto di C organico. Questo è motivato dal fatto che, tra le varie funzioni che la sostanza organica svolge nel suolo, vi è quella di agente aggregante, soprattutto in suoli poco evoluti come quelli qui investigati in cui essa è il principale agente cementante.

Figura 15 - Valori di pH, conducibilità elettrica, distribuzione delle particelle (sabbia, limo e argilla) e C organico dei suoli indagati nelle quattro aree indagati (A, B, C e D).

Area	Orizzonte	Profondità (cm)	pH in H ₂ O	Conducibilità elettrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Sabbia (g kg^{-1})	Limo (g kg^{-1})	Argilla (g kg^{-1})	C organico (g kg^{-1})
A	Oe/Oa	0-0.5	5.4	183.1	nd	nd	nd	231.9
	A	0.5-2.5/3.5	4.5	50.2	443	452	104	52.7
	AB	2.5/3.5-16	5.1	18.9	380	534	86	28.6
	Bw	16-37	4.8	14.7	309	562	129	19.4
	BC	37-50	4.6	18.9	351	504	145	18.5
	C	50-70	4.8	14.8	328	490	182	12.8
B	Oe	0-1	6.2	276.9	nd	nd	nd	283.2
	Oa	1-2	6.0	222.2	nd	nd	nd	195.8
	A	2-4/6	4.4	87.9	449	476	75	71.4
	Bw1	4/6-22	4.6	31.2	371	498	131	25.5
	Bw2	22-41	5.2	19.1	328	530	142	21.8
	BC	41-60	5.3	17.6	324	511	165	13.1
C	Oe	0-2	5.0	77.5	nd	nd	nd	190.2
	A	2-6	4.4	45.4	529	413	58	73.6
	AB	6-20	4.9	21.6	368	515	117	17.3
	Bw	20-30	5.0	17.7	383	505	112	13.8
	BC	30-40	4.8	24.7	376	506	118	14.7
	C	40-50+	4.9	13.1	366	513	121	13.4
D	Oe	0-0.5	6.2	306.6	nd	nd	nd	303.2
	A	0.5-3/3.5	5.8	168.7	576	391	33	123.5
	BA	3/3.5-11/16	4.7	24.1	318	558	124	20.6
	Bw	11/16-41	5.3	19.4	344	506	150	12.1
	BCg	41-60+	5.8	21.4	364	483	154	10.7

nd: non determinato

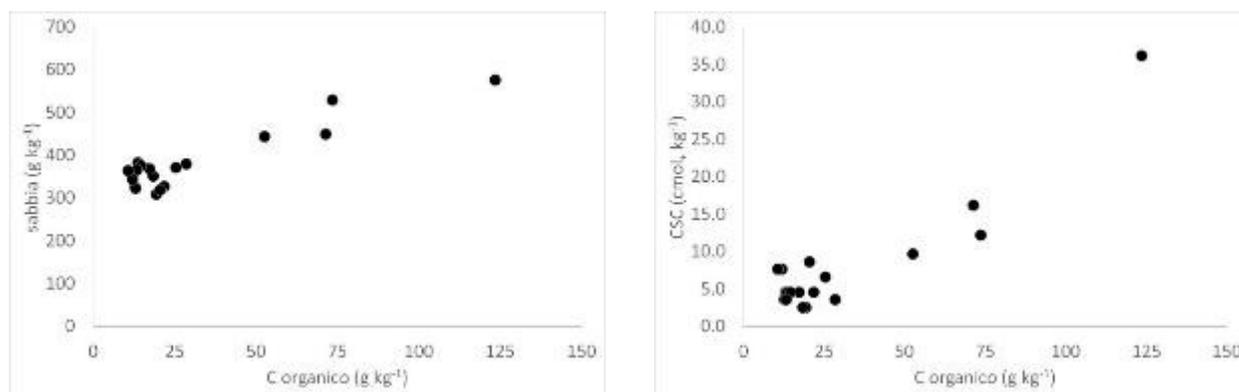


Figura 16. Relazione tra contenuto di C organico e sabbia (a sinistra), C organico e CSC (capacità di scambio cationico; a destra) negli orizzonti minerali dei profili indagati

I valori di capacità di scambio cationico (CSC) sono compresi tra 2.5 e 36.1 $\text{cmol}_+ \text{kg}^{-1}$, diminuendo con la profondità (Tabella 2). Si osserva come i valori di CSC siano anch'essi fortemente correlati con il contenuto di C organico ($r=0.919$). Anche per la CSC quindi si evidenzia come il contenuto di C organico, e quindi di composti organici, sia fondamentale per consentire un corretto funzionamento del suolo supportando la disponibilità di siti utili per lo scambio di cationi. Si deve tener conto, infatti, che in suoli a basso grado di

sviluppo e con limitato contenuto di argilla come quelli investigati, il principale scambiatore è la sostanza organica.

Un altro fattore che occorre tener in considerazione in questi profili, in relazione alla disponibilità di elementi prontamente disponibili per le piante, è la posizione morfologia in cui questi suoli si sviluppano. Infatti, come è visibile in Tabella 2, si tratta di suoli che si presentano in generale desaturati (saturazione basica <50%), con bassi tenori di cationi di scambio (Ca, Mg, K, Na) e alti valori di acidità di scambio (Al e H). L'unico caso in cui si osservano valori di saturazione basica >50% è il suolo nell'area D, in cui nell'orizzonte A superficiale e nell'orizzonte BCg in profondità i valori di saturazione basica sono pari a 65.8 e 65.4%, rispettivamente. Evidentemente, in posizione morfologia depressa è permesso un maggior accumulo di sostanza organica in superficie (infatti il contenuto di C organico nell'orizzonte A è particolarmente elevato, pari a 123.5 g kg⁻¹; Tabella 1) che, oltre a funzionare come scambiatore apporta elementi, ed in particolare Ca (17.4 cmol₊ kg⁻¹; Tabella 2), incrementando quindi il grado di saturazione delle cariche di superficie. In questo suolo, questa funzione non è contrastata evidentemente da un forte lisciviazione, proprio poiché il profilo si trova in posizione morfologia depressa. Nelle altre aree invece la posizione su versante incentiva i processi di lisciviazione e allontanamento di materiale dalla superficie del profilo, diminuendo i valori di saturazione basica e l'accumulo nell'orizzonte A di sostanza organica. A riguardo invece dell'aumento dei valori di saturazione basica in profondità del suolo dell'area D, ciò potrebbe essere nuovamente imputabile alla posizione morfologica. Come evidenziato in campo, l'orizzonte BCg si trova periodicamente in condizioni anossiche dovute a ristagno idrico. Come conseguenza, quindi, l'acqua e gli elementi in essa presenti tendono qui ad accumularsi piuttosto che essere allontanati, motivando quindi valori maggiori del livello di saturazione dei siti di scambio.

Tabella 2 - Valori di capacità di scambio cationico (CSC), basi (Ca, Mg, K e Na), Al e H di scambio, saturazione basica dei suoli indagati nelle quattro aree indagati (A, B, C e D).

Area	orizzonte	CSC	Ca	K	Mg	Na	Al	H	saturazione basica
		cmol ₊ kg ⁻¹							%
A	A	9.7	1.2	0.8	1.3	0.1	3.1	3.2	35.1
	AB	3.6	<0.1	0.5	0.5	<0.1	2.2	0.3	29.7
	Bw	2.5	<0.1	0.5	0.3	<0.1	1.3	0.4	31.8
	BC	2.5	<0.1	0.5	0.3	<0.1	1.7	0.0	32.6
	C	3.6	<0.1	0.6	0.4	<0.1	2.1	0.5	26.9
B	A	16.2	3.3	0.8	2.0	<0.1	2.6	7.4	38.0
	Bw1	6.6	<0.1	0.4	0.4	<0.1	2.1	3.7	12.7
	Bw2	4.6	0.1	0.5	0.6	<0.1	0.9	2.5	25.2
	BC	4.6	0.2	0.4	0.5	<0.1	0.5	2.8	26.4
C	A	12.2	1.3	0.6	1.4	0.2	3.9	4.9	28.1
	AB	4.6	0.1	0.5	0.6	<0.1	0.9	2.5	26.0
	Bw	4.6	<0.1	0.4	0.3	<0.1	0.8	3.0	17.7
	BC	4.6	<0.1	0.4	0.3	<0.1	0.7	3.1	17.5
	C	3.6	<0.1	0.5	0.3	<0.1	0.9	1.9	22.4
D	A	36.1	17.4	1.2	5.1	0.1	<0.1	12.4	65.8
	BA	8.7	0.8	0.6	0.8	<0.1	2.2	4.3	25.2
	Bw	7.6	2.2	0.5	0.9	<0.1	0.6	3.5	47.3
	BCg	7.6	3.2	0.6	1.1	0.1	<0.1	2.6	65.4

In Tabella sono presentati i dati di carbonio organico e azoto disciolto (DOC e DON), ovvero le forme di C e N labili e facilmente estraibili in una soluzione di K₂SO₄, il C e N della biomassa microbica (C_{mic} e N_{mic}) oltre ai dati dell'attività della biomassa microbica stessa, quali la respirazione cumulata a 28 giorni di incubazione (C-CO₂cum) e la respirazione basale oraria (RB) e gli indici di qualità del suolo derivanti, ovvero qMIC, qM, qCO₂

e IBF.

Come visibile, sia il valore di C labile (DOC) che di Cmic diminuisce sempre con la profondità. Un andamento simile è osservabile anche per i pool di N (DON e Nmic). Il C della biomassa e del pool labile (Cmic e DOC), come anche l'azoto (Nmic e DON), fungono da fonte di nutrienti disponibili per l'assorbimento delle piante e svolgono quindi un ruolo importante nella produttività del suolo nel castagneto. E' interessante notare come questi valori, in particolare quelli legati alla biomassa microbica, siano particolarmente elevati nell'orizzonte A dell'area D, come anche evidenziato dal quoziente microbico (qMIC) che indica che il C della biomassa costituisce ben il 4.6% del C totale del suolo. Mettendo a confronto il valore di qMIC degli orizzonti A si nota che nelle altre aree esso è meno della metà. Comunque, tale valore alto e le sue differenze rispetto alle altre aree non si osservano più al disotto dell'orizzonte A, dove in tutte le aree si registrano valori simili. Questo andamento si osserva anche nel caso della respirazione basale (RB) e cumulata (C-CO₂cum). Il quoziente metabolico (qCO₂) mostra valori variabile tra le aree, e particolarmente elevati nell'orizzonte A dell'area A, evidenziando un certo livello di stress ecofisiologico già in parte suggerito dal basso valore di qMIC (0.7%). Condizioni generali di buona fertilità biologica (IV classe) sono comunque evidenti in tutte le aree, ad eccezione degli orizzonti più profondi in cui il valore dell'IBF suggerisce classe intermedia di fertilità (III).

Tabella 3 - Parametri legati al ciclo del carbonio e dell'azoto, C e N della biomassa microbica e indicatori di qualità del suolo.

Area	Orizzonte	DOC	DN	Cmic	Nmic	RB	C-CO ₂ cum	qMIC	qM	qCO ₂	classe IBF
		mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	µg C-CO ₂ g ⁻¹ h ⁻¹	mg C-CO ₂ g ⁻¹	%	%	µg·10 ³ µg _{Cmic}	
A	A	810	64	371	31	3.9	1.9	0.7	3.6	10.4	IV
	AB	431	25	1031	87	0.8	0.4	3.6	1.3	0.8	IV
	Bw	331	18	219	18	0.5	0.2	1.1	1.3	2.1	III
	BC	255	17	215	18	0.6	0.3	1.2	1.5	2.7	III
	C	165	10	100	8	0.3	0.2	0.8	1.2	3.2	III
B	A	1075	82	1874	158	5.5	2.6	2.6	3.7	2.9	IV
	Bw1	481	31	1059	89	1.1	0.6	4.2	2.2	1.1	IV
	Bw2	357	24	714	60	0.9	0.4	3.3	1.9	1.2	IV
	BC	298	17	207	17	0.6	0.3	1.6	2.0	2.7	III
C	A	391	57	2142	180	3.4	1.7	2.9	1.7	1.6	IV
	AB	503	31	607	51	1.0	0.4	3.5	2.3	1.6	IV
	Bw	382	25	283	24	1.4	0.7	2.0	2.5	4.8	IV
	BC	501	32	98	8	0.9	0.4	0.7	5.4	9.1	IV
	C	318	21	101	9	0.6	0.2	0.8	2.8	5.7	III
D	A	776	121	5658	476	9.9	4.6	4.6	3.7	1.7	IV
	BA	377	28	576	48	1.1	0.5	2.8	2.3	1.9	IV
	Bw	246	25	bdl	bdl	0.6	0.2	-	2.0	-	-
	BCg	231	11	146	12	0.7	0.3	1.4	2.6	4.5	III

DOC e DN: carbonio organico e azoto disciolto, labile; Cmic e Nmic: carbonio e azoto microbico; C-CO₂cum: valore cumulato di C-CO₂ emesso in 28 g di incubazione; RB; respirazione basale; qM; quoziente di mineralizzazione; qCO₂: quoziente metabolico; qMIC quoziente microbico; IBF: indice di fertilità biologica, III classe fertilità intermedia, IV classe fertilità buona.

Per quanto riguarda lo stock di carbonio organico nei primi 30 centimetri di suolo (lo strato di suolo maggiormente interessato dall'attività radicale delle piante di castagno), non si osserva una larga variabilità tra le quattro aree di studio considerate. L'unica area che presenta una diversa e maggiore quantità di carbonio organico stoccato nello strato di suolo considerato è l'area B. Tale area ha mostrato uno stock di carbonio organico più alto rispetto alle altre a causa della presenza degli orizzonti Oe e Oa ben differenziati.

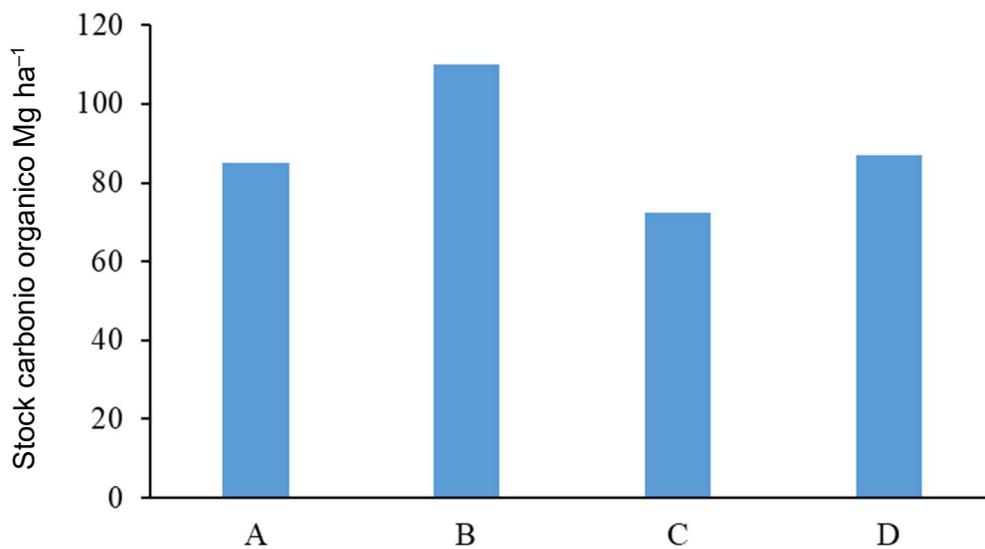


Figura 17. Stock di carbonio organico nello strato di suolo 0 – 30 cm delle quattro aree studio (A, B, C e D)

Come per lo stock di carbonio organico, anche la quantità totale dei principali nutrienti per le piante non presentano grandi variazioni tra le aree con eccezione del calcio e del fosforo. La maggiore quantità di calcio totale la si riscontra nell'area D, la cui posizione depressa ha probabilmente favorito l'accumulo di materiale. Tale accumulo si può osservare, anche se meno evidente, per magnesio e potassio che hanno valori di stock leggermente più elevati rispetto alle aree A, B e C. Il fosforo, invece, ha mostrato un più alto stock nell'area B a causa del più alto stock di carbonio organico dato che, in aree forestali, la principale fonte di fosforo nei suoli è la sostanza organica.

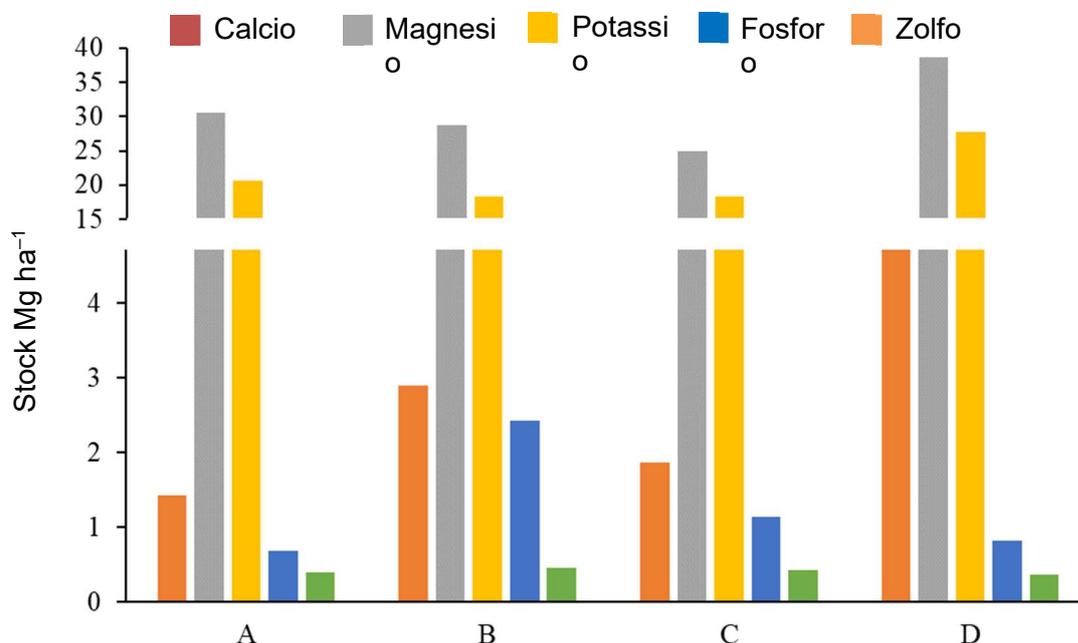


Figura 18. Stock totale di calcio, magnesio, potassio, fosforo e zolfo all'interno dello spessore di suolo 0 – 30 cm delle quattro aree studio (A, B, C e D).

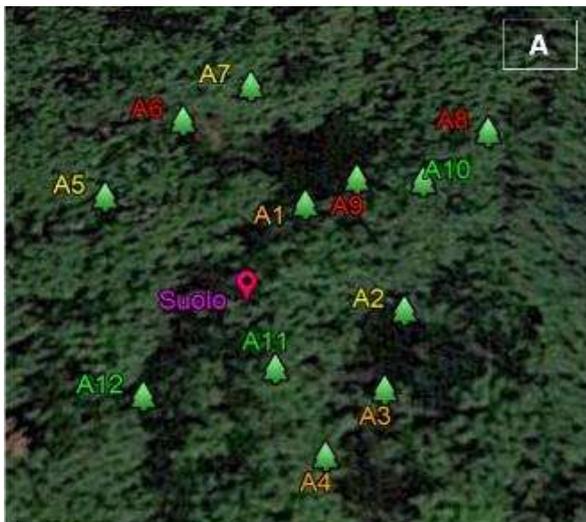
Nel complesso quindi tutti i siti presentano una buona fertilità biologica ad indicare il positivo effetto dei castagneti sul microbioma del suolo nonostante la ridotta quantità di argilla. Infatti, è noto che l'argilla

favorisce la crescita della biomassa microbica, mentre alti contenuti di sabbia favoriscono la respirazione delle comunità microbiche del suolo a causa delle condizioni più stressanti. Dal punto di vista chimico, invece, l'area D è quella che presenta il maggior contenuto di nutrienti sia in forma scambiabile che totale (ad eccezione di P) a causa della sua morfologia (zona più depressa) che favorisce processi di accumulo rispetto a quelli di allontanamento.

Monitoraggio delle emissioni di CO₂ dal suolo ex-post nel breve termine

Come previsto dall'azione 3 del progetto, nell'arco della prima stagione di ripresa vegetativa dopo l'esecuzione degli interventi di taglio (primavera 2020) si è provveduto ad installare appositi collari per il monitoraggio dell'emissione di CO₂ dai suoli attraverso misura diretta in campo tramite analizzatore portatile all'infrarosso (EGM4-PP system). Tale misura permette di considerare sia la respirazione eterotrofa che autotrofa e quindi le emissioni di CO₂ dal suolo in atmosfera. Poiché la respirazione del suolo è fortemente condizionata dai parametri pedoclimatici, in particolare temperatura ed umidità del suolo, contemporaneamente alle misure di CO₂ si è provveduto a misurare per ciascun punto di monitoraggio questi due parametri.

In ogni area sono state individuate 12 piante, di cui 9 sottoposte agli interventi di taglio a diversa intensità (3 piante sottoposte a potatura leggera, 3 piante potatura media e 3 piante capitozzate intensa) e 3 non interessate da alcun intervento essendo "piante controllo" (Figure 9 e 10). Alla fine di aprile-inizio maggio 2020, in ogni area per ogni tipo di intervento è stata individuata una pianta in prossimità della quale (circa 1 m dal colletto) sono stati installati nel suolo 3 collari distanziati tra loro di 1 m, su cui al momento dell'esecuzione della misura dell'emissione di CO₂ dal suolo è stata posizionata la camera di accumulo dell'analizzatore portatile.



Codice albero	UTM 32T mE	UTM 32T mN	Tipo di trattamento
A1	0656604,17	488919,70	Potatura media
A2	0656609,70	4889189,59	Potatura leggera
A3	0656609,07	4889184,30	Potatura media
A4	0656606,23	4889180,49	Potatura media
A5	0656592,04	4889196,72	Potatura leggera
A6	0656596,16	4889202,49	Potatura pesante (capitozzatura)
A7	0656600,70	4889205,84	Potatura leggera
A8	0656614,87	4889202,61	Potatura pesante (capitozzatura)
A9	0656607,07	4889199,70	Potatura pesante (capitozzatura)
A10	0656611,30	4889199,16	Controllo
A11	0656602,74	4889186,35	Controllo
A12	0656597,00	4889185,54	Controllo
suolo	0656596,19	4889189,70	

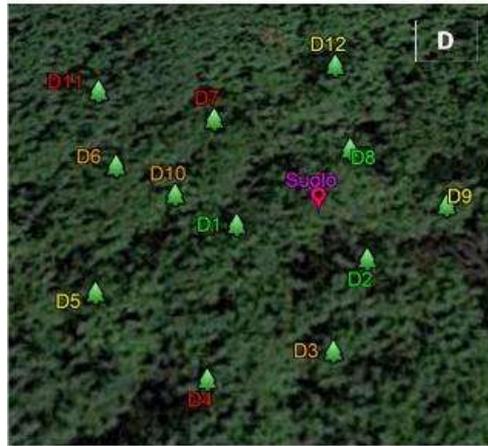


Codice albero	UTM 32T mE	UTM 32T mN	Tipo di intervento
B1	0656592,98	4889141,42	Potatura leggera
B2	0656599,17	4889133,43	Potatura pesante (Capitozzatura)
B3	0656590,18	4889135,98	Controllo
B4	0656584,07	4889142,19	Potatura media
B5	0656591,94	4889149,00	Potatura pesante (capitozzatura)
B6	0656592,42	4889154,19	Potatura leggera
B7	0656598,06	4889151,07	Potatura media
B8	0656601,35	4889147,18	Potatura pesante (capitozzatura)
B9	0656600,31	4889135,75	Controllo
B10	0656593,97	4889129,78	Potatura leggera
B11	0656606,20	4889138,86	Potatura media
B12	0656601,98	4889134,90	Controllo
suolo	0656594,33	4889144,66	

Figura 9. Localizzazione delle piante di castagno interessate dall'intervento di taglio nelle aree A e B



Codice albero	UTM 32T mE	UTM 32T mN	Tipo di intervento
C1	0556655.51	4889097.45	Potatura media
C2	0556643.65	4889087.67	Controllo
C3	0556641.54	4889101.93	Potatura leggera
C4	0556650.53	4889115.35	Potatura pesante (capitonzatura)
C5	0556658.05	4889108.20	Controllo
C6	0556657.13	4889106.19	Potatura media
C7	0556670.08	4889097.80	Potatura leggera
C8	0556656.15	4889090.84	Potatura media
C9	0556663.17	4889085.77	Potatura pesante (capitonzatura)
C10	0556644.26	4889109.18	Controllo
C11	0556677.35	4889091.17	Potatura pesante (capitonzatura)
C12	0556646.56	4889089.84	Potatura leggera
Suolo	0556654.07	4889112.86	



Codice albero	UTM 32T mE	UTM 32T mN	Tipo di intervento
D1	0556510.08	4889150.22	Controllo
D2	0556518.60	4889157.99	Controllo
D3	0556518.99	4889151.56	Potatura media
D4	0556509.08	4889129.32	Potatura pesante (capitonzatura)
D5	0556502.43	4889134.10	Potatura leggera
D6	0556502.86	4889143.57	Potatura media
D7	0556508.01	4889147.11	Potatura pesante (capitonzatura)
D8	0556517.15	4889145.76	Controllo
D9	0556523.19	4889141.32	Potatura leggera
D10	0556506.16	4889141.28	Potatura media
D11	0556503.41	4889149.27	Potatura pesante (capitonzatura)
D12	0556515.52	4889152.52	Potatura leggera
Suolo	0556515.05	4889144.15	

Figura 10. Localizzazione delle piante di castagno interessate dall'intervento di taglio nelle aree C e D



Figura 11. Collazione del collare in prossimità della pianta e posizionamento della camera per il rilievo delle emissioni di CO₂ dal suolo

Sono di seguito evidenziati i siti di installazione dei collari per la determinazione della CO₂ eterotrofa del suolo.

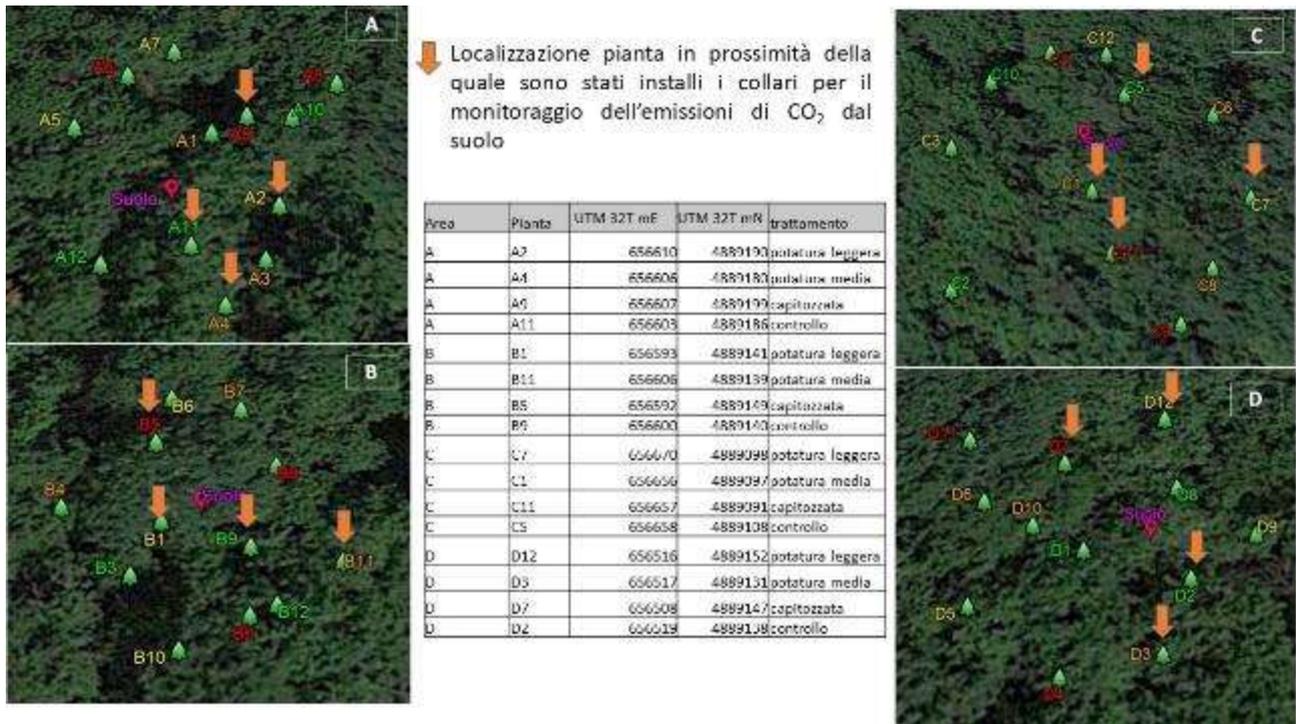


Figura 12. Posizionamento dei collari in funzione della piante e delle diverse potature

L'espressione dei dati è stata eseguita raggruppando le diverse potature nelle quattro aree di saggio.

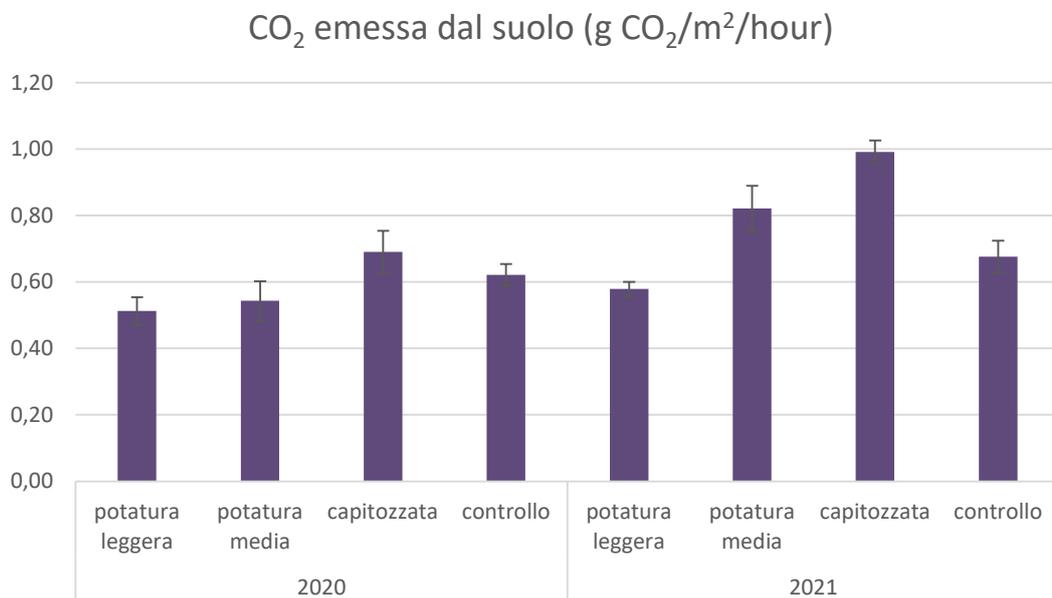


Figura 13. Emissione di CO₂ dal suolo in funzione delle diverse potature eseguite, espresso come media degli alberi monitorati nelle quattro aree di saggio negli anni 2020 e 2021.

La temperatura e l'umidità riscontrata nei due anni di monitoraggio della respirazione eterotrofa del suolo è di seguito riportata nella Tabella 4.

Tabella 4 - Temperatura e umidità dei suoli, espresso come valore medio dei diversi siti indagati, negli anni 2020 e 2021, rispettivamente.

	05/05/20	19/05/20	04/06/20			
°C	13	16	14			
m ³ /m ³	0.305	0.332	0.335			
				05/06/21	15/06/21	29/06/21
°C				14	19	20
m ³ /m ³				0.302	0.257	0.130

Nel 2021 il monitoraggio è stato eseguito in giugno con temperature del suolo più alte e minore umidità (Tabella 4).

Per evidenziare la tendenza di influenza delle potature eseguite nei due anni di monitoraggio i dati della respirazione sono stati normalizzati (i.e., rapportati) al controllo.

CO₂ emessa dal suolo, normalizzata al dato del controllo

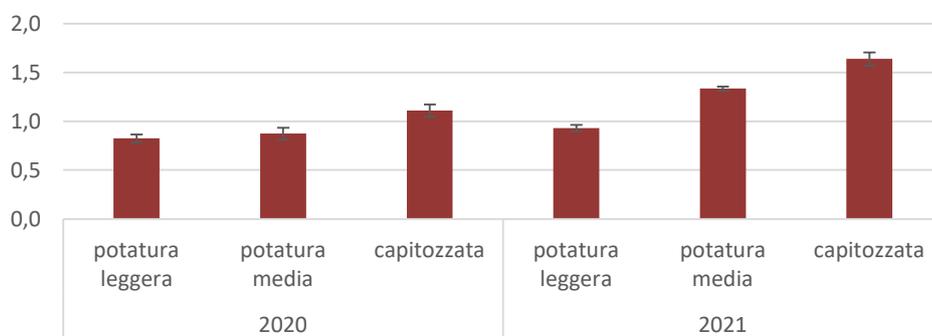


Figura 14. Emissione di CO₂ dal suolo in funzione delle diverse potature eseguite, normalizzate ai dati di respirazione del controllo, espresso come media degli alberi monitorati nelle quattro aree di saggio negli anni 2020 e 2021.

Nel 2021 si evidenzia per la potatura media e per le piante capitozzate una respirazione normalizzata maggiore rispetto al 2020 e al suolo delle piante che hanno avuto una potatura leggera.

Monitoraggio del contenuto di C del suolo ex-post nel breve termine

Come previsto dall'azione 6, dopo l'esecuzione degli interventi forestali è iniziato il monitoraggio degli effetti al suolo. In giugno 2020 e aprile 2021, in ogni area e per ogni tipologia di intervento sono stati raccolti i campioni di suolo in prossimità delle piante. Nel dettaglio, ad una distanza di circa 1.5 m dalla pianta è stato effettuato un piccolo scavo (minipit) fino ad una profondità di 30 cm (Figure 15-16) e si è provveduto a raccogliere il campione degli strati 0-15 e 15-30 cm. Questo è stato fatto per valutare se nel breve periodo è possibile registrare delle variazioni legati alla componente organica indotte dal trattamento.



Figura 15. Minipit delle quattro aree di indagine campionati nel giugno 2020.



Figura 16. Minipit delle quattro aree di indagine campionate nell'aprile 2021.

Nella tabella seguente vengono riportati dati delle basi di scambio, di capacità di scambio totale e il grado di saturazioni in basi per le quattro tipologie di potatura nei due anni di indagine.

Tabella 5 - Valori medi della Capacità di scambio cationica (CSC), le basi di scambio e il grado di saturazione in basi (GSB) e gli errori standard calcolati sulle 4 ripetizioni.

Valori medi		CSC	Ca	K	Mg	Na	GSB
2020		cmol(+)kg ⁻¹					%
potatura leggera	0-15	5.9	0.8	0.2	0.4	0.1	30.6
potatura leggera	15-30	3.5	0.3	0.1	0.2	0.1	27.2
potatura media	0-15	7.9	1.2	0.2	0.7	0.1	30.0
potatura media	15-30	6.2	1.3	0.1	1.0	0.1	43.0
capitozzata	0-15	6.0	1.3	0.2	0.6	0.1	39.7
capitozzata	15-30	4.6	0.4	0.1	0.3	0.1	24.3
controllo	0-15	7.9	1.1	0.2	0.6	0.1	31.3
controllo	15-30	3.4	0.9	0.1	0.6	0.1	52.6
2021							
potatura leggera	0-15	5.6	1.2	0.2	0.6	0.0	37.1
potatura leggera	15-30	4.1	0.4	0.1	0.4	0.0	33.3
potatura media	0-15	7.0	0.9	0.2	0.7	0.0	27.2
potatura media	15-30	4.7	0.8	0.1	0.7	0.0	30.9
capitozzata	0-15	6.3	1.3	0.2	0.5	0.0	33.3
capitozzata	15-30	3.8	0.5	0.1	0.4	0.0	28.5
controllo	0-15	6.5	1.5	0.2	0.8	0.0	41.5
controllo	15-30	4.5	0.7	0.2	0.6	0.0	33.3
<i>Errore standard</i>							
2020							
potatura leggera	0-15	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
potatura leggera	15-30	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
potatura media	0-15	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	2.2
potatura media	15-30	0.4	0.2	0.0	0.2	0.0	3.9
capitozzata	0-15	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	2.6
capitozzata	15-30	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
controllo	0-15	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	2.0
controllo	15-30	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	3.3
2021							
potatura leggera	0-15	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	2.3
potatura leggera	15-30	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
potatura media	0-15	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1
potatura media	15-30	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	2.1
capitozzata	0-15	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	3.0
capitozzata	15-30	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	2.9
controllo	0-15	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	2.8
controllo	15-30	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4

La Tabella evidenzia valori minori di CSC e Ca scambiabile rispetto ai profili di riferimento delle aree investigate, ma più elevati rispetto all'orizzonte A, dovuto principalmente al tipo di campionamento del suolo. Col campionamento a profondità fissa 0-15 cm, non è più possibile evidenziare il ruolo dell'orizzonte A nell'accumulare Ca e mantenere una buona stabilità di struttura.

Nella Tabella 6 sono riportati i dati medi riferiti alle diverse potature e all'errore standard ottenuto sulle quattro repliche delle diverse frazioni di C e N.

Tabella 6 - Valori medi delle frazioni di C e N determinate nei minipit in funzione dei diversi trattamenti; DOC e DN sono le frazioni labili e solubili di C e N; Cmic e Nmic sono N e C della frazione microbica; resp basal e resp cum sono le attività della biomassa microbica riferite alla respirazione potenziale del suolo.

Valori medi		DOC	DN	Cmic	Nmic	TN	OC	Resp basal	Resp cum
		g kg ⁻¹						µg C-CO ₂ g s.s. ⁻¹ h ⁻¹	mg C-CO ₂ g s.s. ⁻¹
2020									
potatura leggera	0-15	327.6	28.2	268.7	42.8	1.1	21.9	1.6	742.1
potatura leggera	15-30	227.3	18.7	168.0	11.4	0.7	9.1	0.9	436.0
potatura media	0-15	333.1	34.2	374.4	52.8	1.7	29.9	2.0	907.7
potatura media	15-30	243.3	21.0	154.4	26.3	0.8	10.2	0.8	391.3
capitozzata	0-15	376.9	35.1	261.6	67.9	1.5	30.6	2.0	882.2
capitozzata	15-30	285.9	20.0	186.8	32.1	0.8	11.4	0.9	329.2
controllo	0-15	334.0	30.7	324.1	44.8	1.4	25.8	1.7	800.5
controllo	15-30	244.9	19.9	128.3	27.7	0.8	10.0	0.8	416.0
2021									
potatura leggera	0-15	642.6	68.7	645.1	63.6	1.7	32.1	2.8	1208.2
potatura leggera	15-30	483.3	38.8	499.6	26.5	0.8	12.1	1.0	401.2
potatura media	0-15	677.1	66.1	797.7	59.4	2.4	39.2	2.5	1087.7
potatura media	15-30	415.8	32.9	457.6	19.1	0.8	10.2	0.8	339.1
capitozzata	0-15	658.1	62.8	668.6	58.5	1.5	27.1	2.2	947.2
capitozzata	15-30	330.1	21.8	361.1	13.3	0.7	9.7	0.8	353.4
controllo	0-15	723.1	73.8	781.1	65.6	1.9	34.7	3.1	1353.5
controllo	15-30	466.9	36.7	512.6	24.5	2.0	11.8	0.9	389.5
<i>Errore standard</i>									
2020									
potatura leggera	0-15	1.2	0.3	9.8	1.3	0.0	0.4	0.0	22.5
potatura leggera	15-30	3.6	0.2	7.4	0.6	0.0	0.1	0.0	12.4
potatura media	0-15	11.5	1.1	14.2	3.8	0.1	1.2	0.1	47.5
potatura media	15-30	18.4	1.4	8.2	2.6	0.0	0.9	0.0	8.8
capitozzata	0-15	7.4	0.8	9.9	3.4	0.1	1.1	0.1	36.2
capitozzata	15-30	8.3	0.6	20.1	2.4	0.0	0.3	0.0	35.8
controllo	0-15	12.9	0.7	3.1	3.6	0.0	0.7	0.0	5.5
controllo	15-30	8.2	0.4	3.2	0.9	0.0	0.3	0.0	8.2
2021									
potatura leggera	0-15	17.8	3.3	24.6	3.7	0.1	1.2	0.2	90.1
potatura leggera	15-30	13.3	2.5	15.8	3.3	0.0	0.3	0.1	29.0
potatura media	0-15	18.3	3.1	31.2	5.1	0.2	2.2	0.1	57.5
potatura media	15-30	23.4	1.7	22.8	1.6	0.1	1.4	0.1	34.4
capitozzata	0-15	22.2	2.5	33.3	3.2	0.1	0.9	0.1	38.6
capitozzata	15-30	34.4	2.5	40.8	1.8	0.0	0.4	0.0	18.8
controllo	0-15	22.7	1.7	36.2	2.0	0.1	0.8	0.1	60.1
controllo	15-30	12.9	1.4	16.3	2.1	0.3	0.4	0.0	20.4

È evidente come i valori riscontrati nei parametri del suolo indagati nei due anni di progetto siano molto diversi. In particolare, il campionamento eseguito ad aprile presenta, come aspettato, valori più elevati delle diverse frazioni di C e N organico.

L'umidità superiore nel periodo primaverile, porta ad un aumento della disponibilità delle forme solubili di C e N, ed un aumento dovuto all'immobilizzazione all'interno della sostanza organica durante il periodo autunnale/invernale con l'apporto delle foglie al suolo.

Per cercare di valutare l'effetto delle potature nel suolo si è normalizzato il dato dei campioni delle piante potate con il suolo delle piante di controllo.

Il campionamento di aprile 2021 del suolo evidenzia il suo stato (processi di immobilizzazione/mineralizzazione della biomassa microbica e assorbimento da parte della pianta di castagno) in funzione della ripresa vegetativa della pianta.

Le foglie sono la principale fonte di N, K e P delle piante e le piante attuano meccanismi di trasferimento di molti elementi negli organi. Alcuni autori individuano come la traslocazione dei nutrienti negli organi dell'albero tenda a ridurre l'assorbimento da parte delle piante dei nutrienti del suolo, diminuendone l'impoverimento (Ranger et al., 1995)¹.

La Tabella 7 mostra i risultati delle diverse frazioni di N e C più o meno labili estratte dal suolo e normalizzate dai risultati ottenuti dalla normalizzazione con il controllo.

Tabella 7 - Valori dei parametri analizzati normalizzati al controllo.

			DOC	DN	Cmic	Nmic	TN	OC	Basal resp
0-15	2020	potatura leggera	1.0	0.9	0.9	1.0	0.8	0.9	0.9
		potatura media	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.1	1.2
		capitozzata	1.2	1.1	0.8	1.5	1.2	1.2	1.2
	2021	potatura leggera	0.9	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9	0.9
		potatura media	0.9	0.9	1.0	0.9	1.3	1.1	0.8
		capitozzata	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7
			DOC	DN	Cmic	Nmic	TN	OC	Basal resp
15-30	2020	potatura leggera	0.9	0.9	1.3	0.4	0.9	0.9	1.1
		potatura media	1.0	1.1	1.2	0.9	1.0	1.0	0.9
		capitozzata	1.2	1.0	1.5	1.2	0.9	1.1	1.1
	2021	potatura leggera	1.0	1.1	1.0	1.1	0.4	1.0	1.1
		potatura media	0.9	0.9	0.9	0.8	0.4	0.9	0.8
		capitozzata	0.7	0.6	0.7	0.5	0.3	0.8	0.9

Il primo anno dopo la potatura (2020), in prossimità delle piante con potatura media e capitozzate si evidenzia, nel primo strato di suolo, un quantitativo di azoto e carbonio superiore al controllo, suggerendo un processo di immobilizzazione degli elementi nel suolo rispetto al suolo del controllo. Nel 2021 nei primi 0-15 cm si evidenzia per le piante capitozzate una maggiore perdita (mineralizzazione e assorbimento da parte delle piante) principalmente del pool di azoto e carbonio totale. Per le piante sottoposte a potatura media invece si continua a registrare un maggior contenuto sia di N che di C rispetto al controllo.

Nell'intervallo di suolo più profondo (15-30 cm) si nota sempre nel 2020 un accumulo nel suolo delle piante capitozzate dei pool di C e N microbico. Contrariamente, il contenuto di C e N microbico (Nmic) nel suolo nel 2021 diminuisce in funzione dell'importanza della potatura leggera>potatura media>capitozzatura. La diminuzione di C microbico può indicare un processo di mineralizzazione per liberare nutrienti dalla sostanza organica; infatti, anche il quantitativo di carbonio organico (OC) diminuisce con la potatura, conseguenze anche sulle forme di N microbiche.

Si può ipotizzare quindi un forte assorbimento da parte delle piante capitozzate ad inizio stagione vegetativa. Ciò può essere dovuto alla scarsità di riserva di nutrienti in forma di biomassa vegetale dovuta ai tagli e contemporanea necessità di mettere una adeguata chioma dopo il taglio.

Da questi dati si evince che la risposta delle piante dopo la potatura dipende molto dal contenuto di nutrienti

¹ Ranger J, Marques R, Colin-Belgrand M, Flammang N, Gelhaye D. 1995. The dynamics of biomass and nutrient accumulation in a Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) stand studied using a chronosequence approach. *Forest Ecology and Management* 72: 167–183

all'interno del suolo. Più la potatura è forte, come la capitozzatura, più il suolo deve mostrare un'adeguata fertilità. Il quoziente microbico (qMIC) ottenuto dal rapporto tra il C microbico e il C organico (Cmic/OC), come atteso è molto diverso tra i due anni, influenzato dalle epoche di campionamento, evidenziando una maggiore disponibilità di C labile alla ripresa vegetativa rispetto al campionamento di giugno (5.0 vs 1.1%). Il quoziente metabolico (qCO₂) evidenzia parametri peggiori a giugno rispetto ai parametri del suolo campionato ad aprile. In questa epoca è evidente anche una maggiore efficienza ad utilizzare il C del suolo. Il parametro di Dilly, infatti, evidenzia un valore medio tra le due profondità di minore efficacia, legata alle comunità microbiche e alla loro attività, 373 rispetto a 160 nel 2021. L'ottimo di efficienza viene espresso infatti dal valore 100, maggiore è il valore maggiormente diminuisce l'efficienza (Tabella 8).

Tabella 8 - Indicatori di qualità del suolo: indice metabolico (qCO₂RB/Cmic), indice microbico (qMIC Cmic/OC) e indice di mineralizzazione (qM Rcum/OC), indice di Dilly per evidenziare l'efficienza di utilizzo del C organico (massima efficienza =100, minore efficienza >100)

		qCO ₂	qMIC	qM	Dilly	
2020	potatura leggera	0-15	0.6	1.2	3.4	272.0
	potatura leggera	15-30	0.5	1.8	4.8	562.6
	potatura media	0-15	0.5	1.3	3.0	182.1
	potatura media	15-30	0.5	1.5	3.8	476.7
	capitozzata	0-15	0.8	0.9	2.9	250.6
	capitozzata	15-30	0.5	1.6	2.9	406.1
	controllo	0-15	0.5	1.3	3.1	206.9
	controllo	15-30	0.6	1.3	4.1	626.9
2021	potatura leggera	0-15	0.4	5.4	3.6	135.5
	potatura leggera	15-30	0.2	2.5	3.2	160.0
	potatura media	0-15	0.3	5.5	3.0	93.3
	potatura media	15-30	0.2	2.2	3.7	225.1
	capitozzata	0-15	0.4	4.4	3.6	174.7
	capitozzata	15-30	0.2	2.1	3.6	204.3
	controllo	0-15	0.4	4.9	3.8	124.8
	controllo	15-30	0.2	2.4	3.2	161.3

Il sito web e l'applicazione – Ilaria Mazzoli, Open Fields srl

Risultati del sito web

Nel periodo intercorso tra il primo gennaio 2020 ed il 31 ottobre 2022, il sito Castagni Parlanti ha ottenuto oltre 3.000 click contro quasi 100.000 impressioni, con un CTR (*click through rate*) del 3,1%. L'incremento delle visualizzazioni negli ultimi mesi è molto probabilmente da attribuirsi alle diverse occasioni nelle quali il progetto è stato menzionato.

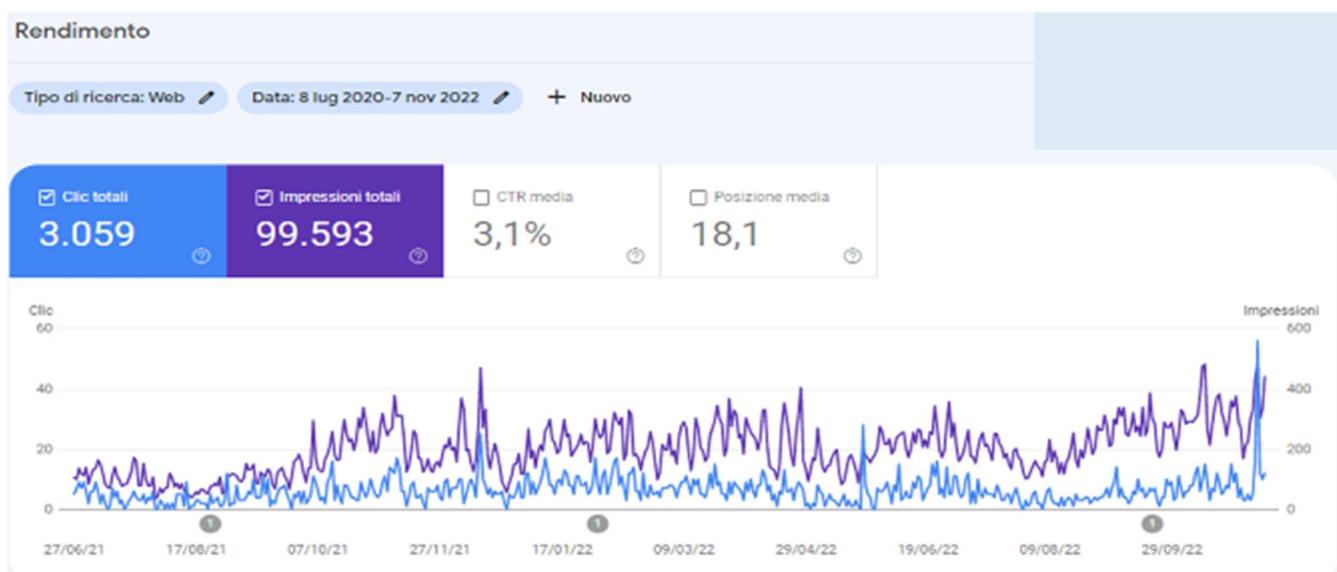
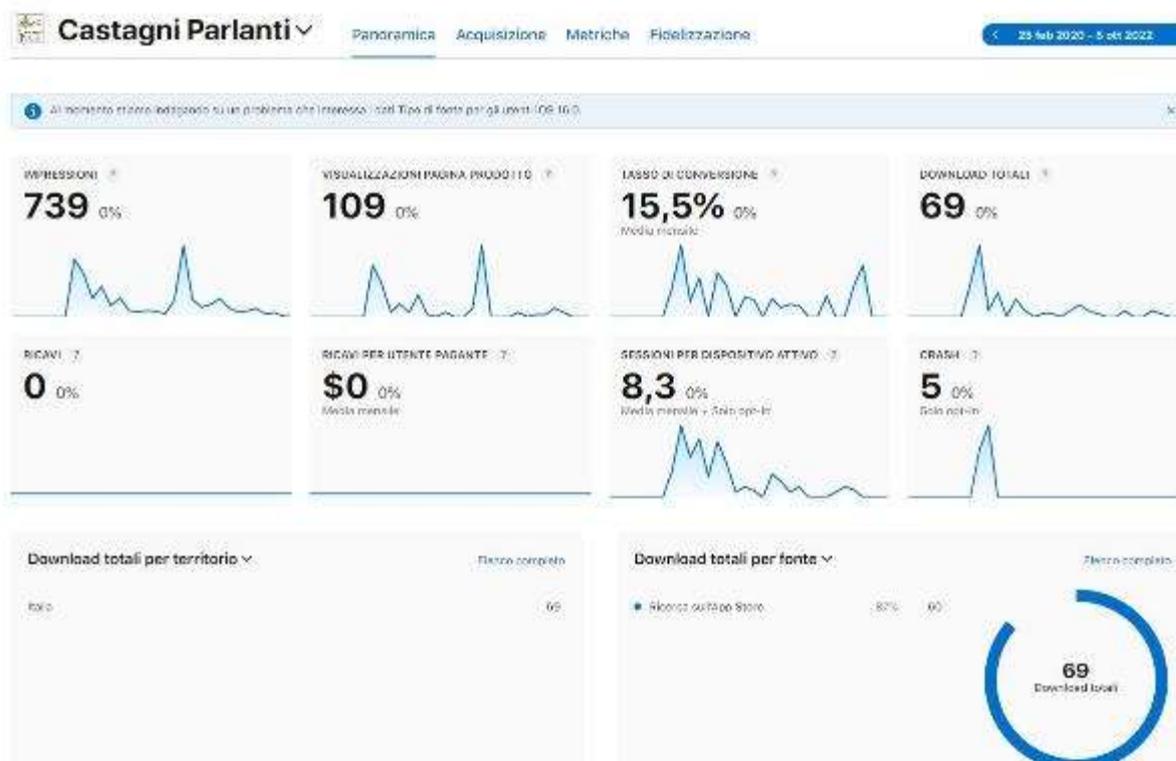


Figura 19 – La performance del sito web (fonte Google Analytics)

Risultati dell'applicazione

per quanto riguarda i dispositivi Apple (fonte dei dati: Apple Store), sono risultati in totale 69 scaricamenti della applicazione e 109 visualizzazioni della pagina sullo store Apple.



Per quanto riguarda gli utenti Android (Dati Google Play), gli scaricamenti della applicazione sono stati

Analisi dello Store

Rendimento della scheda dello Store

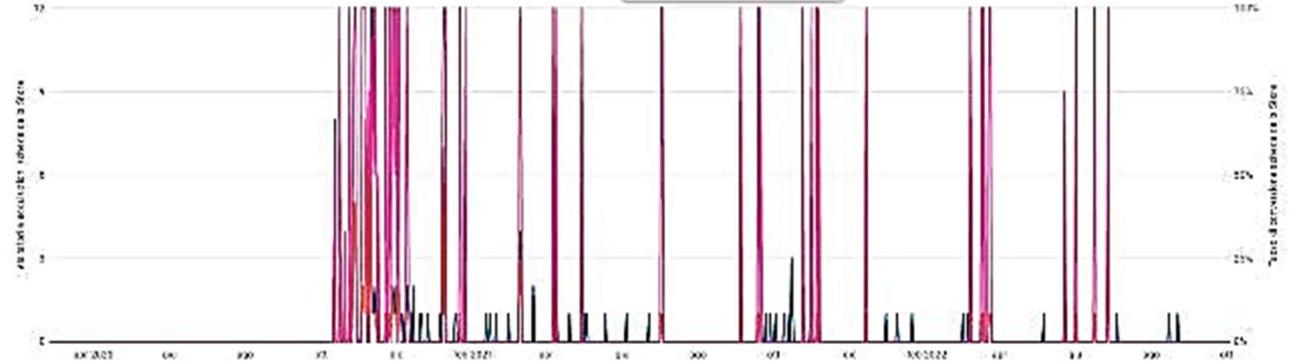
Visitors della scheda dello Store **187**

Acquisizioni scheda dello Store **118**

Tasso di conversione scheda dello Store **63.1%**

+85,14% rispetto al periodo precedente

Il numero di utenti che hanno scaricato la tua scheda dello Store è passato da 187 a 118 tra il 15/11/2022 e il 15/12/2022. Il tuo tasso di conversione è passato da 63,1% a 63,1%.



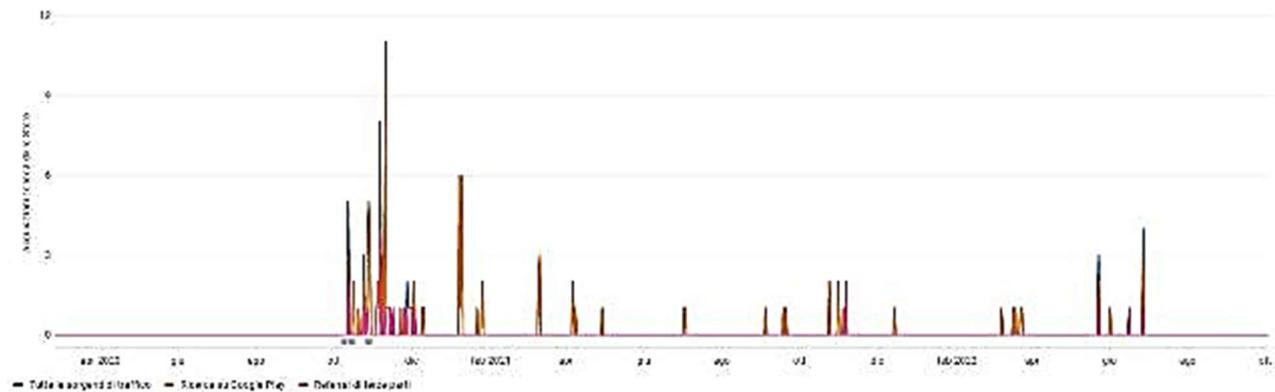
118.

Analisi dello Store

Acquisizioni scheda dello Store per sorgente di traffico

Visualizza analisi delle conversioni

25/10/2022 - 31/01/2023



Sorgente di traffico	Analisi di conversione per traffico	rispetto al periodo precedente
tutte le sorgenti di traffico	118	→
storico su Google Play	26	→
Referral di terze parti	22	→

Data30/11/2022 IL LEGALE RAPPRESENTANTE

.....