



**DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI**

**CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE**

**VOCAZIONALITÀ DEL SUOLO ALLA COLTIVAZIONE  
DI CORYLUS AVELLANA.  
COLLEVECCHIO, FIASTRA (MC)**

**TIPO TESI: sperimentale**

**Studente:  
LORENZO LONARDO**

**Relatore:  
PROF.SSA STEFANIA COCCO**

**Correlatore:  
DOTT.SSA VALERIA CARDELLI**

**ANNO ACCADEMICO 2019-2020**

# SOMMARIO

INTRODUZIONE .....	4
SCOPO DELLA TESI.....	8
CAPITOLO 1 MATERIALI E METODI .....	9
1.1 Inquadramento dell'area di studio .....	9
1.2 Campionamento .....	13
1.3 Preparazione campione.....	13
1.4 Analisi fisiche e chimiche.....	14
1.4.1 Determinazione del pH .....	14
1.4.1.1 Misurazione .....	16
1.4.2 Determinazione del carbonio organico totale .....	16
1.4.2.1 Procedimento.....	18
1.4.3 Determinazione del carbonio umico.....	19
1.4.4 Determinazione della tessitura.....	20
1.4.4.1 Procedimento.....	20
1.4.5 Mineralogia.....	21
1.4.6 Analisi statistica.....	22
CAPITOLO 2 RISULTATI .....	23
2.1 Descrizione degli orizzonti .....	23
2.2 pH e tessitura.....	28
2.3 Carbonio organico totale (TOC) e carbonio umico (HC) .....	36
2.4 Mineralogia.....	39
2.5 Giudizio sulla vocazionalità del sito .....	45

CONCLUSIONI.....	47
BIBLIOGRAFIA.....	48
SITOGRAFIA.....	50

## INTRODUZIONE

La presente tesi prende in considerazione la vocazionalità del suolo alla coltivazione del nocciolo (*Corylus avellana L.*), pianta spontanea e coltivata con buoni risultati su tutto il territorio nazionale. L'Italia è tra i maggiori produttori mondiali di nocciole, con una produzione annua che si attesta a circa 140.000 tonnellate, su di una superficie totale di 80.488 ha (ISTAT, 2020), seconda solo alla Turchia, maggior produttore a livello mondiale, con circa 420.000 tonnellate annue ed oltre 400.000 ha di corileti. La quasi totalità della produzione nazionale italiana proviene da sole quattro regioni: Campania, Lazio, Piemonte e Sicilia. Le differenti condizioni ambientali fra questi territori ne influenzano i sistemi produttivi, come ad esempio la forma di allevamento, il grado di meccanizzazione, le cure colturali e la trasformazione del prodotto.

Le esigenze ecologiche del nocciolo, in condizioni naturali, trovano il loro *optimum* nella fascia fitoclimatica del *Castanetum* (Tassinari, 1979), in boschi di latifoglie, soprattutto querceti misti mesofili, radure e margini. Specie tipicamente pollonifera, si presenta con un *habitus* di crescita generalmente cespuglioso, un'altezza che va dai 2-4 ai 6-7 metri ed un apparato radicale molto esteso, prevalentemente superficiale, la cui profondità dipende dal tipo di suolo. Il nocciolo è una pianta monoica, con infiorescenze unisessuali: quelle maschili sono chiamate *amenti*, riuniti in gruppi di 2-4 all'estremità oppure all'ascella delle foglie dei rami dell'anno precedente, mentre i fiori femminili sono racchiusi in un piccolo involucro dal quale spuntano gli stigmi recettivi. L'impollinazione è di tipo anemofilo e il frutto è un *diclesio*, con pericarpo legnoso che contiene il seme, la nocciola, la parte di maggior interesse economico di questa specie arborea.

Dal punto di vista pedologico, il nocciolo è una pianta rustica che predilige suoli di medio impasto, abbastanza profondi, con pH che va da 5,5 a 7,8-8, mentre soffre suoli compatti e con ristagni idrici.

Le giaciture ottimali per lo sviluppo vegetativo sono quelle che consentono un pieno irraggiamento della struttura arborea. La specie tollera bene anche condizioni di parziale

aduggiamento, in zone non ventose e con gelate tardive, come i fondivalle, purché abbiano una piovosità media annuale pari a 800-1000 mm.

Come coltura da reddito, il nocciolo si adatta bene a diverse condizioni pedo-climatiche, ma offre i migliori risultati produttivi solo in ambienti particolarmente vocati, dove potenzialmente può raggiungere rese pari a 3 tonnellate di nocciole per ettaro.

Il concetto di vocazionalità territoriale o ambientale dovrebbe essere quindi preso particolarmente in considerazione nelle fasi preliminari della scelta della coltura da mettere in atto in un ambito territoriale più o meno vasto, come in questo caso specifico. Per vocazionalità ambientale si intende la predisposizione di un determinato territorio ad ospitare con successo una coltura; in tale definizione sono quindi implicitamente contenuti tutti i concetti relativi a necessità climatiche, pedologiche e colturali che interagiscono con l'espressione vegetativa, produttiva e qualitativa di una coltura (Graviano, Farias, 2008). Un territorio può definirsi potenzialmente vocato, verso una determinata coltura, qualora vi siano suoli in grado di garantire buone produzioni, sia in termini qualitativi che quantitativi, senza la necessità di interventi agronomici onerosi o che possano mettere a rischio la conservazione del suolo stesso; da qui si può intuire l'importanza dello svolgimento di indagini pedologiche, volte a individuare e caratterizzare quei suoli che sono potenzialmente vocati alla coltivazione della specie presa in esame.

Le indagini pedologiche sono gli strumenti di base della valutazione di destinazione d'uso di un territorio e in ambito internazionale diversi enti governativi e non, come ad esempio la *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), hanno messo a punto approcci valutativi differenti che vengono generalmente indicati col nome di *land evaluation*. È da precisare che in italiano non esiste un termine unico e preciso per definire "land", che viene tradotto, a seconda dei casi, come "territorio", "suolo" o "terre" e a tale scopo può essere utile riportare una definizione, fornita dalla FAO, secondo cui il termine *land* sta ad indicare: "un'area delineabile della superficie terrestre che include tutti gli attributi della biosfera immediatamente sopra e sotto questa superficie, inclusi quelli del clima prossimo alla superficie, del suolo e delle forme del terreno [...], delle popolazioni di piante ed animali, della composizione degli insediamenti umani e delle tracce fisiche delle attività umane presenti e passate [...]" (FAO, 1976). Prendendo sempre come riferimento lo studio della FAO "*A framework for land evaluation*", la *land evaluation* consiste nel giudizio che si dà ad un territorio, o parte di esso, riguardo i risultati che esso fornisce quando usato per uno scopo

preciso, attuando indagini e studi su clima, suolo, vegetazione e altri aspetti, per valutare possibili alternative di uso del suolo.

Il territorio, come spiega Rossiter (1996), presenta una grande varietà di caratteristiche fisiche, geografiche, economiche e sociali e questo ne influenza i potenziali usi. Per rispondere alle diverse necessità di ogni contesto, all'interno della *land evaluation* vengono utilizzati diversi metodi che adottano differenti livelli qualitativi e quantitativi, oltre che differenti scale di analisi, per la valutazione delle prestazioni di un territorio. Queste scale spaziano da una più generale (ad esempio regionale o nazionale) fino ad una aziendale. La *land evaluation* su scala territoriale può costituire un utile strumento nell'ambito del *land-use planning* (pianificazione d'uso del suolo), considerando tutte le possibili destinazioni d'uso che meglio si adattano ad un preciso territorio, come le attività agricole, forestali, turistiche o di difesa dell'ambiente. A livello aziendale invece tramite la *land evaluation* l'agricoltore può essere interessato e valutare solo alcuni aspetti in base alle necessità produttive o economiche, al fine di decidere l'indirizzo d'uso da dare al fondo.

Nel caso in cui si valuti un territorio per un utilizzo agricolo, viene spesso utilizzato il concetto di "attitudine all'uso", in inglese "suitability", che indica l'idoneità di una porzione di territorio ad un uso specifico (FAO 1976). Secondo quanto scritto in "Metodi di valutazione dei suoli e delle terre", il concetto di attitudine all'uso, riferito ad un suolo o un territorio, è assimilabile a quello di vocazionalità, nonostante quest'ultimo abbia un'accezione più agronomica con particolare riferimento alle caratteristiche peculiari di un'area, mentre il termine "attitudine" è più spesso associato ad un'idea di "limitazione all'uso".

Il concetto di vocazionalità è un elemento basilare nel processo di valorizzazione di un determinato ambito territoriale, come nel caso dei *terroir*, cioè aree ben definite, in cui le condizioni naturali, fisiche e chimiche di un ambiente, ma anche quelle antropiche e storiche, contribuiscono a rendere unico un prodotto (Costantini, 2015). Con *terroir* ci si riferisce più spesso a sistemi territoriali legati a prodotti enologici, ma ad oggi la definizione viene utilizzata anche per prodotti derivanti da altre attività agricole, come latticini ed olio. Il riconoscimento della vocazionalità di un territorio rappresenta quindi un'opportunità di arricchimento per lo stesso, non solo in termini economici, ma anche sociali ed ambientali (Costantini, 2006): ciò avviene ad esempio per le produzioni vitivinicole nelle regioni alpine, come la Val d'Aosta, dove sono presenti vigneti, anche di elevato pregio, fino a quote elevate, in condizioni pedoclimatiche che non permetterebbero a molte altre colture di prosperare.

In “*A framework for land evaluation*” (FAO, 1976), si fa riferimento al termine “suitability”, inerente al territorio (*land*) e non soltanto al suolo, proponendo una classificazione (“*land suitability classifications*”), attraverso l’utilizzo di categorie gerarchiche (ordini, classi e sottoclassi), per decretarne la vocazionalità ad una specifica destinazione d’uso. Questo tipo di approccio è stato utilizzato in Italia in diversi studi finalizzati all’individuazione di aree idonee, dal punto di vista pedoclimatico, alla coltivazione di *Corylus avellana*, che hanno portato alla stesura di carte vocazionali in alcune regioni italiane, come Emilia-Romagna, Basilicata e Friuli-Venezia Giulia. Dato il crescente interesse, agronomico ed economico, verso la coltivazione del nocciolo, la realizzazione di studi pedologici che mettano a confronto le principali caratteristiche di un suolo con le esigenze pedoclimatiche di questa specie vegetale assumono un ruolo centrale come un utile strumento decisionale, o comunque orientativo, da integrare eventualmente in lavori di valutazione più ampi, che coinvolgano anche gli aspetti sociali ed economici di un territorio.

## SCOPO DELLA TESI

Questa tesi si prefigge lo scopo di valutare la vocazionalità di un suolo alla coltivazione di *Corylus avellana*, tramite rilievo pedologico e il successivo svolgimento di analisi di caratterizzazione del suolo. In particolare, i campioni sono stati analizzati per valutarne il pH, il contenuto di carbonio organico totale (TOC), di carbonio umico (HC), la tessitura e la mineralogia.

# Capitolo 1

## Materiali e metodi

### 1.1 Inquadramento dell'area di studio

Lo studio di questa tesi è stato svolto in un corileto, sito in località Collevocchio, appartenente al comune di Fiastra (MC) (Figure 1-2).

La località si trova ad un'altitudine di 552 m s.l.m., sulle pendici settentrionali del Monte San Savino (891 m s.l.m.), non lontano dalle propaggini orientali del Monte Fiegni (1323 m s.l.m.); a Nord dell'area si trova la vallata del fiume Chienti, che confluisce nel lago di Polverina, mentre a Sud-Est vi è il Lago di Fiastra. La zona è caratterizzata da un'orografia con rilievi di media collina, alla base dei quali vi si trovano dei valloni, attraversati da piccoli corsi d'acqua (*“Fosso di Gallazzano”*).

Da un punto di vista geologico, l'area nella quale ricade il terreno interessato da questo studio è caratterizzata da depositi miocenici: in particolare si può riscontrare la presenza della *formazione di Camerino*, riferibile dall'età del *Tortoniano* p.p. a quella del *Messiniano* p.p., e della *formazione dello Schlier*, riferibile dal *Langhiano* al *Messiniano*. La *formazione di Camerino* è costituita da *torbiditi pelitico-arenacee e pelitiche, arenaceo-pelitiche e arenaceo conglomeratiche*, con rapporti di sovrapposizione e laterali, mentre lo *Schlier* è composto da *marne, marne argillose e marne calcaree grigiastre*. Si possono trovare inoltre, nelle zone di pendio nei pressi del sito, frane in evoluzione e materiale alterato situato nella prossimità del punto di formazione o interessato dal ruscellamento delle acque per limitati spostamenti (*depositi eluvio-colluviali*). Le informazioni geologiche riportate sono state ricavate dalla carta geologica regionale 1:10.000, pubblicata dalla Regione Marche (Figura 3).

Il sito è caratterizzato da precipitazioni totali annue tra i 960 e i 990 mm, con riferimento agli anni 1991-2010, e temperature medie annuali tra i 10 e i 12 °C, con riferimento sempre agli anni 1991-2010 (ASSAM, Atlante climatico).

L'appezzamento che ospita il corileto ha un'estensione di circa 2 ettari con esposizione dominante Nord-Ovest, pendenza media del 10% e altitudine media di 525 m s.l.m. Prima dell'impianto del corileto, il terreno è stato gestito come medicaio per un'estensione temporale di circa 5 anni. Precedentemente alla messa a dimora delle piante di nocciolo, avvenuta nel mese di gennaio, le lavorazioni svolte sono state uno scasso a circa 70 cm di profondità, ove possibile, e successivamente una fresatura. Il sesto d'impianto (Figura 4) utilizzato rispetta una distanza di 4,5 m tra le piante sulla fila, mentre tra una fila e l'altra è di 4 m. Le cultivar di *C. avellana* scelte sono: *Francescana*, *Nocchione*, *Tonda di Giffoni* e *Tonda Gentile Romana* (Figura 5). Sono state utilizzate piante non innestate che verranno gestite con la forma di allevamento "a cespuglio".

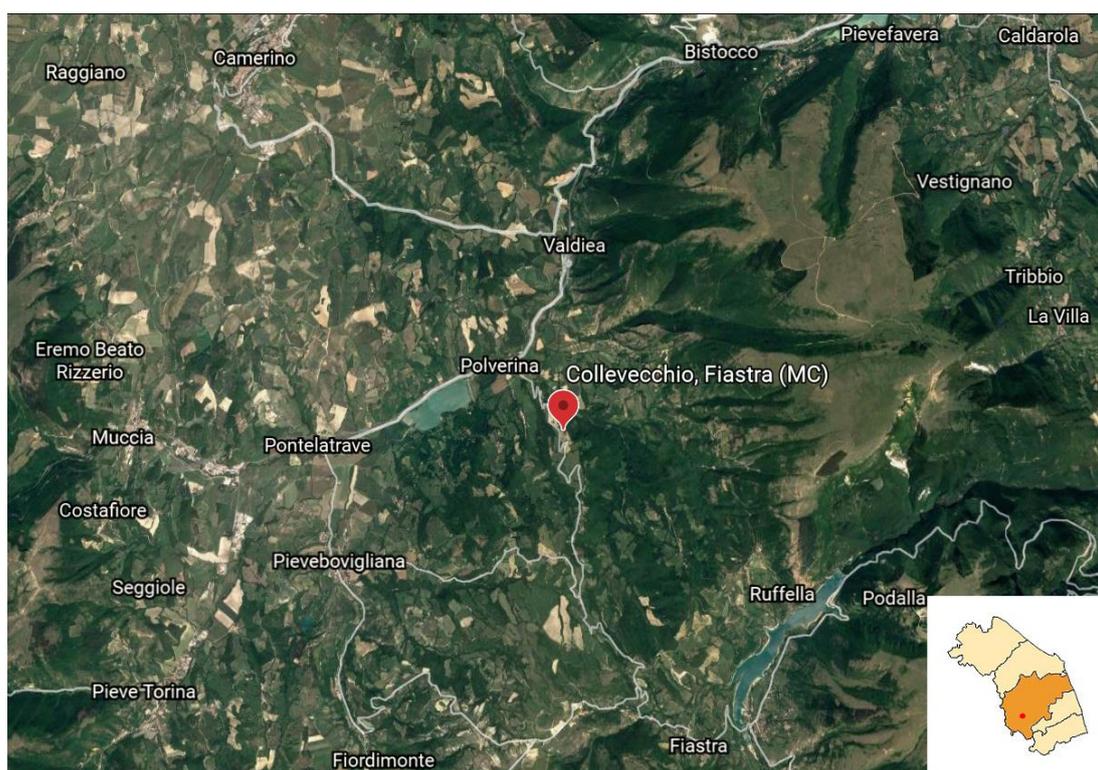


Figura 1: Inquadramento topografico del sito.



Figura 2: Area del corileto.

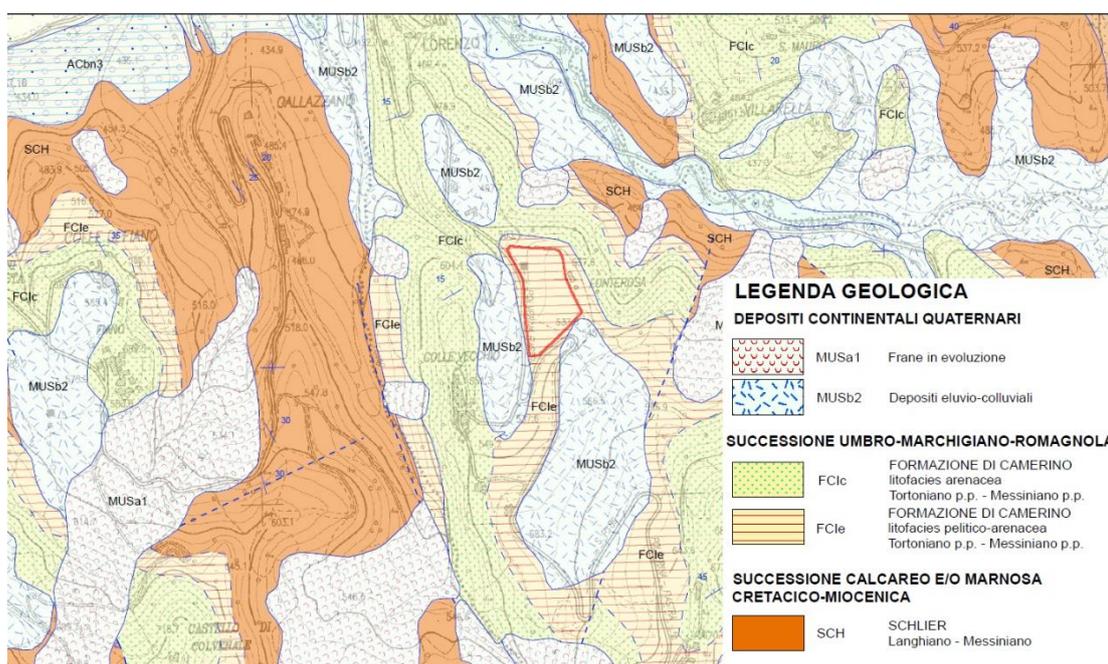


Figura 3: Stralcio della sezione 313100 Pievebovigliana, carta geologica regionale 1:10.000, Regione Marche.

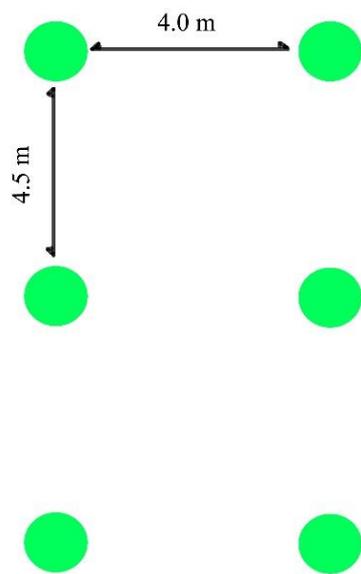


Figura 4: Schema del sesto d'impianto.



Figura 5: Appezamento con i settori delle cultivar presenti.

## ***1.2 Campionamento***

L'attività di campionamento di suolo è stata eseguita tramite l'apertura di tre profili con replica per un totale di sei (P1a, P1b, P2, P2b, P3a, P3b), cercando in tal modo di ottenere una sufficiente rappresentatività della variabilità delle caratteristiche pedologiche del fondo in esame. Il suolo è stato poi descritto e campionato nei suoi vari orizzonti genetici seguendo Schoeneberger (2012). Inoltre, per ogni profilo sono state eseguite delle trivellate, per saggiare la profondità del suolo.

Ogni campione prelevato è stato messo in un sacchetto, indicandone la località, il profilo e l'orizzonte di provenienza.

## **1.3 Preparazione del campione**

Tutti i campioni prelevati sono stati asciugati all'aria e successivamente vagliati ad una dimensione di 2mm.

A seconda del tipo di analisi svolto sui campioni di suolo sono state utilizzate tecniche di preparazione differenti.

Per la determinazione del pH in H<sub>2</sub>O è stata presa in maniera casuale, all'interno di ciascun sacchetto, una manciata di suolo tal quale ed è stato posto in becher con H<sub>2</sub>O deionizzata.

Per la determinazione del carbonio organico e del carbonio umico, il campione, preso dai sacchetti come sopra, viene macinato, pesato e messo nelle beute. In maniera analoga viene preparato il campione per l'analisi della tessitura.

Per quanto riguarda l'analisi della mineralogia, con la medesima modalità si preleva il campione dal sacchetto e lo si prepara tramite molitura in mortaio d'agata.

## 1.4 Analisi fisiche e chimiche

### 1.4.1 Determinazione del pH

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

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

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

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

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

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

dove C è la concentrazione nota e  $C_x$  quella incognita.

La sonda, collegata allo strumento, è dotata di due elettrodi: uno di riferimento (Ag/AgCl) viene posto a contatto con la soluzione da misurare; l'altro è costituito da un sottile bulbo di vetro atto a separare la soluzione da misurare da una acida a concentrazione nota, satura di AgCl. I due elettrodi sono collegati mediante ponte salino costituito da una soluzione 4M di KCl, AgCl satura; sul bulbo di vetro si crea una tensione elettrica che risulta proporzionale alla concentrazione di  $\text{H}_3\text{O}^+$  della soluzione incognita. Il sistema però, prima di effettuare la determinazione del pH, deve essere tarato con soluzioni di riferimento, usando soluzioni tampone a pH 4, 7 e 10.

Il pH del suolo dipende soprattutto dalla natura chimica della sua fase solida, in particolare dal numero di siti di scambio (cariche superficiali positive e negative) e dal grado di saturazione e quindi dal numero e dal tipo di basi di scambio (K, Mg, Ca, Na) presenti nel terreno. La possibilità che il pH possa modificarsi dipende dalla capacità delle superfici di rilasciare idrogenioni o basi di scambio per contrastare questa variazione di pH della soluzione circolante (potere tampone); essa dipende dalla quantità e dal tipo di argilla e di sostanza organica contenute nel suolo.

Quindi il pH dipende:

- dalla presenza di idrogenioni nella soluzione circolante;
- dal tipo e dal grado di saturazione dei colloidi argillosi ed organici;
- dalla natura delle basi di scambio.

Il pH del suolo influenza notevolmente:

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

- La disponibilità di elementi nutritivi: il pH del suolo condiziona la solubilità dei vari elementi nutritivi determinando il loro accumulo in forme più o meno disponibili per le piante o la loro lisciviazione verso orizzonti più profondi. La conoscenza del pH fornisce quindi indicazioni relative alla disponibilità di nutrienti nella soluzione del suolo sia provenienti dalla degradazione dei minerali di origine che dai fertilizzanti distribuiti. Il pH è molto importante nell'insolubilizzazione del fosforo che si accerta sia nei suoli acidi che in quelli ad alcalinità fisiologica (presenza di  $\text{CaCO}_3$ ) con formazione, rispettivamente, di fosfati di ferro ed alluminio e forme non solubili di fosfati di tipo apatitico. Elevata alcalinità provoca completa insolubilizzazione di ferro, rame e manganese.

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

#### 1.4.1.1 Misurazione

La misurazione del pH prevede che un'aliquota di campione venga posta in un becher con l'aggiunta di acqua deionizzata mantenendo il rapporto 1:2,5 e, dopo agitazione per due ore, la sospensione viene lasciata riposare una nottata prima di procedere alla lettura del pH. All'atto della misurazione, la sospensione è mantenuta in agitazione mediante agitatore ad ancora magnetica. I valori di pH sono espressi con due cifre decimali. Per assicurare una buona lettura è necessario calibrare lo strumento ogni volta lo si usi. Calibrare un piaccmetro significa dal punto di vista elettrico aggiustare i valori di guadagno e di offset del circuito amplificatore affinché il valore fornito dallo strumento coincida con quello previsto dalla lettura di alcune soluzioni standard dal pH noto. Operativamente la calibrazione viene condotta con due soluzioni tampone standard, preferibilmente prima dell'uso: si usano una soluzione tampone a pH 7,01 (praticamente neutra) e una a pH 4,01(acida). Guadagno e offset vengono aggiustati ripetutamente fino a quando gli standard utilizzati producono la lettura di pH attesa. Terminata la calibrazione, l'elettrodo viene sciacquato con acqua distillata, asciugato e immerso nel campione. L'elettrodo a vetro è generalmente conservato immerso in una soluzione a pH 3 per impedire che la membrana di vetro si secchi; si tende ad evitare l'uso di acqua distillata perché potrebbe estrarre per osmosi gli ioni idrogeno presenti all'interno dell'elettrodo.

Nel caso in esame sono stati posti 5 g di suolo in un becher ai quali sono stati aggiunti 12,5 ml di H<sub>2</sub>O distillata (rapporto 1:2,5). Il tutto è stato messo in agitazione e dopo 10 minuti di riposo, è stata svolta la misurazione.

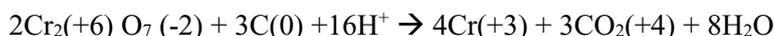
#### 1.4.2 Determinazione del C organico

Per la determinazione del C organico delle diverse frazioni della sostanza organica è stato utilizzato il metodo Allison (1960), detto anche “determinazione del C organico *a caldo*”.

Il metodo prevede l'ossidazione del carbonio organico ad anidride carbonica con soluzione di potassio bicromato in presenza di acido solforico. L'uso del calore (165°C per 30 minuti)

consente la completa ossidazione di tutto il materiale organico presente nel campione da parte del dicromato, così da poter determinare tutto il carbonio organico.

Il dicromato, riducendosi, ossida il C della sostanza organica da 0 (valore medio) a +4 (della CO<sub>2</sub>, la forma più ossidata) secondo la reazione:



La quantità di dicromato che non ha reagito con la sostanza organica, viene quantificata mediante titolazione con una soluzione di ferro ammonio solfato, detta Sale di Mohr [Fe(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).

Il metodo prevede l'utilizzo di una quantità variabile di campione (qui sono stati utilizzati 0,5 g) in proporzione inversa alla quantità del contenuto atteso, per evitare che tutto il bicromato reagisca ed assicurandosi invece il suo eccesso. Il volume di soluzione scelta è a questo punto trasferito in un becher con l'aggiunta di 10 cc di K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1 N e 20 cc di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrato al 96%.

Dopo trenta minuti passati in stufa, la reazione viene spenta con l'aggiunta di 200 ml circa di acqua deionizzata e la quantità di potassio bicromato che non ha reagito viene determinata per titolazione. Si aggiungono 5 ml di H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> concentrato, alcune gocce di difenilammina, e si titola con la soluzione di ferro ammonio solfato esaidrato 0.5 N, mantenendo il campione in agitazione, fino al viraggio dal blu al verde. Parallelamente si esegue una prova in bianco, nella quale è stato omesso il campione, per avere lo zero del viraggio. Inoltre è stata effettuata la prova e controprova di ogni campione in modo da poter mediare il dato finale ottenuto e valutarne così l'errore standard.

#### 1.4.2.1 Procedimento

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

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

- ferro ammonio solfato esaidrato  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  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.

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

Il contenuto di C organico si ricava dall'equazione:

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

dove:

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

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

$B_1$  = ml di sale di Mohr consumati per titolare il campione;

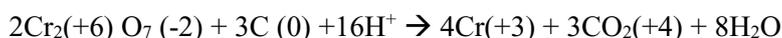
10 = ml di bicromato di potassio utilizzati per la reazione;

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

P = aliquota di campione sottoposto ad analisi (ml, g).

### 1.4.3 Determinazione del C umico

La determinazione del contenuto di C umico della frazione solubile in acqua è eseguita su un campione di soluzione estratto con il metodo Walkley e Black (1934). Il metodo si basa sull'ossidazione ad umido della sostanza organica presente nel campione, a contatto con una soluzione acida di dicromato di potassio in presenza di acido solforico concentrato. Il dicromato, riducendosi, ossida il C della sostanza organica da 0 (valore medio) a +4 (della anidride carbonica, la forma più ossidata) secondo la reazione:



L'entità di dicromato che non ha reagito con la sostanza organica, viene quantificata mediante titolazione con una soluzione di ferro ammonio solfato, detta Sale di Mohr [ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ]



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

Il metodo Walkley-Black utilizza solo il calore di diluizione dell' $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrato, e non risulta pertanto sufficiente alla completa ossidazione dei composti organici. Ne deriva, pertanto, che solo le forme più attive del C vengono ossidate a  $\text{CO}_2$  e quindi misurate tramite titolazione del dicromato che non ha reagito (McLeod, 1975). La percentuale di carbonio organico ossidato oscilla, secondo gli autori del metodo, tra il 75% e l'86%. Il metodo prevede l'utilizzo di una quantità variabile di campione (come per il metodo Allison, la quantità di campione utilizzata è di 0,5 g) in proporzione inversa all'entità del contenuto atteso, per evitare che tutto il dicromato reagisca ed assicurandosi invece il suo eccesso. Il volume di soluzione scelta è a questo punto trasferito in un becher con l'aggiunta 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 la reazione viene spenta con l'aggiunta di 200 ml circa di acqua deionizzata. Si aggiungono 5 ml di  $\text{H}_3\text{PO}_4$  concentrato, 5-6 gocce di difenilammina, e si titola con la soluzione di ferro ammonio solfato esaidrato 0.5 N, mantenendo il campione in agitazione, fino al viraggio dal blu al verde. Parallelamente si esegue una prova in bianco, nella quale è stato ommesso il campione, per avere lo zero del viraggio.

Nell'equazione per il calcolo del contenuto di C organico viene introdotto un fattore empirico (0,77) che tiene conto della frazione realmente ossidata nelle condizioni adottate:

$$C = 1000 \cdot (B - B_1) \cdot 10 \cdot 0,003 \cdot B^{-1} \cdot P^{-1} \cdot (0,77)^{-1}$$

#### 1.4.4 Determinazione della tessitura

La determinazione della tessitura è stata operata tramite il metodo della pipetta. Tale metodo, basato sull'applicazione della legge di Stokes, prevede la separazione delle tre frazioni solide del suolo, ovvero sabbia, limo e argilla.

##### 1.4.4.1 Procedimento

La quantità di terra fine da utilizzare varia in base al tipo di suolo, quindi ad esempio vengono utilizzate quantità maggiori per suoli sabbiosi (80-100 g) e minori per quelli argillosi (10 g); in questo caso si è deciso di usare 20 g di campione.

Il campione viene setacciato in umido tramite vagli con maglie di 53  $\mu\text{m}$ , quindi ciò che rimane si fa evaporare su bagnomaria ed essiccare in stufa a 105°C; una volta raffreddato, viene pesato. La sospensione contenente le particelle di limo ed argilla, passata per il vaglio di cui sopra, viene versata in un cilindro, vi si addiziona una sostanza disperdente, generalmente esametafosfato di sodio  $[(\text{NaPO}_3)_6]$  in ragione di 10 ml, e si porta la sospensione a volume (1000 ml). Il cilindro viene quindi posto in un bagno termostatico o in camera termostatica; una volta raggiunto l'equilibrio termico, si mescola la sospensione tramite un agitatore ad asta. Si può così procedere alla separazione delle diverse frazioni, per le quali è necessario calcolare il tempo di prelevamento, utilizzando la sopracitata legge di Stokes:

$$t = 18 \cdot \eta_l \cdot h \cdot [(\rho_s - \rho_l) \cdot g \cdot d^2]^{-1}$$

$\eta_l$  = viscosità della soluzione in sedimentazione

$h$  = spazio percorso dalle particelle con un definito diametro ( $d$ )

$\rho_s$  = densità delle particelle

$\rho_l$  = densità della soluzione in sedimentazione

Al tempo previsto per ogni frazione di particelle, si preleva un campione dalla sospensione con una pipetta dal volume noto e lo si trasferisce in una capsula tarata. Si fa evaporare l'acqua su bagnomaria, si fa essiccare in stufa a 105 °C e si pesa una volta raffreddatosi.

Le classi granulometriche (secondo USDA-FAO) che si è deciso di valutare per questo studio sono:

-*Sabbia molto grossa* ( $\varnothing$  2-1 mm)

-*Sabbia grossa* ( $\varnothing$  1-0,5 mm)

-*Sabbia fine* ( $\varnothing$  0,5-0,25 mm)

-*Sabbia molto fine* ( $\varnothing$  0,25-0,1 mm)

-*Sabbia molto molto fine* ( $\varnothing$  0,1-0.05 mm)

-*Limo* ( $\varnothing$  0,05-0,002 mm)

-*Argilla* ( $\varnothing$ <0,002 mm)

#### 1.4.5 Mineralogia

L'analisi rontgenografica è una tecnica che permette la caratterizzazione mineralogica utilizzando raggi x, una forma di energia molto simile alla luce ma con contenuto energetico e potere penetrante di gran lunga maggiore. Essi sono prodotti bombardando un metallo (Cu, Co o Mo i più usati) con raggi catodici: l'energia dei raggi è trasferita agli elettroni degli atomi di metallo che, eccitandosi, si portano a livelli energetici superiori. Nel tornare ai livelli energetici di riposo, riemettono energia sotto forma di raggi x. La piccola lunghezza d'onda

associata ai raggi x ( $\lambda = 1 \text{ pm} - 100 \text{ nm}$ ) fa sì che questi risultino particolarmente utili nello studio della struttura cristallina.

Quando una radiazione x di adatta  $\lambda$  colpisce un cristallo, si generano due fasci, uno che non cambia direzione (non subisce cioè diffrazione), e l'altro che viene diffratto di un angolo  $\theta$ . Rilevando la misura di tale angolo e in accordo alla legge di Bragg ( $n\lambda = 2d \cdot \sin\theta$ ) è possibile calcolare la distanza reticolare  $d$ , caratteristica di ogni cristallo.

Nel tempo, questo tipo di analisi ha permesso di attribuire proprietà cristalline a molte argille precedentemente credute amorfe.

Lo strumento usato per l'analisi è un diffrattometro Philips 1830, che ha lavorato a 35kV e 25 mA, utilizzando la radiazione Co-K $\alpha$  filtrata dal Fe.

I campioni, dopo essere stati preparati con molitura su mortaio d'agata, sono stati analizzati tal quali. Dal diffrattogramma elaborato, è stata ricavata la composizione mineralogica mediante associazione biunivoca dei picchi caratteristici secondo quanto riportato da Brindley e Brown (1980), Moore e Reynolds (1989), Dixon e Schulze (2002). La quantificazione dei minerali è stata ottenuta valutando l'altezza dei picchi caratteristici.

#### 1.4.6 *Analisi statistica*

L'analisi statistica dei dati è stata svolta tramite ANOVA ad una via, eseguita per sottolineare le differenze tra i parametri fisico-chimici dei vari profili. Prima dell'analisi, è stata valutata la normalità e l'omoschedasticità del set di dati utilizzando, rispettivamente, il test statistico di Shapiro-Wilk e il test di Levene con un livello di significatività del 5%. I presupposti statistici non sono stati violati ed è stato utilizzato il test HSD (Honest Significant Difference) di Tukey con  $P \leq 0,05$  per confrontare le differenze tra le medie.

## Capitolo 2

### Risultati

In questo capitolo verranno presentati i risultati ricavati dalla descrizione in campo dei profili, dalle analisi chimico-fisiche svolte in laboratorio e dall'analisi statistica dei dati da esse ottenuti. A questo riguardo, i valori che hanno un comportamento statistico diverso sono evidenziati con l'apposizione di una lettera come apice.

#### 2.1 Descrizione orizzonti

Gli orizzonti dei profili, come già è stato detto, sono stati descritti secondo Schoeneberger (2012). Le informazioni ricavate sono state riunite in una tabella (Tabella 1), inserita al termine di questo paragrafo.

Gli orizzonti, oggetto delle analisi di questo studio, sono tutti classificati come “*Ap*”, ovvero un orizzonte minerale con una componente organica (*A*), che è stato disturbato da attività antropiche, come ad esempio l'aratura o il pascolamento (*-p*). Nei profili *2a* e *2b* è stato descritto inoltre un *orizzonte C*, ossia un orizzonte minerale poco interessato dai processi pedogenetici, oltre al rinvenimento di frammenti di tale orizzonte nei profili *3a* e *3b*. La zona di transizione tra un orizzonte e l'altro è generalmente definita (*clear*, spessore da 2 a <4cm) e con andamento ondulato (*wavy*), sebbene questi limiti, negli orizzonti meno superficiali del profilo *2b*, risultino meno marcati (*abrupt*, spessore da 0,5 a <2cm) ed irregolari (*irregular*).

Lo scheletro è solitamente poco presente, ma si osserva un significativo incremento nel profilo *2b*, ove esso si attesta anche al 20% negli orizzonti più superficiali.

Il suolo nei diversi profili è ben strutturato, con blocchi sub-angolari o angolari, con dimensioni che vanno da piccoli (diametro dei blocchi da 5 a <10mm) a grossolani (da 20 a <50mm) e di consistenza friabile.

Come note aggiuntive, si segnala la presenza variabile di radici di diversa grandezza in ogni profilo; inoltre si riscontra ubiquitariamente la presenza di crosta superficiale, più o meno espressa.

In alcuni profili, è stata osservata l'esistenza di segni di *rill erosion* (erosione "incanalata" o "per rigagnoli"); infine sono state rilevate delle screziature, in linea di massima poco espresse, nei profili *2a* e *2b*.

**Tabella 1: Caratteri generali e morfologia dei suoli campionati a Colvecchio (Fiastra), provincia di Macerata, Regione Marche, Italia. Per I simboli vedere la legenda.**

Dati termo-pluviometrici medi nel periodo di riferimento 1991-2010: precipitazione media annua, 975 mm; temperatura media annua, 11°C.

Orizzonte <sup>a</sup>	Profondità cm	Spessore cm	Limite <sup>b</sup>	Colore <sup>c</sup>	Scheletro %, by sight	Struttura <sup>d</sup>	Consistenza <sup>e</sup>	Radici <sub>f</sub>	Altre osservazioni <sup>g</sup>
<b>Profilo n° 1a</b> (43° 4' 49.242" N, 13° 7' 44.965" E WGS84). Altitudine: 525 m; roccia madre: Sedimenti pelitico-arenacei. Pendenza: 5%; Esposizione: NO. Gestione: Corileto. Vegetazione – erbacea: <i>Calamintha nepeta L.</i> , <i>Cirsium arvense L.</i> , <i>Delphinium consolida L.</i> , <i>Lobelia spp.</i> , <i>Lolium spp.</i> , <i>Papaver rhoeas L.</i> , <i>Rumex acetosa L.</i> ; Suolo: (Soil Survey Staff, 2014).									
Ap1	0-3	3-5	C, W	10YR 6/4	< 5	3, sbk, f,vf	fr	-	Croste superficiali spesse circa 1 cm
Ap2	3-18	14-19	C, W	10YR 4/3	< 2	3, sbk, co, m, f,vf	fr	1, vf	-
Ap3	18-47+	-	-	10YR 4/3	< 2	3, sbk, m, f,vf	fr	1, f	Lombrichi
<b>Profilo n° 1b</b> (43° 4' 48.832" N, 13° 7' 44.839" E WGS84). Altitudine: 525 m; roccia madre: Sedimenti pelitico-arenacei. Pendenza: 5%; Esposizione: NO. Gestione: Corileto. Vegetazione – erbacea: <i>Avena spp.</i> , <i>Convolvulus arvensis L.</i> , <i>Delphinium consolida L</i> <i>Hordeum murinum L.</i> , <i>Lolium spp.</i> , <i>Papaver rhoeas L.</i> <i>Plantago lanceolata L.</i> ; Suolo: (Soil Survey Staff, 2014).									
Ap1	0-5	4-6	C, W	10YR 4/3	< 2	3, sbk, co, m, f	fr	2, vf	Croste superficiali meno espresso del profilo 1a, pochi lombrichi
Ap2	5-19	10-12	C, W	10YR 4/2	2	3, sbk, co, m, f, vf	fr	3, vf, 2, vf	-
Ap3	19-30	9-12	C, W	10YR 4/3	2	3 sbk,vc, co,m, f	fr	3, vf, 2, vf	-
Ap4	30+	-	-	10YR 5/3	2	3 sbk, m, f, vf	fr	3, vf	-
<b>Profilo n° 2a</b> (43° 4' 51.226" N, 13° 7' 44.122" E WGS84). Altitudine: 525 m; roccia madre: Sedimenti pelitico-arenacei. Pendenza: 10%; Esposizione: NO. Gestione: Corileto. Vegetazione – erbacea: <i>Avena spp.</i> , <i>Calamintha nepeta L.</i> , <i>Convolvulus arvensis L.</i> , <i>Delphinium consolida L</i> <i>Hordeum murinum L.</i> , <i>Lolium spp.</i> , <i>Papaver rhoeas L.</i> <i>Plantago lanceolata L.</i> , <i>Taraxacum officinale L.</i> , <i>Vicia sativa L.</i> ; Suolo: (Soil Survey Staff, 2014).									

Ap1	0-2.5	2-3	C, W	2.5 Y 5/4	< 5	3 sbk, m, f, vf	fr	-	Segni di rill erosion e croste superficiali inferiori al mm di spessore
Ap2	2.5-18	16-18	C, W	2.5 Y 5/4	-	3, sbk, co, m, vf, f	fr	3, vf, 1, co	-
Ap3	18-26	15-16	A	2.5 Y 4/4	< 2	2-3, sbk, m, f, co	fi	3, vf, 1, vf	Presenza di frammenti di orizzonte C
C	26+	-	-	-	-	-	-	-	-

**Profile n° 2b.** (43° 4' 50.578' N, 13° 7' 44.363" E WGS84). Altitudine: 525 m; roccia madre: Sedimenti pelitico-arenacei.

Pendenza: 10%; Esposizione: NO. Gestione: Corileto. Vegetazione – erbacea: *Avena spp.*, *Calamintha nepeta L.*, *Convolvulus arvensis L.*, *Delphinium consolida L* *Hordeum murinum L.*, *Lolium spp.*, *Papaver rhoeas L.* *Plantago lanceolata L.*, *Taraxacum officinale L.*, *Vicia sativa L.*; Suolo: (Soil Survey Staff, 2014).

Ap1	0-1	0.5-2	A, W	2.5 Y 6/4	20	3, sbk, m, f, vf	fr	-	Croste superficiali spesse circa 1 cm
Ap2	1-9	6-13	C, W	2.5 Y 5/6	20	3 sbk, m, f, vf	fr	3, f, vf	-
Ap3	9-22	5-12	A, I	2.5 Y 4/4	10	3, sbk, co, m, f, vf	fr	3, f, vf	-
Ap4	22-36	7-14	A, I	2.5 Y 6/4	-	1-2, sbk, m, f, vf	fr	3, f, 1, m	-
Ap5	36-44	7-15	A, I	2.5 Y 4/4	< 5	3, sbk, m, f, vf, sbk, co	fr	3, vf, 1, f, m	-
C	44+	-	-	-	-	-	-	-	-

**Profile n° 3a.** (43° 4' 53.069' N, 13° 7' 43.255" E WGS84). Altitudine: 525 m; roccia madre: Sedimenti pelitico-arenacei.

Pendenza: 10%; Esposizione: NO. Gestione: Corileto. Vegetazione – erbacea: *Avena spp.*, *Calamintha nepeta L.*, *Convolvulus arvensis L.*, *Delphinium consolida L* *Hordeum murinum L.*, *Lolium spp.*, *Papaver rhoeas L.* *Plantago lanceolata L.*, *Taraxacum officinale L.*, *Vicia sativa L.*; Suolo: (Soil Survey Staff, 2014).

Ap1	0-5	2-5	C, W	10 YR 6/4	< 2	3, sbk, abk, m, f, vf, gr, f, vf	fr	1, m	Segni di rill erosion e croste superficiali non molto espresse di spessore < 1 cm
Ap2	5-37	31-33	C, W	10 YR 5/4	< 5	3, sbk m, f, vf, gr, f	fr	2, m, f, 1, vco, vf	Orizzonte C frantumato, roccia polverizzata, screziature in corrispondenza dei pezzi di orizzonte C
Ap3	37+	-	-	10 YR 5/4	-	2, sbk, co, m	fr	2, m, 1, vf	Segni evidenti dello scasso (zolle e tasche), screziature <10% poco espresse

**Profile n° 3b.** (43° 4' 52.41"N, 13° 7' 44.025" E WGS84). Altitudine: 525 m; roccia madre: Sedimenti pelitico-arenacei.  
Pendenza: 10%; Esposizione: NO. Gestione: Corileto. Vegetazione – erbacea: *Avena spp.*, *Calamintha nepeta L.*, *Convolvulus arvensis L.*, *Delphinium consolida L.* *Hordeum murinum L.*, *Lolium spp.*, *Papaver rhoeas L.* *Plantago lanceolata L.*, *Taraxacum officinale L.*, *Vicia sativa L.*; Suolo: (Soil Survey Staff, 2014).

Ap1	0-10	5-10	C, W	10 YR 5/4	5-10	3, sbk, m, f, vf	fr	3, m, 2, f, vf	Segni di rill erosione e croste superficiali non molto espresse
Ap2	10-35	25-32	C, W	10 YR 5/4	5-10	3, sbk m, f, vf	fr	2, f, vf, 1, co, m	Orizzonte C frantumato, roccia
Ap3	35+	-	-	10 YR 5/4	< 10	2, sbk, co, m	fr	2, vf, 1, f	Screziature <10%, frammenti di orizzonte C

<sup>a</sup>Orizzonte attribuito secondo Schoeneberger et al. (2012).

<sup>b</sup>c=clear; g=gradual; d=diffuse; s=smooth; w=weavy; I=irregular; b=broken

<sup>c</sup> Colore ad umidità di campo secondo Munsell Soil Color Charts.

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

<sup>e</sup> fi=firm; m= moist; fr, friable; vfr=very friable; w=wet; ss=slightly sticky.

<sup>f</sup> 0=absent, v<sub>1</sub>=very few, 1=few, 2=plentiful, 3=abundant; mi=micro, vf=very fine, f=fine, m=medium, co=coarse.

## 2.2 pH e tessitura

Qui di seguito verranno discussi i dati relativi alle analisi del pH e della tessitura degli orizzonti di ogni profilo, mettendone in evidenza le variazioni e le eventuali correlazioni. Essi sono stati raccolti insieme in una tabella (Tabella 2), riportata alla fine del paragrafo, da cui sono stati ricavati dei grafici (Figura 1), per una migliore descrizione e comprensione.

L'andamento generale del pH risulta tendenzialmente costante, senza significative variazioni all'interno di uno stesso profilo; dai dati, inoltre, non si notano precisi gradienti seguiti dal pH lungo gli orizzonti, ad eccezione del *P1a* e del *P3a*, nei quali i valori di pH seguono un gradiente decrescente, partendo dall'orizzonte più superficiale.

Nel profilo *2b*, si può notare un aumento del valore di pH nell'orizzonte *Ap4* (8,632), rispetto al *Ap3* (8,324) ed al *Ap5* (8,340); similmente, ma in maniera meno marcata, avviene nel *P1a*, tra gli orizzonti *Ap1* e *Ap3*.

In conclusione, il range di valori che il pH assume nei vari campioni analizzati va da un minimo di 8,24 ad un massimo di 8,63, vale a dire reazioni da moderatamente a fortemente alcaline.

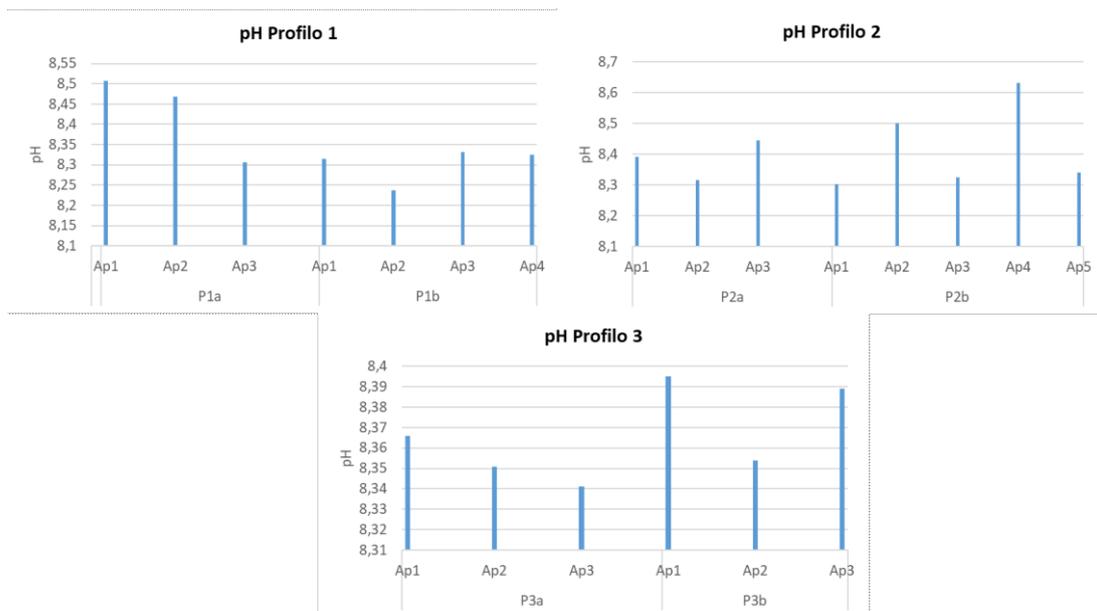


Figura 6: Grafici dei valori del pH dei profili.

Per quanto riguarda la tessitura, dalle analisi eseguite è possibile notare che la frazione presente in maggior quantità è quella sabbiosa, seguita dal limo ed infine vi è l'argilla, presente in minime quantità in tutti i profili.

In linea generale, all'interno di ogni profilo, tra gli orizzonti non sono osservabili rilevanti variazioni nel contenuto delle varie classi granulometriche; si nota però nell'orizzonte *Ap2* del profilo *1a* un netto picco della frazione del limo rispetto agli altri orizzonti, al contrario l'orizzonte *Ap3* del profilo *1b* mostra un certo decremento di tale frazione rispetto agli altri orizzonti.

Si possono osservare maggiori differenze mettendo a confronto i profili. Si può notare che le variazioni di maggior rilievo si verificano a carico della frazione del limo, mentre la sabbia e l'argilla rimangono tendenzialmente costanti. Per quanto riguarda il limo, esso raggiunge le maggiori quantità nei profili *2b*, *3a* e *3b*, invece il suo contenuto decresce negli orizzonti meno superficiali del profilo *2a*.

I dati relativi alla tessitura dei profili, come per il pH, sono stati raccolti in grafici ad istogramma (Figure 2-3), mentre alla fine del paragrafo viene riportata una tabella contenente i dati di pH e tessitura.

Facendo riferimento alle percentuali delle frazioni in ogni orizzonte, riportate nella tabella 3, se utilizzate nel triangolo di tessitura (secondo il sistema USDA-FAO) (Figura 4), è possibile attribuire classi di tessitura agli orizzonti campionati. Da ciò risulta che la maggior parte degli orizzonti sono costituiti da un suolo franco-sabbioso, mentre gli orizzonti *Ap2* e *Ap3* del profilo *2a* rientrano nella classe dei suoli sabbioso-franchi, l'orizzonte *Ap2* del *P1a* in quella dei suoli franco-limosi e l'*Ap2* del *P3a* si posiziona nella classe dei suoli franchi.

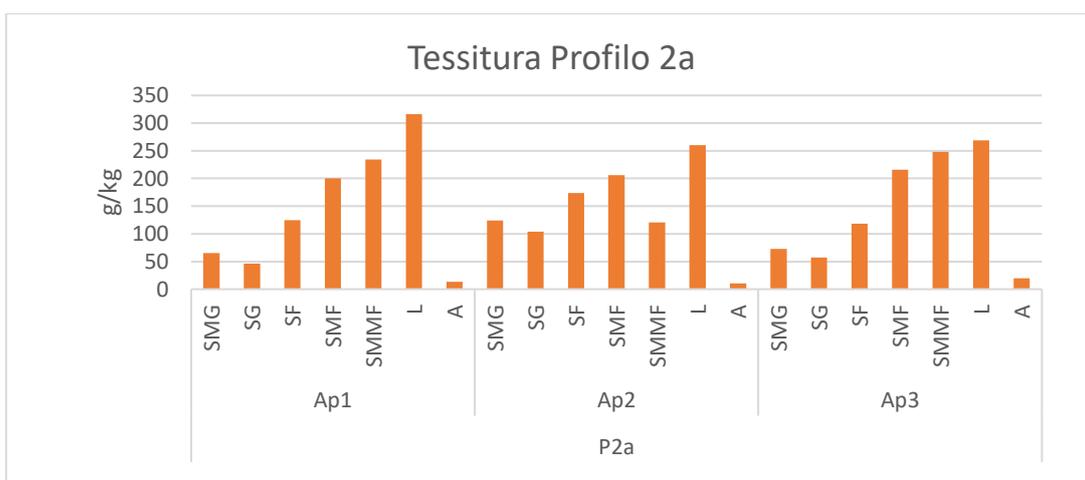
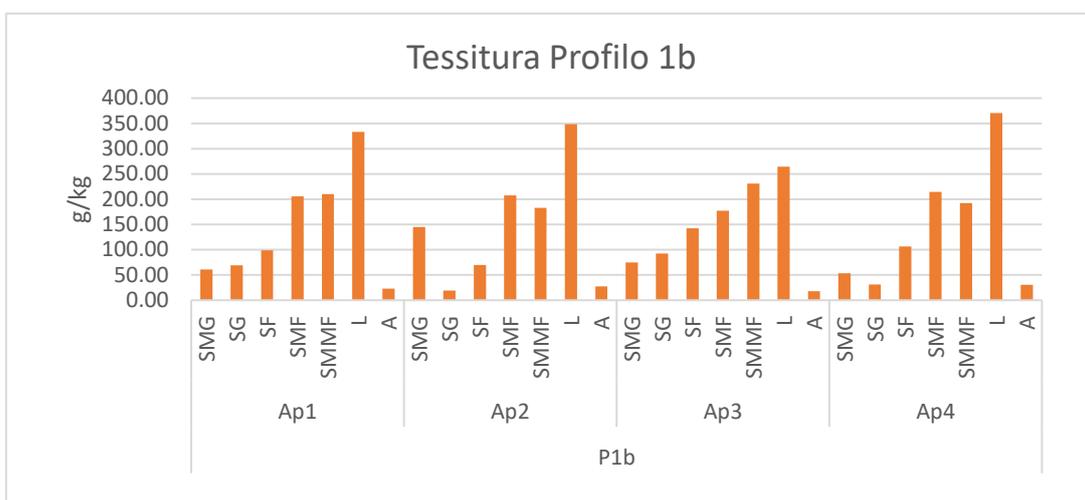
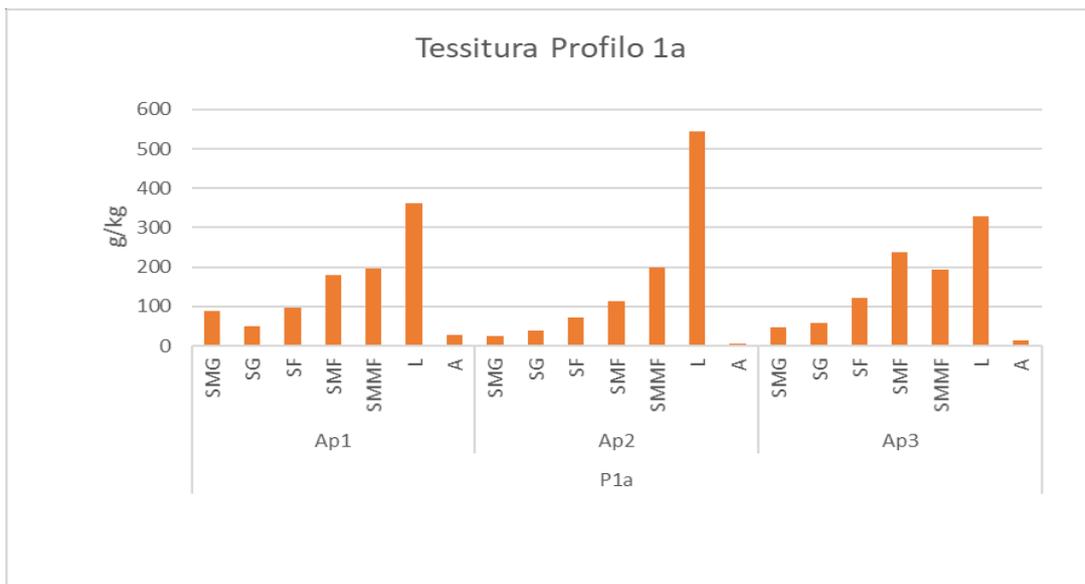


Figura 7: Grafici relativi al contenuto delle classi granulometriche dei profili.

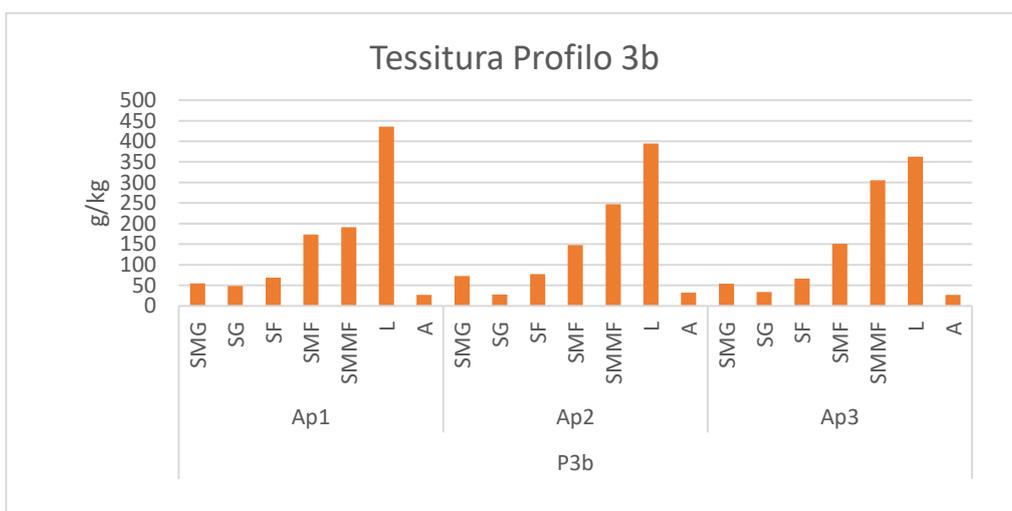
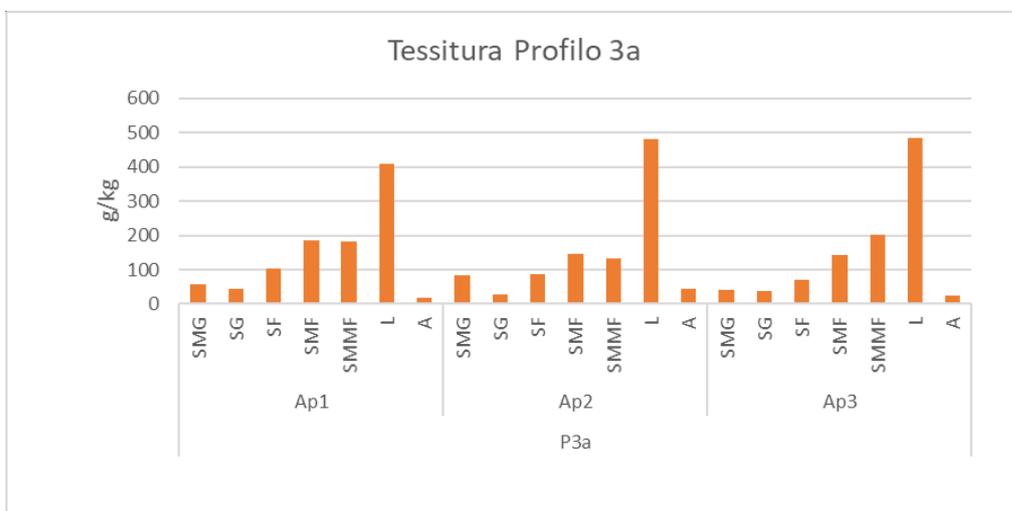
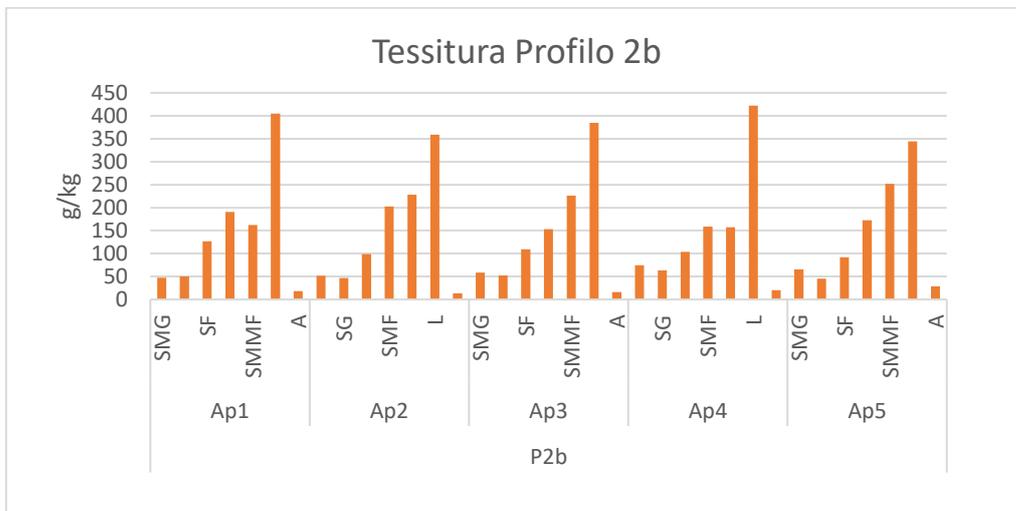


Figura 3: Grafici relativi al contenuto delle classi granulometriche dei profili.

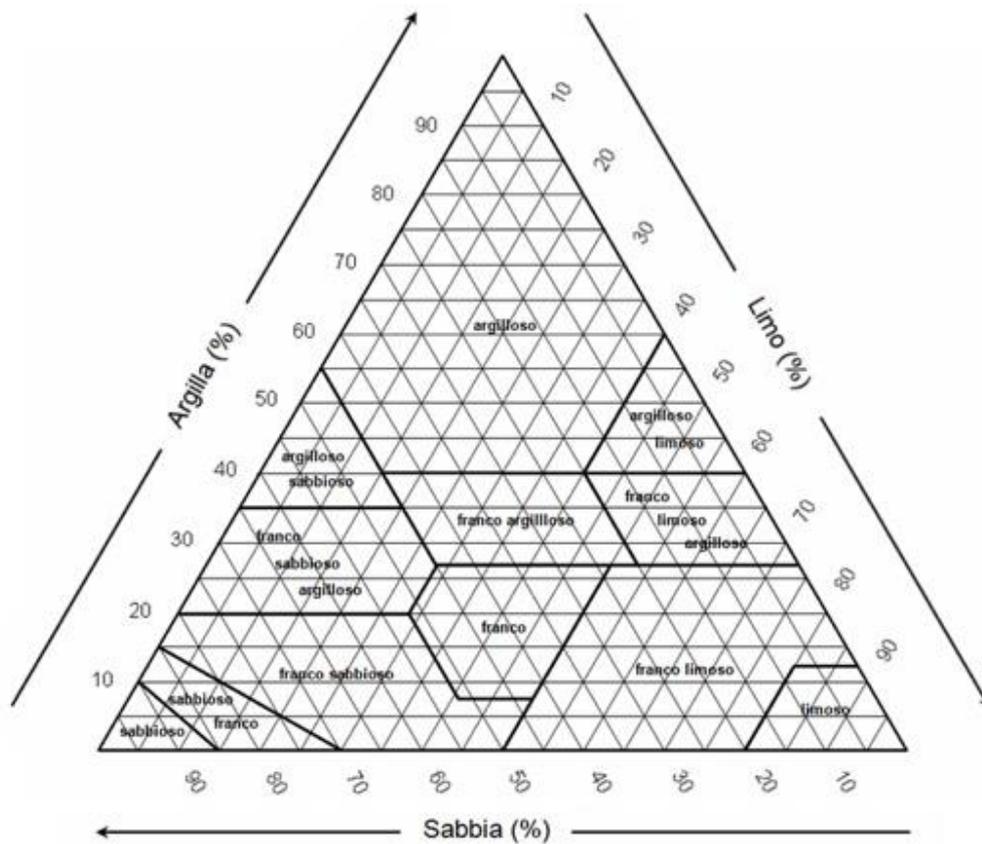


Figura 4: Triangolo della tessitura, adottato dal sistema USDA-FAO.

**Tabelle 2-3: Dati di pH e tessitura dei profili singoli e mediati. Tra parentesi sono espressi i valori delle deviazioni standard.**

Profilo	Orizzonte	pH	Tessitura						
			SMG	SG	SF	SMF	SMMF	L	A
			gkg <sup>-1</sup>						
P1	Ap1	8,41 (0,14)	75,12 (20,22)	58,86 (14,40)	97,99 (0,91)	192,16 (18,84)	202,84 (9,94)	347,96 (20,94)	25,09 (2,94)
	Ap2	8,35 (0,16)	84,88 (84,73)	28,33 (13,22)	71,33 (1,95)	161,01 (66,03)	191,47 (12,32)	447,02 (139,04)	15,97 (15,77)
	Ap3	8,31 (0,02)	60,98 (19,51)	75,58 (23,88)	131,76 (15,46)	207,29 (42,91)	212,25 (26,76)	296,98 (46,26)	15,18 (2,56)
	Ap4	8,33 (-)	53,51 (-)	31,35 (-)	106,49 (-)	214,59 (-)	192,43 (-)	370,81 (-)	30,81 (-)
P2	Ap1	8,35 (0,06)	56,27 (12,38)	48,38 (2,73)	125,74 (1,62)	195,30 (6,64)	198,26 (51,14)	360,54 (62,44)	15,50 (3,37)
	Ap2	8,41 (0,13)	87,93 (51,51)	75,44 (40,68)	136,29 (53,14)	204,45 (2,34)	174,45 (75,74)	309,56 (69,78)	11,89 (2,16)
	Ap3	8,38 (0,09)	65,43 (10,24)	54,74 (3,11)	113,63 (6,49)	184,47 (44,36)	236,91 (15,44)	326,86 (81,86)	17,95 (2,22)
	Ap4	8,63 (-)	74,37 (-)	63,67 (-)	103,80 (-)	158,37 (-)	157,30 (-)	422,15 (-)	20,33 (-)
	Ap5	8,34 (-)	65,49 (-)	45,56 (-)	91,69 (-)	172,55 (-)	251,71 (-)	344,53 (-)	28,47 (-)
P3	Ap1	8,38 (0,02)	56,09 (1,33)	46,23 (3,16)	86,41 (24,51)	180,34 (9,22)	185,98 (7,22)	422,34 (18,84)	22,60 (5,85)
	Ap2	8,35 (0,00)	77,47 (7,06)	27,73 (0,09)	82,13 (6,72)	147,72 (0,72)	189,84 (81,42)	437,45 (60,67)	37,66 (7,79)
	Ap3	8,37 (0,03)	47,53 (8,62)	35,24 (2,33)	68,56 (3,50)	146,38 (6,73)	253,17 (74,04)	422,82 (84,68)	26,29 (1,12)

Profilo	Orizzonte	Frazione							Totale
		SMG	SG	SF	SMF	SMMF	L	A	
P1a	Ap1	1,58	0,86	1,72	3,16	3,46	6,41	0,48	<b>17,67</b>
		8,94	4,87	9,73	17,88	19,58	36,28	2,72	
	Ap2	0,57	0,86	1,66	2,61	4,57	12,45	0,11	<b>22,83</b>
		2,50	3,77	7,27	11,43	20,02	54,53	0,48	
	Ap3	0,82	1,02	2,1	4,13	3,36	5,73	0,22	<b>17,38</b>
		4,72	5,87	12,08	23,76	19,33	32,97	1,27	
P1b	Ap1	1,11	1,26	1,8	3,75	3,83	6,08	0,42	<b>18,25</b>
		6,08	6,90	9,86	20,55	20,99	33,32	2,30	
	Ap2	2,67	0,35	1,29	3,83	3,37	6,43	0,5	<b>18,44</b>
		14,48	1,90	7,00	20,77	18,28	34,87	2,71	
	Ap3	1,31	1,62	2,5	3,1	4,05	4,63	0,31	<b>17,52</b>
		7,48	9,25	14,27	17,69	23,12	26,43	1,77	
Ap4	0,99	0,58	1,97	3,97	3,56	6,86	0,57	<b>18,5</b>	
	5,35	3,14	10,65	21,46	19,24	37,08	3,08		
P2a	Ap1	1,19	0,85	2,28	3,66	4,29	5,79	0,24	<b>18,3</b>
		6,50	4,64	12,46	20,00	23,44	31,64	1,31	
	Ap2	2,16	1,81	3,02	3,58	2,1	4,52	0,18	<b>17,37</b>
		12,44	10,42	17,39	20,61	12,09	26,02	1,04	
	Ap3	1,34	1,05	2,18	3,98	4,57	4,96	0,36	<b>18,44</b>
		7,27	5,69	11,82	21,58	24,78	26,90	1,95	
P2b	Ap1	0,85	0,9	2,27	3,41	2,9	7,24	0,32	<b>17,89</b>
		4,75	5,03	12,69	19,06	16,21	40,47	1,79	
	Ap2	0,96	0,87	1,84	3,78	4,25	6,69	0,25	<b>18,64</b>
		5,15	4,67	9,87	20,28	22,80	35,89	1,34	
	Ap3	1,03	0,93	1,93	2,71	4	6,81	0,29	<b>17,7</b>
		5,82	5,25	10,90	15,31	22,60	38,47	1,64	
Ap4	1,39	1,19	1,94	2,96	2,94	7,89	0,38	<b>18,69</b>	
	7,44	6,37	10,38	15,84	15,73	42,22	2,03		
P3a	Ap1	1,15	0,8	1,61	3,03	4,42	6,05	0,5	<b>17,56</b>
		6,55	4,56	9,17	17,26	25,17	34,45	2,85	
	Ap2	1,05	0,81	1,91	3,44	3,33	7,53	0,34	<b>18,41</b>
		5,70	4,40	10,37	18,69	18,09	40,90	1,85	
	Ap3	1,49	0,5	1,57	2,66	2,39	8,68	0,78	<b>18,07</b>
		8,25	2,77	8,69	14,72	13,23	48,04	4,32	
P3b	Ap1	0,91	0,81	1,56	3,11	4,41	10,6	0,56	<b>21,96</b>
		4,14	3,69	7,10	14,16	20,08	48,27	2,55	
	Ap2	0,99	0,87	1,24	3,12	3,43	7,82	0,48	<b>17,95</b>
		5,52	4,85	6,91	17,38	19,11	43,57	2,67	
	Ap3	1,33	0,51	1,42	2,72	4,54	7,24	0,59	<b>18,35</b>
		7,25	2,78	7,74	14,82	24,74	39,46	3,22	
Ap3	0,99	0,62	1,22	2,79	5,64	6,7	0,5	<b>18,46</b>	
	5,36	3,36	6,61	15,11	30,55	36,29	2,71		

### 2.3 Carbonio organico totale (TOC) e carbonio umico (HC)

Lungo i vari profili, le concentrazioni del TOC e del HC si mantengono mediamente stabili, con alcune eccezioni che verranno presentate di seguito.

Il profilo *2a* mostra una risalita del valore del HC dall'orizzonte *Ap1* (5,90 g/kg) all'orizzonte *Ap2* (10,38 g/kg), che poi discende nuovamente nell'orizzonte *Ap3* (5,55 g/kg). Nel profilo *2b*, tra l'orizzonte *Ap3* e l'*Ap4*, si registra una decisa variazione della concentrazione del carbonio umico (da 10,20 a 2,28 g/kg), così come per il TOC (da 8,62 a 3,60 g/kg) sebbene in maniera meno marcata. Nel *P1b*, l'andamento del TOC raggiunge il picco nell'orizzonte *Ap2* (20,10 g/kg), per poi diminuire progressivamente negli orizzonti sottostanti.

I valori più alti del HC si registrano nel profilo *3b*, mentre per quanto concerne il TOC essi si riscontrano nel *P1b* e nel *P2b*.

A tal proposito vengono riportati i grafici (Figura 5) e la tabella (Tabella 4) relativi ai dati discussi ora.

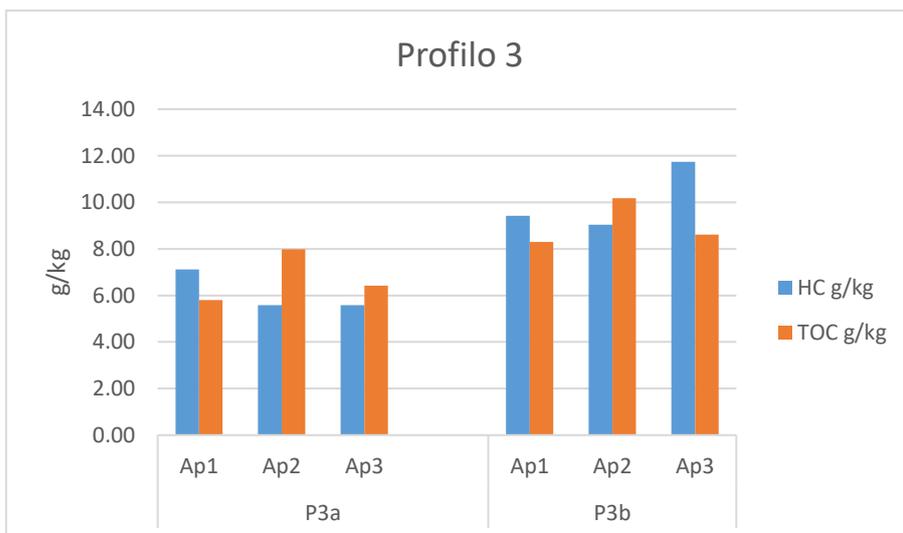
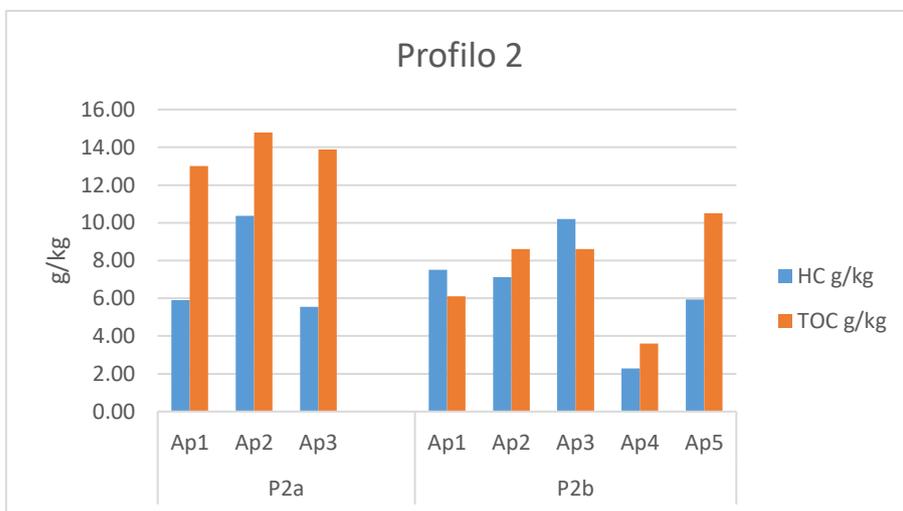
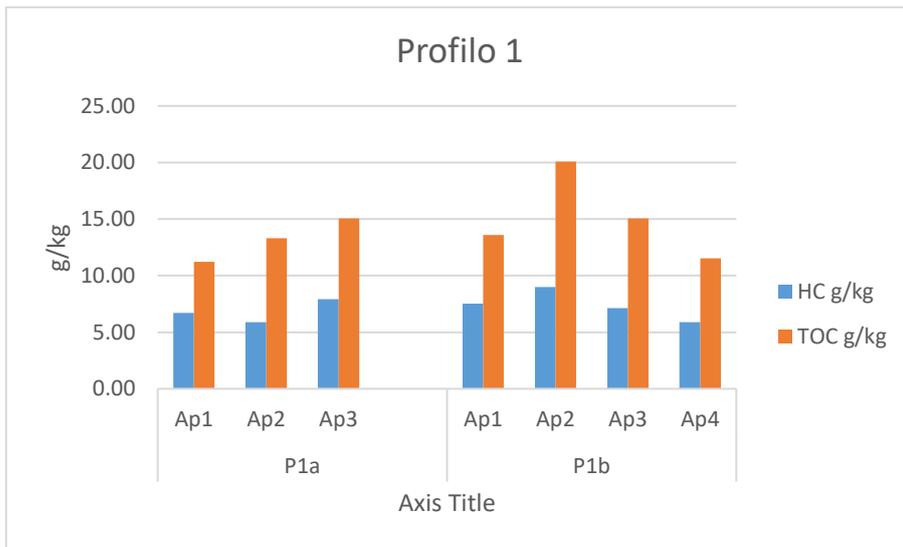


Figura 5: Grafici del contenuto di HC e di TOC dei profili.

**Tabella 4: Dati di HC e di TOC, con deviazione standard, dei profili.**

<b>Profilo</b>	<b>Orizzonte</b>	<b>HC</b>	<b>TOC</b>
		<b>gKg<sup>-1</sup></b>	
<b>P1</b>	Ap1	7,12 (0,58)	12,41 (1,67)
	Ap2	7,45 (2,19)	16,70 (4,81)
	Ap3	7,53 (0,58)	15,07 (0,00)
	Ap4	5,90	11,53
<b>P2</b>	Ap1	6,70 (1,13)	9,56 (4,88)
	Ap2	8,75 (2,30)	11,70 (4,36)
	Ap3	7,87 (3,28)	11,25 (3,73)
	Ap4	2,28 (3,60)	3,60
	Ap5	5,93 (10,50)	10,50
<b>P3</b>	Ap1	8,27 (1,63)	7,05 (1,77)
	Ap2	7,31 (2,45)	9,09 (1,55)
	Ap3	8,66 (4,35)	7,52 (1,55)

## 2.4 Mineralogia

La caratterizzazione mineralogica, mediante diffrattometria a raggi X, ha rilevato la presenza in tutti gli orizzonti dei profili dei seguenti minerali: *quarzo*, *plagioclasti*, *albite*, *calcite*, *caolinite*, *miche*, *minerali argillosi* e *ortoclasio*. Essi sono presenti in differenti quantità, ma non si segnalano sostanziali differenze nel contenuto tra gli orizzonti dei profili. Vengono riportati di seguito i grafici (diffrattogrammi) ottenuti dall'analisi dei campioni di ogni profilo (Figure 6-11).

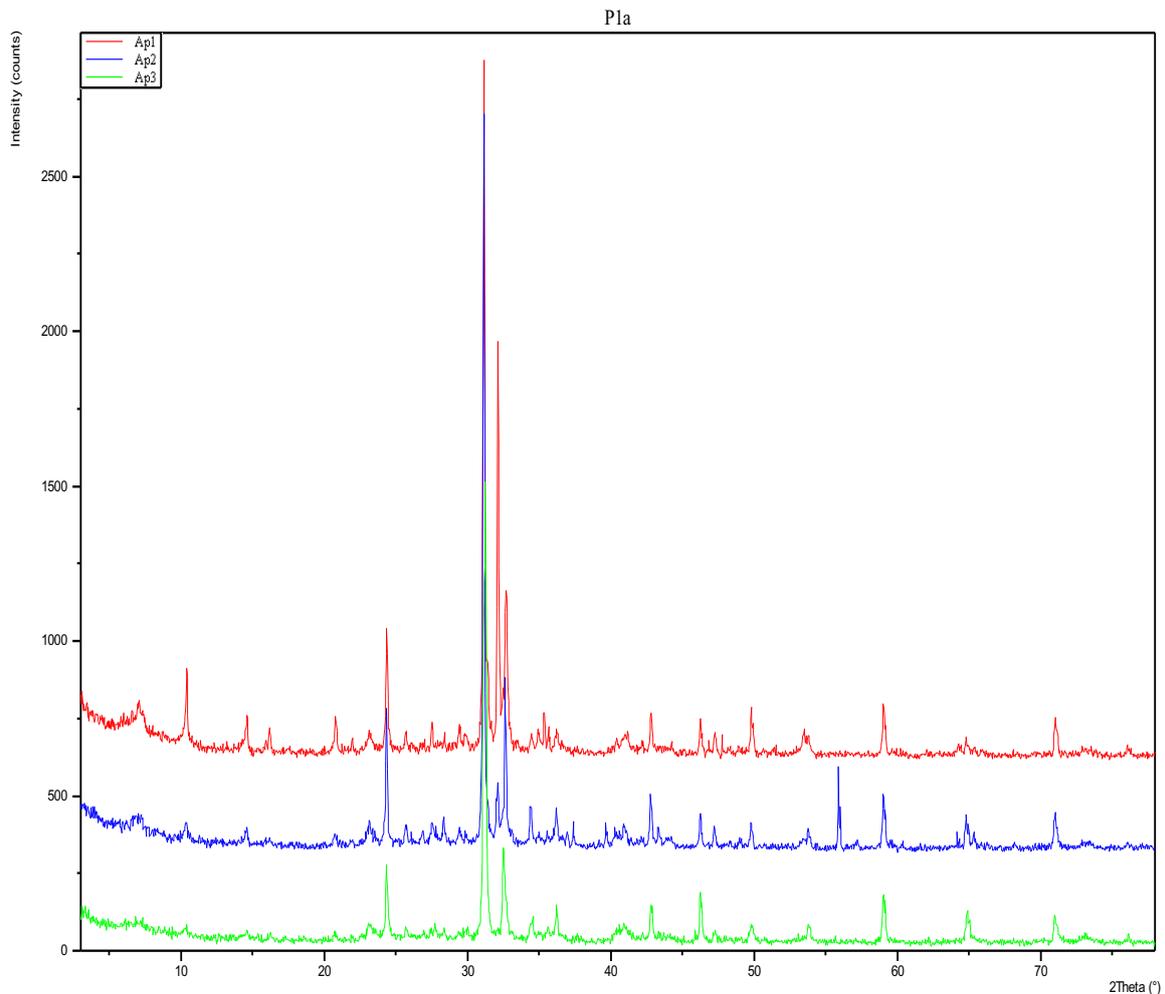


Figura 6: Diffrattogramma del profilo 1a.

P1b

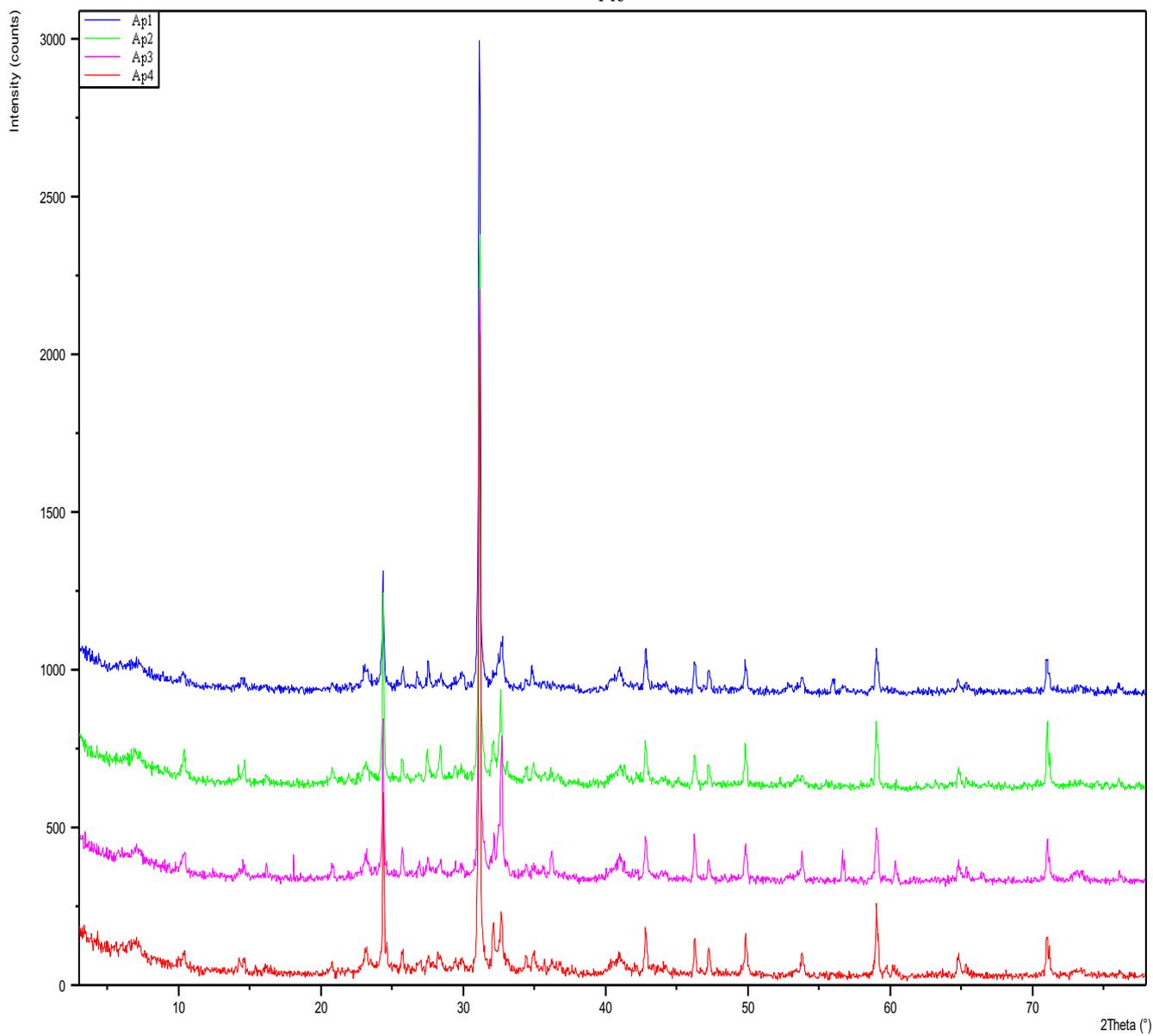


Figura 7: Diffrattogramma del profilo 1b.

P2a

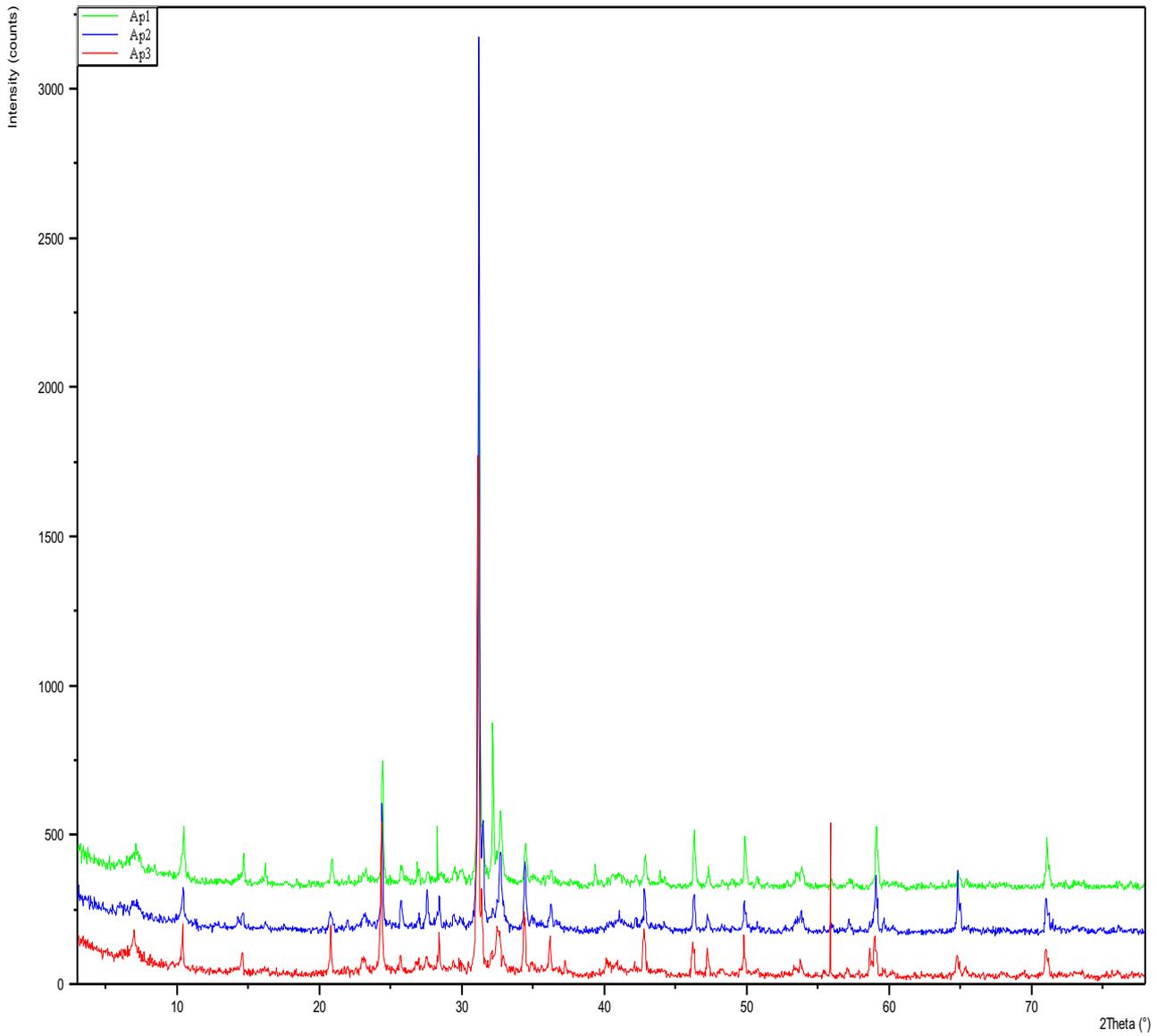


Figura 8: Diffrattogramma del profilo 2a.

P2b

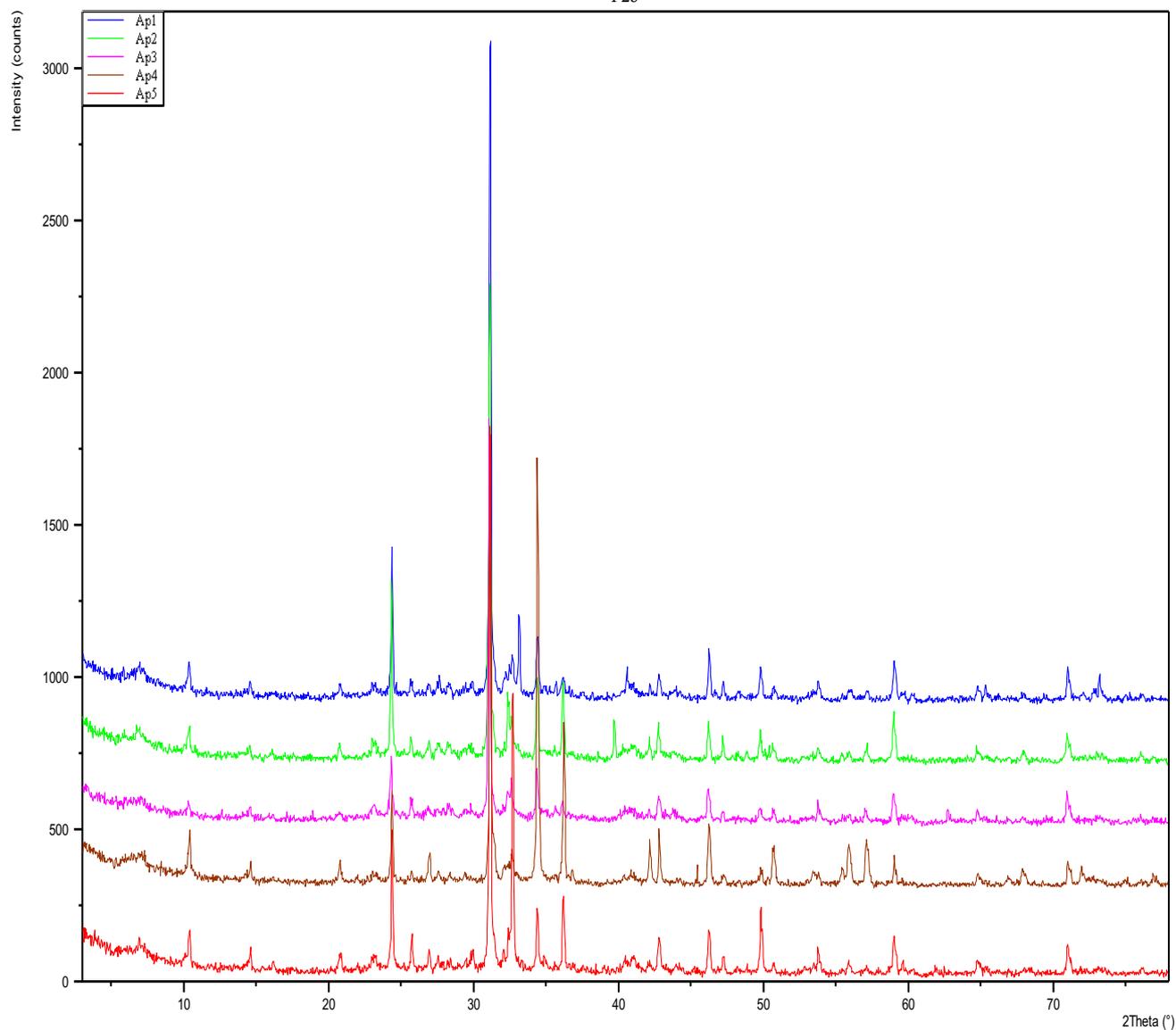


Figura 9: Diffattogramma del profilo 2b.

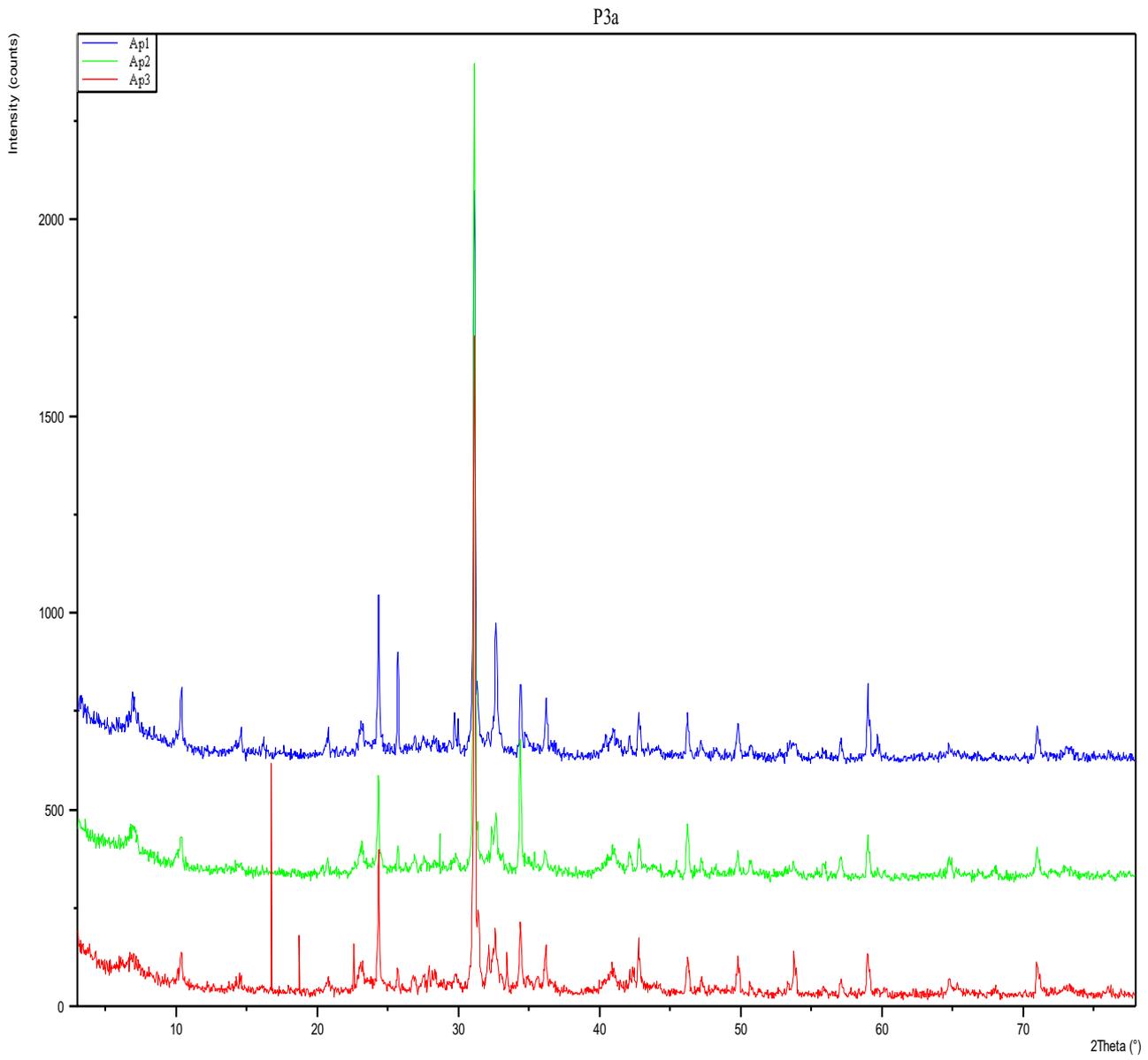


Figura 10: Diffratogramma profilo 3a.

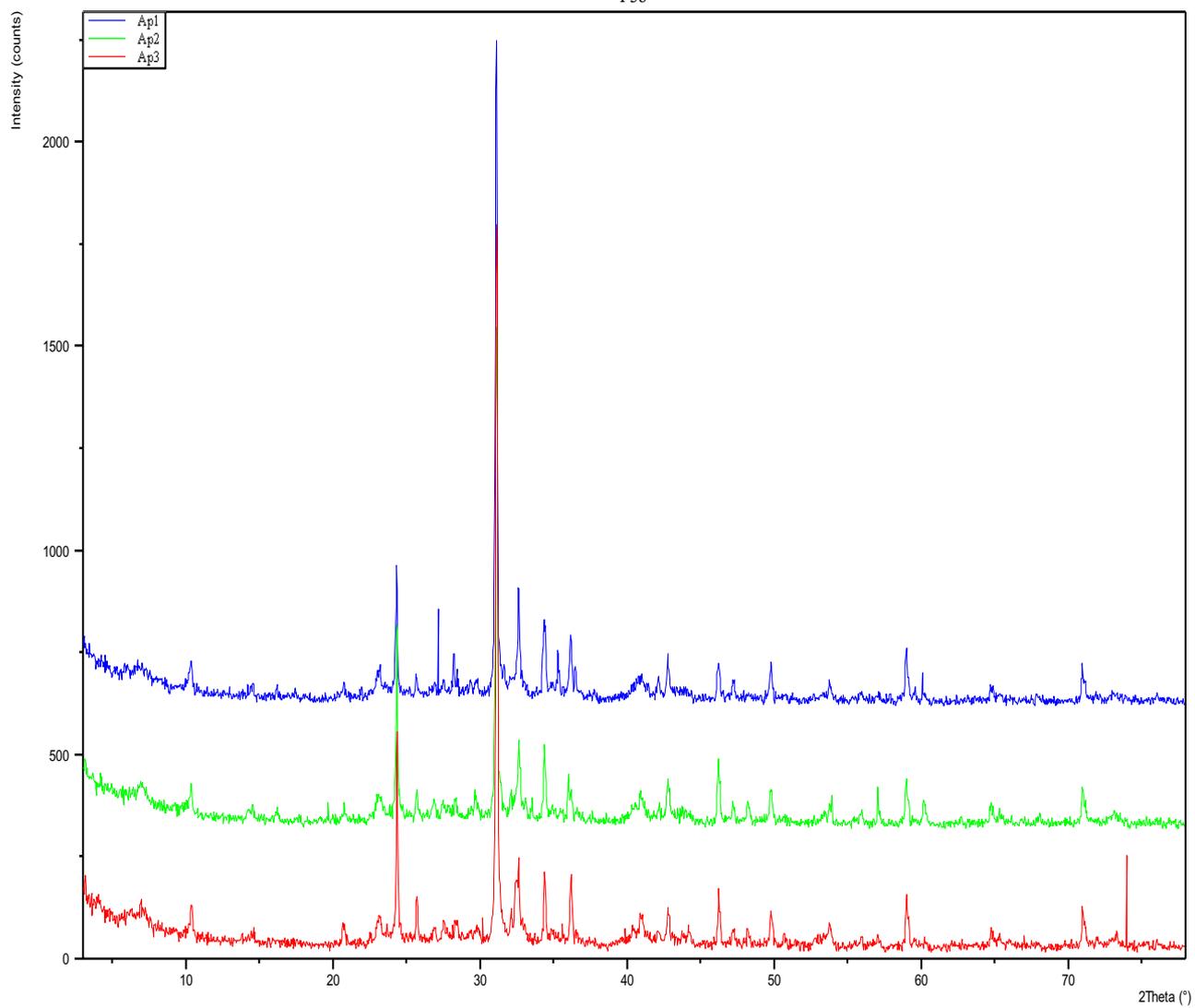


Figura 11: Diffratogramma profilo 3b.

## 2.5 Giudizio sulla vocazionalità del sito

Dai dati ottenuti dalle analisi chimico-fisiche, è stata svolta un'indagine statistica tramite l'ANOVA, procedendo per settori tra 3 profili (*P1*, *P2*, *P3*). L'analisi non ha evidenziato importanti differenze tra i parametri chimico-fisici nei 3 settori, mentre invece sono osservabili differenze morfologiche.

Alla luce dei risultati appena discussi, è interessante confrontare alcuni dati della presente tesi con quelli provenienti da uno studio di Roversi e Malvicini (2010), svolto in una delle aree italiane in cui vi è una più forte tradizione corilicola, l'Alta Langa nel basso Piemonte; qui viene coltivata una pregiata varietà di *C. avellana*, ovvero la *Tonda Gentile delle Langhe*. In questo studio inerente a tale comparto piemontese, i suoli analizzati presentano valori di reazione da neutri a subalcalini-alcalini, mentre la tessitura è sabbioso-limoso. Il contenuto di sostanza organica, assimilabile a quello del carbonio organico tramite un'opportuna conversione, è anche qui molto basso. Sebbene i termini di paragone siano pochi e limitati, si può notare che il pH sia più indicato per la coltivazione del nocciolo in Alta Langa, la tessitura è più adatta nel sito di Collevocchio, mentre per il contenuto di TOC non vi sono differenze sostanziali. Se si prendono in considerazione i dati termo-pluviometrici citati nella descrizione della località marchigiana, questi rispondono alle esigenze di *C. avellana*, ma va evidenziato che l'esposizione a settentrione dell'appezzamento non sia la migliore per questa coltura (Lanuccia et al. (a cura di), 2018), in quanto potenzialmente esposta ai venti freddi settentrionali, dannosi per gli organi riproduttivi della pianta.

Per concludere, il sito di Collevocchio può definirsi adatto alla coltivazione del nocciolo per alcune sue caratteristiche chimiche e fisiche, ma per via di altre, come ad esempio il pH e l'esposizione, difficilmente si potrà raggiungere una produzione vicina ai massimi registrati in aree più vocate.

In basso, viene riportata la tabella (Tabella 5) contenente i dati delle analisi di pH, tessitura, TOC e HC, da cui sono stati ricavati tutta la documentazione tabulare ed i grafici presenti in questa tesi.

**Tabella 5: Dati delle analisi fisico-chimiche relative ad ogni orizzonte.**

Profilo	Orizzonte	pH	Tessitura (g/kg)							HC (g/kg)	TOC (g/kg)
			SMG	SG	SF	SMF	SMMF	L	A		
<b>P1a</b>	Ap1	8,51	89,42	48,67	97,34	178,83	195,81	362,76	27,16	6,71	11,23
	Ap2	8,47	24,97	37,67	72,71	114,32	200,18	545,34	4,82	5,90	13,30
	Ap3	8,31	47,18	58,69	120,83	237,63	193,33	329,69	12,66	7,93	15,07
<b>P1b</b>	Ap1	8,31	60,82	69,04	98,63	205,48	209,86	333,15	23,01	7,53	13,60
	Ap2	8,24	144,79	18,98	69,96	207,70	182,75	348,70	27,11	9,00	20,10
	Ap3	8,33	74,77	92,47	142,69	176,94	231,16	264,27	17,69	7,12	15,07
	Ap4	8,33	53,51	31,35	106,49	214,59	192,43	370,81	30,81	5,90	11,53
<b>P2a</b>	Ap1	8,39	65,03	46,45	124,59	200,00	234,43	316,39	13,11	5,90	13,00
	Ap2	8,32	124,35	104,20	173,86	206,10	120,90	260,22	10,36	10,38	14,78
	Ap3	8,45	72,67	56,94	118,22	215,84	247,83	268,98	19,52	5,55	13,89
<b>P2b</b>	Ap1	8,30	47,51	50,31	126,89	190,61	162,10	404,70	17,89	7,50	6,11
	Ap2	8,50	51,50	46,67	98,71	202,79	228,00	358,91	13,41	7,12	8,62
	Ap3	8,32	58,19	52,54	109,04	153,11	225,99	384,75	16,38	10,20	8,62
	Ap4	8,63	74,37	63,67	103,80	158,37	157,30	422,15	20,33	2,28	3,60
	Ap5	8,34	65,49	45,56	91,69	172,55	251,71	344,53	28,47	5,93	10,50
<b>P3a</b>	Ap1	8,37	57,03	44,00	103,75	186,85	180,88	409,02	18,47	7,12	5,80
	Ap2	8,35	82,46	27,67	86,88	147,21	132,26	480,35	43,17	5,58	7,99
	Ap3	8,34	41,44	36,89	71,04	141,63	200,82	482,70	25,50	5,58	6,42
<b>P3b</b>	Ap1	8,40	55,15	48,47	69,08	173,82	191,09	435,65	26,74	9,43	8,30
	Ap2	8,35	72,48	27,79	77,38	148,23	247,41	394,55	32,15	9,04	10,18
	Ap3	8,39	53,63	33,59	66,09	151,14	305,53	362,95	27,09	11,74	8,62

## CONCLUSIONI

Riassumendo quanto emerso dalla discussione dei dati, non risultano esservi differenze rilevanti dei parametri fisico-chimici fra i 3 settori in cui sono presenti i profili analizzati, come confermato altresì dall'analisi statistica.

Nel complesso, riprendendo quanto detto nel paragrafo 2.5, il suolo dell'appezzamento mostra valori di pH moderatamente e fortemente alcalini, superiori all'*optimum* indicato per *C. avellana*. La tessitura è principalmente franco-sabbiosa, adatta per questa pianta, mentre per quanto riguarda il contenuto del TOC e del HC, esso si attesta su livelli bassi, ma questo non stupisce se si pensa che è emerso, da stime ufficiali, che circa l'80% dei suoli italiani possiede meno del 2% di carbonio organico nello strato superficiale di suolo (Di Fabbio, 2008). Riguardo le altre caratteristiche del suolo, è da evidenziare come l'esposizione Nord-Ovest possa causare problemi per la coltivazione, invece i dati di temperature e precipitazioni medie annue risultano adatti alle esigenze del nocciolo.

Come enunciato precedentemente nel confronto con lo studio di Roversi e Malvicini (2010), per alcune caratteristiche che il sito in esame possiede, esso può risultare adatto alla coltivazione del nocciolo, sebbene non sia possibile aspettarsi produzioni al pieno della potenzialità di questa pianta.

Un proposito futuro di studio potrebbe esser quello di proseguire con analisi del suolo più approfondite per arricchire il quadro di conoscenze acquisite preliminarmente con questo lavoro. In una prospettiva più ampia, sebbene richieda certamente più anni, sarebbe interessante altresì valutare quali delle cultivar presenti nell'appezzamento si adattino meglio alle condizioni pedoclimatiche del sito.

## BIBLIOGRAFIA

- 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.
- Calzolari, C., Costantini, E.A.C., Venuti, L., 2006. La valutazione dei suoli e delle terre: storia, definizioni e concetti. In: *Metodi di valutazione dei suoli e delle terre*, Coordinatore E.A.C. Costantini. Siena: Edizioni Cantagalli, pp. 3-45.
- Colombo, C., Miano, T. (a cura di), 2015. *Metodi di analisi chimica del suolo*. Modugno (BA): Pubblicità & Stampa.
- Conyers, M.K., Davey, B.G., 1988. Observation on some routine methods for soil pH determination. *Soil Sci*, 145, pp. 29-36.
- Costantini E.A.C., 2015. La componente pedologica del *terroir*. *Italus Hortus*, 22 (1), pp. 15-30.
- Di Fabbio A., 2008. La diminuzione della sostanza organica. In: Di Fabbio, A., Fumanti F. (a cura di). *Suolo, radice della vita*. Roma: APAT, pag. 48.
- FAO, 1976. A Framework for Land Evaluation. *FAO Soils Bulletin*, 52.
- George, H., 2003. An overview of land evaluation and land use planning at FAO. Land and Plant Nutrition Management Service (AGLL- FAO). Consultato il 3 dicembre 2020, <http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/images/resources/images/landevaluationatfao.doc>
- Graviano, O., Piras, F., 2008. La vocazionalità ambientale. In: R. Zurru, M. Colapietra (a cura di), *La coltivazione dell'uva da tavola in ambiente mediterraneo: con particolare riferimento alla realtà della Sardegna*. Cagliari: Agris, pp. 29-41.
- Laruccia, N. et al. (a cura di), 2018. Carta di attitudine alla coltivazione del Nocciolo. 2018. Consultato il 30 novembre 2020, <https://agri.regione.emilia-romagna.it/MotoreGis/Nocciolo/gis.html>

Rossiter, D.G., 1996. A theoretical framework for land evaluation (with Discussion). *Geoderma*, 72, pp. 165-202.

Roversi, A., Malvicini, G. L., 2010. Diagnostica fogliare in corileti a regime biologico e convenzionale. *Corylus & Co*, 2, pp. 17-22.

Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham E.C., Broderson W.D. 2012. Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service. National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Soil Survey Staff 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12th Edition. United States Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service. Washington, DC.

Tassinari, G., 1979. Manuale dell'agronomo. Roma: Reda.

Walkey, L.W., Black, I.A., 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, pp. 29-38.

## SITOGRAFIA

ASSAM: <http://www.assam.marche.it/> (consultato il 15 dicembre 2020)

Geoportale Nazionale: <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/> (consultato il 7 gennaio 2021)

ISPRA: <https://www.isprambiente.gov.it/it> (consultato il 7 gennaio 2021)

ISTAT: <https://www.istat.it/> (consultato il 10 dicembre 2020)

Regione Marche, Paesaggio-Territorio-Urbanistica-Genio Civile:

<https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia>

(consultato il 15 dicembre 2020)

## *Ringraziamenti*

Un profondo ringraziamento va alla prof.ssa Stefania Cocco per la guida e le indicazioni date nel corso dell'elaborazione di questa tesi.

Allo stesso modo tengo a ringraziare la dott.ssa Valeria Cardelli per la disponibilità ed i suggerimenti profusi.

Profonda riconoscenza va al dott. Lorenzo Camponi per esser stato un ottimo maestro, dispensando consigli ed ottimi sottofondi musicali.

Esprimo inoltre gratitudine a tutto il gruppo di ricerca di Scienza del Suolo per avermi permesso di lavorare in un ambiente stimolante e sereno.

Alla mia famiglia dedicherò poche parole poiché molte ne servirebbero per esprimere loro la gratitudine che meritano. A loro va un sincero ringraziamento.

Nella speranza di non far torto a nessuno, ringrazio mio fratello Lester per l'aiuto e la partecipazione emotiva nella stesura della tesi.

A Domenico, amico di legame fraterno, per il quale vale quanto detto per la mia famiglia, un profondo grazie.