



# UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

---

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali

*Corso di Laurea Magistrale in Scienze Forestali, dei Suoli e del Paesaggio*

***“Stock di C e P nel suolo: influenza della gestione e del tipo forestale. Caso studio all’interno della riserva naturale del Monte San Vicino e Monte Canfaieto”***

***“C and P stocks in soil: influence of management and forest type. Case study within the Monte San Vicino and Monte Canfaieto natural reserve”***

**Relatore:**

*Prof.ssa Stefania Cocco*

**Tesi di Laurea di:**

Luigi Campanari

**Correlatori:**

*Dott. Lorenzo Camponi*

*Ph.D Valeria Cardelli*

Anno Accademico 2021/2022

# INDICE

<i>ACRONIMI E ABBREVIAZIONI</i> .....	3
<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	<b>4</b>
1.1 L'ecosistema suolo-foresta.....	4
1.2 Il carbonio organico nel suolo .....	8
1.2.1. Il ciclo del carbonio.....	10
1.2.2 TOC e CRCO dei suoli forestali italiani e marchigiani.....	11
1.3 Il fosforo.....	15
1.3.1. Il ciclo del fosforo .....	16
<b>2. SCOPO DELLA TESI</b> .....	<b>18</b>
<b>3. MATERIALI E METODI</b> .....	<b>18</b>
3.1 Inquadramento dell'area di studio .....	18
3.2 Metodi di valutazione .....	22
3.2.1. Individuazione Area omogenea (AO) e Area di saggio (AdS).....	23
3.2.2. Metodologia di campionamento .....	24
3.2.3. Valutazione della densità apparente del suolo.....	26
3.2.4. Preparazione del campione .....	26
3.3 Analisi chimiche.....	28
3.4.1. Misurazione del <i>pH</i> .....	28
3.4.2. Determinazione del fosforo assimilabile (metodo Olsen).....	29
3.4.4. Calcolo della CRCO.....	36
<b>4. RISULTATI</b> .....	<b>38</b>
<b>5. CONCLUSIONI</b> .....	<b>68</b>
<i>BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</i> .....	71
<i>RINGRAZIAMENTI</i> .....	75

## ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

P	Fosforo.
C	Carbonio.
CRCO	Capacità Ritentiva del Carbonio Organico.
Ha	Ettaro.
INFC	Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio.
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry.
MT	Megatonnellate.
PAC	Politica agricola comune.
SOC	Soil organic carbon = Carbonio organico del suolo.
SOM	Soil organic matter = Sostanza organica del suolo.
T	Tonnellate.
TOC	Total organic carbon = Carbonio organico totale.
P <sub>av</sub>	Available phosphorus = Fosforo disponibile

# 1. INTRODUZIONE

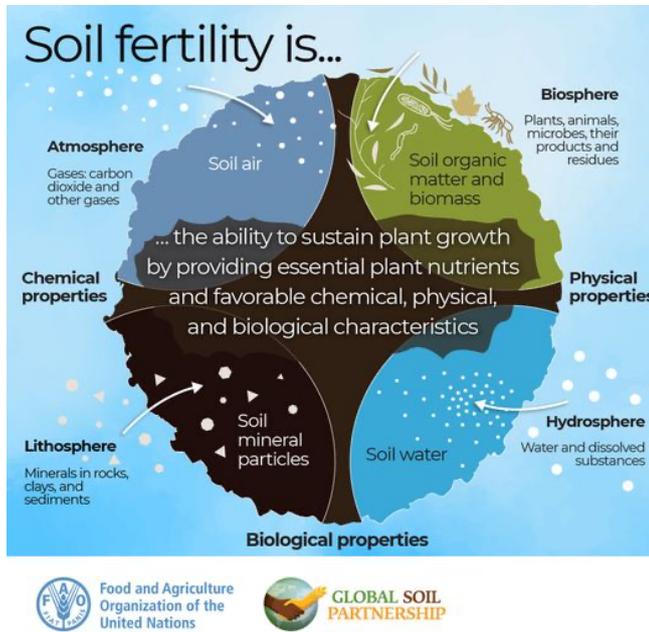
Uno degli ecosistemi più complessi e diversificati sulla terra è il suolo ([Alves e Cardoso, 2016](#)). Il suolo fornisce una varietà di servizi ecosistemici (ESS) ed è un habitat per un'ampia varietà di microbi, piante e animali (principalmente invertebrati) ([Daily et al., 1997](#)). Oltre ad essere un hotspot di diversità, il suolo contribuisce alla EES come la regolazione del clima controllando i flussi di gas serra, la protezione delle piante dai parassiti e ha un ruolo chiave nel sequestro del carbonio ([Lavelle et al., 2006](#) ; [Wagg et al., 2014](#)). I suoli, da soli, immagazzinano una quantità di carbonio (C) molto superiore rispetto ad atmosfera e vegetazione combinati, costituendo i più grandi serbatoi terrestri di C (Brevik et al., 2015; Jobbágy and Jackson, 2000) alimentati dalla biomassa vegetale e animale. Risulta estremamente importante preservare la salute dei suoli attraverso una gestione sostenibile degli ecosistemi (Lisky et al., 2002), per favorire l'incremento del loro stock del C.

## 1.1 L'ecosistema suolo-foresta

Negli ambienti forestali esiste una relazione complessa e intima tra le piante e il suolo che si verifica attraverso le interazioni tra l'attività delle radici, la copertura della chioma e la produzione e la qualità della lettiera che portano a diverse proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo ([Agnelli et al., 2016](#); [De Feudis et al., 2019](#)).

Allo stesso tempo, la degradazione della materia organica da parte della comunità microbica del suolo assicura che i nutrienti siano disponibili per la crescita delle piante ([He et al., 2020](#)). In questa rete di interazioni, il materiale parentale gioca un ruolo chiave nel determinare le proprietà fisiche chimiche e biochimiche del suolo ([Cardelli et al., 2017](#)), influenza il pH, la consistenza e l'apporto di nutrienti e induce livelli distinti di fertilità del suolo che successivamente influenzano la composizione e l'abbondanza della

vegetazione (Skorupa et al., 2017) e la quantità e la qualità della materia organica del suolo proveniente dalla lettiera (Brock et al., 2019)(Fig.1).



**Fig.1- La fertilità del suolo.**

<https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/soil-fertility/en/>

L'accrescimento delle foreste è condizionato da diverse proprietà chimiche e pedologiche come: i regimi di umidità del suolo, il contenuto e la disponibilità di nutrienti, la tessitura e altre proprietà come il pH, il contenuto di C, N e P. (ad es. Scharnweber et al., 2013, Kobal et al., 2015, Lévesque et al., 2016, Calvaruso et al., 2017). Si stima che l'attuale stock di C nei suoli forestali mondiali (spessore 0–1 m) sia di  $383 \pm 30$  Pg C (Pan et al., 2011), il 44% del C totale immagazzinato dagli ecosistemi forestali. Tuttavia, il suo valore può variare a seconda della metodologia utilizzata per la stima (De Feudis et al., 2022) che potrebbe essere migliorata tenendo conto del pool C dei frammenti di roccia del suolo (Agnelli et al., 2002; Corti et al., 2002). Allo stesso tempo, il ciclo e lo stoccaggio del C organico nei suoli forestali guidano la funzionalità dell'ecosistema, mitigano i cambiamenti climatici e contribuiscono alla sostenibilità delle foreste

(Cutini et al., 2021). La rilevanza del C del suolo è dovuta anche al suo robusto legame con i cicli N e P (Innangi et al., 2017; Vindušková et al., 2019). In effetti, la mineralizzazione del C organico è controllata dalla disponibilità di N e P e dai loro rapporti stechiometrici a causa del loro ruolo chiave nella regolazione dell'abbondanza e dell'attività della comunità microbica del suolo (Kirkby et al., 2013; Zheng et al., 2021). Mentre l'azoto nell'ecosistema terrestre proviene dalla fissazione atmosferica e dal suolo, principalmente in forma organica, diventa disponibile per gli organismi viventi attraverso la decomposizione e la mineralizzazione della materia organica da parte della comunità microbica del suolo (Alarcón-Gutiérrez et al., 2008; Marco et al., 2016), la principale fonte di suolo P è l'erosione delle rocce (Walker e Syers, 1976). Il P inorganico derivato dall'erosione della roccia madre può precipitare come sali fosfatici con solubilità molto bassa, essere fortemente legato a minerali secondari reattivi ed essere immobilizzato in forme organiche (Arenberg e Arai, 2019). Diversi autori (es. Bünemann et al., 2016; Brödlin et al., 2019) hanno riferito che negli ecosistemi forestali la mineralizzazione della materia organica è la principale fonte di N e P, soprattutto negli orizzonti organico e organo-minerale (O e A orizzonti, rispettivamente). Negli orizzonti minerali, l'assorbimento differenziale di N e P inorganici può comportare uno squilibrio nella loro disponibilità per le piante (Brödlin et al., 2019). Negli ecosistemi maturi, la nutrizione delle piante si basa fortemente sulla mineralizzazione di N e P legati organicamente, specialmente negli strati organici che si trovano sopra il suolo minerale (Bünemann et al., 2016; Langetal., 2017). Pertanto, le specie vegetali, le proprietà del suolo e le loro interazioni giocano un ruolo fondamentale nel determinare lo stock di C organico del suolo (SOC) e, grazie al contenuto elementare di SOM, anche nei cicli biogeochimici di nutrienti come N, P (Tiessen et al., 1994). La sostanza organica del suolo (SOM) svolge un ruolo chiave negli ecosistemi terrestri, dove è coinvolta in molti processi di

conservazione del suolo. La SOM è fondamentale per stabilizzare le strutture e ridurre l'erosione del suolo, migliorare la capacità di ritenzione idrica e rilasciare nutrienti a piante, microrganismi e fauna del suolo ([Bot e Benites, 2005](#); [Canedoli et al., 2020](#)). Nei suoli forestali, l'apporto di materia organica dipende dalla produzione di lettiera, dalla mortalità delle radici fini, dagli essudati delle radici e dai residui di germogli ([Lehmann e Kleber, 2015](#); [Diao et al., 2020](#); [Wu et al., 2020](#)). Pertanto, a seconda dell'interazione tra le principali forze che formano il suolo (materiale originario, clima, organismi viventi, rilievo e tempo; [Jenny, 1941](#)), una vastità di processi fisico-chimici e biologici influenza la trasformazione dei materiali organici di origine vegetale in SOM. Durante questa trasformazione, la SOM è stabilizzata dalla formazione di complessi organo-metallici con cationi di- e trivalenti ([Kaiser et al., 2016](#)), la formazione di complessi organo-minerali con minerali argillosi ([Kögel-Knabner et al., 2008](#); [Barré et al., 2014](#); [Gartzia-Bengoetxea et al., 2020](#)), e l'occlusione all'interno degli aggregati ([Schrumpf et al., 2013](#)), favorendone la conservazione nel suolo. Dunque, le specie vegetali, le proprietà del suolo e le loro interazioni giocano un ruolo chiave nella determinazione dello stock di C organico del suolo (SOC) e, a causa del contenuto elementare di SOM, anche nei cicli biogeochimici di nutrienti come N, P, Ca, Mg e K ([Tiessen et al., 1994](#)). Ad esempio, le stime indicano che il contenuto mondiale medio di suolo a 1 m di profondità è di 1462-1548 Pg per C organico e di 133-140 Pg per N totale ([Batjes, 1996](#)), più del contenuto globale ottenuto combinando vegetazione e atmosfera ([Lehmann e Kleber, 2015](#); [Mayer et al., 2020](#)). Le foreste coprono il 31% della superficie globale e immagazzinano il 70% del SOC ([Six et al., 2002](#); [Carvalhais et al., 2014](#)), ne consegue quindi che la gestione forestale influenza il ciclo globale del C ([Davidson and Janssens, 2006](#); [Lal, 2020](#)) e può anche svolgere un ruolo significativo nella perdita di biodiversità e nel ridotto funzionamento dell'ecosistema ([Rito et al., 2017](#)). In Italia la

maggior parte dei suoli forestali ha subito nel tempo modificazioni per azioni antropiche ma questo è fortemente influenzato anche da un gran numero di eventi e processi naturali, alcuni dei quali hanno importanti ripercussioni sullo stock del C nel suolo (Comitato nazionale per la biosicurezza, le biotecnologie e le scienze della vita, 2020). I fattori antropici che possono influenzare il SOC totale nelle foreste includono attività di gestione forestale (Jandl et al., 2007), come deforestazione, afforestazione di suoli agricoli e successiva gestione di piantagioni forestali (Lal, 2005). In particolare, la conversione delle foreste in ecosistemi agricoli influisce sulle proprietà del suolo, ma soprattutto sulla concentrazione e sullo stock di carbonio organico (SOC) nel suolo. La conversione a un uso agricolo del suolo comporta l'esaurimento dello stock di SOC del 20-50% (Schlesinger, 1985, Post e Mann, 1990, Davidson e Ackerman, 1993). Una soluzione per una corretta gestione potrebbe essere quella dell'imboschimento di terreni agricoli che può invertire alcuni dei processi di degrado e causare l'aumento o il sequestro dello stock di SOC ( Ross et al., 2002 , Argento et al., 2000 ).

## **1.2 Il carbonio organico nel suolo**

Il carbonio organico del suolo (SOC) è il più grande contenitore di carbonio nella biosfera terrestre, secondo solo agli oceani (IPCC, 2003 e riferimenti ivi). La Strategia Tematica per la Protezione del Suolo della Commissione Europea (EC, 2006) ha evidenziato la perdita di SOC come una delle fonti più importanti di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Allo stesso tempo, il processo di sequestro del carbonio da parte del suolo riduce le concentrazioni atmosferiche di gas serra (GHG) e dovrebbe svolgere un ruolo importante nella mitigazione del cambiamento climatico nel prossimo secolo (Smith, 2004). La possibilità di comprendere e prevedere in che modo il SOC risponderà ai cambiamenti climatici in diverse categorie di copertura del suolo è fondamentale per supportare sia la politica paesaggistica che la

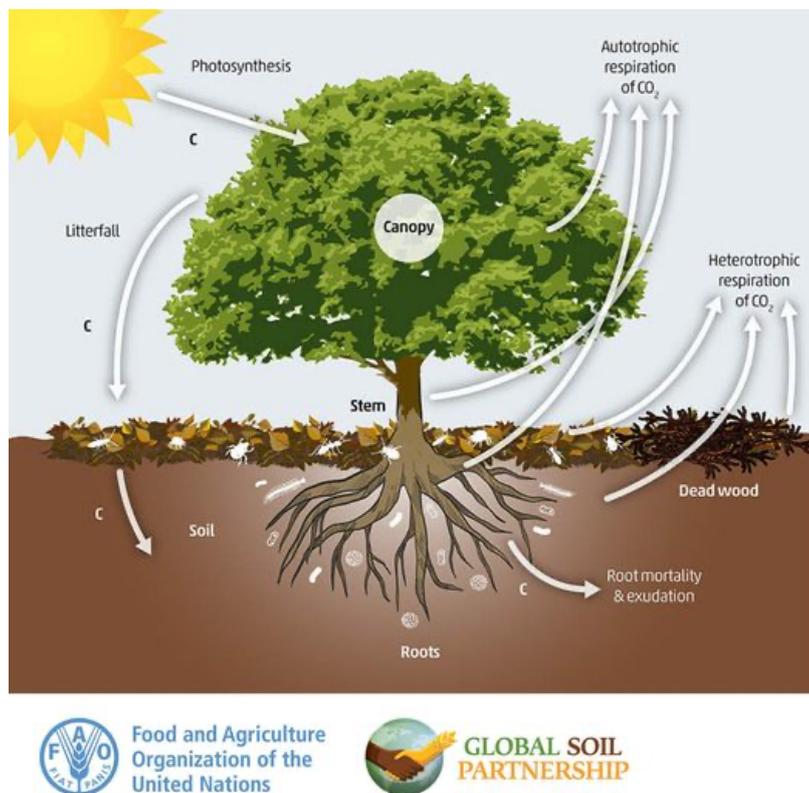
pianificazione e la gestione sostenibile. Il SOC è una delle componenti della sostanza organica del suolo (SOM), rappresentandone circa il 60%, il processo attraverso il quale la CO<sub>2</sub> atmosferica viene stoccato nel suolo prende il nome di “sequestro del SOC” e prevede l’organizzazione della CO<sub>2</sub> da parte delle piante e il trasferimento del carbonio da queste al suolo come SOM morta, la quale viene decomposta dai diversi organismi del suolo (FAO, 2017). Lo stock di SOC è quindi controllato dal bilancio degli input di carbonio dalla produzione di piante e degli output attraverso la decomposizione della sostanza organica del suolo (Jenny 1941, Schlesinger 1977). Il SOC svolge un ruolo chiave nel funzionamento degli ecosistemi forestali regolando il ciclo dei nutrienti, lo stoccaggio e la disponibilità di acqua, l’erosione e le inondazioni e sostenendo l’habitat del biota (Adhikari & Hartemink, [2016](#); Brang et al., [2006](#); Minasny & McBratney, [2018](#); Rabbi et al., [2018](#)). A livello globale, gli ecosistemi forestali coprono circa più di 4 miliardi di ettari (FAOSTAT, [2020](#)) e sono un serbatoio netto di carbonio che immagazzinano circa 650 Pg di C (FAO, [2010](#)). Mentre in Italia, le aree boschive ammontano a circa 10 milioni di ettari (FAOSTAT, [2020](#)) e i loro suoli immagazzinano da 80 a 130 Mg C ha<sup>-1</sup>a 1 m di profondità (Caddeo et al., [2019](#)). Le foreste italiane sono distribuite principalmente nelle aree montuose (Cesaro & Romano, [2017](#)), dove i suoli sono spesso caratterizzati per essere poco sviluppati, poco profondi e scheletrici a causa di limitati processi pedogenetici e alti tassi di erosione del suolo (Alewell et al., [2008](#); Guerra et al., [2020](#); Romeo et al., [2015](#)). Inoltre, i suoli montani sono riconosciuti per avere un’elevata sensibilità ai cambiamenti climatici (Hagedorn et al., [2010](#)), che li rende altamente vulnerabili al declino del SOC, all’erosione e all’ulteriore degrado del suolo (Bojko & Kabala, [2016](#); Conforti et al., [2013](#)). ), che, a loro volta, possono influenzare le funzioni ecosistemiche fornite dal suolo forestale come la produzione di biomassa, l’approvvigionamento idrico e di nutrienti, il sequestro di C e la conservazione della

biodiversità (Baveye et al., [2016](#); Vicente-Vicente et al., [2019](#)). Recentemente è stato proposto un tempo di permanenza medio del SOC di 23 anni (Carvalhais et al., 2014), basato sulle informazioni globali dei profili di suolo derivanti da “*Harmonized World Soil Database*” (HWSD) ed utilizzando un approccio semplicistico con cui viene calcolato il tempo medio di turnover del C (in tonnellate) attraverso il rapporto tra carbonio stoccato nelle piante e nel suolo e il flusso in questo serbatoio di C. Tutto questo può contribuire a proteggere e conservare le riserve esistenti di SOC, ma devono essere comunque conservati i depositi esistenti (prati permanenti, torbiere e foreste) ed attuate pratiche di gestione che conservino il carbonio nel suolo, poiché negli ultimi due secoli, il SOC ha registrato una perdita stimata dell'8% a livello globale (Comitato nazionale per la biosicurezza, le biotecnologie e le scienze della vita, 2020).

### **1.2.1. Il ciclo del carbonio**

Il ciclo globale del C è un ciclo biogeochimico che riguarda lo scambio di carbonio tra i principali serbatoi del pianeta (Fig.2): atmosfera, oceani, ambienti terrestri. Questo scambio può avvenire in secondi, attraverso la fissazione della CO<sub>2</sub> nella fotosintesi clorofilliana, oppure in millenni, attraverso l'accumulazione di carbonio fossile (oli, gas, carbone) originatosi per la deposizione e diagenesi della sostanza organica. Il ciclo del C è importante perché forma le strutture di tutti gli organismi viventi sul pianeta, definisce il flusso ed il bilancio di energia che comprende il metabolismo dei sistemi naturali, umani e industriali. Inoltre con l'aumento dell'industrializzazione e l'utilizzo dei combustibili fossili ha portato all'aumento dei principali gas serra, tra i quali l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), che contribuisce all'evoluzione e lo sviluppo della vita, ma un eccesso di aumenta l'effetto serra. (Houghton, 2003). Tra i principali serbatoi terrestri, il suolo è quello con la maggior capacità e

disponibilità nell'immagazzinare C, circa i 2/3 di tutto il C degli ecosistemi terrestri sono nel suolo (Kobak, 1988). Perciò nello studio dei cambiamenti climatici si rende necessario comprendere il destino del C del suolo, poiché è stato anche osservato che un aumento della CO<sub>2</sub> atmosferica, a causa dei cambiamenti climatici, porti ad un aumento delle emissioni di metano (CH<sub>4</sub>) da parte del suolo (van Groenigen et al., 2011)



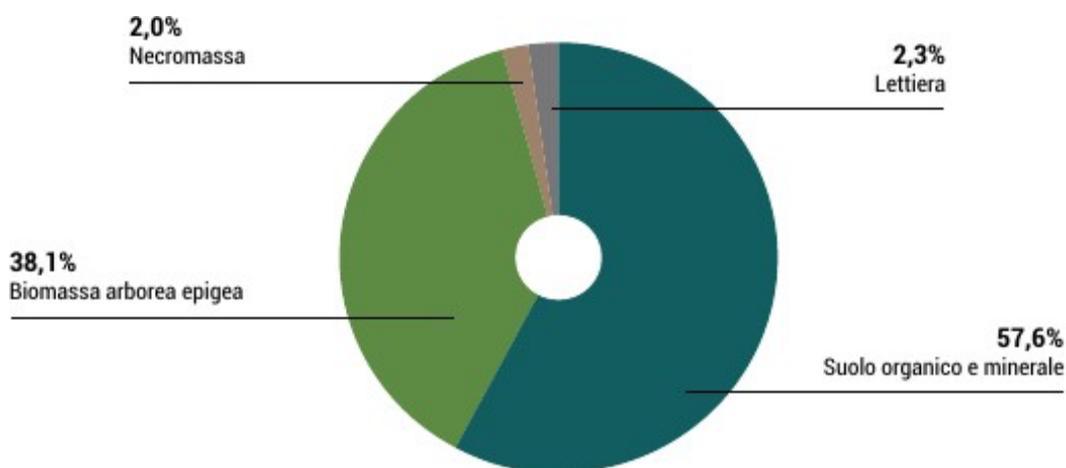
*Fig.2 – Il ciclo globale del Carbonio*

<https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/soil-fertility/en/>

### 1.2.2 TOC e CRCO dei suoli forestali italiani e marchigiani

Secondo l'inventario forestale nazionale (INFC, 2005), l'ammontare complessivo di C all'anno di riferimento nelle foreste italiane è pari a 1,24 miliardi di tonnellate (cioè 1,24 Pg), in media 141,8 Tha<sup>-1</sup>, corrispondenti a 4,5 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> assorbita dall'atmosfera. Di questo contenuto totale di C organico, la maggior

parte è accumulato nei suoli, che contengono il 57,6% del totale pari a 715,7 MT, di cui 51,5 MT negli orizzonti organici, 315,5 MT nello strato minerale superficiale (tra 0 e 10 cm di profondità) e 348,7 MT nello strato minerale profondo (10-30 cm), nella lettiera (Oi) sono accumulati 28,3 MT di carbonio organico, pari al 2,3% del C totale.



*Fig. 3 – Ripartizione percentuale del C accumulato nei pool forestali riferiti al 2005 (fonte: Rapporto sullo stato delle foreste e del settore forestale in Italia, 2017-18).*

Nei boschi delle Marche lo stock totale di C è di circa 38,2 MT, di cui circa 26,2 MT è il quantitativo di TOC del suolo, in riferimento ad ogni ettaro sono 131,2  $\text{Tha}^{-1}$  di C totale nelle foreste e 90,1  $\text{Tha}^{-1}$  di TOC del suolo. Di questo 516.942 T sono presenti nella lettiera (1,8  $\text{Tha}^{-1}$ ) e 25,7 MT sono presenti negli altri orizzonti organici e in quelli minerali (88,3  $\text{Tha}^{-1}$ ). Lo stock totale di C organico viene tecnicamente definito “Capacità Ritentiva del C Organico (CRCO)”, ovvero la capacità di assorbire ed immobilizzare la  $\text{CO}_2$  atmosferica espressa come densità superficiale di C organico ( $\text{Tha}^{-1}$ ). Vengono di

seguito riportate una tabella relativa alla CRCO dei suoli forestali italiani e marchigiani ed una tabella relativa alla CRCO dei suoli sotto alcuni popolamenti forestali marchigiani, secondo quanto riportato nei risultati dell'INFC 2005 (Gasparini et al., 2013). Le tipologie di cenosi forestali riportate sono quelle scelte per l'analisi sperimentale dei TOC e delle CRCO di suoli forestali all'interno di questa tesi.

**Tab. 1 - CRCO dei suoli forestali italiani e marchigiani (INFC, 2005).**

	Superficie forestale (totale)	CRCO suolo organico		CRCO suolo minerale		CRCO suolo (totale)		CRCO forestale totale	
	ha	T	T ha <sup>-1</sup>	T	T ha <sup>-1</sup>	T	T ha <sup>-1</sup>	T	T ha <sup>-1</sup>
<b>Totale boschi Marche</b>	308.076	1.375.365	4,8	24.868.421	85,3	26.243.785	90,1	38.229.801	131,2
<b>Totale boschi Italia</b>	10.467.533	79.841.513	9,1	664.155.094	75,8	743.996.607	84,9	1.241.577.258	141,8

**Tab.2 - CRCO dei suoli marchigiani sotto alcune tipologie di popolamento forestale (INFC 2005).**

	Superficie forestale nelle Marche	CRCO suolo organico		CRCO suolo minerale		CRCO suolo (totale)	
	ha	T	T ha <sup>-1</sup>	T	T ha <sup>-1</sup>	T	T ha <sup>-1</sup>
<b>Faggete</b>	17.837	194.870	10,9	1.536.734	86,2	1.731.604	97,1
<b>Querceti</b>	63.530	228.371	3,6	4.521.977	71,2	4.750.348	74,8
<b>Cerrete</b>	27.484	169.803	6,2	2.061.819	75	2.231.622	81,2
<b>Ostietti, carpineti</b>	76.908	327.091	4,2	8.650.539	112,5	8.977.630	116,7

Dalla tabella n.2 si può osservare che la CRCO è maggiore nei suoli sotto *ostrieti*, poiché tra le tipologie forestali riportate sono quelli con maggiore estensione superficiale nella Regione, a seguire ci sono i suoli con la presenza di *faggete*, *cerrete* e infine i suoli sotto *querceti*. Quest'ultimi si estendono per una superficie molto più ampia rispetto a faggete e cerrete ma sono caratterizzati da una CRCO del suolo per ettaro più basso; quindi, si può concludere che i suoli sotto querceti riescono a stoccare meno SOC per unità di superficie rispetto alle altre tipologie riportate.

### **1.3 Il fosforo**

Il fosforo (P) è un nutriente essenziale per tutte le forme di vita sulla Terra e svolge un ruolo chiave nei cicli biogeochimici globali (Paytan e McLaughlin, 2007). In generale, il fosforo può essere suddiviso in fosforo inorganico e fosforo organico. La principale forma di fosforo nel suolo è il fosforo inorganico, che rappresenta il 60-80% del fosforo totale del suolo. Il fosforo organico (OP) viene gradualmente considerata come la specie P più importante e ampiamente presente in una varietà di suoli e sedimenti (Turneret al., 2002, 2012; Shinohara et al., 2012; Vestergren et al., 2012; McDowell e Hill, 2015). Il fosforo presente nel suolo proviene principalmente dalla disgregazione delle rocce, più o meno ricche di minerali fosfatici, ma anche dalla sostanza organica presente in esso. I composti OP più comuni nei suoli sono acidi nucleici, nucleotidi, fosfati di inositolo, fosfolipidi, glicofosfati, fosfoproteine e fosfonati (Turneret al., 2005; Baldwin, 2013). Le fonti dirette di OP del suolo includono residui animali/vegetali e fertilizzanti organici negli ecosistemi terrestri, e l'uso diffuso di fertilizzanti inorganici può portare alla formazione di OP generati da microrganismi (Condron et al., 2005). La degradazione dell'OP e l'idrolisi enzimatica sono i principali percorsi per mantenere la biodisponibilità di P in natura (Benitez-Nelson e Buesseler, 1999;

Doolette et al., 2010; Giaveno et al., 2010; Ruttenberg, 2014). Nell'ambiente terrestre, l'OP svolge un ruolo chiave nelle funzioni biologiche ed ecosistemiche, essendo fondamentale per la crescita, la funzione e la riproduzione delle cellule (George et al., 2018). In condizioni naturali, l'OP interagisce con la superficie del minerale attraverso uno o più gruppi fosfato e le caratteristiche della reazione sono influenzate da fattori come pH, temperatura, forza ionica, proprietà dei minerali. Il pH è considerato un fattore importante che controlla il comportamento di adsorbimento dell'OP, poiché influenza la protonazione dell'OP e le caratteristiche di carica superficiale dei minerali. A valori di pH più bassi, la superficie minerale ha una carica positiva più elevata e le attrazioni elettrostatiche tra la superficie e gli anioni facilita l'adsorbimento OP. Inoltre, il pH del sistema di reazione determina la velocità di adsorbimento dell'OP. (Celi et al., 2001; Olsson et al., 2010; Johnson et al., 2012; Yan et al., 2014a, 2014b; Lü et al., 2017; Li et al., 2018; Chen e Arai, 2019) La massima concentrazione dei fosfati si ottiene quando il pH ha valori intorno a 6,5: andando verso l'alcalinità si ha una insolubilizzazione mediante formazione di fosfati di calcio, mentre scendendo su valori acidi vengono a formarsi fosfati di ferro e/o di alluminio. Il pH influenza anche l'attività dei microrganismi preposti alla decomposizione della sostanza organica, che trasformano il fosforo organico in fosforo minerale disponibile per l'assorbimento radicale: tale processo di mineralizzazione si svolge meglio quando i valori del pH sono intorno alla neutralità, mentre nei suoli molto acidi fortemente rallentata.

### **1.3.1. Il ciclo del fosforo**

Il fosforo presente nel suolo deriva dalla degradazione (per processi chimici, fisici e biotici) di rocce particolarmente ricche di questo elemento (rocce fosfatiche). Questo, una volta raggiunto il suolo sotto forma di ioni fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), che sono chimicamente molto stabili, viene organicato (legato a molecole organiche) attraverso processi di

decomposizione che lo mutano nella sua forma ossidata più solubile. Il processo più conosciuto di trasformazione del fosfato minerale in fosfato organico è la fosforilazione. In tal modo viene reso disponibile agli autotrofi (piante, protisti fotosintetici, cianobatteri) che possono così assorbirlo come fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Un'eccessiva acidità del terreno lo rende meno accessibile in quanto determina il legame del fosforo con metalli (ferro e alluminio) che lo immobilizzano. In condizioni di media acidità ( $\text{pH} < 7$ ) le piante prediligono l'assunzione di fosforo sotto forma di ione orto fosforico ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). A partire dai produttori il fosforo fluisce attraverso la catena alimentare agli organismi eterotrofi. A ogni livello trofico il fosforo in eccesso viene eliminato. Il ciclo si conclude con i decompositori che restituiscono al suolo (e all'acqua – vedi di seguito) il fosforo, contenuto nella materia organica degli organismi morti, come fosfati. Attraverso il dilavamento delle acque superficiali, parte dei fosfati in soluzione nelle acque dolci giungono al mare, che rappresenta il serbatoio principale dell'elemento. Una parte di tali fosfati viene incorporata nei sedimenti, nei quali si ha un'immobilizzazione dell'elemento, e nelle rocce fosfatiche che, con l'azione di movimenti tettonici, possono tornare in superficie formando nuove riserve geologiche dell'elemento. Un'altra parte dei fosfati in soluzione fluisce nelle catene trofiche marine, nelle quali il fosforo è incorporato tra i vari anelli della catena partendo dai produttori primari (fitoplancton) fino a giungere ai pesci, pescati infine dagli uomini o mangiati da uccelli.

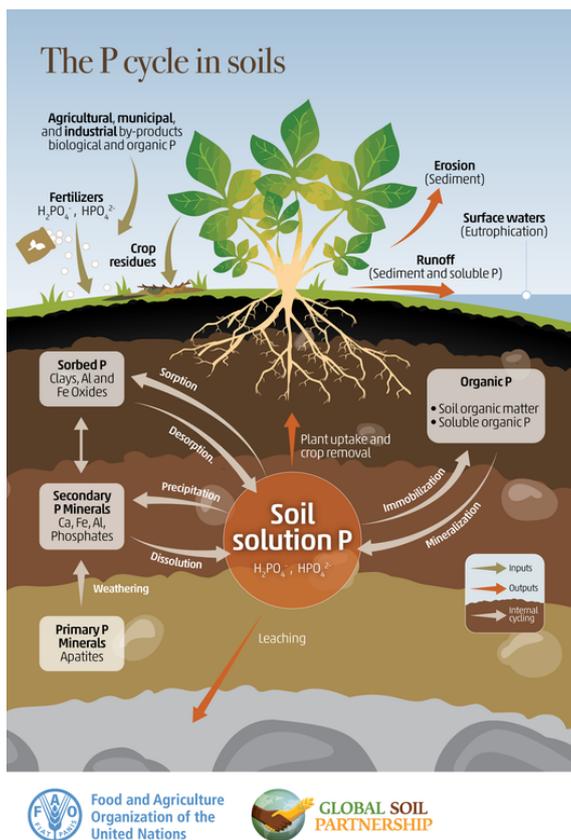


Fig. 4 - Ciclo biogeochimico del fosforo

<https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/soil-fertility/en/>

## 2. SCOPO DELLA TESI

Lo scopo della tesi è stato quello di misurare gli stocks di C organico e  $P_{av}$  nel suolo a diverse profondità (lettiera e 0-30 cm) e nella biomassa radicale, sotto differenti tipologie forestali, in un areale rappresentativo della condizione media dei boschi di latifoglie dell'Appennino, analizzando l'effetto della gestione e dell'ecologia della specie.

## 3. MATERIALI E METODI

### 3.1 Inquadramento dell'area di studio

Le aree scelte per effettuare i campionamenti pedologici e le successive analisi fisico-chimiche in laboratorio sono situate all'interno del

territorio comunale di San Severino Marche (MC), nella catena del Monte San Vicino (Fig.5-6). Il territorio è caratterizzato da inverni con basse temperature, precipitazioni maggiori ed abbondanti in autunno e primavera ed aridità estiva praticamente assente.

La catena del M. San Vicino (1484 m s.l.m.) fa parte della dorsale marchigiana e si estende in direzione NNO-SSE. Dal punto di vista geologico, è caratterizzata dalla serie Umbro-marchigiana (Centamore et al., 1979; 1991), costituita, in ordine dalla più recente, dalle seguenti formazioni:

- Depositi torbiditici miocenici del Bacino della Laga e del Bacino di Camerino (Associazione Arenaceo-conglomeratica, Ass. Arenaceo-pelitica, Ass. Pelitico-arenacea, Peliti, Formazione Gessoso-solfifera);
- Schlier;
- Bisciario;
- Scaglia Cinerea;
- Scaglia Variegata, Scaglia Rosata e Scaglia Bianca;
- Marne a Fucoidi;
- Maiolica;
- Calcari diasprini umbro-marchigiani;
- Formazione del Bosso;
- Corniola;
- Calcare Massiccio.

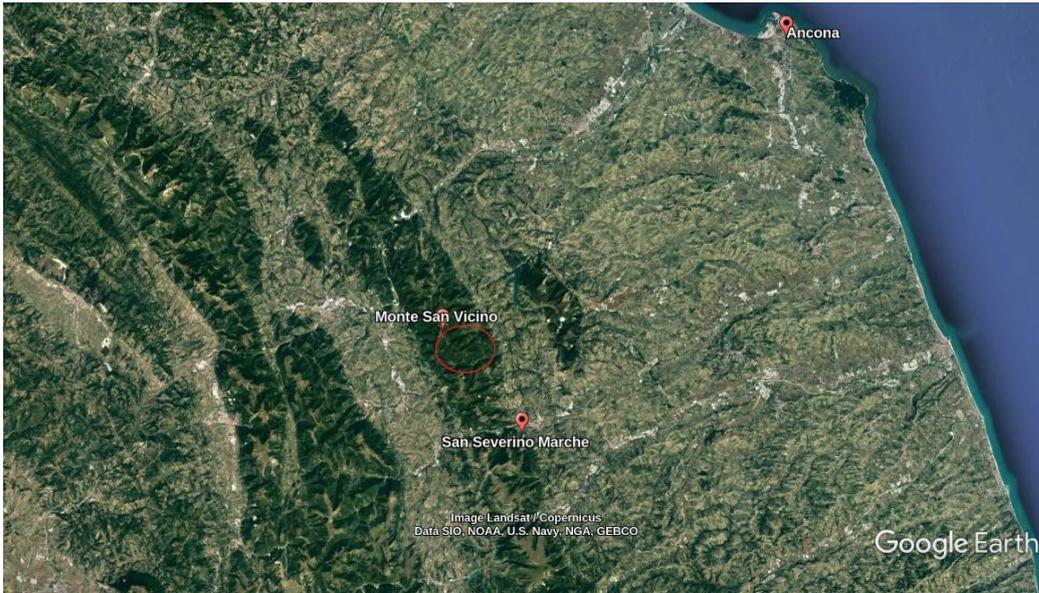
Per quanto riguarda la morfologia della catena del S. Vicino, le azioni dei principali agenti atmosferici (acqua, vento, escursioni termiche) nel corso del tempo, hanno eroso e modellato le superfici esposte determinando le tipiche forme delle aree montuose ed alto-collinari dell'Appennino centrale.

In riferimento all'idrografia, della dorsale fanno parte i bacini idrografici di tre corsi d'acqua principali: il Fiume Esino (porzione

occidentale e settentrionale), il Fiume Potenza (settore meridionale) ed il Fiume Musone (settore orientale).

I siti scelti presentano tutti un'esposizione Nord/Nord-Ovest (Fig.7) e, oltre alle caratteristiche appena descritte, sono caratterizzati dalla seguente vegetazione forestale (Allegrezza, 2003):

- *Faggeta*, presente dai 900-1000 m di altitudine, quindi nella fascia bioclimatica montana. La maggior parte delle faggete presenti nel territorio sono boschi cedui invecchiati e pascolati.
- *Querceto*, boschi a dominanza di *Quercus pubescens* Willd., nella maggior parte dei casi sono governati a ceduo.
- *Cerreta*, presente nella fascia submontana e collinare della dorsale calcarea. Le cerrete presenti sono boschi misti a prevalenza di *Quercus cerris* L. governate a ceduo semplice e matricinato, è presente qualche nucleo di bosco ceduo invecchiato avviato ad alto fusto. Si rinviene su morfologie leggermente acclivi e sub-pianeggianti con suolo profondo, nelle aree dove i turni di ceduzione sono più prolungati.
- *Ostrio-cerreta*, è governata a ceduo, presente in generale sui versanti acclivi con suolo poco profondo, nei settori sottoposti a brevi turni di ceduzione, caratterizzata dalla codominanza nello strato arboreo di *Ostrya carpinifolia* Scop. e *Quercus cerris* L.
- *Orno-ostrieto*, presente come bosco misto a prevalenza di *Ostrya carpinifolia* Scop., è la cenosi forestale più diffusa nel piano collinare ed alto collinare di questo territorio. Questi orno-ostrieti sono tutti governati a ceduo semplice e matricinato.

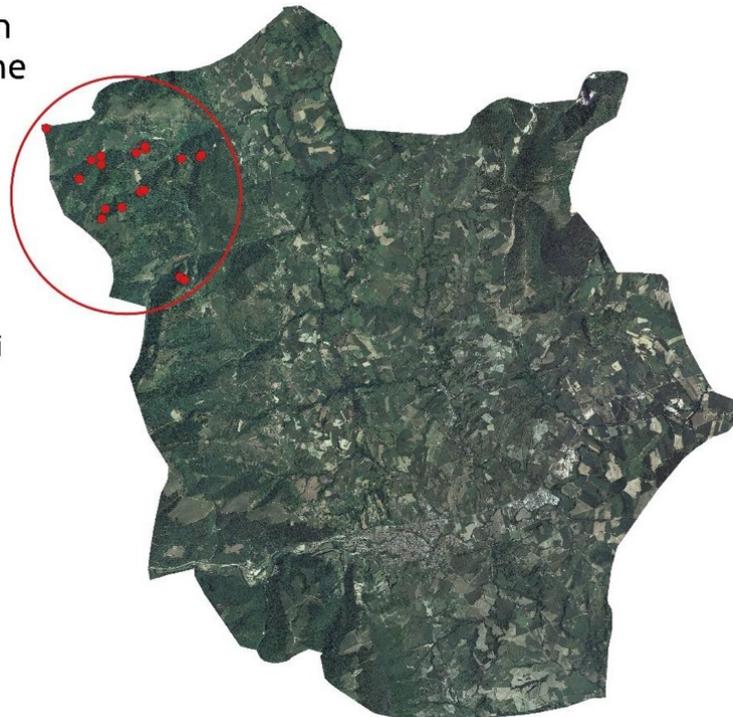


*Fig. 5 – Inquadramento dell'area di studio nella dorsale marchigiana (fonte: Google Earth).*

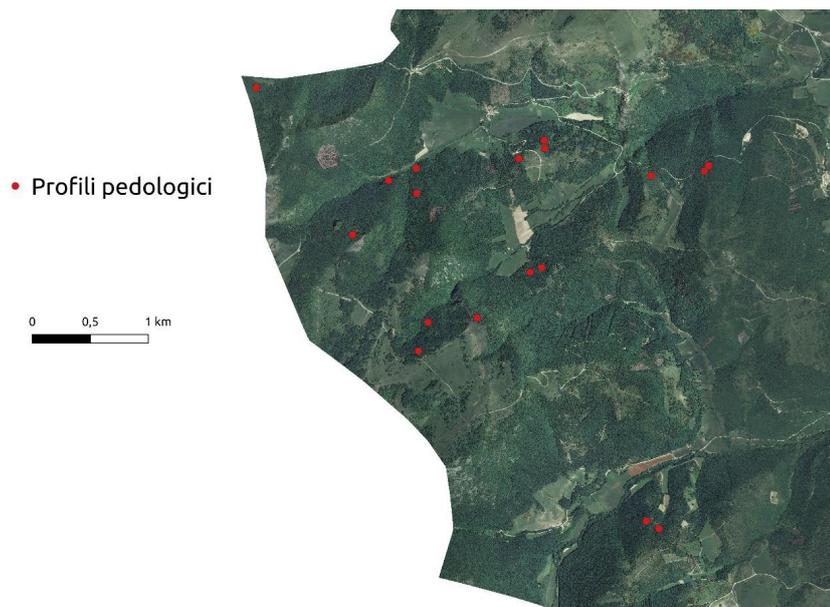
Comune di San  
Severino Marche  
(MC)

• Profili pedologici

0 1 2 km



*Fig. 6 - Inquadramento dell'area di studio nel comune di S. Severino Marche (MC).*



*Fig. 7 – Posizione dei siti di studio con esposizione NNO.*

### **3.2 Metodi di valutazione**

Il lavoro svolto nella determinazione dei TOC e della CRCO dei suoli forestali analizzati, che ha visto anche la determinazione del contenuto di radici nel suolo minerale in  $\text{Tha}^{-1}$ , ha preso in considerazione i seguenti punti cardine:

1. Individuazione dell'area omogenea (AO) e conseguente area di saggio (AdS) dove svolgere il campionamento pedologico volto alla valutazione di tali parametri.
2. Metodologia di campionamento del suolo che si adatti alle finalità precedentemente citate.
3. Trattamento dei campioni prelevati in campo e preparazione di questi per la successiva fase di analisi.
4. Metodologia di quantificazione del contenuto di radici nei campioni prelevati in campo.
5. Analisi dei parametri fisico-chimici necessari per la valutazione della CRCO a partire dai campioni prelevati in campo.
6. Metodologia di calcolo della CRCO.

### 3.2.1. Individuazione Area omogenea (AO) e Area di saggio (AdS)

Tenute in considerazione le caratteristiche genetico-morfologiche e fisico-chimiche dei suoli e la loro estrema variabilità spaziale, è stato adottato, al fine di un corretto campionamento e successiva attività di elaborazione del materiale prelevato, un approccio standardizzato e ripetibile, così da ottenere campioni di suolo che siano rappresentativi sia delle differenti tipologie forestali presenti nell'area interessata dalla pianificazione, sia delle differenti tipologie di suoli che in esse insistono. L'individuazione dell'AO tiene conto delle indicazioni presenti nell'elaborato "Guida per i rilievi in campo" (INFC 2015) per l'individuazione delle *unità di campionamento* (UdC) per la parte riguardante il soprassuolo forestale, combinate ai dati relativi ai substrati pedogenetici (es. carta geologica ISPRA 1:100000) per la parte suolo. Tale incrocio di indicazioni ha dato la possibilità di costituire delle AO per i principali parametri in grado di influenzare la CRCO (es. tipo di copertura arborea, substrato pedogenetico, uso del suolo ecc.). Tenuto conto della metodologia atta all'individuazione delle AO, l'identificazione delle AdS ha preso in considerazione tutti i parametri geomorfologici potenzialmente influenti sui processi pedogenetici e di conseguenza sulla CRCO, in particolare:

- Giacitura.
- Esposizione.
- Quota.
- Rocciosità affiorante.
- Particolarità geologiche visibili solo in campo (es. facies di diversa natura rispetto alla componente geologica principale).
- Idrografia (reticolo primario, reticolo minore).
- Attività della fauna (domestica e/o selvatica).

Le dimensioni delle AdS dipendono dalle condizioni stazionali e dalla variabilità interna dei sopracitati parametri. Per ogni AdS sono stati

aperti descritti e campionati 2 profili pedologici per rispettare la rappresentatività del dato.

### **3.2.2. Metodologia di campionamento**

L'attività di descrizione e campionamento pedologico finalizzata alla valutazione dei succitati parametri ha visto l'individuazione delle principali caratteristiche pedologiche che li influenzano, in particolare:

- Identificazione dello strato di suolo organico con relativi orizzonti genetici.
- Identificazione dello strato di suolo minerale con relativi orizzonti genetici fino a profondità richiesta.
- Identificazione e quantificazione dello scheletro del suolo.
- Campionamento dello strato di suolo organico.
- Campionamento del suolo minerale fino a profondità richiesta o a contatto litico.
- Campionamento dello scheletro del suolo.

L'attività preliminare alla descrizione e al campionamento del suolo ha visto l'apertura di un profilo pedologico di larghezza tale da poter permettere un'osservazione adeguata e la giusta ergonomia nell'attività di campionamento (Fig.8). Il profilo è stato aperto con il fronte perpendicolare alle linee di massima pendenza ad una distanza di circa 1 m dal fusto della pianta arborea di caratteristiche morfologiche medie così da non risentire in maniera eccessiva della sua attività biologica (es. attività delle radici). Il campionamento del suolo all'interno del profilo ha seguito un percorso verticale che ha previsto inizialmente il prelievo del suolo organico e successivamente del suolo minerale in modo tale da non contaminare il campione sottostante. Lo strato di suolo organico campionabile per le valutazioni in oggetto comprende tutto il materiale vegetale morto al suolo a vari livelli di degradazione a partire da quello morto e ancora riconoscibile di dimensione centimetrica fino ad arrivare al materiale altamente degradato e non più riconoscibile a contatto con il suolo minerale. Il

campionamento degli orizzonti organici è stato effettuato nell'intorno del profilo in maniera randomizzata come suggerito da Baize et al., 2008 in un'area circolare di raggio di 2 m. Per le valutazioni in oggetto non si è resa necessaria l'identificazione delle forme di humus né degli orizzonti che la costituiscono.

Il suolo minerale campionabile al fine delle valutazioni in oggetto comprende tutto il materiale prelevabile e distinguibile dalla lettiera fino a profondità richiesta (30 cm) o fino al contatto con il substrato roccioso parentale qualora non fosse stato possibile raggiungere tale profondità. Il campionamento ha previsto l'asportazione del suolo (200 g circa) da tutta la faccia del profilo per la profondità richiesta in maniera da avere un campione rappresentativo della situazione presa in esame ( *Schoeneberger et al.*, 1998).

Lo scheletro, in base alla tipologia (arenaceo, calcareo ecc.) e alle dimensioni, è stato quantificato in percentuale rispetto al totale del materiale minerale presente nel profilo ed eventualmente (quantità > del 5% sulla quantità totale di suolo) di un campionamento rappresentativo volto alla valutazione del contenuto di C organico.



*Fig.8–Profilo pedologico aperto per effettuare descrizioni e campionamenti del suolo.*

### **3.2.3. Valutazione della densità apparente del suolo**

Per la valutazione della CRCO dei suoli forestali in esame si è reso necessaria la valutazione della densità apparente secondo le seguenti procedure:

- Valutazione in campo.
- Valutazione tramite pedotransfer functions.

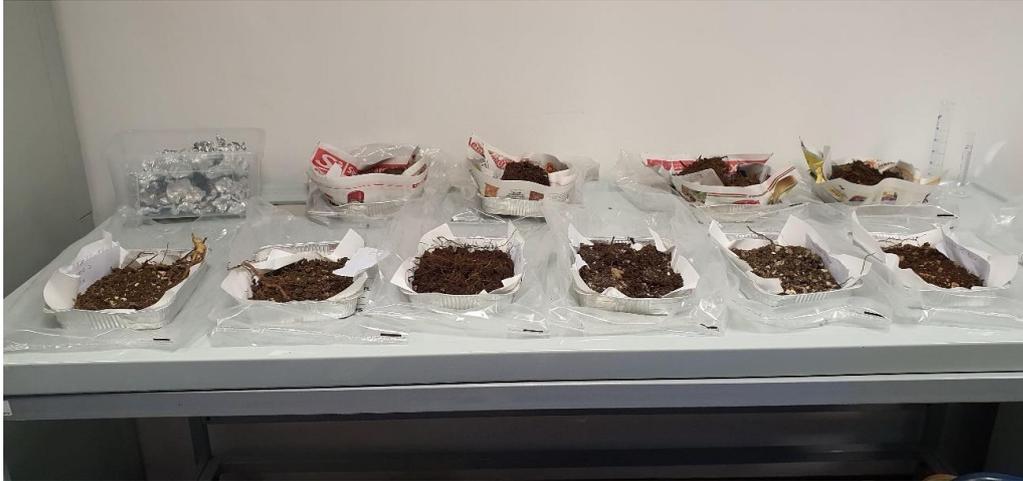
La prima metodologia, applicata per il suolo minerale, prevede un approccio con strumenti di misura metallici di varia fattura (cilindrica, rettangolare ecc.) come da metodi “Ministero per le Politiche Agricole (1997). Metodi ufficiali di analisi fisica del suolo. D.M. del 1° agosto 1997, Gazzetta Ufficiale n. 204 del 2.09.97”.

Nella valutazione della densità apparente dei suoli organici sono state utilizzate funzioni matematiche basate su osservazioni pratiche (*pedotransfer function*), come proposto da Hollis et al., 2012, in grado di restituire un risultato con una percentuale di confidenza accettabile per il livello di sensibilità richiesto dal tipo di valutazione.

### **3.2.4. Preparazione del campione**

I campioni prelevati in campo sono stati essiccati a temperatura ambiente (Fig.9) ed esclusivamente il suolo minerale è stato setacciato a 2 mm di dimensioni e macinato (Fig.10-11) come da “*Metodi di analisi chimica del suolo – 3ª versione*” (Colombo e Miano, 2015), mentre i campioni di suolo organico sono stati macinati fino a granulometria polverulenta per la valutazione del contenuto di TOC (Fig.12).

Sui campioni trattati come sopra è stato valutato il pH, il contenuto di carbonio organico con l'utilizzo del metodo di ossidazione a caldo secondo *Allison, 1965* e il contenuto di fosforo assimilabile con il metodo *Olsen*.



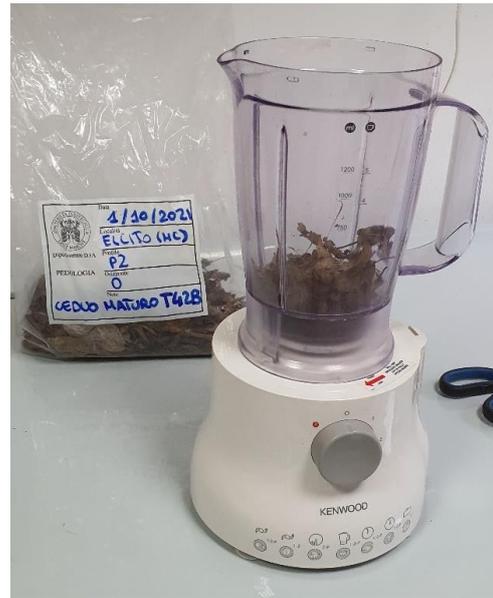
*Fig.9 – Essiccamento a temperatura ambiente dei campioni pedologici.*



*Fig.10 – Frantumazione in mortaio e setacciatura a 2 mm del suolo minerale.*



*Fig.11 – Macinazione del suolo minerale in mortaio d'agata.*



*Fig.12 – Macinazione del suolo organico.*

### 3.3 Analisi chimiche

#### 3.4.1. Misurazione del pH

Il pH è il logaritmo cambiato di segno della concentrazione idrogenionica:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Esso viene determinato per via potenziometrica mediante piaccametro (Fig.13), una pila di concentrazione che misura la differenza di potenziale che si viene a creare tra due semi-pile, una a concentrazione nota l'altra incognita. La differenza di potenziale è data da:

$$E = \left( \frac{RT}{nF} \right) * \ln C/C_x$$

dove C è la concentrazione nota e Cx 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 4,01 (acida) e 7,01 (neutra). Terminata la taratura, l'elettrodo viene sciacquato con acqua distillata, asciugato e immerso nel campione.

Nel nostro caso sono stati prelevati 4 g di suolo minerale e 3 g di suolo organico per ogni campione poi sono stati posti in un barattolo di plastica ed è stata aggiunta acqua deionizzata in rapporto 1:2.5 (12.5 ml). Il tutto è stato messo in agitatore meccanico per 3 ore, lasciato riposare per 10 minuti. All'atto della misurazione, la sospensione è stata mantenuta in agitazione mediante agitatore ad ancora magnetica. I valori di pH sono espressi con due cifre decimali.



*Fig.13 – A sinistra i contenitori con campioni, a destra strumentazione per la misura del pH.*

### **3.4.2. Determinazione del fosforo assimilabile (metodo Olsen)**

#### *OGGETTO E CAMPO DI APPLICAZIONE*

Descrizione di un metodo per la determinazione del fosforo assimilabile secondo Olsen. Il metodo è applicabile ai suoli con pH in

acqua superiore a 6.5. Il metodo Olsen si basa sulla capacità del sodio bicarbonato di abbassare l'attività degli ioni calcio, consentendo l'estrazione dell'aliquota di fosforo legata al calcio o precipitata con il bicarbonato di calcio. Il fosforo così estratto viene dosato per via spettrofotometrica mediante sviluppo del complesso fosfomolibdico colorato in blu (Fig.14).

### *REAGENTI*

Nel corso dell'analisi utilizzare acqua distillata o di purezza equivalente e reagenti di qualità analitica riconosciuta. Pesare 20 g di idrossido di sodio in un matraccio da 1000ml e sciogliere con circa 200 ml di acqua, raffreddare e completare a volume. Per preparare la soluzione estraente bisogna sciogliere 42 g di sodio bicarbonato,  $\text{NaHCO}_3$ , con 500ml di acqua in un matraccio tarato da 1000 ml, aggiungere NaOH portando la soluzione a pH 8,5 e portare a volume con acqua. Successivamente con il carbone attivo si effettua una prova di purezza con la soluzione estraente. In presenza di fosforo depurare il carbone attivo con alcuni lavaggi con soluzione estraente fino ad ottenere una soluzione di lavaggio con livelli trascurabili di fosforo. La soluzione di acido solforico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 96% è stata preparata con 400 ml di acqua, contenuti in un matraccio da 1000 ml, aggiungere lentamente e sotto continua agitazione, 278 ml di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Raffreddare e completare a volume. Mentre per il reagente solfomolibdico, usare 400 ml di acqua, contenuti in un matraccio da 1000 ml, aggiungere lentamente e sotto continua agitazione, 278 ml di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Raffreddare a circa 50°C, aggiungere 49,08 g di ammonio p-molibdato,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  e agitare fino a dissoluzione. Raffreddare e portare a volume con acqua.

Acido ascorbico,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ .

Per il potassio antimonitartrato,  $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ , soluzione 0,5 g/l, sciogliere 0,5 g di  $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  in 1000 ml di acqua.

Il reagente colorimetrico: 500 ml di acqua in un matraccio da 1000 ml, aggiungere nell'ordine:

- 1,7 g di acido ascorbico;
- 17 ml di reagente solfomolibdico;
- 25 ml di acido solforico 5 mol/l;
- 85 ml di potassio antimonitratato soluzione.

Completare a volume con acqua. La soluzione deve essere preparata al momento dell'uso. Per la soluzione standard madre del P a 1000mg/l si pesa 4,3937 g di  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  essiccato a  $105^\circ\text{C}$ , porli in un matraccio tarato da 1000 ml e portare a volume con acqua. In seguito per la soluzione standard a 100mg/l di P, prelevare 50 ml della soluzione standard madre 1000mg/l di P e portare a volume, in matraccio tarato da 500 ml, con soluzione estraente preparata precedentemente. La soluzione standard a 10mg/l di P, viene fatta prelevando 50 ml della soluzione standard a 100 mg/l di P e portare a volume, in matraccio tarato da 500ml, con soluzione estraente. Per eseguire la curva di taratura, prelevare dalla soluzione standard a 10mg/l di P, con una buretta di precisione 1/20 rispettivamente 5, 10, 20, 25 e 30 ml e portare a volume, in matracci tarati da 250 ml, con soluzione estraente iniziale. Si ottengono nell'ordine soluzioni standard a 0,2. 0,4. 0,8. 1,0 e 1,2 mg/l di P.

#### *PROCEDIMENTO*

Pesare 2,5 g di suolo vagliato a 2 mm e porli in un matraccio da 250ml. Aggiungere al campione 50 ml di soluzione estraente di bicarbonato di sodio e agitare in agitatore per 30 minuti e filtrare in contenitori di plasticità muniti di tappo. E' stata effettuata parallelamente una prova in bianco nelle stesse condizioni, omettendo il campione. Successivamente, sono stati prelevati 10 ml del filtrato e della prova in bianco, sono stati posti in due matracci tarati da 50 ml aggiungendo lentamente 1 ml di acido solforico e girati sino a cessazione

dell'effervescenza (Fig.15), o lasciati a riposo una notte. Sono stati aggiunti poi 30 ml del reagente colorimetrico ed è stato portato a volume con acqua. Prima dell'analisi il campione così preparato è stato lasciato a riposo per 60 minuti. La lettura con spettrofotometro con l'estinzione della soluzione colorata a 700 nm in cuvetta da 20 mm di cammino ottico contro la prova in bianco. Per poter calcolare la quantità di P disponibile è stata preparata la curva di taratura sottoponendo alla stessa procedura 10 ml di ciascuna soluzione standard. Il contenuto in fosforo assimilabile si esprime in mg/kg, senza cifre decimali e si calcola utilizzando la seguente espressione:

$$C = 1000 \times B \times D \times V / P$$

dove:

C è il fosforo contenuto nel suolo, espresso in mg/kg;

B è la concentrazione di fosforo ricavato dalla curva di taratura, espresso in mg/l;

D è il fattore di diluizione:

V è il volume di soluzione esterne, espresso in litri (0,005);

P è la massa del terreno sottoposto ad analisi, in grammi.

Per esprimere il risultato in P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> moltiplicare il valore trovato per il fattore 2,2914.



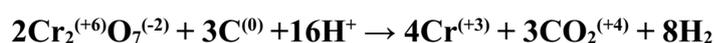
*Fig.14 - Campioni con poca presenza di fosforo (in blu)*



*Fig.15 - Effervescenza del campione con l'aggiunta di acido solforico.*

### **3.4.3. Determinazione del contenuto di TOC**

Per la determinazione del TOC dei campioni trattati come sopra è stato utilizzato il metodo Allison (1965), detto anche “determinazione del C organico *a caldo*”. Il metodo prevede l'ossidazione del carbonio organico ad anidride carbonica con soluzione dipotassio bicromato in presenza di acido solforico. L'uso del calore (160°C per 30 minuti) consentela completa ossidazione di tutto il C organico presente nel campione da parte del dicromato, cosìda poterne determinare il valore totale. Il dicromato, riducendosi, ossida il C organico da 0 (valore medio) a +4 (della CO<sub>2</sub>, la forma più ossidata) secondo la reazione:



La quantità di dicromato che non ha reagito con il C organico, viene quantificata mediante titolazione con una soluzione di ferro ammonio solfato, detta sale di Mohr [Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> • 6H<sub>2</sub>O], in presenza di acido fosforico e dell'indicatore difenilammina (1 g di difenilammina

in 100 ml di acido solforico concentrato). La titolazione con sale di Mohr è descritta dalla seguente reazione:



La fase preliminare alla determinazione del TOC del suolo organico e del suolo minerale consiste nel preparare i seguenti reagenti (Fig.16):

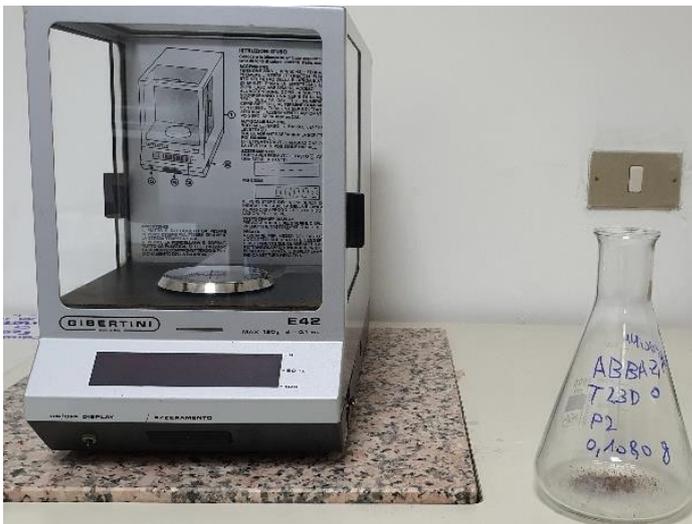
- Potassio bicromato soluzione 1/6 mol/l: in un matraccio tarato da 1000 ml contenente 600ml di acqua distillata sciogliere 49,032 g di essiccato in stufa a 130-140°C, portare a volume con acqua ed omogeneizzare.
- Ferro ammonio solfato esaidrato  $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  soluzione 0,5 N: in un matraccio tarato da 1000 ml contenente 600 ml di acqua sciogliere 196,06 g di  $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ . Aggiungere 15 ml di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , portare a volume con acqua ed omogeneizzare.

Dopodiché si procede come segue. Il metodo di determinazione del TOC prevede l'utilizzo di 0,5 g di componente minerale e 0,05 g di quella organica in proporzione inversa alla quantità del contenuto atteso, per evitare che tutto il bicromato reagisca ed assicurandosi invece il suo eccesso. Dopo essere stati pesati, i campioni vengono trasferiti in una beuta (Fig.17) con l'aggiunta successiva di 10 cc di  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  1 N e 20 cc di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  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  $\text{H}_3\text{PO}_4$  concentrato, circa 30 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 viola al verde (Fig.18). Parallelamente si esegue una prova in bianco, nella quale è stato ommesso il campione, per avere lo zero del viraggio. Il titolo delle soluzioni di ferro ammonio solfato, o Sale di Mohr, non è stabile e deve essere controllato per ogni serie di analisi. Ogni qual volta la

titolazione del campione minerale abbia mostrato risultati di dubbia veridicità, escludendo la preparazione dei reagenti, è stato ripetuto tutto il procedimento per un secondo tentativo con una quantità di campione di 0,2 g, fino ad un terzo tentativo con una quantità di campione di 0,1 g.



***Fig.16 – A destra la soluzione di potassio bicromato (in arancione), a sinistra il sale di Mohr.***



*Fig.17–Bilancia per la pesata dei campioni, trasferiti poi in beute. Fig.18 –Titolazione con sale di Mohr.*

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;  $B_1$  = 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)

#### **3.4.4. Calcolo della CRCO**

La metodologia di valutazione della CRCO totale dei suoli forestali in oggetto ha visto l'utilizzo dei valori ottenuti dall'attività di campo (densità apparente e spessore dello strato campionato) e dei valori

ottenuti mediante l'analisi dei campioni (TOC) seguendo i seguenti passaggi fondamentali:

- Calcolo della CRCO della terra fine;
- Calcolo della CRCO dello scheletro;
- Media ponderata dei valori delle CRCO di terra fine e scheletro.

Il calcolo della CRCO ( $T ha^{-1}$ ) della terra fine prevede l'applicazione della seguente formula:

$$CRCO_{tf} = TOC_{tf} * DA * SP * CC$$

Dove  $TOC_{tf}$  sta per contenuto di carbonio organico totale della terra fine espresso in  $g kg^{-1}$ , DA per il valore di densità apparente espresso in  $kg dm^{-3}$ , SP per spessore dello strato prelevato espresso in cm e CC per coefficiente di correzione pari a 0,1, volto alla normalizzazione dell'unità di misura. Il calcolo della CRCO ( $T ha^{-1}$ ) dello scheletro prevede l'applicazione della seguente formula:

$$CRCO_{sc} = TOC_{sc} * DA * SP * CC$$

Dove  $TOC_{sc}$  sta per contenuto di carbonio organico totale dello scheletro espresso in  $g kg^{-1}$ , DA per il valore di densità apparente espresso in  $kg dm^{-3}$ , SP per spessore dello strato prelevato espresso in cm e CC per coefficiente di correzione pari a 0,1, volto alla normalizzazione dell'unità di misura. Il valore totale della CRCO ( $T ha^{-1}$ ) del suolo prevede il calcolo della media ponderata dei sopracitati valori secondo la seguente formula:

$$CRCO_{TOT} = (CRCO_{tf} * TF + CRCO_{sc} * SC)$$

Dove TF e SC sono rispettivamente il contenuto percentuale di terra fine e scheletro valutato in campo.

## **4. RISULTATI**

In questa sezione della tesi verranno mostrati e commentati i risultati dell'attività svolta in campo, delle analisi fisico-chimiche e della stima degli stock di SOC e  $P_{av}$ .

**Tab.3 - Caratteristiche generali e morfologia dei profili di suoli nei boschi dell'area del M. San Vicino, Marche, Italia. Per i simboli vedere la legenda.**

Orizzonti <sup>a</sup>	Profondità cm	Spessore cm	Limite <sup>b</sup>	Colore <sup>c</sup>	Scheletro <sup>d</sup> % a vista e dimensioni	Tessitura <sup>e</sup>	Struttura <sup>f</sup>	Consistenza <sup>g</sup>	Radici <sup>h</sup>	Altre osservazioni
<b>Particella:</b> L26c. <b>Profilo n° 1. Coordinate:</b> Monte Mario → 2366633 E, 4794678 N, Valdiola. <b>Pendenza:</b> 35%. <b>Esposizione:</b> NO. <b>Gestione:</b> Ceduo al taglio (47 anni). <b>Copertura arborea:</b> 90%, <i>Quercus cerris</i> L. (40%), <i>Ostrya carpinifolia</i> Scop. (30%), <i>Quercus pubescens</i> Willd. (15%), <i>Fraxinus ornus</i> L. (15%), <i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz (sporadico). <b>Copertura arbustiva:</b> 35%, <i>Juniperus communis</i> L. (40%), <i>Cornus mas</i> L. (25%), <i>Rubus</i> L. (20%), <i>Rosa</i> L. (15%). <b>Copertura erbacea:</b> 30%, <i>Poaceae</i> , <i>Hedera helix</i> L., <i>Helleborus</i> Tourn., <i>Cyclamen</i> L. (20%), <i>Viola</i> L. <b>Lettiera:</b> 90%, foglie, rami, corteccia, ghiande. <b>Rocciosità:</b> Scheletro sporadico, mm e cm. Calcare rosa e bianco. <b>Carbonaie:</b> 3; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.										
<b>Suolo</b> (Soil Survey Staff, 2014):										
<b>OL+OH</b>	3-0	1-3	A, W	-	-	-	-	-	-	
<b>A</b>	0-2	2-3	C, B	5 YR 3/2	-	FA	vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f	Orizzonte interrotto da lente più rossiccia
<b>Bw1</b>	2-9	4-6	C, W	5 YR 3/4	20% mm, cm	FA	3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f; 2 m	Linea più rossa a destra con radici arancioni, ife fungine
<b>Bw2</b>	9-17	5-9	C, W	5 YR 3/4	40% mm, cm, dm	FA	3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f; 2 m	
<b>BC</b>	17-26+	-	-	-	65% mm, cm, dm	FA				

**Particella:** L26c. **Profilo n° 2.** **Coordinate:** Monte Mario → 2366633 E, 4794678 N, Valdiola. **Pendenza:** 35%. **Esposizione:** NO. **Gestione:** Ceduo al taglio (47 anni). **Copertura arborea:** 90%, *Quercus cerris* L. (40%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (30%), *Quercus pubescens* Willd. (15%), *Fraxinus ornus* L. (15%), *Sorbus aria* (L.) Crantz (sporadico). **Copertura arbustiva:** 35%, *Juniperus communis* L. (40%), *Cornus mas* L. (25%), *Rubus* L. (20%), *Rosa* L. (15%). **Copertura erbacea:** 30%, *Poaceae*, *Hedera helix* L., *Helleborus* Tourn., *Cyclamen* L. (20%), *Viola* L. **Lettiera:** 90%, foglie, rami, corteccia, ghiande. **Rocciosità:** Scheletro sporadico, mm e cm. Calcare rosa e bianco. **Carbonaie:** 3; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	5-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	2-0	4-5	C, W	-	-	-	3 gr	-	-	-
<b>A</b>	0-3	2-3	C, W	10 YR 3/2	-	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	3 vf, f	-
<b>Bw</b>	3-14	10-18	C, W	10 YR 3/4	30% mm, cm	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	3 vf, f; 2 m; 1 c, vc	Roccia marcia, presenza di carbonati secondari
<b>CB</b>	14-27+	-	-	7.5 YR 4/2	75% cm, dm	FA	-	-	3 vf, f; 1 m	Calcare rosa

**Particella:** L30b. **Profilo n° 1.** **Coordinate:** Monte Mario → 2366741 E, 4794611 N, Ugliano. **Pendenza:** 30%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Cerreta mesoxerofila giovane. **Copertura arborea:** 60-70%, *Quercus cerris* L. (60%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (30%), *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L., *Prunus avium* L., *Sorbus domestica* L. **Copertura arbustiva:** 60%, *Corylus avellana* L. (30%), *Cornus mas* L. (20%), *Coronilla* L. (5%), *Cytisus* L. (5%), *Rosa* L. (20%), *Rubus* L. (20%). **Copertura erbacea:** 60%, *Poaceae* (30%), *Cyclamen* L. (20%), *Hedera helix* L. (20%), *Helleborus* Tourn. (20%), *Daphne* L. (5%), *Mentha* L. (5%). **Lettiera:** 70% di *Quercus cerris* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Acer opalus* Mill., *Helleborus* Tourn. **Rocciosità:** 10%, calcare rosa.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OLn+OLv</b>	1-0	0.5-2	A, S	5 YR 2/2	< 2% mm Sub-rounded, sub-prismoidal	-	-	-	2 vf	-
<b>A</b>	0-7	6.5-9	C, W	5 YR 3/2	2% mm, cm Rounded, sub-discoidal	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	3 vf, f; 1 m	-
<b>AB</b>	7-14	6-10	G, W	5 YR 3/2	15% mm, cm Sub-rounded	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	3 vf, f; 2 m	-
<b>Bw</b>	14-35+	-	-	5 YR 3/3	40% mm, cm, Sub-rounded, sub-angular	-	3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f; 2 m	Linea di pietre

**Particella:** L30b. **Profilo n° 2.** **Coordinate:** Monte Mario → 2366741 E, 4794611 N, Ugliano. **Pendenza:** 30%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Cerreta mesoxerofila giovane. **Copertura arborea:** 60-70%, *Quercus cerris* L. (60%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (30%), *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L., *Prunus avium* L., *Sorbus domestica* L. **Copertura arbustiva:** 60%, *Corylus avellana* L. (30%), *Cornus mas* L. (20%), *Coronilla* L. (5%), *Cytisus* L. (5%), *Rosa* L. (20%), *Rubus* L. (20%). **Copertura erbacea:** 60%, *Poaceae* (30%), *Cyclamen* L. (20%), *Hedera helix* L. (20%), *Helleborus* Tourn. (20%), *Daphne* L. (5%), *Mentha* L. (5%). **Lettieria:** 70% di *Quercus cerris* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Acer opalus* Mill., *Helleborus* Tourn. **Rocciosità:** 10%, calcare rosa; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	1.5-1	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	1-0	0.5-3	V, W	10 YR 2/2	2% cm, rounded, sub-discoidal	-	3 gr	-	3 vf, f	
<b>A</b>	0-6	5-10	A, W	10 YR 3/2	2% cm, rounded, sub-discoidal	FA	3 vf, f, sbk	fr, ms	3 vf, f	
<b>Bw</b>	6-29	18-22	C, W	10 YR 3/3	50% mm, cm, dm, angular, sub-angular	FA	3 vf, f, sbk	fr, ms	3 vf, f; 1m	Linea di pietre, scheletro orientato
<b>Bwb</b>	29-40+	-	-	10 YR 3/3	40% mm, cm	FA	3 vf, f, sbk	fr, ms	3 vf, f; 1 m	Roccia frammentata, tritume

**Particella:** T2d. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2363270 E, 4798441 N, Fonte Trocchi. **Pendenza:** 40%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Fustaia transitoria di faggio. **Copertura arborea:** 100%, *Fagus sylvatica* L., *Sorbus aria* (L.) Crantz (sporadico). **Copertura arbustiva:** Localizzata a margine con il prato, *Crataegus monogyna* Jacq., *Prunus spinosa* L., *Rosa* L., *Rubus* L. **Copertura erbacea:** 60%, *Cyclamen* L., *Daphne* L. **Lettieria:** 100%, foglie, rami, corteccia, faggiolate, micelio. **Rocciosità:** 2%. **Carbonaie:** 2; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	7-3			-	-	-	-	-	-	
<b>OH</b>	3-0	5-7	A, S	-	-	-	-	-	-	
<b>A</b>	0-4	2-3	C, S	10 YR 3/2	5% mm	FS	3 vf, f, m, sbk	vfr	3 vf, f	Ife fungine
<b>Bw1</b>	4-23	19-22	G, W	10 YR 4/3	30% mm, cm	FS	2 vf, f, sbk	vfr, br	3 vf, f; 2 m	Presenza di carboncini in frammenti mm
<b>Bw2</b>	23-48	23-27	C, W	10 YR 5/3	60% mm, cm	FS	2 vf, f, m, sbk	vfr, br	3 vf, f; 1 m	
<b>Bw3</b>	48-54+	-	-	10 YR 5/4	60% mm, cm	FS	2 vf, f, sbk	vfr, br	1 vf, f	

**Particella:** T2d. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2363270 E, 4798441 N, Fonte Trocchi. **Pendenza:** 40%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Fustaia transitoria di faggio. **Copertura arborea:** 100%, *Fagus sylvatica* L., *Sorbus aria* (L.) Crantz (sporadico). **Copertura arbustiva:** Localizzata a margine con il prato, *Crataegus monogyna* Jacq., *Prunus spinosa* L., *Rosa* L., *Rubus* L. **Copertura erbacea:** 60%, *Cyclamen* L., *Daphne* L. **Lettieria:** 100%, foglie, rami, corteccia, faggiolate, micelio. **Rocciosità:** 2%. **Carbonaie:** 2.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	4-2			-	-	-	-	-	-	
<b>OH</b>	2-0		A, W	-	-	-	-	-	-	
<b>Bw1</b>	0-8	5-8	C, W	10 YR 4/2	15% mm, cm	FS	3 vf, f, sbk	vfr, br	3 vf, f	
<b>Bw2</b>	8-16	4-8	G, W	10 YR 4/3	30% mm, cm	FS	2 vf, f, sbk	vfr, br	3 vf, f; 2 m	
<b>Bw3</b>	16-26	10-12	C, W	10 YR 5/6	40% mm, cm	FS	2 vf, f, sbk	vfr, br	3 vf, f; 2m; 1 c	
<b>Bw4</b>	26-42	15-20	C, W	10 YR 5/6	60% mm, cm	FS	2 vf, f, sbk	vfr, br	2 vf, f	
<b>BC</b>	42-51+	-	-	10 YR 6/3	70% mm, cm	FS	-	-	1 vf, f	

**Particella:** T12c. **Profilo n° 1. Pendenza:** 55%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo al taglio/querceta mista. **Copertura arborea:** 90%, *Quercus cerris* L. (60%), *Quercus pubescens* Willd. (20%), *Fraxinus ornus* L. (10%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (10%), *Acer opalus* Mill. (sporadico), *Acer campestre* L. (sporadico). **Copertura arbustiva:** 60%, *Rubus* L. (60%), *Lonicera caprifolium* L. (30%), *Prunus spinosa* L. (10%), *Crataegus monogyna* Jacq. (sporadico). **Copertura erbacea:** 40%, *Poaceae*, *Hedera helix* L. **Lettieria:** 60%, foglie, corteccia, rami, ghiande. **Rocciosità:** 10% scheletro mm, cm; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	11-4			-	-	-	-	-	-	
<b>OH</b>	4-0	7-11	A, W	-	2% mm, cm	-	-	-	-	Ife fungine e corpi fruttiferi
<b>Bw1</b>	0-10	8-11	C, W	5 YR 4/2	40% mm, cm, dm	FA	2vf,f, sbk	fr	3 vf, f; 1m, c	
<b>Bw2</b>	10-18	5-7	C, W	5 YR 3/4	45% mm, cm, dm	FA	2vf,f, sbk	fr	3vf, f; 1m, c	

C 18-27 - - - - FA - fr 2vf,f;1 c, vc

**Particella:** T12c. **Profilo n°2. Pendenza:** 55%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo al taglio/querceta mista. **Copertura arborea:** 90% *Quercus cerris* L.(60%), *Quercus pubescens* Willd. (20%), *Fraxinus ornus* L. (10%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (10%), *Acer opalus* Mill. (sporadico), *Acer campestre* L. (sporadico). **Copertura arbustiva:** 60%, *Rubus* L. (60%), *Lonicera caprifolium* L. (30%), *Prunus spinosa* L. (10%), *Crataegus monogyna* Jacq. (sporadico). **Copertura erbacea:** 40%, *Poaceae*, *Hedera helix* L. **Lettieria:** 60%, foglie, corteccia, rami, ghiande. **Rocciosità:** 10% scheletro mm, cm; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	8-2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	2.5-0	5-9	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>A</b>	0-3	2-3	C, W	5YR 2/2	20%	FA	2 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f;	Ife fungine
<b>Bw</b>	3-12	3-12	C, W	5 YR 3/4	45%	FA	3vf, f, sbk	fr	3vf,f;1m	Ife fungine
<b>C</b>	12-33+	-	-	-	-	FA	-	fr	-	-

**Particella:** T12e. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2365757 E, 4797915 N. **Pendenza:** 20-30%. **Esposizione:** N-NE. **Gestione:** Ceduo matricinato. **Copertura arborea:** 80%, *Ostrya carpinifolia* Scop. (55%), *Quercus cerris* L. (40%), *Acer campestre* L. (5%), *Fraxinus ornus* L., *Acer opalus* Mill. **Copertura arbustiva:** 30%, *Crataegus monogyna* Jacq., *Juniperus oxycedrus* L., *Cytisus* L., *Lonicera caprifolium* L., *Rosa* L., *Rubus* L., rinnovazione arborea. **Copertura erbacea:** 20%, *Poaceae*, *Daphne* L., *Hedera helix* L., *Helleborus* Tourn., *Viola* L. **Lettieria:** 90%; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL + OH</b>	3-0	1-3	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>A</b>	0-5	2-5	C, W	10 YR 2/2	-	FA	3 vf, f, gr	fr	2 vf	-
<b>Bw1</b>	5-10	3-6	C, W	10 YR 3/2	30%	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	1 vf, f	Presenza di mesofauna
<b>Bw2</b>	10-20	7-10	C, W	10 YR 4/2	50%	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	2 f, m;1 c	-
<b>BC</b>	20-30	6-10	C, W	10 YR 4/3	70%	FA	1 vf, f, m,sbk	fr	3 vf, f,m	-
<b>C/R</b>	30-36+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Particella:** T12e. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2365757 E, 4797915 N. **Pendenza:** 20-30%. **Esposizione:** N-NE. **Gestione:** Ceduo matricinato. **Copertura arborea:** 80%, *Ostrya carpinifolia* Scop. (55%), *Quercus cerris* L. (40%), *Acer campestre* L. (5%), *Fraxinus ornus* L., *Acer opalus* Mill. **Copertura arbustiva:** 30%, *Crataegus monogyna* Jacq., *Juniperus oxycedrus* L., *Cytisus* L., *Lonicera caprifolium* L., *Rosa* L., *Rubus* L., rinnovazione arborea. **Copertura erbacea:** 20%, *Poaceae*, *Daphne* L., *Hedera helix* L., *Helleborus* Tourn., *Viola* L. **Lettieria:** 90%

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	3-1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	1-0	-	C, W	-	-	-	-	-	-
<b>A</b>	0-2	2	C, W	10 YR 2/1	2%	FA	3 f, sbk	fr	-

<b>AB</b>	2-4	2.5	C, W	10 YR 3/2	5%	FA	3 f, m, sbk	fr	1 f	
<b>Bw</b>	4-15	10	C, W	10 YR 3/2	10-15%	FA	2 f, sbk	fr	2 f; 1 c	Presenza di mesofauna
<b>BC</b>	15-19	5.5	C, W	-	75%	FA	1 vf, f, msbk	fr	1 f; 2 m; 1 c	
<b>C/R</b>	19-32+	-	-	-	-	-	-	-	-	

**Particella:** T12f. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2365752 E, 4797985 N. **Pendenza:** 30-40%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Fustaia transitoria. **Copertura arborea:** 80%, *Quercus cerris* L. (60-70%), *Acer opalus* Mill. (20%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (10%), *Acer campestre* L., *Fraxinus ornus* L., *Prunus avium* L., *Quercus pubescens* Willd. **Copertura arbustiva:** 60-70%, *Crataegus monogyna* Jacq. (50%), *Rubus* L. (40%), *Cornus mas* L., *Euonymus europaeus* L., *Rosa* L., novellame di *Acer opalus* Mill., *Acer campestre* L., *Fagus sylvatica* L. (10%). **Copertura erbacea:** 20%, *Poaceae*, *Daphne* L., *Hedera helix* L., *Primula* L. **Lettiera:** 90%. **Rocciosità:** 0%; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	2-1	1	C, W	-	-	-	-	-	-	
<b>OH</b>	1-0	1-2	C, W	-	-	-	-	-	-	
<b>AB</b>	0-3	3-5	C, W	7.5 YR 3/2	1-5%	FA	3 vf, f, m, abk, sbk	fr	1 vf; 2 f; 1 m	Presenza di mesofauna
<b>Bw1</b>	3-21	18-20	C, W	7.5 YR 3/2	60%	FA	2-3 vf, f, m, abk, sbk	fr	1 vf, f; 2 m	
<b>Bw2</b>	21-35+	-	-	7.5 YR 3/2	40%	FA	2-3 vf, f, m, abk, sbk	fr	2 f; 1 m	Presenza di mesofauna

**Particella:** T12f. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2365752 E, 4797985 N. **Pendenza:** 30-40%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Fustaiatransitoria. **Copertura arborea:** 80%, *Quercus cerris* L. (60-70%), *Acer opalus* Mill. (20%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (10%), *Acer campestre* L., *Fraxinus ornus* L., *Prunus avium* L., *Quercus pubescens* Willd. **Copertura arbustiva:** 60-70%, *Crataegus monogyna* Jacq. (50%), *Rubus* L. (40%), *Cornus mas* L., *Euonymus europaeus* L., *Rosa* L., *Quercus pubescens* Willd. **Copertura arbustiva:** 60-70%, *Crataegus monogyna* Jacq. (50%), *Rubus* L. (40%), *Cornus mas* L., *Euonymus europaeus* L., *Rosa* L., novellame di *Acer opalus* Mill., *Acer campestre* L., *Fagus sylvatica* L. (10%). **Copertura erbacea:** 20%, *Poaceae*, *Daphne* L., *Hedera helix* L., *Primula* L. **Lettiera:** 90%. **Rocciosità:** 0%; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.  
**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014)

<b>OL</b>	3-1	2	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	1-0	1	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>A</b>	0-3	3-4	C, W	7.5 YR 2/2	2-5%	FA	3 f, m, sbk	fr	2 f	Presenza di mesofauna
<b>Bw1</b>	3-8	4.5-5	C, W	10 YR 3/3	25%	FA	3 vf, f, m, abk, sbk	fr	2 vf, f	
<b>Bw2</b>	8-20	12-13.5	C, W	10 YR 3/3	60%	FA	2 vf, f, abk	fr	2 f, m;fr1 c	
<b>BC</b>	30-36+	-	-	10 YR 3/4	80%	FA	2 vf, f, abk	fr	fi2 f, m	Calcare selcifero

**Particella:** T12h. **Profilo n° 2. Pendenza:** 35%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Fustaia transitoria. **Copertura arborea:** 85%, *Quercus pubescens* Willd. (40%), *Fraxinus ornus* L. (20%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (20%), *Acer campestre* L. (10%), *Acer opalus* Mill. (10%), *Prunus avium* L. (sporadico), *Sorbus aria* (L.) Crantz (sporadico), *Sorbus domestica* L. (sporadico). **Copertura arbustiva:** 70%, *Cornus mas* L. (30%), *Juniperus communis* L. (30%), *Genista* L. (20%), *Euonymus europaeus* L. (10%), *Prunus spinosa* L. (10%), *Lonicera* L. (sporadico). **Copertura erbacea:** 80%, *Poaceae*, *Daphne* L., *Hedera helix* L. **Lettiera:** 50%, foglie, rami, corteccia. **Rocciosità:** 30% scheletro mm e cm (abbondante), 2% dm (sporadico); Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.  
**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014)

<b>OL</b>	8-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	3-0	-	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>A</b>	0-8	6-9.5	C, W	7.5 YR 3/2	25% mm, cm	A	3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f;2 m,	
<b>Bw1</b>	8-26	8-17	C, W	7.5 YR 5/4	40% mm, cm	A	3 vf, f, m,sbk	fr	2 vf, f;1 m	
<b>Bw2</b>	26-31	5-6	C, W	7.5 YR 4/4	60% mm, cm	A	3 vf, f, sbk	fr	2 vf, f	
<b>BC</b>	31-36+	-	-	7.5 YR 4/4	-	A	2 vf, f, sbk	fr	1 vf, f	

**Particella:** T13b. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2365533 E, 4797826 N. **Pendenza:** 40%. **Esposizione:** NO. **Gestione:** Ceduo matricinato maturo. **Copertura arborea:** 90%, *Quercus cerris* L. (40%), *Quercus pubescens* Willd. (30%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (20%), *Acer opalus* Mill. (5%), *Fraxinus ornus* L. (5%), *Fagus sylvatica* L. (sporadico). **Copertura arbustiva:** 40%, (20%) *Coronilla* L., *Juniperus oxycedrus* L., *Lonicera caprifolium* L., *Rosa* L., (80%) novellame di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Quercus cerris* L. **Copertura erbacea:** 70%, (70%) *Poaceae*, (10%) *Daphne* L., *Hedera helix* L., *Hepatica nobilis* Schreb., *Viola* L., (20%) rinnovazione di *Acer campestre* L., *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Quercus cerris* L., *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Lettieria:** 80%. **Rocciosità:** 0%; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	8-2	4-7	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	2-0	1-3	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>Bw1</b>	0-4	3-5	C, W	7.5 YR 4/6	10% mm, cm	A	3 vf, f, m, sbk	sh, br	3 vf, f; 1 m	Dry
<b>Bw2</b>	4-23	18-20	C, W	7.5 YR 3/4	50% mm, cm, dm	A	3 vf, f, m, sbk	mp	1 vf, f; 1 m, c	
<b>Bw3</b>	23-37+	-	-	7.5 YR 4/6	70% mm, cm, dm	A	3 vf, f, m, sbk	mp	2 f, c; 1 vc	

**Particella:** T13b. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2365533 E, 4797826 N. **Pendenza:** 40%. **Esposizione:** NO. **Gestione:** Ceduo matricinato maturo. **Copertura arborea:** 90%, *Quercus cerris* L. (40%), *Quercus pubescens* Willd. (30%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (20%), *Acer opalus* Mill. (5%), *Fraxinus ornus* L. (5%), *Fagus sylvatica* L. (sporadico). **Copertura arbustiva:** 40%, (20%) *Coronilla* L., *Juniperus oxycedrus* L., *Lonicera caprifolium* L., *Rosa* L., (80%) novellame di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Quercus cerris* L. **Copertura erbacea:** 70%, (70%) *Poaceae*, (10%) *Daphne* L., *Hedera helix* L., *Hepatica nobilis* Schreb., *Viola* L., (20%) rinnovazione di *Acer campestre* L., *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Quercus cerris* L., *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Lettieria:** 80%. **Rocciosità:** 0%; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL + OH</b>	3-0	3	A, W	-	2% mm, sub-rounded, sub-discoidal	-	-	-	3 vf; 2 f	
<b>Bw</b>	0-8	5-8	C, W	7.5 YR 4/6	10% mm, cm, angular, spherical	A	3 vf, f, sbk	mp	2 vf, f; 1 m	

<b>Bw1b</b>	8-12	4-7	C, W	7.5 YR 4/6	20% mm, cm, sub-rounded, spherical	A	3 vf, f, sbk	mp	2 vf, f, vc; 1 m
<b>Bw2b</b>	12-24	12-14.5	C, W	7.5 YR 4/6	50% cm, dm, rounded, sub-discoidal	A	3 vf, f, sbk	mp	2 vf, vc; 1 m
<b>BCb</b>	24-38+	-	-	7.5 YR 4/6	70% mm, cm, dm, sub-rounded, sub-discoidal	A	3 vf, f, sbk	mp	2 vf, f; 1 m, vc

**Particella:** T16d. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2364411 E, 4797635 N, Abbazia Valfucina. **Pendenza:** 10-15%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Fustaia transitoria. **Copertura arborea:** 90%, *Quercus cerris* L. (40%), *Acer opalus* Mill. (30%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (20%), *Acer campestre* L. (5%), (5%) *Carpinus betulus* L., *Fraxinus ornus* L., *Prunus avium* L., *Quercus pubescens* Willd. **Copertura arbustiva:** 40%, *Corylus avellana* L. (60%), *Cornus mas* L. (20%), (20%) *Crataegus monogyna* Jacq., *Prunus spinosa* L., *Rosa* L., *Rubus* L. **Copertura erbacea:** -, *Poaceae*, *Pteridophyta*, *Hedera helix* L., *Viola* L., **Lettiera:** -, foglie, corteccia, rami, galle di *Quercus cerris* L., ife fungine. **Rocciosità:** 2%; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	7-3		-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	3-0		A, S	-	-	-	-	-	-
<b>Bw1</b>	0-7	6-9	C, W	7.5 YR 4/2	5-10% mm	FA	3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f; 1 m
<b>Bw2</b>	7-37	26-30	C, W	7.5 YR 4/2	50% mm, cm	FA	3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f; 2 m; 1 c
<b>Bw3</b>	37-48+	-	-	7.5 YR 4/4	10% mm, cm	FA	3 vf, f, m, sbk	fr	2 vf, f 1% frammenti di carbone

**Particella:** T16d. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2364411 E, 4797635 N, Abbazia Valfucina. **Pendenza:** 10-15%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Fustaia transitoria. **Copertura arborea:** 90%, *Quercus cerris* L. (40%), *Acer opalus* Mill. (30%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (20%), *Acer campestre* L. (5%), (5%) *Carpinibetulus* L., *Fraxinus ornus* L., *Prunus avium* L., *Quercus pubescens* Willd. **Copertura arbustiva:** 40%, *Corylus avellana* L. (60%), *Cornus mas* L. (20%), (20%) *Crataegus monogyna* Jacq., *Prunus spinosa* L., *Rosa* L., *Rubus* L. **Copertura erbacea:** -, *Poaceae*, *Pteridophyta*, *Hedera helix* L., *Viola* L., **Lettiera:** -, foglie, corteccia, rami, galle di *Quercus cerris* L., ife fungine. **Rocciosità:** 2%; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	4-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>OH</b>	2-0		A, S	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Bw1</b>	0-7	7-9	C, W	5 YR 4/2	5-10% mm	FA	3 vf, f, m,c, sbk	fr	3 vf, f;2 m		
<b>Bw2</b>	7-32	20-25	C, W	5 YR 4/2	45% mm, cm	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	3 vf, f,m		
<b>Bw3</b>	32-44+	-	-	5 YR 3/2	10% mm, cm	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	3 vf, f		Linea di carbonciniabbondante

**Particella:** T17b. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2364101 E, 4797165 N, Canfaieto. **Pendenza:** 5-10%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo invecchiato di faggio. **Copertura arborea:** 80%, *Fagus sylvatica* L. (95%), *Fraxinus ornus* L. (5%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (sporadico), *Sorbus aria* (L.) Crantz (sporadico). **Copertura arbustiva:** 5%, *Crataegus monogyna* Jacq., *Euonymus europaeus* L. **Copertura erbacea:** 10%, *Cyclamen* L., *Daphne* L. **Lettiera:** -, foglie, corteccia, rami, faggiolate. **Rocciosità:** 5-10% scheletro superficiale, mm, cm, dm. Scaglia bianca.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	12-5		-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>OH</b>	5-0		C, W	-	-	-	-	-	-	-	Ife fungine
<b>A</b>	0-8	8-9	C, S	7.5 YR 3/2	2% mm, cm	FA	3 vf, f, m,c, sbk	fi, br	3 vf, f;1 m, c		
<b>Bw</b>	8-25	13-21	A, W	10 YR 3/4	40% mm, cm	FA	3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f;2 m;1 c, vc		Carbonati secondari
<b>CB</b>	25-48+	-	-	10 YR 7/3	70% mm, cm, dm	-	-	-	-		Roccia triturrata

**Particella:** T17b. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2364101 E, 4797165 N, Canfaieto. **Pendenza:** 5-10%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo invecchiato difaggio. **Copertura arborea:** 80%, *Fagus sylvatica* L. (95%), *Fraxinus ornus* L. (5%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (sporadico), *Sorbus aria* (L.) Crantz (sporadico). **Copertura arbustiva:** 5%, *Crataegus monogyna* Jacq., *Euonymus europaeus* L. **Copertura erbacea:** 10%, *Cyclamen* L., *Daphne* L. **Lettiera:** -, foglie, corteccia, rami, faggiolate. **Rocciosità:** 5-10% scheletro superficiale, mm, cm, dm. Scaglia bianca; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	7-5		-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>OH</b>	5-0		C, W	-	2% cm	-	-	-	-	-	Ife fungine
<b>A</b>	0-9	9-11	C, W	5 YR 2/2	10% mm, cm	FA	3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f;2 m, c;1 vc		
<b>Bw</b>	9-29	19-22	C, W	5 YR 4/2	40% mm, cm	FA	3 vf, f, m,sbk	fi	3 vf, f;2 m;1 vc		Carbonati secondari
<b>BC</b>	29-44+	-		5 YR 4/4	50% mm, cm, dm	FA	3 vf, f,sbk	fi, br	2 vf, f		Roccia un po' triturrata

**Particella:** T23c. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2364649 E, 4797742 N. **Pendenza:** 30-40%. **Esposizione:** NO. **Gestione:** Ceduo matricinato immaturo. **Copertura arborea:** 80%, *Ostrya carpinifolia* Scop. (80%), *Fagus sylvatica* L. (20%), *Fraxinus ornus* L. (10%), *Quercus cerris* L. (10%), *Quercus pubescens* Willd. (10%), *Acer campestre* L. (sporadico), *Acer opalus* Mill. (sporadico). **Copertura arbustiva:** 40%, *Clematis vitalba* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Coronilla* L., *Corylus avellana* L., *Rosa* L., *Rubus* L. **Copertura erbacea:** 30%, *Poaceae*, *Cyclamen* L., *Daphne* L., *Fragaria vesca* L., *Hedera helix* L., *Lathyrus venetus* Mill., *Sanicula europaea* L., *Viola* L., rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L. **Lettiera:** 80%. **Rocciosità:** 10% scheletro.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL + OH</b>	5-0	3-6	C, W	-	-	-	-	-	-
<b>AB</b>	0-3	2-3	C, W	10 YR 3/2	< 5% cm	FA	3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f; 1 m
<b>Bw1</b>	3-8	4-6	C, W	10 YR 3/3	5% cm	FA	3 vf, f, m, c, sbk	fr	3 vf, f
<b>Bw2</b>	8-22	10-15	C, W	10 YR 3/3	5%	FA	3 f, m, c, sbk	fr	3 vf, f; 2 m Poco popping
<b>Bw3</b>	22-33	8-13	C, W	10 YR 3/4	70%	FA	2 f, m, c, sbk	fr	1 vf, f Poco popping
<b>Bw4</b>	33-48+	-	-	10 YR 3/6	70%	FA	2 vf, f, m, sbk	fr	1 f Poco popping

**Particella:** T23c. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2364649 E, 4797742 N. **Pendenza:** 30-40%. **Esposizione:** NO. **Gestione:** Ceduo matricinato immaturo. **Copertura arborea:** 80%, *Ostrya carpinifolia* Scop. (80%), *Fagus sylvatica* L. (20%), *Fraxinus ornus* L. (10%), *Quercus cerris* L. (10%), *Quercus pubescens* Willd. (10%), *Acer campestre* L. (sporadico), *Acer opalus* Mill. (sporadico). **Copertura arbustiva:** 40%, *Clematis vitalba* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Coronilla* L., *Corylus avellana* L., *Rosa* L., *Rubus* L. **Copertura erbacea:** 30%, *Poaceae*, *Cyclamen* L., *Daphne* L., *Fragaria vesca* L., *Hedera helix* L., *Lathyrus venetus* Mill., *Sanicula europaea* L., *Viola* L., rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L. **Lettiera:** 80%. **Rocciosità:** 10% scheletro; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL + OH</b>	2-0	2	C, W	-	2% mm, cm, sub-rounded, discoidal	-	-	-	3 vf; 2 f
<b>A</b>	0-2	1.5-2	C, W	10 YR 3/3	5% mm, cm, sub-rounded, spherical	FA	3 f, sbk	fr	2 vf, f
<b>AB</b>	2-6	4.5-5	C, S	10 YR 4/4	5% mm, cm, sub-rounded, subprismoidal	FA	3 f, m, sbk	fr	2 vf, f; 1 c

<b>Bw</b>	6-13	6.5-8	C, W	10 YR 4/4	15% cm, dm,sub-rounded,sub-discoidal	FA	3 f, m, sbk	fr	2 vf, f;1 c	Linea di pietre
<b>ABb</b>	13-18	5-6	C, W	7.5 YR 4/4	25% cm, dm,sub-rounded,prismoidal	FA	3 f, m, sbk	fr	2 vf, f;1 m	
<b>Bw1b</b>	18-27	8.5-9	C, W	7.5 YR 4/4	10% mm, cm,sub-rounded,spherical	FA	3 f, m, sbk	fr	2 vf, f; 1m	
<b>Bw2b</b>	27-33	6-10	C, W	10 YR 4/4	10% mm, cm, sub-angular, sub-prismoidal	FA	3 vf, sbk	fr	2 vf, f; 1m	
<b>Bw3b</b>	33-48+	-	-	10 YR 5/4	40% mm, cm,sub-rounded,sub-discoidal	FA	3 vf, sbk	fr	2 vf, f; 1m	

**Particella:** T23d. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2364651 E, 4797523 N. **Pendenza:** 50-60%. **Esposizione:** NO. **Gestione:** Ceduo matricinato maturo. **Copertura arborea:** 90%, *Fagus sylvatica* L. (50%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (40%), (10%) *Acer opalus* Mill., *Fraxinus ornus* L., *Quercus cerris* L., *Quercus pubescens* Willd, *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Copertura arbustiva:** 0%. **Copertura erbacea:** 10%, (80%) *Poaceae*, (10%) *Hedera helix* L., *Viola* L., (10%) rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L. **Lettiera:** 80%. **Rocciosità:** 20% affiorante, 30% scheletro; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	10-7	1-5	C, W	-	-	-	-	-	-	
<b>OH</b>	7-0	4-7	C, W	-	-	-	-	-	-	Ife fungine
<b>A</b>	0-3	2-3	C, W	10 YR 3/2	-	FA	3 vf, gr;3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f	Poco popping
<b>AB</b>	3-6	3-5	C, W	10 YR 3/3	50%	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	3 vf, f	Linea di pietre
<b>ABb</b>	11-14	1-3	C, W	10 YR 3/3	10%	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	2 vf, f,m; 1 c	
<b>Bw1b</b>	14-20	4-7	C, W	10 YR 3/4	10%	FA	3 vf, f, m,sbk	fr, br	vf,f, m	
<b>Bw2b</b>	20-29	4-9	C, W	10 YR 3/6	30%	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	1 vf; 2 f,m	Poco popping
<b>Bw3b</b>	29-49+	-	-	10 YR 3/6	40%	FA	3 vf, f, m,c, sbk	fr	1 vf, f,m	Poco popping

**Particella:** T23d. **Profilo n° 2.** **Coordinate:** Monte Mario → 2364651 E, 4797523 N. **Pendenza:** 50-60%. **Esposizione:** NO. **Gestione:** Ceduo matricinato maturo. **Copertura arborea:** 90%, *Fagus sylvatica* L. (50%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (40%), (10%) *Acer opalus* Mill., *Fraxinus ornus* L., *Quercus cerris* L., *Quercus pubescens* Willd, *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Copertura arbustiva:** 0%. **Copertura erbacea:** 10%, (80%) *Poaceae*, (10%) *Hedera helix* L., *Viola* L., (10%) rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L. **Lettiera:** 80%. **Rocciosità:** 20% affiorante, 30% scheletro; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	4-3	1	A, S	-	30% cm, dm,angular, sub-prismoidal	-	-	-	-	
<b>OH</b>	3-0	3	C, S	-	5% cm, angular,spherical	-	3 gr	-	2 vf	
<b>A</b>	0-2	2	C, S	7.5 YR 2/2	5% cm, sub-angular, prismoidal	FA	3 f, sbk	fr	3 vf, f; 1c	
<b>AB</b>	2-6	3.5-5	C, W	10 YR 4/2	15% mm, cm,angular, spherical	FA	3 vf, f, m,sbk, abk	fr	3 vf, f;2 m	Linea di pietre
<b>Bw1b</b>	6-11	6.5-9	C, S	10 YR 4/4	30% cm, dm,sub-angular,spherical	FA	3 vf, f, sbk	mp	3 vf, f;2 m	Linea di pietra
<b>Bw2b</b>	11-23	11	C, S	10 YR 4/4	40% mm, cm,sub-angular,prismoidal	FA	3 vf, f, sbk	mp	3 vf, f; 2m; 1 c	
<b>Bw3b</b>	23-36	13	C, W	10 YR 4/4	40% mm, cm,dm, rounded,sub-discoidal	FA	3 vf, f, sbk	mp	2 vf, f; 1c	
<b>Bw4b</b>	36-48+	-	-	10 YR 4/4	60% mm, cm,dm, rounded,discoidal	FA	3 vf, sbk	mp	2 f, m; 1 c, vc	Presenza di mesofauna

**Particella:** T33a. **Profilo n° 1.** **Coordinate:** Monte Mario → 2364668 E, 4796154 N. **Pendenza:** 70-80%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Fustaia transitoria/Ceduo invecchiato di faggio. **Copertura arborea:** 95%, *Fagus sylvatica* L. (95%), (5%) *Acer opalus* Mill., *Ostrya carpinifolia* Scop. **Copertura arbustiva:** 5%, *Ilex aquifolium* L., *Rubus* L. **Copertura erbacea:** 5%, *Poaceae*, *Cyclamen* L., *Daphne* L., *Hedera helix* L., *Hepatica nobilis* Schreb., *Lathyrus venetus* Mill., *Sanicula europaea* L., *Viola* L., rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L. **Lettiera:** 95%. **Rocciosità:** 10% affiorante, 10% scheletro; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	13-4	3-8	C, W	-	-	-	-	-	-	Presenza di mesofauna
<b>OH</b>	4-0	1-4	C, W	-	-	-	3 vf, f, gr	fr	3 vf	Presenza di mesofauna
<b>AB</b>	0-3	1-3	C, W	5 YR 3/3	-	A	3 vf, f, sbk	mp	3 vf; 2 f; 1 m	
<b>Bw1</b>	3-7	3-7	C, W	5 YR 4/6	25% mm, cm	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	3 vf, f; 1 m	Presente solo per metàprofilo
<b>Bw2</b>	7-25	8-18	C, W	5 YR 3/4	20% cm, dm	A	3 vf, f, m,sbk	fr	1 f, m,c; 2vc	Presenza di mesofauna
<b>Bw3</b>	25-46+	-	-	2.5 YR 3/4	40% dm	A	3 f, m, c,sbk	sp	2 f; 1 m	

**Particella:** T33a. **Profilo n° 2.** **Coordinate:** Monte Mario → 2364668 E, 4796154 N. **Pendenza:** 70-80%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Fustaia transitoria/Ceduo invecchiato di faggio. **Copertura arborea:** 95%, *Fagus sylvatica* L. (95%), (5%) *Acer opalus* Mill., *Ostrya carpinifolia* Scop. **Copertura arbustiva:** 5%, *Ilex aquifolium* L., *Rubus* L. **Copertura erbacea:** 5%, *Poaceae*, *Cyclamen* L., *Daphne* L., *Hedera helix* L., *Hepatica nobilis* Schreb., *Lathyrus venetus* Mill., *Sanicula europaea* L., *Viola* L., rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L. **Lettiera:** 95%. **Rocciosità:** 10% affiorante, 10% scheletro; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	2-1	1	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	1-0	1	C, S	-	5% cm, sub-rounded, prismoidal	-	-	-	3 vf, f; 2 m; 1 c
<b>A</b>	0-4	4,5	C, W	5 YR 3/2	2-5% cm, sub-rounded, sub-discoidal	A	3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f; 1 m, c
<b>AB</b>	4-7	3-4	C, W	5 YR 3/3	70% cm, dm, rounded, discoidal	A	3 vf, f, m, abk	fi	2 vf, f; 1 m
<b>Bw</b>	7-27	20-23	C, W	5 YR 3/3	50% mm, cm, dm, angular, subprismoidal	A	3 vf, f, m, c, vc, abk	fr	vf, f; m; 1 c, vc
<b>BC</b>	27-46+	-	-	-	-	-	-	-	2 vf, f; 1 m, c

**Particella:** T33b. **Profilo n° 1.** **Coordinate:** Monte Mario → 2364751 E, 4796403 N. **Pendenza:** 50%. **Esposizione:** NO. **Gestione:** Fustaia transitoria di faggio. **Copertura arborea:** 95%, *Fagus sylvatica* L. (98%), (2%) *Acer opalus* Mill., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Quercus pubescens* Willd., *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Copertura arbustiva:** 2%, (10%) *Lonicera caprifolium* L., *Rubus* L., (80%) novellame di *Fagus sylvatica* L. **Copertura erbacea:** 30%, (20%) *Poaceae*, *Cardamine kitaibelii* Bech., *Cyclamen* L., *Daphne* L., *Euphorbia* L., *Hedera helix* L., *Helleborus* Tourn., *Hepatica nobilis* Schreb., *Viola* L., (80%) rinnovazione di *Acer campestre* L., *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L. **Lettiera:** 95%. **Rocciosità:** 5% affiorante, 5% scheletro; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	5-2	4-6	C, W	-	-	-	-	-	-	
<b>OH</b>	2-0	1-2	C, W	-	-	-	3 vf, gr	fr	3 vf, f	
<b>A</b>	0-4	3-5	C, W	7.5 YR 3/4	-	FA	3 vf, gr; 3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f; 2 m	
<b>AB</b>	4-7	3-5	C, W	7.5 YR 3/4	20%	FA	3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f; m; 1 c, vc	
<b>Bw1</b>	7-13	6-9	C, W	7.5 YR 4/4	30%	FA	3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f; 1 m	
<b>Bw2</b>	13-33	15-20	C, W	7.5 YR 4/4	50%	FA	3 vf, f, m, sbk	fr	2 vf; 3 f, m; 1 c	Un po' popping
<b>Bw3</b>	33-44	10-12	C, W	7.5 YR 4/6	60%	FA	3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f	
<b>CB</b>	44-53+	-	-	7.5 YR 6/3	70%	FA	1 vf, sg; 1f, sbk	fr	3 vf, f; 2 m	

**Particella:** T33b. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2364751 E, 4796403 N. **Pendenza:** 50%. **Esposizione:** NO. **Gestione:** Fustaia transitoria di faggio. **Copertura arborea:** 95%, *Fagus sylvatica* L. (98%), (2%) *Acer opalus* Mill., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Quercus pubescens* Willd., *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Copertura arbustiva:** 2%, (10%) *Lonicera caprifolium* L., *Rubus* L., (80%) novellame di *Fagus sylvatica* L. **Copertura erbacea:** 30%, (20%) *Poaceae*, *Cardamine kitaibelii* Bech., *Cyclamen* L., *Daphne* L., *Euphorbia* L., *Hedera helix* L., *Helleborus* Tourn., *Hepatica nobilis* Schreb., *Viola* L., (80%) rinnovazione di *Acer campestre* L., *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L. **Lettiera:** 95%. **Rocciosità:** 5% affiorante, 5% scheletro; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>O</b>	1-0	1	C, S	-	5% mm, cm,angular,sub-prismoidal	-	3 gr	-	-
<b>A</b>	0-2	2-3	C, W	5 YR 3/2	5% mm, cm,angular,sub-prismoidal	FA	3 vf, f, sbk	mp	3 vf, f;1 m, c
<b>AB</b>	2-7	5-7	C, W	5 YR 3/2	2-5% cm,angular, sub-discoidal	FA	3 vf, f, sbk	mp	3 vf, f;2 m
<b>Bw1</b>	7-19	10-12	C, W	5 YR 4/3	40%	FA	3 vf, f, abk	mp	3 vf, f;2 m; 1 c
<b>Bw2</b>	19-41	15-23	C, W	5 YR 4/3	50%	FA	3 vf, abk	mp	3 vf, f;1 m, c,vc
<b>CB</b>	41-53+	-	-	-	70%	-	3 vf, sg	-	3 vf, f;1 m, c,vc

**Particella:** T35e. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2365172 E, 4796441 N. **Pendenza:** 20%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo giovane di faggio. **Copertura arborea:** 70%, *Fagus sylvatica* L. (80%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (10%), *Fraxinus ornus* L. (5%), *Quercus cerris* L. (5%), *Acer campestre* L. (sporadico). **Copertura arbustiva:** 20%, *Cornus mas* L. (30%), *Corylus avellana* L. (30%), *Clematis vitalba* L. (20%), *Rubus* L. (10%). **Copertura erbacea:** 20%, *Cyclamen* L., *Daphne* L., *Hedera helix* L., *Mercurialis* L. **Lettiera:** -, foglie, rami di *Fagus sylvatica* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Quercus cerris* L., *Crataegus monogyna* Jacq. **Rocciosità:** 5% scheletro in superficie. Scaglia bianca; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcarea rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	10-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	5-0	A, W	-	2%	-	-	-	-	3 vf, f	
<b>AE</b>	0-10	10-14	C, W	7.5 YR 4/2	2% mm, cm, dm	FA	3 vf, f, m, sbk, abk	fr, br	3 vf, f; 2 m, c	
<b>Bw</b>	10-34	11-24	C, W	7.5 YR 3/2	60% mm, cm, dm	FA	3 vf, f, msbk	fr	3 vf, f; 2 m, c, vc	
<b>BC</b>	34-36+	-	-	7.5 YR 4/2	70% mm, cm, dm	-	3 vf, f, sbk	fr	1 vf, f	Carbonati secondari, tracce di carboncini

**Particella:** T35e. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2365172 E, 4796441 N. **Pendenza:** 20%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo giovane di faggio. **Copertura arborea:** 70%, *Fagus sylvatica* L. (80%), *Ostrya carpinifolia* Scop. (10%), *Fraxinus ornus* L. (5%), *Quercus cerris* L. (5%), *Acer campestre* L. (sporadico). **Copertura arbustiva:** 20%, *Cornus mas* L. (30%), *Corylus avellana* L. (30%), *Clematis vitalba* L. (20%), *Rubus* L. (10%). **Copertura erbacea:** 20%, *Cyclamen* L., *Daphne* L., *Hedera helix* L., *Mercurialis* L. **Lettiera:** -, foglie, rami di *Fagus sylvatica* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Quercus cerris* L., *Crataegus monogyna* Jacq. **Rocciosità:** 5% scheletro in superficie. Scaglia bianca; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcarea rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	4-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	2-0	A, W	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>A</b>	0-7	7-9	C, W	5 YR 3/2	5% cm	FA	3 vf, f, sbk	fi	3 vf, f; 1 m, c, vc	
<b>Bw1</b>	7-21	10-13	C, W	5 YR 3/2	60% mm, cm	FA	3 vf, f, msbk	fr	3 vf, f; 2 m; 1 c, vc	
<b>Bw2</b>	21-36	8-15	C, W	5 YR 4/2	70% mm, cm, dm	-	3 vf, f, m, sbk	fr	3 vf, f; 1 m, vc	Roccia triturata, frammenti di carbone
<b>BC</b>	36-39+	-	-	5 YR 4/4	75% dm	-	-	-	1 vf, f, vc	

**Particella:** T38a. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2365631 E, 4796839 N. **Pendenza:** 20%. **Esposizione:** N-NO. **Gestione:** Ceduo in riproduzione. **Copertura arborea:** 40%, *Quercus cerris* L. (95%), matricine di *Ostrya carpinifolia* Scop. (5%). **Copertura arbustiva:** 60%, (20%) *Corylus avellana* L., *Rosa* L., *Rubus* L., (80%) rinnovazione agamica di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Faxinus ornus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Quercus cerris* L., *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Copertura erbacea:** 80%, (85%) *Poaceae*, (10%) *Pteridophyta*, spp. di prati-pascoli, (5%) rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fraxinus ornus* L., *Quercus cerris* L. **Lettiera:** < 5%. **Rocciosità:** 30% scheletro; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL + OH</b>	4-0	2-5	C, W	-	-	-	-	-	3 vf	-
<b>AB</b>	0-3	3-5	C, W	7.5 YR 3/2	20% mm, cm	A	3 vf, f, m, sbk	fr, mp	3 vf, 2 f	-
<b>Bw1</b>	3-12	5-9	C, W	10 YR 4/3	30% mm, cm	A	3 vf, f, msbk	mp	1 vf, f, m	-
<b>Bw2</b>	12-25	10-13	C, W	7.5 YR 4/6	40% mm, cm	A	3 vf, f, msbk	mp	1 vf, f, m	-
<b>Bw3</b>	25-41+	-	-	7.5 YR 4/4	60% mm, cm, dm	A	3 vf, f, m, sbk	mp	1 vf, f, m	-

**Particella:** T38a. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2365631 E, 4796839 N. **Pendenza:** 20%. **Esposizione:** N-NO. **Gestione:** Ceduo in riproduzione. **Copertura arborea:** 40%, *Quercus cerris* L. (95%), matricine di *Ostrya carpinifolia* Scop. (5%). **Copertura arbustiva:** 60%, (20%) *Corylus avellana* L., *Rosa* L., Crantz. **Copertura erbacea:** 80%, (85%) *Poaceae*, (10%) *Pteridophyta*, spp. di prati-pascoli, (5%) rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fraxinus ornus* L., *Quercus cerris* L. **Lettiera:** < 5%. **Rocciosità:** 30% scheletro; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL + OH</b>	1-0	1-2	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>AB</b>	0-4	3.5-4	C, W	7.5 YR 4/3	5% cm, rounded, sub-discoidal	A	3 vf, f, sbk	mp	3 vf, f	-
<b>Bw</b>	4-14	10-10.5	C, W	7.5 YR 4/3	15% mm, cm, rounded, sub-discoidal	A	3 vf, f, sbk, abk	mp	2 vf, f; 1 m	Linea di pietre
<b>ABb</b>	14-25	9-11	C, W	7.5 YR 5/4	60% cm, dm, sub-rounded, sub-discoidal	A	3 vf, f, abk	mp	2 vf, f	-
<b>Bwb</b>	25-45+	-	-	7.5 YR 5/4	70% mm, cm, dm, sub-rounded, spherical	A	3 vf, sbk	mp	2 vf, f, m; 1 vc	-

**Particella:** T38b. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2365730 E, 4796878 N. **Pendenza:** 30%. **Esposizione:** NO. **Gestione:** Ceduo matricinato maturo. **Copertura arborea:** 95%, (40%) *Ostrya carpinifolia* Scop., (30%) *Quercus cerris* L., (20%) *Acer opalus* Mill., *Fraxinus ornus* L., (10%) *Fagus sylvatica* L., (sporadico) *Laburnum anagyroides* Medik., *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Copertura arbustiva:** 40%, (30%) *Corylus avellana* L., *Coronilla* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Cytisus* L., *Juniperus oxycedrus* L., *Rosa* L., *Ruscus aculeatus* L., (70%) novellame di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L. **Copertura erbacea:** 50%, (70%) *Poaceae*, (20%) *Carduus* L., *Euphorbia* L., *Fragaria vesca* L., *Galium* L., *Hepatica nobilis* Schreb., *Viola* L., (10%) rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L., *Quercus cerris* L. **Lettiera:** 80%. **Rocciosità:** 0% affiorante, 5% scheletro in superficie; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL + OH</b>	2.5-0	2.5	C, S	-	-	-	-	-	1 vf, f	-
----------------	-------	-----	------	---	---	---	---	---	---------	---

<b>A</b>	0-0.5	0.5-2	A, S	7.5 YR 3/2	2% mm, sub-angular,prismoidal	A	3 vf, sbk	fi	2 vf, f	-
<b>Bw</b>	0.5-17	13-16.5	C, W	7.5 YR 4/4	10% mm, cm,sub-rounded, spherical/sub-prismoidal	A	3 vf, f, sbk	mp	2 vf, f;1 m	-
<b>Bw1b</b>	17-24	5-7	C, W	7.5 YR 5/6	40% mm, cm,dm, sub-angular,spherical	A	3 f, sbk	mp	2 vf, f;1 c	Linea di pietre, taschediSO
<b>Bw2b</b>	24-33	2-9	C, W	7.5 YR 5/6	45% cm, dm, sub-angular, sub-prismoidal	A	3 vf, f, sbk	mp	2 vf, f;1 m	-
<b>BCb</b>	33-40+	-	-	7.5 YR 5/6	50% mm, cm,dm, sub-rounded,subprismoidal	A	2 vf, f, sbk	mp	1 vf, f	-

**Particella:** T38b. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2365730 E, 4796878 N. **Pendenza:** 30%. **Esposizione:** NO. **Gestione:** Ceduo matricinato maturo. **Copertura arborea:** 95%, (40%) *Ostrya carpinifolia* Scop., (30%) *Quercus cerris* L., (20%) *Acer opalus* Mill., *Fraxinus ornus* L., (10%) *Fagus sylvatica* L., (sporadico) *Laburnum anagyroides* Medik., *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Copertura arbustiva:** 40%, (30%) *Corylus avellana* L., *Coronilla* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Cytisus* L., *Juniperus oxycedrus* L., *Rosa* L., *Ruscus aculeatus* L., (70%) novellame di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L. **Copertura erbacea:** 50%, (70%) *Poaceae*, (20%) *Carduus* L., *Euphorbia* L., *Fragaria vesca* L., *Galium* L., *Hepatica nobilis* Schreb., *Viola* L., (10%) rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus ornus* L., *Quercus cerris* L. **Lettiera:** 80%. **Rocciosità:** 0% affiorante, 5% scheletro in superficie; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	7-2	4-9	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	2-0	1-3	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>A</b>	0-2	2-4	C, W	10 YR 2/2	20% mm, cm	A	3 vf, f gr;3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f;1 m, c	-
<b>AB</b>	2-6	2-5	C, W	10 YR 3/2	20% mm, cm	A	3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f	-
<b>Bw</b>	6-20	13-16	C, W	10 YR 3/4	50% mm, cm, dm	A	3 vf, f, m,sbk	fr	3 vf, f	Un po' popping, lineadi pietre
<b>Bw1b</b>	20-40	18-20	C, W	10 YR 4/4	70% mm, cm, dm	A	3 vf, f, sbk	mp	3 vf, f,m	-
<b>Bw2b</b>	40-43+	-	-	-	-	-	-	-	-	Tritume

**Particella:** T41a. **Profilo n° 1. Coordinate:** Monte Mario → 2366674 E, 4797677 N. **Pendenza:** 60%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo al taglio. **Copertura arborea:** 90%, *Ostrya carpinifolia* Scop. (25%), *Acer opalus* Mill. (20%), *Fraxinus ornus* L. (20%), *Quercus cerris* L. (20%), *Acer pseudoplatanus* L. (5%), *Acer monspessulanum* L. (sporadico). **Copertura arbustiva:** 10%, *Cornus mas* L. (40%), *Crataegus monogyna* Jacq. (30%), *Lonicera caprifolium* L. (30%), novellame *Acer opalus* Mill. e *Fraxinus ornus* L. (20%). **Copertura erbacea:** 30%, *Hedera helix* L., *Hepatica nobilis* Schreb., *Lathyrus venetus* Mill., *Luzula nivea* L., *Polypodium vulgare* L., *Viola* L., rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fraxinus ornus* L., *Sorbus aria* (L.) Crantz (10%). **Lettiera:** 90%. **Rocciosità:** 5% roccia affiorante, 10% scheletro; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	3-0	-	C, W	-	2% mm	-	-	-	3 vf, f	-
<b>A</b>	0-5	3-5	C, W	10 YR 2/2	2% cm	A	3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f;1 m	-
<b>Bw1</b>	5-11	6-8	C, W	10 YR 3/3	5% cm, dm	A	3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f;2 m, vc	-
<b>Bw2</b>	11-19	8-9	C, W	10 YR 3/3	10% cm	A	3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f;2 m; 1 c	-
<b>Bw3</b>	19-28	10-11	C, W	10 YR 3/3	20% cm, dm	A	3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f;1 m	-
<b>BC</b>	28-40+	-	.	10 YR 3/3	60% cm, dm	A	3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f;1 m	-

**Particella:** T41a. **Profilo n° 2. Coordinate:** Monte Mario → 2366674 E, 4797677 N. **Pendenza:** 60%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo al taglio. **Copertura arborea:** 90%, *Ostrya carpinifolia* Scop. (25%), *Acer opalus* Mill. (20%), *Fraxinus ornus* L. (20%), *Quercus cerris* L. (20%), *Acer pseudoplatanus* L. (5%), *Acer monspessulanum* L. (sporadico). **Copertura arbustiva:** 10%, *Cornus mas* L. (40%), *Crataegus monogyna* Jacq. (30%), *Lonicera caprifolium* L. (30%), novellame *Acer opalus* Mill. e *Fraxinus ornus* L. (20%). **Copertura erbacea:** 30%, *Hedera helix* L., *Hepatica nobilis* Schreb., *Lathyrus venetus* Mill., *Luzula nivea* L., *Polypodium vulgare* L., *Viola* L., rinnovazione di *Acer opalus* Mill., *Fraxinus ornus* L., *Sorbus aria* (L.) Crantz (10%). **Lettiera:** 90%. **Rocciosità:** 5% roccia affiorante, 10% scheletro; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	3-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	1-0		C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>A</b>	0-6	5-8	C, W	10 YR 2/2	2% mm	A	3 vf, f, sbk	fr		3 vf, f
<b>Bw</b>	6-22	9-16	C, W	10 YR 3/4	20% mm, cm	A	3 vf, f, sbk	fr		3 vf, f;2 m; 1vc, c
<b>BC</b>	22-41+	-	-	10 YR 3/4	45% mm, cm, dm	A	3 vf, f, msbk	fr		3 vf, f;2 m;1 vc, c

**Particella:** T42b. **Profilo n° 1. Coordinate:** WGS84 → 13.114747 E, 43.316636 N. **Pendenza:** 40%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo matricinato maturo. **Copertura arborea:** 90%, (90%) *Fraxinus ornus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., (10%) *Acer opalus* Mill., *Quercus cerris* L., *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Copertura arbustiva:** 10%, *Crataegus monogyna* Jacq., *Lonicera caprifolium* L. **Copertura erbacea:** 30%, *Poaceae*, *Cyclamen* L., *Hedera helix* L., *Hepatica nobilis* Schreb. **Lettieria:** 90%.

**Rocciosità:** 20% scheletro, Scaglia bianca; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	3-2	0.5-2	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	2-0	1.5-2.5	C, W	-	2% mm, cm	-	3 gr	-	-	-
<b>Bw1</b>	0-7	3-7	C, W	10 YR 4/3	2% mm, cm	FA	3 vf, f, m,sbk, abk	fr	3 vf, f;1 m	-
<b>Bw2</b>	7-21	6-16	C, W	10 YR 4/2	30% mm, cm	FA	3 vf, f, m,c, sbk	mh	3 vf, f;2 m	Presenza di CaCO3secondario
<b>BC</b>	21-35+	-	-	-	65% mm, cm, dm	-	-	-	3 vf, f	-

**Particella:** T42c. **Profilo n° 1. Coordinate:** WGS84 → 13.154697 E, 43.317147 N. **Pendenza:** 40%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo matricinato. **Copertura arborea:** 80%, Matricine di *Quercus cerris* L. **Copertura arbustiva:** 5%, *Prunus spinosa* L., novellame di *Acer opalus* Mill., *Fraxinus ornus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Copertura erbacea:** 90%, *Poaceae*, *Cyclamen* L., *Daphne* L., *Fragaria vesca* L., *Hedera helix* L., *Helleborus Tourn.*, *Lamium maculatum* L. **Lettieria:** Sporadica. **Rocciosità:** 15% scheletro, Scaglia bianca; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OH</b>	1-0	1-1.5	C, W	-	2% mm, cm, sub-rounded, spherical/prismoi dal		3 gr		3 vf, f;1 c	-
<b>A</b>	0-4	2-4	C, W	7.5 YR 3/2	2% mm, cm, sub-rounded,spherical	FA	3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f;1 m	-
<b>BC</b>	4-21	16-22	C, W	7.5 YR 3/4	60% mm, cm, dm, angular/sub-rounded, spherical/prismoi dal	FA	3 vf, f, m, sbk, abk	fr	3 vf, f;1 m, c	Precipitazione CaCO3 secondario (pendular)
<b>C</b>	21-35+	-	-	-	70-80% dm	-	-	-	2 vf, f	-

**Particella:** T42b. **Profilo n° 2. Coordinate:** WGS84 → 13.114747 E, 43.316636 N. **Pendenza:** 40%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo matricinato maturo. **Copertura arborea:** 90%, (90%) *Fraxinus ornus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., (10%) *Acer opalus* Mill., *Quercus cerris* L., *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Copertura arbustiva:** 10%, *Crataegus monogyna* Jacq., *Lonicera caprifolium* L. **Copertura erbacea:** 30%, *Poaceae*, *Cyclamen* L., *Hedera helix* L., *Hepatica nobilis* Schreb. **Lettieria:** 90%. **Rocciosità:** 20% scheletro, Scaglia bianca; Materiale parentale: Corpo di frana; Roccia madre Calcare rosa e bianco.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	3-2	-	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>OH</b>	2-0	-	C, W	-	5% mm, cm	-	-	-	-	-
<b>A</b>	0-3	1-3	C, W	10 YR 2/2	5% mm	FA	3 vf, f, sbk	fr	3 vf, f	-
<b>Bw</b>	3-18	13-19	C, W	10 YR 3/2	50-70% mm, dm	FA	3 vf, f, sbk	mh	3 vf, f;2 m;1c	Presenza di CaCO3secondario
<b>BC</b>	18-35+	-	-	-	75% dm	-	-	-	2 vf, f;1 c	-

**Particella:** T42c. **Profilo n° 2.** **Coordinate:** WGS84 → 13.154697 E, 43.317147 N. **Pendenza:** 40%. **Esposizione:** N. **Gestione:** Ceduo matricinato. **Copertura arborea:** 80%, Matricine di *Quercus cerris* L. **Copertura arbustiva:** 5%, *Prunus spinosa* L., novellame di *Acer opalus* Mill., *Fraxinus ornus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Sorbus aria* (L.) Crantz. **Copertura erbacea:** 90%, *Poaceae*, *Cyclamen* L., *Daphne* L., *Fragaria vesca* L., *Hedera helix* L., *Helleborus Tourn.*, *Lamium maculatum* L. **Lettiera:** Sporadica. **Rocciosità:** 15% scheletro, Scaglia bianca.

**Suolo** (Soil Survey Staff, 2014):

<b>OL</b>	4-0	1-4	C, W	-	-	-	-	-	-	-
<b>A</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sporadico Precipitazione
<b>Bw1</b>	0-6	6-7	C, W	10 YR 3/3	20%	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	3 vf, f;1 m	CaCO3secondario (pendular)
<b>Bw2</b>	6-15	9-12	C, W	10 YR 3/3	40%	FA	3 vf, f, m,sbk	fr	2 vf, f;1 m	-
<b>C</b>	15-35+	-	-	-	80%	-	-	-	-	-

a: Orizzonte attribuito secondo Schoeneberger et al. (2012).

b: A = abrupt; V = very abrupt; C = clear; G = gradual; S = smooth; W = weavy; I = irregular; B = broken.

c: Colore ad umidità di campo secondo *Munsell Soil Color Charts*; es. 10 YR 2/2 → 10 = Tonalità e "YR" = "Yellow-Red", 2/2 = Luminosità/Saturazione.

d: mm = millimetrico, cm = centimetrico, dm = decimetrico.

e: A = argillosa; FA = franco-argillosa; FS = franco-sabbiosa.

F: 1 = weak; 2 = moderate; 3 = strong. f = fine; m = medium; c = coarse. gr = granular; abk = angular blocky; sbk = sub-angular blocky; sg = single grain.

g: br = brittle; fi = firm; fr = friable; mh = moderately hard; mp = moderately plastic; ms = moderately sticky; sh = slightly hard; sp = slightly plastic; vfr = very friable.

h: 0 = absent; 1 = few; 2 = plentiful; 3 = abundant. vf = very fine; f = fine; m = medium; c = coarse; vc = very coarse. (vf e f valutate su 1 cm<sup>2</sup>, il resto su 1 dm<sup>2</sup>).

I dati ottenuti dall'attività di campo comprendono la descrizione geomorfologica e botanico-vegetazionale del sito e morfologica dei profili di suolo rappresentativi di ciascuna area omogenea. Si evidenzia come i suoli oggetto di studio si siano evoluti su versanti caratterizzati da elevate pendenze, il che comporta in circostanze particolari (es. in seguito alle attività di utilizzazione forestale del soprassuolo) livelli di erosione tale da favorire la riduzione dello spessore degli orizzonti organici (OL e OH) ed organo-minerali (A e AB), portando quindi alla superficie gli orizzonti minerali (Bw). Questa situazione si rinviene soprattutto in cenosi che non presentano una copertura totale, spesso governate a ceduo, e in siti con pendenze superiori al 20%. In alcune sotto-particelle (T13b, T23c, T23d, T38a, T38b) sono presenti degli orizzonti sepolti (Bw<sub>b</sub>) e linee di pietre, segni evidenti di fenomeni erosivi intensi a carattere franoso. Si è osservato che le particelle in cui sono stati individuati questi orizzonti sepolti sono state soggette al taglio meno di 40-50 anni fa, una di queste particelle (T38a) ha subito un taglio di utilizzazione nella stagione silvana 2019-2020: questo breve periodo definisce una copertura arborea che, anche a causa delle pendenze elevate, non è ancora sufficiente ad annullare l'alterazione morfologica superficiale del suolo derivante dall'azione battente e dall'incanalamento dell'acqua, di conseguenza la ripetuta pratica di utilizzo del bosco ha determinato nel tempo fenomeni erosivi continui e la sepoltura degli orizzonti un tempo in superficie. In tutte le altre sotto-particelle (es. faggete e cerrete gestite ad alto fusto), si osserva una sequenza di orizzonti più regolare e meno turbata, con spessori che aumentano lungo i profili, in quanto meno soggetti alle azioni di alterazione e degradazione; questa maggior regolarità si osserva anche relativamente alla quantità di scheletro presente, che non solo risulta aumentare a maggiori profondità, ma dimostra anche una progressiva differenza conformazionale nella transizione da un orizzonte all'altro.

Tutti i suoli esaminati hanno una tessitura apparente annoverabile alle classi Argillosa e Franco-argillosa, la struttura si presenta da moderatamente a fortemente sviluppata con aggregati di diversa forma, a blocchi sub-angolari per gli orizzonti minerali in superficie e a blocchi angolari o sub-angolari per gli orizzonti più profondi. Gli orizzonti di profondità BC o CB, dove il grado di strutturazione è debole, presentano una struttura a grani singoli. Gli orizzonti organici, ad eccezione dell'OH costituito da materiale ancora in decomposizione e riconoscibile, mostrano una struttura grumosa. Gli orizzonti organo- minerali (A-AB) ricchi di sostanza organica, presentano una struttura a blocchi sub-angolari. La determinazione della consistenza degli aggregati è stata effettuata nelle condizioni di umidità del suolo trovate in campo. La gran parte degli orizzonti hanno mostrato una consistenza degli aggregati da friabile a compatta. Le radici osservate negli orizzonti minerali, sono in prevalenza di dimensioni fine e medie, con sporadica presenza di radici con spessore maggiore. Invece negli orizzonti organici, non sempre è stata possibile la valutazione delle radici, dato il loro piccolo spessore. La numerosità delle radici tende a diminuire con la profondità, almeno dai primi 20-30 cm nei suoli esaminati. Nella maggioranza dei profili pedologici l'andamento dei limiti degli orizzonti appare ondulato e la loro separazione da quelli sovrastanti e sottostanti è chiara. L'orizzonte *Cambic* (Bw), presente in maniera diffusa, ha colori variabili dove nelle tavole *Munsell* corrisponde a valori compresi tra 7.5 YR 4/4 - 5/6, 10 YR 3/3 - 4/3 e 5 YR 3/2 - 4/4. Alcuni orizzonti, sono caratterizzati dalla presenza di micelio fungino, svolgendo le attività di degradazione ed humificazione della sostanza organica. La mesofauna è stata rinvenuta in diversi profili, principalmente rappresentata dai lombrichi. In alcuni profili sono stati osservati concrezioni di carbonato di calcio (CaCO<sub>3</sub>) secondario (Fig.19), che la *Soil Taxonomy* definisce "pendular", ovvero dei rivestimenti o noduli di CaCO<sub>3</sub> in sospensione derivanti dalla parte inferiore della frazione

grossolana; la loro genesi è dovuta alla dissociazione, solubilizzazione e conseguente mobilitazione del  $\text{CaCO}_3$ , presente nello scheletro, ad opera della soluzione sub-acida del suolo; quando quest'ultima viene richiamata verso l'alto, per evapo-traspirazione, il  $\text{CaCO}_3$  in soluzione precipita, determinando queste forme dalla colorazione grigiastra tendente al bianco (Schoeneberger et al., 2012).



*Fig.19 – Cerchiati in rosso, i  $\text{CaCO}_3$  secondari in un profilo pedologico.*

Infine, in alcune particelle di bosco governate a ceduo, sono state osservate delle carbonaie mentre in altre sono presenti dei piccoli frammenti di carbone in piccole percentuali (Fig.19). Facendo una stima, su tutta la superficie dell'area di studio sono presenti 4 carbonaie per ettaro, in media una ogni 50-60 m.



*Fig.20 – In basso, campione superficiale di suolo in un'area carbonile; in alto, frammenti di carbone presenti nel medesimo suolo*

Di seguito vengono mostrati e commentati i risultati delle analisi in laboratorio relativi alle valutazioni dei parametri fisico-chimici e alla Capacità ritentiva di carbonio organico (CRCO) e di fosforo disponibile ( $P_{av}$ ).

**Tab. 4 - Valori medi per gestione dei parametri fisico chimici (pH, densità apparente carbonio organico totale (TOC) e P<sub>av</sub>) principali dei suoli in esame. Tra parentesi sono riportati i valori delle deviazioni standard. Le lettere maiuscole indicano differenze tra i tipi forestali, le minuscole all'interno dei medesimi tipi con P≤0.05.**

Tipologia	Gestione	Sotto-particella	Classe tessiturale	pH		Densità apparente	Biomassa radicale	TOC			P <sub>av</sub>
				Lettiera	Minerale	Minerale		Lettiera	Minerale	Radici	Minerale
							Mgha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>		mgkg <sup>-1</sup>	
<b>Faggeta</b>	Ceduo	T23d	Argilloso	6.37 <sup>aA</sup>	7.51 <sup>aA</sup>	1.08	57.22 <sup>aA</sup>	393.17 <sup>aA</sup>	61.31 <sup>aA</sup>	380.41 <sup>aA</sup>	0.011 <sup>aA</sup>
		T35e		(0.25)	(0.33)	(0.007)	(11.65)	(37.40)	(20.41)	(14.31)	(27.51)
	Ceduo in conversione	T17b	Franco-argilloso	6.3 <sup>aA</sup>	7.72 <sup>aA</sup>	1	22.77 <sup>aA</sup>	360.82 <sup>aA</sup>	48.48 <sup>aA</sup>	359.96 <sup>aA</sup>	0.019 <sup>aA</sup>
		T33b		(0.28)	(0.12)	(0)	(14.44)	(67.21)	(6.35)	(76.82)	(9.61)
	Alto fusto	T33a	Franco	6.02 <sup>aA</sup>	6.56 <sup>aA</sup>	1.12	47.95 <sup>aA</sup>	361.91 <sup>aA</sup>	32.43 <sup>aA</sup>	366.34 <sup>aA</sup>	0.010 <sup>aA</sup>
		T2d		(0.42)	(1.6)	(0.10)	(33.4)	(73.76)	(9.79)	(92.38)	(28.10)
<b>Querceto</b>	Ceduo	T13b	Argilloso	5.97 <sup>bA</sup>	7.66 <sup>aA</sup>	0.93	49.46 <sup>aAB</sup>	451.27 <sup>aA</sup>	58.04 <sup>aA</sup>	325.34 <sup>aA</sup>	0.014 <sup>aA</sup>
		T12c		(0.28)	(0.15)	(0.08)	(37.26)	(42.13)	(19.27)	(42.08)	(17.36)
	Alto fusto	T16d	Argilloso	6.46 <sup>aA</sup>	7.76 <sup>aA</sup>	1.06	15.49 <sup>aB</sup>	377.07 <sup>aA</sup>	41.76 <sup>aA</sup>	329.44 <sup>aA</sup>	0.008 <sup>aA</sup>
		T12h		(0.06)	(0.17)	(0.028)	(7.6)	(48.65)	(15.25)	(44.50)	(7.44)
<b>Cerreta mesoxerofila</b>	Ceduo	T12e	Franco-argilloso	6.17 <sup>aA</sup>	7.64 <sup>aA</sup>	1.10	13.75 <sup>aB</sup>	380.21 <sup>aA</sup>	70.61 <sup>aA</sup>	327.48 <sup>aA</sup>	0.016 <sup>aA</sup>
		L30b		(0.32)	(0.26)	(0.084)	(7.64)	(49.70)	(29.54)	(37.57)	(27.53)
	Alto fusto	T38a	Argilloso	6.07 <sup>aA</sup>	7.55 <sup>aA</sup>	0.99	55.24 <sup>aA</sup>	416.78 <sup>aA</sup>	68.36 <sup>aA</sup>	299.37 <sup>aA</sup>	0.006 <sup>aA</sup>
		T12f		(0.34)	(0.21)	(0.11)	(57.64)	(101.02)	(30.70)	(78.98)	(16.03)
<b>Orno-ostrieto</b>	Ceduo	T23c	Franco-argilloso	6.10 <sup>aA</sup>	7.47 <sup>aA</sup>	0.99	56.91 <sup>aA</sup>	337.14 <sup>aA</sup>	54.93 <sup>aA</sup>	304.96 <sup>aA</sup>	0.012 <sup>aA</sup>
		T41a		(0.32)	(0.14)	(0.06)	(42.82)	(113.28)	(23.94)	(49.36)	(21.30)
		T42b									
		T42c									

**Tab.5 – Valori medi e relativi giudizi per gestione della Capacità ritentiva di carbonio organico (CRCO) dei suoli presi in esame. Tra parentesi sono riportati i valori delle deviazioni standard. Le lettere maiuscole indicano differenze tra i tipi forestali, le minuscole all'interno dei medesimi tipi con P≤0.05.**

Tipologia	Gestione	Sotto-particella	Età (popolamento)	Spessore medio		Stock C		Stock P <sub>av</sub>
				Lettieria	Lettieria	Minerale	Radici	Minerale
				cm		Mgha <sup>-1</sup>		Kgha <sup>-1</sup>
<b>Faggeta</b>	Ceduo	T23d	40-45	7.00 <sup>aA</sup>	223.3 <sup>aA</sup>	108 <sup>aA</sup>	21.83 <sup>aA</sup>	29.93 <sup>aA</sup>
		T35e	17	(0.34)	(128.2)	(18)	(5.47)	(9.8)
	Ceduo in conversione	T17b	>70	6.25 <sup>a</sup>	187.3 <sup>aA</sup>	88 <sup>aA</sup>	17.1 <sup>aA</sup>	56.28 <sup>aA</sup>
		T33b	45	(0.45)	(161)	(12)	(11.4)	(13.16)
	Alto fusto	T33a	>80	6.50 <sup>aA</sup>	196.3 <sup>aA</sup>	72 <sup>aA</sup>	8.6 <sup>aA</sup>	34.36 <sup>aA</sup>
		T2d	50	(0.47)	(177.4)	(25)	(1.85)	(25.08)
<b>Querceto</b>	Ceduo	T13b	30	7.50 <sup>aA</sup>	285 <sup>aA</sup>	93 <sup>aA</sup>	15.3 <sup>aB</sup>	39.34 <sup>aA</sup>
		T12c	25	(0.33)	(141.8)	(32)	(4.12)	(18.37)
	Alto fusto	T16d	>60	6.25 <sup>aA</sup>	184.4 <sup>aA</sup>	84 <sup>aA</sup>	4.9 <sup>aA</sup>	26.79 <sup>aA</sup>
		T12h	>60	(0.17)	(56.92)	(35)	(2.10)	(6.60)
		T12e	23					
<b>Cerreta mesoxero fila</b>	Ceduo	L30b	3-5	2.60 <sup>aB</sup>	79.47 <sup>aB</sup>	107.25 <sup>aA</sup>	4.37 <sup>aB</sup>	29.43 <sup>aA</sup>
		T38a	1	(0.15)	(52.18)	(46.44)	(2.44)	(20.84)
	Alto fusto	L26c	47					
		T38b	50	3.62 <sup>aA</sup>	132.5 <sup>aAB</sup>	105 <sup>aA</sup>	18.93 <sup>aA</sup>	16.10 <sup>aA</sup>
		T12f	>60	(0.22)	(107.7)	(36)	(22.62)	(13.10)
<b>Orno-ostrieto</b>	Ceduo	T23c	7					
		T41a	40	3.5 <sup>aB</sup>	80.8 <sup>aB</sup>	94 <sup>aA</sup>	17.06 <sup>aB</sup>	42.9 <sup>aA</sup>
		T42b	40	(0.12)	(42.09)	(34.07)	(3.15)	(24.08)
		T42c	4					

Tutti i suoli presi in esame mostrano pH subacidi negli orizzonti organici e neutri-subalcalini in quelli minerali. Nelle faggete il pH della lettiera è di 6,02 mentre gli orizzonti minerali presentano valori neutri-subalcalini di 7,51. Nei querceti si ha una lettiera con pH di 5,97 per i cedui e 6,46 per l'alto fusto, mentre il pH del suolo minerale è di 7,66 e 7,76 per quelli gestiti ad alto fusto. Nelle cerrete gli orizzonti organici presenta pH di 6,13 e valori di pH del suolo minerale di 7,43. Gli orno-ostrieti governati unicamente a ceduo presentano rispettivamente pH di 6,10 nella lettiera e 7,47 nel suolo minerale. I pH più bassi sono quindi riscontrabili negli orizzonti organici sotto querceti gestiti a ceduo, mentre i valori più alti sono nei suoli minerali delle ostriocerrete. I valori di biomassa radicale si attestano invece in un intervallo compreso tra 10 e 60  $\text{Mg ha}^{-1}$ . In generale la tendenza dei valori di TOC nel suolo risulta elevata nella lettiera, per poi diminuire progressivamente nella frazione minerale. Il contenuto medio di TOC presenta valori simili tra le varie tipologie forestali, sia per la lettiera che per il minerale, con valori compresi tra 337.07 e 451.27  $\text{g kg}^{-1}$  per i primi e tra 32.43 e 70.61  $\text{g kg}^{-1}$  per i secondi. Le faggete gestite a ceduo presentano contenuti di TOC di 393,17  $\text{g kg}^{-1}$  nella lettiera e 61,31  $\text{g kg}^{-1}$  nel suolo minerale e i valori medi per la fustaia sono di 361,91  $\text{g kg}^{-1}$  e 32,43  $\text{g kg}^{-1}$  mentre per le fustaie transitorie di faggio abbiamo valori di 360,82  $\text{g kg}^{-1}$  e 48,48  $\text{g kg}^{-1}$ . I querceti gestiti a ceduo presentano TOC di 451,27  $\text{g kg}^{-1}$  e 58,04  $\text{g kg}^{-1}$ , mentre le fustaie hanno valori di 377,07  $\text{g kg}^{-1}$  e 41,76  $\text{g kg}^{-1}$ . Per quanto riguardano i cedui di cerro i TOC sono di 380,21  $\text{g kg}^{-1}$  e 70,61  $\text{g kg}^{-1}$  mentre le fustaie hanno valori di 416,78  $\text{g kg}^{-1}$  nella lettiera e 68,36  $\text{g kg}^{-1}$  nella frazione minerale. Gli orno-ostrieti gestiti a ceduo presentano TOC di 337.14  $\text{g kg}^{-1}$  e 54,93  $\text{g kg}^{-1}$ . I valori di TOC nella lettiera, nel minerale e nelle radici sono tutti uguali. A seguire troviamo i valori di TOC della lettiera sotto la gestione a fustaia di cerro, il TOC della lettiera sotto fustaia di faggi e infine il TOC della lettiera dell'orno-ostrieto

gestito a ceduo. Si può osservare che i valori di TOC sono anche in linea con la quantità di biomassa radicale, dove questa è maggiore, quindi tendenzialmente nei cedui, i valori di TOC sia nella lettiera che in quelli minerali sono maggiori, solo la cerreta presenta valori di TOC più elevati in orizzonti organici e minerali sotto fustaia. I valori dello stock di C dell'orizzonte organico relativa alla totalità dei boschi indagati sono riportati nella tabella n°5. Le faggete a diversa gestione analizzate presentano spessori dell'orizzonte organico compresi tra 6,25 e 7,00 cm e questa tendenza si riflette sullo stock di C media del suolo organico, maggiore in quella sotto ceduo di 223,3 Mgha<sup>-1</sup>, per la fustaia è stato stimato un valore di 196.3 Mgha<sup>-1</sup>, mentre il valore più basso è per il ceduo in conversione 187.3 Mgha<sup>-1</sup>. Mettendo a confronto la stessa gestione per le diverse tipologie riscontriamo che il valore più alto del ceduo è quello del querceto 285 Mgha<sup>-1</sup> seguito dalla faggeta 223.3 Mgha<sup>-1</sup>, 80.8 nell'orno-ostrieto e 79.47 Mgha<sup>-1</sup> della cerreta. Il valore più alto della fustaia è dato dalla faggeta con 196.3 Mgha<sup>-1</sup> e il valore più basso lo si ritrova nella cerreta.

Analizzando questi risultati, si potrebbe affermare che con l'aumento dello spessore dell'orizzonte organico abbiamo un maggiore stock di C organico. Lo stock di C nel suolo minerale in generale è uguale per tutti, l'ipotesi è che la reattività del suolo ai cambi di gestione è più lenta e quindi è meno evidente rispetto al resto inoltre siamo in sistemi dove l'alterazione è spinta visto anche i valori di pH relativamente bassi in relazione al materiale parentale calcareo. Inoltre c'è un punto da non sottovalutare che è la gestione plurisecolare a ceduo che in queste aree era una costante e che tende ad obliterare le eventuali influenze degli ultimi 100 anni. Lo stock radicale nella faggeta varia da 21.83 Mgha<sup>-1</sup> per il ceduo, 8.6 Mgha<sup>-1</sup> per la fustaia e 17.1 Mgha<sup>-1</sup> per il ceduo in conversione. Per il querceto il valore più alto lo ritroviamo nel ceduo di 15.3 Mgha<sup>-1</sup>. L'alto fusto della cerreta ha uno stock di radici più alto rispetto alla gestione a ceduo rispettivamente di 18.93 Mgha<sup>-1</sup> per la fustaia e 4.37 Mgha<sup>-1</sup> per il ceduo. Dal

confronto della gestione a ceduo delle varie tipologie forestali, si nota che il valore più alto è quello della faggeta seguito dall'orno-ostrieto, mentre la cerreta mesoxerofila ha il valore più basso. Per quanto riguarda l'alto fusto il dato più alto è collegato alla cerreta e quello più basso al querceto. I dati ci fanno capire che il ceduo ha uno stock di radici maggiore rispetto alla gestione ad alto fusto, questo potrebbe essere dato anche dall'età del popolamento, dove per i cedui il valore va dai 23 ai 40 anni, rispetto ai >60 anni della fustaia e si può ipotizzare un maggior sviluppo radicale in seguito al disturbo causato dal taglio. Attualmente sono necessari degli approfondimenti perché con i dati a disposizione è impossibile fare delle ipotesi plausibili.

Un altro obiettivo di questa tesi è la valutazione dello stock di  $P_{av}$  negli orizzonti minerali presi in esame sono riportati nella tabella n°5. Nella faggeta, lo stock di  $P_{av}$  è maggiore per la gestione del ceduo in conversione rispetto al ceduo e alla fustaia, rispettivamente di 56.28 Kg ha<sup>-1</sup>, 29.9 Kg ha<sup>-1</sup> e 34.36 Kg ha<sup>-1</sup>. Nei querceti il valore più alto si riscontra nella gestione a ceduo 39.34 Kg ha<sup>-1</sup> rispetto ai 26.79 Kg ha<sup>-1</sup> della fustaia. Negli orizzonti sotto le cerrete abbiamo dei valori di fosforo che vanno dai 29.43 Kg ha<sup>-1</sup> per il ceduo ai 16.10 Kg ha<sup>-1</sup> per la fustaia, mentre per la tipologia orno-ostrieto con gestione di solo ceduo abbiamo 42.9.38 Kg ha<sup>-1</sup> di stock  $P_{av}$ . Mettendo a confronto i dati relativi alla gestione di solo ceduo per i diversi tipi forestali si può notare che il valore più basso è nella faggeta 29.9 Kg ha<sup>-1</sup> e il valore più alto 42.90 Kg ha<sup>-1</sup> è quello dell'orno-ostrieto. Invece per l'alto fusto, la faggeta ha il dato più alto 34.36 Kg ha<sup>-1</sup>, seguito dal querceto 26.79 Kg ha<sup>-1</sup> e cerreta 16.10 Kg ha<sup>-1</sup>. Confrontando i dati dello stock di  $P_{av}$  della tabella 5 si può osservare che i valori sono tutti uguali, confermato anche dalla statistica fatta. Anche in questo caso, come per lo stock di C nella frazione minerale, il motivo per cui è tutto uguale non lo sappiamo con certezza ma l'ipotesi è che la reattività del suolo ai cambi di gestione è più lenta e quindi è meno evidente rispetto al resto inoltre siamo in sistemi dove l'alterazione è spinta visto anche i

valori di pH relativamente bassi in relazione al materiale parentale calcareo. Inoltre c'è un punto da non sottovalutare che è la gestione plurisecolare a ceduo che in queste aree era una costante e che tende ad obliterare le eventuali influenze degli ultimi 100 anni.

## **5.CONCLUSIONI**

I risultati ottenuti dallo studio dei suoli forestali di boschi della catena del M. San Vicino hanno mostrato un forte condizionamento sugli spessori dei suoli, attribuibile anche alle pendenze e alle gestioni che in alcuni casi favoriscono fenomeni erosivi e di frana tali da modificare la stratificazione e le caratteristiche dei suoli stessi. Questo fatto incide anche sul contenuto di TOC. Il confronto permette di concludere che i valori di CRCO dei suoli minerali oggetti di studio presentano valori simili alle medie stimate per l'INFC 2005, con qualche leggero aumento di C organico stoccato. Ciò che invece cattura l'attenzione sono i risultati dei suoli organici analizzati, molto più alti delle CRCO dell'INFC 2005 relative ai suoli sotto le singole cenosi forestali delle Marche e alla media delle CRCO dei suoli forestali marchigiani e italiani. Questo ci può dire che c'è stato aumento della quantità di sostanza organica morta arrivata a terra che a seguito delle attività di degradazione e dei processi di humificazione a carico degli organismi del suolo ha determinato un guadagno da 76.6 Tha-1 a 231,1 Tha-1 di C organico stoccato in circa 20 anni, oppure, più verosimilmente, questi valori più alti possono essere dovuti ad una maggior accuratezza nell'effettuare i campionamenti pedologici e all'utilizzo di un metodo di determinza del TOC in laboratorio più preciso rispetto a quello utilizzato per l'INFC. Le analisi hanno permesso di identificare alcune sotto-particelle come boschi secondari, comprendendone quindi i cambi d'uso del suolo nel corso del tempo, e la presenza di aree carbonili con carbone vegetale che aumentano la quantità di TOC del suolo e il loro stock di C organico.

Con questo studio si è osservato che il pH risulta sub-acido negli orizzonti organici, con valori più bassi nella gestione a ceduo di querceti, mentre negli orizzonti minerali di ostrio-cerrete si registrano i valori più alti. La biomassa radicale risulta diminuire lungo il profilo del suolo e questo andamento è in linea con la progressiva diminuzione del TOC del suolo osservata a seguito delle analisi, mostrando quindi i valori più elevati negli orizzonti organici, ed in particolare sotto querceti e sotto faggete gestiti a ceduo e sotto cerrete gestite ad alto fusto, e i valori più bassi nei suoli minerali di fustaie di faggio. I valori più elevati di TOC degli orizzonti minerali sono risultati sotto gli orno-ostrieti. Anche gli stock di C organico dalle analisi sono risultati maggiori negli orizzonti organici, in particolare sotto le fustaie di faggio e i querceti gestiti a ceduo. Il confronto dei risultati ottenuti con quelli riportati nell'INFC 2005 ha mostrato valori di stock di C organico leggermente più alti negli orizzonti minerali e molto più alti negli orizzonti organici, rispetto a quelli nei suoli delle stesse tipologie forestali della Regione analizzati per il secondo inventario nazionale, probabilmente per la maggior accuratezza con la quale sono stati condotti i campionamenti in questo studio e per il metodo analitico di misura del TOC utilizzato in laboratorio più preciso rispetto a quello utilizzato in precedenza.

Il fosforo (P) è un nutriente essenziale per tutte le forme di vita sulla Terra e svolge un ruolo chiave nei cicli biogeochimici globali. I dati ottenuti ci dicono che i valori dello stock di  $P_{av}$  sono tutti uguali e il motivo non lo sappiamo con certezza ma l'ipotesi è che la reattività del suolo ai cambi di gestione è più lenta e quindi è meno evidente rispetto al resto inoltre siamo in sistemi dove l'alterazione è spinta visto anche i valori di pH relativamente bassi in relazione al materiale parentale calcareo. I risultati mostrano che la concentrazione di  $P_{av}$  nei suoli forestali di boschi della catena del M. San Vicino, varia dai 39.34  $Kg\ ha^{-1}$  ai 16  $Kg\ ha^{-1}$ . Il suolo è uno degli ecosistemi più complessi e diversificati sulla terra, tra le sue numerose proprietà c'è quella di

stoccare il C che deriva dall'atmosfera, passando per la biomassa vegetale e animale in vita. Negli ecosistemi forestali, la gestione delle foreste può avere un impatto importante sullo stock di C organico del suolo (SOC) e nutrienti, questo è costituito da diverse componenti tra loro legate, specie vegetali, fauna, organismi del suolo e il suolo stesso. Tra queste componenti, in relazione al loro contributo nel ciclo del C, il suolo è quello più importante, i risultati delle valutazioni dei TOC di suoli forestali evidenziano il suo ruolo fondamentale nell'immagazzinare C e risulta estremamente importante preservare la salute dei suoli attraverso una gestione sostenibile degli ecosistemi, per favorire l'incremento del loro stock del C. Questa gestione forestale può essere fatta attraverso interventi di rimboschimento e riforestazione, valorizzando la conservazione e l'aumento della sostanza organica e dei suoli organici.

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Adamczyk B., Adamczyk S., Kukkola M., Tamminen P., Smolander A., (2015). Logging residue harvest may decrease enzymatic activity of boreal forest soils, *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 82, 2015, Pages 74-80, ISSN 0038-0717.
- AGRIMAG, Granulometria (fotografia) da: <https://info.agrimag.it/articoli-ipm/dettaglio/10521/ipm-tessitura?bookpage=2>, 2022.
- Allegrezza M., (2003). Vegetazione e paesaggio vegetale della dorsale del Monte San Vicino (Appenninocentrale), *Fitosociologia* 40 (1) - Suppl. 1: 3-118.
- Allison L.E., (1965). Organic carbon. In: C.A. Black et al. (eds), *Methods of soil analysis*. Agronomy series no. 9, Am. Soc. of Agronomy. Madison: Inc., pp. 1367-1389.
- Bailey V.L., Smith J.L., Bolton H (2002). Fungal-to-bacterial ratios in soils investigated for enhanced C sequestration. *Soil Biol Biochem.* 34:997–1007.
- Baize, D., Girard, M.C., Coordinateurs, (2008). *Référentiel pédologique, Savoir Faire*.
- Binaglia L., Giardina B., (2006) cap. 9 “Acidi e basi” in “Chimica e propedeutica biochimica”. McGraw-Hill, Milano, ISBN 88-386-3918-3, pp. 121-141.
- Bonifacio E., Corti G., Adamo P. (2017). Cap. 2: “Genesi ed evoluzione del suolo” in “Fondamenti di chimica del suolo”. Pàtron editore, Bologna, pp. 27-60.
- Brady N.C., Weil R.R., (2002). *The Nature and Properties of Soil*, 13<sup>th</sup> edition, ISBN: 9780130167637.
- Brevik E.C., Cerdà A., Mataix-Solera J., Pereg L., Quinton J.N., Six J., and Van Oost K (2015): The interdisciplinary nature of SOIL, *SOIL*, 1, 117–129,
- Cameron Wagga, S. Franz Bendera, Franco Widmerc, and Marcel G. A. van der Heijden (2014). Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. University of Minnesota, St. Paul, MN, and approved February 19,
- Paulo Roger Lopes Alves and Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso. Overview of the Standard Methods for Soil Ecotoxicology Testing.
- Bufo S.A., De Nobili M., (2017). cap. 5: “Fase liquida e fase gassosa” in “Fondamenti di chimica del suolo”, Pàtron editore, Bologna, pp. 103-110.
- Carvalhais, N., Forkel, M., Khomik, M., Bellarby, J., Jung, M., Migliavacca, M., u, M., Saatchi, S., Santoro, M., Thurner, M., Weber, U., Ahrens, B., Beer, C., Cescatti, A., Randerson, J.T., Reichstein, M., (2014). Global covariation of carbon turnover times with climate in terrestrial ecosystems. *Nature* 514, 213–217.
- Centamore E., Chiocchini M., Chiocchini U., Dramis F., Giardini G., Jacobacci A., Martelli G., Micarelli A. & Potetti M., (1979). *Carta Geologica d’Italia alla scala 1: 50.000. Note Illustrative del F° 301 Fabriano*. Servizio Geologico d’Italia. Stab. G.E.C., Roma.
- Centamore E., Pambianchi G., Deiana G., Calamita F., Cello G., Dramis F., Gentili B. & Nanni T., 1991. *Ambiente fisico delle Marche, Geologia-Geomorfologia-Idrogeologia (scala 1: 100.000)*. Regione Marche, SELCA, Firenze.
- Dominik Brodlin , Klaus Kaiser and Frank Hagedorn; Divergent Patterns of Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Mobilization in Forest Soils.

- Tiessen, H., Cuevas, E., Chacon, P., (1994). Il ruolo della materia organica del suolo nel sostenere la fertilità del suolo. *Nature* 371, 783-785.
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., Jones, C., Le Quéré, C., Myneni, R. B., Piao, S., and Thornton, P. (2013). Carbon and other biogeochemical cycles, in: *Climate Change The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., and Midgley, P. M., Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 465–570, 2013.
- Yupeng YAN, Biao WAN, Rui Jiang, Xiaoming WANG, Hui Wang, Shuai LAN, Qin Zhang, Xionghan FENG, Interactions of organic phosphorus with soil minerals and associated environmental impacts: a review, *Journal of Integrative Agriculture*.
- Commissione Europea, Brussels, 14.07.2021, “Proposal for a Regulation of the European Parliament and the Council amending Regulations (EU) 2018/841 as regards the scope, simplifying the compliance rules, setting out the targets of the Member States for 2030 and committing to the collective achievement of climate neutrality by 2035 in the land use, forestry and agriculture sector, and (EU) 2018/1999 as regards improvement in monitoring, reporting, tracking of progress and review”, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021SC0609&qid=1635331144182>.
- Compagnia delle Foreste S.r.l., Via Pietro Aretino 8 - 52100 Arezzo (AR), [www.compagniadelleforeste.it](http://www.compagniadelleforeste.it) (2022). Ripartizione percentuale del Carbonio accumulato nei pool forestali (2005) (fotografia) estratto da: Rapporto sullo stato delle foreste e del settore forestale in Italia 2017-2018, p. 86, ISBN: 978-88-98850-34-1.
- Dixon R.K., Brown S., Houghton R.A., Solomon A.M., Trexler M.C., Wisniewski J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263, 185–190.
- FAO (2017). *Soil Organic Carbon: the hidden potential*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, ISBN 978-92-5-109681-9: pp. 77.
- Gasparini P., Di Cosmo L., Floris A., Notarangelo G., Rizzo M., (2016) – Guida per i rilievi in campo. INFC2015 – Terzo inventario forestale nazionale. Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale (CREA-MPF); Corpo Forestale dello Stato, Ministero per le Politiche Agricole, Alimentari e Forestali. 341 pp.
- Gasparini P., Di Cosmo L., Pompei E. (2013) - Il contenuto di carbonio delle foreste italiane. Inventario nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC2005. Metodi e risultati dell’indagine integrativa. Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali, Corpo Forestale dello Stato; Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale. Trento, ISBN 978-88- 97081- 36-4, 284 pp.
- E. (2013) - Il contenuto di carbonio delle foreste italiane. Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC2005. Metodi e risultati dell’indagine integrativa. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato; Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale. Trento: pp. 49 – 73.
- Gruppo Mineralogico Paleontologico Euganeo (G.M.P.E) (30-01-2022), Composizione in percentuale del suolo (Fotografia) da: <https://www.gmpe.it/geomorfologia/ suolo>.
- Gong C., Tan Q., Liu G., Xu M., (2021) Forest thinning increases soil carbon stocks in China, *Forest Ecology and Management* 482 118812

- Hassink, J., (1997). The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant Soil* 191 (1), 77–87.
- Iniziativa a sostegno dell'apporto del carbonio organico al suolo, Presidenza del consiglio dei ministri comitato nazionale per la biosicurezza, le biotecnologie e le scienze della vita, (2020).
- Jandl R., Lindner M., Vesterdal L., Bauwens B., Baritz R., Hagedorn F., Johnson D.W., Minkkinen K., Byrne K.A.,(2007). “How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?”, *Geoderma*, Volume 137, Issues 3–4,(2007), pp. 253-268, ISSN 0016-7061.
- Jobbágy E.G., Jackson R.B.,(2000) The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation, *Ecological Applications*, 10(2), pp. 423– 436.
- Kobak K.I., (1988). *Biotic Components of Carbon Cycle*. Hydro- meteorizdat, Leningrad, 248 pp.
- Jastrow, J., Lehmann, J., Lorenz, K., Morgan, C.L., Rice, C.W., Whitehead, D., Young, I., Zimmermann, M.,( 2013). Soil security: solving the global soil crisis. *Glob. Policy* 4 (4), 434–441.
- Lorenzo Camponi, Valeria Cardelli, Stefania Cocco, Dominique Serrani, Andrea Salvucci, Andrea Cutini, Alberto Agnelli, Gianfranco Fabbio, Giada Bertini, Pier Paolo Roggero, Giuseppe Corti, (2022). Effect of coppice conversion into high forest on soil organic C and nutrients stock in a Turkey oak (*Quercus cerris* L.) forest in Italy., *Food and Environmental Sciences*, Polytechnic University of Marche, Ancona, Italy, *Journal of Environmental Management Department of Agricultural*.
- Lorenzo Camponi, Valeria Cardelli, Stefania Cocco, Dominique Serrani, Andrea Salvucci, Andrea Cutini, Alberto Agnelli, Gianfranco Fabbio, Giada Bertini, Pier Paolo Roggero, David C. Weindorf, Giuseppe Corti, (2023). Holm oak (*Quercus ilex* L.) cover: A key soil-forming force in controlling C and nutrient stocks in long-time coppice-managed forests *Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, Polytechnic University of Marche, Ancona, Italy*, *Journal of Environmental Management*.
- Lal R., (2005). Forest soils and carbon sequestration. *For. Ecol. Manag.* (2005), 220, 242–258.
- Lal R., Kimble J., Follett R.,(1998). cap. 1: “Pedospheric processes and carbon cycle” in “Soil processes and the carbon cycle”, CRC Press LLC, Florida, pp. 1-8.
- Liu J., Li S., Ouyang Z., Tam C., and Chen X., (2008). Ecological and socioeconomic effects of China's policies for ecosystem services. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105, 9477-9482
- Lisky J., Perruchoud D., Karjalainen T.(2002). Increasing carbon stocks in the forest soils of western Europe, *Forest Ecology and Management* 169 159–175.
- Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, D.M. del 13/09/1999 SO Gazzetta Ufficiale n° 248 21/10/1999, Met VII.1 D.M. 25/03/2002 GU n° 84 10/04/02 – Metodi di analisi chimica del suolo. Determinazione del carbonio totale o organico e dell'azoto totale con analizzatore elementare.
- Nannipieri P., Grego S., Varanini Z., (2017). cap. 6: “Diversità biologica del suolo” in “Fondamenti di chimica del suolo”, Pàtron editore, Bologna, pp. 111-124.
- Pang X., Hu B., Bao W., Vargas T., Tian G., (2016) . Effect of thinning-induced gap size on soil CO<sub>2</sub> efflux in a reforested spruce forest in the eastern Tibetan Plateau, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 220, Pages 1-9, ISSN 0168-1923.

- Poeplau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., Van Wesemael B., Schumacher J., Gensior A., (2011). Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone—carbonresponse functions as a model approach. *Global Change Biol.* 17, 2415–2427
- Post, W.M., Emanuel, W.R., Zinke, P.J., Stangenberger, A.G., (1982). Soil carbon pool and world life zones. *Nature* 298, 156–159.
- Rivas-Martinez S., Sanchèz-Mata D., & Costa M., (1999). North American boreal and Western temperate forest vegetation. *Itinera Geobotanica* 12: 5-316.
- Rodeghiero M., (2013). Cap. 5: Rilievi della lettiera e del suolo. In: Gasparini P., Di Cosmo L., Pompei E. (a cura di) 2013 – Il contenuto di carbonio delle foreste italiane. *Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC2005. Metodi e risultati dell’indagine integrativa.* Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato; Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale. Trento: pp. 31 – 37.
- Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., Soil Survey Staff., (2012). *Field Book for Describing and Sampling Soils.* <https://doi.org/10.1038/258254a0>, Version 3.0.
- Saviozzi A., Colombo C., Barberis E., (2017). cap. 8: “Adsorbimento e scambio” in “Fondamenti di chimica del suolo”, Pàtron editore, Bolognapp. 161-178.
- Saunders M., Tobin B., Black K., Gioria M., Nieuwenhuis M., Osborne B.A., (2012). Thinning effects on the net ecosystem carbon exchange of a Sitka spruce forest are temperature-dependent, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 157, pp. 1-10, ISSN 0168-1923.
- Schlesinger W.H. (1977). Carbon balance in terrestrial detritus. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8:51–81.
- Six, J., Callewaert, P., Lenders, S., De Gryze, S., Morris, S.J., Gregorich, E.G., Paul, E.A. and Paustian, K. (2002), Measuring and Understanding Carbon Storage in Afforested Soils by Physical Fractionation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66: (1981-1987).
- Stockmann, U., Adams, M.A., Crawford, J.W., Field, D.J., Henakaarchchi, N., Jenkins, M., Minasny, B., McBratney, A.B., Courcelles, Vd.Rd, Singh, K., Wheeler, I., Abbott, L., Angers, D.A., Baldock, J., Bird, M., Brookes, P.C., Chenu, C., Jastrow, J.D., Lal, R., Lehmann, J., O’Donnell, A.G., Parton, W.J., Whitehead, D., Zimmermann, M., (2013). The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agric. Ecosyst. Environ.* 164 (0), 80–99.
- Wei, X. R., Shao, M. G., Gale, W. & Li, L. H (2014). Global pattern of soil carbon losses due to the conversion of forests to agricultural land. *Sci Rep-Uk* 4, 4062, doi: 10.1038/srep04062
- Wu, R., Cheng, X.Q., Han, H.R., 2019. The effect of forest thinning on soil microbial community structure and function. *Forests* 10, 16

## RINGRAZIAMENTI

Sono giunto a conclusione di questo mio percorso formativo e finalmente il giorno è arrivato: scrivere queste frasi di ringraziamento è il tocco finale della mia tesi, è stato un periodo di profondo apprendimento, non solo a livello scientifico, ma anche personale. In questi anni sono maturato tanto come persona, acquisendo sempre più convinzione nei miei mezzi. Vorrei spendere due parole di ringraziamento nei confronti di tutte le persone che mi hanno sostenuto e aiutato durante questo periodo.

Voglio ringraziare di cuore la prof.ssa Stefania Cocco perché grazie a lei ho avuto la possibilità e la fortuna di portare avanti la sperimentazione su cui si è basata la mia tesi di laurea, un grazie anche al prof. Giuseppe Corti, Lorenzo Camponi, Dominique Serrani, Andrea Salvucci e Valeria Cardelli che in questo periodo mi hanno supportato e supportato; li vorrei inoltre ringraziare per la disponibilità ricevuta in questi mesi e anche per avermi fatto capire ancora di più che questa è la mia strada. Un grande ringraziamento va alla mia famiglia, che con il loro sostegno sia morale che economico, mi hanno permesso di arrivare fin qui davanti a voi oggi, contribuendo alla mia formazione personale. Un grazie anche a tutte le persone che ho conosciuto in questi anni di università e che mi hanno lasciato qualcosa. Per ultimi ma non meno importanti, un ringraziamento va anche ai miei più cari amici che hanno avuto un ruolo fondamentale nel conseguimento di questo titolo, mi sono stati accanto in questo cammino e mi hanno sempre supportato nei momenti più bui. Grazie per aver condiviso con me in questi anni di università le esperienze più importanti.

Un sentito grazie a tutti!