



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Territorio e sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea in Tecnologie forestali e ambientali

**TerrHum, applicazione iOS e Android per classificare le
forme di humus**

Versione in italiano e prove in campo nelle foreste venete

TerrHum, iOS and Android application to classify humus forms
Italian version and field trials in the Veneto forests

Relatore

Prof. Augusto Zanella

Laureando

Luca Carollo

Matricola n. 1139587

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

INDICE

Riassunto.....	5
Abstract.....	6
1 Introduzione.....	7
1.1 Che cos'è il suolo?.....	7
1.2 Termini specifici.....	9
1.3 Sistemi e forme di humus terrestri.....	12
1.4 TerrHum.....	14
1.5 Obiettivi e scopi dell'elaborato finale.....	14
2 Codice di sviluppo e struttura dell'applicazione.....	15
2.1 Codice di sviluppo.....	15
2.2 Struttura di TerrHum.....	20
3 Inquadramento, descrizione e risultati delle prove in campo.....	25
3.1 Analisi del clima e vegetazione della prima prova.....	25
3.2 Classificazione forma di humus prima prova.....	29
3.3 Analisi del clima e vegetazione della seconda prova.....	34
3.4 Classificazione forma di humus seconda prova.....	37
4 Conclusioni.....	43
5 Ringraziamenti.....	45
6 Bibliografia.....	47

RIASSUNTO

Questo elaborato finale propone l'utilizzo di TerrHum, un'applicazione per smartphone funzionante su sistema operativo Android e iOS, che permette di classificare e studiare i sistemi e le forme di humus in foreste.

La prima parte dell'elaborato consiste nella presentazione del codice di sviluppo, nella spiegazione tecnica della struttura e nel funzionamento dell'applicazione.

La seconda parte racchiude due prove effettuate nel campo dal laureando. La prima area di studio è situata in un castagneto dei Colli Berici a Perarolo di Arcugnano (VI) ad un'altitudine di 240 m.s.l.m. mentre la seconda in una pecceta vicino Asiago (VI) ad un'altitudine di 1050 m.s.l.m.

Entrambe le prove consistono inizialmente in un'analisi climatica e della vegetazione del luogo e successivamente nell'utilizzo dell'applicazione per classificare le forme di humus del profilo di suolo analizzato.

Nella prima prova la forma di humus, trovata tramite la consultazione dell'applicazione, è un "Eumull" appartenente ai sistemi terrestri denominati "Mull" mentre nella seconda si è trovato un mosaico di forme di humus differenti (in particolare un "Eumacroamphi" e un "Eumesoamphi") appartenenti al sistema di humus terrestre di tipo "Amphi".

Si sottolinea che le prove nel campo sono effettuate dal laureando, il quale è considerato un principiante sia nell'utilizzo dell'applicazione e sia nella conoscenza delle forme di humus delle foreste.

L'obiettivo finale delle esercitazioni racchiude le possibilità di suggerire miglioramenti per TerrHum o evidenziare le perplessità emerse dal laureando durante le prove in campo, come ad esempio la difficoltà nella distinzione degli orizzonti diagnostici o nel riconoscimento delle forme di humus.

ABSTRACT

This final report proposes the use of TerrHum, a smartphone application running on the Android and iOS operating systems, which enables the classification and study of humus systems and forms in forests.

The first part of the final report consists of a presentation of the development code, a technical explanation of the structure and operation of the application.

The second part contains two tests carried out in the field by the undergraduate student. The first study area is located in a chestnut grove in the Colli Berici in Perarolo di Arcugnano (VI) at an altitude of 240 metres above sea level, while the second is located in a spruce grove near Asiago (VI) at an altitude of 1050 metres above sea level.

Both trials initially consisted of a climatic and vegetation analysis of the site and then the use of the application to classify the humus forms of the analysed soil profile.

In the first trial, the humus form found by consulting the application is an "Eumull" belonging to the terrestrial systems called "Mull", while in the second trial a mosaic of different humus forms (in particular an "Eumacroamphi" and an "Eumesoamphi") belonging to the terrestrial humus system of the "Amphi" type was found.

It is emphasised that the field trials are carried out by the undergraduate student, who is considered a beginner both in the use of the application and in the knowledge of forest humus forms.

The final objective of the exercises is to suggest improvements for TerrHum or to highlight any concerns raised by the undergraduate during the field trials such as difficulties in distinguishing diagnostic horizons or recognising humus forms.

1 Introduzione

1.1 Che cos'è il suolo?

Il suolo presenta diverse definizioni che possono essere utilizzate in diversi ambiti e contesti. Esso non ha una definizione universale in quanto il suo ruolo si può considerare come “multifunzionale”. Ad esempio, dal punto di vista di un agronomo, il suolo viene inteso come un substrato per la crescita delle colture mentre per un geologo esso rappresenta una fase breve del ciclo delle rocce. La definizione più classica è anche quella adottata dall'Unione Europea: il suolo è il prodotto delle trasformazioni di sostanza organica e minerali delle rocce che avvengono alla superficie delle terre emerse nel tempo. Per esaltare il ruolo ecosistemico del suolo, si può utilizzare un'altra definizione: il suolo costituisce la pedosfera, che rappresenta l'interfaccia tra atmosfera, litosfera, idrosfera e biosfera.

Il più piccolo volume di suolo che sia rappresentativo di tutti i suoli di un determinato paesaggio o condizione morfologica si chiama “*pedon*”. La superficie del pedon che serve per osservare la variabilità verticale prende il nome di profilo di suolo, il quale si estende dal contatto con l'atmosfera al contatto con la litosfera. I singoli strati che si possono individuare vengono definiti orizzonti e ciascuno è caratterizzato da omogeneità morfologica (Sequi P., Ciavatta C., Miano T., 2017).

Il “pedon” può essere suddiviso in tre parti ovvero *Humipedon*, *Copedon* e *Lithopedon*. Questi vengono definiti come tre livelli composti ciascuno da orizzonti specifici. Questa necessità di suddividere il suolo in tre parti diverse è dovuta al fatto che esso risulta molto complicato studiarlo nella sua interezza.

La struttura del suolo parte sia dall'alto (biodegradazione della lettiera) che dal basso (erosione della roccia), convergendo al centro del profilo del suolo (formazione di nuovi componenti) (A.Zanella et al.,2022).

Nella figura 1 sottostante si può notare la suddivisione del suolo (in riferimento a suoli aerati) nelle tre diverse parti nominate in precedenza con i relativi orizzonti. L'Humipedon è la parte di suolo a contatto con la luce e l'atmosfera dove presenta un accumulo di materia organica morta che si mescola con la componente minerale. Esso corrisponde agli orizzonti superficiali organici (*OL*, *OF*, *OH*) e organo-minerale (*A*) del suolo, approssimativamente i primi 30 cm, seguito dagli orizzonti più minerali "*E*" e "*B*" del Copedon che poggiano sugli orizzonti "*C*" e gli orizzonti dello strato "*R*" del Lithopedon. Anche se gli organismi sono presenti in tutto il profilo del suolo, sono più numerosi nell'Humipedon, per ragioni legate alla disponibilità di nutrienti e di materia organica come risorsa alimentare (A.Zanella et al.,2022).

AERATED SOILS

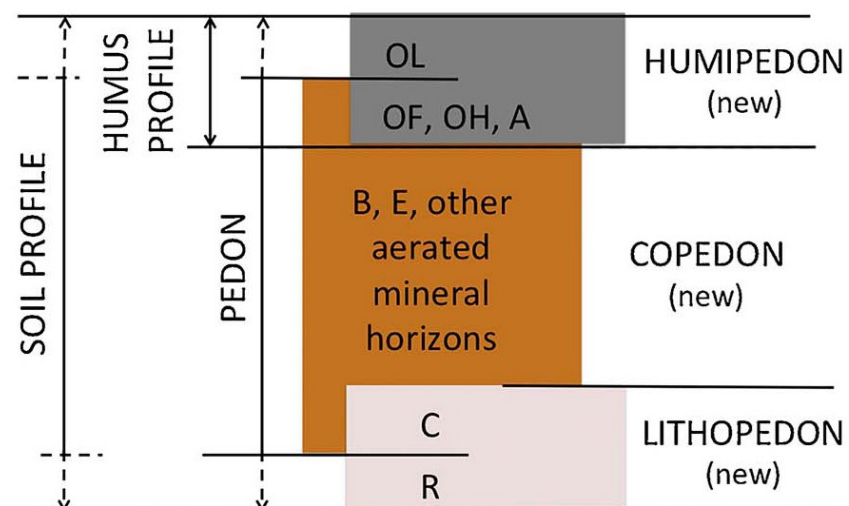


Figura 1: schema di suddivisione del profilo di suolo (A.Zanella et al.,2018)

1.2 Termini specifici

Per una comprensione più chiara della terminologia che viene utilizzata nei successivi capitoli dell'elaborato, è indispensabile dare una definizione ad alcuni codici, abbreviazioni e parole chiave.

- Humus = parola comunemente usata quando si parla di materia organica ben decomposta che giace alla superficie del suolo, o presente nei primi 30 cm di esso. Spesso consiste in orizzonti OF e OH od orizzonti A molto ricchi di materia organica (carbone organico > 10%)(A.Zanella et al.,2018).
- Orizzonti organici = Gli orizzonti organici (OL, OF, OH) sono formati da materia organica morta (OM), principalmente foglie, aghi, rametti, radici e, in certe circostanze, altro materiale vegetale come muschi e licheni. Questo OM può essere trasformato in escrementi animali in seguito alla ingestione da parte di invertebrati del suolo e della lettiera e/o decomposti lentamente da processi microbici (batteri e funghi)(A.Zanella et al.,2018).
- Orizzonti organo-minerali = vengono identificati con la lettera A e si formano vicino alla superficie del suolo, generalmente sotto gli orizzonti organici. Sono colorati dalla materia organica e risultano più scuri dello strato minerale sottostante del profilo del suolo (A.Zanella et al.,2018).
- Componente umica (di un orizzonte organico od organico minerale) = particelle piccole e non riconoscibili di resti organici e/o granelli di materia organica o organico-minerale composti principalmente da escrementi animali di diverse dimensioni (A.Zanella et al.,2018).
- Componente minerale (di un orizzonte organico od organico-minerale)= particelle minerali di diverse dimensioni (A.Zanella et al., 2018).
- Materiale zoogenicamente trasformato (indicato con prefisso *zo-*)= componenti riconoscibili e umici elaborati dagli animali, cioè foglie, aghi e altri residui vegetali più o meno degradati dagli animali del suolo, mescolati ai loro escrementi (A.Zanella et al.,2018).
- Materiale non zoogenicamente trasformato (indicato con prefisso *noz-*) = resti riconoscibili e componente umica elaborata da funghi o altri processi non faunistici cioè foglie, aghi e

altri residui vegetali più o meno frammentati e trasformati in materiale organico dai funghi (A.Zanella et al., 2018).

- OL = questa abbreviazione deriva da due parole inglesi ovvero “*Organic*” e “*Litter*”. Questo orizzonte presenta un accumulo di foglie, aghi, ramoscelli e materiali legnosi. La maggior parte degli organi originali della pianta sono facilmente distinguibili ad occhio nudo. Gli orizzonti OL possono essere di due tipi (evidenziati con i prefissi n, v)(A.Zanella et al.,2018). L’abbreviazione *nOL* sta ad indicare la lettiera nuova mentre *vOL* quella più “vecchia”.
- OF = questa abbreviazione deriva da due parole inglesi “*Organic*” e “*Fragmented*”. Esso è un orizzonte caratterizzato dall'accumulo di foglie e/o aghi frammentati, sbiancati, e/o di foglie e/o aghi scheletrici, senza alcun organo vegetale intero ad eccezione di resti vegetali recalcitranti come ramoscelli e pezzi di corteccia. A seconda della forma di humus, la decomposizione è principalmente compiuta dalla fauna del suolo (zoOF) o dai funghi decompositori della cellulosa-lignina (nozOF) (A.Zanella et al.,2018).
- OH = questa abbreviazione deriva da due parole inglesi “*Organic*” e “*Humus*”. Esso è un orizzonte caratterizzato da un accumulo di materiale trasformato zoogenicamente di un possibile colore nero, grigio-marrone, marrone, marrone-rossastro con la presenza di escrementi animali invecchiati. OH si differenzia dall'orizzonte OF per una trasformazione più avanzata della lettiera (frammentazione, umificazione, ecc.) dovuta all'azione di organismi del suolo. L’abbreviazione OH potrebbe presentare il prefisso “*szo*” quindi divenire “*szoOH*” e sta a significare orizzonte OH leggermente zoogenico. Inoltre, l’orizzonte OH è sempre di origine zoogenica (zoOH sempre implicito) (A.Zanella et al.,2018).
- Orizzonte A biomacrostrutturato (*maA*)= orizzonte A aneci-endovermico. L'intero orizzonte è costituito da escrementi più o meno vecchi di lombrichi anecici e grandi endogeni (il limite di 4 mm è raramente raggiunto da escrementi di artropodi ed epigei o piccoli endogeici); anche le radici e le ife fungine (visibili o meno) giocano un ruolo importante nella formazione e stabilità degli aggregati. I lombrichi viventi sono sempre presenti ma non sempre osservabili in humus al momento del campionamento. Tuttavia le loro tane e i loro getti sono sempre presenti all'interno dell'orizzonte (A.Zanella et al.,2018).
- Orizzonte A biomesostrutturato (*meA*) = orizzonte A endo-epivermico. In questo orizzonte i lombrichi (soprattutto epigei e piccoli endogeici), grandi enchitreidi e macroartropodi (anche

negli stadi larvali)sono responsabili della struttura. Anche le radici e le ife fungine sono coinvolte (A.Zanella et al.,2018).

- Orizzonte A biomicrostrutturato (*miA*) = orizzonte A di enchi-artropodi. L'orizzonte mostra una quantità importante di minuscole palline fecali organico-minerali, escrementi di enchitreidi (vermi), microartropodi (stadi larvali di piccoli insetti, acari ecc.) e piccoli resti non riconoscibili di lettiera decomposta. Questo orizzonte si osserva su terreni limosi. Anche le ife e le radici sono molto comuni (A.Zanella et al.,2018).
- *sgA* = è un' abbreviazione di parole inglesi "single grain A horizon". In questo caso è implicito l'orizzonte A non zoogenico.
- *msA* = è un'abbreviazione di parole inglesi "massive A horizon". L'orizzonte A non zoogenico risulta implicito.

Nella figura 2 sottostante si possono vedere le strutture degli orizzonti organico-minerali zoogenici e non zoogenici.

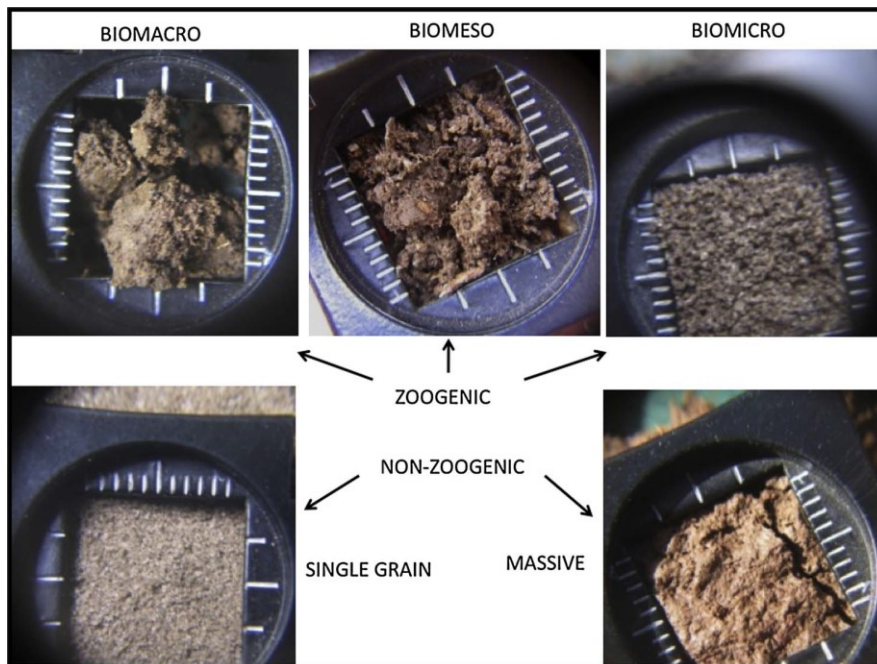


Figura 2: esempi di strutture degli orizzonti zoogenici e non-zoogenici (A.Zanella et al.,2018)

1.3 Sistemi e forme di humus terrestri

Le forme di humus fanno riferimento ad un gruppo di profili di humus che mostrano la stessa serie di orizzonti diagnostici. I sistemi di humus sono invece un gruppo teorico di forme di humus che condividono proprietà biologiche e funzionali (A.Zanella et al.,2018).

I sistemi di humus terrestri sono i più diffusi negli ecosistemi forestali. I suoli terrestri non sono mai sommersi per più di pochi giorni all'anno e non presentano orizzonti torbosi e pieni d'acqua.

I sistemi di humus terrestri possono essere raggruppati in 5 sistemi divisi ciascuno in 3 o 4 forme di humus.

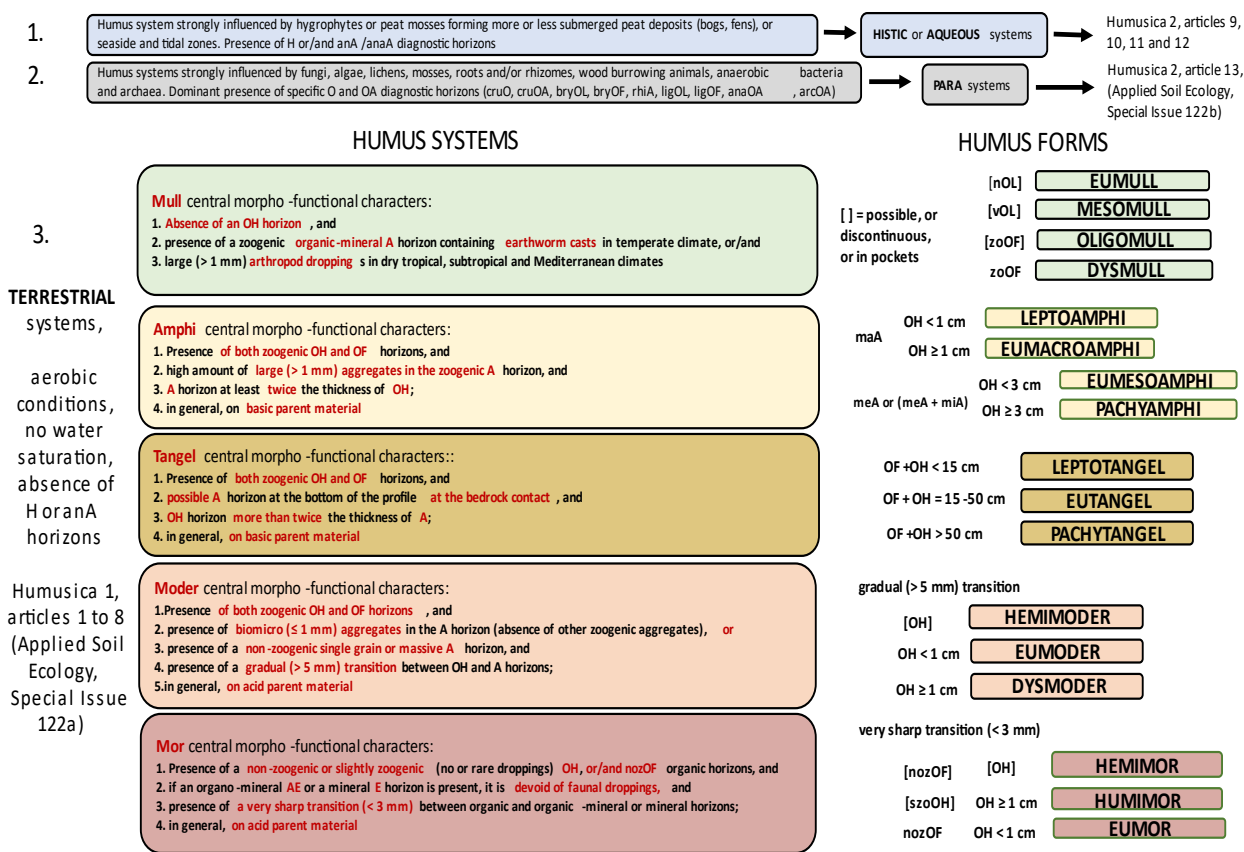


Figura 3: chiave di classificazione (A.Zanella et al.,2022)

Come si può vedere dalla figura 3, nella parte sinistra della chiave di classificazione si trovano i cinque principali sistemi di humus terrestri i quali sono suddivisi (nella parte destra) nelle loro forme di humus. I caratteri che sono evidenziati di rosso vengono considerati per la classificazione immediata degli "Humipedon terrestri". Nella parte destra sono rappresentate le caratteristiche principali per la distinzione semplificata delle forme di humus.

I principali sistemi sono:

- Il "*Mull*" è un sistema terrestre nel quale l'orizzonte OH risulta assente e viene determinato da lombrichi o grandi artropodi che consumano completamente la lettiera. Molto comune principalmente in boschi di pianura.
- "*Amphi e Tangel*" sono sistemi terrestri che si trovano in ambienti calcarei. Sono presenti in entrambi sia l'orizzonte OH che l'orizzonte A. Quando l'orizzonte A ha uno spessore che risulta essere il doppio di OH siamo in un sistema di tipo "Amphi", contrariamente siamo invece in un sistema "Tangel".
- I "*Moder e Mor*" si trovano in ambienti acidi (possibile presenza di rocce come il granito o rocce metamorfiche acide come rioliti). Il "Moder" è un sistema che presenta una transizione graduale tra l'orizzonte OH e l'orizzonte A. Esso è dipendente da artropodi in grado di colonizzare anche la parte minerale del suolo. Se la transizione OH / A è ben definita, siamo in un "Mor" (sistema con separazione distinta della parte organica e minerale del profilo del suolo, generalmente determinato dalla decomposizione principalmente fungina, in un ambiente freddo e acido) (A.Zanella et al.,2022).

Nella chiave di classificazione della figura 3 non viene incluso il pH come carattere diagnostico. Il motivo principale è che il pH permette di distinguere i sistemi Moder, Amphi e Mull in Europa, ma questo parametro non è valido in ambienti tropicali in quanto il Mull e Amphi potrebbero avere orizzonti A acidi come nelle condizioni dei Moder (A.Zanella et al.,2022).

1.4 TerrHum

TerrHum è un'applicazione per smartphone che permette di classificare i suoli terrestri e semiterrestri (ad esempio le torbe) e permette di capire il loro funzionamento.

Il nome di questa applicazione deriva da due parole chiave abbreviate ovvero "Terrestrial" e "Humipedon". L'applicazione è costruita sulle indicazioni riguardanti gli orizzonti diagnostici dell'humus, le forme di humus e i sistemi di humus illustrati in 8 articoli pubblicati in "Applied Soil Ecology Special Issue" intitolato "Humusica" (<https://www.journals.elsevier.com/applied-soil-ecology/special-issues>).

1.5 Obiettivi e scopi dell'elaborato finale

L'obiettivo principale dell'elaborato finale, oltre ad una presentazione dell'applicazione "TerrHum" dove si analizza il codice di sviluppo, la sua struttura e il suo funzionamento, è quello di condurre delle esercitazioni in due foreste venete. In queste foreste viene utilizzata l'applicazione, vengono osservati i primi 30 cm di suolo (corrispondente all'Humipedon e agli orizzonti organici e organo-minerali) e si cerca di capire in quale sistema e forma di humus terrestre esso ne faccia parte. Nel corso dell'esercitazione si potrebbero verificare eventuali difficoltà legate alla distinzione tra l'orizzonte "OH" e l'orizzonte "A", elemento comune che caratterizza la maggior parte degli studenti che tentano un primo approccio nella classificazione del suolo. Lo scopo dell'elaborato non è solamente capire i sistemi terrestri e le relative forme di humus, ma anche evidenziare eventuali dubbi, perplessità e consigli che permettano un eventuale miglioramento dell'applicazione (di "TerrHum") e della chiave di classificazione.

2 Codice di sviluppo e struttura dell'applicazione

2.1 Codice di sviluppo

L'applicazione TerrHum è stata sviluppata tramite un editor di testo che prende il nome di "Sublime Text 3". Si tratta di un multiplatforma, utilizzabile per Windows, Mac e Linux.

In questo paragrafo viene spiegato lo schema logico adottato per realizzare il codice e quello che può considerarsi come lo "scheletro" dell'applicazione. Per facilitarne la comprensione, vengono utilizzate delle immagini che fungono da esempi dove sono presenti delle parti di codice.

Lo schema logico utilizzato è quello del modello ad albero decisionale. Come si può notare nella figura 4, nella riga numero 81 del codice c'è scritto "decision tree" la cui traduzione in italiano sarebbe appunto l'albero di decisione. Quest'ultimo è considerato come la parte più importante del codice in quanto dà la struttura e il percorso che può avere un utente nella decisione. L'albero di decisione è costituito dai cosiddetti "branches" (che si trovano ad esempio nella riga 89 del codice) ovvero i rami dai quali l'utente potrebbe fare delle scelte per arrivare al risultato finale. Quest'ultimo viene rappresentato nel codice (ad esempio nella riga numero 108) con la parola "leaf" (in italiano foglia) e costituisce la scelta finale.

```
81  "decision_tree": {
82    "result_label_en": "Selected humus form : ",
83    "result_label_fr": "Forme d'humus sélectionnée",
84    "result_label_it": "Forma di humus selezionata",
85    "0": {
86      "prompt_en": "Choose (touch a figure)",
87      "prompt_fr": "Choisir (toucher une figure)",
88      "prompt_it": "Scegliere (toccare una figura)",
89      "branches": {
90        "1": {
91          "caption_en": "<h4>SEMITERRESTRIAL (Moor) systems</h4>Presence of domina
92          "caption_fr": "<h4>Systèmes SEMITERRESTRES (Moor) </h4>Présence d'un hor
93          "caption_it": "<h4> Sistemi SEMITERRESTRE (Moor) </h4> Presenza di un or
94          "prompt_en": "<p>Submerged and/or water saturated for more than a few mo
95          "prompt_fr": "<p>Submergé et/ou saturé en eau pendant plus de peu de moi
96          "prompt_it": "<p>Sommerso e/o saturato con acqua per più di pochi mesi a
97          "asset_path": [
98            "assets/images/humus_systems_and_forms/decision_tree/answer_moor_gen.j
99          ],
100         "branches": {
101           "11": {
102             "caption_en": "<h4>ANMOOR system</h4> anA present and dominant; gA p
103             "caption_fr": "<h4>Système ANMOOR</h4> anA présent et dominant; gA p
104             "caption_it": "<h4> Sistema ANMOOR </h4> anA presente e dominante; g
105             "asset_path": [
106               "assets/images/humus_systems_and_forms/anmoor/ans_anmoor.jpg"
107             ],
108             "leaf": "ANMOOR"
```

Figura 4: parte del codice dove è presente l'albero decisionale

Lo schema logico del modello ad albero, all'interno del codice, viene applicato per creare quella che sarà la chiave di classificazione dell'applicazione per smartphone "TerrHum". La chiave di classificazione ha come obiettivo quello di determinare il sistema di humus e la relativa forma di humus.

Associando il modello ad albero del codice ai sistemi e forme di humus, si potrebbe dire che i rami (branches) sarebbero le possibili scelte dell'utente dei sistemi di humus fino ad arrivare alla foglia (leaf), la quale rappresenta, come detto in precedenza, la decisione finale e in questo caso la forma di humus di un determinato sistema.

Per avere un'idea ottimale del modello ad albero e dei sistemi di humus legati ad esso, viene proposto un esempio, con le relative figure associate, in cui si spiega il percorso all'interno del codice. Esso parte dalla scelta o meglio dai rami iniziali che sono i due sistemi di tipo terrestre o semiterrestre e si arriva alla forma di humus (si prende come esempio la forma di humus terrestre Eumesoamphi).

Nella prima fase del percorso, il codice presenta due "branches" che vengono identificati con i numeri "1" e "2" (figura 5a e 5b) e fanno riferimento rispettivamente ai sistemi semiterrestri e terrestri.

```
89 "branches": {
90   "1": {
91     "caption_en": "<h4>SEMITERRESTRIAL (Moor) systems</h4>Presence of dominant anA or HS or HM or HF horizon (examples in HOR) within the first 40 cm",
92     "caption_fr": "<h4>Systèmes SEMITERRESTRES (Moor) </h4>Présence d'un horizon dominant anA ou HS ou HM ou HF (exemples dans HOR) dans les premiers 40 cm",
93     "caption_it": "<h4>Sistemi SEMITERRESTRE (Moor) </h4> Presenza di un orizzonte che domina un A o HS o HM o HF (esempi in HOR) nei primi 40 cm",
94     "prompt_en": "<p>Submerged and/or water saturated for more than a few months per year</p><p>Diagnostic characters:</p><p>dominance of anA, or zoHS, or zoHM, or zoHF</p>",
95     "prompt_fr": "<p>Submergé et/ou saturé en eau pendant plus de peu de mois par an</p><p>Caractères diagnostiques:</p><p>dominance de anA, ou zoHS, ou zoHM, ou zoHF</p>",
96     "prompt_it": "<p>Sommerso e/o saturato con acqua per più di pochi mesi all'anno</p><p>Caratteristiche diagnostiche:</p><p>dominanza di anA, o zoHS, o zoHM, o zoHF</p>",
97     "asset_path": [
98       "assets/images/humus_systems_and_forms/decision_tree/answer_moor_gen.jpg"
```

Figura 5a: parte del codice con le caratteristiche principali del sistema semiterrestre (ramo 1)

```
148 "2": {
149   "caption_en": "<h4>TERRESTRIAL (Non-Moor) systems</h4>Presence of A or AE or OH or nozOF and absence of HS, HM, HF horizons (examples in HOR)",
150   "caption_fr": "<h4>Systèmes TERRESTRES (Non-Moor)</h4>Présence d'horizons A ou AE ou OH ou nozOF et absence d'horizons HS, HM, HF (exemples dans HOR)",
151   "caption_it": "<h4>Sistemi TERRESTRE (Non-Moor)</h4> Presenza di orizzonti A o AE o OH o nozOF e assenza di orizzonti HS, HM, HF (esempi in HOR)",
152   "prompt_en": "<p>Check on profile and touch the screen:</p><p>zoOH or szoOH or nozOF PRESENT</p>",
153   "prompt_fr": "<p>Vérifier sur le profil et toucher l'écran:</p><p>zoOH ou szoOH ou nozOF PRÉSENTS</p>",
154   "prompt_it": "<p>Controllare sul profilo e toccare lo schermo:</p><p>zoOH o szoOH o nozOF PRESENT</p>",
155   "asset_path": [
156     "assets/images/humus_systems_and_forms/decision_tree/answer_terrestrial_gen.jpg"
```

Figura 5b: parte del codice con le caratteristiche principali del sistema terrestre (ramo 2)

Considerando come esempio il secondo ramo (identificato con il numero 2) dei sistemi terrestri, il percorso si apre ad altre scelte. Queste ultime sono sempre identificate da un numero (ad esempio 1,2,3 ecc). In questa fase del percorso, c'è un ramo relativo ai sistemi di tipo Mull che sono identificati come "21" (figura 6a). Nel codice esiste un altro ramo parallelo identificato come "22" il quale consiste nei sistemi "Non-Mull" (figura 6b).

```

158 "branches": {
159   "21": {
160     "caption_en": "<h4>NO = MULL humus system</h4>OH: absent; maA or meA: present; Hydro gA: possible",
161     "caption_fr": "<h4>NON = Système d'humus MULL</h4>OH : absents; maA ou meA: présents; Hydro gA: possible",
162     "caption_it": "<h4>NO = Sistema di humus MULL</h4>OH: assente; maA o meA: presente; Hydro gA: possibile",
163     "prompt_en": "<p>MULL central diagnostic characters:</p><p> 1. absence of an OH horizon and;</p>2. presence of a zoogenic",
164     "prompt_fr": "<p>Caractères diagnostiques essentiels du MULL:</p><p> 1. absence d'un horizon OH et ;</p> 2. présence d'un",
165     "prompt_it": "<p>Caratteristiche diagnostiche essenziali del MULL: </p> <p> 1. assenza di un orizzonte OH e; </p> 2. pres",
166     "asset_path": [
167       "assets/images/humus_systems_and_forms/decision_tree/answer_mull2_en.jpg"

```

Figura 6a: parte del codice e ramo relativo al sistema terrestre Mull (ramo 21)

```

217 "22": {
218   "caption_en": "<h4>YES = NON-MULL systems</h4>zoOH or/and szoOH or/and nozOF: present; Hydro gOH, gA: possible",
219   "caption_fr": "<h4>OUI = Systèmes NON-MULL</h4>zoOH et/ou szoOH et/ou nozOF: présents; Hydro gOH, gA: possibles",
220   "caption_it": "<h4>SI = Sistemi NON-MULL</h4> zoOH e/o szoOH e/o nozOF: presente; Hydro gOH, gA: possibile",
221   "prompt_en": "<p>Choose (touch) the picture:</p><p>AMPHI and TANGEL or MODER and MOR</p>",
222   "prompt_fr": "<p>Choisir (toucher) l'image:</p><p>AMPHI et TANGEL ou MODER et MOR</p>",
223   "prompt_it": "<p>Scegli (tocca) l'immagine:</p><p>AMPHI e TANGEL o MODER e MOR</p>",
224   "asset_path": [
225     "assets/images/humus_systems_and_forms/decision_tree/answer_not_mull2_en.jpg"

```

Figura 6b: parte del codice e ramo relativo ai sistemi terrestri Non-Mull (ramo 22)

Considerando il ramo "22" ovvero quello relativo ai sistemi terrestri Non-Mull, da esso si suddividono due ulteriori ramificazioni identificate sempre con i numeri 1 e 2. Queste ramificazioni comprendono da una parte i sistemi di humus terrestri Amphi e Tangel (ramo 221) e dall'altra i Moder e Mor (individuabili con il ramo 222) come si nota nella figura 7a e 7b.

```

227 "branches": {
228   "221": {
229     "caption_en": "<h4>AMPHI and TANGEL systems</h4>zoOF and zoOH: present; nozOF: absent; szoOH: possible; A horizon: often present, often zoogenic; parent",
230     "caption_fr": "<h4>Systèmes AMPHI et TANGEL</h4>zoOF et zoOH: présents; nozOF: absent; szoOH: possible; horizon A: souvent présent, souvent zoogène; mat",
231     "caption_it": "<h4>Sistemi AMPHI e TANGEL</h4> oOF e zoOH: presente; nozOF: assente; szoOH: possibile; orizzonte A: spesso presente, spesso zoogenico; m",
232     "prompt_en": "Choose AMPHI or TANGEL (or Back):",
233     "prompt_fr": "Choisir AMPHI ou TANGEL (ou Retour):",
234     "prompt_it": "Scegli AMPHI o TANGEL (o Indietro):",
235     "asset_path": [
236       "assets/images/humus_systems_and_forms/decision_tree/answer_amphi_tangel2.jpg"

```

Figura 7a: parte del codice e ramo relativo ai sistemi terrestri Amphi e Tangel (ramo 221)

```

330 "222": {
331   "caption_en": "<h4>MODER and MOR systems</h4>zoOH or szoOH: present ; nozOF: possible ; A or E: possible; gOH, gA: possible ; parent material: acidic",
332   "caption_fr": "<h4>Systèmes MODER et MOR</h4>zoOH ou szoOH présents ; nozOF: possible ; A ou E: possibles ; gOH, gA: possibles ; matériel parental: acide",
333   "caption_it": "<h4>Sistemi MODER e MOR </h4> zoOH o szoOH: presente ; nozOF: possibile ; A o E: possibile; gOH, gA: possibile ; materiale originario: acido",
334   "prompt_en": "Choose MODER or MOR (or Back);",
335   "prompt_fr": "Choisir MODER ou MOR (ou Retour);",
336   "prompt_it": "Scegli MODER o MOR (o Indietro);",
337   "asset_path": [
338     "assets/images/humus_systems_and_forms/decision_tree/answer_moder_mor2_en.jpg"

```

Figura 7b: parte del codice e ramo relativo ai sistemi terrestri Moder e Mor (ramo 222)

Analizzando il ramo relativo dei sistemi Amphi e Tangel, si può dire che esso si suddivide ulteriormente in due rami e identificati sempre con i numeri 1 e 2. Nel codice il ramo dell'Amphi (figura 8) viene numerato come "2211" mentre quello del Tangel come "2212".

```

238 "branches": {
239   "2211": {
240     "caption_en": "<h4>AMPHI humus system</h4>maA or meA or miA: present; zoOH: present; thickness of A ≥ ½ thickness of OH; gOH, gA: absent",
241     "caption_fr": "<h4>Système d'humus AMPHI</h4>maA ou meA ou miA: présents; zoOH: présent; épaisseur de A ≥ ½ épaisseur de OH; gOH, gA: absent",
242     "caption_it": "<h4>Sistema di humus AMPHI</h4>maA o meA o miA: presente; zoOH: presente; spessore di A ≥ ½ spessore di OH; gOH, gA: assente",
243     "prompt_en": "<p>AMPHI central diagnostic characters: </p><p> 1. presence of both zoogenic OH and OF horizons and;</p>2. high amount of large (> 1 mm)",
244     "prompt_fr": "<p>Caractères diagnostiques essentiels de l'AMPHI : présence conjointe d'horizons A et OH zoogènes et ; </p>2. abondance d'agrégats (> 1",
245     "prompt_it": "<p>Caratteristiche diagnostiche essenziali dell'AMPHI : presenza congiunta di orizzonti zoogenici A e OH e; </p>2. abbondanza di aggregat",
246     "asset_path": [
247       "assets/images/humus_systems_and_forms/decision_tree/answer_amphi2.jpg"

```

Figura 8: parte del codice e ramo relativo al sistema Amphi (ramo 2211)

L'ultimo livello dell'albero di decisione riguarda i rami che portano alla foglia e quindi alla decisione e risultato finale. In questo caso, considerando il ramo relativo al sistema Amphi, esso porta a 4 rami finali con le relative foglie identificati con i numeri che vanno da 1 fino a 4.

Per arrivare alla foglia (leaf) presa come esempio, che rappresenta la forma di humus denominata "Eumesoamphi", si sceglie il terzo ramo e quindi la terza scelta disponibile tra le quattro. Esso viene identificato con il numero 3 e quindi è il ramo "22113" come si può notare nella figura 9.

```

268 "22113": {
269   "caption_en": "<h4>Eumesoamphi</h4>maA or (meA + miA): present ; zoOH : continuous, thickness < 3cm",
270   "caption_fr": "<h4>Eumésosamphi</h4>maA ou (meA + miA) : présents ; zoOH : continu, épaisseur de < 3cm",
271   "caption_it": "<h4>Eumesoamphi </h4> maA o (meA + miA): presente ; zoOH: continuo, spessore < 3 cm",
272   "asset_path": [
273     "assets/images/humus_systems_and_forms/amphi/eumeso/4_eumeso_sard_020_1024_en.jpg"
274   ],
275   "leaf": "EUMESOAMPHI"

```

Figura 9: parte del codice e ramo finale (22113) relativo alla forma di humus Eumesoamphi

Nelle figure elencate, che rappresentano le parti del codice, sono inserite le caratteristiche di quel determinato sistema o forma di humus in tre lingue diverse ovvero l'inglese, il francese e l'italiano.

Un elemento importante da aggiungere è che nel codice, oltre al modello ad albero decisionale indispensabile per la chiave di classificazione dei sistemi di humus dell'app TerrHum, è presente anche la documentazione necessaria che potrebbe essere consultata nell'applicazione durante la classificazione.

Per avere un'idea di come sia presentata la documentazione nel codice, viene preso come esempio (figura 10) il profilo del suolo con le relative caratteristiche.

```
486 "PROFILE": {
487   "name_en": "Profile",
488   "name_fr": "Profil",
489   "name_it": "Profilo",
490   "assets": [
491     {
492       "path": "assets/images/keys_of_classification/general/profile/hucoli.jpg",
493       "description_en": "Subdivision of the soil profile in Humipedon (O and A horizons), Copedon (B, E) and Lithopedon (C, R)",
494       "description_fr": "Subdivision du profil de sol en Humipédon (horizons O et A), Copédon (B, E) et Lithopédon (C, R)",
495       "description_it": "Suddivisione del profilo del suolo in Humipédon (O e A orizzonti), Copedon (B, E) e Lithopedon (C, R)",
496     },
497     {
498       "path": "assets/images/keys_of_classification/general/profile/profile.jpg",
499       "description_en": "Soil and humus profiles with their main diagnostic horizons",
500       "description_fr": "Profils de sol et d'humus avec leurs principaux horizons diagnostiques",
501       "description_it": "Profili di suolo e humus con i loro principali orizzonti diagnostici",
502     },
503     {
504       "path": "assets/images/keys_of_classification/general/profile/profil_terr.jpg",
505       "description_en": "Terrestrial soil profile subdivided in three units: Humipedon, Copedon and Lithopedon. Each unit is in turn divided into diagnostic horizons",
506       "description_fr": "Profil de sol Terrestre subdivisé en trois unités: Humipédon, Copédon et Lithopédon. Chaque unité est à son tour partagée en horizons diagnostiques",
507       "description_it": "Profilo del suolo Terrestre suddiviso in tre unità: Humipédon, Copedon e Lithopedon. Ogni unità è a sua volta suddivisa in orizzonti diagnostici",
508     },
509     {
510       "path": "assets/images/keys_of_classification/general/profile/profil_moor.jpg",
511       "description_en": "Semi-terrestrial soil profile subdivided in Humipedon, Copedon and Lithopedon and in composing diagnostic horizons",
512       "description_fr": "Profil de sol Semi-terrestre subdivisé en Humipédon, Copédon et Lithopédon avec les horizons diagnostiques qui les composent",
513       "description_it": "Profilo del suolo Semi-terrestre suddiviso in Humipédon, Copedon e Lithopedon con gli orizzonti diagnostici che li compongono",
514     }
515   ]
516 }
```

Figura 10: parte del codice con la documentazione relativa ai profili di suolo

Il laureando ha dato un piccolo contributo nello sviluppo dell'applicazione. Egli ha eseguito il lavoro di copiare le descrizioni da un file Word (in lingua francese e italiana) relative alla chiave di classificazione dei sistemi e forme di humus, della documentazione e "incollare" ciascuna descrizione all'interno del codice di sviluppo "Sublime text 3".

2.2 Struttura di TerrHum

L'applicazione TerrHum, come detto nell'introduzione, permette di classificare il suolo (i primi 30 centimetri) e quindi determinare il sistema e forma di humus appartenente ad esso.

TerrHum si può scaricare facilmente e in modo completamente gratuito da smartphone con sistema operativo Android da "Play Store" o iOS da "App Store" in lingua inglese, francese e italiana. L'applicazione può funzionare tranquillamente senza che sia necessaria la connessione ai dati mobili dello smartphone e quindi utilizzabile in modalità offline.

Per un accurato grado di comprensione riguardante la struttura e funzionamento dell'applicazione vengono utilizzati degli screenshot presi da smartphone con sistema operativo Android.

Si sottolinea il fatto che, sebbene l'app riguardi sistemi di humus sia terrestri che semiterrestri, verranno presi come esempi illustrativi principalmente quelli terrestri.

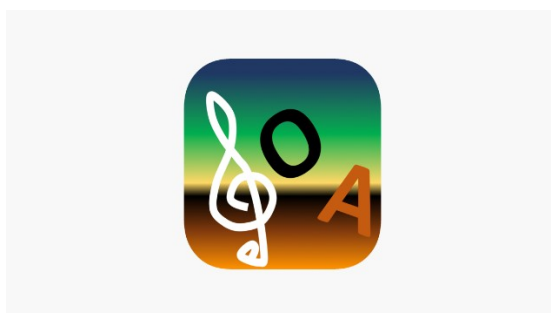


Figura 11: logo principale di TerrHum

La figura 12a, rappresentata da uno screenshot preso da smartphone, è la schermata iniziale che compare al momento dell'apertura dell'App.

La prima cosa che si può fare è la selezione della lingua e oltre a questa funzione basilare è possibile utilizzare la "chiave della classificazione" cliccando sul tasto apposito per procedere con la determinazione del sistema e della forma di humus di quel determinato suolo.

Cliccando su di essa appare successivamente un'altra schermata (figura 12b) nella quale l'utente, analizzando inizialmente il profilo di suolo che si trova davanti, deve scegliere tra i sistemi di humus semiterrestri o i terrestri. Per capire a quale sistema si riferisca la porzione di suolo presa in esame, l'utente dovrebbe analizzare gli orizzonti diagnostici che sono indicati nell'applicazione. Ad esempio, se fossero presenti l'orizzonte organico OH o gli orizzonti organo-minerali A o AE, il sistema di humus da considerare è quello terrestre.

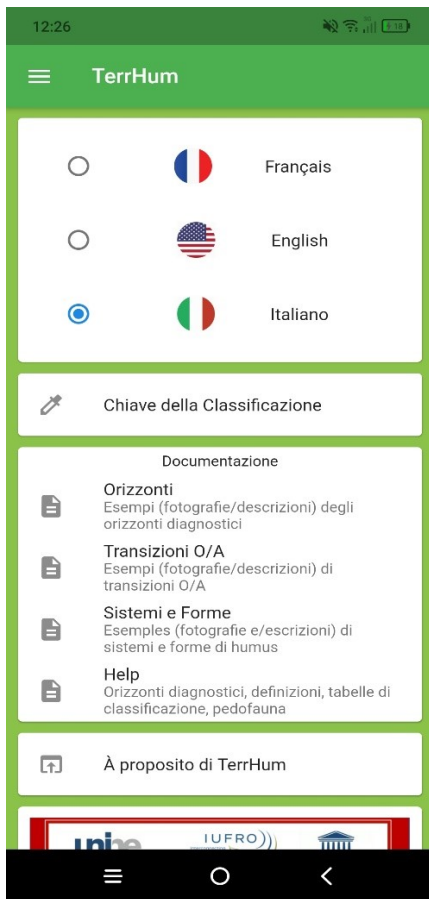


Figura 12a: schermata iniziale app



Figura 12b: chiave di classificazione app

Nell'applicazione TerrHum è presente, oltre alla chiave di classificazione, la documentazione. Quest'ultima racchiude degli esempi fotografici con le relative descrizioni approfondite riguardanti gli orizzonti, i vari tipi di transizione tra gli orizzonti, i sistemi e forme di humus. Inoltre su "Help" (che si può notare nelle figure 12a e 12b) si possono consultare tabelle e diagrammi. La documentazione è possibile trovarla nella schermata principale dell'applicazione e nella parte bassa dello schermo all'interno della chiave della classificazione.

Uno degli obiettivi e scopi della documentazione è il fatto di poter essere consultata facilmente anche da un principiante. Ad esempio si potrebbero avere delle difficoltà nel riconoscimento degli orizzonti diagnostici come la distinzione tra l'orizzonte OH ed A e toccando nel display la voce "Transizione" può consultarsi con gli esempi fotografici e le descrizioni dei tre tipi di transizione (figura 13a e 13 b). Nella figura 13b sono rappresentate delle foto con le relative descrizioni della transizione molto netta.



Figura 13a : documentazione



Figura 13b : esempi fotografici

Continuando l'analisi riguardante la chiave della classificazione dell'applicazione e supponendo di considerare il sistema terrestre, nel passo successivo compaiono due scelte possibili da fare.

In base alla presenza o meno dell'orizzonte OH si deve scegliere tra i sistemi di humus di tipo Mull (OH assente) e i sistemi Non-Mull (OH presente). Questi ultimi sono i sistemi di humus Amphi e Tangel oppure i Moder e Mor.

Se la persona che sta effettuando la prova in campo non trova l'orizzonte OH, allora si considera il sistema di humus terrestre di tipo Mull. Toccando sul display "Selezionare" (figura 14a), appare un'altra schermata (figura 14b) nella quale sono descritte le caratteristiche diagnostiche essenziali del Mull (parte in alto dello schermo) e scorrendo con il dito sul display si trovano le forme di humus di quel sistema con le relative foto (le quali si possono ingrandire a piacimento). Infine, toccando nuovamente "Selezionare" nella forma di humus desiderata (ad esempio Eumull), appare la descrizione finale di essa (figura 14c).

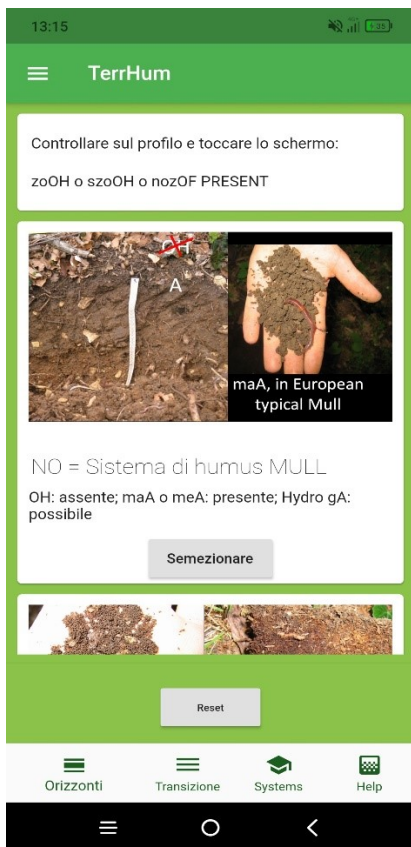


Figura 14a: chiave di classificazione



Figura 14b: schermata forme di humus

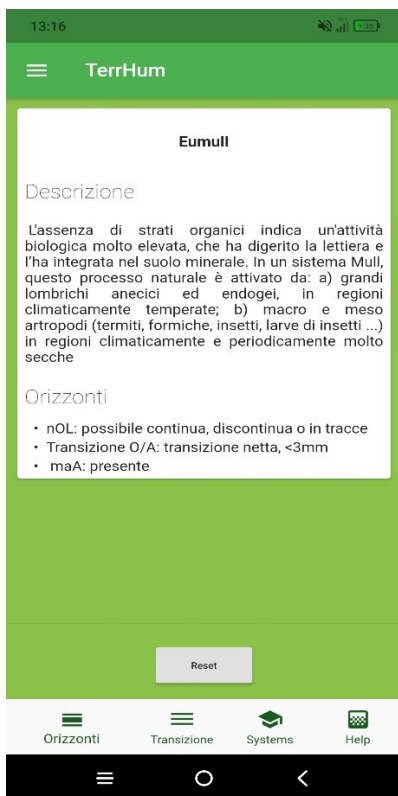


Figura 14c: descrizione forma di humus

L'applicazione TerrHum, oltre a permettere la classificazione dei sistemi e forme di humus, permette una consultazione approfondita di altri aspetti. Per esempio, se l'utente volesse approfondire la pedofauna e in particolare conoscere alcune specie di lombrico, toccando sul display la voce "Help" e successivamente "Pedofauna e coproliti" ed "Earthworms" (figura 15a), egli avrebbe accesso alle fotografie accompagnate dalle relative descrizioni (figura 15b).

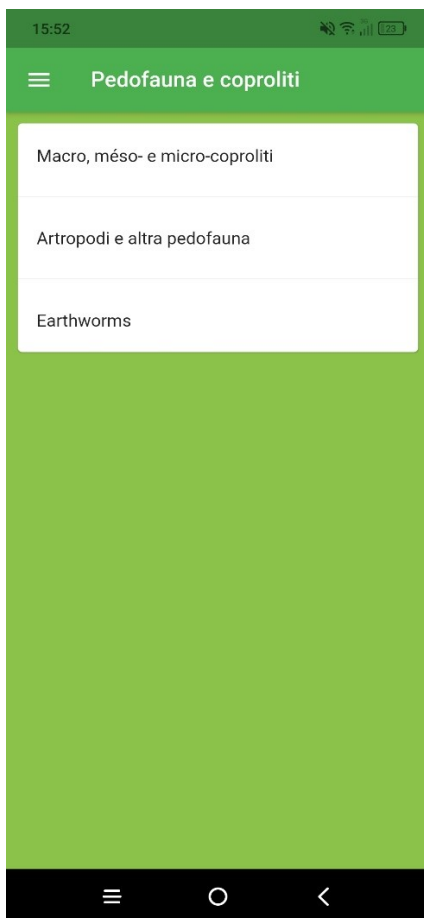


Figura 15a: pedofauna e coproliti



Figura 15b: esempi di pedofauna

3 Inquadramento, descrizione e risultati delle prove in campo

Nel capitolo precedente sono stati presentati il codice di sviluppo, la struttura e funzionamento di TerrHum. Lo step successivo prevede l'utilizzo dell'applicazione su alcune foreste venete nelle quali si cercano di determinare il sistema e forma di humus relativi. In questo capitolo sono descritte e analizzate due prove effettuate nella provincia di Vicenza.

La prima prova nel campo è stata eseguita a livello collinare in un bosco dei Colli Berici mentre la seconda prova in foresta, in prossimità dell'altopiano di Asiago.

Entrambe le prove prevedono un'analisi iniziale del clima e della vegetazione indispensabili per trovare e capire la forma di humus relativa. Successivamente si procede scavando nel terreno una buca profonda circa 30 cm corrispondente al suolo denominato in precedenza come Humipedon. Infine, dopo un'attenta analisi degli orizzonti organici e organico-minerali si utilizza la chiave di classificazione ed eventuale documentazione presente nell'applicazione TerrHum per trovare la forma di humus.

3.1 Analisi del clima e vegetazione della prima prova

La prima prova è stata svolta ad un'altitudine di circa 240 m.s.l.m. in un bosco dei Colli Berici situato a Perarolo, frazione del comune di Arcugnano (VI).

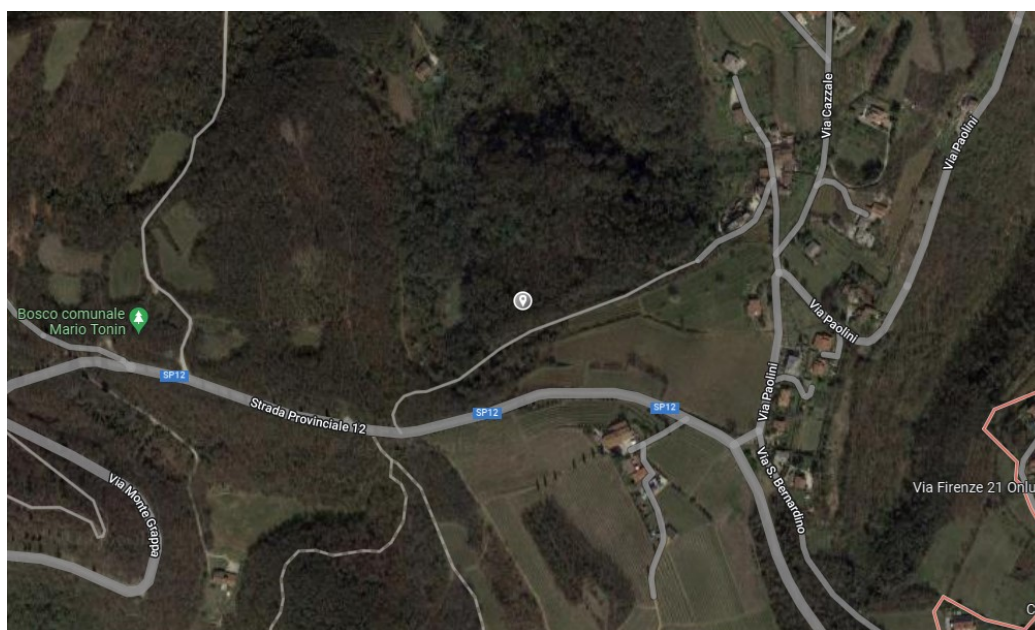


Figura 16: foto satellitare del bosco di Perarolo

Prima di descrivere nel dettaglio la vegetazione, i parametri del bosco oggetto di studio e gli aspetti della prova in campo, è necessario delineare il clima dei Colli Berici.

L'area complessiva di queste colline appartiene alla zona subalpina. I rilievi collinari si rivolgono in parte verso la zona prealpina mentre nell'altra verso la pianura veneta. Il clima della pianura mostra le caratteristiche principali del clima temperato subcontinentale ma viene influenzato dal mare il quale mitiga i caratteri di continentalità. Come risultato avremmo gli inverni meno rigidi e l'escursione annua meno pronunciata rispetto alle zone più interne della pianura padana.

I Colli Berici si elevano isolati nella pianura vicentina e il clima risulta temperato. Ciò è dovuto alla concomitanza tra le influenze di tipo continentale e marittimo. La pianura sottostante che circonda i colli presenta condizioni climatiche omogenee, mentre nell'area collinare sono presenti dei microclimi locali dovuti alla differente esposizione dei versanti, frequenti affioramenti rocciosi e notevole diversità della copertura vegetale (Tasinazzo e Dal Lago, 1999).

Per analizzare il clima del bosco oggetto di studio e per spiegare la forma di humus trovata, è stato realizzato un diagramma ombrotermico (figura 17) con le temperature e precipitazioni medie di 12 mesi (Tabella 1). L'anno preso come riferimento è il 2021.

I valori climatici sono stati presi dalla stazione meteo di Sant'Agostino (VI) situata a 29 m.s.l.m. forniti dal sito dell'Arpav (www.arpa.veneto.it).

Prima di commentare il diagramma si deve sottolineare che, sebbene non ci siano delle grosse differenze di altitudine tra la stazione e il bosco in cui è stata effettuata la prova (altitudini rispettive di 29 m.s.l.m. e 240 m.s.l.m.) la temperatura cade di 0,7 °C ogni 100 m di altitudine. Inoltre è da considerare che il bosco oggetto di studio presenta un'esposizione più fredda in quanto è situato verso Nord.

Allo stesso livello di altitudine, un punto a Sud e uno a Nord potrebbero avere forme di humus diverse. Per esempio a nord si potrebbe trovare un orizzonte OF o una lettiera più spessi rispetto a quelli esposti a Sud.

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
T media (°C)	2,4	6,6	8,3	11,4	15,9	23,8	23,9	22,9	19,5	12,5	8,7	3,4
Precipitazioni (mm)	176	40,6	1,6	96,4	163,4	17	106,4	53	22,2	52,2	168,8	50,8
Media del periodo	13,3	°C										

Tabella 1: Temperature e precipitazioni medie del 2021 (stazione di Sant'Agostino)

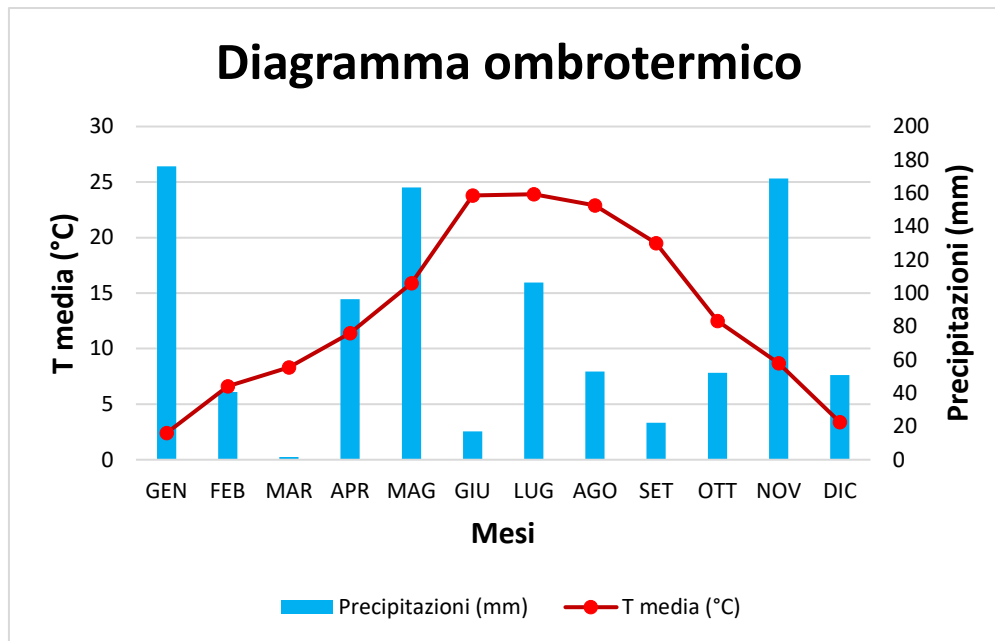


Figura 17: diagramma ombrotermico stazione di Sant'Agostino (VI)

Considerando il diagramma ombrotermico della figura 17, è possibile individuare l'andamento delle medie mensili delle precipitazioni (evidenziato dalle colonne azzurre e come asse delle ordinate di riferimento quello a destra). Nell'asse delle ascisse sono rappresentati i mesi.

Come si può notare i massimi delle precipitazioni medie mensili dell'anno 2021 sono registrati in due periodi ovvero quello primaverile (in particolare nel mese di maggio) e il secondo autunnale (nel mese di novembre). Inoltre nel 2021 si è verificato un altro massimo delle precipitazioni medie ricadente nel mese di gennaio e che presenta un valore di poco superiore ai primi due.

Analizzando invece i valori minimi, si può dedurre dal grafico che essi ricadano nel periodo estivo ad eccezione del mese di luglio nel quale il valore medio delle precipitazioni supera i 100 mm. Un altro valore minimo si è verificato nel mese di marzo con le precipitazioni praticamente assenti.

Il regime pluviometrico dell'area berica si può dire che sia una via di mezzo tra quello marittimo e continentale.

Per quanto riguarda l'andamento delle temperature medie mensili del 2021 (rappresentate nel diagramma dalla linea rossa e come asse delle ordinate di riferimento quello a sinistra), si può dire che i valori minimi si siano registrati a gennaio con una temperatura media di 2,4 °C e a dicembre con 3,4°C. I valori massimi sono stati registrati nel mese di luglio con 23,9 °C e a giugno con 23,8 °C.

L'andamento delle temperature medie mensili dell'area berica è analogo a quello della pianura circostante.

Nel bosco in cui è stata svolta la prova per classificare la forma di humus del suolo, sono stati individuati alcuni parametri fondamentali come la pendenza, l'esposizione, la percentuale di copertura arbustiva, erbacea e delle chiome, la presenza o meno di rinnovazione forestale. Inoltre sono state determinate la formazione vegetale, le specie arboree, arbustive ed erbacee presenti nell'area di studio.

Il bosco, come affermato in precedenza, presenta un'esposizione a Nord con una pendenza elevata. Si stima che la percentuale di copertura delle chiome sia intorno all'80%, mentre quella arbustiva ed erbacea sia rispettivamente del 30% e del 20%.

La formazione vegetale individuata è il castagneto. Una curiosità interessante è che, nel corso dei secoli, nei Colli Berici è stato diffuso e selezionato dall'uomo per goderne del frutto (la castagna) e del legname di ottima qualità. In conseguenza a tale scelta, il castagno ha invaso su alcuni territori, gli ambienti di altre specie legnose sostituendosi progressivamente.

Tra le specie arboree principali rinvenute all'interno di questa formazione vegetale è presente appunto il castagno (*Castanea sativa* Mill) il quale è una pianta che si trova principalmente nelle esposizioni più fresche e alle stazioni più fertili (Tasinazzo e dal Lago, 1999).

Si trovano inoltre alcune piante di acero campestre (nome latino *Acer campestre* L.), acero di monte (*Acer pseudoplatanus* L.), ciliegio (*Prunus avium* L.), orniello (*Fraxinus ornus* L.) e la robinia (*Robinia pseudoacacia* L.).

All'interno del bosco, tra le specie arbustive rinvenute troviamo il sambuco comune (*Sambucus nigra* L.), il corniolo (*Cornus mas* L.), il nocciolo (*Corylus avellana* L.), il pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.), il biancospino comune (*Crataegus monogyna*) e specie plurime di rovo (*Rubus spp.*)

Siccome la prova nel bosco è stata svolta nel periodo primaverile, sono state individuate un paio di specie erbacee con il relativo fiore. La prima specie che si trova abbondantemente è l'aglio orsino (*Allium ursinum* L.) e la seconda specie è la falsa ortica purpurea (*Lamium purpureum* L.).

La rinnovazione all'interno del castagneto è assente per il semplice fatto che non sono presenti piantine giovani della stessa specie (in riferimento alla pianta di castagno) ma piantine di specie diverse. Si potrebbe quindi ipotizzare che in futuro non si parli appunto di rinnovazione ma di "successione".

3.2 Classificazione forma di humus prima prova

Dopo una breve analisi del clima, dei parametri fondamentali del bosco, dell'individuazione della formazione vegetale e delle specie presenti all'interno di essa, si può continuare con la classificazione della forma di humus del suolo relativo con l'utilizzo dell'applicazione TerrHum.

Come primo punto fondamentale si procede scavando una buca profonda circa 30 cm con una pala. Si è cercato di scavare in modo tale da non rovinare e alterare gli orizzonti diagnostici per non compromettere la classificazione.

Prima di scavare la buca, si è proceduto con l'individuazione e l'analisi della lettiera. Da quanto si evince dall'introduzione, essa corrisponde all'orizzonte organico più superficiale che viene appunto abbreviato come OL. Esistono due tipologie di lettieri ovvero la nOL che corrisponde alla lettiera più recente e la vOL meno recente. Si considera OL quando il materiale organico fine (detto anche componente umica) rappresenta meno del 10% del volume dell'orizzonte e quindi i residui che risultano essere ben identificabili sono superiori al 10% fino al 100% come nel caso della lettiera indecomposta (A.Zanella et al.,2018).

Nella prova effettuata nel bosco di Perarolo, si distingue nettamente l'orizzonte nOL in quanto tutti i residui e in particolare le foglie secche sono ben distinguibili nella loro interezza e non presentano una decomposizione in fase avanzata. Una cosa che si nota da questo tipo di orizzonte, come ben visibile nella figura 18, è il fatto di essere discontinuo e con la presenza di spazi vuoti in cui risulta assente.



Figura 18: orizzonte nOL in un castagneto di Perarolo

Non è stata riscontrata la presenza dell'orizzonte vOL, il quale corrisponde solitamente ad uno stato più avanzato di decomposizione della lettiera rispetto all'orizzonte nOL in quanto non sono stati trovati resti ben evidenti di foglie con il solo "scheletro" o agglomerate tra di loro da ife fungine.

Proseguendo con l'analisi degli orizzonti, nella prova effettuata non ci sono tracce dell'orizzonte OF. Infatti non erano presenti foglie frammentate, scheletrite od organi con solo delle parti visibili e non intere.

Essendo in un sistema di humus terrestre, proseguendo con l'utilizzo della chiave di classificazione dell'applicazione ci si trova di fronte ad una scelta da compiere. Essa consiste nello scegliere tra un sistema di humus di tipo Mull oppure Non-Mull. Come descritto in precedenza nell'introduzione, un sistema Mull non presenta un orizzonte OH che risulta quindi essere assente, mentre è presente nei sistemi Non-Mull.

Una caratteristica importante che contraddistingue un orizzonte OH rispetto agli altri tipi di orizzonti è che in esso i residui vegetali originari sono in gran parte irriconoscibili e la sostanza organica fine rappresenta più del 70% del volume (A.Zanella et al.,2018).



Figura 19: profilo di suolo con orizzonte A

Analizzando la foto scattata del profilo di suolo (figura 19) del bosco non risulta presente l'OH, che costituirebbe uno strato di colore nerastro e nettamente diverso e distinguibile dall'orizzonte A. Quindi l'orizzonte inferiore a quello nOL è A. Il sistema di humus che caratterizza questa area di studio si potrebbe dire che sia un Mull.

A confermare ulteriormente l'ipotesi che esso sia quel particolare sistema di humus, trovato effettuando la prova con TerrHum, sono le caratteristiche emerse dall'osservazione dell'orizzonte A. Si può notare subito che esso sia biomacrostrutturato (figura 20). Per definizione, si considera quest'ultimo quando il volume di bioaggregati risulta essere uguale o superiore per più di 1/3 del volume dell'orizzonte (A.Zanella et al.,2018). Sono presenti numerose deiezioni intorno ai 4 mm di diametro appartenenti probabilmente a lombrichi anecici e grandi endogei. La presenza di questa tipologia di pedofauna permette una degradazione molto veloce della lettiera (nOL) e ciò spiega la mancata formazione degli orizzonti organici OF e OH.



Figura 20: orizzonte A biomacrostrutturato

Durante lo scavo della buca è emerso un lombrico (figura 21). La classificazione della specie è risultata complessa perché non si riusciva a distinguere chiaramente ogni caratteristica. Sebbene non vi sia la certezza assoluta si pensa che il nome latino della specie sia "*Aporrectodea caliginosa*".

Il ritrovamento del lombrico risulta essere un ulteriore conferma che l'orizzonte A sia biomacrostrutturato e che il sistema di humus sia di tipo Mull.



Figura 21: foto raffigurante un lombrico (specie ipotizzata "Aporrectodea caliginosa")

Proseguendo con l'utilizzo della chiave di classificazione dell'applicazione, una volta trovato il sistema di humus, si determina la forma relativa tra cinque possibili. Confrontando le caratteristiche di ciascuna forma su TerrHum, quella che si avvicina maggiormente all'analisi è l'Eumull.

Il motivo di tale scelta è dovuto al fatto che questa forma di humus, del bosco in questione, presenti un orizzonte nOL discontinuo e che si distingue chiaramente dall'orizzonte A.

Dalle caratteristiche principali presenti nell'applicazione e con il confronto diretto sul terreno, si potrebbe dire che la transizione tra nOL e A sia netta e inferiore ai 3 mm. Una prova ulteriore del fatto che sia un Eumull è quello di avere, come detto in precedenza, un orizzonte A biomacrostrutturato.

Una considerazione importante da evidenziare è che la forma di humus, trovata durante la prova in campo, sia conforme al clima temperato di tipo subcontinentale dei Colli Berici. Difatti, analizzando nell'applicazione la descrizione finale della relativa forma trovata, viene riportato che l'assenza di strati organici sia un segnale di un'attività biologica molto elevata, che ha digerito la

lettiera e integrata nel suolo minerale. Questo processo naturale è attivato da lombrichi anecici ed endogei presenti in regioni climaticamente temperate.

Durante la prova effettuata nel bosco di Perarolo sono stati trovati alcuni punti del suolo dove l'orizzonte OL è stato alterato. La causa principale è il cinghiale, molto presente nei Colli Berici. Prima di analizzare il caso particolare riscontrato, è importante sottolineare che il mescolamento della superficie del suolo da parte dei mammiferi selvatici potrebbe portare al seppellimento dell'orizzonte organico O nell'orizzonte organico-minerale A sottostante. Questo comporterebbe difficoltà nel riconoscimento della forma di humus perché gli orizzonti organici sono scomparsi e/o hanno uno spessore variabile, mentre gli orizzonti A sembrano avere una struttura eterogenea (A.Zanella et al.,2018).

Mescolamento da mammiferi non evidente			Evidente mescolamento da mammiferi	
	Orizzonte diagnostico	Orizzonte A (mescolato con orizzonte organico)	Orizzonte diagnostico	Orizzonte A (mescolato con orizzonte organico)
Organico	OL	< 10%	wmOL	tra 10 e 20%
	OF	< 10%	wmOF	tra 10 e 35%
	OH	< 10%	wmOH	tra 10 e 50%
Organo-minerale	A	≥ 90%	Orizzonti OL+OF+OH (mescolati con orizzonte A)	Orizzonte A
			wmA	< 50% ≥ 50%

Figura 22: Dati in percentuale di orizzonti diagnostici mescolati da mammiferi in modo non evidente ed evidente

Nell'esercitazione effettuata nel bosco, luogo molto frequentato da cinghiali, si potrebbe dire che oltre all'orizzonte organico nOL sia presente in alcuni punti il wmOL (abbreviazione di "wild mammal organic litter"). Esso presenta un mescolamento tra l'orizzonte di tipo organico con l'orizzonte A. Analizzando le percentuali di mescolamento da mammiferi nella figura 22 si potrebbe dire che nel wmOL sia presente tra il 10 e 20% l'orizzonte A.

Una prova evidente di mescolamenti condotti dai cinghiali nella lettiera del bosco di Perarolo si possono notare nella figura 23. Essa è una fotografia scattata per evidenziare l'orizzonte wmOL. Viene stimato ad occhio che quest'ultimo sia mescolato con l'orizzonte organico-minerale in una percentuale di poco superiore al 10%.



Figura 23: fotografia raffigurante un orizzonte wmOL nel bosco di Perarolo

3.3 Analisi del clima e vegetazione della seconda prova

Oltre alla classificazione a livello collinare, effettuata nella prima prova in un bosco dei Colli Berici, la seconda prova nel campo consiste nella determinazione di una forma di humus ad un'altitudine superiore e a livello montano.

L'esercitazione è stata svolta in un bosco ad un'altitudine di 1000 m.s.l.m. in una località vicina ad Asiago (VI). Prima di procedere con l'utilizzo della chiave di classificazione di TerrHum, è necessario delineare brevemente il clima con le relative precipitazioni, temperature medie e la vegetazione del bosco oggetto di studio.

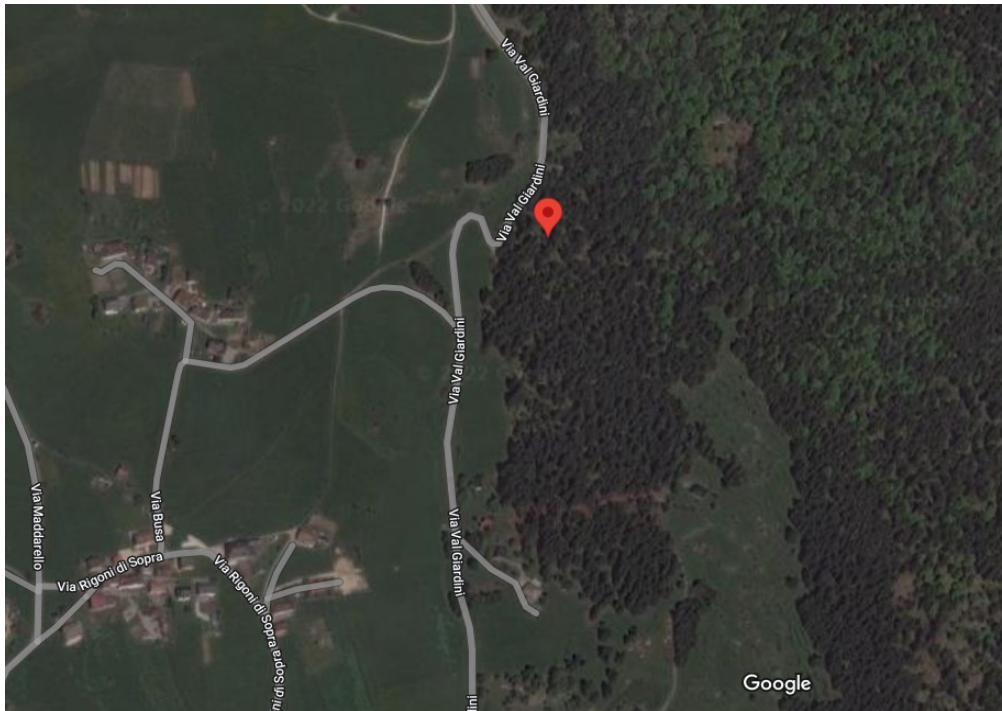


Figura 24: foto satellitare del bosco di Asiago della seconda prova in campo

Per delineare il clima del bosco di Asiago in cui viene classificata la forma di humus, è stato realizzato, come nella prima prova, un diagramma ombrotermico (figura 25) nel quale vengono rappresentati i valori (presenti nella tabella 2) delle precipitazioni e temperature medie di ogni mese dell'anno 2021.

Essi sono stati presi dalla stazione meteo dell'aeroporto di Asiago ad un'altitudine di 1000 m.s.l.m. forniti dal sito dell'Arpav (www.arpa.veneto.it).

Si sottolinea che sia per la stazione e il bosco in cui si è svolta la prova di classificazione, l'altitudine è la medesima e la distanza tra i due luoghi è molto breve. Non vi sono differenze tali da compromettere le considerazioni e le analisi climatiche del luogo oggetto di studio.

Nel diagramma i mesi vengono rappresentati tramite l'asse delle ascisse, mentre nelle ordinate sono rappresentate le temperature medie dalla linea rossa (asse delle ordinate di sinistra) e le precipitazioni medie dalle colonne azzurre (asse delle ordinate di destra).

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
T Media (°C)	-5,9	-0,2	1,4	3,8	8,8	15,9	16,6	15,4	12,6	6,2	3,3	-2,3
Precipitazioni (mm)	113,6	28,2	12,4	86,4	195,8	41,2	251,2	145	51,2	81,2	197,8	23,6

Tabella 2: Temperature e precipitazioni medie del 2021 (stazione meteo dell'aeroporto di Asiago)

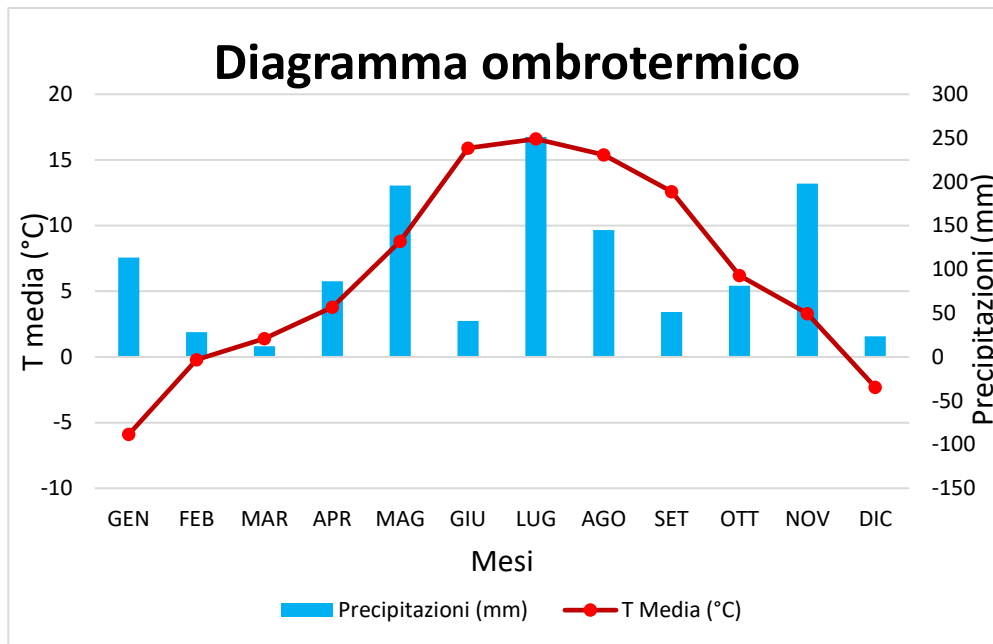


Figura 25: diagramma ombrotermico stazione dell'aeroporto di Asiago

Analizzando le precipitazioni medie nel diagramma ombrotermico della figura 25 (colonne azzurre), si nota che il valore più alto viene raggiunto nel mese di luglio con 251 mm di pioggia. Inoltre ci sono stati due mesi nei quali le precipitazioni hanno raggiunto quasi i 200 mm ovvero maggio e novembre mentre ad agosto si sono raggiunti i 145 mm di pioggia.

I valori più bassi si sono registrati in febbraio, marzo e dicembre al di sotto dei 30 mm.

Il regime pluviometrico si potrebbe dire che sia solstiziale estivo e quindi di tipo continentale con le precipitazioni che si verificano principalmente in estate.

Considerando la linea rossa che rappresenta come detto in precedenza i valori delle temperature medie mensili registrati, si nota che i più alti si sono registrati nei mesi estivi. A luglio la temperatura media è di 16,6 °C e a giugno e settembre lievemente inferiore ma sempre intorno ai 15/16 °C. Le temperature medie più basse sono state registrate nei mesi di gennaio e dicembre. I valori sono inferiori ai 0° C rispettivamente di -5,9°C e -2,3°C.

Nel bosco in cui è stata eseguita la classificazione della forma di humus sono stati individuati alcuni parametri importanti tra i quali l'esposizione, la pendenza e una stima ad occhio della percentuale di copertura arborea, arbustiva ed erbacea. Inoltre sono state identificate alcune specie arboree, arbustive ed erbacee nell'area di studio.

Il bosco presenta un'esposizione a Sud-Ovest e una pendenza media. La formazione vegetale è una pecceta.

Durante l'esercitazione, è stata fatta una stima della copertura arborea del 60%. Il punto in cui è stata eseguita la classificazione della forma di humus non era completamente coperto dalle chiome degli alberi e dall'ombra ma in parte illuminato dal sole. La percentuale di copertura arbustiva si aggira intorno al 30% mentre quella erbacea risulta essere più elevata e all'incirca l'80%.

Tra le specie arboree rinvenute si trova prevalentemente l'abete rosso (*Picea abies* L.). Inoltre è possibile trovare il sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia* L.), qualche pianta sporadica sia di larice (*Larix decidua* Miller) che di faggio (*Fagus sylvatica* L.).

Come detto in precedenza la percentuale di copertura arbustiva è molto bassa, sono stati individuati salici sotto forma di arbusto.

L'elevata percentuale di copertura erbacea è dovuta allo strato superficiale del suolo ricoperto in gran parte da *Graminacee*. Inoltre è stata trovata una specie facente parte della famiglia delle *Ranunculaceae* con il relativo fiore tra cui l'anemone trifogliata (*Anemone trifolia* L.). Quest'ultima vive generalmente su suoli basici con il pH basico-neutro.

3.4 Classificazione forma di humus seconda prova

Dopo avere stimato i parametri e individuato le specie presenti nella pecceta, si è proceduto con lo scavo di una buca profonda circa 20 cm per analizzare gli orizzonti diagnostici e successivamente è stata utilizzata la chiave di classificazione di TerrHum per determinare la forma di humus.

Durante lo scavo non è stato possibile andare oltre i 20 cm di profondità a causa del substrato roccioso presente nell'area.

Un'ipotesi emersa dalla presenza di questo tipo di substrato è che il suolo sia basico. Questa affermazione verrà confermata o smentita una volta trovato il sistema di humus della zona di studio.

Il sistema di humus è di tipo terrestre a causa della evidente presenza dell'orizzonte organico-minerale A. Una volta stabilito ciò, si prosegue con la chiave di classificazione dell'applicazione e ci si trova di fronte a due possibilità ovvero un sistema di tipo Mull oppure Non-Mull (per la scelta si considera sempre la presenza o meno dell'orizzonte OH).

Nel caso in questione, a differenza della prima prova sui Colli Berici in cui il sistema era un Mull, il profilo di suolo presenta un orizzonte OH ben evidente e di colore più scuro rispetto al colore marrone dell'orizzonte A (figura 26).

Da ciò si conclude che il sistema terrestre sia di tipo Non-Mull e si prosegue nella chiave di classificazione con altre due scelte possibili.



Figura 26: profilo di suolo individuato con i relativi orizzonti diagnostici

Dopo avere individuato l'orizzonte OH e stabilito che siamo in un sistema Non-Mull, la scelta successiva che propone la chiave di classificazione di TerrHum consiste tra due opzioni. La prima opzione sarebbe la scelta dei sistemi Amphi e Tangel presenti in suoli basici mentre la seconda i sistemi Moder e Mor di suoli acidi.

Analizzando il profilo di suolo della figura 26 si è visto che sono presenti, oltre a nOL e vOL, gli orizzonti zoogenici OF e OH (zoOF e zoOH) mentre risulta assente l'orizzonte nozOF. Quest'ultimo risulterebbe presente solamente se non venisse evidenziata alcuna attività zoogenica. Nel caso analizzato si nota chiaramente sia negli orizzonti organici che in quello organico-minerale attività zoogenica. Ad esempio sono presenti deiezioni maggiori di 1 mm in A.

Queste caratteristiche coincidono con quelle presenti nella chiave di classificazione quindi si presume che i sistemi siano Amphi o Tangel di suoli basici.

Il passo successivo che propone l'applicazione consiste nella scelta tra uno di questi due sistemi. La differenza che permette la distinzione tra di essi è lo spessore degli orizzonti OH e A.

Si considera un Amphi quando lo spessore dell'orizzonte organico-minerale A risulta essere almeno il doppio dell'orizzonte OH e viceversa un Tangel presenta un orizzonte OH doppio rispetto all'orizzonte A.

Analizzando la figura 26 si può notare che lo spessore di A sia più del doppio di OH e quindi nella chiave di classificazione dell'applicazione si considera un sistema Amphi.

Una volta determinato il sistema, lo step finale prevede la scelta della forma di humus del suolo analizzato. Il sistema Amphi si suddivide in 4 forme: il Leptoamphi, Eumacroamphi, Eumesoamphi, Pachyamphi.

La prima si distingue dalle altre per l'orizzonte A biomacrostrutturato e lo spessore OH inferiore di 1 cm. La seconda forma possiede un orizzonte A biomacrostrutturato ma lo spessore di OH potrebbe essere maggiore o uguale a 1 cm. La terza presenta un orizzonte A biomesostrutturato oppure sia biomesostrutturato che biomicrostrutturato e un orizzonte OH con spessore inferiore ai 3 cm. Infine la quarta elencata si differenzia dalla terza per lo spessore dell'orizzonte OH il quale risulta maggiore o uguale a 3 cm.

Per determinare la forma di humus del bosco di Asiago il procedimento è risultato complesso. Il motivo è dovuto al fatto che nel punto in cui è stata scavata la buca non esiste solamente una forma di humus, ma un "mosaico" più complesso nel quale sono presenti più forme.

La conclusione più probabile è che il profilo di suolo studiato sia un Eumacroamphi e un Eumesoamphi. Lo spessore dell'orizzonte OH risulta essere inferiore ai 3 cm mentre l'orizzonte A, come si vede nella figura 27, presenta delle deiezioni con diametri di diverse dimensioni (maggiore di 4 mm e tra 1-4 mm) e quindi esiste un limite nell'orizzonte organico-minerale tra il biomesostrutturato e biomacrostrutturato.



Figura 27: orizzonte A biomacrostrutturato e biomesostrutturato

La grandezza e la varietà differente del mosaico contenente i sistemi e le forme di humus dipende dall'area di studio considerata. Ad esempio se si considera una piccola porzione di suolo, verrà studiata nel dettaglio una sola forma di humus mentre se si considera una porzione in scala maggiore, la possibilità di trovare e analizzare in numero più elevato sistemi e forme di humus sarebbe più alta.

Nella prova in campo è stato analizzato un mosaico di forme di humus appartenenti al sistema Amphi.

Durante lo scavo è emersa la possibilità di analizzare ulteriormente un altro sistema di humus diverso dai sistemi sia terrestri (descritti nell'introduzione) che semiterrestri. Esso fa parte di un gruppo di sistemi di humus che vengono etichettati come "Para". I loro determinanti ecologici sono completamente diversi da quelli dei sistemi principali e sono legati ad habitat e coperture vegetali ben specifiche (A.Zanella et al., 2018).

Tra questi sistemi (sei in totale) viene preso in considerazione il sistema denominato "Rhizo".

Essi possiedono orizzonti diagnostici organici e organico-minerali quasi interamente costituiti da materiale radicale (vivo e morto). I sistemi di humus in cui più del 70% del volume (stimato ad

occhio nudo sul campo) del profilo di humus cumulativo è costituito da radici o da altre parti di piante sotterranee (A.Zanella et al., 2018).

Nel paragrafo di questo capitolo relativo all'analisi del clima e della vegetazione, viene riportato che la copertura erbacea stimata ad occhio sia intorno all'80%. La figura 28 rappresenta la lettiera superficiale nel punto del bosco in cui è stata effettuata la prova e si vede chiaramente la presenza di Graminacee (oltre alla presenza di foglie di abete rosso e muschio). In questo strato erbaceo ci sono tante radici avventizie appartenenti alla famiglia menzionata e si conclude che la parte superficiale potrebbe essere assegnata al sistema Rhizo. Le radici occupano circa 2/3 del volume dell'orizzonte corrispondenti ai primi centimetri superficiali sotto la lettiera.



Figura 28: lettiera del suolo oggetto di studio

4 Conclusioni

Dopo aver concluso le due prove nel campo e aver trovato tramite l'applicazione TerrHum le forme di humus, sono emersi dei punti in cui si evidenziano delle conferme riguardanti il funzionamento dell'applicazione. Inoltre, nel corso delle esercitazioni, sono sorti dei dubbi e delle perplessità da parte del laureando che potrebbero servire per un possibile miglioramento dell'applicazione.

Fondamentale, come primo punto, confermare la correttezza del funzionamento dell'applicazione nella chiave di classificazione. Ad esempio, come detto nel capitolo precedente, nella prima prova sui Colli Berici è stata trovata la forma di humus "Eumull". Essa, secondo la descrizione finale dell'applicazione, si trova in luoghi con clima temperato ed è coerente e coincidente con l'analisi del clima del posto di tipo temperato subcontinentale.

Un'altra conferma del funzionamento corretto dell'app riguarda la seconda esercitazione. Durante lo scavo della buca si è ipotizzato, vista la presenza di un substrato roccioso e di possibile natura calcarea, che il suolo fosse di tipo basico. Questa ipotesi è stata confermata durante l'utilizzo della chiave di classificazione di TerrHum dopo aver trovato il sistema di humus Amphi. Come descritto nell'introduzione esso si trova appunto in ambienti calcarei.

L'applicazione risulta molto utile per il semplice fatto che non serve conoscere il pH del suolo per determinare la forma di humus ma basta solamente consultare la chiave e la documentazione presente.

Nell'introduzione dell'elaborato è stato affermato che un gran numero di studenti presenta dei problemi e dei dubbi riguardanti la distinzione degli orizzonti diagnostici in particolare tra OH e A. Nella prima prova il problema non sussiste per l'assenza dell'orizzonte OH e la presenza unica di A. Nella seconda prova la distinzione dei due orizzonti è risultata immediata e ben distinta, il laureando non ha riscontrato problemi.

Sono emersi delle perplessità principalmente su tre punti. Secondo un'aspettativa iniziale, il principiante che si trova alle prime armi con l'utilizzo, la conoscenza dell'applicazione e delle forme di humus si aspetta di trovare, al momento della classificazione, solamente una sola forma di humus presente nel profilo di suolo analizzato. Ciò viene smentito durante la seconda prova in campo, quando si trova un mosaico di forme di humus dello stesso sistema. Questo rende la distinzione delle diverse forme molto complessa e con il rischio di commettere errori di analisi.

Una seconda perplessità emersa nel corso di entrambe le esercitazioni riguarda sempre la classificazione delle forme di humus. Un fattore da tenere in considerazione è la soggettività. Una

persona inesperta dovrebbe, le prime volte, andare in bosco con un esperto per avere la metrica giusta. In questo modo si evita di imbattersi in errori dovuti alla valutazione soggettiva durante l'analisi del profilo di suolo e nell'individuazione delle caratteristiche fondamentali degli orizzonti diagnostici.

Infine un'ultima difficoltà emersa (in questo caso durante la prima prova in campo) riguarda la determinazione degli orizzonti diagnostici disturbati da mammiferi come ad esempio i cinghiali. Risulta particolarmente difficile e con il rischio di commettere errori la determinazione e stima ad occhio delle percentuali di mescolamento degli orizzonti (ad esempio il mescolamento tra l'orizzonte A e l'orizzonte organico nOL).

In conclusione, nonostante i problemi e le perplessità elencati, l'applicazione risulta essere completamente affidabile e di notevole aiuto per un principiante. Il motivo è dovuto ad una chiave di classificazione dei sistemi e forme di humus di facile comprensione e per la presenza di una dettagliata documentazione facilmente consultabile.

5 Ringraziamenti

Desidero fortemente ringraziare i miei genitori e la mia ragazza Sara, per avermi sostenuto sempre e in ogni momento.

Ringrazio soprattutto mio nonno che, sebbene non sia più presente, ha sempre creduto in me e mi ha dato, e darà sempre la forza di andare avanti nel mio percorso.

6 Bibliografia

- A.Zanella et al., “Humusica 1, article 1: Essential bases – Vocabulary,” Appl. Soil Ecol., vol. 122, no. Part 1, pp. 10-21, Jan. 2018, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.07.004>
- A. Zanella et al., “Humusica 1, article 4: Terrestrial humus systems and forms — Specific terms and diagnostic horizons,” Appl. Soil Ecol., vol. 122, no. Part 1, pp. 56–74, Jan. 2018, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.07.005>
- A.Zanella et al., “Humusica 2, article 13: Para humus systems and forms”, Appl. Soil Ecol., vol.122, no. Part 2, pp. 181-199, Jan. 2018, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.043>
- A.Zanella et al., 2022. “A standardized morpho-functional classification of the planet’s humipedons”, June 2022. Accepted, under publication
- <https://www.arpa.veneto.it/>
- Humusica Group, 2022. TerrHum application 2022. From: Humusica Applied Soil Ecology Special issues vol. 122a and 122b, <https://www.journals.elsevier.com/applied-soil-ecology/special-issues>. Classification updated in December 2021. Android version (2022): Bronner T., Zanella A., Pousse N., TerrHum, Google Play, Education; original iOS application (2018, updated 2022): Zanella G., Zanella A., TerrHum, App Store, Education. Translated in French and Italian by: Tatti D., Ponge J.-F., Le Bayon R.-C., Chersich S., Stanchi S., Carollo L., Zanella A.
- Sequi P., Ciavatta C., Miano T., 2017: Fondamenti di Chimica del Suolo. Pàtron Editore, Bologna
- Tasinazzo S., Dal Lago A., 1999: Alberi ed arbusti dei Colli Berici – Guida al riconoscimento e all’ecologia. Tipografia Editrice Esca di Vicenza