

A cura di Laura Orian, Marina Gobbo, Giovanni Villani

EPISTEMOLOGIA  
E DIDATTICA  
DELLE DISCIPLINE

# Insegnare Chimica con Passione!

PADOVA  
**UP**

PADOVA UNIVERSITY PRESS



## **8. Alla scoperta del Suolo... presentazione di un ciclo di attività sperimentali per studenti delle scuole secondarie**

*Emilia Regni<sup>a</sup>, Marco Laveder<sup>b</sup>, Serenella Nardi<sup>c</sup>, Giuseppe Concheri<sup>c</sup>, Maria Cristina Della Lucia<sup>c</sup>, Giovanni Concheri<sup>d</sup>*

<sup>a</sup> Liceo Scientifico Statale E. Fermi di Padova, <sup>b</sup> Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Padova, <sup>c</sup> Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente dell'Università degli Studi di Padova, <sup>d</sup> Studente di Fisica dell'Università degli Studi di Padova

**Abstract.** La parte superiore della superficie terrestre che permette la vita dei vegetali, dei microrganismi, degli animali e dell'Uomo è chiamata Suolo ed è, quindi, uno dei beni più preziosi dell'Umanità da proteggere e da salvaguardare.

Secondo la Società Italiana di Pedologia “il Suolo è un mondo pieno di vita : scoprirne i segreti e incontrare i suoi abitanti è un'avventura incredibile e coinvolgente”.

Ma, come interessare i ragazzi a un argomento complesso, così importante e allo stesso tempo rilevante per la società, per l'ambiente?

È presto detto: occorre farli interagire direttamente sul campo e in seguito nel laboratorio della scuola, con semplici attività adatte a loro, che presentiamo in questo contributo. Sottolineiamo che queste 6 attività sono state selezionate in base alla loro efficacia didattica nel far scoprire attivamente cosa sia il suolo, dai vari punti di vista (chimico, fisico, biologico, geologico) e quale metodo utilizzare per studiarlo. Inoltre, così facendo i ragazzi vengono a scoprire i loro interessi specifici ma anche le loro capacità, che comunque sviluppano cammin facendo, con passione e coinvolgimento anche affettivo-emotivo.

In sintesi, questo ciclo di 6 attività sperimentali “alla scoperta del Suolo...” sviluppa le seguenti competenze:

- l’osservazione specifica e la raccolta analitica dei dati sul suolo: dal campo al laboratorio, coinvolgendo gli studenti fin dalle prime fasi;
- la comprensione e l’utilizzo del metodo sperimentale;
- il lavoro interdisciplinare e i collegamenti tra i fenomeni chimici, fisici, biologici, geologici degli ecosistemi;
- l’aggiornamento sui temi di attualità riguardo all’ambiente e l’impegno per una società civile, con uno sviluppo equo, solidale e sostenibile.

## Introduzione

*“In tutta la natura non c’è niente di più importante e che meriti altrettanta attenzione quanto il Suolo. Effettivamente, è il Suolo che fa diventare il mondo un ambiente accogliente per l’umanità. È il Suolo che nutre e provvede per la natura; l’intero creato dipende dal Suolo, che è il fondamento della vita.”*

Friedrich Albert Fallou, 1862;  
fondatore della **pedologia**, la scienza dei Suoli.

Il Suolo è molto di più di un semplice strato di frammenti rocciosi.





Figura 1– Profilo di Suolo della Val Chiavenna.

È un sistema delicato e complesso, costituito da quattro fondamentali componenti: frazione inorganica, frazione organica e biologica, acqua e aria.

Tra gli organismi viventi si scoprono straordinari processi di collaborazione; si tratta di innumerevoli relazioni specifiche tra microrganismi, vegetali e animali.

*“La Vita non è solo lotta di competizione, ma è trionfo di cooperazione e creatività [...]”*

Fritjof Capra, *La rete della vita*, 1997

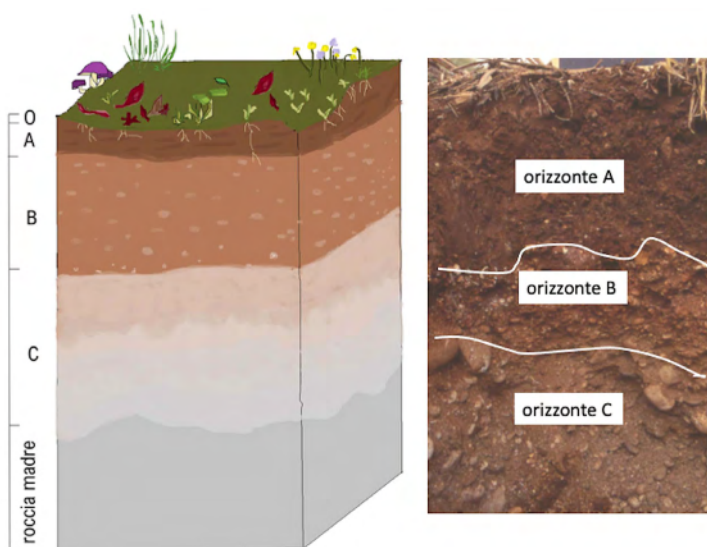


Figura 2 – Gli orizzonti del suolo.

Come mostrato in Figura 2 il suolo è costituito da diversi orizzonti (strati):

- O-** strato più superficiale costituito da resti organici vegetali e animali poco decomposti: la **lettiera**.
- A-** strato ricco di sostanza organica decomposta (detta **humus**), mescolata a minerali argillosi; solcato dalle radici delle piante e popolato da microrganismi (batteri, funghi).
- B-** strato povero di sostanze organiche, ma ricco di minerali trasportati dall'acqua provenienti dagli strati superiori.
- C-** strato di roccia alterata; contiene frammenti rocciosi non ancora completamente disgregati; il colore dipende dai minerali della roccia madre.
- R- Roccia madre**, sottostante il Suolo.

Lo studio del Suolo, pur essendo fondamentale per la

comprensione dello sviluppo della Vita e la tutela degli ecosistemi, viene raramente trattato nei Licei scientifici. Ancora più grave è che non venga accompagnato da esperienze di laboratorio.

Vogliamo invece dimostrare che i ragazzi coinvolti in questi esperimenti e partecipi fin dall'inizio delle attività (ad es. la raccolta di profili di Suolo anche nei luoghi limitrofi alle loro abitazioni) sono molto interessati e comprendono meglio gli argomenti fondamentali della chimica, fisica, biologia, geologia, affrontati nei programmi scolastici. Comprendono anche meglio i meccanismi che stanno alla base della tutela degli ecosistemi naturali e agricoli e vi si appassionano in quanto ne colgono il valore anche per la loro vita quotidiana.

### **Attività di laboratorio rivolte agli studenti**

Presentiamo 6 attività sperimentali rivolte a studenti delle Scuole secondarie superiori di licei scientifici (e/o altri indirizzi) da inserire nei programmi di chimica inorganica e/o geologia, del quarto o quinto anno, ma anche del biennio.

Riportiamo, in sintesi le attività svolte nel nostro Liceo e ormai collaudate da alcuni anni.

Partiamo dalle domande fondamentali:

- Cos'è il Suolo?
- Come si forma? che caratteristiche ha?
- Ma chi ci abita?
- È davvero così importante per la nostra Vita?

A questo punto, per scoprire insieme, suddividiamo la classe di 28 studenti in 6 gruppetti di lavoro; ogni gruppetto, in laboratorio, svolge una attività e poi a rotazione tutte le altre; occorrono dalle 4 alle 6 ore di laboratorio, da suddividere in 2 o 3 mattinate diverse.

Le 6 attività sperimentali sono:

- 1) Raccogliamo lettiere e profili di Suolo: osserviamo attentamente.
- 2) Facciamo una stima della presenza di aria e acqua nel Suolo.
- 3) Analisi fisico-meccanica: permeabilità e struttura.
- 4) Studiamo la tessitura: % di argilla-limo-sabbia (2 protocolli diversi), è importantissima questa misura. Facciamo una stima della permeabilità del terreno.
- 5) Ma...chi vive nel Suolo?? Indaghiamo, è importantissimo, con la lente di ingrandimento a caccia di:
  - Microrganismi
  - Invertebrati-vertebrati
  - Piante con i loro apparati radicali: che forme hanno?
- 6) pH: ma quanto è il pH del Suolo? Misuriamolo con metodi diversi.
- 7) Scopriamo la presenza di carbonati nel Suolo e la loro importanza fondamentale.



Figura 3 – Provette e reagenti per la determinazione delle proprietà del suolo.

### **Attività 1. Determinazione delle forme di humus**

Le forme di humus corrispondono sia ad orizzonti organici costituiti esclusivamente da sostanza organica sia a quelli organo-minerali nei quali la sostanza organi-

ca è frammista a sostanza minerale. Le caratteristiche morfologiche degli orizzonti legate all'evoluzione della sostanza organica permettono la loro distinzione in tipi differenti.



Figura 4 – Esempio di zolla di terreno con prato, raccolta da uno studente alla Guizza (Pd) e analizzata nel laboratorio della scuola.

Nella prima fase di questa attività, gli studenti vengono coinvolti nella raccolta di lettiere e profili di Suolo, nei territori più o meno prossimi alle loro abitazioni. Questa prima fase è molto divertente per loro e viene riempito il laboratorio della scuola di lettiere diverse e profili di Suolo di vario genere: suoli forestali (con più o meno sostanza organica), suoli agrari, suoli di deposito alluvionale degli alvei fluviali (contenente limo) o suoli presi nei propri giardini e orti, nel bosco vicino casa.

I docenti portano dei campioni di argilla, sabbia, terriccio (campioni con tessitura diversa). La classe si reca nel giardino della scuola per raccogliere un campione di terreno dalle aiuole della scuola.

Inizia l'osservazione accurata e descrizione del materiale portato in laboratorio.

Aiutare gli studenti ad osservare accuratamente il loro profilo di Suolo in laboratorio, scoprire e descrivere le caratteristiche dei vari orizzonti.

Soffermiamoci sulla lettiera e osserviamo accuratamente...



Figura 5 – Orizzonti diagnostici per la classificazione delle forme di humus.

La lettiera è l'insieme di sostanze organiche morte situate sulla superficie del suolo, come rami, foglie e animali. Le sostanze sottostanti in via di decomposizione raggiungono prima o poi l'aspetto umificato, dove i resti organici della lettiera vengono "smontati" in composti più semplici dall'azione di organismi decompositori, soprattutto batteri e funghi microscopici.

Essa ha uno spessore che può variare da pochi a molti cm e consiste anche in un'importante riserva di carbonio.

Invitiamo gli studenti ad osservare bene i vari campioni di lettiera portati in laboratorio e annotarne le caratteristiche.

Gli orizzonti pedologici (strato ben identificabile di suolo distinguibile dagli altri sovrastanti o sottostanti) vengono diversificati con l'uso di lettere maiuscole. In particolare, la lettiera rappresenta l'orizzonte O e può essere di tre tipi (visibili nelle foto sottostanti) :

**OL:** è il meno decomposto tra i tre e i suoi costituenti sono chiaramente riconoscibili a occhio nudo. La sostanza

organica fine (s.o.f.) è infatti presente in percentuale 5-10%.

**OF:** orizzonte più decomposto del precedente, ma comunque i suoi costituenti sono riconoscibili a occhio nudo. Formata da escrementi di pedofauna e da frammenti minuti di materiale organico, frequenti le radici e i miceli.

**OH:** è l'orizzonte più decomposto di tutti, infatti la percentuale di s.o.f. è più del 70%. Costituita da coproliti, micro-detriti vegetali e fungini, la cui struttura non è riconoscibile a occhio nudo; talvolta sono presenti particelle minerali derivanti dall'azione di rimescolamento operata dalla pedofauna. Il colore caratterizzante è dal bruno rossastro al nero.

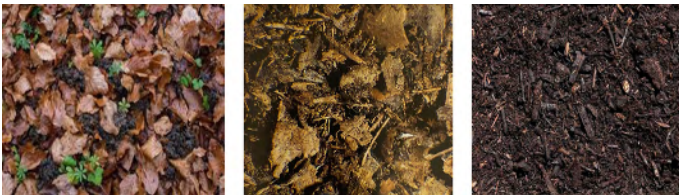


Figura 6 – Da sinistra: orizzonte OL, OF e OH.

## L'humus e il suo ruolo ambientale

L'humus svolge funzioni fondamentali: è dunque importante chiarirne con i ragazzi gli aspetti fondamentali, che riportiamo sinteticamente di seguito.

L'humus è un insieme di molecole organiche provenienti da decomposizione di resti animali e vegetali, presente nel terreno e di primaria importanza per la nutrizione delle piante. L'humus rappresenta la parte più attiva, sotto l'aspetto chimico e fisico, della sostanza organica del terreno e interagisce con la frazione minerale e con la solu-

zione circolante ( $H_2O$  presente nel sottosuolo) influenzando le proprietà chimiche e fisiche del terreno. La scoperta dell'importanza dell'humus per la nutrizione della pianta la si fa risalire all'agronomo tedesco Albrecht Thaer (1952-1828).

Grazie alle sue proprietà fisiche e chimiche l'humus svolge importanti funzioni che conferiscono al terreno buone caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche.

I riflessi positivi sulle proprietà fisico-meccaniche sono essenzialmente associati alla formazione di una struttura stabile e di tipo glomerulare.

Un terreno dotato di una buona struttura ha un rapporto equilibrato fra umidità e aerazione, è permeabile, soffice. Tra le sue funzioni specifiche troviamo:

- 1 L'elevata capacità d'imbibizione dell'humus, questa conferisce al terreno una maggiore capacità di ritenzione idrica, che offre alle piante e ai microrganismi migliori condizioni di abitabilità e, nel contempo, condizioni meccaniche che riducono i costi delle lavorazioni e dell'irrigazione.
- 2 Le condizioni di solubilità favorevoli all'assorbimento degli elementi nutritivi.
- 3 Sotto l'aspetto ambientale è fondamentale l'azione anti-erosiva dell'humus, in quanto la formazione dei complessi umo-argillosi permette una maggiore resistenza all'erosione superficiale e al dilavamento. L'importanza di questo ruolo è tale che i suoli forestali montani e collinari interessati da incendi e disboscamenti incontrollati vanno incontro nell'arco di pochi anni all'erosione e al dissesto idrogeologico.
- 4 Non meno importante è il ruolo svolto dalle alte dotazioni in humus nel preservare fenomeni di inquinamento delle falde acquifere grazie all'assorbimento e all'inattivazione di sostanze a potenziale azione tossica (composti organici di sintesi, metalli pesanti).



## Attività 2. Facciamo una stima della presenza di aria e acqua nel terreno

Il suolo è costituito da quattro fasi: una minerale, una organica, una liquida ed una aeriforme. La presenza dell'aria è indispensabile per permettere le condizioni ossidative e gli scambi gassosi. Mentre la presenza dell'acqua è fondamentale per la crescita delle piante e lo sviluppo dei microorganismi.

L'obbiettivo di questa attività è di verificare la presenza di aria nel terreno.

I materiali occorrenti sono:

- 1 contenitore graduato
- 20 ml di terra
- 20 ml di acqua



Figura 7 – Cilindro che contiene una sospensione di suolo e acqua.



Figura 8 – Cilindro che contiene un campione di suolo per la verifica del contenuto di acqua.

Il procedimento è il seguente:

- 1 Mettere il campione di terra raccolto all'interno del contenitore
- 2 Aggiungere lentamente l'acqua al contenitore con la terra

Si osserva che dopo qualche istante dalla terra inizieranno a fuoriuscire delle bollicine che andranno verso la superficie dell'acqua.

La somma dei volumi di acqua e terra è inferiore rispetto alle quantità iniziali usate (20 ml + 20 ml).

In conclusione, l'acqua ha preso il posto dell'aria presente nella terra che quindi risale verso la superficie.

Il volume mancante nel composto finale corrisponde all'aria risalita in superficie, circa 25% (5 ml/20 ml)

Per verificare la presenza di acqua nel terreno i materiali occorrenti sono:

- 1 contenitore con coperchio
- 1 campione di terra

Il procedimento è il seguente:

- 1 Mettere il campione di terreno nel contenitore.
- 2 Chiudere il contenitore con un coperchio.

Dopo un po' di tempo si osserva che le pareti del contenitore iniziano ad appannarsi. Dopo qualche ora, inizieranno a formarsi anche delle goccioline di umidità.

In conclusione, la condensa sulle pareti del contenitore è dovuta all'evaporazione dell'acqua presente nella terra.

### **Attività 3. Analisi fisico-meccanica del Suolo (permeabilità e tessitura)**

Permeabilità e tessitura sono due proprietà fisiche del suolo che ricoprono un ruolo importante. La permeabilità è riferita alla capacità di favorire la percolazione dell'acqua. Mentre la tessitura esprime la distribuzione delle particelle

del suolo in classi di grandezza definita secondo diversi sistemi di classificazione.

Lo scopo di questa attività è di valutare la permeabilità del suolo. Mediante questo esperimento siamo andati a verificare la capacità di assorbimento di un terreno calcolandone la quantità di acqua che lo attraversa. I materiali utilizzati sono:

- 3 cilindri graduati
- 3 imbuto
- 3 campioni di suolo

È stato necessario considerare lo stesso volume per ogni campione in modo da ottenere risultati confrontabili. I campioni devono essere perfettamente asciutti.

Abbiamo messo un po' di cotone sul fondo di ogni imbuto (dove c'è la struttura), dopodiché abbiamo riempito gli imbuto con diversi tipi di terreno. Abbiamo inserito i tre imbuto nel collo di tre cilindri vuoti. Abbiamo versato in ciascun imbuto l'acqua. Misurando il volume dell'acqua raccolta in ciascun contenitore e sottraendolo a quello dell'acqua versata, si ottiene la quantità di acqua trattenuta: si tratta di un parametro molto importante per le coltivazioni.

A questo punto abbiamo misurato la permeabilità e la porosità del terreno.

Nella seconda parte dell'attività è stato determinato il contenuto di scheletro e di terra fine. Secondo la Società Internazionale della Scienza del Suolo, si intende come scheletro di un terreno, l'insieme delle particelle con un diametro superiore a 2 mm, mentre la terra fine è costituita dalle particelle con diametro inferiore. I materiali impiegati sono:

- Setaccio con maglie da 2 mm
- 500 g di terreno

Si prendono 500 grammi di terreno seccato all'aria e

sminuzzato, come descritto in precedenza, vengono setacciati con un vaglio tarato sotto un filo di acqua aiutandosi con un pennello o in mancanza con le mani fino a quando l'acqua è limpida. Si secca il setaccio all'aria o con la stufa alla temperatura di 105° e si pesa.

Il sopra vaglio, con particelle di diametro maggiore di 2 mm, costituisce lo scheletro del terreno, le particelle comprese tra 2 mm e 0,2 mm la sabbia grossa, mentre quelle con diametro minore di 0,2 il materiale fine (limo e argilla).

La percentuale dello scheletro si ottiene facendo la differenza tra le pesate e dividendo per 5.

CARATTERISTICHE DEI TERRENI IN BASE ALL'ANALISI  
FISICO-MECCANICA

	<b>Argilla %</b>	<b>Limo %</b>	<b>Sabbia %</b>
terreno equilibrato	<20	30-50	30-50
terreno a struttura sabbiosa	-		>60
terreno a struttura limosa		>50	
terreno a struttura argillosa	>45		
terreno a struttura sabbio-limosa grossa	>15	>15	grossa fine >45 <40
terreno a struttura sabbio-limosa fine	<15	<15	<45 >40
terreno a struttura limo-sabbiosa grossa	15-35	15-35	>40 >40
terreno a struttura limo-sabbiosa fine	15-35	15-35	<40 >40
Terreno a struttura limo-sabbiosa argillosa	15-25	20-30	<55
terreno a struttura limo-argillosa	15-25	>45	<35

terreno a struttura argillo-sabbiosa	25-45	<20	>55
terreno a struttura argillo-limosa	25-45	>45	<25



Figura 9 – Setaccio utilizzato durante la procedura.

Successivamente, è stata determinata la tessitura del suolo, che rappresenta la percentuale di sabbia, limo e argilla. La tessitura regola direttamente e indirettamente, importanti proprietà dei suoli: la permeabilità all'aria e all'acqua; la plasticità e quindi la lavorabilità; la capacità di trattenere l'acqua; la disponibilità di elementi nutritivi.

Per la determinazione della quantità in percentuale di sabbia, limo e argilla presenti nel terreno sono presenti di-

versi metodi. Quello da noi utilizzato è il metodo densimetrico che prevede la misura della densità della sospensione di suolo ed acqua calcolata in tempi diversi. Il materiale necessario è:

- 1 campione di terreno
- una bilancia
- un recipiente trasparente con apertura larga
- un righello

I passaggi del procedimento sono:

1. Con la pala, scavare una determinata quantità di terra.
2. Pesare la quantità di terra con la bilancia.
3. Una volta avuto il peso della terra che verrà impiegata nell'esperimento, prendere l'acqua pari a tre volte il peso della terra (il rapporto in peso tra terra e acqua deve essere 1:3).
4. Versare la terra nel recipiente.
5. Versare l'acqua nel recipiente.
6. Agitare con forza il recipiente per 5 minuti (come "centrifuga manuale").
7. Lasciare sedimentare il miscuglio nel recipiente e osservare.



Figura 10 – Immagini della progressiva sedimentazione della sospensione di suolo e acqua. Da sinistra: sospensione di suolo e acqua appena agitato, sedimentazione dopo 30 min, sedimentazione dopo 24 h.

La terra si è divisa in strati di granulometrie diverse. Questi strati sono determinati dalle diverse frazioni minerali che compongono il suolo.

Attraverso questa immagine esempio si possono osservare le varie composizioni del suolo considerando degli intervalli granulometrici.

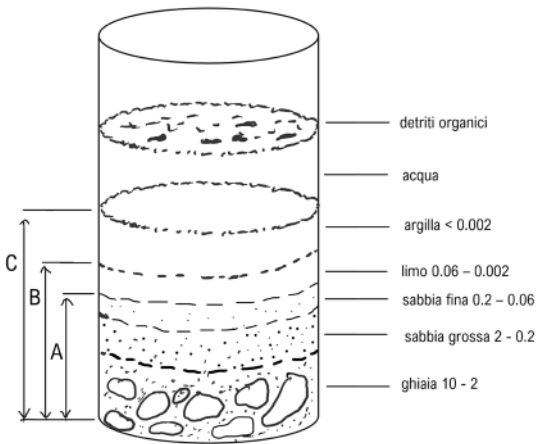


Figura 11 – Rappresentazione della sedimentazione delle diverse frazioni del suolo.

Per osservare quindi la composizione del nostro suolo utilizziamo il righello. Si dovrà misurare lo spessore dello strato di suolo per poi moltiplicarlo per l'area del recipiente (in questo caso una comune bottiglia di plastica da 1,5 L). Confrontando i vari volumi parziali per quello totale si otterranno le varie composizioni in percentuale.

Utilizzando i dati presenti nella tabella sottostante è possibile con un righello determinare la percentuale della composizione del terreno: gli intervalli granulometrici sono in mm.

Materiale	Altezza (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Percentuale
Ghiaia	2,0	100	43%
Sabbia grossa	0,5	25	11%
Sabbia fina	0,3	15	6,5%
Limo	0,3	15	6,5%
Argilla	1,5	75	33%

Le quantità percentuali di sabbia, limo e argilla una volta inserite nel triangolo della tessitura permettono di attribuire la classe tessiturale al suolo analizzato.

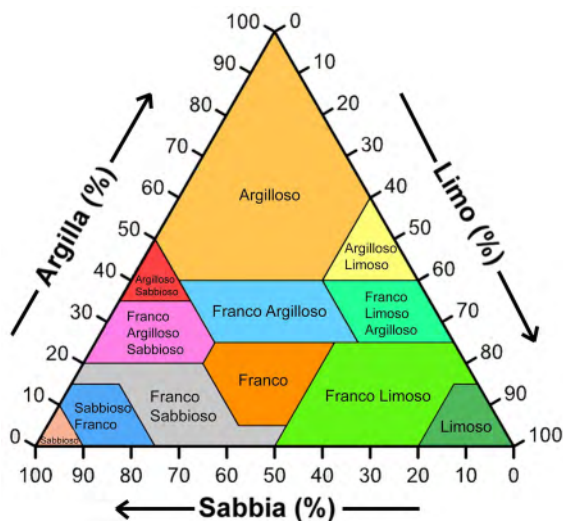


Figura 12 – Triangolo della tessitura con le 12 classi tessiturali.

La determinazione della tessitura può essere fatta anche in campo bagnando il terreno e manipolandolo. Dalle sensazioni tattili che si riscontrano si possono de-



finire in maniera approssimativa le percentuali di sabbia, limo e argilla.

Il procedimento consiste di più fasi:

**PUNTO 1.**

Prendere parte del campione di suolo (un cucchiaino pieno), inumidirlo con l'acqua (durante l'intero procedimento inumidire di tanto in tanto), manipolare fino a ottenere un impasto plastico e viscoso. Eliminare frammenti in eccesso più grandi di due millimetri.

**PUNTO 2.**

Quale sensazione ti dà al tatto il suolo?

- a) granuloso – vai al PUNTO 3
- b) setoso – vai al PUNTO 5
- c) appiccicoso – vai al PUNTO 10
- d) pastoso – vai al PUNTO 5
- e) nessuna di queste o sei incerto – vai al PUNTO 3

**PUNTO 3.**

Cerca di fare una pallina di suolo rotolandola tra i palmi delle mani (senza modellarla tra le dita):

- a) è impossibile da fare – SABBIA
- b) ci riesco facendo molta attenzione – SABBIOSO FRANCO
- c) ci riesco facilmente – vai al PUNTO 4

**PUNTO 4.**

Cerca di schiacciare la pallina tra pollice e indice:

- a) è impossibile da fare – FRANCO SABBIOSO
- b) si appiattisce – vai al PUNTO 5

**PUNTO 5.**

Fai una pallina con il terreno cercando poi di ricavare un cilindretto allungato prima più grande (circa 1 cm di diametro) e poi più sottile (circa 0,5 cm):

- a) non riesco a fare nemmeno un cilindretto – SAB-  
BIOSO FRANCO
- b) riesco a formare solo il cilindretto grande – FRAN-  
CO SABBIOSO
- c) entrambi i cilindretti ci possono formare – vai al  
PUNTO 6

**PUNTO 6.**

Prova a piegare il cilindretto ottenuto a forma di ferro di cavallo:

- a) il cilindretto si rompe – vai al PUNTO 7
- b) il ferro di cavallo si forma senza rompersi – vai al  
PUNTO 8

**PUNTO 7.**

Manipolando il suolo tra le dita quale sensazione ti da?

- a) il suolo è ruvido e granuloso – FRANCO
- b) il suolo è setoso – FRANCO LIMOSO O LIMO
- c) il suolo è appiccicoso, ruvido e granuloso – vai al  
PUNTO 8

**PUNTO 8.**

Crea un cilindretto di circa 0,3 cm di diametro cercando di trasformarlo in un cerchio di circa 2,5 cm di diametro unendo le due estremità del cilindretto, senza che si formino delle fratture:

- a) riesco a farlo – vai al PUNTO 9
- b) non riesco – vai al PUNTO 11

**PUNTO 9.**

Modella il terreno a formando una pallina strofinandola tra l'indice ed il pollice, fino a produrre una superficie liscia:

- a) la superficie si presenta liscia con qualche irregolarità – vai al PUNTO 11
- b) la superficie è regolare ma sporgono particelle

granulose – ARGILLOSO SABBIOSO

- c) la superficie presenta pochissime o nessuna irregolarità – vai al PUNTO 10

**PUNTO 10.**

Continua manipolando il suolo tra le dita, e dai un giudizio al tatto e alla vista:

- a) il campione è liscio come sapone ed ha lucentezza – ARGILLA  
 b) il campione è setoso e opaco – ARGILLOSO LIMOSO

**PUNTO 11.**

Forma per l'ultima volta una pallina manipolandola tra le dita, giudicando la condizione generale del composto al tatto:

- a) il suolo risulta molto ruvido – FRANCO SABBIOSO ARGILLOSO  
 b) il suolo risulta abbastanza ruvido – FRANCO ARGILLOSO  
 c) il suolo risulta pastoso e liscio – FRANCO ARGILLOSO LIMOSO

**CAMPIONE 1**

Punto 1

Punto 2: al tatto pastoso

Punto 5: entrambi i cilindretti si possono formare

Punto 6: se piegato a ferro di cavallo, il cilindretto si rompe

Punto 7: Il suolo è ruvido e granuloso, è FRANCO

**CAMPIONE 2**

Punto 1

Punto 2: al tatto appiccicoso

Punto 10: il campione è liscio come sapone ed ha lucentezza è ARGILLA

#### Attività 4. Ma ...chi vive nel Suolo?

Proponiamo agli studenti di scoprire...chi vive nel Suolo.

Basta avere una lente di ingrandimento, un microscopio ottico ed uno stereoscopico; è più di una caccia al tesoro.

Tutti gli organismi che vivono nel sottosuolo sono indicati con il termine *pedofauna* e hanno grande importanza per quattro aspetti principali:

- intervengono nello sviluppo del suolo.
- causano danni alle piante o le proteggono da altri parassiti.
- prendono parte alla decomposizione delle sostanze organiche.

Il sottosuolo è occupato da:

- vertebrati (mammiferi); invertebrati (artropodi, anellidi, molluschi); microrganismi (batteri, protozoi);
- apparati radicali delle piante.



Figura 13 – I lombrichi (anellidi), protagonisti della pedofauna edafica.

A questo punto, gli studenti possono osservare le radici delle piante erbacee che vivono nel terreno raccolto e annotarne le varie forme.

Come si vede dall'immagine seguente esistono diverse forme, ad esempio, di radici arboree, alcune sviluppate maggiormente in verticale, altre in orizzontale.



Figura 14 – Diverse tipologie di apparati radicali.

Le radici svolgono un ruolo importantissimo nel suolo. La radice, grazie alle sue attività di assorbimento e di rilascio di specie inorganiche e organiche, può modificare le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche della rizosfera e questi cambiamenti possono favorire l'adattamento delle piante alle avversità.

### **Attività 5. Come misurare il pH del terreno**

Il **pH** è definito come una scala di misura utilizzata per esprimere il carattere acido o basico delle soluzioni.

Il livello di pH del terreno influenza direttamente la capacità delle piante di assorbire gli elementi nutritivi necessari; è dunque molto importante misurare il pH del terreno.

Il pH del terreno viene misurato per via elettrochimica con la sonda del pH-metro.

Il materiale necessario comprende:

- Terreno
- pH-metro
- acqua distillata

L'attività si svolge come segue:

- a) Scava una buca profonda almeno 10 cm.
- b) Smuovi il terreno e rimuovi i detriti.
- c) Riempi la buca con acqua distillata, creando una pozzanghera.
- d) Inserisci la sonda del pH-metro virgola dopo esserti assicurato che sia ben pulita e correttamente calibrata.
- e) Lascia la sonda inserita per 60 secondi e poi leggi i risultati.

Vediamo riportati i risultati sul monitor della sonda del pH-metro. Leggendo i risultati sul dispositivo riusciremo a intuire grazie alla scala graduata del pH qual è il pH del nostro terreno. Con questo sistema la misurazione viene effettuata direttamente nella buca.

Il pH del terreno può essere misurato anche con la cartina tornasole. Il materiale necessario comprende:



Figura 15 - pH-metro portatile.

- 100gr di terreno di 5 prelievi
- Contenitore di vetro con tappo
- Cartina tornasole
- 250ml di acqua distillata



Figura 16 – Misura del pH del suolo con indicatore o con cartine tornasole.

Il procedimento prevede i seguenti passaggi:

- a) Effettua quattro o 5 prelievi di terra.
- b) i prelievi devono essere effettuati in punti diversi dell'orto.
- c) la terra deve essere presa da almeno 20 cm di profondità.
- d) i vari campioncini devono essere poi miscelati in un campione unico che andrà setacciato.
- e) metti sia l'acqua sia il campione di terreno all'interno del tuo contenitore in vetro, e mescola per almeno 15 minuti.
- f) Chiudi con il poi il barattolo e lascia riposare il tutto per mezz'ora.
- g) Immergi la cartina tornasole all'interno della soluzione.

h) Segui le istruzioni per vedere a quale pH corrisponde il colore assunto dalla tua cartina.

Confrontiamo il colore della cartina tornasole con la tabella che viene fornita nella confezione

### **Attività 6. Determinazione dei carbonati nel Suolo: scoperta e importanza fondamentale**

Per comprendere la grande importanza di questo aspetto del Suolo, occorre fare una lunga premessa riguardante alcuni concetti fondamentali della chimica inorganica. Per invece capirne l'importanza nel nostro territorio, sono utili alcune premesse molto interessanti relative alla geomorfologia e geologia del Veneto e di tutte le zone calcaree.

Potremmo definire il carbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) che troviamo nel suolo come l'elisir di lunga vita delle piante, purché sia presente in quantità adeguate. Lo troviamo in molte aree, come ad esempio la zona triveneta nel nord Italia, conosciuta per la sua grande fertilità. Questa regione è caratterizzata dalla presenza di molte rocce carbonatiche. Un esempio particolare è la dolomia, presente nelle dolomiti, oltre a molte altre rocce calcaree in generale, sia clastiche che organogene che di deposito chimico. Nel tempo queste rocce tendono a degradarsi, fino a trasformarsi in terra; successivamente il suolo che si forma viene trasportato attraverso fiumi dalle catene montuose fino in pianura, dove il suolo si accumula (formazione della pianura padana). Questo processo di traslocazione arricchisce di carbonati la pianura veneta.

I vari processi di trasformazione a cui si è sottoposta la dolomia (e molti altri minerali presenti) sono:

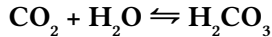
1. Idratazione/disidratazione
2. (Ossidazione)
3. Idrolisi



4. Chelazione
5. Scambio ionico
6. Solubilizzazione

Il carbonato ha diverse caratteristiche, importanti per la vita del suolo:

1. è tanto più solubile se l'acqua è ricca di  $\text{CO}_2$  disciolta.



2. aumenta la sua solubilità a temperature basse (a differenza, ad esempio, di NaCl che solubilizza a temperature calde) proprio perché l'anidride carbonica solubilizza meglio a temperature fredde.

Troviamo il carbonato nel suolo come precipitato (stato solido nel suolo) nei casi in cui:

- l'acqua presente nel terreno è meno ricca di  $\text{CO}_2$ .
- la temperatura è alta ( $\text{CO}_2$  fa più difficoltà a solubilizzarsi).
- negli strati più profondi, perché vi è meno attività biologica (le radici non raggiungono quell'orizzonte) quindi meno  $\text{CO}_2$ .
- in condizioni di alcalinità, dunque pH lievemente basico (prevalenza  $\text{OH}^-$  su  $\text{H}^+$  in acqua).

Troviamo il carbonato nel suolo in soluzione (sciolto nell'acqua) nel caso in cui:

- l'acqua è più ricca di  $\text{CO}_2$  (anche nel caso in cui ci fosse evaporazione dell'acqua con conseguente aumento della concentrazione di  $\text{CO}_2$ ).
- la temperatura è bassa (più solubilizzazione).
- negli strati più superficiali, dove c'è più attività microbica.
- in condizioni di acidità (concentrazione  $\text{H}^+$  prevale su  $\text{OH}^-$ ).

In soluzione il carbonato sciolto può essere spostato dal flusso dell'acqua più in profondità lungo il profilo di suolo (eluviazione), rendendo gli strati vicini alla superficie

più poveri di carbonati; processo conosciuto con il nome di decarbonatazione.

Il carbonato quindi si accumula negli orizzonti più bassi del suolo (illuviazione, nello specifico carbonatazione) creando degli strati compatti e cementati di carbonati, chiamati **caranto**, che spiegheremo più avanti.

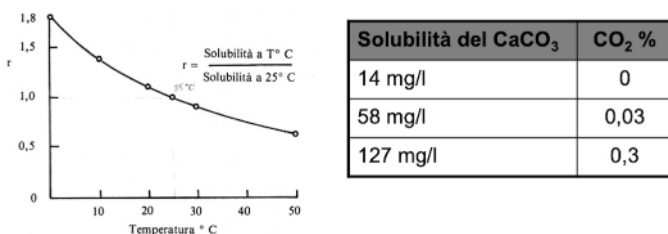
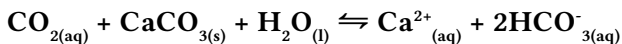


Figura 17 – Variazione della solubilità del carbonato di calcio al variare della temperatura e della % di CO<sub>2</sub> (Arkley, 1963).

### Sistema tampone

Il sistema tampone è un sistema chimico che tende a opporsi alle variazioni di pH. Le piante vivono più favorevolmente in una situazione di alcalinità: ioni OH<sup>-</sup> prevalgono su ioni H<sup>+</sup> dunque è una situazione di pH maggiore di 7.



Questa è la reazione secondo cui si dissocia la calcite in acqua; l'aggiunta di OH<sup>-</sup> nel sistema in equilibrio provoca la dissociazione del bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a carbonato che precipita, viceversa l'aggiunta di H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> favorisce la solubilizzazione del carbonato, come accennato prima (*carbonato precipitato o in soluzione*).

Quindi quando aumenta OH<sup>-</sup>, (o diminuisce la concentrazione di H<sup>+</sup>) ovvero aumenta la basicità del suo-

lo, il carbonato precipita mantenendo il pH lievemente basico, al contrario se vi è un eccesso di  $H^+$  il carbonato si dissocia, mettendo in atto un processo di idrolisi. Infatti, lo ione bicarbonato formatosi in seguito alla dissociazione del sale in acqua si comporta da base di Lewis strappando un protone all'acqua.

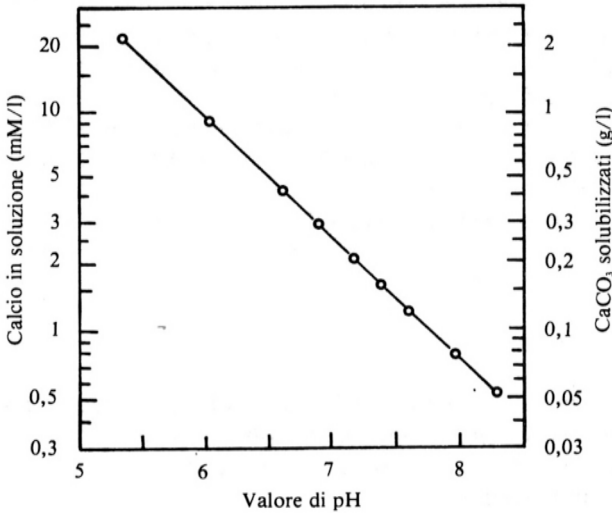


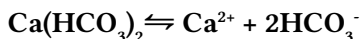
Figura 18 - Variazione della solubilità del carbonato al variare del pH (Arkley, 1963).

### Breve spiegazione della idrolisi salina: interazione tra sali e acqua.

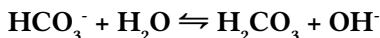
Se sciogliamo in acqua un sale, si può ottenere una soluzione basica, neutra o acida a seconda della natura degli ioni in cui si dissocia il sale.

Se consideriamo il bicarbonato di calcio ( $Ca(HCO_3)_2$ ) si parla di idrolisi basica. Questo sale è proveniente da un acido debole ( $H_2CO_3$ ) e da una base forte ( $Ca(OH)_2$ ).

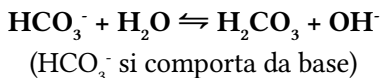
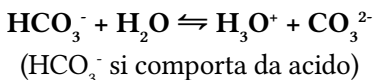
Quando si dissocia in acqua in questo modo:



lo ione  $\text{Ca}^{2+}$  derivante da una base forte non ha nessuna tendenza a reagire con l'acqua (tende a dissociarsi completamente) mentre lo ione bicarbonato reagisce, mantenendo un equilibrio:



quindi per eccesso di ioni  $\text{OH}^-$  la soluzione diventa basica. Lo ione bicarbonato è una specie anfiprotica, allo stesso modo dell'acqua: può infatti comportarsi sia da acido che da base donando o accettando uno ione  $\text{H}^+$ . Pertanto, tra acqua e ione bicarbonato possiamo scrivere entrambe le reazioni:



Tali reazioni sono reazioni di equilibrio, a ciascuna delle quali corrisponde un ben determinato valore di costante:

1.  $K_a$  di  $\text{HCO}_3^-$  nel caso del comportamento da acido
2.  $K_b$  di  $\text{HCO}_3^-$  nel caso del comportamento da base.

Delle due reazioni prevale quella a cui corrisponde il maggior valore della costante di equilibrio; infatti, tanto più alto è il valore della costante e tanto più l'equilibrio è spostato a destra, cioè verso i prodotti.

Non ci resta che confrontare i valori delle due costanti:

$$K_a \text{ HCO}_3^- = 4,4 \times 10^{-11}$$

$$K_b \text{ HCO}_3^- = K_w / K_a \text{ H}_2\text{CO}_3 = 10^{-14} / 4,6 \times 10^{-7} = 2,2 \times 10^{-8}$$

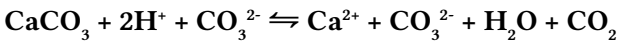
Come possiamo notare, la seconda costante è circa 1000 volte più grande dell'altra, e proprio per questo il comportamento basico dello ione bicarbonato prevale nettamente sul comportamento acido.

Ecco perché una soluzione di bicarbonato di sodio ha pH basico.

Il suo valore si calcola con la seguente relazione:

$$\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{pKa H}_2\text{CO}_3 + \text{pKa HCO}_3^-) = 8,5$$

Un altro metodo più semplice è ragionando su questa reazione:



### Fiumi del veneto: aspetto geomorfologico

Nella zona del triveneto, come già accennato, la presenza di carbonati è notevole.



Figura 19 – Bacini deposizionali del Veneto (Fonte: ARPAV).

Questo si vede andando ad analizzare la quantità di carbonato nei fiumi che tagliano l'area veneta: i fiumi raccolgono e trasportano il carbonato sciolto, che ricevono dai bacini deposizionali confinanti (le quattro aree colorate sulla mappa in alto a sinistra).

Andando a rilevare il contenuto di carbonati nei fiumi ricaviamo la quantità di  $\text{CaCO}_3$  presente nei bacini circostanti.

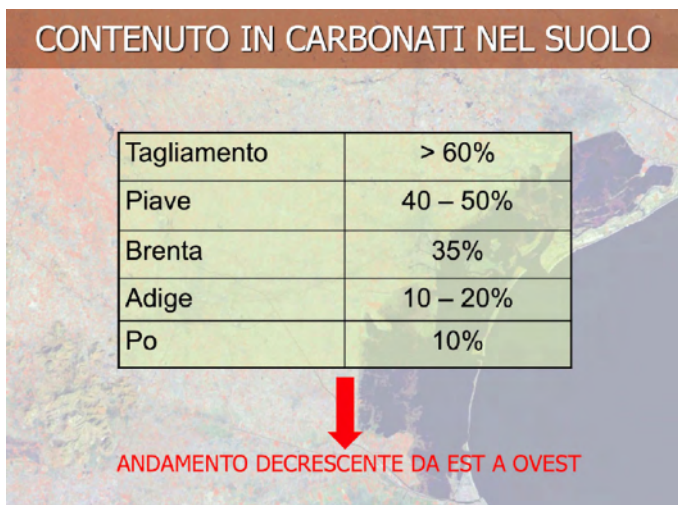


Figura 20 – Contenuto di carbonati nei principali fiumi del Veneto (Fonte: ARPAV).

I dati ci mostrano che nei bacini più a est c'è una maggiore quantità di carbonato traslocato dalle montagne fino ai bacini, rispetto a ovest, dove la quantità di carbonato è minore.

A est vediamo che la percentuale di carbonato supera addirittura il 60%; questo fatto interessante ci servirà nel prossimo argomento.

## Caranto e la nascita di Venezia

Il carbonato di calcio ha avuto un ruolo importantissimo anche dal punto di vista storico, soprattutto qui, nel Veneto. Spesso ci è capitato di vedere pezzi di legno marcire se lasciati in acqua o nella terra per molto tempo (principalmente per la degradazione compiuta da insetti e funghi xilofagi). Eppure, la famosa città di Venezia, completamente costruita su vulnerabili palafitte di legno infilate in acqua e nel terreno, secondo le nostre osservazioni dovrebbe essere distrutta da un pezzo, mangiata da funghi. Non sarebbe quindi mai esistita quella potentissima repubblica che a lungo ha dominato mari e terre, e che oggi è una delle meraviglie architettoniche più particolari e affascinanti del pianeta, meta di viaggio per turisti da tutto il mondo.

Perché questa degradazione del legno non è successa e non succede tuttora?

Il segreto è proprio il carbonato di calcio, presente nel caranto.

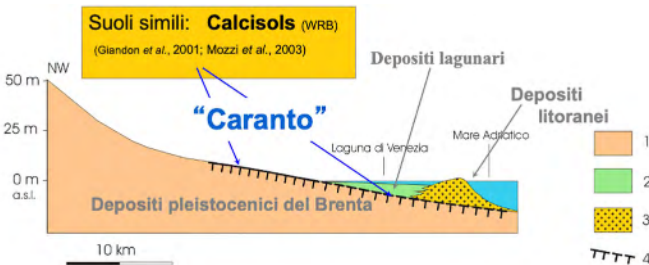


Figura 21 – Profilo stratigrafico attraverso il megafan di Bassano e la laguna centrale.

Venezia, per sua fortuna, è situata sopra un grande basamento di caranto, dove si è depositato  $\text{CaCO}_3$  fino ad addirittura 20 metri di profondità; come abbiamo visto prima osservando i bacini deposizionali, l'area dove si trova

Venezia è ricchissima di questo composto. Il carbonato ad-densato crea uno strato molto duro, anaerobico, che im-pedisce ai batteri di attaccare i basamenti infilati in esso. Inoltre, il carbonato presente, rendendo l'ambiente più al-calino (pH 8,35), impedisce ai batteri di vivere nel caranto e nel mare, dato che il loro habitat naturale è a pH neutro.

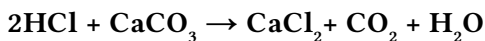
### **Verifica della presenza di calcare su un campione roccioso**

Il metodo consiste nel far cadere alcune gocce di aci-do cloridrico (diluizione 1:10) sul campione roccioso.



Figura 22 – Aggiunta di acido cloridrico al campione e attac-co acido del carbonato.

La superficie del campione fa effervescenza. Questo si può sia udire sia vedere (se è facilmente udibile, il campione sarà calcareo per oltre il 10%). Concludiamo che la pietra analizzata è calcarea.



### **Il calcimetro di Scheibler**

Per determinare il contenuto totale di calcare presen-te nel terreno, si misura il volume di  $\text{CO}_2$  che si sviluppa



quando si tratta un determinato peso di suolo con HCl. Per contenuto totale di calcare si intende la totalità dei calcari di Ca, Mg, Na,...presenti nel terreno.

Il materiale necessario è il seguente:

- Calcimetro di Scheibler
- Soluzione diluita di HCl
- Campioni di terra fine

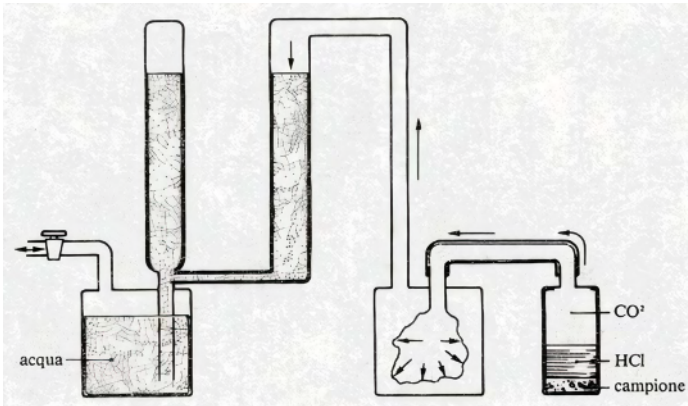


Figura 23 – Schema del calcimetro.

Il procedimento consiste nei seguenti passaggi:

1. Inserire la provetta con 10 ml di HCl in una boccetta più grande dove è posto il terreno e adattarla al calcimetro con l'apposito tappo
2. Azzerare l'apparecchio eguagliando la pressione interna a quella esterna attraverso il rubinetto
3. Chiudere quest'ultimo e far sviluppare  $\text{CO}_2$  inclinando la boccetta in modo che HCl venga a contatto con il terreno
4. La  $\text{CO}_2$  sviluppata fa abbassare il livello dell' $\text{H}_2\text{O}$  nel tubo graduato
5. Provocare una leggera depressione abbassando il tubo di livello

6. Agitare la boccetta fino allo sviluppo completo di  $\text{CO}_2$
7. Eguagliare pressione esterna e interna
8. Dopo qualche minuto, procedere alla lettura gas-volumetrica.

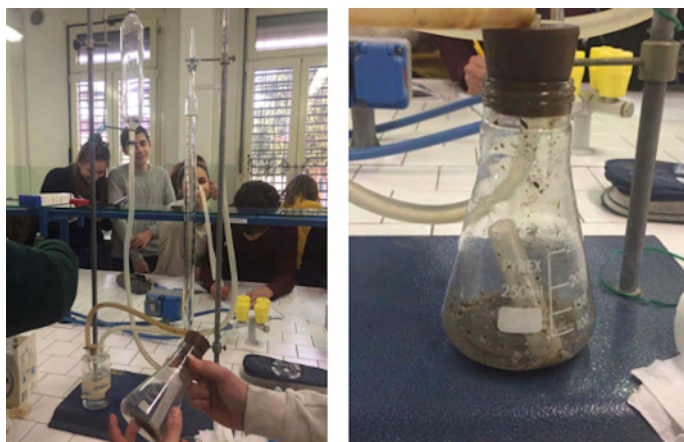


Figura 24 - Determinazione del carbonato totale in laboratorio.

Un terreno si ritiene calcareo, generalmente, quando contiene più del 15% di calcare ( $\text{CaCO}_3$ ).

*Perché il carbonato è così importante?*

La maggior parte delle piante predilige terreni principalmente neutri o debolmente alcalini (pH tra 7,5 e 8,5), ma il suolo, a causa dei fertilizzanti e della carenza di sostanza organica, può facilmente trovarsi in condizioni di acidità. Ecco che entra in gioco il carbonato di calcio, che riesce a limitare notevolmente il cambio di pH nel terreno, agendo come sistema tampone; in questo modo riesce a mantenere le condizioni ottimali per la crescita delle piante.

Dopo questo ciclo di attività sperimentali, è importante riassumere gli aspetti fondamentali del Suolo.

### ...il Suolo in breve:

1. I suoli sono sistemi naturali derivanti da processi di alterazione chimica, fisica e biologica (weathering) a carico della superficie terrestre. Il suolo poggia sulla roccia madre, non disgregata.

2. I suoli sono sistemi eterogenei complessi (dotati di una componente organica, una inorganica e biologica), porosi, multifase (per la presenza di una fase solida, liquida, gassosa), che generano e sostengono la vita del nostro pianeta.

3. I suoli sono dei sistemi biologici complessi e diversificati, che servono da habitat a milioni di specie e miliardi di singoli organismi, da microscopici batteri e funghi fino a macroscopici lombrichi, formiche e piccoli mammiferi, nell'insieme vegetali e animali.

4. Dal punto di vista chimico i suoli scambiano sia materia che energia con gli altri comparti ambientali ovvero atmosfera, litosfera, idrosfera e biosfera. Tali flussi influenzano sia le proprietà fisiche che chimiche del suolo.

5. I suoli costituiscono **un bene primario e una risorsa non rinnovabile**. I processi di formazione del suolo sono molto lenti e avvengono in tempi estremamente lunghi che sono in funzione del clima, della profondità del profilo, della topografia e della componente biotica (costituita da organismi animali e vegetali che si possono considerare come appartenenti a tre diverse categorie: i produttori primari, i consumatori e i decompositori).

6. I suoli differiscono dalle semplici rocce alterate poiché mostrano una stratificazione verticale con orizzonti facilmente distinguibili per colore, composizione e tessitura e perché contengono una componente biologica di straordinaria varietà e che permette lo sviluppo delle piante e degli animali, dell'Uomo.

Il suolo costituisce, dunque, la **base per l'alimentazione di tutta l'Umanità!**

I Suoli sono **un bene primario** da studiare e salvaguardare.

## **Conclusioni e Collegamenti interdisciplinari**

Abbiamo dimostrato che queste 6 attività sperimentali sono fattibili, molto significative per i ragazzi, con coinvolgimento affettivo e psicologico. Sono importanti per capire un po' la complessità e straordinarietà del Suolo.

Abbiamo inoltre capito che il Suolo è il nostro bene primario, non ripristinabile, e quindi molto importante da conoscere, da conservare per non esaurirne le potenzialità (agrarie, forestali,...).

Dopo queste attività sperimentali, passiamo ora ai collegamenti con le altre discipline.

Le tematiche dell'Agenda 2030, per lo sviluppo sostenibile a livello locale e globale. Questi argomenti importanti si inseriscono facilmente nei programmi scolastici, anzi, ne facilitano la comprensione e abitano i ragazzi alla osservazione e li introducono alla ricerca sperimentale; inoltre li abitano a studiare gli ecosistemi dai vari punti di vista: chimico- fisico- biologico- geologico. Questo percorso fornisce le competenze e le conoscenze indispensabili per affrontare gli obiettivi culturali dell'Agenda 2030, per uno sviluppo sostenibile, che è stata inserita nel curriculum di Educazione civica da un paio di anni in tutte le scuole, e a carico ovviamente dell'insegnamento delle Scienze naturali e delle altre discipline. Citiamo in particolare gli Obiettivi dell'Agenda n. 1, 2, 3, 6, 8, 12, 13, 15, 17.

Lo scopo è di rendere gli studenti consapevoli e responsabili in un mondo moderno.

Facciamo l'esempio dello sfruttamento eccessivo e indiscriminato di Suolo con fitofarmaci eccessivi, usati nell'a-

gricoltura intensiva odierna. Si è dimostrato che produce un impoverimento del Suolo, con conseguente perdita di fertilità e scarsità di raccolti, dovuti al fatto che i fitofarmaci a lungo andare distruggono la sostanza organica del terreno, struttura fondamentale per la vita del Suolo.



Figura 25 – Obiettivi per lo sviluppo sostenibile Agenda 2030 (firmata da 193 paesi ONU nel settembre 2015).

Con questo esempio abbiamo dimostrato la connessione tra i seguenti obiettivi dell’Agenda 2030:

- 12 “consumo e produzione responsabile,
- “fame nel mondo”,
- “povertà e disuguaglianze sociali”,
- “lavoro dignitoso”,
- “la Vita sulla Terra”.

In sintesi: la difesa della Vita Umana ...nello sviluppo sostenibile.

Nell’art.1 della legge regionale n.14 del 6-6-201 leggiamo che “il Suolo, risorsa limitata e non rinnovabile, è bene comune di fondamentale importanza per la qualità della Vita delle generazioni attuali e future, per la salvaguardia della salute, per l’equilibrio ambientale e per la tutela degli ecosistemi naturali, nonché per la produzione agricola finalizzata non solo all’alimentazione, ma anche ad una insostituibile funzione di salvaguardia del territorio.”





Figure 26, 27, 28 – Dal lavoro nel campo di rotazione storica ad Agripolis (Legnaro PD) al laboratorio di chimica della scuola.

## Ringraziamenti

Ringraziamo prima di tutto gli studenti che per primi nella nostra scuola hanno iniziato a lavorare sul Suolo e a selezionare gli esperimenti più significativi, nonché a farne delle schede di laboratorio facili da utilizzare, in particolare le classi 3B e 2BSA dell'anno sc. 2020-21; ma prima ancora la classe 4F nel 2017-18, con 80 ore di PCTO al dipartimento DAFNAE coinvolgendo anche i proff. Andrea Squartini e Piergiorgio Stevanato. In queste 80 ore circa, gli studenti hanno lavorato sul Suolo sia nei laboratori che nei campi di Agripolis (vedi rotazione storica nelle foto) sia nei laboratori del nostro Liceo per l'analisi delle caratteristiche del Suolo, bene primario per l'alimentazione dell'umanità. Il lavoro si è concluso nella redazione del libro "*...alla scoperta del Suolo...*" che racconta l'esperienza nei dettagli e i risultati ottenuti.

Infine, ringrazio mio figlio Francesco Laveder per l'impostazione del lavoro e la stesura redazionale, assieme a

Marina L. Regni, costante negli incoraggiamenti a portare a termine, con i ragazzi, la stesura di tutte le attività, nonché le colleghe Nicole Schmidt e Angela Zennaro per la preziosa collaborazione.

## Bibliografia

- Fritjof Capra, *La rete della vita*, Rizzoli, Milano 1997
- C. Ciavatta, T. Miano, P. Sequi, *Fondamenti di chimica del suolo*. Patron Editore, Bologna 2017.
- M. Crippa, M. Fiorani, et all, *Scienze naturali*, I, Arnoldo Mondadori, 2013.
- S.Nardi, *Sintesi e trasformazione della sostanza organica nel profilo del suolo*. In: *Elementi di pedologia*, Sanesi Ed. Calderoni Ed agricole, pp. 123-132, 2000
- S.Nardi e D.Pizzeghello *Attività biologica delle sostanze umiche*. In: *Humus Forestali. Manuale di ecologia per il riconoscimento e l'interpretazione – applicazione alle faggete trentine – A cura di: Zanella, Tomasi, De Siena, Frizzera, Jabiol e Nicolini*. Edizioni Centro di Ecologia Alpina – Trento , 2001
- S. Nardi, *proprietà ed evoluzione della sostanza organica nel suolo: aspetti generali*, Corte Benedettina 4- 11-2004
- S.Nardi e D.Pizzeghello, *I suoli forestali*.In : *Fondamenti di Chimica del Suolo*. P. Sequi (Ed.), Patron, Bologna, pp. 319-340 - 2005
- G. Sanesi, *Guida alla descrizione del suolo*. C.N.R., Firenze, 1977.
- G. Florenzano, *Fondamenti di microbiologia del terreno*. Reda, 1984.
- Alla scoperta del Suolo*, classe 4F Liceo scientifico statale E. Fermi, Padova 2017-2018
- Il corriere di 2B ed. straord,la scuola al tempo della Didattica a distanza*,Liceo sc. statale Fermi,Pd '19-'20
- Il giardino del Fermi oltre il Liceo*, a cura di N. Schmidt, Padova 2018-2019.
- E.L. Palmieri, M. Parotto, #Terra - *Il nostro pianeta, La geodinamica esogena*. Zanichelli, 2018.



- AA.VV., *Il libro della terra- Linea blu con chimica*. A. Mondadori Scuola, 2018.
- AA.VV., *Carta dei suoli del Veneto*. Servizio osservatorio suoli e rifiuti-Dipartimento Prov.Treviso, 2005.
- G. Astolfi, F. Colombara, *La Geologia dei Colli Euganei*. Canova, 2003
- AA. VV., *Dalla carta topografica al paesaggio. Atlante Ragionato*. ZetaBeta, 2004
- N. Armaroli, V. Balzani, *Energia per l'astronave Terra*. Zanichelli, 2017
- Le figure 17 e 18 sulla relazione esistente tra la solubilità del  $\text{CaCO}_3$  e il valore del pH e della temperatura vengono dalla seguente pubblicazione: Arkley, R.J. (1963) Calculation of Carbonate and Water Movement in Soil from Climatic Data. *Soil Science*, 96, 239-248.
- La figura 21 sul profilo stratigrafico attraverso il megafan di Bassano e la laguna centrale proviene dalle seguenti pubblicazioni: - Giandon P., Ragazzi F., Vinci I., Fantinato L., Garlato A., Mozzi P., Bozzo G.P. (2001). La carta dei suoli del bacino scolante in laguna di Venezia. *Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo* 50:273-280. - Mozzi P., Bini C., Zilocchi L., Becattini R., Mariotti Lippi M. (2003). Stratigraphy, paleopedology and palinology of Late Pleistocene and Holocene deposits in the landward sector of the Lagoon of Venice (Italy), in relation to the "caranto" level. *Il Quaternario* 16(1bis):193-210.

## Sitografia

<http://www.pedologiasipe.it/>

<http://www.progettogea.com/gea/ambiente/schede/stato-pianeta/3terra/strati-suolo.htm>

<http://www.chimicare.org/curiosita/la-chimica-delle-piante/da-cosa-e-fatto-lhumus-formazione-e-proprietà-della-sostanza-organica-nel-terreno/>

