



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI, DEI SUOLI E DEL PAESAGGIO

FRAZIONAMENTO DELLA SOSTANZA
ORGANICA E CONTENUTO DI
CARBONIO ORGANICO DI SUOLI SOTTO
CASTAGNO (*C. sativa*)

*ORGANIC MATTER FRACTIONATION AND
ORGANIC CARBON CONTENT IN SOIL
UNDER CHESTNUT (C. sativa)*

TIPO TESI: sperimentale

Studente:
SAMUELE MAGNELLI

Relatore:
PROF. GIUSEPPE CORTI

Correlatore:
PROF.SSA STEFANIA COCCO

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

Sommario

1 INTRODUZIONE	2
1.1 LE FRAZIONI DELLA SOSTANZA ORGANICA	4
1.1.1 WEOM.....	4
1.1.2 POM.....	5
1.2 IL CASTAGNO: IMPORTANZA SOCIO-ECONOMICA ALLA BASE DEL RECUPERO E DELLA VALORIZZAZIONE.....	7
2 SCOPO DELLA TESI	11
3 MATERIALI E METODI.....	12
3.1 Area di studio	12
3.2 Il frazionamento densitometrico della SOM	23
3.3 Misurazione del Carbonio Organico Totale (TOC) per singola frazione.....	25
3.4 Strumenti statistici.....	28
RISULTATI E DISCUSSIONE.....	29
CONCLUSIONI.....	34
BIBLIOGRAFIA	36

1 INTRODUZIONE

La sostanza organica del suolo (SOM) comprende i residui animali, vegetali e microbici, freschi ed a qualunque stadio del processo degradativo, oltre alle componenti umiche (acidi fulvici, acidi umici e umina) più recalcitranti alla degradazione (SSSA, 1979). Indipendentemente dalla sua origine e dalla sua struttura, la SOM è la riserva di carbonio, reale e potenziale, più grande delle terre emerse (Schlesinger, 2005; Cotrufo et al., 2015). Lo stock stimato è di circa $1500 \cdot 10^9$ Gton di carbonio organico (Schlesinger, 1984; Swift, 1996). Gli stock di carbonio della vegetazione e dell'atmosfera sono trascurabili se confrontati a quello presente suolo (Lehmann & Kleber, 2015; Mayer et al., 2020).

Come riportato da Kleber e Johnson (2010), sono molte le teorie sviluppatesi a riguardo dell'organizzazione strutturale della SOM e la flora microbica. Le sostanze umiche consistono in una serie di polielettroliti acidi differientemente resistenti alla degradazione che si formano grazie a processi di re-sintesi (Osman, 2012), policondensazione (Stevenson, 1964; Fortin et al 2004) e aggregazione supramolecolare (Piccolo, 2002; Lehmann & Kleber, 2015). Questi processi sarebbero decisamente più lenti se non fosse per l'amminutamento dei residui organici mediato dalla pedofauna (molti artropodi), attività che porta all'aumento della superficie specifica dei frammenti organici e ad una prima rielaborazione dovuta all'attività del

microbiota. Pedofauna e microbiota sono quindi in grado di modificare le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche della SOM e attraverso cui la micro-rete trofica del suolo influenza la stabilità della SOM (Wolters, 2000).

La SOM è corresponsabile della capacità di scambio, influenzando i cicli biogeochimici in cui il suolo è coinvolto. Inoltre, influenza fortemente il grado di compattamento, la resistenza alla rottura e la capacità idrica del suolo. Grazie alla sua capacità cementante, favorisce la formazione di aggregati ed è responsabile della regolazione dei flussi idrici e gassosi in entrata ed uscita dal suolo, modificandone positivamente la permeabilità e la resistenza ai fenomeni erosivi (Carter, 2002). Di fatto la struttura del suolo influenza tutte le dinamiche presenti tra le componenti biotiche ed abiotiche del suolo ed è il grado di aderenza tra le particelle organiche e minerali a determinare la stabilità o meno degli aggregati (Blanco-Canqui & Lal, 2004). Gli agenti cementanti presenti nel suolo sono anche gli ossidi, gli idrossidi e gli ossi-idrossidi, i carbonati, i fosfati, e i minerali argillosi, ma la SOM è l'unico agente cementante influenzabile direttamente dalle forme di gestione (Bronick & Lal, 2005). Data l'eterogeneità intrinseca alla SOM, è di fondamentale importanza il suo studio per attribuire un ruolo specifico ad una o più componenti della SOM. In questo scenario si inseriscono i frazionamenti, con cui si individuano le frazioni della SOM suddivise per caratteristiche simili.

1.1 LE FRAZIONI DELLA SOSTANZA ORGANICA

Le differenti metodologie di frazionamento della SOM, siano esse basate su tecniche di frazionamento chimico oppure fisico, ne mettono in risalto diversi aspetti.

La sostanza organica può essere protetta dai fenomeni degradativi ed essere stabilizzata grazie a diversi meccanismi: grazie alla formazione di legami chimici con la frazione minerale, oppure attraverso la protezione fisica derivata dalla occlusione all'interno degli aggregati, senza dimenticare dalla protezione biochimica derivata dalla recalcitranza di alcune sue componenti (Krull et al., 2003) Infatti, il materiale facilmente decomponibile può essere protetto grazie all'intima associazione con particelle limose ed argillose. La capacità di stabilizzazione dipende quindi dalle particelle di ridotte dimensioni, capaci di perseguire questa funzione grazie all'elevata superficie di reazione che le caratterizza.

1.1.1 WEOM

La WEOM (*Water Extractable Organic Matter*) è la frazione solubile estratta in acqua ed è la porzione più mobile e disponibile della DOM (*Dissolved Organic Matter*), ossia la SOM generalmente di dimensioni inferiori a 45-50 μm . La WEOM è principalmente composta da acidi organici a basso peso molecolare, carboidrati semplici ed amminoacidi, ma anche glicoproteine, composti aromatici di varia natura e sostanze humiche caratterizzate da una spiccata idrofilia dei propri gruppi funzionali. La concentrazione media della WEOM generalmente decresce in modo significativo all'aumentare della profondità. Le variazioni stagionali della WEOM sono imputate principalmente al tasso di umidità del suolo ed alla distribuzione delle precipitazioni, mentre la temperatura ha un ruolo secondario (Hassouna et al., 2010).

1.1.2 POM

La sostanza organica particolata (*Particulate Organic Matter*, POM) è quella porzione di sostanza organica caratterizzata da diametro maggiore di 50 μm e da grado di attività variabile a seconda della posizione in cui si trova e della tipologia di specie chimiche che la compongono (Wander, 2004). Il materiale all'interno di questa frazione è composto principalmente da residui vegetali (spore, ife fungine, residui di carbone vegetale ecc.), anche con tratti della struttura cellulare ben conservati. Se le strutture carboniose in questione non sono né legate alla superficie minerale né occluse all'interno degli aggregati, sono ascrivibili alla frazione definita *sostanza organica particolata libera* (fPOM). La quantità di fPOM di un suolo può variare molto rapidamente, data la presenza di carboidrati di re-sintesi derivati sia da cellule vegetali e microbiche, oltre che molecole caratterizzate da un elevato grado di recalcitranza derivati da materiali ligno-cellulosici e dall'attività degradativa mediata dal microbiota del suolo (Wander, 2004).

La POM che per vari motivi rimane bloccata negli aggregati è definita come POM occlusa (oPOM). Grazie alla presenza di composti come la glomalina fungina e gli esopolisaccaridi di natura batterica, questo tipo di POM è uno dei principali responsabili dell'aggregazione delle particelle del suolo (Kolbl et al., 2005). Per questo è difficilmente accessibile alla flora microbica del suolo e alla fauna artropodica; perciò, nonostante sia composta anche da molecole labili, gode della protezione fisica degli aggregati. Nella POM è presente anche carbonio resistente alla degradazione biochimica, che consiste in quella porzione della POM in grado di resistere all'idrolisi acida, con un tasso di decomposizione così lento da rendere il turn-over dell'ordine di secoli o millenni (Wander, 2004). In aggiunta alla tessitura, la storia della gestione del

suolo influenza la sensibilità della POM ai diversi approcci gestionali. Le differenze nella ripartizione tra le diverse frazioni di POM sono quindi specchio di quanto un suolo sia vicino o meno ai punti di equilibrio e/o saturazione di SOM dopo essere stato soggetto a determinate pratiche gestionali. È chiaro come i livelli di equilibrio della SOM siano dinamici, ma l'utilizzo delle frazioni più labili della SOM come indicatore della capacità di accumulo o del grado di deterioramento della SOM di un suolo è di importanza fondamentale per individuare le forme di gestione migliori per un dato contesto territoriale. Questi equilibri sono infatti strettamente correlati alla qualità e quantità degli input nel sistema considerato, oltre che agli eventuali disturbi che potrebbero manifestarsi. In ogni caso, la profondità del suolo, la sua classe di appartenenza e le dinamiche vegetazionali in atto sono fattori da considerare come influenti nelle variazioni della POM, dato che sono in grado di modificarne sia la stabilità chimica sia quella termica.

È stato osservato che con l'aumentare della profondità aumenta la stabilità termica della POM grazie ad alcune variazioni chimiche che subisce rispetto alle forme presenti negli orizzonti superficiali (Soucémariadin et al., 2019). Il rapporto C/N è di fatto più basso negli orizzonti superficiali, mentre il rapporto tra legami etere e gruppi alcolici rispetto ai carbonili ed ai gruppi carbossilici diminuisce all'aumentare della profondità. Tutto ciò suggerisce un aumento della stabilità biogeochimica della POM all'aumentare della profondità. Non sempre i fattori sopra citati agiscono in concomitanza: ad esempio, è stato osservato che, indipendentemente dal tipo di vegetazione presente, la POM negli Eutric Cambisols è caratterizzata da una spiccata aromaticità rispetto alla POM tipica dei Dystric Cambisols. Lo stesso discorso si può fare considerando solamente le tipologie forestali: la POM estratta da suoli sotto

popolamenti di specie caducifoglie è generalmente caratterizzata da una maggior presenza di catene alifatiche, carbonili e gruppi carbossilici, oltre che più composti ricchi in idrogeno e poveri in ossigeno rispetto alla POM dei suoli sotto conifere, differenza che rimarca ulteriormente la differenza tra le rispettive lettiere. Inoltre, la POM formatasi nei suoli delle foreste di caducifoglie è significativamente più stabile alle fluttuazioni di temperatura rispetto a quella analizzata in suoli sotto copertura a prevalenza di conifere, differenza che suggerisce una maggior stabilità dal punto di vista biogeochimico della sostanza organica presente nelle foreste di caducifoglie (Soucémariadin et al., 2019).

1.2 IL CASTAGNO: IMPORTANZA SOCIO-ECONOMICA ALLA BASE DEL RECUPERO E DELLA VALORIZZAZIONE

Il castagno Europeo (*Castanea sativa* Mill.) è una pianta originaria della parte Nord-Orientale del bacino del Mediterraneo, anche se a partire dall'epoca romana è stato esportato lentamente in tutto il continente. È una pianta molto longeva che può raggiungere e superare i 1000 anni di età. La sua chioma è ampia e rotondeggiante e può raggiungere altezze di 35 m, con diametri che sfiorano i 7 m. Il castagno è una specie mesofila, che non tollera né le condizioni di aridità né l'eccessiva umidità del sito. È in grado di resistere a temperature di -15 e -17°C durante l'inverno, ma è estremamente sensibile alle gelate tardive. Le precipitazioni minime richieste dalla pianta sono attorno ai 700 mm annui, anche se per problemi di tipo fitosanitario non tollera assolutamente il ristagno idrico.

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, mentre nella regione Marche la superficie forestale occupata è pari a 3344 ha (INFC, 2005).

Nel secondo dopoguerra, i boschi di castagno italiani sono entrati in una fase di decadenza a causa sia dell'abbandono delle zone marginali, sia del miglioramento delle condizioni di vita e della conseguente perdita d'interesse del prodotto che per secoli era stato una delle fonti di sostentamento principali delle popolazioni montane. Ad aggravare la situazione già precaria dei castagneti è stata l'azione di due parassiti che hanno generato numerosi focolai: il mal dell'inchiostro (*Phytophthora cambivora* Murril) e il cancro corticale (*Criphonectria parassitica* Petri, Buisman), entrambe malattie tali da portare la pianta rapidamente alla morte.

La gestione di queste superfici agro-forestali è un fattore determinante per il mantenimento del loro valore naturalistico ed ambientale. Infatti, oltre alla produzione di frutti, è in grado di generare ulteriori servizi ecosistemici, come ad esempio la tutela e valorizzazione del paesaggio e della biodiversità, la mitigazione dei fenomeni di dissesto idrogeologico in quei contesti caratterizzati da forti pendenze che risultano utili ed essenziali ovviamente solo se ben gestito. È per questo che l'esigenza di recuperare tali aree, abbandonate nel secolo scorso, rappresenta una opportunità di forte rilancio dell'economia e delle tradizioni locali. Ad oggi il recupero è avvenuto in prevalenza per le superfici coltivate a marrone, dato il pregio elevato del prodotto e, di conseguenza, il maggior valore economico dello stesso. 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 devono essere basati su criteri progettuali diversi a seconda degli scopi ad esse attribuiti. La produzione di frutti non deve essere considerata obbligatoriamente come la principale: ad esempio, il mantenimento delle piccole infrastrutture atte a regolare il deflusso idrico di versante non è importante soltanto per limitare i fenomeni erosivi, ma contribuisce attivamente alla protezione del territorio nei confronti del dissesto idrogeologico. La gestione di questi sistemi agro-forestali soddisferebbe anche le esigenze storico-culturali, con ovvie ed importanti ripercussioni sul paesaggio e sul turismo. Bisogna poi considerare come la cura che l'uomo pone nel ripristino e nella manutenzione delle selve influenza positivamente la prevenzione degli incendi (Raimondi, 2014). Essendo quella del castagneto da frutto una delle più longeve tra le coltivazioni arboree (esistono impianti di alcune centinaia d'anni ancora produttivi lungo tutta la penisola) risulta essere un'assicurazione per quanto riguarda la tutela del territorio e delle attività economiche delle popolazioni che vi si trovano ad esistere.

La gestione forestale ha un impatto decisivo sulle caratteristiche chimico-fisiche del suolo e quindi sulla SOM (Venanzi et al., 2016). Come si evince dagli studi condotti da De Feudis et al. (2021), tra una gestione conservativa dei castagneti da frutto e una caratterizzata dall'applicazione di pratiche non conservative quali la rimozione della lettiera, sono riscontrabili effetti differenti sulla quantità e la qualità della SOM presente negli orizzonti superficiali e sub-superficiali. Questa differenza non si riflette solo sulla SOM stessa ma anche sulla concentrazione di calcio scambiabile, più bassa nei suoli gestiti con pratiche di tipo non conservativo, e sulla distribuzione del potassio

scambiabile lungo il profilo, più equilibrata nei suoli dei castagneti gestiti con pratiche conservative. Inoltre, la gestione forestale ha effetto anche sulla porzione di microbiota più utile alla pianta, ossia quella fungina (Tomao et al., 2020) e nello specifico dei funghi micorrizici arbuscolari (Sheldrake et al., 2017). Per quanto riguarda il castagno, è noto da tempo l'effetto positivo esercitato dai funghi simbionti contro patogeni quali la *Phytophthora cambivora* (Branzanti et al., 1999). Si comprende a partire dalle tematiche sopra esposte la necessità di acquisire sempre più dati sulla quantità e sulla distribuzione della SOM e delle relative frazioni lungo il profilo, dati utili al miglioramento della gestione sito-specifica non solo del castagno ma di ogni coltura di tale interesse socioeconomico.

2 SCOPO DELLA TESI

Lo scopo del seguente progetto di tesi è quello di individuare eventuali differenze nella ripartizione della SOM tra tre differenti forme di gestione del castagneto: il castagneto classico, il marroneto e la conversione da castagneto a marroneto. Saranno inoltre ricercate differenze sensibili tra le forme di gestione per l'anno 2019 rispetto all'anno 2020, oltre che eventuali variazioni delle frazioni della SOM lungo il profilo di suolo. Per il perseguimento di questo obiettivo, le indagini saranno mirate alla separazione della POM e della WEOM.

3 MATERIALI E METODI

3.1 Area di studio

Lo studio è stato condotto in prossimità di Pievebovigliana, una frazione del comune di Valfornace (provincia di Macerata), in un'area situata sul Monte San Savino ($43^{\circ} 4' 10.081''$ N, $13^{\circ} 6' 41.619''$ E WGS84).

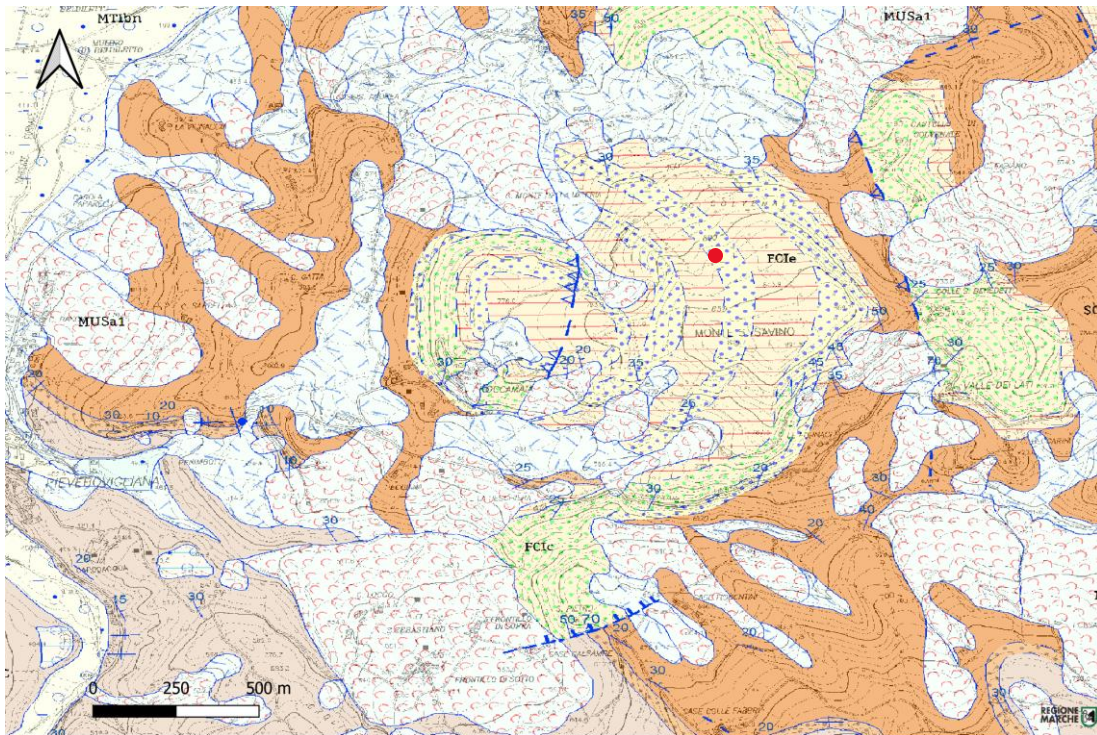


Figura 1: Geologia del Monte S. Savino. Il punto rosso indica approssimativamente il centro dell'area di saggio.

La biocenosi prevalente è ascrivibile all'ordine del *Castanetum*, nello specifico i popolamenti oggetto di analisi sono stati divisi in tre categorie: una porzione risulta coltivata a castagno, un'altra è stata convertita a marroneto nei secoli passati, mentre la restante parte è attualmente in conversione a marroneto. Per quest'ultima, il portinnesto è costituito dai castagni precedentemente presenti, e per la cultivar di marrone le marze sono state prelevate da un marroneto limitrofo. Tra le tre categorie colturali, la più conservata dal punto di vista del piano arboreo è quella del marroneto, mentre per quanto riguarda le restanti il castagno è affiancato da specie arboree

dannose dal punto di vista della produzione. Queste specie competono con il castagno sia per l'approvvigionamento di luce sia per quello degli input edafici necessari al corretto sviluppo vegeto-produttivo della pianta. Nella superficie coltivata a castagno non convertito, tra le piante competitrici vi è una preponderanza del pioppo tremulo (*Populus tremula* L.), seguito dal cerro (*Quercus cerris* L.). Nel caso del castagneto in conversione a marroneto le specie arboree presenti sono: il carpino nero (*Ostrya carpinifolia* L.) e il pioppo tremulo. Le specie arbustive prevalenti sono il rovo selvatico (*Rubus ulmifolius* L.) ed il biancospino (*Crataegus monogyna* L.), mentre nello strato erbaceo si osserva una spiccata dominanza di *Cyclamen* spp.

L'area di studio giace su substrati parentali arenacei, caratterizzati da alternanze con banconi di natura marnosa appartenenti alla litofacies Pelitico-Arenacea (Fig. 1), a un'altitudine di 820 m s.l.m. su un versante a traversa-poggio con pendenza media del 38% ed esposizione Nord-Nord-Ovest. La precipitazione media annua è di 945 mm mentre le temperature medie annue oscillano attorno ad una media di 13 °C.

Per il lavoro di tesi sono stati aperti 18 profili di suolo, 9 nel 2019 e 9 nel 2020, per verificare gli eventuali cambiamenti nella ripartizione delle frazioni della SOM. Tali profili sono stati aperti e descritti secondo il metodo Schoeneberger et al. (2012) e campionati per orizzonti genetici. I suoli sono ad un elevato grado di evoluzione, con profondità che vanno dagli 80 cm a 120 cm, la presenza di orizzonti Bw e Bg, scheletro assente e tessiture di tipo limoso-sabbioso e sabbioso-limoso. In generale, la lettiera (orizzonti O) è abbastanza consistente, con spessori frequentemente superiori a 9 cm, ad eccezione dei profili 10 e 11 del 2020 dove gli orizzonti organici risultano essere piuttosto fini. Gli orizzonti profondi mostrano spesso, soprattutto nei profili del 2019, segni di idromorfia, mentre in quelli superficiali sono riscontrabili segni di erosione a volte anche spinta, con parziale o totale asportazione degli orizzonti A. Nei suoli del marroneto (profili 9 e 10 del 2020) sono presenti dei ricoprimenti che testimoniano l'attività erosivo-deposizionale a cui è soggetta l'area di studio. Si rimanda alle tabelle 1 e 2 per una descrizione particolareggiata di ogni profilo.

Tabella n°1: Caratteri generali e morfologia dei suoli campionati nel 2019 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 ^a	Profondità cm	Spessore cm	Limite ^b	Color e ^c	Scheletro %, a vista	Struttura a ^d	Consistenza a ^e	Radici f	Altre osservazioni
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 . Vegetazione – strato arboreo: <i>Ostrya carpinifolia</i> L., <i>Populus tremula</i> L. strato arbustivo: <i>Rubus ulmifolius</i> L., <i>Crataegus monogyna</i> L.; strato erbaceo: <i>Cyclamen spp.</i> ; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).									
OL	4.5-1.5	2-6	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
OF	1.5-1	0.5-1	C, W	-	-	-	-	-	-
OH	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+	-	-	-	-	-	-	-	-

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**. Vegetazione – strato arboreo: *Ostrya carpinifolia* L., *Populus tremula* L. strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Crataegus monogyna* L.; strato erbaceo: *Cyclamen spp.*; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OL	7-3	3-8	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
OF	3-1	2-3	C, W	-	-	-	-	-	Presenza micelio fungino
OH	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+	-	-	-	-	-	-	-	-

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**. Vegetazione – strato arboreo: *Ostrya carpinifolia* L., *Populus tremula* L. strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Crataegus monogyna* L.; strato erbaceo: *Cyclamen spp.*; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OL	6-2	2-8	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
OF	2-1	1-2	C, W	-	-	-	-	-	-
OH	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 C, W	10YR 3/2	-	2, abk, m, f	fr	2, vf, f	Presenza di mesofauna
Bw1	5-14	8-12		10YR 4/6	-	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+	-	-	-	-	-	-	-	-

Profilo n° 6 (43° 4' 9.264''N, 13° 6' 41.911'' E WGS84). Altitudine: 800 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.

Pendenza: 35%; Esposizione: N-NO. Gestione: **castagneto**. Vegetazione – strato arboreo: *Ostrya carpinifolia* L., *Populus tremula* L. strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Crataegus monogyna* L.; strato erbaceo: *Cyclamen spp.*; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OL	8-2	5-11	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne, gusci nocciole
OF	2-1.5	-	C, W	-	-	-	-	-	A luoghi; foglie, rametti, ricci e castagne, gusci nocciole; presenza di mesofauna; poco micelio
OH	1.5-0	-	C, W	-	-	2, sbk, gr, f	fr	2, vf,1, f	Presenza di mesofauna; poco micelio

AB1	0-2	1-2	C, W	2.5Y 3/3	-	2-3, sbk, m, f	fr	3, vf, 2, f	Presenza di mesofauna
AB2	2-9	4-8	C, W	2.5Y 3/3	-	2, sbk, m, f	fr	3, vf, 2, f	Canali radicali
Bw1	9-16	6-8	C, W	10YR 4/6	-	2, sbk, abk, f, m, co	fr	1, vf, co, 2, f, m	Poche screziature, cutans da lessivage sugli aggregati, canali radicali
Bw2	16-34	17-20	C, W	10YR 4/6	-	2-3, sbk, abk, f, m	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m	Pochi frustoli di carbone, Effetto “sale e pepe” e cutans da lessivage sugli aggregati, ossidrossidi di manganese
Bw3	34-54	17-23	C, W	10YR 4/6	-	2, sbk, abk, co, m	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m	Screziature 15%, cutans da lessivage, pochi frustoli di carbone
Bg1	54-90	32-36	C, W	10YR 5/8	-	2, sbk, abk, co, m	fr	1, vf, f	Screziature intricate, ossidi di manganese
Bg2	90- 106+	-	-	10YR 5/8	-	2, sbk, abk, co, m	fr	1, vf, f	Screziature intricate più evidenti dell’orizzonte soprastante

Profilo n° 7 (43° 4' 10.081'' N, 13° 6' 41.619'' E WGS84). Altitudine: 800 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.

Pendenza: 38%; Esposizione: N-NO. Gestione: **castagneto**. Vegetazione – strato arboreo: *Ostrya carpinifolia* L., *Populus tremula* L. strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Crataegus monogyna* L.; strato erbaceo: *Cyclamen spp.*; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OL	4.5- 1.5	2-6	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
OF	1.5-1	-	C, W	-	-	-	-	-	Abbondante mesofauna, canali radicali
OH	1-0	0.5-1	C, W	-	-	2, gr, f	fr	2, vf,1, f	Presenza di mesofauna
AB	0-2	1-3	C, W	10YR ½	-	2, sbk, f	fr	2, vf, 1, f, m	Presenza di mesofauna
Bw1	2-17	8-15	C, W	10YR 4/6	-	3, sbk, abk, co, m, f	fr	2, vf, m, co 3, f	Effetto “sale e pepe”, cutans da lessivage sugli aggregati, canali radicali
Bw2	17-22	4-6	C, W	10YR 4/6	-	2-3, sbk, abk, f, m	fr	1, vf, 2, f, co, m	Effetto “sale e pepe”, cutans da lessivage sugli aggregati, canali radicali
Bw3	22-35	10- 15	C, W	10YR 4/6	-	2-3, sbk, co, m, f	fr	1, vf, 2, f, co, m	Cutans da lessivage
Bw4	35-54	17- 21	C, W	10YR 4/6	-	2, sbk, co, m	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m	Screziature 15%, micelio, radici morte
Bg1	54-76	20- 24	C, W	10YR 5/6	-	2, sbk, co, m	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m	Screziature intricate, ossidrossidi di manganese
Bg2	76- 106	27- 33	C, W	10YR 5/6	-	2, sbk, co, m	fr	1, vf, 2, f,	Screziature intricate, ossidrossidi di manganese

C	106+	-	-	-	-	-	-	-	3, co, m	-
Profilo n° 8 (43° 4' 10.261'' N, 13° 6' 41.05'' E WGS84). Altitudine: 800 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.										
Pendenza: 38%; Esposizione: N-NO. Gestione: castagneto . Vegetazione – strato arboreo: <i>Ostrya carpinifolia</i> L., <i>Populus tremula</i> L. strato arbustivo: <i>Rubus ulmifolius</i> L., <i>Crataegus monogyna</i> L.; strato erbaceo: <i>Cyclamen</i> spp.; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyacquit Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).										
OL	5.5- 1.5	5-11	C, W	-	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci
OF	1.5-1	0.5-1	C, W	-	-	-	-	-	-	Presenza di mesofauna, ife abbondanti
OH	1-0	1-2	C, W	-	-	3, gr, f	fr	3, vf	-	Presenza di mesofauna, poche ife
A	0-2	2-6	C, W	10YR 2/1	-	2, sbk, m, f, gr, m, f	fr	3, vf, f	-	-
Bw1	2-9	6-9	C, W	10YR 5/6	-	2, sbk, abk, co, m	fr	1, vf, 3, f, m	-	-
Bw2	9-24	11- 16	C, W	10YR 4/6	-	2, sbk, abk, co, m	fr	1, vf, 3, co, m, f	-	Canali radicali riempiti da materiale organico e colonizzato da ife
Bw3	24-95	68- 73	C, W	10YR 4/6	-	2, sbk, co, m, f	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m	-	Screziature 10%, ossidrossidi di ferro e manganese
Bg	95- 120	22- 28	C, W	2.5Y 6/6	-	2, sbk, co, m, f	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m	-	Screziature intricate, comuni ossidrossidi di ferro e manganese
C	120+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Profilo n° 9 (43° 4' 8.728'' N, 13° 6' 32.162'' E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.										
Pendenza: 30%; Esposizione: N-NO. Gestione: marroneto . Vegetazione – strato arboreo: <i>Ostrya carpinifolia</i> L., <i>Populus tremula</i> L. strato arbustivo: <i>Rubus ulmifolius</i> L., <i>Crataegus monogyna</i> L.; strato erbaceo: <i>Cyclamen</i> spp.; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Typic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).										
OL	5.5- 0.5	4-12	C, W	-	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci
OF	0.5-0	-	A, B	-	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci, ricco di micelio, presenza di lombrichi
AB	0-7	5-9	C, W	2.5Y 3/3	-	3, sbk, co, m, gr, f	fr	2, vf, 1, f	-	Lombrichi
AB& B	7-17	8-12	C, W	10YR 4/6	-	3, sbk, m, f	fr	2, vf, 1, f	-	Micelio abbondante, lombrichi
Bw	17-30	12- 14	C, W	10YR 4/6	-	2, sbk, co, m	fr	1, vf, 2, f, 3, m	-	Tasche e vene di orizzonte A, presenza di micelio, screziature (10%)
Ab	30-41	9-12	C, W	10YR 3/6	-	1, sbk, m, f	fr	2, vf, f	-	Cutans da lessivage
Bwb 1	41-54	50- 62	C, W	2.5Y 5/6	-	2, sbk, co, m	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m	-	Ossidi di ferro e manganese

Bwb	54- 2	100+	-	-	2.5Y 5/6	-	2, sbk, co, m	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m	Ossidi di ferro e manganese
-----	----------	------	---	---	-------------	---	------------------	----	--------------------------------	-----------------------------

Profilo n° 10 (43° 4' 9.177'' N, 13° 6' 31.37'' E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.

Pendenza: 25%; Esposizione: N-NO. Gestione: **marroneto**. Vegetazione – strato arboreo: *Ostrya carpinifolia* L., *Populus tremula* L. strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Crataegus monogyna* L.; strato erbaceo: *Cyclamen* spp.; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Typic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OL	6-1	4-9	C, W	-	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
OF	0.5-0	1-2	C, W	-	-	-	-	-	-	Presente luoghi
OH	0/0.5- 1	0.5-1	C, W	-	-	2, sbk, gr, f	fr	2, vf,1, f		Mesofauna abbondante
AB& B	0-16	14- 26	C, I	10YR 3/4	-	2-3, sbk, m, f	fr	3, vf, f, 1, co, m		Micelio abbondante, mesofauna abbondante
Ab	16-26	8-12	A, B	10YR 3/4	-	2, sbk, m, f	fr	3, vf, f, 1 co, m		-
Bwb 1	26-41	10- 25	C, I	10YR 4/6	-	2, sbk, abk, co, m	fr	1, co, m, f, vf		Ossidi di ferro e manganese (15%), canali radicali riempiti di sostanza organica
Bwb 2	41- 81+	30- 50	-	10YR 3/6	-	2, sbk, abk, co, m	fr	1, co, m, f, vf		Ossidi di ferro e manganese (15%)

Profilo n° 11 (43° 4' 10.041'' N, 13° 6' 29.577'' E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.

Pendenza: 20%; Esposizione: N-NO. Gestione: **marroneto**. Vegetazione – strato arboreo: *Ostrya carpinifolia* L., *Populus tremula* L. strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Crataegus monogyna* L.; strato erbaceo: *Cyclamen* spp.; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

Oi	7-1	5-10	C, W	-	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
Oe	-	-	C, W	-	-	-	-	-	-	A luoghi spessore circa 0.5 cm
Oa	1-0	1-1.5	C, W	-	-	2, sbk, gr, f	fr	2, vf,1, f		Presenza di mesofauna
AB	0-5	3-6	C, W	2.5Y 3/3	-	2-3, sbk, m, f	fr	3, vf, 1, f		-
Bw1	5-20	15- 16	C, W	10YR 5/8	-	2-3, sbk, co, m, f	fr	2, vf, f, 1, co, m		-
Bw2	20-34	12- 16	C, W	10YR 4/6	-	2-3, sbk, abk, co, m	fr	2, vf, 3, co, m, f		-
Bg1	34-53	17- 29	C, W	10YR 4/6	-	2-3, sbk, co, m, f	fr	1, co, m, vf, 3, f,		ossidrossidi di ferro e manganese (5%)
Bg2	53-73	50- 62	C, W	10YR 3/6	-	2-3, sbk, co, m, f	fr	1, vf, 2, f, 3, co, m		Ossidrossidi di ferro e manganese abbondanti (20%)
Bg3	73- 108+	-	-	10YR 3/6	-	2-3, sbk, co, m, f	fr	1, vf, 2, f,		Ossidrossidi di ferro e manganese abbondanti (20%)

^aOrizzonte attribuito secondo Schoeneberger et al. (2012).

^bC=clear; G=gradual; D=diffuse; S=smooth; W=weavy; I=irregular; B=broken

^c Colore ad umidità di campo secondo Munsell Soil Color Charts.

^d 1=weak, 2=moderate, 3=strong; f=fine, m=medium, c=coarse; gr=granular, abk=angular blocky, sbk=sub-angular blocky; fi=firm; m= moist; fr=friable; vfr=very friable; w=wet; ss=slightly sticky.

^e fi=firm; m= moist; fr, friable; vfr=very friable; w=wet; ss=slightly sticky.

^f 0=absent, v₁=very few, 1=few, 2=plentiful, 3=abundant; mi=micro, vf=very fine, f=fine, m=medium, co=coarse.

Tabella n°2: Caratteri generali e morfologia dei suoli campionati nel 2020 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 ^a	Profondità ^a cm	Spessore ^a cm	Limite ^b	Colore ^c	Scheletro %, a vista	Struttura ^d	Consistenza ^e	Radici ^f	Altre osservazioni
Profilo n° 1 (43° 4' 6.121'' N, 13° 6' 35.445'' E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici. Pendenza: 15%; Esposizione: N-NO. Gestione: castagneto in conversione a marroneto . Vegetazione – strato arboreo: <i>Castanea sativa</i> L., <i>Corylus avellana</i> L., <i>Acer opalus obtusatum</i> (Waldst & Kit. Ex Wild.) Gams, <i>Fagus sylvatica</i> L., <i>Populus tremula</i> L. strato arbustivo: <i>Rubus ulmifolius</i> L., <i>Rosa canina</i> L.; strato erbaceo: non rilevato; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).									
Oln	0-1	0.5-1.5	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
Olv	1-3	0.5-4	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne parzialmente decomposti
OF+ OH	3-7	2-7	C, W	-	-	-	-	-	Ife presenti in tracce
AB	7-12	3-7	C, W	7.5YR 3/2	-	1-2, sbk, vf, f, m	fr	2, vf, 3, f	-
Bw	12-47+	-	-	7.5YR 5/3	-	1-2, abk, vf, f, m	fr	2, vf, f	-
Profilo n° 2 (43° 4' 6.236'' N, 13° 6' 35.395'' E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici. Pendenza: 15%; Esposizione: N-NO. Gestione: castagneto in conversione a marroneto . Vegetazione – strato arboreo: <i>Acer opalus obtusatum</i> (Waldst & Kit. Ex Wild.) Gams, <i>Castanea sativa</i> L., <i>Corylus avellana</i> L., <i>Fagus sylvatica</i> L., <i>Populus tremula</i> L. strato arbustivo: <i>Rubus ulmifolius</i> L., <i>Rosa canina</i> L.; strato erbaceo: non rilevato. Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).									
Oln	0-2	0-2	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
Olv	2-4	1-3	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne, presenza micelio fungino
OF+ OH	4-6	1-3	C, W	-	-	-	-	-	Abbondanza di ife
AB	6-9	4-5	C, W	10YR 3/2	-	1 sbk f, m, co vco	fr	3 vf, f	-
Bw1	9-24	14-16	C, W	10YR 5/4	-	3 sbk, m, co	fr	3, vf, m	-

Bw2	24-37	11-14	C, W	10YR 4/6	-	3 sbk, vf, f, m	fr	3, vf, 1, m,	-
Bw3	37-43+	-	-	-	-	-	-	-	-

Profilo n° 3 (43° 4' 6.629"N, 13° 6' 34.905" E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.

Pendenza: 15%; Esposizione: N-NO. Gestione: **castagneto in conversione a marroneto**. Vegetazione – strato arboreo: *Acer opalus obtusatum* (Waldst & Kit. Ex Wild.) Gams, *Castanea sativa* L., *Corylus avellana* L., *Fagus sylvatica* L., *Populus tremula* L. strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Rosa canina* L.; strato erbaceo: non rilevato. Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OLn	0-1	0.5-1.5	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
OLv	1-4	2-4	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
OF+ OH	4-6	1-4	C, W	-	-	-	-	-	Poche ife
AB	6-12	3-5	C, W	10YR 5/6	-	3, sbk, vf, f, m, co	fr	2, vf, f	-
Bw1	12-33	14-24	C, W	10YR 4/3	-	vf, f, m, co	fr	2, vf, f	-
Bw2	33-48+	-	-	10YR 5/6	-	3, sbk, vf, f, m, co	fr	2, vf, f, 1 m	-

Profilo n° 6 (43° 4' 9.264"N, 13° 6' 41.911" E WGS84). Altitudine: 800 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.

Pendenza: 10-15%; Esposizione: N-NO. Gestione: **castagneto**. Vegetazione – strato arboreo: *Corylus avellana* L., *Populus tremula* L., *Quercus pubescens* L.; strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L.; strato erbaceo: non rilevato. Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OLn	0-3	1-5	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne, gusci nocciole
Ol+ OF	3-4	0.5-1.5	A, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne, gusci nocciole
AB	4-9	4-6	C, W	7.5YR 3/2	-	3, sbk, vf, f, m	fr	3, vf, f, 2, m	Residui radici
Bw1	9-24	11-15	C, W	10YR 4/6	-	3, sbk, vf, f, m, co	fr	3, vf, m	-
Bw2	24-37	11-13	C, W	10YR 5/8	-	3, sbk, vf, f, m, co	fr	3, f, m 1, co	-
Bw3	37-44+	-	-	10YR 5/6	-	3, sbk, mf, m	fr	1, f, m	Pochi noduli di manganese

Profilo n° 7 (43° 4' 10.081" N, 13° 6' 41.619" E WGS84). Altitudine: 800 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.

Pendenza: 38%; Esposizione: N-NO. Gestione: castagneto. Vegetazione – strato arboreo: *Acer opalus obtusatum* (Waldst & Kit. Ex Wild.) Gams, *Castanea sativa* L., *Corylus avellana* L., *Fagus sylvatica* L., *Ostrya carpinifolia* L.; strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Crataegus monogyna* L.; strato erbaceo: non rilevato. Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OLn	0-2	1-3	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti e ricci
OLv +OF	2-4	1-3	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e faggeole, ife abbondanti

Bw+ OH	4-8	0-3	A, W	10YR4 /4 10YR 4/2	-	3, gr, f, sbk, vf, f, m, co	fr	3, vf, f	Ife e funghi
AB	8-15	3-8	C, W	10YR 3/2	-	3, sbk, vf, f	fr	3, vf, f, m, 1, co	Ife
Bw	15- 44+	-	-	10YR 4/6	-	3, sbk, vf, f, m, co	fr	3, vf, f, 1, m	Materiale organico decomposto, radici decomposte di grandi dimensioni, noduli di manganese ≈15%

Profilo n° 8 (43° 4' 10.261" N, 13° 6' 41.05" E WGS84). Altitudine: 800 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.

Pendenza: 15%; Esposizione: N-NO. Gestione: **castagneto**. Vegetazione – strato arboreo: *Acer opalus obtusatum* (Waldst & Kit. Ex Wild.) Gams, *Castanea sativa* L., *Corylus avellana* L., *Fagus sylvatica* L., *Ostrya carpinifolia* L.; strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Crataegus monogyna* L.; strato erbaceo: non rilevato. Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OLn	0-3	1.5- 4.5	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci
OLv +OF	3-5	1-3	A, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci
AB	5-9	4-6	C, W	10YR 2/1	-	3, sbk, vf, f	fr	2, vf, f, 3, m	-
Bw1	9-21	10- 12	C, W	10YR 4/4	-	3, sbk, vf, f, m	fr	2, f, m	-
Bw2	21-34	12- 14	C, W	10YR 4/4	-	3, sbk, vf, f, m	fr	3, vf, f, 1, m	-
Bw3	34- 44+	-	-	10YR 5/8	-	3, sbk, vf, f, m	(w)ps	1, vf, f, m	-

Profilo n° 9 (43° 4' 8.728" N, 13° 6' 32.162" E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.

Pendenza: 25%; Esposizione: N-NO. Gestione: **marroneto**. Vegetazione – strato arboreo: *Acer opalus obtusatum* (Waldst & Kit. Ex Wild.) Gams, *Castanea sativa* L., *Corylus avellana* L., *Sorbus torminalis* L., *Sorbus aucuparia* L.; strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Rosa canina* L.; strato erbaceo: *Fragaria vesca* L., *Hippocrepis* spp., *Matricaria chamomilla* L., *Pteridium aquilinum* L.; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OLn	0-2	1-3	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci, castagne
OLv	2-5	2-4	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci, ife e funghi
OF+ OH	5-7	1-2	A, S	-	-	-	-	-	Ife, lombrichi, tana di animale
Bw1	7-21	10- 18	C, W	10YR 4/6	-	2-3, sbk, vf, f, m	fr	1, vf, 2, m	Ife scarse, concrezioni manganese abbondanti
Bw2	21-44	16- 20	C, W	10YR 4/6	-	3, sbk, vf, f, m	fr	1, vf, 3, f, m	Ife, concrezioni manganese sporadiche
Bw3	44- 48+	-	-	-	-	-	-	-	-

Profilo n° 10 (43° 4' 9.177" N, 13° 6' 31.37" E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.

Pendenza: 25%; Esposizione: N-NO. Gestione: **marroneto**. Vegetazione – strato arboreo: *Acer opalus obtusatum* (Waldst & Kit. Ex Wild.) Gams, *Castanea sativa* L., *Corylus avellana* L., *Sorbus torminalis* L., *Sorbus aucuparia* L.; strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Rosa canina* L.; strato erbaceo: *Fragaria vesca* L.,

Hippocrepis spp., *Matricaria chamomilla* L., *Pteridium aquilinum* L.; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OLn	0-2	1-3	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci, castagne
OLv	2-5	2-4	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci, ife e funghi
OF+	5-7	-	A, S	-	-	-	-	-	Ife, mesofauna
OH									
Bw1	7-19	10-12	C, W	10YR 4/6	-	2-3, sbk, vf, f, m	vfr	3, vf, 2, m	-
Bw2	19-45	24-25	C, W	10YR 4/6	-	3, sbk, vf, f, m	vfr	1, vf, f, m	-
Bw3	45- 47+	-	-	-	-	-	-	-	-

Profilo n° 11 (43° 4' 10.041" N, 13° 6' 29.577" E WGS84). Altitudine: 820 m; Roccia madre: Arenaria con banconi siltitici.

Pendenza: 3%; Esposizione: N-NO. Gestione: **marroneto**. Vegetazione – strato arboreo: *Acer opalus obtusatum* (Waldst & Kit. Ex Wild.) Gams, *Castanea sativa* L., *Corylus avellana* L., *Sorbus torminalis* L., *Sorbus aucuparia* L.; strato arbustivo: *Rubus ulmifolius* L., *Rosa canina* L.; strato erbaceo: *Fragaria vesca* L., *Hippocrepis* spp., *Matricaria chamomilla* L., *Pteridium aquilinum* L.; Suolo: coarse-loamy, mixed, mesic Oxyaquic Dystrudept (Soil Survey Staff, 2014).

OLn	0-1	0.5-1.5	C, W	-	-	-	-	-	Foglie, rametti, ricci e castagne
OLv	-	-	-	-	-	-	-	-	A luoghi (spessore circa 0.5 cm)
AB	1-4	3-4	C, W	10YR 4/4	-	3, sbk, vf, f	fr	3, vf	Ife, mesofauna
Bw1	4-11	6-8	C, W	10YR 5/6	-	3, sbk, vf, f, m	fr	3, f	-
Bw2	11-27	13-14	C, W	10YR 5/6	-	3, sbk, vf, f, m	fr	3vf, f, 2, m	Frustoli carbone ≈2%
Bw3	27- 39+	-	C, W	10YR 5/8	-	3, sbk, vf, f, m	fr	3, vf, f, 1 vco	Concrezioni di manganese

^aOrizzonte attribuito secondo Schoeneberger et al. (2012).

^bC=clear; G=gradual; D=diffuse; S=smooth; W=weavy; I=irregular; B=broken

^c Colore ad umidità di campo secondo Munsell Soil Color Charts.

^d 1=weak, 2=moderate, 3=strong; f=fine, m=medium, c=coarse; gr=granular, abk=angular blocky, sbk=sub-angular blocky; fi=firm; m= moist; fr=friable; vfr=very friable; w=wet; ss=slightly sticky.

^e (w)ps=slightly plastic; fi=firm; m= moist; fr, friable; vfr=very friable; w=wet; ss=slightly sticky.

^f 0=absent, v₁=very few, 1=few, 2=plentiful, 3=abundant; mi=micro, vf=very fine, f=fine, m=medium, co=coarse.

3.2 Il frazionamento densitometrico della SOM

Il frazionamento densitometrico è una metodologia basata sul presupposto che vi siano differenti rapporti massa-volume tra le varie componenti della matrice suolo, siano esse organiche o minerali (Cerli et al., 2012). Grazie all'utilizzo di tecniche di dispersione fisica e/o chimica è quindi possibile separare in frazioni definite la sostanza organica, caratterizzata da una densità non superiore a 1,4 g/cm³, e la fase minerale, che invece ha una densità media di 2,65 g/cm³. Utilizzando un liquido di densità appropriata, la POM libera rimarrà alla superficie. Le particelle minerali legate alla fase minerale grazie a processi di tipo fisico, come nel caso della POM occlusa, o di tipo chimico, come nel caso dei complessi organo-minerali che prendono il nome di MOM (*Mineral associated Organic Matter*). Nel presente lavoro di tesi le frazioni di sostanza organica analizzate sono state prima separate con il metodo sopra citato, poi pesate con una bilancia di precisione allo scopo di calcolarne la concentrazione per chilo di suolo. Le frazioni sono: la WEOM, la POM libera con densità (ρ) inferiore ad 1 g/cm³, la POM libera con ρ compresa tra 1 g/cm³ e 1,6 g/cm³, la POM occlusa, caratterizzata anche essa da ρ inferiore a 1,6 g/cm³. La densità della soluzione acquosa è stata elevata fino a 1,6 g/cm³ con l'ausilio di sodio politungstato (NaPT), mentre l'estrazione della frazione di POM occlusa è stata favorita dalla sonicazione dei campioni. Le frazioni con peso superiore a 1,5 mg, come le diverse soluzioni acquose raccolte, sono state conservate in congelatore allo scopo di misurare successivamente il contenuto di carbonio organico.

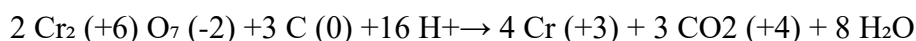
Il metodo utilizzato per la separazione delle varie frazioni della sostanza organica richiede la preparazione dei seguenti reagenti ed attrezzature:

- Una soluzione di NaPT di densità 1,6 kg/dm³ ottenuta aggiungendo 741 g dell'elettrolita in un beaker da 1 litro e 859 ml di H₂O deionizzata al fine di ottenere una soluzione di volume pari a 1 litro. È necessario miscelare il composto usando un agitatore magnetico fino alla solubilizzazione completa del sale. Per la verifica della densità effettiva della soluzione è necessario pesare il beaker contenente NaPT così da appurare che sia di 1,6 kg. In caso di contrario devono essere aggiunti acqua o NaPT per raggiungere la densità appropriata.
- Filtri Whatman 42 (Ø 42.5 mm).

Per ogni campione di orizzonte pedologico è stata prelevata una quantità di 5 g di suolo a cui sono stati aggiunti 60 ml di acqua distillata agli orizzonti organo-minerali e 40 ml a quelli minerali. I campioni corrispondenti agli orizzonti A, AB e Bw1 sono stati prima miscelati a mano e poi centrifugati a 2500 rpm per 5 minuti, mentre a causa dell'argilla presente, gli orizzonti Bw più profondi ed i Bg sono stati centrifugati a 3500 giri per 15 minuti. La soluzione di risulta è stata filtrata utilizzando filtri Whatman 42 per raccogliere il particolato organico, dopodiché la soluzione filtrata contenente la WEOM è stata filtrata e conservata in congelatore ed il particolato (POM libera, $\rho < 1 \text{ g/cm}^3$) è stato pesato con una bilancia di precisione. Il suolo rimasto nelle falcon centrifugate è stato asciugato in stufa a 45°C per 12 ore, poi vi sono stati aggiunti 10 ml di NaPT ed è stato agitato manualmente nel caso degli orizzonti A e AB, mentre gli altri orizzonti campionati sono stati agitati meccanicamente con lo shaker per 30 minuti a causa dell'elevato compattamento. Il tutto è stato centrifugato rispettando gli stessi parametri in relazione agli orizzonti elencati precedentemente, dopodiché il surnatante è stato filtrato allo scopo di recuperare il particolato (POM libera, ρ tra 1 e 1,6 g/cm^3) nel filtro, per poi essere pesato anche questa volta con la bilancia di precisione. La soluzione filtrata di NaPT è stata nuovamente aggiunta al precipitato presente nelle falcon per l'ultima fase del processo. Ciascun campione è stato sonicato per 3 minuti con intervalli di sonicazione 10 secondi, a potenza del 40% per gli orizzonti superficiali e dell'85% per quelli più profondi allo scopo di miscelare tutto il suolo presente con la soluzione di NaPT. Successivamente gli orizzonti superficiali sono stati centrifugati a 2500 rpm per 5 minuti, mentre quelli sottostanti a 3500 rpm per 15 minuti. Il surnatante è stato filtrato e il particolato (POM occlusa, $\rho < 1,6 \text{ g/cm}^3$) depositatosi nel filtro è stato pesato con la bilancia di precisione.

3.3 Misurazione del Carbonio Organico Totale (TOC)

Per la determinazione del TOC sono stati utilizzati i campioni ottenuti dal precedente frazionamento della sostanza organica, ossia WEOM, POM libera con $\rho < 1 \text{ g/cm}^3$, POM libera con ρ compresa tra 1 e $1,6 \text{ g/cm}^3$ e POM occlusa con $\rho < 1,6 \text{ g/cm}^3$). Il metodo utilizzato per la misurazione del TOC è definito come di ossidazione a caldo (Nelson and Sommers, 1996), invece per i campioni di WEOM è stata usata una ossidazione a freddo (Agnelli et al., 2014). In entrambi i casi il metodo prevede l'ossidazione del carbonio organico ad anidride carbonica a seguito della reazione che coinvolge il bicromato di potassio; nel metodo a caldo la reazione ossidativa del carbonio organico avviene in stufa a 160°C per 30 minuti. Il bicromato ossida il carbonio della sostanza organica secondo la reazione:



La quantità di bicromato che non ha reagito con la sostanza organica viene successivamente quantificata mediante titolazione con una soluzione di ferro ammonio solfato (Sale di Mohr), in presenza di acido fosforico H_3PO_4 e dell'indicatore difenilammina: di questa ultima si usa 1 g per 100 ml di acido solforico concentrato al 96%. La reazione su cui si basa il processo di titolazione è la seguente:



Prima di determinare il contenuto di carbonio organico delle varie frazioni della sostanza organica precedentemente separate è necessario preparare i seguenti reagenti:

- Soluzione di bicromato di potassio di concentrazione 0,25N, preparata con l'ausilio di un matraccio tarato da 1 litro in cui si devono sciogliere 49,032 g dell'elettrolita in 600 ml di acqua deionizzata. Dopo la miscelazione la soluzione deve essere portata a volume con acqua ed omogenizzata.
- Soluzione 0,5 N di ferro ammonio solfato esaidrato $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, da preparare in un matraccio tarato da 1 litro in cui vanno disciolti 196,06 g di

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ in 600 ml di acqua deionizzata. Infine, aggiungere 15 mL di H_2SO_4 , portare a volume con acqua ed omogenizzare il tutto.

- Soluzione 0,125 N di ferro ammonio solfato esaidrato $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, da preparare in un matraccio tarato da 1 litro in cui vanno disciolti 49,015 g di $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ in 600 ml di acqua deionizzata. Infine, aggiungere 15 mL di H_2SO_4 , dopodiché portare a volume con acqua ed omogenizzare il tutto.

Per l'analisi del TOC dei campioni di POM i campioni sono stati trasferiti in delle beute in Pirex all'interno delle quali sono stati aggiunti 10 ml di $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1/6 M e 20 ml di H_2SO_4 al 95% così da far avvenire la reazione di ossidazione della sostanza organica. L' H_2SO_4 alza la temperatura della soluzione fino a 120°C, portando all'ossidazione del 75% del carbonio organico presente. Allo scopo di far reagire tutto il carbonio organico all'interno dell'aliquota di analita, le beute sono state messe in stufa a 160°C per 30 minuti, dopodiché la reazione è stata bloccata tramite l'aggiunta di 200 ml di acqua deionizzata. La quantità di $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ che non ha reagito è stata determinata per titolazione volumetrica, che prevede l'aggiunta di 5 ml di H_3PO_4 , 0,5 ml di di-fenil-ammina e della soluzione 0,5 N di $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ mantenendo il campione in agitazione. La titolazione termina con il viraggio della soluzione dalla colorazione nero-violacea a quella verde.

Per l'analisi del TOC dei campioni di WEOM invece è stata prelevata una aliquota di 30 ml per ogni campione oggetto di analisi. Questi sono stati trasferiti in beute in Pirex, all'interno dei quali sono stati aggiunti 10 ml di $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N e 20 ml di H_2SO_4 al 95% in modo da far avvenire la reazione di ossidazione della sostanza organica. Il metodo in questo caso non ha previsto il passaggio dei campioni in stufa, per cui sono stati aggiunti direttamente i 200 ml di acqua deionizzata. La quantità di $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ che non ha reagito è stata determinata per titolazione volumetrica, con l'aggiunta di 5 ml di H_3PO_4 , 0,5 ml di difenilammina e, date le basse concentrazioni di carbonio organico aspettati, della soluzione 0,125 N di $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ mantenendo il campione in agitazione. Anche in questo caso la titolazione termina con il viraggio della soluzione dalla colorazione nero-violacea a quella verde.

Per entrambe le metodologie sono state eseguite delle prove in bianco, ossia una prova in cui sono utilizzati reagenti ma non campioni allo scopo di determinare il valore zero di riferimento del viraggio. Una volta ottenuto il volume di $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ impiegato nella titolazione, il contenuto di carbonio organico della POM (per comodità POC) si ricava dall'equazione:

$$\text{POC} = \frac{100 \cdot (\text{B}-\text{B1}) \cdot 10 \cdot 0,003}{\text{B} \cdot \text{P} \cdot 0,77}$$

POC = contenuto di carbonio organico come POC (g/kg)

B = ml di $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \cdot (\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ consumati per titolare la prova in bianco

B1 = ml di $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \cdot (\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ consumati per titolare il campione

10 = ml di bicromato di potassio consumati per la reazione

0,003 = peso del carbonio considerato a valenza zero (g)

0,77 = fattore di correzione

P = peso del campione, in g

Per quanto riguarda il carbonio relativo ai campioni della frazione WEOM (WEOC) la formula utilizzata è stata la seguente:

$$\text{WEOC} = \frac{(\text{B}-\text{B1}) \cdot 0,125 \cdot 3}{\text{V}} \cdot \frac{\text{Ve}}{\text{P}}$$

WEOC = contenuto di carbonio organico totale (g/kg)

B = ml di ferro ammonio solfato esaidrato consumati per titolare la prova in bianco

B1 = ml di ferro ammonio solfato esaidrato consumati per titolare il campione

0,125 = concentrazione molare del sale di Mohr

3 = peso equivalente del carbonio in mg

V = ml aliquota di campione

Ve = ml di soluzione usata per estrarre la WEOM

P = peso del campione in g

3.4 Strumenti statistici

L'analisi statistica dei dati è stata svolta tramite ANOVA ad una via. 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. Inoltre, è stato eseguito il Dunn's post hoc test, allo scopo di verificare eventuali differenze statistiche tra i vari gruppi d'analisi.

RISULTATI E DISCUSSIONE

E' stato possibile effettuare la misurazione del POC quasi esclusivamente sugli orizzonti organo-minerali, ad eccezione di alcuni orizzonti minerali sub-superficiali dei profili 8, 10, 11 del 2019 e 9 e 11 del 2020 da cui si è ricavata un'aliquota di campione sufficiente ad effettuare l'analisi dell' f_{POC} di densità compresa tra 1 e 1,6 g/cm^{-3} . Per quanto riguarda la WEOM, grazie alla riduzione della concentrazione di sale di Mohr da 0,5N a 0,125N, ne è stata effettuata con successo la misurazione del WEOC sulla totalità dei campioni analizzati.

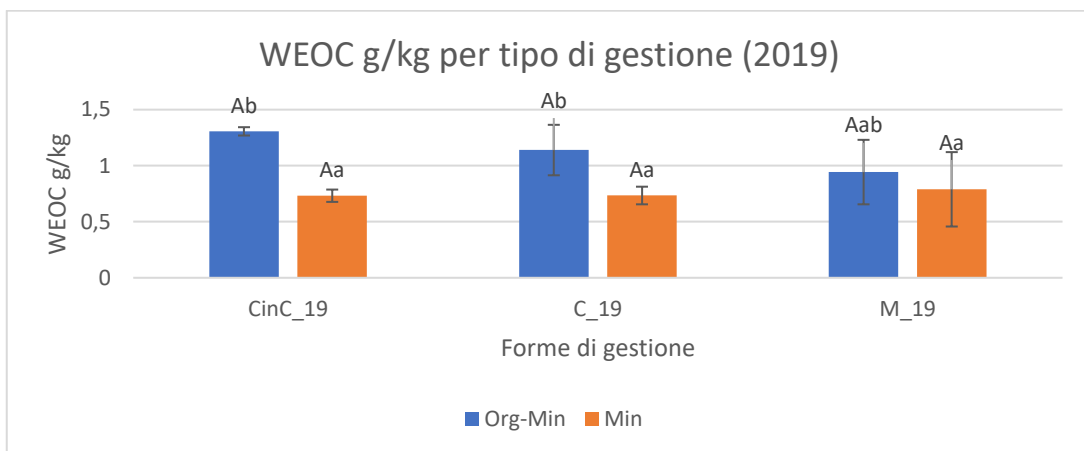


Grafico 1: Confronto dei valori di WEOC del 2019 per macro-orizzonti organo-minerali (org-min) e minerali (min) e tra forme di gestione: da sinistra a destra castagneto in conversione (CinC), castagneto (C) e marroneto (M).

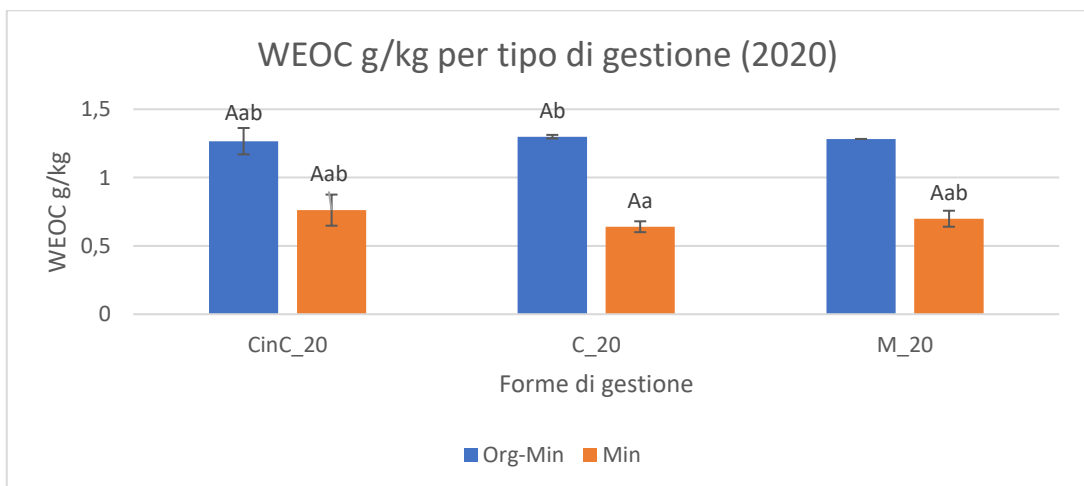


Grafico 2: Confronto dei valori di WEOM del 2020, suddivisi per macro-orizzonti e forme di gestione: da sinistra a destra castagneto in conversione (CinC), castagneto (C) e marroneto (M);

Come si può osservare nei grafici 1 e 2 i valori di WEOC si attestano tra 0,5 e 1,14 g/kg per tutte le forme di gestione ed indipendentemente dall'anno di campionamento, con valori massimi di 1,36 g/kg per l'orizzonte organo-minerale del profilo 9 del 2019 (marroneto) e valori minimi di 0,58 g/kg per uno degli orizzonti minerali profondi del profilo 8 del 2020 (Castagneto) e uno sub-superficiale del profilo n°6 del 2020 (Castagneto). Questi valori sono confrontabili con la bibliografia presente (Landgraf et al., 2006; Borges, 2016), tenendo in considerazione la metodologia d'estrazione, il tipo di coltura e la storia gestionale del sito (Fernández et al., 2013; Nissen and Wander, 2003; Naeth et al., 1991). L'analisi statistica ha evidenziato per questa frazione differenze significative tra dinamiche riscontrabili all'interno dei singoli profili, ma non sulle forme di gestione considerate. La WEOC decresce vistosamente lungo il profilo, ipoteticamente ciò avviene a causa di fenomeni di adsorbimento da parte delle micelle colloidali (Corvasce, 2006; Kaiser, Guggenberger, 2000) e per la degradazione della stessa mediata dal microbiota del suolo, dato che la WEOM risulta essere uno degli input primari per i microrganismi che vivono negli orizzonti sub-superficiali e profondi (Herbert & Bertsch, 1995).

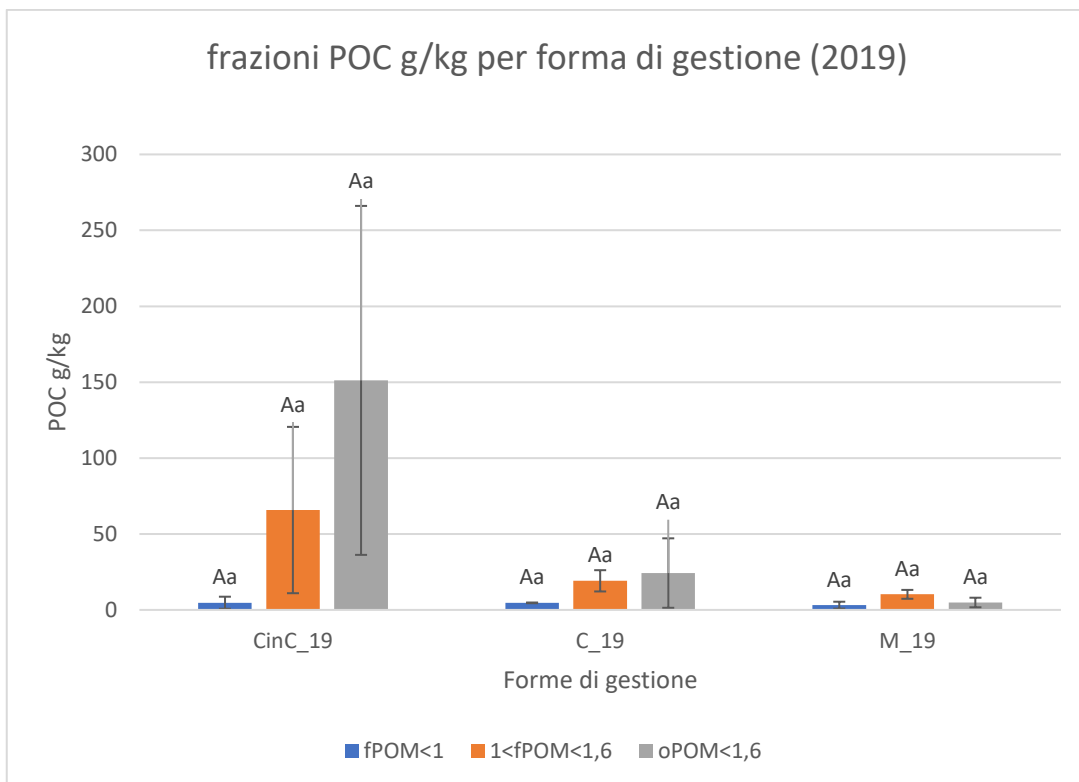


Grafico 3: confronto tra le frazioni del POC suddivise per forma di gestione, i dati presentati sono quelli relativi l'anno di campionamento 2019.

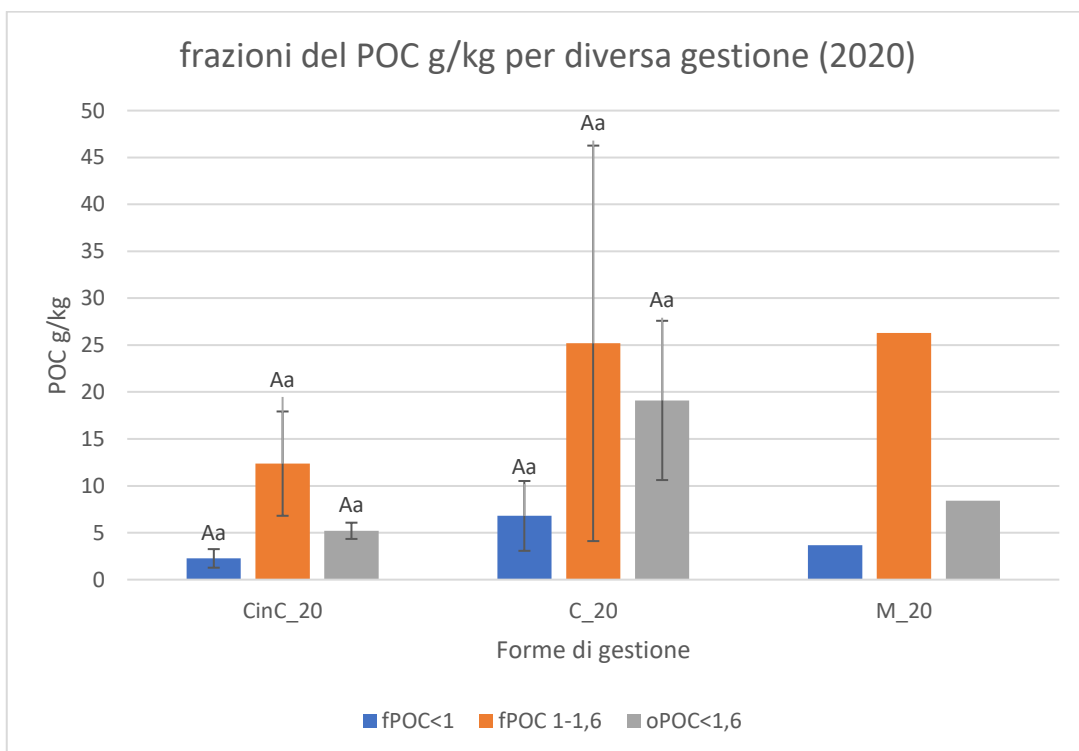


Grafico 4: confronto tra le frazioni del POC suddivise per forma di gestione, i dati presentati sono quelli relativi l'anno di campionamento 2020.

Per quanto riguarda le sub-partizioni della POM (grafici 3 e 4), quelle più ricche in POC sono risultate essere la *f*POC di densità compresa tra 1 e 1,6 g/cm⁻³ e la *o*POM. Come si può osservare dai grafici 3 e 4 la *f*POC di densità tra 1 e 1,6 g/cm⁻³ presenta valori medi compresi tra 10 e 60 g/kg circa, con valori minimi per quanto riguarda gli orizzonti organo-minerali di 6,17 g/kg nell'orizzonte organo-minerale del profilo n°3 del 2019 (castagneto in conversione) e valori massimi di 83,62 g/kg nell'orizzonte organo-minerale del profilo n°2 del 2019 (castagneto in conversione). Per quanto riguarda la *o*POM la forbice dei valori risulta essere più ampia, con minimi di 4,12 g/kg nell'orizzonte organo-minerale del profilo n°11 del 2019 (Marroneto) e massimi di 185,65 g/kg nell'orizzonte organo-minerale del profilo n°2 del medesimo anno (castagneto in conversione). La frazione di *f*POC leggera, ossia di densità inferiore ad 1 g/cm³, risulta essere presente indipendentemente dall'anno e dalla forma di gestione con valori medi che oscillano attorno ai 5 g per kg di suolo. Dal punto di vista statistico l'analisi condotta non ha evidenziato differenze statistiche significative.

Come si può notare (tabella 3), sono presenti delle differenze statistiche nella ripartizione della *f*POM di densità compresa tra 1 e 1,6 g/cm⁻³ tra gli orizzonti organo-minerali e minerali. Le differenze riscontrate tra le sub-partizioni della POM possono essere spiegate in relazione alla natura intrinseca di ognuna di esse, oltre che alla storia gestionale dell'area di studio. La diminuzione del contenuto delle varie forme di POC lungo il profilo può dipendere da due motivi principali: essendo la POM per definizione quella frazione avente diametro superiore ai 50 µm (Wander, 2004) un limite nella sua discesa lungo il profilo potrebbe dipendere dalla porosità (Wander et al., 1998), essendo essa strettamente dipendente dalla tessitura e dal contenuto in scheletro oltre che dal contenuto in SOM (Prévost, 1980; Chaudhari, 2013; Helalia, 1993). Questa ipotesi risulta plausibile data l'appartenenza dei suoli oggetto di studio alle classi tessiturali sabbioso-limose e limoso-sabbiose. L'assenza di differenze statistiche sensibili nella ripartizione della SOM tra le differenti frazioni in relazione al tipo di gestione tra un anno ed il seguente, possono essere imputabili alla ridotta durata del lasso temporale che intercorre tra le due campagne di campionamento.

Tabella n° 3 : Contenuto in carbonio delle varie forme di sostanza organica separate. I dati sono stati suddivisi per forma di gestione e macro-orizzonti;

anno	gestione	orizzonte	WEOM g/kg	fPOC<1 g/kg	1<fPOC<1,6 g/kg	oPOM<1,6 g/kg
2019	castagneto	Org-Min	1,14 ^{ba} (0,22)	6,57 ^{aA} (0,7)	27,42 ^{aA} (22,87)	33,15 ^{aA} (28,57)
		Min	0,73 ^{aA} (0,08)	-	-	-
	castagneto in conversione	Org-Min	1,31 ^{ba} (0,04)	5,81 ^{aA} (3,97)	38,73 ^{aA} (54,77)	104,38 ^{aA} (114,92)
		Min	0,73 ^{aA} (0,05)	-	1,69	-
	marroneto	Org-Min	0,94 ^{abA} (0,29)	3,61 ^{aA} (2,27)	11,33 ^{aA} (2,93)	5,50 ^{aA} (3,15)
		Min	0,79 ^{aA} (0,33)	-	2,65 ^{ba} (1,27)	-
2020	castagneto	Org-Min	1,26 ^{abA} (0,09)	7,48 ^{aA} (3,72)	25,7 ^{aA} (21,08)	20,29 ^{aA} (8,49)
		Min	0,76 ^{aA} (0,11)	-	-	-
	castagneto in conversione	Org-Min	1,30 ^{ba} (0,01)	2,40 ^{aA} (0,99)	11,84 ^{aA} (5,56)	5,00 ^{aA} (0,86)
		Min	0,64 ^{aA} (0,04)	5,25	2,09 ^{ba} (1,24)	-
	marroneto	Org-Min	1,28	3,66	26,31	8,42
		Min	0,70 ^{abA} (0,06)	-	4,23 ^{aA} (2,70)	-

Apici: Maiuscole= differenze tra classi gestionali
minuscole= differenze all'interno della singola classe gestionale

Questo perché i tempi di trasformazione delle differenti frazioni possono variare, come espresso ampiamente da Wander (2004), da un anno a circa una decade per quelle più attive e labili (WEOM e DOM) e da una o più decenni fino all'ordine dei secoli o dei millenni per le componenti più recalcitranti, ossia quelle appartenenti alla porzione del pool della SOM mediamente stabile (POM).

CONCLUSIONI

Nella quasi totalità dei profili è visibile l'attività erosiva esercitata dall'acqua. Nell'area di studio vi è quindi un'eterogeneità nelle dinamiche della pedogenesi, con suoli abbastanza ben conservati dove comunque gli orizzonti organo-minerali sono parzialmente asportati, a suoli fortemente erosi come nel caso del profilo 1 del 2019 e del 10 del 2020 in cui non è attualmente presente l'orizzonte organo minerale. Bisogna precisare che il basso grado di sviluppo degli orizzonti organo minerali presenti può essere riconducibile a pratiche gestionali cadute in disuso quali l'asportazione della lettiera allo scopo di utilizzarla in ambito agricolo.

Tra le forme di gestione considerate sono presenti poche differenze tra le frazioni di SOM, imputabili per lo più a differenze sito-specifiche. Il carbonio organico della WEOM mostra diminuzioni lungo il profilo ascrivibili a legami con le micelle colloidali minerali (fillosilicati, ossidi, ossidrossidi) e degradazione microbiche. Anche le varie frazioni della POM subiscono variazioni con la profondità a causa dell'impossibilità della maggior parte delle particelle di muoversi lungo il profilo.

Tra gli obiettivi futuri, oltre alla prosecuzione del monitoraggio della POM e della WEOM, vi è quello di analizzare anche la porzione di SOM più recalcitrante e stabile, ossia quella associata chimicamente alla frazione minerale, la MOM, in modo tale da avere un quadro completo delle dinamiche in gioco in tali sistemi forestali. Il frazionamento fisico della SOM è comunque uno strumento potente in grado di

restituire informazioni essenziali sulle dinamiche in atto in un dato contesto territoriale (Mirsky et al.; 2008, Cerli et al., 2012; Wander, 2004). Per quanto riguarda il castagno, il ruolo di questi protocolli analitici riveste ulteriore importanza data la carenza di informazioni relative agli effetti della gestione e dei dinamismi ecosistemici caratteristici di ogni popolamento.

BIBLIOGRAFIA

- Humberto Blanco-Canqui & Rattan Lal (2004) MECHANISMS OF CARBON SEQUESTRATION IN SOIL AGGREGATES, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23:6, 481-504;
- C.J. Bronick, R. Lal, SOIL STRUCTURE AND MANAGEMENT: A REVIEW, *Geoderma*, Volume 124, Issues 1–2, 2005, Pages 3-22;
- Christensen, B.T. (2001), PHYSICAL FRACTIONATION OF SOIL AND STRUCTURAL AND FUNCTIONAL COMPLEXITY IN ORGANIC MATTER TURNOVER. *European Journal of Soil Science*, 52: 345-353;
- Manuel Pulido-Fernández, Susanne Schnabel, J. Francisco Lavado-Contador, Isabel Miralles Mellado, Raúl Ortega Pérez, SOIL ORGANIC MATTER OF IBERIAN OPEN WOODLAND RANGELANDS AS INFLUENCED BY VEGETATION COVER AND LAND MANAGEMENT, *CATENA*, Volume 109, 2013, Pages 13-24;
- Herbert, B.E. and Bertsch, P.M. (1995). CHARACTERIZATION OF DISSOLVED AND COLLOIDAL ORGANIC MATTER IN SOIL SOLUTION: A REVIEW. In *Carbon Forms and Functions in Forest Soils* (eds W.W. McFee and J.M. Kelly);
- Mohammad Hassouna, Catherine Massiani, Yves Dudal, Nicolas Pech, Frédéric Theraulaz, CHANGES IN WATER EXTRACTABLE ORGANIC MATTER (WEOM) IN A CALCAREOUS SOIL UNDER FIELD CONDITIONS WITH TIME AND SOIL DEPTH, *Geoderma*, Volume 155, Issues 1–2, 2010, Pages 75-85;
- Piccolo A. (2002). THE SUPRAMOLECULAR STRUCTURE OF HUMIC SUBSTANCES: A NOVEL UNDERSTANDING OF HUMUS CHEMISTRY AND IMPLICATIONS IN SOIL SCIENCE. *Advances in Agronomy* 75: 57-134;
- Klaus Kaiser, Georg Guggenberger, THE ROLE OF DOM SORPTION TO MINERAL SURFACES IN THE PRESERVATION OF ORGANIC

MATTER IN SOILS, *Organic Geochemistry*, Volume 31, Issues 7–8, 2000, Pages 711-725;

- Krull Evelyn S., Baldock Jeffrey A. Skjemstad Jan O. (2003) IMPORTANCE OF MECHANISMS AND PROCESSES OF THE STABILISATION OF SOIL ORGANIC MATTER FOR MODELLING CARBON TURNOVER. *Functional Plant Biology* **30**, 207-222.
- Lehmann, J., Kleber, M. THE CONTENTIOUS NATURE OF SOIL ORGANIC MATTER. *Nature* 528, 60–68;
- Mirsky, S.B., Lanyon, L.E. and Needelman, B.A. (2008), EVALUATING SOIL MANAGEMENT USING PARTICULATE AND CHEMICALLY LABILE SOIL ORGANIC MATTER FRACTIONS. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 72: 180-185;
- Naeth, M. A., Bailey, A. W., Pluth, D. J., Chanasyk, D., & Hardin, R. T. (1991). GRAZING IMPACTS ON LITTER AND SOIL ORGANIC MATTER IN MIXED PRAIRIE AND FESCUE GRASSLAND ECOSYSTEMS OF ALBERTA. *Journal of Range Management*, 44(1), 7-12;
- Nathalie Fortin, Danielle Beaumier, Kenneth Lee, Charles W Greer, SOIL WASHING IMPROVES THE RECOVERY OF TOTAL COMMUNITY DNA FROM POLLUTED AND HIGH ORGANIC CONTENT SEDIMENTS, *Journal of Microbiological Methods*, Volume 56, Issue 2, 2004, Pages 181-191;
- Schlesinger WH, editor. *Biogeochemistry*. Elsevier; 2005 Jun 22;
- Sheldrake, M., Rosenstock, N.P., Revillini, D., Olsson, P.A., Mangan, S., Sayer, E.J., Wallander, H., Turner, B.L. and Tanner, E.V.J. (2017), ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGAL COMMUNITY COMPOSITION IS ALTERED BY LONG-TERM LITTER REMOVAL BUT NOT LITTER ADDITION IN A LOWLAND TROPICAL FOREST. *New Phytol*, 214: 455-467;
- Stevenson IL. *BIOCHEMISTRY OF SOIL*. Chemistry of the Soil, Second Edition, American Chemistry Society Monograph Series, Reinhold Publishing Corp., New York. 1964;

- Laure Soucémarianadin, Lauric Cécillon, Claire Chenu, François Baudin, Manuel Nicolas, Cyril Girardin, Amicie Delahaie, Pierre Barré, HETEROGENEITY OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND THERMAL STABILITY OF PARTICULATE ORGANIC MATTER IN FRENCH FOREST SOILS, *Geoderma*, Volume 342, 2019, Pages 65-74;
- Jean H. Prévost, MECHANICS OF CONTINUOUS POROUS MEDIA, *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE*, Volume 18, Issue 6, 1980, Pages 787-800;
- Antonio Tomao, José Antonio Bonet, Carles Castaño, Sergio de-Miguel, HOW DOES FOREST MANAGEMENT AFFECT FUNGAL DIVERSITY AND COMMUNITY COMPOSITION? CURRENT KNOWLEDGE AND FUTURE PERSPECTIVES FOR THE CONSERVATION OF FOREST FUNGI, *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, Volume 457, 2020;
- Wander, M.M., Bidart, M.G. and Aref, S. (1998), TILLAGE IMPACTS ON DEPTH DISTRIBUTION OF TOTAL AND PARTICULATE ORGANIC MATTER IN THREE ILLINOIS SOILS. *Soil Science Society of America Journal*, 62: 1704-1711;