



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

CARATTERIZZAZIONE PEDOLOGICA DI SUOLI SOTTO CASTAGNO

un caso-studio nel cratere del sisma, Pievebovigliana
(MC)

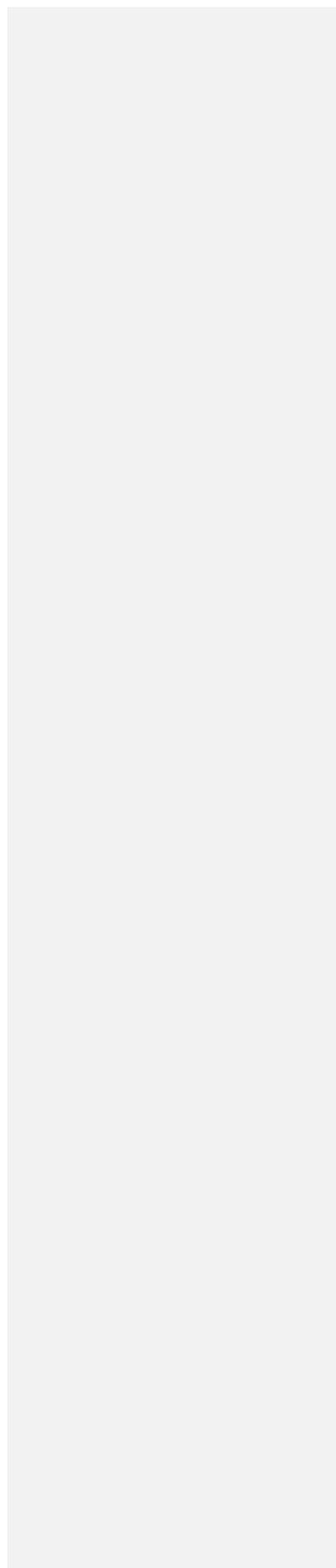
TIPO TESI: (sperimentale)

Studente:
GAEMON ORSINI

Relatore:
PROF. GIUSEPPE CORTI

Correlatore:
PROF. STEFANIA COCCO

ANNO ACCADEMICO 2019-2020



INDICE

1.	INTRODUZIONE	8
1.1	Il Castagno	
1.1.1	Ecologia	
1.1.2	Importanza socio-economica	
1.1.3	Recupero e valorizzazione	9
1.1.4	Interventi di recupero	10
1.2	Il suolo	
1.2.1	Influenza della meccanizzazione	11
1.2.2	Come il prelievo della biomassa influenza il suolo	
1.2.3	Influenza delle piante su suolo	12
1.3	La sostanza organica	
1.4	Gli orizzonti genetici	13
1.4.1	Gli orizzonti organici	14
1.4.2	Gli orizzonti organo-minerali	
1.4.3	Gli orizzonti minerali	
1.4.4	Orizzonte cambic (Bw)	
2.	SCOPO	16
3.	MATERIALI E METODI	17
3.1	Inquadramento dell'area di studio	
3.1.1	Analisi vegetazionale	
3.2	Campionamento della lettiera	18
3.3	Analisi fisiche	
3.3.1	Tessitura	
3.3.2	Mineralogia	
3.4	Analisi chimiche	21
3.4.1	Fosforo disponibile	
3.4.2	Determinazione del pH	23
3.4.2	Determinazione del carbonio organico	25
3.5	Analisi statistica	28
4.	RISULTATI	29
4.1	Descrizione del profilo pedologico	
4.1.1	Profilo 1	
4.1.1	Profilo 2	31
4.1.1	Profilo 3	33
4.2	Apertura del profilo pedologico	35
4.3	pH e tessitura	36
4.4	Mineralogia	39
4.5	Analisi chimiche	41
4.5.1	Fosforo disponibile	42
4.5.2	Carbonio umico e carbonio organico totale	
5.	CONCLUSIONI	44
	BIBLIOGRAFIA	45

ELENCO DELLE TABELLE

<u>Tabella 3.2.1: Caratteri generali e descrizione del profilo 1.....</u>	<u>18</u>
<u>Tabella 3.2.1: Caratteri generali e descrizione del profilo 2.....</u>	<u>19</u>
<u>Tabella 3.2.1: Caratteri generali e descrizione del profilo 3.....</u>	<u>20</u>
<u>Tabella 4.1: valori di ph e tessiture del profilo 1.....</u>	<u>32</u>
<u>Tabella 4.1: valori di ph e tessiture del profilo 2.....</u>	<u>33</u>
<u>Tabella 4.1: valori di ph e tessiture del profilo 3.....</u>	<u>33</u>
<u>Tabella 4.1: valori di ph e tessiture del profilo medio.....</u>	<u>35</u>
<u>Tabella 4.2: parametri chimici dell'area di studio.....</u>	<u>36</u>
<u>Tabella 4.2: valori di TOC,HC e PAV del profilo medio</u>	<u>3</u>
<u>Errore. Il segnalibro non è definito.</u>	<u>7</u>
<u>Tabella 2-1: Titolo della tabella.....</u>	<u>Errore. Il segnalibro non è definito.</u>
<u>7</u>	<u>7</u>

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1-1: aspetti morfologici castanea sativa	8
Figura 1-2: orizzonti del suolo.....	11
Figura 3-1: inquadramento area di studio.....	17
Figura 3-2: profilo.....	1748
Figura 3-2-4: profilo pedologico del marroneto	21
Figura 3-4-2 difrattometro.....	23
Figura 3-4-2 picchi spettrometrici	24
Figura 3-4-2 campione preparato e pronto per l'analisi	24
Figura 3-5-1: campioni di suolo con soluzione estraente	26
Figura 3-5-1 spettrofotometro.....	27
Figura 4-2 diffrattometria	34
Figura 3-1: Esempio di didascalia di figura.....	1740

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

~~SIGLA1 — Inserire qui l'eventuale tavola delle sigle e delle abbreviazioni.~~

~~SIGLA2 — Questo è un esempio che mostra le caratteristiche dello stile "Abbreviazioni".~~

~~SIGLA3 — La parola "SIGLA" è formattata con lo stile di carattere "Sigla tondo". Si veda anche lo stile di carattere "Sigla corsivo": *SIGLA*. Tra la sigla e la sua spiegazione c'è uno spazio di tabulazione.~~

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

| Inserire qui il testo dell'introduzione.

INTRODUZIONE

1.1 Il castagno

Il Castagno Europeo (*Castanea sativa Mill.*) è una pianta originaria del bacino mediterraneo, il cui areale è stato ampliato dall'uomo, in particolare i Romani lo portarono fino nella Germania settentrionale. È un albero assai longevo, che può raggiungere i 400-500 anni di età. L'albero dalla chioma ampia e rotondeggiante è alto di media 15-20 m, ma può arrivare fino a 35 m e ad un diametro di 6-7 m, ha un apparato radicale robusto ed espanso che però non approfondisce molto nel suolo. Le infiorescenze femminili sono riunite in un involucro chiamato cupola, quest'ultima, che col tempo si evolverà in "riccio", contiene di solito 3 fiori. Ogni castagna è rivestita da un pericarpo coriaceo e liscio, sulla parte basale del frutto è presente una parte più chiara: l'ilo. Molte varietà da frutto, in primo luogo i marroni, non producono polline, per allegare perciò hanno bisogno dell'apporto di polline da parte di altre piante con fiori maschili. (Corsinotti, et al., 1990)

1.1.1 Ecologia

Il castagno è una pianta mesofila che non tollera le zone aride e quelle fredde e nebbiose. Non resiste del gelo invernale fino a temperature di -15-17 °C, mentre è sensibile a gelate primaverili, è una specie che richiede precipitazioni medie annue di almeno 700 mm. Le condizioni più favorevoli per la produzione di frutti di qualità si hanno tra i 200 ed i 750 m.s.l.m. Per quanto concerne il suolo, questo deve essere acido o neutro: il pH ottimale oscilla tra 4,5 e 6,5 anche se è in grado di tollerare limitate dosi di calcare. I suoli più adatti alla coltivazione del Castagno sono quelli leggeri, profondi, freschi, ricchi di fosforo e potassi, soffre il ristagno idrico e non sopporta terreni asfittici, argillosi, impermeabili, che favoriscono i marciumi e in particolare gli attacchi del mal dell'inchiostro (*Phytophthora cambivora*). (Corsinotti, et al., 1990)

1.1.2 Importanza socio-economica

Secondo i dati dell'ultimo Inventario Nazionale delle Foreste (INFC, 2005), il castagno in Italia si estende su 788.408 ha (pari al 9,2 % della superficie classificata come Bosco alto), a

cui si aggiungono 3.378 ha classificati come Altre terre boscate, cioè Boschi bassi, Boschi radi e Boscaglie. Complessivamente, il castagno rappresenta il 7,5% della superficie forestale italiana. Nelle Marche la superficie forestale occupata dal castagneto è di 3344 ha dati provenienti sempre dall'inventario forestale del 2005. Nel secondo dopoguerra, i boschi di castagne sono entrati, nel nostro paese, in una fase di decadenza e arretramento, a causa sia dell'abbandono delle campagne (e in particolare delle zone montuose), sia del miglioramento delle condizioni di vita (e della conseguente perdita d'interesse del prodotto come fonte di sostentamento), sia infine dell'azione di due parassiti che hanno provocato nei castagneti autentiche epidemie di mal dell'inchiostro e di cancro corticale, due malattie che indeboliscono la pianta fino a ucciderla. La gestione di queste superfici agro-forestali si rivela un fattore determinante per il mantenimento del loro valore naturalistico ed ambientale. Questo tipo di gestione agro-forestale riveste anche un'importanza storico-culturale con delle importanti ricadute sugli aspetti paesaggistici e turistici. La cura che l'uomo pone nel ripristino e nella manutenzione delle selve aiuta la prevenzione di incendi e riduce il rischio di problemi di natura idrogeologica. Un castagneto ben curato è una garanzia di protezione, un'assicurazione per tutti. (Raimondi, 2014)

1.1.3 Recupero e valorizzazione

Oltre alla produzione di frutti esso può generare ulteriori servizi ecosistemici, utili ed essenziali, solo se il castagneto è ben gestito. È per questo che vi è un'esigenza nel recuperare quelle aree abbandonate nel secolo scorso e che oggi rappresentano una opportunità di forte rilancio dell'economia e delle tradizioni locali. Ad oggi il recupero è avvenuto in prevalenza per i marroneti, dato il valore del prodotto. Il recupero dei castagneti abbandonati e la gestione di quelli a regime sono possibili ed auspicabili ma gli interventi per realizzarli risultano spesso poco sostenibili soprattutto dal punto di vista finanziario. Il recupero e il mantenimento delle selve castanili si può basare su presupposti diversi a seconda delle funzioni che gli si attribuiscono; non sempre la produzione di frutto deve essere considerata quella principale, il mantenimento delle attività nel castagneto comporta anche la cura delle piccole infrastrutture atte a regolare il deflusso delle acque e limitare l'erosione contribuendo così a proteggere il territorio nei confronti del dissesto idrogeologico. La selva, come testimonianza dell'opera dell'uomo e per il suo valore estetico, assume un ruolo importante anche in attività di tipo ricreativo (es. agriturismo e feste paesane) e didattico (percorsi e sentieri sulla cultura e coltura del castagno). Il contributo dei castagneti da frutto alla biodiversità deve essere valutato a più livelli: intraspecifico, di soprassuolo e a scala di paesaggio. (Mariotti, et al., 2009)

1.1.4 *Interventi di recupero*

Gli interventi di ripristino colturale e recupero produttivo del castagneto da frutto possono rappresentare un investimento impegnativo per il proprietario o il gestore del bosco, a tal proposito vengono forniti incentivi finanziari in ambito delle politiche di sviluppo rurale. Per la riconversione di un castagneto incolto ad un utilizzo produttivo sono per ovvie ragioni necessarie una serie di lavorazioni preliminari. A questo scopo le operazioni necessarie sono le seguenti: taglio e sgombero della vegetazione arborea cresciuta in seguito all'abbandono, ripulitura e spollonatura degli alberi di castagno liberati, eliminazione dei vecchi castagni meno vigorosi o peggio conformati, eliminazione del materiale vegetale di scarto. La vegetazione arborea insediatasi spontaneamente rappresenta un forte elemento di disturbo per le piante da frutto, soprattutto in riferimento alla disponibilità di luce, di acqua e di nutrienti nel suolo. Uno degli aspetti più evidenti in una selva fruttifera in abbandono è la densa fascia di getti, più o meno giovani e sviluppati, che a foglia di "corona" circonda il colletto degli alberi adulti: sono i cosiddetti polloni, germogli radicali che nel loro sviluppo sottraggono preziose sostanze nutritive ai rami produttivi e rendono difficoltosi l'accesso alla pianta e l'effettuazione delle potature. Dovranno essere recisi con tagli netti, a filo del fusto. Durante tale operazione si dovranno evitare in maniera assoluta strappi o rotture per evitare l'instaurarsi di infezioni pericolose. (Mariotti, et al., 2009)

1.2 Il suolo

Il suolo è un unico organismo naturale che si manifesta come sistema complesso, risultato delle innumerevoli interazioni tra fattori chimici, fisici e biologici (Minasny et al. 2008). È formato da diversi elementi tridimensionali (pedon), correlati tra loro, ma con caratteristiche proprie, che nell'insieme gli conferiscono continuità e lo definiscono (polipedon) (Brady e Weil, 2002). Una definizione completa e comunemente condivisa di suolo è quella data dal Soil Survey Staff (SSS 2003) secondo la quale il suolo si presenta come un'entità naturale composta da una frazione solida (minerali e sostanza organica), una frazione liquida e una gassosa, che occupa la porzione superficiale della litosfera ed è caratterizzato da una o entrambe le seguenti caratteristiche:

- È organizzato in orizzonti distinguibili dal materiale parentale dal quale si è originato come risultato di aggiunte, perdite, trasferimenti e trasformazioni di energia e di materiale;

- È capace di sostenere la vita delle piante radicanti;

La componente minerale del suolo, influenzando la formazione degli aggregati, ne influenza anche la disponibilità di carbonio nella soluzione, non solo mediante processi di adsorbimento, ma limitando indirettamente la diffusione di ossigeno e acqua (Six et al., 2004). Ciò rende il C disponibile nel suolo meno vulnerabile alla degradazione microbica (Kalbitz e Kaiser, 2008). Le interazioni tra fase minerale e materia organica possono portare a una stabilizzazione del C disponibile intrappolato o fisicamente protetto nei micropori del suolo (<2 μm) (Baldock e Skjemstad, 2000). Oltre alla protezione fisica, come già accennato, anche le interazioni intermolecolari tra C e la superficie delle particelle di argilla e gli ossidi di Fe e Al giocano un ruolo importante (Matus et al., 2008), quest'ultimi in particolare sono i componenti più reattivi in suoli acidi e neutri (Matus et al., 2014) e hanno una funzione chiave nella speciazione chimica, nella disponibilità dei nutrienti e nella disintossicazione (Olaniran et al., 2013).

1.2.1 *Influenza della meccanizzazione*

Le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo, spesso sono molto condizionate dalla gestione forestale, in particolare dai trattamenti selvicolturali e dalle operazioni di raccolta che possono comportarne il compattamento e conseguenti limitazioni per la crescita delle piante e la loro rigenerazione naturale. Il contenuto di sostanza organica è più basso nelle aree soggette al movimento dei veicoli e questa diminuzione può essere spiegata dalla minore attività microbica che ne induce una minore mineralizzazione. Inoltre, il continuo passaggio dei mezzi induce un aumento della densità apparente nell'area in conseguenza de compattamento. (Venanzi, et al., 2015)

1.3.2 *Come il prelievo di biomassa legnosa influenza il suolo*

L'asportazione di nutrienti nel legname raccolto è notevole e in alcuni siti questo può influenzare non solo la quantità, ma anche l'equilibrio dei nutrienti disponibili per le piante nel lungo periodo. La rimozione della chioma durante la raccolta influenza la temperatura del suolo e i regimi di umidità. Gli effetti fisici dello strascico a terra possono includere il cambiamento strutturale del suolo, influenzando la ritenzione e il flusso d'acqua e riducendo l'aerazione e la penetrazione delle radici. La compromissione dello scambio

gassoso del suolo, a causa delle attività di gestione, può provocare un aumento della lisciviazione dei cationi nutritivi dove il pH del suolo non è molto basso, come conseguenza della formazione di acido carbonico. L'uso di fertilizzanti a base di urea nel lungo periodo può ad esempio provocare la lisciviazione di alcuni cationi di metalli pesanti in seguito all'acidificazione del suolo derivante dalla nitrificazione del fertilizzante (Ballard, 2000).

1.3.2 *Influenza delle piante su suolo*

Le diverse specie di piante influenzano la conservazione del carbonio dell'ecosistema in diversi modi. Le specie di conifere con apparato radicale superficiale tendono ad accumulare SOM in orizzonti superficiali, ma meno in quelli minerali, rispetto ad alberi decidui. La profondità che può raggiungere la radice è importante per il contenuto di carbonio nel suolo perché la crescita delle radici è il modo più efficace per introdurre C nel suolo (Jobbágy e Jackson, 2000; Rothe et al., 2002; Vesterdal et al., 2002a). In una popolazione di pino dove vi è stato aggiunto il faggio il gradiente di profondità del suolo C è stato modificato. Nella popolazione mista pino-faggio si trova più carbonio accumulato nelle parti più profonde del suolo minerale, perché il faggio raggiungeva con le radici gli orizzonti minerali. (Robert Jandl a, 2004)

1.3 La sostanza organica

La sostanza organica del suolo (SOM) rappresenta la più grande riserva terrestre di carbonio organico. I flussi di carbonio negli ecosistemi naturali, attraverso i diversi comparti ambientali, sono naturalmente regolati da meccanismi di equilibrio dinamico capaci di stabilizzare le quantità delle diverse forme di carbonio organico. Dato il rilevante ruolo di regolatore dei flussi energetici del nostro pianeta, è corretto affermare, prendendo in prestito le parole di Fisher, che “la sostanza organica del suolo è il carburante che fa funzionare il motore del suolo”. Bisogna inoltre sottolineare l'importanza ambientale di preservare la sostanza organica per combattere il disastro socio-economico derivante dal progredire dei fenomeni erosivi e di desertificazione. È necessario quindi conoscere a fondo che cos'è la sostanza organica, come arriva al suolo e come si trasforma, quali sono i fattori che ne influenzano la mineralizzazione e l'accumulo e infine quali sono le sue funzioni nel sistema suolo.

1.4 gli orizzonti

Gli orizzonti rappresentano degli strati di spessore variabile, con andamento circa parallelo alla superficie del suolo, che presentano caratteristiche omogenee per quanto riguarda, ad esempio, colore, tessitura, struttura, pH, carbonati, ecc. La sequenza degli orizzonti, osservata lungo una sezione verticale di suolo, prende il nome di profilo. La presenza o l'assenza di orizzonti, così come il manifestarsi di particolari loro sequenze, o di specifiche situazioni, viene utilizzata, come chiave di lettura, nella classificazione dei suoli. Il sistema tassonomico americano si basa sull'identificazione, effettuata principalmente in campagna, di orizzonti e proprietà del suolo cosiddette "diagnostiche", la cui presenza, assenza o combinazione permette di collocare il suolo in una determinata categoria. Si tratta di un sistema piuttosto sofisticato, che prevede sei livelli gerarchici: ordini, sottordini, grandi gruppi, sottogruppi, famiglie e serie di suoli. Il concetto centrale della Soil Taxonomy è di raggruppare, per ogni livello gerarchico, il maggior numero di informazioni sull'uso del suolo; l'aspetto pedogenetico, cioè come le proprietà si siano generate gioca un ruolo importante, ma indiretto. Altri principi fondamentali che caratterizzano la Soil Taxonomy sono:

- a) essere il più oggettiva possibile (non utilizza i processi pedogenetici per la definizione dei suoli, poiché opinabili, bensì orizzonti e caratteristiche diagnostiche dettagliatamente codificate);
- b) essere multicategoriale (scelta appropriata del livello gerarchico di riferimento in funzione della scala e degli obiettivi del rilevamento);
- c) essere aperta alla comprensione di nuovi suoli (sono possibili modificazioni senza grandi disturbi per la struttura del Sistema di classificazione);
- d) prevedere proprietà diagnostiche e caratteristiche differenziali che possano essere riconosciute soprattutto in campagna, e anche quando i suoli vengono messi a coltura. Si definisce orizzonte diagnostico un orizzonte pedologico utilizzato per distinguere e classificare i differenti tipi di suolo. Il concetto di orizzonte diagnostico è basilare, quindi, in tutte le tassonomie pedologiche sviluppate nel mondo. Gli orizzonti diagnostici sono considerati come dei "segni" lasciati dai diversi fattori pedogenetici che hanno agito su un

suolo; ai fini della classificazione, nella Soil Taxonomy USDA se ne individuano parecchi differenti tipi, di superficie (epipedon) e di profondità (endopedon); la classificazione basata su di essi interessa i livelli tassonomici più elevati(ordini).

1.5.1 *gli orizzonti organici*

Gli orizzonti organici sono gli orizzonti più superficiali del suolo, sono formati da materiale vegetale e animale in diversi stadi di degradazione. Secondo il Référentiel pédologique tali orizzonti sono indicati con la lettera “O” che abbrevia appunto il termine “Organico”. Tali orizzonti sono divisi in tre gruppi: OL, OF e OH. Tale distinzione è basata sul grado di decomposizione della sostanza organica e nella quantità di sostanza organica fine presente in percentuale su volume.” (HUMUS FORESTALI, Zanella et al. 2001)

1.4.2 *gli orizzonti organo-minerali*

Gli orizzonti A sono detti anche orizzonti organo-minerali perché, tra gli orizzonti minerali, sono quelli più ricchi di sostanza organica. Rimangono comunque degli orizzonti minerali. Si trovano alla superficie dei suoli, subito sotto l’orizzonte O, se presente. Gli orizzonti A sono caratterizzati da;

- accumulo di sostanza organica che ne determina il colore scuro; alcuni orizzonti possono avere colore litocromico e non dovuto a sostanza organica (materiale vulcanico, suoli ridotti con presenza di FeS₂)
- Assenza di parental material, ma possono essere presenti sassi, che in sezione spesso presentano il cosiddetto WEATHERING RIND (a cipollatura), cioè un CORE centrale meno alterato circondato da anelli di varie dimensioni che diventano sempre più simile alla terra fine man mano che si procede verso gli strati più esterni
- organizzazione in aggregati

1,5,3 *gli orizzonti minerali*

Gli orizzonti diagnostici di profondità si differenziano da quelli di superficie perché la loro formazione e il loro sviluppo sono avvenuti a minor intensità di alterazione pedogenetica; Gli orizzonti minerali B sono suddivisibili in **illuviali** (orizzonti che ricevono materiale, vengono arricchiti) ed **eluviali** (*eluviare* = portare via, quindi soggetti ad asportazione/impoverimento).

1.5.4 *orizzonte cambic (Bw)*

l'orizzonte cambic è un orizzonte di alterazione, caratterizzato da modeste trasformazioni della roccia di origine. Deriva da processi di alterazione fisica e/o trasformazioni chimiche, che hanno provocato trasformazioni della originale struttura rocciosa o aggregazioni delle particelle del suolo (in poche parole, che hanno provocato una pedogenesi almeno iniziale). Per essere definito *cambic*, un orizzonte deve essere spesso almeno 15 cm. Le alterazioni fisiche possono avere varie origini: cicli gelo/disgelo o inumidimento/disseccamento, proliferazioni radicali, attività animali. Per quanto riguarda le alterazioni di tipo chimico, può derivare da idrolisi di minerali primari, dissoluzione di sali minerali e successiva loro rideposizione, riduzione e rimozione di ferro. Dato che la definizione di orizzonte cambic è piuttosto lasca, possono manifestarsene diversi tipi, e la sua presenza può essere sintomo di diverse condizioni di nascita e sviluppo di un suolo. L'orizzonte Bw è l'orizzonte minerale protagonista di questo studio.

2. Scopo

Lo scopo di questa tesi è quello di valutare i parametri caratterizzanti del suolo (pH, tessitura carbonio umico, carbonio organico totale e fosforo disponibile), mediante l'analisi di campioni di suolo prelevati dai diversi orizzonti genetici di 3 profili all'interno di un castagneto in conversione a marroneto in un'ottica di valutazione degli effetti del cambio di uso del suolo.

Capitolo 2 MATERIALI E METODI:

3.1 Inquadramento dell'area di studio

Lo studio è stato condotto in un'area del Monte San Savino in prossimità di Pievebovigliana, una frazione del comune di Valfornace situato all'interno della provincia di Macerata.

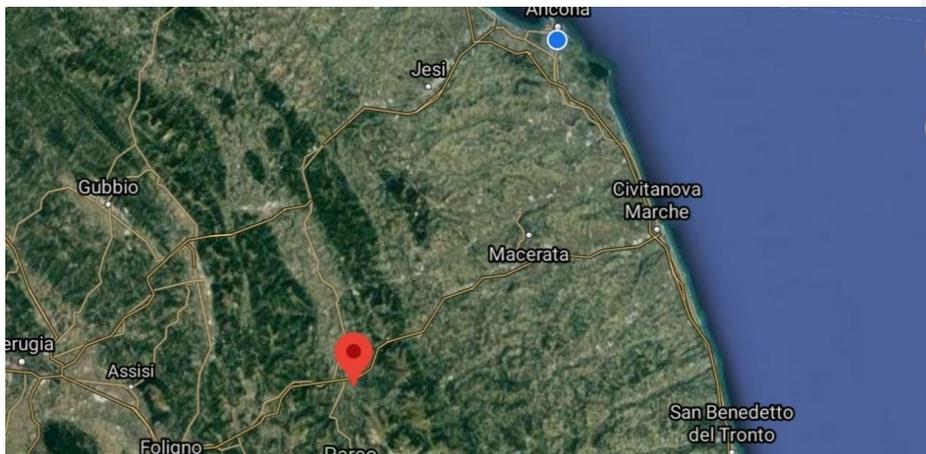


Figura 2-1: - Inquadramento geografico del sito interessato dallo studio.

Il nostro studio prevedeva l'apertura di tre profili di suolo in località Monte San Savino. Il suolo in questione si è evoluto su arenaria con banconi siltitici. L'area di studio si trova ad un'altitudine di 820 metri sul livello del mare e una pendenza media del 38%. Tutti i profili aperti hanno un'esposizione Nord-NordOvest. La precipitazione totale media annua è di 945 mm con una temperatura media annua di 13 °C.

3.1.1 analisi della vegetazione

La cenosi prevalente è il Castagneto, il quale si trova nelle fasi preliminari per la conversione a marroneto, saranno pertanto previsti delle ripuliture e interventi sulla copertura forestale

per garantire migliori condizioni di crescita e sviluppo agli esemplari di castagno selezionati, con successivo innesto con la cultivar prestabilita. In questa fase che precede l'inizio dei lavori, il castagno è affiancato da specie arboree dannose da un punto di vista produttivo, in quanto depauperano il terreno di elementi nutritivi e competono con il castagno per l'approvvigionamento di luce, le specie arboree presenti sono: il Carpino Nero (*Ostrya carpinifolia L.*) e Pioppo Tremulo (*Populus tremula L.*). Le specie arbustive ed erbacee che compongono prevalentemente lo strato arbustivo del bosco sono: il rovo selvatico (*Rubus ulmifolius L.*), il biancospino (*Crataegus monogyna L.*) mentre nello strato erbaceo si osserva una dominanza di *Cyclamen spp.*

3.2 Campionamento della lettiera

Sul campo, l'attività di apertura del profilo è affiancata dalla campionatura della lettiera. I campioni prelevati sono stati inseriti in appositi sacchetti contrassegnati. È stato raccolto un campione per ogni orizzonte organico (Référentiel Pédologique) per cui di ogni profilo si ha:

OLn: residui non trasformati e non frammentati, eventualmente inscuriti; lettiera fresca a struttura lassa;

OLv: residui poco trasformati, con variazioni di colore, coesione e consistenza rispetto a OLn;

OH: sostanza organica fine per più del 70%; colore bruno scuro; struttura granulare o fibrosa; granuli minerali visibili.

3.3 Analisi fisiche

3.3.1 tessitura

per l'analisi della tessitura ho usato il metodo della pipetta, basato sull'applicazione della legge di Stokes. Il metodo consiglia di utilizzare un quantitativo di 100 g di terra fine per i suoli sabbiosi.

3.3.2 mineralogia

L'analisi rontgenografica è una tecnica che permette la caratterizzazione mineralogica utilizzando raggi x, una forma di energia molto simile alla luce ma con contenuto energetico e potere penetrante di gran lunga maggiore. Essi sono prodotti bombardando un metallo (Cu, Co o Mo i più usati) con raggi catodici: l'energia dei raggi è trasferita agli elettroni degli atomi di metallo che, eccitandosi, si portano a livelli energetici superiori. Nel tornare ai livelli energetici di riposo, riemettono energia sotto forma di raggi x. La piccola lunghezza d'onda associata ai raggi x ($\lambda = 1 \text{ pm} - 100 \text{ nm}$) fa sì che questi risultino particolarmente utili nello studio della struttura cristallina. Quando una radiazione x di adatta λ colpisce un cristallo, si generano due fasci, uno che non cambia direzione (non subisce cioè diffrazione), e l'altro che viene diffratto di un angolo θ . Rilevando la misura di tale angolo e in accordo alla legge di Bragg ($n\lambda = 2d \cdot \sin\theta$) è possibile calcolare la distanza reticolare d , caratteristica di ogni cristallo. Nel tempo, questo tipo di analisi ha permesso di attribuire proprietà cristalline a molte argille precedentemente credute amorfe. Lo strumento usato per l'analisi è un *diffratometro*



Figura 2-23 *diffratometro*

I campioni, dopo essere stati preparati con molitura mediante due pezzi di vetro che hanno reso il campione liscio e omogeneo, sono stati analizzati. Dal diffrattogramma elaborato, è stata ricavata la composizione mineralogica mediante associazione biunivoca dei picchi caratteristici secondo quanto riportato da Brindley e Brown (1980), Moore e Reynolds (1989), Dixon e Schulze (2002). La quantificazione dei minerali è stata ottenuta valutando l'altezza dei picchi caratteristici.

Figura 2-34 picchi spettrometrici

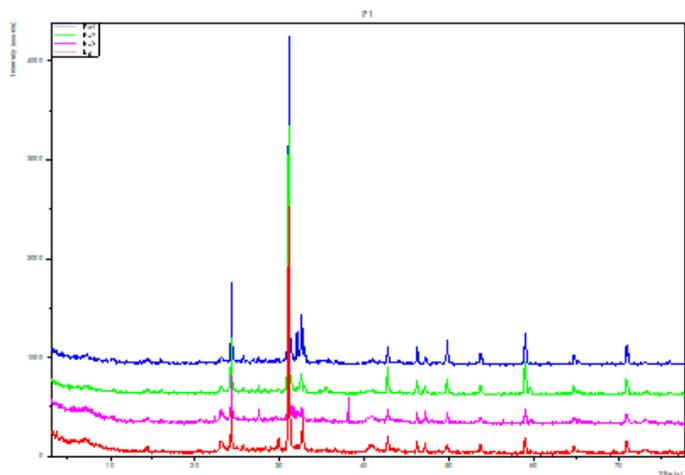


Figura 2-45 campione preparato e pronto per l'analisi



3.4 Analisi chimiche

3.4.1 Fosforo disponibile

La quantità totale di P che si trova in un suolo ha scarso valore agronomico, poiché le diverse forme nelle quali può trovarsi (ioni fosfato in soluzione, legati alla sostanza organica, adsorbiti sulle superfici degli ossidrossidi di Fe ed Al e sui minerali argillosi), attribuiscono all'elemento un'assimilabilità assai variabile, da alta a praticamente nulla. Infatti, terreni ricchi in Fe ed Al bloccano il P, così come terreni sub-alcalini ricchi di calcio lo rendono praticamente insolubile sotto forma di fosfato tricalcico. Il P ha la massima disponibilità a pH neutro o al limite sub-alcalino. Il passaggio del fosforo dalla fase solida alla soluzione circolante è molto lento, e non sempre la concentrazione ionica di PO_4^{3-} in soluzione risulta sufficiente per la crescita delle piante. Il P organico, invece, è disponibile in tempi più o meno brevi, in relazione ai numerosi parametri che conducono la mineralizzazione della sostanza organica. Per P assimilabile si intende la quota del nutriente presente in soluzione e nelle forme organico-minerali più accessibili all'assorbimento radicale. Molti metodi sono stati nel tempo proposti per la determinazione del P assimilabile, e non sempre hanno fornito dati confrontabili, ma va anche specificato che ogni metodo cerca di riprodurre in laboratorio diverse condizioni di campo. Il metodo considerato più valido per la determinazione della frazione assimilabile del P totale è il metodo Olsen (1954), basato sulla capacità del carbonato acido di sodio di diminuire l'attività degli ioni calcio. In questo modo si può estrarre la frazione dei fosfati legata agli ioni calcio o recentemente co-precipitati con i carbonati. Il contenuto di fosforo nell'estratto viene misurato per spettrofotometria, visibile mediante lo sviluppo di un complesso fosfomolibdico di colore blu. Il metodo prevede l'uso di 10 g di terra fine, ai quali vanno aggiunti 40 ml di soluzione 0.5 M di NaHCO_3 a pH 8.5. La sospensione, cui va aggiunta una spatolata di carbone che funge da decolorante, va mantenuta in agitazione per trenta minuti su agitatore rotativo. Successivamente, la soluzione viene filtrata con filtri Wathman 42 e raccolta in contenitori plastici muniti di tappo. Parallelamente si esegue una prova in bianco, seguendo la stessa procedura ma omettendo il campione, che fungerà da riferimento. Dai contenitori plastici viene poi prelevata un'aliquota del filtrato (20 ml) e posta in matraccio da

50 ml, dove lentamente va aggiunto 1 ml di H₂SO₄. La nuova soluzione dovrà essere mantenuta una notte in agitazione. Al momento della misura si prepara il reagente colorimetrico come segue. A 500 ml di acqua distillata contenuta in un matraccio da 1000 ml, si sono aggiunti 1.7 g di acido ascorbico (C₆H₈O₆), 17 ml di reagente solfomolibdico, 25 ml di H₂SO₄, 5 M e 85 ml di una soluzione di potassio antimoniltartrato [K(SbO)C₄H₄O₆ · H₂O] 0.5 g/l. Il reagente solfomolibdico è stato preparato in precedenza, aggiungendo lentamente a 400 ml circa di acqua distillata, contenuti in un matraccio da 1000 ml, 278 ml di H₂SO₄ concentrato e, dopo raffreddamento fino a 50°C ca., 49.08 g di ammonio p-molibdato [(NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O], per poi portare a volume con acqua distillata. A questo punto, ai 20 ml di filtrato acidificato e degassato, sono stati aggiunti 8 ml di reagente colorimetrico e portato a volume con acqua deionizzata. Dopo 10 minuti, necessari a sviluppare il complesso fosfomolibdico, un'aliquota della soluzione è stata messa in una cuvetta con 10 mm di cammino ottico e letta allo spettrofotometro (Varian Cary 50 scan), contro la prova in bianco, alla lunghezza d'onda di 720 nm. Preventivamente era stata preparata una retta di taratura sottoponendo alla stessa procedura di colorazione 5 soluzioni standard preparate al momento con concentrazioni di P di 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1 mg l⁻¹. Il contenuto di P assimilabile, espresso in mg kg⁻¹, è stato ottenuto utilizzando la relazione

$$C = 1000 \cdot B \cdot D \cdot V \cdot P^{-1}$$

dove

C = contenuto di P assimilabile [mg kg⁻¹]

B = concentrazione di fosforo letta dallo spettrofotometro [mg l⁻¹]

D = fattore di diluizione della soluzione analizzata V = volume di soluzione estraente [l]

P = massa del campione [g]



Figura 2-56 campioni di suolo con soluzione estraente



Figura 2-67 spettrofotometro

3.4.2 determinazione del pH

Il pH di un suolo indica la sua reazione, cioè la sua acidità, neutralità o basicità.

Le condizioni chimiche che si accompagnano alle diverse tipologie di reazione forniscono

importanti informazioni sull'accessibilità ad elementi nutritivi indispensabili e sulla disponibilità di elementi banali o anche tossici. Ad esempio, ioni come Fe^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , si trovano liberi nella soluzione circolante quando questa ha bassi valori di pH. Un ulteriore abbassamento provoca un aumento della loro disponibilità che si traduce in tossicità. D'altra parte, all'aumentare del pH, la loro concentrazione diminuisce per insolubilizzazione, arrivando a provocare sintomi di carenza nelle piante. In entrambi i casi, è sempre la produzione a farne le spese. Le radici delle piante, essendo in contatto con la soluzione circolante nel suolo, sono soggette allo stesso pH e ne subiscono direttamente gli effetti. Il pH è il logaritmo cambiato di segno della concentrazione idrogenionica:

$$pH = - \log [H_3O^+]$$

Esso viene determinato per via potenziometrica mediante piaccmetro, una pila di concentrazione che misura la differenza di potenziale che si viene a creare tra due semi pile, una a concentrazione nota e l'altra incognita. La differenza di potenziale è data da:

$$E = (RT/nF) * \ln C/C_x$$

dove C è la concentrazione nota e C_x quella incognita. La sonda, collegata allo strumento, è dotata di due elettrodi: uno di riferimento ($Ag/AgCl$) viene posto a contatto con la soluzione da misurare; l'altro è costituito da un sottile bulbo di vetro atto a separare la soluzione da misurare da una acida a concentrazione nota, satura di $AgCl$. I due elettrodi sono collegati mediante ponte salino costituito da una soluzione 4M di KCl , $AgCl$ satura; sul bulbo di vetro si crea una tensione elettrica che risulta proporzionale alla concentrazione di H_3O^+ della soluzione incognita. Il sistema però, prima di effettuare la determinazione del pH, deve essere tarato con soluzioni di riferimento, usando soluzioni tampone a pH 4, 7 e 10. Il pH del terreno dipende soprattutto dalla natura chimica della fase solida del terreno ed in particolare dal numero di siti di scambio (cariche superficiali positive e negative) e dal grado di saturazione e quindi dal numero e dal tipo di basi di scambio (K, Mg, Ca, Na) presenti nel terreno.

La possibilità che il pH possa modificarsi dipende dalla capacità delle superfici di rilasciare idrogenioni o basi di scambio per contrastare questa variazione di pH della soluzione circolante (potere tampone); essa dipende dalla quantità e dal tipo di argilla e di sostanza organica nel terreno. Quindi il pH dipende:

- dalla presenza di idrogenioni nella soluzione circolante;
- dal tipo e dal grado di saturazione dei colloidi argillosi ed organici;

- dalla natura delle basi di scambio.

Il pH del terreno influenza notevolmente:

- l'attività microbiologica: la maggior parte dei batteri, da cui dipendono azoto-fissazione, nitrificazione, decomposizione della sostanza organica, esigono un ambiente sub-acido o leggermente alcalino (pH 6,8 – 7,2); lo scostamento da tali valori si ripercuote quindi sia sulla

disponibilità di elementi nutritivi sia sul processo di umificazione.

- La disponibilità di elementi minerali: il pH del suolo condiziona la solubilità dei vari elementi

minerali determinando il loro accumulo in forme più o meno disponibili per le piante o la loro

lisciviazione verso strati più profondi. La conoscenza del pH fornisce quindi indicazioni relative alla disponibilità di elementi minerali nella soluzione del suolo sia provenienti dalla decomposizione dei minerali di origine che dai fertilizzanti distribuiti. Il pH è molto importante nell'insolubilizzazione del fosforo che si accerta sia nei suoli acidi che in quelli ad alcalinità fisiologica (presenza di CaCO_3) con formazione, rispettivamente, di fosfati di ferro ed alluminio e forme non solubili di fosfati di tipo apatitico. Elevata alcalinità provoca completa insolubilizzazione di ferro, rame, manganese.

- la mobilità di ioni tossici: pH acidi determinano la mobilità e la conseguente tossicità dell'alluminio che si va ad accumulare sulle pareti cellulari delle radici, impedendo la traslocazione dei nutrienti e riducendo lo sviluppo delle radici stesse.

Misurazione

Una aliquota di campione viene posta in beaker con l'aggiunta di acqua deionizzata mantenendo il rapporto 1:2,5 e, dopo agitazione, la sospensione viene lasciata riposare una nottata prima di procedere alla lettura del pH. All'atto della misurazione, la sospensione è mantenuta in agitazione mediante agitatore ad ancora magnetica. I valori di pH sono espressi con due cifre decimali. Per assicurare una buona lettura è necessario calibrare lo strumento ogni volta lo si usi. Calibrare un piaccmetro significa dal punto di vista elettrico aggiustare i valori di guadagno e di offset del circuito amplificatore affinché il valore fornito dallo strumento coincida con quello previsto dalla lettura di alcune soluzioni standard dal pH noto. Operativamente la calibrazione viene condotta con due soluzioni tampone standard, preferibilmente prima dell'uso: si usano una soluzione tampone a pH 7,01 (praticamente

neutra) e una a pH 4,01(acida). Guadagno e offset vengono aggiustati ripetutamente fino a quando gli standard utilizzati producono la lettura di pH attesa. Terminata la calibrazione, l'elettrodo viene sciacquato con acqua distillata, asciugato e immerso nel campione. L'elettrodo a vetro è generalmente conservato immerso in una soluzione a pH 3 per impedire che la membrana di vetro si secchi; si tende ad evitare l'uso di acqua distillata perché potrebbe estrarre per osmosi gli ioni idrogeno presenti all'interno dell'elettrodo. Nel nostro caso, sono stati posti 10gr di suolo in un beaker ai quali sono stati aggiunti 25 ml di H₂O distillata. Il tutto è stato messo in agitazione e dopo 10 minuti di riposo, è stata svolta la misurazione (Gutián e Carballas, 1976).

3.4.3 determinazione del carbonio organico

Il C organico delle diverse frazioni della sostanza organica è stato determinato con il metodo Allison (1960).

Metodo per la determinazione del C organico a caldo (Allison,1960)

Il metodo prevede l'ossidazione del carbonio organico ad anidride carbonica con soluzione di

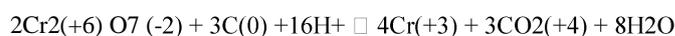
potassio dicromato in presenza di acido solforico. L'uso del calore (180°C per 30 minuti) consente

la completa ossidazione di tutto il materiale organico presente nel campione da parte del dicromato,

così da poter determinare tutto il carbonio organico.

Il dicromato, riducendosi, ossida il C della sostanza organica da 0 (valore medio) a +4 (della CO₂,

la forma più ossidata) secondo la reazione:



La quantità di dicromato che non ha reagito con la sostanza organica, viene quantificata mediante titolazione con una soluzione di ferro ammonio solfato, detta Sale di Mohr [Fe(NH₄)₂(SO₄)₂·6H₂O]



in presenza di acido fosforico e dell'indicatore difenilammina (1 g di difenilammina in 100 ml di acido solforico concentrato).

Il metodo prevede l'utilizzo di una quantità variabile di campione (qui sono stati utilizzati 3 mg) in proporzione inversa alla quantità del contenuto atteso, per evitare che tutto il bicromato reagisca ed assicurandosi invece il suo eccesso. Il volume di soluzione scelta è a questo punto trasferito in un becker con l'aggiunta di 10 cc di $K_2Cr_2O_7$ 1 N e 20 cc di H_2SO_4 concentrato al 96%. Dopo trenta minuti passati in stufa la reazione viene spenta con l'aggiunta di 200 ml circa di acqua deionizzata e la quantità di potassio bicromato che non ha reagito viene determinata per titolazione. Si aggiungono 5 ml di H_3PO_4 concentrato, alcune gocce di difenilammina, e si titola con la soluzione di ferro ammonio solfato esaidrato 0.5 N, mantenendo il campione in agitazione, fino al viraggio dal blu al verde. Parallelamente si esegue una prova in bianco, nella quale è stato ommesso il campione, per avere lo zero del viraggio. Inoltre è stata effettuata la prova e controprova di ogni campione in modo da poter mediare il dato finale ottenuto e valutarne così l'errore standard.

Procedimento per la determinazione del C organico

Prima di procedere alla determinazione del contenuto di C organico delle varie frazioni della sostanza organica precedentemente separate, è necessario preparare i seguenti reagenti:

- potassio bicromato soluzione 1/6 mol/l: in un matraccio tarato da 1000 ml contenente 600 ml di acqua distillata sciogliere 49,032 g di essiccato in stufa a 130 - 140°C, portare a volume con acqua ed omogeneizzare;

- ferro ammonio solfato esaidrato $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ soluzione 0,5 N: in un matraccio tarato da 1000 ml contenente 600 ml di acqua sciogliere 196,06 g di $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$. Aggiungere 15 ml di H_2SO_4 , portare a volume con acqua ed omogeneizzare.

Il titolo delle soluzioni di ferro ammonio solfato, o Sale di Mohr, non è stabile e deve essere controllato per ogni serie di analisi.

Il contenuto di C organico si ricava dall'equazione:

$$C = 1000 \cdot (B - B_1) \cdot 10 \cdot 0,003 \cdot B - 1 \cdot P - 1$$

dove:

C = contenuto di C organico (g/kg);

B = ml di sale di Mohr consumati per titolare la prova in bianco;

B1 = ml di sale di Mohr consumati per titolare il campione;
10 = ml di bicromato di potassio utilizzati per la reazione;
0,003 = peso equivalente del carbonio considerato a valenza zero (g)
P = aliquota di campione sottoposto ad analisi (ml, g)

3.4.3 Contenuto di carbonio e azoto

La determinazione di C e N totali è stata effettuata tramite analizzatore elementare Carlo Erba

CHNS-OEA 1110. Lo strumento è composto da un reattore di quarzo mantenuto ad una temperatura di 1000°C dove i campioni vengono combusti, ossidati e/o ridotti, una colonna cromatografica dove i prodotti della combustione vengono separati ed un detector a conducibilità termica. Tutto il sistema è attraversato da un flusso di He che funge da carrier. Dato che le quantità immesse nello strumento sono dell'ordine di 50-60 mg, il campione da analizzare viene ridotto a dimensioni < 0.5 mm con un mulino a palle per ottenere una migliore omogeneità. Quindi, un'aliquota di ogni campione, pesata con bilancia di precisione a 6 cifre decimali, è trasferita in una capsula di stagno ed introdotta nel reattore dello strumento. Nel momento in cui ogni capsula cade all'interno del reattore viene iniettata una piccola quantità di ossigeno che, ossidando lo stagno della capsula a SnO₂, provoca un aumento della temperatura fino a 1700-1800°C (flash combustion) favorendo la completa combustione del campione. I prodotti di combustione (CO₂ e NO_x ed eventuale SO₃) vengono trasportati dal gas carrier (He) lungo il reattore la miscela di gas, passa prima attraverso lo strato catalitico di Cr₂O₃ e poi attraverso lo strato di CuO, dove gli ossidi di NiSO₃, vengono ridotti a N₂ e a SO₂. Successivamente i gas vengono convogliati nella colonna cromatografica (Porapak Q) dove vengono separati in quest'ordine: N₂, CO₂ e SO₂. Le quantità di N, C e S vengono rilevate dal detector a conducibilità termica.

3.5 analisi statistica

L'analisi statistica dei dati è stata svolta tramite ANOVA ad una via, eseguita per sottolineare le differenze tra i parametri fisico-chimici dei vari profili. Prima dell'analisi, è stata valutata la normalità e l'omoschedasticità del set di dati utilizzando, rispettivamente, il test statistico di Shapiro-Wilk e il test di Levene con un livello di significatività del 5%. I presupposti

statistici non sono stati violati ed è stato utilizzato il test HSD (Honest Significant Difference) di Tukey con $P \leq 0,05$ per confrontare le differenze tra le medie.

4. risultati

4.1 Descrizione dei profili pedologici



Figura 7- Posizione dei profili all'interno dell'area campionata

4.1.1 Profilo 1

Il primo profilo aperto è caratterizzato da una lettiera, nell'orizzonte Oi, ricca di Foglie, rametti, ricci e castagne. Vi è stata riscontrata anche la presenza a tratti di micro-avvallamenti in cui è presente un minimo sviluppo (millimetrico) dell'orizzonte A. Nell'orizzonte Bw1 si osservano figure redoximorfiche tipiche che conferiscono un aspetto "sale e pepe" agli aggregati di suolo dato da lessivage.

L'orizzonte Bw2 mostra la presenza di cutans, altre figure tipiche di ambienti con oscillazione stagionale della falda freatica e canali da tanatosi radicale riempiti da materia organica.

Gli orizzonti Bw3 e Bg vedono rispettivamente la presenza di frustoli di carbone e noduli di Fe e Mn.

Di seguito la tabella con la descrizione morfologica completa del profilo.

Tab. 1 - Caratteri generali e morfologia dei suoli campionati a Monte San Savino (Polverina), provincia di Macerata, Regione Marche, Italia. Per I simboli vedere la legenda.

Dati termo-pluviometrici medi nel periodo di riferimento 1991-2010: precipitazione totale media annua, 945 mm; temperatura media annua, 13°C.

Orizzonte	Profondità cm	Spessore cm	Limite ^b	Colore ^c	Scheletro %, a vista	Struttura ^e	Consistenza ^f	Radici ^g	Altre osservazioni ^h
Profilo n° 1 (43° 4' 6.121" N, 13° 6' 35.445" E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici. Pendenza: 38%; Esposizione: N-NO. Gestione: castagneto in conversione a marroneto. Vegetation – trees: <i>Ostrya carpinifolia</i> L., <i>Populus tremula</i> L. bushes: <i>Rubus ulmifolius</i> L., <i>Crataegus monogyna</i> L.; herbaceous: <i>Cyclamen spp.</i> ; Soil: (Soil Survey Staff, 2014).									
Oi	4.5-1.5	2-6	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
Oe	1.5-1	0.5-1	C, W	-	-	-	-	-	-
Oa	1-0	1-2	A, W	-	-	2, sbk, gr, f	fr	2, vf, 1, f	Presenza a luoghi in microavvallamenti di orizzonte A millimetrico
Bw1	0-16	12-20	C, W	10YR 4/6	-	2-3, sbk, m, co	fr	1, vf, 2, f, 3, m, co	Effetto “sale e pepe” da lessivage sugli aggregati, screziature 5%
Bw2	16-41	20-26	C, W	10YR 4/6	-	2, sbk, co, m	fr	1, vf, f, 2, m, co	Screziature 15%, cutans da lessivage, canali da tanatosi radicale con riempimenti di materiale organico
Bw3	41-66	18-32	C, W	10YR 5/6	-	2, sbk, co, m	fr	1, vf, f, 2, m, co	Frustoli di carbone, screziature 20-25%
Bg	66-96	28-32	C, W	10YR 5/6	-	2, sbk, co, m	fr	1, vf, f, 2, m, co	Screziature intricate, noduli di Fe-Mn
C	96+	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.2 Profilo 2

Nel secondo profilo gli orizzonti organici sono caratterizzati da abbondanza di mesofauna e presenza di micelio fungino il quale viene riscontrato in parte nell'orizzonte Bw, nello stesso sono stati trovati canali radicali riempiti di materia organica. Come per il profilo 1 anche in questo vengono osservati effetti legati al lessivage.

Di seguito la tabella con la descrizione morfologica completa del profilo.

Tab. 1 - Caratteri generali e morfologia dei suoli campionati a Monte San Savino (Polverina), provincia di Macerata, Regione Marche, Italia. Per i simboli vedere la legenda.

Dati termo-pluviometrici medi nel periodo di riferimento 1991-2010: precipitazione totale media annua, 945 mm; temperatura media annua, 13°C.

Orizzonte ^e	Profondità cm	Spessore cm	Limite ^b	Colore ^c	Scheletro %, a vista	Struttura ^c	Consistenza ^f	Radici ^g	Altre osservazioni ^h
Profilo n° 2 (43° 4' 6.236"N, 13° 6' 35.395"E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici. Pendenza: 38%; Esposizione: N-NO. Gestione: castagneto in conversione a marroneto. Vegetation – trees: <i>Ostrya carpinifolia</i> L., <i>Populus tremula</i> L. bushes: <i>Rubus ulmifolius</i> L., <i>Crataegus monogyna</i> L.; herbaceous: <i>Cyclamen</i> spp.; Soil: (Soil Survey Staff, 2014).									
Oi	7-3	3-8	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
Oe	3-1	2-3	C, W	-	-	-	-	-	Presenza micelio fungino
Oa	1-0	1-2	A, W	-	-	2, sbk, gr, f	fr	2, vf, 1, f	Abbondanza di mesofauna
A	0-1	-	-	10YR 2/1	-	2 gr, f, m	fr	2 vf, f	-
Bw1	1-14	10-15	C, W	10YR 4/6	-	3-2 sbk, m, co	fr	1, vf, m, co, 3, f	Poco micelio fungino, canali radicali riempiti di materiale organico, morfologie tipiche del lessivage
Bw2	14-40	25-28	C, W	10YR 4/6	-	2 sbk, abk, m, co	fr	1, vf, 3, f, m, co	Effetto "sale e pepe" e cutans da lessivage sugli aggregati, screziature 5%, canali di arvicola
Bw3	40-55	13-17	C, W	10YR 5/6	-	2 sbk, abk, m, co	fr	1, vf, 3, f, m, co	Pochi frustoli di carbone, screziature 15%
Bg	55-93	14-24	C, W	10YR 5/6	-	2 sbk, abk, m, co	fr	1, vf, 3, f, m, co	Screziature intricate
C	93+	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.3 Profilo 3

Nel terzo profilo gli orizzonti organici sono caratterizzati dalla stessa lettiera dei precedenti, presenza di mesofauna fino all'orizzonte AB e da pochi frustoli di carbone ritrovati fino all'orizzonte Bw3.

Di seguito la tabella con la descrizione morfologica completa del profilo.

Tab. 3 - Caratteri generali e morfologia dei suoli campionati a Monte San Savino (Polverina), provincia di Macerata, Regione Marche, Italia. Per I simboli vedere la legenda.

Dati termo-pluviometrici medi nel periodo di riferimento 1991-2010: precipitazione totale media annua, 945 mm; temperatura media annua, 13°C.

Orizzont e	Profondità cm	Spessore cm	Limite ^b	Colore ^c	Scheletro %, a vista	Struttura ^e	Consistenza ^f	Radici ^g	Altre osservazioni ^h
Profilo n° 3 (43° 4' 6.629"N, 13° 6' 34.905" E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici. Pendenza: 38%; Esposizione: N-NO. Gestione: castagneto in conversione a marroneto. Vegetation – trees: <i>Ostrya carpinifolia</i> L., <i>Populus tremula</i> L. bushes: <i>Rubus ulmifolius</i> L., <i>Crataegus monogyna</i> L.; herbaceous: <i>Cyclamen</i> spp.; Soil: (Soil Survey Staff, 2014).									
Oi	6-2	2-8	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
Oe	2-1	1-2	C, W	-	-	-	-	-	-
Oa	1-0	0.5-1	C, W	-	-	2, sbk, gr, f	fr	2, vf, 1, f	Presenza di mesofauna
AB	0-5	3-6	C, W	10YR 3/2	-	2, abk, m, f	fr	2, vf, f	Presenza di mesofauna
Bw1	5-14	8-12	C, W	10YR 4/6	-	2, sbk, abk, co, m	fr	1, vf, 2, f	Pochi frustoli di carbone, Effetto “sale e pepe” e cutans da lessivage sugli aggregati
Bw2	14-36	20-24	C, W	10YR 4/6	-	2, sbk, abk, co, m	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m	Pochi frustoli di carbone, Effetto “sale e pepe” e cutans da lessivage sugli aggregati
Bw3	36-59	17-29	C, W	2.5Y 5/6	-	2, sbk, abk, co, m	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m	Screziature 10%, cutans da lessivage, pochi frustoli di carbone
Bg	59-115	50-62	C, W	2.5Y 5/6	-	2, sbk, abk, co, m	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m	Screziature intricate, pochi frustoli di carbone
C	115+	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2.4 Apertura del profilo pedologico

L'apertura del profilo pedologico consiste in uno scavo lungo più o meno mezzo metro, largo trenta cm e leggermente più profondo, la scelta del punto nel quale aprire il profilo viene fatta in campo seguendo le osservazioni morfologiche della stazione e nel caso specifico sempre in prossimità delle stazioni metereologiche. Dopo lo scavo si effettua una ripulita del fronte del profilo dalle radici e da elementi che ostacolano la lettura degli orizzonti, seguita dalla scoltellatura, operazione atta a ripristinare la tridimensionalità e in parte la naturalità degli aggregati sul fronte per poterne osservare meglio le caratteristiche morfologiche. Ottenuto il profilo con le caratteristiche necessarie per la descrizione, questo viene attrezzato con cordella metrica e lavagnetta che ne indica la località e successivamente al riconoscimento degli orizzonti genetici in base alla loro struttura e al colore, viene apposto un chiodo identificativo al limite di ciascuno di essi.



Figura 2-82 Esempio di profilo pedologico all'interno del marroneto

Le osservazioni fatte in campo ci permettono di catalogare il tipo di orizzonti organici, grazie all'osservazione della lettiera e dalla valutazione del grado di degradazione della stessa. Per quasi la totalità dei profili gli orizzonti organici poggiano direttamente su orizzonti minerali e questo è presumibilmente dovuto a fenomeni di erosione ripetuti nel tempo a carico degli orizzonti più superficiali. Tale fenomeno non avrebbe dunque permesso una significativa

deposizione della sostanza organica e quindi un sufficiente sviluppo di un vero e proprio orizzonte A (organo-minerale).

4.1 pH e tessitura

Nelle seguenti tabelle vengono riportati i risultati dalle analisi di laboratorio applicate sugli orizzonti dei 3 profili. Le seguenti riportano i dati grezzi di pH e tessiture relativi agli orizzonti.

Tab. x – Valori di pH e tessitura del profilo 1 nell'area oggetto di studio. Tra parentesi vengono espressi i valori delle deviazioni standard.

Orizzonte	pH	Tessitura						
		SMG	SG	SF	SMF	SMMF	L	A
gKg^{-1}								
Oi+Oe	5,991	-	-	-	-	-	-	-
Oa	5,847	-	-	-	-	-	-	-
Bw1	5,139	15	34	82,5	217,5	140	392,5	51,5
Bw2	5,59	21,5	71,5	190	5,5	313	280	40
Bw3	5,641	108	67	133	184	94,5	305	27
Bg	5,776	30,5	101	5,5	335	135	251	36

Tab. x – Valori di pH e tessitura del profilo 2 nell’area oggetto di studio.

Orizzonte	pH	Tessitura						
		SMG	SG	SF	SMF	SMMF	L	A
gKg ⁻¹								
Oi+Oe	5,646	-	-	-	-	-	-	-
Oa	6,349	-	-	-	-	-	-	-
A	5,922	69,5	73,5	144	241,5	177	351	26
Bw1	5,365	25,5	69,5	256	208,5	132,5	234	23
Bw2	5,728	55,5	108,5	209,5	221	138,5	210	22
Bw3	5,684	36	41,5	115,5	227,5	107,5	351	47
Bg	5,749	20	27	142,5	219,5	148,5	280,5	36,5

Tab. x – Valori di pH e tessitura del profilo 3 nell’area oggetto di studio.

Orizzonte	pH	Tessitura						
		SMG	SG	SF	SMF	SMMF	L	A
gKg ⁻¹								
Oi+Oe	6,117	-	-	-	-	-	-	-
Oa	6,718	-	-	-	-	-	-	-
A	6,308	77	66,5	146,5	242,5	166	233	9
Bw1	5,812	29	57,5	285	210	130,5	249	7,5
Bw2	6,252	19,5	68	290	217	139,5	241	25,5
Bw3	5,803	37,5	141	150	187,5	113,5	260	40
Bg	5,779	22,5	68,5	149,5	212	165	273	25,5

Dall’analisi statistica dei dati del profilo medio (media di P1, P2 e P3) si evidenzia che i valori di pH mostrano un andamento altalenante all’interno del profilo, in particolare gli orizzonti organici hanno un pH più alto rispetto agli orizzonti minerali, soprattutto ai Bg. Nei dati relativi alle tessiture non sono state identificate differenze statisticamente sensibili tra i vari orizzonti all’interno del profilo medio.

Di seguito viene mostrata la tabella con i dati di pH e tessitura.

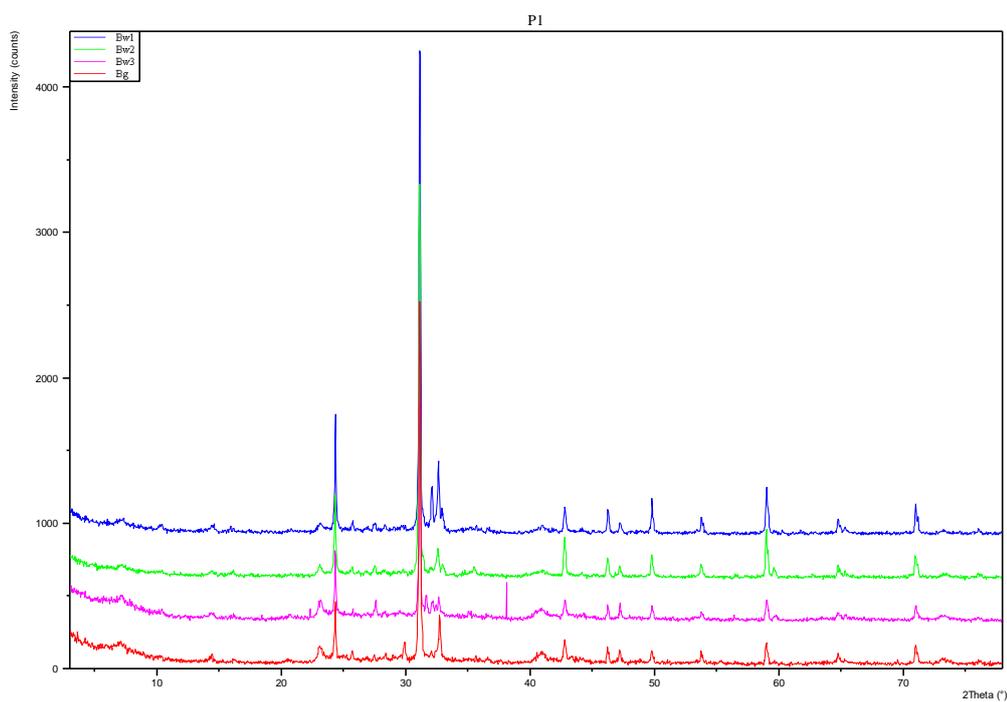
Tab. 5 – Valori di pH e tessitura del profilo medio nell’area oggetto di studio. Tra parentesi vengono espressi i valori delle deviazioni standard.

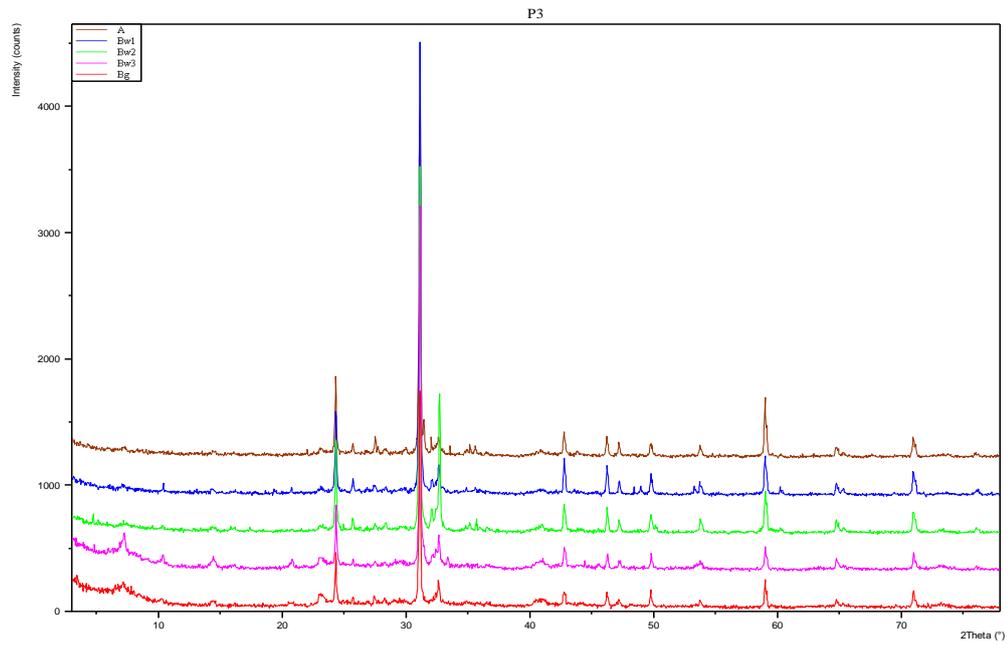
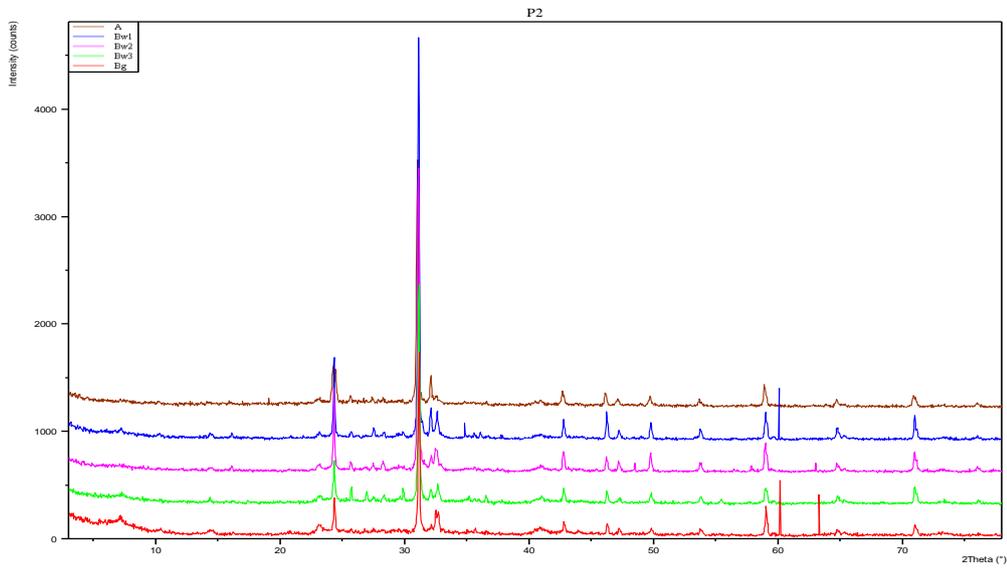
Orizzonte	pH	Tessitura						
		SMG	SG	SF	SMF gKg ⁻¹	SMMF	L	A
Oi+Oe	5.92 ^{ab} (0.24)	-	-	-	-	-	-	-
Oa	6.30 ^a (0.44)	-	-	-	-	-	-	-
A	6.12 ^{ab} (0.27)	73.25 (5.30)	70.00 (4.95)	145.25 (1.77)	242.00 (0.71)	171.50 (7.78)	292.00 (83.44)	17.50 (12.02)
Bw1	5.44 ^b (0.44)	23.17 (7.29)	66.17 (7.57)	207.83 (109.51)	212.00 (4.82)	134.33 (5.01)	291.83 (87.50)	27.33 (22.32)
Bw2	5.86 ^{ab} (0.35)	32.17 (20.23)	82.67 (22.44)	229.83 (53.01)	147.83 (123.28)	197.00 (100.46)	243.67 (35.08)	29.17 (9.54)
Bw3	5.71 ^{ab} (0.08)	60.50 (41.14)	83.17 (51.68)	132.83 (17.25)	199.67 (24.17)	105.17 (9.71)	305.33 (45.50)	38.00 (10.15)
Bg	5.76 ^{ab} (0.02)	31.00 (16.93)	65.50 (37.09)	99.17 (81.19)	255.50 (68.95)	149.50 (15.02)	268.17 (15.33)	32.67 (6.21)

4.2 Mineralogia

Dalle analisi al diffrattometro i risultati evidenziano che la gran parte della componente minerale del suolo degli orizzonti studiati è costituita da Quarzo, Plagioclasti, Albite, minerali argillosi e in parte, a seconda dei profili, Ortoclasio. Notevole risulta la presenza del quarzo con una percentuale dal 40% fino a un massimo di 65%, accentuata soprattutto negli orizzonti superficiali. Dall'analisi è stata rilevata una presenza di minerali argillosi alterati in maggior quantità negli orizzonti Bg, questo risultato in teoria risulterebbe anomalo se si considera che più l'orizzonte è profondo e meno è caratterizzato da alterazioni del materiale originario ovvero della roccia madre, pertanto questo risultato potrebbe far pensare a dei ricoprimenti successivi. Questi orizzonti più profondi potrebbero essere state un tempo il vecchio piano di campagna che successivamente è stato ricoperto da movimenti di terra, causato da forze naturali o antropiche.

Di seguito vengono mostrati i diffrattogrammi dei profili analizzati.





4.3 Analisi chimiche

Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenute dalle analisi chimiche svolte in laboratorio sui diversi orizzonti, in particolare vengono mostrati valori del contenuto p/p del carbonio umico (HC), del carbonio organico totale (TOC) e del fosforo disponibile.

Tab. 8 – Parametri fisico-chimici dei suoli oggetto di studio.

	Orizzonte	HC	TOC	Pav
		gKg ⁻¹	gKg ⁻¹	mgKg ⁻¹
Profilo 1	Oi+Oe	-	421.88	-
	Oa	-	187.50	-
	Bw1	4.24	9.11	0.08
	Bw2	3.26	30.21	0.05
	Bw3	1.63	3.91	0.05
	Bg	1.56	3.13	0.05
Profilo 2	Oi+Oe	-	496.88	-
	Oa	-	231.25	-
	A	61.48	104.18	0.36
	Bw1	5.55	8.33	0.06
	Bw2	4.89	13.54	0.06
	Bw3	4.89	7.03	0.06
	Bg	1.56	14.45	0.06
Profilo 3	Oi+Oe	-	284.38	-
	Oa	-	121.88	-
	A	39.16	47.19	0.25
	Bw1	7.51	14.32	0.07
	Bw2	2.94	5.47	0.11
	Bw3	3.26	2.86	0.06
	Bg	1.08	1.95	0.22

Tab. 9 – Valori di Carbonio umico (HC), Carbonio organico totale (TOC) e Fosforo disponibile (Pav) del profilo medio nell'area oggetto di studio. Tra parentesi i valori delle deviazioni standard.

Orizzonte	HC	TOC	Pav
		gKg ⁻¹	mgKg ⁻¹
Oi+Oe	-	401.04 ^a	-
	-	(107.77)	-
Oa	-	180.21 ^b	-
	-	(55.05)	-
A	50.32 ^a	75.68 ^{bc}	0.31 ^a
	(15.78)	(40.30)	(0.08)
Bw1	5.76 ^b	10.59 ^c	0.07 ^b
	(1.64)	(3.26)	(0.01)
Bw2	3.70 ^b	16.41 ^c	0.07 ^b
	(1.05)	(12.62)	0.03)
Bw3	3.26 ^b	4.60 ^c	0.05 ^b
	(1.63)	(2.17)	(0.00)
Bg	1.40 ^b	6.51 ^c	0.11 ^b

4.3. Fosforo disponibile

I risultati mostrano che nel profilo medio le differenze che si hanno tra orizzonte A e orizzonti B sono statisticamente sensibili. Il contenuto di fosforo maggiore negli orizzonti A è presumibilmente dovuto al maggior accumulo di sostanza organica. I risultati mostrano anche un maggiore contenuto nell'orizzonte di profondità Bg anche se non statisticamente sensibile rispetto agli altri orizzonti minerali, il che potrebbe supportare la tesi che probabilmente esso sia un orizzonte superficiale sepolto da movimenti di terra.

4.3.2 Carbonio umico e carbonio organico totale

I risultati di quest'analisi sono in linea con i presupposti teorici, ovvero gli orizzonti di superficie sono più ricchi di carbonio, man mano che scendiamo il gradiente si abbassa e nell'orizzonte Bg il contenuto di carbonio umico è in linea con gli altri orizzonti minerali. Per concludere possiamo dire che il profilo 2 ha un contenuto di carbonio umico maggiore rispetto agli altri dovuto soprattutto ad un orizzonte organo-minerale ben sviluppato.

4.4 Confronto dei risultati con la letteratura scientifica

Il presente studio può essere confrontato con uno analogo pubblicato sulla rivista scientifica *Catena* che riguarda l'analisi di diversi profili sotto castagneti recuperati 30 anni fa sugli Appennini.

Il presente studio mirava a indagare l'effetto di tali pratiche sulle proprietà del suolo a diverse profondità e sul contenuto di nutrienti nelle foglie di castagno. Per raggiungere il nostro obiettivo, sono stati aperti 6 profili fino a 30 cm di profondità del suolo in castagneti europei (*Castanea sativa* Mill.) dove i residui organici come foglie e materiali potati vengono rimossi (REM), e 9 profili nei popolamenti dove i residui organici vengono sminuzzati e lasciati sulla superficie del suolo (CONS). Entrambe le pratiche sono iniziate circa 30 anni fa e il contenuto di nutrienti nelle foglie è stato valutato su alberi di castagno vicini a ciascuna profilo. I nostri risultati hanno mostrato uno sviluppo del suolo più intenso in CONS rispetto a REM, inoltre in prossimità della superficie del suolo, il CONS aveva un orizzonte minerale più spesso rispetto al REM, probabilmente a causa della protezione dei residui organici contro l'erosione. Nel sottosuolo, la conservazione dei residui organici ha favorito l'accumulo di C organico (C organico nel suolo, C organico estraibile in acqua, C fulvico) che ha ulteriormente favorito lo sviluppo dell'orizzonte. Dato il ruolo della materia organica del suolo (SOM) come fonte di nutrienti, il sottosuolo dei siti di studio CONS aveva uno stock maggiore di Ca, P e S e un contenuto di Ca scambiabile più elevato rispetto a REM, inoltre, il più alto contenuto di SOM e nutrienti nel sottosuolo CONS rispetto al REM ha favorito la respirazione microbica. Gli effetti di conservazione dei residui organici sulle proprietà dell'orizzonte del suolo superficiale sono stati invece trascurabili, nonostante le condizioni del suolo generalmente migliori in CONS rispetto a REM, non sono state osservate differenze per il contenuto di nutrienti fogliari, probabilmente dovute all'adattabilità dei castagneti anche a suoli scarsamente fertili. Nel complesso, i nostri risultati hanno evidenziato l'importanza della conservazione dei residui organici nelle piantagioni di castagno per il miglioramento negli orizzonti di profondità della fertilità chimica e biologica. Inoltre, questa ricerca ha evidenziato di prestare maggiore attenzione al sottosuolo poiché è un buon indicatore dei cambiamenti causati da fattori esterni. (Feudis, et al., 2020)

Commento [CL1]: Stefi io lo eliminerei

5. Conclusioni

La caratterizzazione pedologica ci ha permesso di descrivere il suolo del castagneto destinato alla riconversione in marroneto, l'analisi della tessitura dimostra che è un suolo sabbioso o franco-limoso, che rispecchia il presupposto teorico considerando il materiale parentale (arenaria), il pH è tendenzialmente sub acido. Per quanto riguarda il fosforo è presente in maggiori quantità nell'orizzonte A, mentre nell'orizzonte Bg non segue un andamento lineare. Il minerale maggiormente presente è il quarzo (40-65 %) e nell'orizzonte Bg ritroviamo minerali alterati che sembrano tradire i presupposti per la classificazione di orizzonti di profondità. Il contenuto di carbonio organico umico e totale segue un andamento lineare che rispetta i presupposti teorici. Grazie alla letteratura scientifica possiamo capire l'importanza dell'asportazione di biomassa dagli orizzonti più superficiali (es. O) e la salvaguardia di quest'ultimi dall'erosione. I dati ottenuti dalla nostra analisi sono presi in considerazione per la realizzazione dei successivi interventi di riqualificazione dell'impianto e possono supportare una valutazione dell'impatto che hanno avuto sul suolo.

BIBLIOGRAFIA

Allison, L. E., In Methods of soil analysis, Eds. C. A. Black et al., Agronomy series no. 9, Am.

Soc. of Agronomy, Madison, Wisconsin (1965)

Ballard, T.M.,1999, Impacts of forest management on northern forest soils, forest ecology management,

Brady N.C., Weil R.R., 2002. The Nature and Properties of Soil

Brindley G.W. and Brown G. 1980. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. Mineral Society (495 pp).

Corsinotti, R., Cargioli, P., Antonaroli G., Faedi, R., Cioni, W. 1990. Piccoli frutti, castagno e fragola. Il divulgatore

De Feudis , M., Falsone, G., Antisari L.V.,2020, Mid-term (30 years) changes of soil properties under chestnut stands due to organic residues management: An integrated study, CATENA

Dixon J.B. and Shulze D.G. (Editors). 2002. Soil Mineralogy with Environmental Applications

Guitià F.,Carballas T.,1976. Tècnicas de anàlisis de suelos. Ed. Pico Sacro, Santiago de Compostela

Jandl ,R., Lindner , Vesterdal ,L., Bauwens ,B., Baritz , R.,Frank Hagedorn f , Dale W. Johnson g , Minkinen , K., Kenneth A. Byrne, 2006, How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?,GEODERMA

Mariotti, B., Castellotti, T., Conedera, M., Corona, P., Manetti, M., Romano, R., Tani, A

Maltoni, A.,2014, Linee guida per la gestione selvicolturale dei castagneti da frutto, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA)

Minasny B., McBeatney A.B. and Salvador-Blanes S. 2008. Quantitative models for pedogenesis– A review. *Geoderma*, 144:140-157

Moore D.M. and Reynolds R.C., Jr. 1989. X-ray Diffraction and the Identification and Analysis

of Clay Minerals. University Press, Oxford, NY.

Raimondi, M., 2014, come realizzare o recuperare una selva castanile

Soil Survey Staff 2003. Keys to Soil Taxonomy. United States Departement of Agriculture Natural Resource Conservation Service. 9th Edition.

Venanzi, R., Picchio, R., Piovesan,G. 2015, Silvicultural and logging impact on soil characteristics in Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Mediterranean coppice, *Ecological Engineering*.

Zanella A. et all., 2001. HUMUS FORESTALI, manuale di ecologia per il riconoscimento e

l'interpretazione. Applicazione alle faggete. Edizioni Centro di Ecologia Alpina, Trento.