



RE SOIL
FOUNDATION
Regeneration for a clean and healthy soil.

Quaderno

per
insegnanti



SOIL LAB

IL MONDO NASCOSTO
SOTTO I NOSTRI PIEDI

conoscere i segreti del SUOLO per prendersi cura del Pianeta



SOILAB è un **kit didattico per le scuole** (primarie e secondarie di primo grado) dedicato al suolo.

Vi proponiamo un **percorso originale**, che unisce **conoscenze di base e attualità** sul suolo: che cos'è, com'è fatto, a cosa serve, quali sono le problematiche che lo minacciano, che cosa fare per preservarlo.

SOILAB permette un approccio modulare ed è integrabile con ulteriori proposte. Il kit è composto da 4 strumenti: **Brochure illustrata, Poster-Game, Quaderno per insegnanti, Schede Attività & Laboratori.**

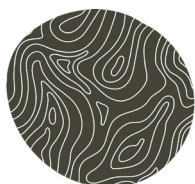
In versione digitale o cartacea, il kit viene messo a disposizione delle scuole che ne fanno richiesta. Sono previsti momenti di incontro a cura degli animatori della fondazione.

Teniamoci in contatto.

e-mail: info@resoilfoundation.org

L'ESPERIENZA CONTINUA SU
WWW.RESOILFOUNDATION.ORG

SOILAB è il progetto educational di



RE SOIL
FOUNDATION
Regeneration for a clean and healthy soil

ideato e realizzato da Ecofficina Srl

Indice

pag. 6
Introduzione

03 pag. 15
Conoscenze di base.
Come è fatto?
brochure scheda 4

06 pag. 28
L'attualità.
**Una "pelle"
fragile**
brochure schede 11 e 18

09 pag. 38
L'attualità.
**L'agricoltura
sostenibile**
brochure schede 13, 14, 15 e 16

01 pag. 11
Conoscenze di base.
Che cosa è il suolo?
brochure scheda 3

04 pag. 20
Conoscenze di base.
Chi lo abita?
La biodiversità
brochure schede 5, 6 e 8

07 pag. 32
L'attualità.
**Il suolo in
equilibrio**
brochure scheda 11

10 pag. 45
L'attualità.
**Tra nuovo
e riuso**
brochure schede 16 e 17

02 pag. 13
Conoscenze di base.
Come si è formato?
brochure scheda 3

05 pag. 24
Conoscenze di base.
A che cosa serve?
I servizi ecosistemici
brochure scheda 9

08 pag. 34
L'attualità.
**Le minacce
del suolo**
brochure schede 10, 11 e 12

pag. 49
Gli strumenti del kit



Il suolo è la “fabbrica della vita”

Sotto i nostri piedi c'è una **risorsa primaria preziosa e indispensabile** per la vita sulla Terra.

Il suolo è un **"laboratorio" naturale**, chimico, fisico e biologico da cui provengono gli elementi nutritivi che consentono la vita delle piante e, da queste, gli alimenti per gli animali e l'uomo.

“Molti non colgono la bellezza dei suoli. Perciò non è facile convincerli della necessità di preservarli.”

(Hans Jenny)

“C'è già un racconto in ogni cosa. Il suolo è pieno di racconti e di segreti che si possono scoprire, senza inventare nulla.”

(Gianni Rodari)

“Sappiamo di più sul movimento dei corpi celesti che non sul mondo che ci sta sotto i piedi.”

(Leonardo da Vinci)

“La cura del suolo è la cura della vita.”

(Commissione Europea)

Introduzione

Il quaderno che avete fra le mani è rivolto a voi insegnanti, mediatori indispensabili fra la complessità della società contemporanea e la scuola.

Il testo che lo compone è organizzato in **conoscenze di base e approfondimenti**, permettendovi un utilizzo flessibile delle informazioni contenute rispetto al tempo che vorrete dedicare al tema.

Il quaderno vuole essere uno strumento utile per sviluppare percorsi didattici, in particolare sul suolo e più in generale, sui temi ambientali correlati, contribuendo allo sviluppo, negli studenti, di un'intelligenza critica.

Siate liberi di organizzare il vostro **percorso didattico personalizzato**.

In base ai vari materiali forniti, potrete scegliere il percorso più rispondente ai vostri curricula.

Dopo aver utilizzato questi materiali didattici potrete trasmetterci la vostra esperienza per aiutarci a migliorare, aggiornare e arricchire il quaderno permettendoci, allo stesso tempo, di far conoscere il vostro lavoro anche ad altre scuole e classi.

L'impostazione culturale e didattica per un nuovo punto di vista sul suolo.

Gli obiettivi del quaderno:

- **stimolare** sia curiosità per il tema trattato, sia un pensiero critico ma rigoroso;
- **privilegiare** un approccio interdisciplinare, scientifico e umanistico, perché i temi ambientali sono interdisciplinari;
- **fornire** un bagaglio di informazioni che aiuti a superare i luoghi comuni e che sia accessibile anche dai più piccoli;
- **semplificare** in modo corretto, mostrare con immediatezza le relazioni causa-effetto;
- **aiutare** a conoscere l'attualità, per poter discutere, ragionare, valutare e scegliere rispetto a quanto vissuto e per progettare meglio il futuro.

Il suolo questo sconosciuto.

I **bambini e i ragazzi** amano il suolo come **fonte di ispirazione** per ogni tipo di giochi all'aria aperta. Ma molti rimarranno sorpresi di apprendere i nuovi concetti che lo riguardano.

Un sistema ecologico complesso.

La percezione che solitamente abbiamo del suolo è limitata alla sua funzione di superficie che sorregge persone e cose. Probabilmente perché siamo abituati a pensare a tutto quello che è lontano dal nostro sguardo come qualcosa che non ci riguarda. Ed è proprio la mancanza di consapevolezza, della sua importanza per la vita sulla Terra e del suo ruolo nella produzione di beni di servizio non sostituibili, la causa primaria di molti dei problemi che le nostre attività creano al suolo. **Risulta però difficile prendersi cura di qualcosa che non si conosce!** Iniziamo con il dire che il suolo è in realtà un ecosistema molto complesso, da cui dipendono non solo le condizioni di vita dell'intero pianeta ma anche l'equilibrio dell'ambiente. Perché il suolo non è un materiale inerte, ma l'insieme degli organismi che lo abitano. Un luogo ricco di meraviglie poco conosciute. Svolge servizi ecosistemici come la fornitura di cibo, biomasse e materie prime; è riserva di patrimonio genetico, filtra e conserva l'acqua delle precipitazioni; è il principale deposito di carbonio delle terre emerse; è custode della memoria storica e componente essenziale del paesaggio.

Il suolo, un grande tema multidisciplinare.

Anche a scuola e sui media, il suolo è un argomento spesso trascurato. Eppure, è un tema

interdisciplinare di grande attualità. Ci riporta all'origine della vita sul nostro pianeta e alle principali questioni ambientali del nostro tempo (cambiamenti climatici, inquinamento di origine antropica, economia circolare...). Si occupano di suolo la geologia, l'idrologia, la chimica, l'ecologia, l'economia, la storia, la geografia, la letteratura... Ciò nonostante, ancor oggi in alcuni testi scolastici, il suolo compare descritto in termini esclusivamente geologici, in quanto derivato dalla disgregazione fisica e/o dall'alterazione chimica delle diverse rocce che appartengono ai tre grandi ordini della petrografia (magmatiche, sedimentarie, metamorfiche), senza prendere in considerazione gli altri processi chimici, fisici e biologici che stanno alla base della sua formazione ed evoluzione. Inoltre, il suolo, che interessa la parte superficiale della Terra (pedosfera), rappresenta il risultato dell'interazione tra atmosfera, idrosfera, litosfera e biosfera. Quest'ultima include l'uomo, le specie animali e vegetali, comprese le comunità microbiche e fungine, micromondi nascosti. E ancora, i fattori che regolano la formazione e l'evoluzione del suolo sono rappresentati dalla litologia, dal clima, dalla morfologia, dagli organismi viventi e dal tempo. Per queste ragioni, nel quaderno proponiamo un approccio multidisciplinare al tema.

Un punto di vista originale: la "fabbrica" della vita.

Il suolo è un complesso ecosistema al **quale dobbiamo la possibilità della vita e**

l'abitabilità della Terra. Supporta la crescita delle piante, agrarie e forestali, sequestra carbonio e può svolgere un importante ruolo di mitigazione dei cambiamenti climatici.

Nella sua porosità contiene aria, acqua e sostanze minerali, è un habitat ideale per ospitare organismi che svolgono un lavoro indispensabile per la vita.

Se non c'è suolo, non c'è vita.

Se, come abbiamo detto, da un lato il suolo rende possibile la vita sulla Terra, dall'altro la crisi ambientale causata dai cambiamenti climatici in atto rende ancora più evidente la sua insostituibilità, dovuta ai tanti servizi ecosistemici che offre a tutti gli organismi viventi, non solo all'uomo. **Ma il suolo, risorsa non rinnovabile, non è indistruttibile: la sua fragilità aumenta se sottoposto alle diverse forme di degrado e a un eccessivo sfruttamento.**

Da questa evidenza ricaviamo la necessità di preservarne la salute, di limitarne il consumo e di incentivare azioni rigenerative. Si possono adottare e diffondere, moltiplicandole, buone pratiche che guardano sia al **micro** (il suolo vicino a noi) che al **macro** (quello lontano).

L'educational sul suolo.

"Tutto dovrebbe essere semplice ma non troppo"

Albert Einstein

Semplificare le cose, facendo

attenzione a non togliere spessore, è la scelta migliore. Affrontare un tema complesso come il suolo con taglio educational significa sia cercare di organizzare le conoscenze in modo che possano essere più facilmente trasmesse, ma anche utilizzare linguaggi differenti. Quella qui proposta è una **precisa metodologia** che prevede l'utilizzo dei sistemi più efficaci, fra quelli disponibili, per veicolare informazioni, per trasmettere il "sapere", come ad esempio, strumenti ludici, interattivi e mappe visuali. Sono tecniche capaci non solo di incuriosire i destinatari, facilitando l'approccio alle nuove tematiche, ma anche di agevolarne apprendimento, memorizzazione, contribuendo allo sviluppo del pensiero critico, attraverso strumenti concettuali di analisi e confronto.

Ampliare le proprie conoscenze permette di utilizzare le nuove informazioni per agire, cambiare le proprie abitudini e i propri comportamenti, fare scelte consapevoli.

"L'educazione e la conoscenza sono alla base del cambiamento di opinione circa la consapevolezza del suo valore. Occorrono educazione di qualità e formazione ad ogni livello scolastico, con sistemi di insegnamento multidisciplinari e sistemici, in grado di connettere competenze scientifiche e tecnologiche ed economico/umanistiche. Diffondere conoscenze sulla salute del suolo in particolare tra i giovani, significa informare, sensibilizzare e coinvolgere la società civile in obiettivi e progetti sul territorio".

(Commissione Europea)

Alla scoperta della natura, alla scoperta del suolo.

Per avvicinarsi alla scoperta degli ambienti naturali, di cui il suolo fa parte, vi proponiamo **tre differenti approcci**, non alternativi ma consecutivi l'uno all'altro.

Il **primo** prevede di partire dall'osservazione della bellezza intrinseca della natura, anche quando non facilmente visibile. Perché è dalla bellezza che nascono cura e rispetto. Questo senza considerare natura solamente ciò che ci circonda, ma ampliando gli orizzonti per scoprire anche ciò che non è immediatamente sotto i nostri occhi, come il suolo appunto.

Il **secondo** parte dalla consapevolezza che il pianeta è la "casa comune di tutti gli esseri viventi" e l'uomo non è il padrone incontrastato della natura, ma solo uno fra i tanti suoi abitanti. La Terra è un ampio sistema, da non sfruttare mettendo a rischio la sua stessa sopravvivenza.

Il **terzo**, infine, consiste nel valutare oggettivamente la realtà che ci circonda, rifuggendo la credulità di concetti scientificamente non comprovati. Così come tendere a dividere gli animali in generale e gli insetti in particolare fra buoni e dannosi, quando invece **ogni specie svolge una specifica funzione all'interno degli ecosistemi di appartenenza. Considerando anche che spesso la percezione negativa di una specie è dovuta alla sua introduzione aliena e invasiva in ecosistemi altrimenti in equilibrio, e non alla specie stessa, che nel suo ambiente di provenienza non produce conseguenze negative.**

Conoscere di più non fa capire tutto, ma aiuta ad affrontare la complessità.

Attenzione però, l'ambiente non è solo bellezza da contemplare, ma anche biodiversità animale e vegetale, molteplicità di paesaggi, macro e micromondi. Un insieme di ecosistemi correlati da relazioni complesse. In ogni **ecosistema, gli organismi viventi (fattori biotici) e la materia non vivente (fattori abiotici) interagiscono, dando vita a processi e i flussi di energia e costituendo un sistema autosufficiente e in equilibrio dinamico. Il suolo è uno di questi ecosistemi.**

Lo scopo del percorso che vi proponiamo è individuare i collegamenti esistenti tra l'ambiente e le azioni antropiche, analizzando le conseguenze di quest'ultime sotto l'aspetto della loro sostenibilità ambientale.

Lo si può fare in modo diverso a seconda della fascia di età alla quale ci si rivolge. Accanto ai contenuti sintetici, trovate anche alcuni approfondimenti.

È importante, nell'educazione ambientale, rendere visibile l'invisibile.

Per osservare l'ambiente naturale, l'approccio migliore è quello di immergervi. Ma anche l'osservazione diretta ha i suoi limiti. Il cervello umano si è evoluto per riconoscere ciò che percepiamo all'interno del nostro campo sensoriale. Eppure, molto avviene oltre la nostra soglia di percezione, ad esempio sottoterra. **Diventa dunque utile comprendere come intercettare**

e poi raccontare, oltre a ciò che riusciamo a osservare direttamente, anche quello che non è immediatamente evidente. Si tratta di comprendere una rete di relazioni invisibili che interconnette gli organismi naturali, i sistemi della natura e le attività umane. Come possiamo essere aiutati a scoprire ciò che non è immediatamente evidente? Come ne parliamo? Come stimoliamo la curiosità di colleghi e studenti?

Lo psicologo statunitense **Daniel Goleman**, autore di ricerche sull'intelligenza emotiva e l'intelligenza sociale, ha coniato il concetto di **“intelligenza ecologica”**, definendola come **una prossima tappa nell'evoluzione del cervello umano.**

Si tratta della capacità di riconoscere le molteplici connessioni che ci legano all'ambiente, un radicale cambiamento cognitivo che richiede una visione in grado di cogliere anche le implicazioni del proprio operato, le ripercussioni sull'intero sistema di ogni scelta personale.

Sviluppare un'intelligenza ecologica significa conoscere non solo la natura di per sé, ma anche l'uso che facciamo degli elementi naturali, percorrendo il ciclo di vita dei prodotti dell'uomo.

La ricerca di maggiore sostenibilità delle nostre scelte di produzione e consumo, ci impone di modificare, nel nostro rapporto con la natura, la tendenza a guardare solo all'utilità immediata, al guadagno a breve termine, per sostituirla con una più sana relazione a lungo termine. Muoversi secondo

i dettami dell'intelligenza ecologica, richiede infatti anche di preoccuparsi dell'impatto ecologico delle nostre attività e di come affrontarne le conseguenze. Si tratta di fare propria una nuova sensibilità. E allora parole complesse come bioeconomia, in particolare, ed economia circolare, in generale, diventano comprensibili anche ai più piccoli.

Un mix di conoscenze di base e attualità.

Le migliori esperienze didattiche realizzate partendo dalla trasmissione delle conoscenze di base (scientifiche e umanistiche), procedono con la loro applicazione a situazioni concrete, per una comprensione qualitativa, guidata e ragionata, dell'attualità. L'approdo successivo prevede di sviluppare, usando i concetti acquisiti, il confronto tra opinioni differenti. Si possono così collegare i contenuti didattici all'esperienza di vita quotidiana, agli aspetti, anche critici, del territorio in cui si vive.

Consigliamo di adottare uno schema semplice:

- A. affrontare il tema con un metodo “bottom-up”** (prima analizzando nel dettaglio parti individuali, poi connettendole fra loro in modo da formare componenti più grandi, a loro volta interconnesse fino a realizzare un sistema completo, dal basso verso l'alto);
- B. utilizzare solo fonti verificate**, diversificandole;
- C. svolgere attività laboratoriale**, con al centro gli elementi naturali;
- D. farsi aiutare**, anche a distanza, **da tutor ed esperti**, esterni alla scuola;

E. mettere ordine nel mare delle informazioni, razionalizzare, sistematizzare, scoprire che cosa manca;

F. costruire reti concettuali;

G. confrontarsi con altre classi e altre scuole;

H. proseguire il percorso e approfondire, fino a chiedersi che cosa è possibile fare e non (individualmente e collettivamente).

Un lavoro di gruppo per un percorso con molte sfaccettature.

In sintesi, l'impostazione del lavoro di gruppo (tra insegnanti e tra insegnanti e studenti) si può basare su almeno 6 verbi/parole chiave: **INVESTIGARE, SCEGLIERE, AGIRE, DIBATTERE, CELEBRARE** (la giornata mondiale del suolo – 5 dicembre); **CONDIVIDERE** (quanto sviluppato) con altre classi e studenti, sui canali social del proprio istituto, sul sito educational di **RE SOIL FOUNDATION.**

Nelle indicazioni didattiche e nei testi non c'è solo l'obiettivo di diffondere conoscenze, di suggerire ricerche e approfondimenti, confronti e discussioni, ma anche di suggerire una nuova collocazione dell'uomo all'interno della natura.



Le conoscenze di base



Che cosa è il suolo?

Molto spesso il suolo, sotto forma di polvere o fango, viene percepito, specialmente nei contesti urbani e nel rapporto genitori-figli, adulti-bambini, come qualcosa di poco pulito. Sporca le nostre scarpe e i nostri vestiti, è vettore di infezioni dalle quali difenderci, ricco di esseri ripugnanti, come i vermi...

Molto meno spesso, il suolo viene descritto come qualcosa di bello e ricco di vita. Anche nelle organizzazioni internazionali, la sua percezione (e dunque la sua definizione) è cambiata nel tempo.

Ad esempio, nella **Carta europea del suolo** (Consiglio europeo - 1972) il suolo viene definito come *“uno dei beni più preziosi della Terra. Permette la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo”*.

Nella **Carta mondiale del suolo** (ONU - 2015): *“Il suolo garantisce all'umanità beni e servizi indispensabili per la sopravvivenza degli ecosistemi”*. **Per l'importanza socio-economica e ambientale che rivestono, queste funzioni devono essere tutelate.**

Il suolo è **un ecosistema con una complessa architettura**, una risorsa che rende possibile la vita sulla Ter-

ra, al pari dell'aria e dell'acqua. Ha un ruolo importante e fondamentale nei cicli di vita naturali e umani. In generale, l'esistenza di ogni animale (uomo compreso) e di ogni pianta che vive sulla terra dipende, in ultima analisi, dal suolo.

Il paesaggio che noi vediamo è fortemente influenzato dai diversi suoli che si originano e che differiscono tra loro per la diversa espressione dei processi di formazione ed evoluzione.

Se si dice che il suolo è **“la pelle della Terra”**, la copertura vegetale può essere descritta metaforicamente come **“la crema protettiva”** che utilizziamo per ripararci dalle scottature dei raggi solari. La vegetazione infatti, oltre ad apportare materiale vegetale al suolo entrando così nel ciclo del carbonio e del sequestro di carbonio stesso, può contribuire al contenimento dei fenomeni di erosione superficiale.

Ad esempio, specialmente in caso di pendii, un terreno ricoperto di piante erbacee con radici profonde è più resistente all'erosione di un terreno che ne è privo, per almeno tre ragioni: (1) l'acqua piovana scorre in superficie sopra la coltre erbacea e non sul suolo nudo; (2) una parte considerevole di quest'acqua è assorbita dalle radici e successivamente trasferita all'atmosfera attraverso le foglie e non assorbita dal terreno; (3) la superficie del suolo è meno esposta agli sbalzi termici e di umidità che innescano i processi di erosione. I tre effetti combinati, in tempi e modi differenti, diminuiscono la quantità di acqua che si infiltra o permane nel terreno e ne omogenizzano la distribuzione.

L'idea che gli alberi si possano produrre cibo da soli, attraverso la fotosintesi, è un tema affascinante. Imparare a conoscere la vegetazione non è solo un gioco fine a sé stesso. Ogni pianta ha una sua forma e una sua struttura. Così come gli elementi che la compongono, a partire dalle foglie, dalle cortecce, per arrivare fino alle radici. Giardinieri, agricoltori, vivaisti conoscono la capacità del suolo di trattenere l'umidità, i sali minerali necessari alla crescita delle piante, la profondità dello strato fertile e i differenti apparati radicali che meglio vi si adattano...

A. GLI ALBERI E LE LORO RADICI.

In un anno, considerando i soli mesi nei quali le loro fronde sono verdi, un albero di latifoglie (che si spoglia in autunno) rinfresca quanto 10 condizionatori d'aria, sempre in funzione; assorbe 29.000 litri di acqua piovana; filtra 28 kg di inquinamento atmosferico. Per fare tutto questo necessita però di un suolo dove sviluppare le proprie radici.

Sotto la superficie del terreno, le radici assorbono acqua, sali minerali, i nutrienti necessari per la crescita dell'intera pianta (anche la porzione sopra-suolo). Ma da sole avrebbero difficoltà a fornire questo servizio e allora stabiliscono **interazioni** con altri abitanti del suolo, come batteri e funghi. Ricerche internazionali recentissime (2019) in questo ambito si sono guadagnate, con la prima mappa globale delle simbiosi nelle foreste, la copertina della rivista scientifica "Nature". Funghi e batteri scambiano nutrienti con le radici, in cambio di carbonio, in una sorta di vasto e diramato "mercato naturale globale". Il clima, tramite la sua influenza sul processo di decomposizione, determina la distribuzione delle diverse tipologie di simbiosi. **Delle tre più comuni simbiosi due sono tra funghi e radici ("micorrize arbuscolari" ed "ecto-micorrize") e la terza tra batteri azoto-fissatori e radici delle leguminose.**

Le radici assorbenti sono così piccole da avere uno spessore minore di quello di un capello. Sono queste minuscole radici ad esplorare dal 4 al 7% del terreno che circonda la pianta. Il loro scopo è quello di trovare un partner. Alcuni esempi: le radici della pianta del riso convivono con batteri che la difendono da malattie e da altri organismi ad essa dannosi; le micorrize (ovvero l'associazione simbiotica tra pianta e fungo) nei boschi aumentano l'assorbimento d'acqua e nutrienti e il loro

trasporto a distanza tramite le ife. Le ife, filamenti di forma cilindrica allungati che disposti uno sull'altro formano il **micelio**, ovvero il corpo vegetativo dei funghi, entrano meglio nei micro-pori della terra. **Un cucchiaino di suolo ne contiene fino a 1 km.** Grazie a loro le piante hanno meno necessità di acqua, anche in momenti di scarsità.

Nuove scoperte circa i sensi delle piante ci trasmettono un diverso punto di vista per capire il mondo dei vegetali: il modo di comunicare, le strategie di sopravvivenza, di riproduzione, il dialogo con gli insetti e gli animali, ecc. Insomma, gli alberi sono esseri viventi intelligenti (in modo diverso dall'uomo) e vale la pena conoscere di più il loro funzionamento, non fermandosi alla fotosintesi e al movimento della linfa nel loro tronco.

B. LA COMUNICAZIONE CHIMICA DELLE PIANTE.

La maggior parte delle piante dispone di sistemi di comunicazione chimica sia al loro interno sia verso gli altri vegetali. Alcuni esempi: le radici segnalano alle foglie la mancanza d'acqua nel terreno e le foglie si regolano di conseguenza; le foglie di un ramo segnalano alla pianta intera l'arrivo di un bruco predatore e la pianta reagisce emettendo nelle foglie sostanze tossiche per contrastarne l'attacco; attraverso sostanze odorogene le piante segnalano il rischio alle altre piante vicine; se un albero è minacciato da altri insetti, produce resina per fermare l'invasione.

Le piante arboree o le erbacee hanno strategie diverse per attirare gli insetti impollinatori oppure per distribuire sul suolo, lontano dalla loro chioma, i semi necessari alla riproduzione e farli sopravvivere nel tempo. Alcune piante contengono nelle loro foglie e nella buccia della frutta sostanze velenose che sparse nel suolo impediscono ad altre piante di crescere sotto la propria chioma e nei dintorni.

Gli alberi dei boschi, oltre ad accordarsi, come abbiamo detto, con i "funghi", che avvolgono nei filamenti le loro sottili radici, si connettono con gli esemplari vicini, intrecciandosi come fossero appartenenti a un unico super organismo, creando così nel suolo una fitta rete condivisa per scambiare sostanze e per comunicare pericoli.

2.

Come si è formato?

La formazione del suolo deriva dalla roccia madre, per azione fisica, chimica e biologica, esercitata da tutti gli agenti superficiali e dagli organismi presenti nel suolo sui minerali che la compongono. Anche il suolo fertile all'origine era roccia madre. Dove c'è solo roccia madre, la vita non può svilupparsi. Un suolo profondo un metro può essersi formato in 20.000 anni: 10 cm ogni 2000 anni!

La formazione ed evoluzione del suolo è dunque un processo lunghissimo che dipende da tanti fattori e variabili: la **roccia madre** (origina suoli differenti a seconda della composizione mineralogica e della sua origine) e il **clima** (con le diverse precipitazioni e temperature). In particolare, la temperatura può esercitare un effetto inibitore ($T < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) o acceleratore ($T > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) dei processi, influenzando sia

la velocità delle reazioni chimiche e biochimiche, sia le condizioni di vita degli organismi.

Le precipitazioni sono invece responsabili dei processi di alterazione dei minerali, di solubilizzazione dei sali, e possono influenzare anche le reazioni di ossido-riduzione. Inoltre, la morfologia del territorio, con variabili come pendenza e quota, influenza il microclima e la gestione delle acque, con possibile accentuazione dei fenomeni erosivi. In ultimo, le attività dell'uomo possono accelerare il degrado del suolo, sia in città e dintorni attraverso il suo consumo, sia in campagna con l'agricoltura (compattazione, erosione, perdita di sostanza organica e biodiversità, contaminazione). Per queste ragioni **il suolo è un organismo vivente in continua trasformazione**. Ma i veri **protagonisti di questo incessante processo** sono i miliardi di miliardi di microrganismi che lo abitano. Degradano i residui vegetali che cadono a terra (foglie, rametti, resti di animali...) e li trasformano, decomponendoli attraverso processi chimici e biochimici complessi, in humus, lasciando nel terreno il carbonio che contengono. L'humus svolge importanti funzioni: crea e protegge la struttura del suolo, è fonte di rilascio di nutrienti per le piante, prezioso habitat per le comunità microbiche stesse. **Così la natura chiude il cerchio: dai materiali organici nuova "vita"**.

La scienza che studia i suoli si chiama PEDOLOGIA, l'unione di due vocaboli di origine greca: pédon (terreno) -logia (studio). Studia la formazione ed evoluzione dei suoli valutando in campo, lungo una sezione verticale scavata ad hoc (profilo del suolo), la successione di diversi livelli (orizzonti) che si possono diversificare in funzione dei caratteri morfologici e chimico-fisici.

A. LE PROPRIETÀ MINERALOGICHE E CHIMICO-FISICHE DELLA ROCCIA MADRE.

La genesi dei vari tipi di suolo dipende sia dalle proprietà fisiche (es. struttura) che mineralogiche (es. silicati e fillosilicati) della roccia madre, il materiale primario da cui trae origine il suolo.

Mentre le proprietà fisiche influenzano la velocità con la quale la roccia viene disgregata, quelle mineralogiche determinano gli elementi che da essa verranno liberati durante i processi di alterazione.

Le rocce sono classificate in Ignee, Metamorfiche e Sedimentarie. Le rocce ignee, a mineralogia silicatica, costituiscono più del 95% della crosta terrestre.

Le rocce magmatiche ricche in silice (es. granito e porfido) e metamorfiche (es. marmo, gneiss) oppongono particolare resistenza ai processi di alterazione e pertanto i suoli che si formano da esse presentano spessori molto ridotti e sono vulnerabili all'erosione. Al contrario rocce magmatiche basiche e sedimentarie povere in silice permettono la formazione di suoli profondi, con buona ritenzione idrica ed in grado di ospitare una consistente copertura vegetale.

B. I COLORI DEI SUOLI.

Il colore del suolo deriva dalla combinazione cromatica delle sue diverse componenti inorganiche e organiche. Ad esempio, carbonati, solfati e cloruri, sono sali generalmente bianchi; materiali argillosi possono variare dal grigio chiaro al grigio-verdastro; le sostanze organiche a differente grado di umificazione assumono colorazione variabile dal nero al grigio scuro. Il ferro conferisce ai suoli diversi colori in relazione al diverso stato di ossidazione e presenta colorazioni variabili dal rosso al giallo, al grigio-verde e grigio-azzurro.

Un suolo molto scuro è da ritenersi ricco in sostanza organica, mentre se chiaro o molto colorato (giallo o rosso) è da ritenersi particolarmente povero (ricordiamoci che la carenza di sostanza organica nel suolo è indice di scarsa fertilità). Se il suolo appare grigio generalmente presenta un elevato contenuto in argilla, il che può provocare difficoltà di lavorazione dei suoli sia in condizioni di sic-

cità sia di eccesso di acqua per le forti piogge. Se il suolo assume colorazioni variabili grigio-verde al grigio-azzurro significa che contiene poco ossigeno allo stato gassoso a causa dell'eccessiva presenza di acqua, determinando condizioni non ottimali per la vita dei microrganismi e per gran parte dei vegetali.

(Geoquaderno - GeoL@b-aps)

C. LO SVILUPPO DI SISTEMI DI MONITORAGGIO.

La salute del suolo dovrebbe essere costantemente osservata tenendo conto della specificità di ogni singolo territorio. La Mission Soil Health and Food della UE propone di monitorare **la presenza di diverse forme di degrado che possono portare fino alla desertificazione del suolo, mettendo a punto indicatori e indici appropriati e condivisi:**

1. **inquinanti, eccesso di nutrienti e sali;**
2. **copertura vegetale** (inclusa perché ha un impatto diretto sulla salute del suolo);
3. **carbonio organico;**
4. **tipo di struttura del suolo comprendente la densità apparente** (che considera gli spazi vuoti) **e l'assenza di impermeabilizzazione ed erosione;**
5. **biodiversità;**
6. **nutrienti e reazione (pH).**

D. IL RUOLO DELLE PRECIPITAZIONI NELLA PEDOGENESI.

Le precipitazioni elevate favoriscono i processi di formazione ed evoluzione del suolo, come la **podsolizzazione** - progressivo impoverimento, sia di sostanze minerali sia di sostanza organica, degli orizzonti superficiali, e loro conseguente aumento di acidità (specialmente ad alte latitudini e in alta montagna); la **decarbonatazione** - dissoluzione chimica dei carbonati negli orizzonti del suolo e/o nelle rocce carbonatiche sottostanti ad esso, per azione di acque meteoriche ricche di anidride carbonica; il carbonato passa allo stato di bicarbonato solubile e viene poi rimosso per lisciviazione; la **lisciviazione**, ovvero la migrazione meccanica di piccole particelle minerali (principalmente argilla) dagli orizzonti superficiali a quelli profondi.

E. L'ACRONIMO CLORPT.

Gli scienziati del suolo utilizzano anche un acronimo, **CLORPT**, per indicare i diversi fattori che rendono il terreno un sistema complesso in continua evoluzione: **CL** (clima, temperatura, umidità); **O** (organismi viventi); **R** (rilievo, pendenza del versante, esposizione); **P** (roccia madre, materiale di partenza); **T** (tempo di formazione).

3.

Come è fatto?

Il suolo non assolve solamente a funzioni di sostegno di piante ed edifici ma è un sistema complesso in equilibrio con l'atmosfera.

Il suolo è formato da sostanze inorganiche (43-45%) e da sostanze organiche (1-10%); la parte rimanente sono gli spazi vuoti (44-50%) che possono essere occupati dall'acqua e dall'aria.

La sostanza organica contiene carbonio. Acqua e aria sono ospitate nei pori che possono essere divisi in macro, meso e micropori in funzione delle dimensioni e del tipo di struttura del suolo.

Da non dimenticare inoltre la componente biotica, preziosa e indispensabile, composta da chi il suolo lo abita, ovvero gli esseri viventi come microrganismi, funghi, insetti e altri organismi viventi.

L'humus (sostanze umiche) è il "tesoro" del suolo.

L'humus è frutto della decomposizione e del lavoro costante di decomposizione di resti animali

e vegetali, da parte di tanti organismi, come piccoli mammiferi, lombrichi, insetti, batteri, funghi... L'humus ha caratteristiche e componenti diverse a seconda dell'ambiente in cui si è formato. **Ha una buona capacità di trattenere l'acqua ed è un'importante riserva di nutrienti. Il suo colore scuro consente di trattenere in modo efficace il calore. La sua presenza garantisce al suolo fertilità e stabilità.**

Abbiamo detto che i residui vegetali e animali che giungono al suolo diventano "cibo" per altri essere viventi e attraverso complessi processi formano humus, ricco di sostanze nutrienti pronte per essere usate dalle piante.

Nel suolo il livello (orizzonte organico) superficiale composto da foglie, scarti come legnetti, frutti, radici, cortecce, resti di animali, di coltivazioni, di vegetali secchi si chiama **lettiera**.

A seconda delle condizioni climatiche, in tempi e con gradi di decomposizione differenti, queste sostanze diventano humus.

Nel suolo convivono diverse frazioni organiche, le viventi e le non viventi, tra queste ultime si annoverano gli apporti dei residui vegetali e animali. La pedofauna (gli organismi che vivono nel suolo) svolgono azioni di degradazione mentre le comunità microbiche trasformano le

sostanze e attraverso complessi processi di umificazione formano l'humus. I suoli fertili e ricchi hanno una percentuale di sostanza organica oscillante tra il 3% e il 10% (in media il 5%). Un suolo invece con contenuto moderato ha tra il 2% e il 3%. Se si scende sotto queste percentuali i terreni possono essere considerati molto poveri. L'humus influenza le caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche, che determinano a loro volta la formazione di habitat con vegetazione e microrganismi specifici e differenti.

La sostanza organica.

La sostanza organica contiene: carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto. In misura minore: fosforo, zolfo. Il materiale organico ha diversa degradabilità e quindi diversa permanenza nel suolo (in anni).

Esempi.

- **Sostanze umiche sintetizzate dai microrganismi del suolo:** *degradabilità molto elevata* - permanenza < 5-10 anni (secoli).
- **Letame:** *degradabilità elevata* - permanenza < 5 anni.
- **Fieno, erba, foglie di latifoglie:** *degradabilità elevata* - permanenza < 5 anni.
- **Lettieria conifere, paglia, aghi di pino:** *degradabilità moderata* - permanenza < 1-10 anni.
- **Corteccia di alberi, legno:** *degradabilità lenta* - permanenza 10-100 anni.

Per crescere, le piante hanno bisogno di numerosi nutrienti, come azoto, fosforo, potassio, magnesio e calcio, ma anche di sostanze presenti in tracce. I nutrienti solubili si trovano nella fase liquida del suolo dove le radici delle piante possono assorbirli.

La profondità del suolo.

Lo spessore del suolo è utile per l'apparato radicale delle piante. La profondità del terreno permette lo sviluppo degli apparati radicali, favorisce la possibilità di incontrare riserve d'acqua. **Suoli poco profondi sono anche maggiormente soggetti al degrado.**

La profondità può essere suddivisa in 5 classi:

- **molto scarsa** <15 cm;
- **scarsa** 15-30 cm;
- **moderata** 30-75 cm;
- **elevata** 75-150 cm;
- **molto elevata** >150 cm.

Il suolo si sviluppa al meglio in condizioni di caldo e umidità e di non eccessiva pendenza: gli organismi presenti nel terreno prosperano e gli agenti atmosferici esplicano pienamente il loro effetto disgregando la roccia. La ridotta pendenza può dare origine a suoli generalmente molto profondi, mentre in condizioni di contatto litico lo spessore del suolo può essere limitato anche a pochi cm.

Gli "orizzonti" del profilo del suolo.

La sezione verticale del suolo si chiama "profilo". In esso si distinguono diversi strati che si chiamano "orizzonti": **l'orizzonte organico (O)**, formato dalla lettiera (foglie, rametti, residui organici...) a diverso stato di disgregazione; **l'orizzonte organo-minerale (A)**, la parte più superficiale del suolo, in cui l'humus si unisce con la parte minerale; **l'orizzonte minerale (B)**, la parte più profonda del suolo; **il substrato pedogenetico o orizzonte (C)**, vicino alla roccia madre, può essere caratterizzato

dalla presenza di scheletro (parti di roccia indecomposta di diametro superiore a 2 mm); infine, **la Roccia Madre (R)**.

Le classi granulometriche del suolo.

Il suolo presenta una architettura particolare tra gli spazi vuoti e le sostanze solide (inorganiche e organiche).

I frammenti litoidi e minerali il cui diametro è inferiore ai 2 mm costituiscono nel loro insieme la tessitura del suolo, chiamata anche terra fine.

Le particelle superiori ai 2 mm vengono chiamate scheletro e comprendono ghiaie e ciottoli di diversa dimensione.

Un'elevata presenza di scheletro nel suolo porta a forte aerazione e ad elevata permeabilità, aspetti che in agricoltura si traducono in esigenze consistenti di intervento irriguo e di concimazioni; lo scheletro, inoltre, rappresenta un ostacolo alle lavorazioni e favorisce l'usura degli attrezzi meccanici.

Le classi granulometriche sono così divise:

- **ciottoli o ghiaia** – Ø superiore a 2 mm
- **sabbia** – Ø compreso tra 2 e 0,05 mm
- **limo** – Ø compreso tra 0,05 e 0,002 mm
- **argilla** – Ø inferiore a 0,002 mm

Tessitura: la terra fine del suolo.

La tessitura del suolo è data dalla distribuzione delle particelle nelle classi granulometriche con diametro inferiore a 2 mm. Essa influenza in modo significativo l'aerazione, il

drenaggio, la capacità di trattenere l'acqua, la possibilità di penetrazione delle radici, la compattazione...

I suoli sabbiosi presentano elevate percentuali di sabbia, che è formata per lo più da minerali primari che derivano dalla roccia madre. Trattengono pochi nutrienti per le piante e poca acqua, i vuoti tra le particelle permettono drenaggio e aerazione.

I suoli limosi presentano elevate percentuali di limo, i minerali presenti in questa classe devono essere studiati con il microscopio. Trattengono nutrienti per le piante, acqua; il drenaggio è lento.

I suoli argillosi presentano elevate percentuali di argilla e i minerali presenti in questa classe granulometrica devono essere studiati con strumenti molto sofisticati quali i microscopi elettronici.

Trattengono nutrienti per le piante, acqua e aria; sono poveri di macropori e il drenaggio è molto lento.

I pori del suolo.

La distribuzione spaziale delle particelle di sabbia, limo e argilla con la sostanza organica influenza la struttura del suolo che regola gli spazi vuoti, ovvero la porosità del suolo.

- **I macropori** - sopra i 9 micron - consentono i movimenti in discesa dell'acqua attratta dalla gravità verso il basso; quindi la trattengono poco.
- **I micropori** - sotto i 9 micron (fino a 0,2 micron) - trattengono l'acqua per capillarità, contrastando la forza di gravità; permettono il trattenimento e la risalita capillare.
- **I micropori** - sotto 0,2 micron - trattengono l'acqua a tensioni più elevate (1,5 MPa - 15 Bar) e non la rendono utilizzabile per le piante.

La microporosità indica quindi la

capacità di un suolo di trattenere l'acqua.

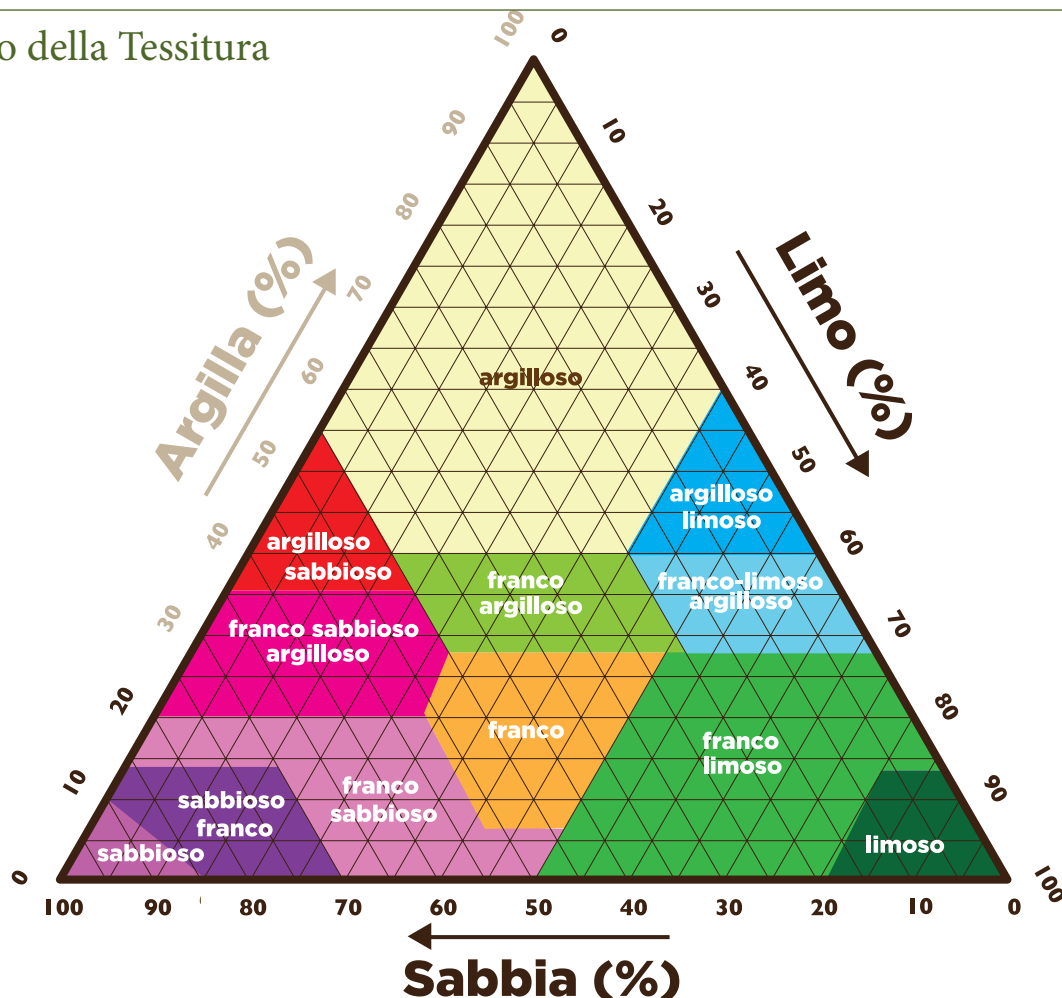
I pori contengono acqua e aria.

I suoli hanno diversa porosità ossia spazi infinitesimali ma numerosissimi (che comprendono anche metà del volume del suolo) che si riempiono di acqua e aria.

Il suolo è composto dal 25% circa d'acqua e dal 25% circa d'aria.

Il contenuto di acqua e aria nel suolo varia a seconda della sua "tessitura". Aria e acqua provengono dagli scambi terreno - atmosfera e per l'acqua, il principale di questi è dato dalle precipitazioni. L'aria tellurica deriva anche dalle reazioni prodotte dai microrganismi, batteri aerobici o anaerobici che vivono nel suolo.

Triangolo della Tessitura



A. IL SUOLO COME MAGAZZINO DI CARBONIO E CO₂.

L'anidride carbonica (CO₂) immagazzinata nel suolo costituisce una riserva di carbonio che aiuta il contrasto ai cambiamenti climatici.

L'humus contiene carbonio come elemento strutturale della sostanza organica. Ma il carbonio nel suolo si trova anche sottoforma di CO₂, dell'aria tellurica, che può precipitare nei carbonati di calcio (calcite).

La sostanza organica del suolo è composta, mediamente, dal 58% di carbonio che fornisce l'energia per gli organismi eterotrofi, una sorta di batteria che prima accumula e poi libera energia.

Anche se vi è comunque un continuo entrare e uscire di carbonio dal terreno, il suolo lo immagazzina bene perché ne assorbe molto e ne rilascia poco. Parte del carbonio, una volta catturato, può rimanere intrappolato nel suolo anche per centinaia di anni, in particolare, nei terreni non coltivati, ricoperti da prati e da boschi. I terreni coltivati (a seconda delle metodologie di gestione) tendono invece a rilasciare CO₂ con più facilità.

L'immagazzinamento cambia a seconda del tipo di uso del suolo.

Il serbatoio migliore (20% del carbonio terrestre) è costituito dai suoli umidi (delta dei fiumi, stagni, acquitrini, lagune, zone di mangrovie e tundra), che rappresentano il 6% della superficie terrestre. *Vedi voce "le differenze di assorbimento".*

Il suolo del pianeta immagazzina circa 4-5 volte di più il carbonio presente nell'atmosfera sotto forma di CO₂. Le foreste (che già hanno un ruolo fondamentale per ridurre le emissioni) sequestrano circa il doppio di anidride carbonica presente nell'atmosfera.

Ma lo stoccaggio di carbonio da parte del suolo è circa 3 volte superiore a quello della vegetazione di una foresta/bosco. La CO₂ sequestrata dagli alberi viene immagazzinata come legno e vegetazione. Un albero è carbonio per circa il 20% del suo peso. Le piante che perdono le foglie in autunno passano parte del carbonio al suolo attraverso la decomposizione della lettiera e la formazione di humus.

Conclusione: il suolo è il più grande deposito di carbonio sulle terre emerse e quindi è l'elemento che è più impegnato a contenere le emissioni causa del riscaldamento globale.

B. UNA SINTESI DEI CICLI NATURALI.

I cicli naturali si suddividono in tipi "gassosi" e "sedimentari". Appartengono ai primi i cicli del carbonio, azoto e ossigeno. La riserva o serbatoio è l'atmosfera. Fanno parte dei secondi fosforo, ferro e calcio. La riserva o serbatoio è nelle rocce e nella decomposizione dei materiali organici.

I cicli gassosi sono necessari ai viventi in grandi quantità, i sedimentari in piccola quantità (tracce).

A partire dalla metà del XX secolo le attività umane sono diventate (non intenzionalmente) il più importante fattore alla base dei cicli biogeochimici fondamentali (carbonio, fosforo, zolfo e azoto). Tali cicli sono i componenti principali di quello che è oggi conosciuto come "sistema Terra". Del ciclo del carbonio abbiamo già parlato in modo approfondito. Di seguito ci occupiamo del ciclo dell'azoto e di quello del fosforo, con alcune osservazioni sui possibili problemi creati dall'intervento dell'uomo attraverso l'uso di fertilizzanti.

1. Il ciclo dell'Azoto.

L'azoto (N) è uno degli elementi più abbondanti sulla Terra ed è presente anche nell'uomo, dove, dopo il carbonio, è l'elemento in maggiore quantità: costituisce infatti circa il 2,5% del nostro corpo (11% sul secco).

Insieme a fosforo e potassio, rappresenta uno degli elementi nutritivi fondamentali per le piante. L'azoto è un componente base nella formazione delle cellule dei tessuti vegetali. Inoltre, esso influenza il metabolismo della pianta, entrando nella formazione di sostanze come amminoacidi, proteine ed enzimi oltre che di un gran numero di ormoni e vitamine.

Anche se la maggiore riserva-serbatoio dell'azoto è nell'aria che respiriamo, costituita al 78% da questo elemento, l'azoto atmosferico non può essere direttamente utilizzato nella sintesi degli amminoacidi e dunque dagli organismi come le piante, gli animali, gli esseri umani.

Nel suolo è presente (sotto forma di ione nitrato NO₃⁻; azoto nitrico, di ione ammonio NH₄⁺ - azoto ammoniacale, e in misura trascurabile di ione nitrito NO₂⁻, azoto nitroso) nella sostanza organica e può essere liberato attraverso la biodegradazione dei composti organici, totalmente decomposti in composti inorganici semplici (mineralizzazione) ad opera di microrganismi azotofissatori liberi o funghi.

La fissazione dell'azoto atmosferico consiste nella riduzione dell'azoto molecolare (N₂) in ammoniaca (NH₃). Una forma molecolare questa capace, al contrario della molecola

semplice, di entrare nel ciclo biochimico degli esseri viventi. Alcuni tipi di piante, come le leguminose, hanno sviluppato una relazione simbiotica con gli azotofissatori, che vivono dentro ad una escrescenza (nodulo) presente nelle radici. Si tratta in particolare delle leguminose come piselli, fagioli, medica, trifoglio e altre ancora, dove gli azotofissatori forniscono direttamente al vegetale ospitante, attraverso i peli radicali, l'azoto ammoniacale da loro prodotto, a partire da quello molecolare.

Ma oltre ai batteri azotofissatori, chi è in grado di fornire alle piante azoto ammoniacale? L'uomo, attraverso i fertilizzanti e i concimi oppure con la rotazione colturale (per esempio alternando coltivazioni di leguminose a quelle di cereali, per esempio, mais o grano). Si stima che le attività umane negli ultimi 100 anni abbiano causato più cambiamenti nel ciclo dell'azoto di quanti non ne siano avvenuti nei precedenti 2,5 miliardi di anni.

"This is a crisis - Facing up to the age of environmental breakdown - Initial report", Laurie Laybourn - Langton, Lesley Rankin e Darren Baxter, IPPR - Institute for Public Policy Research, Febbraio 2019)

Ovvero da quando, nel 1909, un docente universitario tedesco di chimica, F. Haber (premio Nobel nel 1918), trovò il modo di fare la sintesi dell'ammoniaca dall'azoto dell'aria. Haber, insieme al chimico imprenditore K. Bosch, iniziò, con questo metodo, la produzione industriale di concimi azotati (come nitrato di calcio e nitrato d'ammonio) dando vita a quello che venne poi chiamato "processo Haber-Bosch".

A partire dal secondo dopoguerra l'impiego di fertilizzanti di sintesi iniziò a crescere vertiginosamente, passando dai 4 milioni di tonnellate del 1940 alle attuali 110/150 (a seconda delle stime) milioni di tonnellate, determinando "conseguenze enormi sul piano economico, sociale, politico e ambientale" (J.R. McNeill - "Qualcosa di nuovo sotto il sole - storia dell'ambiente nel XX secolo", 2020, Einaudi)

L'azoto e la produzione di cibo.

Si può asserire, in una stima sicuramente per difetto, che oggi i fertilizzanti di sintesi consentono di sfamare ad alcuni miliardi di persone in più. Vediamo perché.

"Una catalogazione a livello globale dell'azoto in forma reattiva ci mostra che sono sei le fonti più importanti attraverso le quali l'elemento giunge ai terreni agricoli: i depositi atmosferici, l'acqua d'irrigazione, l'interramento tramite aratura dei residui delle colture, lo spargimento del letame di origine animale, l'azoto lasciato nel suolo dalle coltivazioni di leguminose, l'utilizzo di fertilizzanti sintetici.

I depositi atmosferici - soprattutto in forma di pioggia o neve in cui sono sciolti i nitrati - e il riciclo dei residui delle colture (paglia e steli di piante che non sono rimossi dai campi per nutrire gli animali o bruciati sul posto) contribuiscono singolarmente a circa 20 mega tonnellate di azoto all'anno. Il concime animale utilizzato nei campi, proveniente soprattutto da bovini,

maiali e polli, contiene quasi 30 mega tonnellate; una massa simile a quella dell'azoto fornito dalle leguminose (le cosiddette colture di copertura destinate al sovescio, così come la soia, i fagioli, i piselli e i ceci); e l'acqua d'irrigazione porta circa 5 mega tonnellate: in totale, 105 mega tonnellate di azoto in un anno. I fertilizzanti sintetici forniscono altre 110 mega tonnellate all'anno, o poco più della metà delle 210-220 mega tonnellate totali. Ciò significa che almeno la metà dei raccolti odierni a livello globale si deve all'impiego di composti azotati sintetici, senza i quali sarebbe impossibile soddisfare le abitudini alimentari predominanti anche solo della metà dei quasi 8 miliardi di persone che oggi abitano il pianeta." (Vaclav Smil "Come funziona davvero il mondo" - Einaudi, 2022).

2. Il ciclo del Fosforo.

In natura, la riserva/serbatoio primaria del fosforo (P), che non si trova allo stato elementare, ma sotto forma di fosfato (sale dell'acido fosforico), è costituita da alcune rocce, dette appunto fosfatiche, e da altri minerali. La riserva/serbatoio secondaria è data dalla sostanza organica del suolo (humus) e dagli organismi viventi. Il fosforo si trova anche nel guano, escrementi di uccelli marini presenti in depositi sulle coste del Perù e Cile, nonché nel concime organico degli allevamenti avicoli. **Il fosforo presente nel suolo deriva dalla degradazione (per processi chimici, fisici e biotici) delle rocce fosfatiche e di altri minerali che lo contengono.** Il fosforo, una volta raggiunto il suolo viene reso disponibile per gli organismi viventi (biodisponibile) da funghi e batteri arricchendo così le riserve organiche. In altri casi, alcuni tipi di piante, grazie alla presenza di micorrize, ife fungine associate alle radici delle piante, possono assorbire il fosforo inorganico (fosfati) e organicarlo.

Il fosforo è indispensabile in processi chiave quali la fotosintesi, la fissazione dell'azoto nelle leguminose, la fioritura, la fruttificazione e la produzione dei semi.

Il contenuto totale di fosforo nel suolo, utile alle piante, mediamente si aggira tra 10 e 20 mg ogni kg di terreno, di cui la maggior parte lo si ritrova concentrato in superficie (i primi 15 cm nei suoli non coltivati e 30/40 cm nei suoli coltivati). Anche in questo caso, l'uomo ne aumenta la disponibilità attraverso i fertilizzanti. Il fosfato presente nei detergenti ha determinato (specie in passato), con lo scarico in natura delle acque depurate, la sua eccessiva presenza nelle acque di laghi e fiumi, diventando il principale responsabile dell'**eutrofizzazione**. Questa parola indica l'eccessiva proliferazione di alghe, causata dai troppi nutrienti, con conseguente assorbimento eccessivo dell'ossigeno sottratto alle altre forme di vita, come i pesci.

C. LEGGERE IL SUOLO: TESSITURA, ARCHITETTURA E STRUTTURA.

Il triangolo della Tessitura.

Lo schema grafico che rappresenta la tessitura è un triangolo: su un lato l'argilla, sull'altro il limo, sul terzo la sabbia. **All'interno le loro composizioni:**

- **in alto** - misure e percentuali dell'argilla
- **in basso a sinistra** - misure e percentuale di limo
- **in basso a destra** - misure e percentuale di sabbia

12 classi tessiturali.

Ci limitiamo a sottolineare che i **suoli con una tessitura più equilibrata vengono chiamati franchi** (o di medio impasto). Ad esempio, i suoli con sabbia dal 35 al 55%, hanno un'ottima circolazione dell'acqua; quelli con una presenza di argilla dal 10 al 25% trattengono bene l'umidità, hanno una buona presenza di aria e di nutrienti e permettono una facile circolazione delle radici.

L'architettura del suolo.

Il suolo sotto i nostri piedi non è una miscela caotica di sostanze organiche e minerali. Ha invece una specifica architettura interna, rappresentata da una successione verticale di strati (orizzonti pedologici) con proprietà morfologiche, chimiche, fisiche e biologiche anche molto diverse tra loro.

Hanno un'importanza diagnostica dello stato di salute del suolo.

Gli orizzonti si differenziano dalla roccia da cui il suolo si è formato per aggiunta, perdita, traslocazione e trasformazione di energia e materia. **Questa specifica e complessa architettura interna è spesso il prodotto di alcune migliaia di anni.**

D. LA CLASSIFICAZIONE DELLA CAPACITÀ D'USO DEL SUOLO.

Gli scienziati utilizzano **una classifica globale di valutazione dei suoli**, ideata dall'**USDA - il dipartimento di agricoltura degli Stati Uniti**, basata sui tre parametri **tessitura, architettura e struttura**.

L'**USDA** suddivide i suoli in **otto classi riferite alla Land Capability Classification - ICC (Classificazione della Capacità d'uso)**. **Raggruppando i suoli in base al loro potenziale per usi agricoli e di altro tipo, attraverso questa classificazione si può determinare se un suolo è adatto a determinate colture o se ci sono rischi di degrado.**

Le prime quattro classi (da eccellenti a sufficienti) sono le uniche capaci di salvaguardare gli aspetti produttivi. Ne deriva che danneggiare i suoli appartenenti a una di queste, facendoli scivolare nella parte bassa della classificazione, comporta enormi danni alla produzione agricola.

4.

Chi lo abita?

Si stima che sotto il suolo viva circa 1/4 delle specie viventi del pianeta, il 25-30% della biodiversità.

Un suolo sano e fertile dipende anche dalla sua biodiversità, cioè dalle tante forme di vita che abitano il sottosuolo (da microrganismi come i batteri, filamenti fungini fino a piccoli insetti, lombrichi e mammiferi come le talpe). È una “casa”, **un gigantesco condominio di una comunità di organismi**, che si estende in verticale e in orizzontale sotto i prati, i campi, i boschi e le foreste, i giardini, fino ai parchi e alle aiuole in città.

I microorganismi (come batteri, nematodi, miceli fungini e protozoi) si possono vedere solo con microscopi (molto potenti!).

Solo l'1% dei microrganismi è stato identificato e pertanto lo sviluppo della ricerca in questa direzione è particolarmente utile.

Un cucchiaino per il tè di terriccio conta migliaia di specie, con milioni di individui e centinaia di metri di reti fungine. Una tazza per il tè di suolo può contenere da 100 milioni a 1 miliardo di batteri. Quindi ci sono più organismi in una tazza di suolo che persone nel mondo. Il peso di tutti gli esseri viventi presenti nei

diversi strati di un ettaro di suolo può raggiungere le 15 tonnellate, pari al peso di circa 20 vacche. Altri organismi, come gli insetti fino agli animali più grandi, si possono **vedere ad occhio nudo**, come ad esempio: porcellini di terra, formiche, collemboli, vermi, ragni, larve di maggiolino, pseudoscorpioni, lombrichi, lumache, miriapodi, grilli, larve di formicaleone, acari, forbicette, talpe.

Il suolo è la “fabbrica della vita”.

Che cosa fanno tutti insieme i numerosi organismi (animali, microrganismi, radici...) “abitanti” del suolo? Sostengono la vita sulla Terra. Sostengono la vita sulla Terra e rigenerano il suolo e contribuiscono a mantenerlo fertile. Dato che tutte queste forme di vita lavorano incessantemente per fornire servizi, si potrebbe dire che c'è un'estesa “fabbrica” sotto i nostri piedi. Il suo prodotto è consentire la vita di tutti gli esseri viventi.

Il suolo è un gigantesco “laboratorio” chimico, fisico, biologico.

Come in un gigantesco laboratorio, si può anche dire che nel terreno si smontano molecole e si rompono legami chimici, compo-

menti, elementi e strutture. Da lì provengono le sostanze nutritive (ad esempio azoto, fosforo, zolfo) che consentono la vita delle piante e degli animali, tra cui gli esseri umani.

Nel suolo si formano anche sostanze complesse, ottenute dalla degradazione, resintesi microbica, polimerizzazione e condensazione di molecole e polimeri. Questi processi così complessi prendono il nome di processi di umificazione.

Vedi i cicli naturali sopra descritti.

Il suolo è vita. Il suolo è cibo.

Dal punto di vista umano: **il 95% del nostro cibo arriva dal suolo.** La parte viva del suolo (componente biotica) garantisce humus, sostanza organica non umificata, acidità, aerazione. In un'area delle dimensioni di un **campo**

da calcio, i vari organismi del suolo producono ogni anno un quantitativo di sostanza organica equivalente al peso di circa **25 automobili.**

Vediamo **i principali protagonisti, in peso e numero.**

In un ettaro di terreno (10.000 m²) si possono trovare: da 100 a 550 kg di lombrichi; 1000 kg di piccolissimi animali e vegetali (artropodi e alghe); da 1700 a 5000 kg di batteri; 2700 kg di filamenti fungini.

In un metro quadrato di terreno vivo e fertile vi sono: 4000 miliardi di batteri e funghi; 500.000 flagellati; 1.000.000 di filarie; 200.000 acari; 80.000 anellidi; 80 lombrichi.

Perché la biodiversità è così importante?

Il suolo è connesso al grande tema della **ricchezza o della perdita di**

biodiversità. La ricca biodiversità del suolo (cioè le forme di vita che lo abitano) ha un ruolo essenziale, perché dai processi che svolge dipende la vita sulla Terra.

Abbiamo detto che nel suolo vivono batteri, funghi, muffe, protozoi, alghe, nematodi, insetti e altri esseri viventi più grandi. Questi ultimi scavando gallerie e tane, vi accumulano alimenti per la loro sopravvivenza e allo stesso tempo favoriscono, anche in profondità, l'aerazione del suolo, incrementando ulteriormente l'attività microbica, arricchita dai loro escrementi.

I lombrichi mescolano gli scarti presenti negli strati superficiali con il suolo sottostante. Forme fungine producono una proteina collosa che lega tra di loro particelle del suolo, aggregandole.

Altri organismi controllano la **struttura e la porosità del suolo** aiutandolo ad assorbire acqua e se il caso a disperdere e degradare inquinanti. E così via.

A. LA DIMENSIONE DELL'INVISIBILE: IL MONDO DEI MICRORGANISMI.

I microrganismi sono esseri piccolissimi, misurati in micrometri ($\mu\text{m} = 10^{-6}$ metri) e nanometri ($\text{nm} = 10^{-9}$ metri). Sono comparsi sulla Terra 3,8 miliardi di anni fa e si sono diffusi in tutti gli ambienti, modificando il pianeta e permettendogli di accogliere forme più complesse di vita. Ci siamo accorti della loro esistenza in tempi relativamente recenti (XVII secolo); solo alla fine del XIX secolo, abbiamo individuato la stretta correlazione di alcuni microrganismi con malattie anche letali.

Li abbiamo chiamati genericamente microbi o germi, scoprendo poi che il mondo del "piccolissimo" è popolato in realtà da tanti organismi, diversi per forma, dimensione, in prevalenza unicellulari, ma non solo, suddivisi in famiglie e classificati per nome. **Vediamo i principali. Batteri 0,2-10 μm ; funghi e muffe (spore) 2,5-20 μm ; lieviti (spore) 4-12 μm ; virus 0,015-0,25 μm ; coronavirus 0,1 μm .**

Curiosità: se un virus medio fosse grande come una pallina da tennis, una persona sarebbe così grande da sdraiarsi sull'Italia e avere la testa a Milano e i piedi a Roma.

Quindi i microrganismi sono invisibili a occhio nudo, e sono necessari microscopi molto potenti per poterli osservare. **Un virus è 1000 volte più piccolo del diametro di un capello o dello spessore di un foglio di carta, ultime dimensioni queste per noi visibili.** Sulla punta di un ago vi possono stare 350.000 o 400.000 virus!

I batteri.

I batteri hanno strutture unicellulari. I virus invece, collocati a metà tra esseri viventi e non viventi, sono privi di strutture cellulari. I batteri sono la forma di vita più abbondante sulla Terra: rappresentano da soli il 60% della materia vivente. **Si possono distinguere in base alla loro forma: ad esempio cocchi (sferici), bacilli (a bastoncino), spirilli (a bastoncino spiraleto).** I batteri più piccoli sono ad esempio delle sfere con un diametro non superiore a 0,4 μm . A questo livello di misura gli organismi hanno raggiunto il minor volume possibile in cui possono concentrarsi tutte le strutture necessarie per una vita indipendente. Infatti, un virus che è più piccolo, non può essere autosufficiente e deve vivere come parassita dentro alle cel-

lule in cui si inserisce.

Importanti gruppi di batteri specializzati sono, ad esempio: i batteri nitrificanti; i batteri azoto fissatori; i batteri denitrificanti; i batteri che ossidano zolfo, ferro, manganese.

In un grammo di suolo vivono circa 10 milioni di batteri che nelle vicinanze delle radici aumentano fino a 110/200 miliardi.

L'uomo spesso collega i microbi esclusivamente alle malattie, invece molti batteri sono utili ed essenziali per la vita sulla Terra e per il nostro organismo. Per questa ragione è interessante provare a distinguere le loro funzioni e approfondirne le differenti tipologie (ad esempio gli archeobatteri).

B. ALTRI MICRORGANISMI.

Se approfondiamo, ecco che i nomi si fanno più complessi. Qualche esempio.

I protozoi, infinitesimali, sono la forma più semplice di vita animale (appartenenti alle classi dei rizopodi, flagellati, ciliati). Vivono nelle tracce d'acqua intorno alle particelle del suolo e controllano le popolazioni batteriche.

I nematodi sono a forma di verme, non più lunghi di un millimetro e mangiano e trasformano alghe, batteri, fili fungini, radici delle piante.

I micro-artropodi (acari, collemboli) sono animali invertebrati e hanno misure microscopiche fino ad alcuni millimetri. L'insieme di tutti gli organismi del suolo viene chiamato "pedofauna". Questi organismi vivono principalmente in superficie e il loro ruolo è quello di frammentare e tritare la lettiera, rimescolare la sostanza organica, favorendo l'insediamento delle comunità microbiche e i processi di degradazione. È proprio nel percorso digestivo di queste sostanze che si formano complessi organici e organo-minerali.

Se cercate sul web le immagini di questi abitanti del suolo, troverete ingrandimenti eccezionali (resi possibili da microscopi). Osservati con attenzione, questi esseri, a volte a malapena immaginabili, sono di una bellezza incredibile. Caspar Henderson, documentarista della BBC, giornalista del Financial Times e New Scientist, ci ha dedicato un libro (Adelphi, 2018).

C. LA "GRANDEZZA" DEI PICCOLI ORGANISMI.

Riprendiamo il lungo elenco degli organismi del suolo suddividendolo per grandezza.

- **Microfauna (< 0,2 mm):** batteri, funghi, protozoi, nematodi, alghe, attomiceti...
- **Mesofauna (0,2 – 2 mm)** tardigradi, rotiferi, collemboli, acari...
- **Macro/megafauna (> 2 mm)** anellidi (cioè i lombrichi di varia misura), formiche, porcellini di terra, ragni, millepiedi, centopiedi, carabidi, scorpioni, chioce (diversi dalle galline!), piccoli uccelli con nido sottoterra, anfibi, rettili, mammiferi (topi, talpe, ma anche arvicole).

Si tratta di un numero enorme di esseri viventi che, partecipando ai vari cicli biogeochimici del suolo, producono le sostanze nutritive.

Potete approfondire le caratteristiche di ogni specie, in aggiunta a quanto accennato sopra.

Un esempio: i "funghi".

I funghi sono uno dei regni della natura, come gli animali e le piante. Sono numerosissimi (tra 2,2 e 3,8 milioni di specie). Essendo stati poco studiati, se ne conosce bene solo il 6%. I funghi utilizzano le spore della parte fruttifera per diffondersi, come le piante utilizzano i semi. **I filamenti, le ife, intrecciandosi, formano il micelio (apparato vegetativo) dei funghi che, in un cucchiaino da tè di suolo (un grammo di terriccio), avrebbe una lunghezza da un minimo di cento metri a un massimo di 10 km.** È difficile o impossibile misurarlo - i dati sono valutazioni - perché la sua trama è troppo fitta. Gli uomini ricavano medicinali da molti tipi di funghi /muffe. Gran parte delle piante dipendono dai funghi-micorrize che le aiutano a ri-

cavare nutrienti e acqua, demoliscono le sostanze più ostinate, connettono le radici degli alberi in reti comuni. Sono una parte costitutiva delle piante come le foglie e le radici.

D. I LOMBRICHI: I SUPEREROI DEL SUOLO.

In Canada è stato dedicato un intero museo a questi supereroi del suolo, la FAO, con il progetto "The magical world of soil biodiversity", ha fatto proprio il linguaggio dei protagonisti delle storie MARVEL e DC COMICS. Pier Luigi Gaspa (biologo) e il compianto filosofo della scienza Giulio Giorello hanno dedicato un intero volume per le edizioni scientifiche Raffaello Cortina Editore al rapporto fra fumetti e scienza (La Scienza fra le nuvole) e sul loro importantissimo ruolo di strumenti di divulgazione per giovani e giovanissimi. L'illustratrice Noemi Vola, per Corraini edizioni, ha disegnato e scritto un libro dedicato alla fortunata vita dei vermi con lo scopo non tanto di "...cambiare la vostra opinione o per aumentare le vostre conoscenze scientifiche sui vermi, ma piuttosto per farvi dubitare di quel poco o tanto che sapevate prima...", perché "... ci si può forse illudere che trattare di vermi in modo esaustivo sia possibile, ma andando avanti si capisce che sono esseri in continua trasformazione e per questo motivo le cose da dire sul loro conto diventano sempre più numerose e complicate...".

Proviamo anche noi a soffermarci su questi protagonisti importanti del suolo: i vermi di terra o semplicemente lombrichi.

Vivono tra la superficie e 20 cm di profondità. Tra le loro funzioni, frutto di un lavoro incessante: introducono aria nel suolo grazie ai tunnel che scavano; facilitano la percolazione (passaggio lento attraverso una massa porosa) dell'acqua; accelerano i processi di degradazione per-

ché mescolano e sotterrano frammenti di foglie e altri materiali (specie tra 6 e 8 cm di profondità); mescolano il terreno ingendo ed espellendo il terriccio e portandolo in superficie. Per queste ragioni, si dice che "arino" i suoli.

Un milione di lombrichi produce, in un anno, fino a 100 tonnellate di feci per ettaro di terreno.

Questo "humus/feci" contiene fino a 5 volte in più di azoto, 7 volte in più di fosforo, 11 volte in più di potassio del resto del terreno.

Se osserviamo l'anatomia del corpo di un lombrico, scopriamo che: ha un cervello, cinque cuori, non ha polmoni ma respira attraverso la pelle e i capillari sotto di essa, è composto di segmenti - fino a 200 - all'esterno dotati di corte setole, per aiutarne il movimento nelle gallerie. Si muove con un sistema di muscoli circolari e longitudinali: contraendo i primi gli altri si distendono. Permettendogli di allungarsi e assottigliarsi, di strisciare in avanti. Può sollevare fino al 60% del proprio peso. Non ha né naso né orecchie, né occhi. È dotato di particolari cellule posizionate alle due estremità che, come dei sensori, gli permettono di distinguere il buio e la luce. Percepisce vibrazioni, anche il ticchettio della pioggia. Si orienta nelle gallerie con un senso tattile e gravitazionale. È un animale ermafrodita: ciascun individuo ha testicoli e ovaie.

I lombrichi sono animali che non hanno un sistema di autoregolazione del corpo; per difendersi da condizioni avverse si ritirano più in profondità nel suolo. La colorazione bruno rossiccia (ma hanno anche altri colori) serve a proteggerli dai raggi UV. Normalmente sono lunghi 12 cm, ma vi sono vermi che misurano da 2,5 cm a 30 cm!

Molte specie di animali si cibano di vermi, ad esempio: la talpa, molti uccelli, il riccio, la rana, il rospo, la salamandra, le formiche, la volpe, il tasso.

5.

A che cosa serve?

Adottando il punto di vista dell'uomo, è interessante discutere e ragionare su quanto ci viene offerto dal suolo e quanto poco ce ne accorgiamo. Non valutiamo sufficientemente gli effetti delle nostre attività sul suolo, perché dimentichiamo i benefici che ci offre.

I servizi ecosistemici e i benefici generati dal suolo, offerti a tutti gli organismi viventi, e dunque anche all'uomo, **sono suddivisibili in 4 funzioni.**

Funzione di supporto e di sostegno: supporto fisico (per i viventi e le infrastrutture); ciclo dei nutrienti (CNPKS: carbonio, azoto, fosforo, potassio e zolfo); produzione primaria (fotosintesi); interscambio e regolazione dei gas con l'atmosfera - CO₂, CH₄, NO_x e N₂; autorigenerazione del suolo.

Funzione di approvvigionamento: fornitura d'acqua; riserva d'acqua; produzione di alimenti; produzione di biomasse (legno); principi per la medicina; materie prime minerali (sabbia, argilla e ghiaia); habitat ed energia per gli organismi viventi; biodiversità.

Funzione di regolazione: regolazione climatica; prevenzione dell'erosione; filtrazione e depurazione dell'acqua.

Funzione culturale: pedagogica (da parte dell'uomo); ricreativa; conserva e tramanda il patrimonio storico.

La sostanza organica è l'energia fornita dal suolo agli esseri viventi. Senza sostanza organica non c'è cibo per il mondo vivente!

Articoliamo meglio lo schema sopra riportato.

Il suolo:

- **assorbe e respinge parte delle radiazioni solari;**
- **trattiene l'acqua;** la superficie di un suolo in buona salute, in particolare se aerata, ha una capacità importante di ritenzione idrica; un terreno agricolo di un ettaro trattiene fino a 3,8 milioni di litri d'acqua; un suolo privo di lombrichi può assorbire anche il 90% in meno di acqua;
- **resiste al dilavamento e all'erosione** in funzione della stabilità della sua struttura; e la sua resilienza aumenta con l'incremento della sostanza organica;
- **depura e immagazzina l'acqua;** le acque che percolano nel sottosuolo vengono progressivamente depurate e immagazzinate in livelli profondi (falde freatiche). Se riportate in superficie rappresentano

delle ottime acque potabili;
- **immagazzina carbonio** sotto forma di sostanza organica e anche di carbonati; può regolare le emissioni di gas serra, mitigando i cambiamenti climatici; si calcola contenga 4000 miliardi di tonnellate di carbonio; l'atmosfera ne contiene 800 e le foreste 360;
- **sostiene la biodiversità**; se ricco in termini di biodiversità è in grado di rimediare ad alcuni tipi di inquinamento o di ridurre l'impatto perché i microrganismi sono capaci di decomporre

i contaminanti anche xenobiotici (estranei ad un organismo), seppure in tempi lunghi; è anche in grado di controllare i parassiti perché favorisce la presenza dei loro predatori, in particolare quando le coltivazioni si avvicendano con delle rotazioni;
- **è considerato anche un luogo dove ricavare principi per la medicina**; ad esempio da microrganismi, come funghi e batteri, si estraggono composti per combattere altri microrganismi dannosi per l'uomo;
- **custodisce le tracce della**

nostra storia; nel terreno sono rintracciabili numerose tracce del nostro passato, dall'età della pietra in poi, come ad esempio resti ossei, suppellettili, utensili ed edificazioni, da cui è possibile ricostruire la vita nelle varie epoche trascorse;
- **ospita attività ludiche**: dalle gite allo sport, all'esplorazione dei paesaggi.

Per saperne di più vedi bibliografia e, in particolare, il libro di P. Pileri "Che cosa c'è sotto" Altreconomie 2016.

A. SOM & SOC.

La **sostanza organica del suolo (SOM - Soil Organic Matter)** è composta, semplificando¹, da una combinazione complessa di sostanze organiche parzialmente decomposte e dai microrganismi, l'insieme delle comunità microbiche presenti nel suolo. Gioca un ruolo fondamentale per le importanti funzioni ecofisiologiche a supporto dei molteplici servizi ecosistemici che svolge, come il supporto alla produzione alimentare, la regolazione delle risorse idriche e del ciclo dei nutrienti, e l'attenuazione dei cambiamenti climatici.

¹Ci sono diverse classificazioni della sostanza organica che cercano di aiutare a comprendere questo complesso sistema.

Il **carbonio organico del suolo (SOC - Soil Organic Carbon)** è uno degli elementi chimici della sostanza organica (SOM), ne rappresenta circa il 58%. Lo stoccaggio del SOC, attraverso l'incremento della sostanza organica del suolo, non solo aumenta la fertilità e la produttività dei suoli, supportando gli importanti servizi ecosistemici derivati, ma può contribuire anche a raggiungere l'obiettivo comune di ridurre le emissioni di gas serra.

B. IL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA.

In Italia, nel 2020, le nuove coperture artificiali hanno riguardato altri 56,7 km², ovvero, in media, più di 15 ettari al giorno. Un incremento che, seppur in linea con quelli rilevati nel recente passato, fa perdere alle aree naturali e agricole del nostro Paese quasi 2 m² di suolo ogni secondo.

(Fonte Ispra 2021)

Se suddividiamo il consumo di suolo per utilizzo, scopriamo che:

- il 30% sono edifici
- il 28% strade asfaltate e ferrovie
- il 19% altre strade
- il 14% piazzali, parcheggi, aree di cantiere, aree estrattive, discariche
- il restante 9% comprende altre aree

(Fonte Ispra 2014)

Questo significa che *"quasi un terzo (30%) delle coperture di suolo sono rappresentate da edifici residenziali e produttivi.*

La quota maggiore (42%) di superficie è coperta da strade asfaltate, ferrovie, piazzali, parcheggi, aree di cantiere e discariche. Se a queste si aggiungono

le strade non asfaltate, che per compattamento degradano anch'esse il suolo, rendendolo non permeabile, si arriva al 60%".

(Rosario Pavia - Tra suolo e clima Donzelli editore 2019).

C. CAMBIAMENTI NELL'USO DEI SUOLI.

"L'uso del suolo (campi coltivati, i pascoli, le piantagioni e le aree urbane occupano sempre più spazio) è stato a lungo considerato un problema ambientale locale, ma è ormai chiaro che si tratta di una questione di importanza globale" - Federico M. Butera "Affrontare la complessità" - Edizioni Ambiente 2021.

Oggi, oltre il 70% delle terre emerse prive di ghiacci è soggetto a impatti sostanziali dell'attività umana (UNCCD, Global Land Outlook, 2017). L'IPBES stima che nel 2050 si arriverà a circa il 90%.

Terreni agricoli, pascoli e foreste produttive coprono ormai la metà della superficie terrestre, spesso a scapito delle foreste naturali (il 50% dell'espansione dei terreni agricoli è stata realizzata a loro danno). L'80% di questi terreni serve per alimentare gli animali che alleviamo.

La deforestazione viene paragonata alle emissioni di CO₂ perché la sostituzione di foreste con aree agricole comporta una riduzione della capacità di assorbimento, da parte del territorio trasformato, della CO₂ atmosferica, e quindi una crescita più rapida della sua concentrazione in atmosfera.

Le foreste sequestrano quasi 1/3 della CO₂ assorbita globalmente dagli ecosistemi terrestri. Il suolo di una foresta o di una prateria contiene carbonio, che si è depositato per effetto della decomposizione delle piante che via via muoiono: il suolo delle terre ricoperte da vegetazione contiene complessivamente circa 2.000 miliardi di tonnellate di carbonio organico, che è più della somma del carbonio presente nell'atmosfera e nella vegetazione. La trasformazione in terreno agricolo, a causa dell'aratura provoca una maggiore ossidazione di questo carbonio, che si trasforma in CO₂ che viene immessa nell'atmosfera; inoltre, la trasformazione di una foresta o di una prateria in terreno agricolo comporta una diminuzione del 20-40% della sua capacità di immagazzinare carbonio (fonte FAO).

Si stima che entro il 2050 la combinazione del degrado del suolo e dei cambiamenti climatici ridurrà i raccolti globali in media del 10% e fino al 50% in alcune regioni, con impatti negativi sul benessere di almeno 3,2 miliardi di persone (fonte IPBES).



L'attualità

6.

Una “pelle” fragile

Lo trascuriamo, lo calpestiamo ogni giorno, lo ignoriamo. Al massimo osserviamo la sua superficie quando ci passiamo sopra. Oppure a volte amiamo i suoi colori e i paesaggi a cui dà origine, sia quando è un suolo fertile, sia quando è inerte e inospitale.

Il suolo è la “pelle” del Terra.

La pelle è l'organo più esteso del corpo umano. È una superficie debole che difende però gli organi e i sistemi sottostanti svolgendo un ruolo vitale. Ma spesso non viene considerata con attenzione. **Il suolo è “la pelle del Terra” e, come la pelle umana, è molto sottile. Ha uno spessore da pochi centimetri fino a raggiungere un metro e mezzo/due metri.**

Una misura irrisoria rispetto al diametro della Terra. È lo strato superficiale che ricopre la maggior parte della crosta terrestre (interrotto solo da ghiacci, acqua e rocce nude). Abbiamo bisogno del suolo come dell'aria e dell'acqua!

Una risorsa esauribile e non rinnovabile.

Quando si dice che il suolo è una **risorsa esauribile** s'intende che ci vogliono 500 anni per ricreare 2,5 cm di suolo fertile e circa 2000 anni per 10 cm! Quindi è da considerare come una risorsa non rinnovabile, che necessita di **molto tempo per formarsi e per diventare l'habitat di microrganismi e altre forme di vita, capaci di arricchirlo e mantenerlo fertile.**

La pelle della Terra va conservata meglio.

Ma la conservazione del suolo è costantemente minacciata da **diversi processi di degrado**. Molti dei quali di origine naturale e altrettanti prodotti dall'uomo. **Il 33% dei suoli fertili globali oggi è già degradato (dati FAO). Il carbonio organico del suolo (SOC) ha registrato una perdita stimata dell'8% a livello globale (dati UNCCD) negli ultimi 100 anni.**

Nell'Unione Europea il 23% dei terreni è compattato, quindi danneggiato; il 24% della superficie dei paesi europei è soggetta ad insostenibile erosione per effetto dell'acqua (erosione idrica). Si registra quindi una costante perdita di suoli produttivi.

(Dati Commissione Europea 2019).

L'aumento della popolazione mondiale previsto nei prossimi decenni è un argomento che riguarda il suolo da vicino, ad esempio, per la produzione di cibo.

Per approssimazione, viene calcolato che per nutrire una persona siano necessari circa 1400 m² di terreno agricolo (0,14 ettari). Di conseguenza un ettaro di superficie agricola permette di nutrire al massimo sette persone. Oggi la media a livello mondiale è di quattro-cinque persone per ettaro.

Per rispondere alle necessità alimentari della popolazione

che abiterà il pianeta nel 2050, un ettaro di terreno dovrà sfamare più di 7 persone. Questo sarà possibile solo se si riuscirà a proteggere e salvaguardare il suolo fertile oggi disponibile. In caso contrario, si dovranno ampliare, a scapito di boschi e foreste, i terreni coltivati, con gravi conseguenze anche in termini di cambiamenti climatici.

Quello proposto è un calcolo indicativo, limitato ad un solo aspetto del problema: il rendimento medio del terreno agricolo rispetto ai fabbisogni alimentari della popolazione. Vi sono però altri aspetti

da considerare, come, ad esempio, **gli sprechi alimentari.**

Come individuarli per ridurli, fino ad eliminarli, lungo tutta la filiera che va dal campo alla tavola?

Inoltre, in ogni area del mondo, diventa necessario domandarsi quali sono le produzioni agricole essenziali e dunque prioritarie e quali no.

Per saperne di più vedi bibliografia e, in particolare, il libro di P. Pileri "Che cosa c'è sotto" Altreconomie 2016.

A. L'USO DEL SUOLO DA PARTE DELL'UOMO.

1. L'immagazzinamento del carbonio.

La capacità del suolo di trattenere carbonio varia molto a seconda della sua destinazione d'uso.

Alcuni esempi, reattivi ai primi 30 cm di suolo:

- **bosco:** da 70 a 90 tonnellate per ettaro;
- **vegetazione mista** (bosco, prato, cespugli): 70 tonnellate per ettaro;
- **campi coltivati** (seminativi): 57 tonnellate per ettaro;
- **area urbana:** zero tonnellate per ettaro.

(fonte: Paolo Pileri, "Che cosa c'è sotto - Il suolo, i suoi segreti, le ragioni per difenderlo", *Altraeconomia* 2016-2018)

In generale, si può dire che il crescente intervento dell'uomo sta riducendo la capacità del suolo di immagazzinare carbonio nei suoi strati superficiali.

2. Il deflusso superficiale e la penetrazione dell'acqua nel suolo.

Anche la capacità del suolo di trattenere l'acqua varia molto a seconda della sua destinazione d'uso. Alcuni esempi:

- **area non urbanizzata**, deflusso superficiale dell'acqua: 10%; infiltrazione profonda: 25%.
- **area impermeabilizzata tra il 10 e il 20%**, deflusso superficiale dell'acqua: 20%; infiltrazione profonda: 21%;
- **area impermeabilizzata tra il 30 e il 50%**, deflusso superficiale dell'acqua: 30%; infiltrazione profonda: 15%;
- **area impermeabilizzata tra il 75 e il 100%**, deflusso superficiale dell'acqua: 55%; infiltrazione profonda: 5%.

B. IL SEQUESTRO DI CARBONIO NEL SISTEMA DEL CASTAGNETO DA FRUTTO.

L'Italia ha da sempre avuto un ruolo da protagonista a livello mondiale nel settore della castanicoltura da frutto in termini di produzioni ed esportazioni. Le regioni che hanno maggiore superficie coltivata sono Campania, Toscana, Calabria, Piemonte e Lazio; segue a distanza l'Emilia-Romagna (fonte CREA).

Purtroppo, da molti anni, i castagneti, in tutta Italia, sono soggetti a una lenta ma forte e costante contrazione, causata dalla presenza di parassiti, dal ripetersi di eventi meteorologici sfavorevoli, dalla ri-

duzione del mercato.

Un danno all'economia agricola, all'identità di molti territori ma anche all'ambiente, visto che il castagneto da frutto, oltre a essere una fonte produttiva di cibo di qualità, è un sistema seminaturale particolarmente efficace nel sequestro di carbonio.

La coltivazione del castagneto da frutto tradizionale, caratterizzata da piante spesso secolari, prevalentemente innestate con marroni e varietà autoctone di castagne e da suoli saldi mai arati, prevede uno scarso utilizzo di macchine agricole in quanto non si eseguono lavorazioni del terreno e la raccolta avviene prevalentemente a mano o talvolta tramite speciali macchine ispiratrici; inoltre, le potature sono solo autunno-invernali e lo sfalcio erboso solo prima della raccolta.

In assenza di lavorazioni, non solo l'emissione di gas serra è contenuta, ma la buona gestione del suolo favorisce buoni contenuti di sostanza organica (soprattutto nei primi 15 cm di suolo) e, di conseguenza, l'immagazzinamento di carbonio nel suolo, contribuendo alle strategie di mitigazione dei cambiamenti climatici. Si stima che nelle situazioni più stabili e ben gestite, il primo metro di suolo di un castagneto tradizionale da frutto ha la capacità di immagazzinare anche più di 100 tonnellate di carbonio ad ettaro.

In quest'ottica, il Piano Castani-CO, nell'ambito del Programma di Sviluppo Rurale dell'Emilia-Romagna 2014-2020, è andato a monitorare l'impronta carbonica del castagneto da frutto attraverso la stima del carbonio organico sequestrato nei suoli e nelle piante, in funzione anche di diverse pratiche gestionali, per comprendere come le tecniche culturali possano favorire l'immagazzinamento del carbonio stesso. Il metodo di lavoro del Piano ha previsto un approccio partecipativo e condiviso finalizzato ad aumentare nei produttori la consapevolezza e valorizzazione del ruolo che essi rivestono nella tutela del territorio stesso e salvaguardia dell'ambiente, producendo prodotti di qualità.

C. IL SEQUESTRO DI CARBONIO NEL SISTEMA PRATO STABILE.

Il prato stabile è un prato che non viene arato o dissodato per molto tempo, anche fino a un centinaio di anni. Si lascia a coltivazione spontanea, non si diserba e non si usano antiparassitari. Le uniche pratiche agricole a cui è sottoposto sono

lo sfalcio, l'irrigazione e la concimazione organica con il letame. Il prato stabile è un ecosistema ricco in biodiversità vegetale ed animale, dagli insetti, agli uccelli, fino naturalmente alle piante.

Si caratterizza per la presenza di diverse specie erbacee (prevalentemente graminacee, leguminose e composite) che a seconda della stagione di sfalcio producono un foraggio bilanciato e completo per l'alimentazione delle vacche, che produrranno quindi un latte speciale, sia dal punto di vista organolettico che nutrizionale, conferendo al formaggio sapori e aromi anche molto diversi tra loro.

I prati stabili sono legati all'ecologia e alla storia del territorio: nella zona di Bibbiano, ad esempio, culla del Parmigiano-Reggiano, esistono prati stabili che risalgono al Diciottesimo Secolo. Oltre all'Emilia-Romagna, altre regioni come Lombardia e Veneto hanno censito e riconosciuto il valore dei prati stabili per la produzione di altri prodotti lattiero-caseari – ad esempio Grana Padano e burro – che si presentano con una maggiore intensità aromatica rispetto a quelli ordinari.

Il prato stabile, grazie alla sua ricchezza in sostanza organica, favorisce anche la cattura e il mantenimento del carbonio nel sottosuolo (carbon storage).

Nel 2018, nella media Val D'Enza, una zona tra le province di Parma e Reggio Emilia, nasce il Progetto Qualità Prati Stabili, con l'obiettivo di valorizzare, attraverso il bollino omonimo, i prodotti caseari da filiere di prato stabile.



D. LA TEMPERATURA NEL SUOLO.

Il suolo è la “pelle” del pianeta anche perché protegge la vita sottoterra dalle variazioni atmosferiche e dagli sbalzi di temperatura. Ad una profondità di 1,2-1,5 metri si misurano temperature che nell'arco dell'anno variano tra i 7 e i 13° C.



E. LA GEOTERMIA.

E invece qual è la temperatura sotto la superficie del suolo e come può essere sfruttata?

A partire da una profondità di circa 10-15 metri (ricordiamo che il suolo si ferma al massimo a 2 metri di profondità) vi è una zona a temperatura costante, dove il calore è fornito esclusivamente dal flusso termico proveniente dall'interno della terra. Ad esempio, ad una profondità di 18/20 metri la temperatura di 10 °C è costante per tutto l'anno. Scendendo in profondità la temperatura ha un incremento medio progressivo di 3 °C ogni 100 metri.

La branca delle scienze geologiche che studia questi aspetti si chiama geotermia.

Curiosità: si può utilizzare il sottosuolo come sorgente termica, tramite una pompa di calore, che ne sfrutta la temperatura costante. Le pompe di calore sono “macchine” capaci sia di riscaldare sia di rinfrescare gli edifici.

7

Il suolo in equilibrio

Il suolo che conosciamo è il risultato di un equilibrio tra almeno quattro processi: addizione, sottrazione, trasformazione e traslocazione.

Un equilibrio che può essere messo in crisi in ogni momento poiché sono molte le variabili in gioco: prime fra tutte i fattori pedoclimatici e le azioni dell'uomo.

I principali fattori di formazione di un suolo sono il clima, il tipo di roccia madre, la geomorfologia (la presenza o meno di rilievi nel territorio), gli organismi viventi che agiscono sulla vegetazione o su altri processi, l'azione dell'uomo e, non ultimo, il tempo.

Il suolo si evolve nel corso del tempo attraverso processi fisici, chimici e biologici (pedogenesi). I principali sono: l'addizione e la rimozione di materiali organici ed inorganici (sottrazione), la trasformazione e la traslocazione.

Nella formazione e nell'evoluzione

del suolo il ruolo del clima è di grande importanza, tanto che si parla di **pedoclima**, ovvero del complesso delle condizioni fisiche del suolo, dipendenti da fattori quali temperatura ed umidità, che si determina nello strato a diretto contatto con l'ambiente aereo. Il pedoclima ha un influsso diretto sullo sviluppo del ciclo annuale delle piante.

Per questa ragione **i cambiamenti climatici possono produrre conseguenze dirette sull'evoluzione del suolo**. Nella stragrande maggioranza, gli eventi atmosferici che occupano le cronache, prodotti dalla caduta in poco tempo di quantità d'acqua eccezionali, sono strettamente correlati con il riscaldamento globale.

Ma l'eccezionalità dell'evento da sola non giustifica la distruzione, che spesso ne consegue, di cose e persone. Se proviamo ad analizzare il territorio dove questi eventi eccezionali si verificano, ci troviamo di fronte, con ogni probabilità, a un suolo stravolto dalle eccessive attività di origine antropica che lo rendono molto più vulnerabile di un territorio dove le azioni dell'uomo sono state compiute solo dopo un attento studio del loro impatto.

A. EROSIONE, DESERTIFICAZIONE E CAMBIAMENTI CLIMATICI.

Si calcola che ogni anno nel mondo 24 miliardi di tonnellate di suoli fertili scompaiano per effetto delle erosioni naturali. Una quantità pari a circa 3 tonnellate pro capite (dati FAO).

Le principali **minacce di degrado del suolo** sono:

1. **erosione** a causa dell'acqua e del vento;
2. **smottamenti e frane**;
3. **diminuzione della frazione organica**;
4. **compattazione** dovuta principalmente dai mezzi agricoli-forestali;
5. **salinizzazione** per accumulo di sali solubili nel suolo, una sorta di "avvelenamento" (*);
6. **diminuzione della biodiversità** per modifiche degli ecosistemi.

(*) *Salinizzazione. Può essere causata dall'incremento di salinità nelle acque fluviali o dall'ingressione del cuneo salino nelle aree adiacenti le linee di costa. Nel primo la salinità al suolo viene apportata dalle acque irrigue, nel secondo dalla risalita capillare delle acque di falda. I sali possono essere anche di origine antropica per aggiunta di concimi minerali, refui zootecnici o digestati. In tempi molto rapidi, un suolo salinizzato può diventare inadatto all'uso agricolo.*

L'effetto di questi fattori può essere amplificato dai cambiamenti climatici. Proprio il cambiamento climatico (o "climate change") rende particolarmente evidente che il suolo è una risorsa non rinnovabile molto fragile e bisogna limitarne il consumo e il degrado.

La desertificazione può essere considerata come lo stadio finale dei diversi processi di degradazione del suolo: la prima fase inizia con l'inasprirsi dei processi degradativi, l'impoverimento di sostanza organica e la diminuzione di biodiversità; **la seconda fase** vede la perdita totale di suolo dovuta all'erosione. In ultimo si può arrivare alla desertificazione, che impedisce la produttività per lungo tempo e in modo irreversibile.

B. LA BELLEZZA DEI PAESAGGI E I RISCHI DEI TERRITORI.

I suoli variano nel paesaggio così come i loro servizi e le loro funzioni. Nello stesso paesaggio possono coesistere suoli anche molto diversi, con diversa fertilità, potenzialità d'uso e adattamento climatico. Tale

diversità dei suoli (pedodiversità) è ancora più accentuata dall'elevata variabilità fisica dei paesaggi italiani.

La Costituzione Italiana, Art. 9, parla della difesa e della conservazione del paesaggio. E il paesaggio da dove ricava la sua bellezza se non dal suolo?

C. DISSESTI IDROGEOLOGICI.

Nel nostro Paese ogni anno, in primavera e autunno, le notizie di cronaca sono ricche di resoconti di disastri ambientali, provocati da alluvioni, frane e altri distacchi come smottamenti e crolli. La risposta a questi frequenti e periodici eventi catastrofici dovrebbe essere una **maggiore manutenzione del territorio, capace di gestire e prevenire i rischi idrogeologici**, proteggendo suolo, paesaggi, beni e persone. Sarebbe necessaria una **legislazione, sia europea che italiana, volta alla protezione del suolo, ad esempio attraverso l'introduzione di limitazioni d'uso dei suoli non ancora urbanizzati a favore di un riuso di quelli già edificati ma in stato di abbandono.**

Proposta di lavoro di gruppo: trovare aspetti comuni e differenze fra le aree di un territorio colpite recentemente da calamità naturali provocate dal dissesto idrogeologico.

D. FRANE E ALLUVIONI IN ITALIA.

Un po' di numeri relativi al territorio italiano: 7275 comuni (91% del totale) sono a rischio idrogeologico (frane e alluvioni); il 75% del territorio italiano è montano-collinare; il 16,6% del territorio nazionale è classificato a maggiore pericolosità; 1,28 milioni di persone abitano in zone a rischio frane; oltre 6 milioni in zone a rischio alluvioni.

I fattori naturali più importanti che provocano i fenomeni franosi sono le precipitazioni brevi e intense, quelle persistenti e i terremoti; i fattori di rischio di origine antropica sono i tagli stradali, gli scavi, i sovraccarichi dovuti a costruzioni.

(Ispra - Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Rapporti)

8.

Le minacce al suolo

Che cosa possiamo fare per preservare i suoli? Siamo in grado di controllare gran parte delle attività umane; quindi è nostra responsabilità proteggere e conservare i suoli mettendo in atto azioni che ne preservino la qualità e li tutelino dal degrado totale come l'impermeabilizzazione.

A. I principali fattori di rischio indotti dall'attività umana:

1. **la costruzione di nuovi edifici** (palazzine, capannoni) e **strade, per attività commerciali, industriali e residenziali**, è causa di impermeabilizzazione del suolo; il riutilizzo dell'esistente è preferibile a nuove edificazioni e al consumo di suolo agrario nelle aree periurbane; inoltre, **la costruzione di nuovi edifici e di infrastrutture** senza prestare la dovuta attenzione al percorso naturale delle acque prodotte dalle precipitazioni, così come la deviazione di piccoli corsi d'acqua, alterando il loro naturale alveo di scorrimento,

favoriscono fenomeni di erosione e frane;

2. **la compattazione del suolo, per l'eccessivo uso di mezzi meccanici** in agricoltura, riduce la capacità d'infiltrazione dell'acqua e la diminuzione della sostanza organica, la perdita di biodiversità e di fertilità dei suoli;

3. **gli incendi, provocati per i più disparati motivi** (tentativi fraudolenti di cambio di destinazione d'uso, incidenti e frodi), riducono il contenuto di sostanza organica del suolo e ne danneggiano la struttura, impedendo alla vegetazione di rinnovarsi ed esponendo il suolo all'azione erosiva del vento e delle precipitazioni;

4. **coltivazioni che smantellano il manto di vegetazione esistente**, perché, ad esempio, richiedono massicce azioni di disboscamento, riducono fortemente la disponibilità idrica e rendono più difficile contrastare i fenomeni di erosione;

5. **l'agricoltura intensiva e monoculturale**, caratterizzata da fertilizzazione prevalentemente minerale e da scarsi apporti di sostanza organica, è corresponsabile della progressiva diminuzione del contenuto in carbonio organico nel suolo, seguita da possibile fenomeni di contaminazione, anche delle falde acquifere da nitrati.

B. Gli inquinamenti causati dalle attività dell'uomo non riguardano solo l'aria e l'acqua, ma anche il suolo.

Oggi molti suoli sono in pericolo, minacciati da inquinamenti di varia natura prodotti dall'uomo. L'impatto degli inquinamenti dipende dalla loro tipologia, quantità e durata. Molti suoli non sono in grado di reagire e di contrastarne gli effetti. I contaminanti rilasciati nel suolo possono essere pericolosi anche in concentrazioni molto basse, sia per l'ambiente, sia per la salute dell'uomo.

Fenomeni di inquinamento possono essere prodotti da:

- **fonti puntuali e su superfici**

limitate o di larga espansione:

ad esempio abbandono di rifiuti per strada, nei boschi, nei campi; utilizzo di discariche abusive per i rifiuti; dispersione in natura di prodotti chimici, sotterramento illegale di rifiuti tossici;

- **fonti diffuse:** ad esempio emis-

sioni in atmosfera derivanti da lavorazioni e trasporti, dispersione di fitofarmaci e fertilizzanti, che ritornano nel suolo.

Due esempi.

Uno "storico", relativo ai trasporti. Solo nel 2021 l'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) ha annunciato che la benzina addizionata con piombo tetraetile, usato per le sue proprietà antidetonanti, per aumentarne cioè la resistenza all'auto-accensione, è finita fuori commercio in tutto il mondo.

Un risultato raggiunto dopo una campagna durata decenni, per indurre gli ultimi paesi (come l'Algeria) che la utilizzavano ad abbandonarla, passando a carburanti meno inquinanti e pericolosi per la salute.

In Europa, questa benzina, detta "rossa", è rimasta in commercio fino al 2001 (negli Usa fino al 1986).

Il primo a battersi per l'eliminazione del piombo dalla benzina fu **Clair Cameron Patterson**, chimico statunitense celebre per

avere determinato con esattezza, nel 1953 l'età della Terra in 4,55 miliardi di anni. Patterson scoprì che, i livelli di piombo nell'atmosfera, insignificanti prima del 1923, erano pericolosamente aumentati con il crescere della diffusione delle automobili a benzina.

Uno attuale, relativo ai fertilizzanti. L'utilizzo di fertilizzanti azotati per le coltivazioni agricole alimentari sta aumentando le concentrazioni atmosferiche di protossido di azoto (N_2O), un gas serra 300 volte più dannoso dell'anidride carbonica (CO_2) e che può rimanere in atmosfera senza degradare per oltre 100 anni. Quindi è importante limitare l'uso di questi fertilizzanti rispetto a quanto le coltivazioni sono in grado di assorbire.

Per saperne di più vedi bibliografia e, in particolare, il libro di P. Pileri "Che cosa c'è sotto" Altreconomie 2016.

A. DEFORESTAZIONE.

Il termine indica genericamente l'eliminazione della vegetazione sia nelle aree adibite a boschi (disboscamento), sia nelle foreste.

Una ricerca del WWF individua 11 luoghi del pianeta, di cui 10 nei tropici, particolarmente colpiti da deforestazione. Sono Amazzonia, Gran Chaco, Borneo, Cerrado, Choco-Darién, Africa Orientale, Australia orientale, Greater Mekong, Nuova Guinea, Sumatra e Bacino del Congo. Se l'attuale trend rimane invariato, in base ai dati attuali, entro il 2030, questi territori rappresenteranno oltre l'80% (170 milioni di ettari) della perdita di foreste nel mondo. Una zona grande come l'insieme di Germania, Francia, Spagna e Portogallo. Si tratta di aree con la più ricca concentrazione di fauna selvatica, con specie in via d'estinzione, come gli oranghi e le tigri; aree dove vivono molte comunità indigene.

La deforestazione è dovuta principalmente: all'espansione dell'agricoltura per la produzione di olio di palma e soia; ad abbattimenti per ricavare legno pregiato e legno utilizzato come combustibile; agli incendi appiccicati per ricavare nuovi terreni agricoli, utilizzati poi per pochi anni, specie lungo le strade costruite per raggiungere le miniere, le centrali idroelettriche e altre infrastrutture.

I danni: incremento delle emissioni di CO₂ in atmosfera; riduzione della biodiversità; cambiamento locale e generale del clima; spesso, aumento del dissesto idrogeologico...

Un esempio: la deforestazione della foresta Amazzonica in Sud America.

In quest'area, solo dal 1970 al 2017, vi è stata una riduzione della superficie boschiva del 18%, 783.826 km², pari a più del doppio del territorio italiano. Tra il mese di agosto 2018 e il mese di luglio 2019 la deforestazione è aumentata di oltre il 30%. Nel 2019 il trend negativo è proseguito con un incremento del 50%, anche a causa dell'aumento degli incendi dolosi. Nel solo Brasile, nel 2020, l'incremento è stato del 300%. L'obiettivo è ricavare più superfici per pascoli e per la coltivazione di olio di palma e soia.

Dal 1936 al 2019, in Europa, boschi e foreste si sono invece espansi del 72,6% per effetto dell'abbandono dei terreni agricoli nelle zone marginali, ad esempio in montagna. Hanno superato, in superficie, le aree agricole.

B. AREE DEFORESTATE E AREE RIGENERATE.

Il WWF ha realizzato due ricerche.

La prima ricerca ha interessato 24 aree sparse sul pianeta. In 13 anni (dal 2004 al 2017) sono scomparse foreste pari ad un'area doppia del Regno Unito. Una ricerca del 2021 del World Resources Institute sostiene che tra il 2001 e il 2019, i primi 10 paesi che hanno ridotto la loro foresta primaria, in ordine di grandezza, sono il Brasile, il Congo, la Bolivia, l'Indonesia, il Perù, la Colombia, il Camerun, il Laos, la Malesia, il Messico. Un'area complessiva di 386 milioni di ettari è andata persa in tutto il mondo: un'area 6,5 volte quella delle foreste che invece sono state rigenerate.

La seconda ricerca, relativa a 12 paesi in 5 continenti, riguarda le foreste che si sono rigenerate. Dal 2000 al 2020 sono ricresciute spontaneamente foreste per 58,9 milioni di ettari. Una superficie equivalente alla Francia. Queste "nuove" foreste assorbono 5,9 miliardi di tonnellate di anidride carbonica, una cifra pari alle emissioni annuali dei soli Stati Uniti. Tra queste: la foresta atlantica brasiliana (in controtendenza rispetto all'Amazzonia), con un'area equivalente alla superficie dei Paesi Bassi.

C. LA MAPPA DELLE FORESTE NEL MONDO.

Esistono sette tipi di foreste.

Le foreste boreali: 1,3 miliardi di ettari nel Nord dell'Europa, dell'Asia e dell'America Settentrionale. Alberi che resistono a basse temperature, specie pini, abeti e alberi da carta con reimpianto.

Le foreste temperate: 1,2 miliardi di ettari nella fascia temperata del mondo. Si trovano in Asia, Europa, Russia e America del Nord. Latifoglie e conifere.

Le foreste mediterranee: 320 milioni di ettari. Si trovano intorno al Mediterraneo, in California (USA) e Australia. Vegetazione adatta a zone temperate.

Le foreste subtropicali: 1,5 miliardi di ettari. Clima caldo e secco.

Le foreste tropicali: 1,5 miliardi di ettari. Clima caldo e piovoso (almeno per un lungo periodo dell'anno).

Entrambe, che si trovano negli stati meridionali della costa orientale degli Stati Uniti d'America fino al Nicaragua e sulle Antille, le Bahamas e la Bermuda, produ-

cono una ricchezza enorme in termini di varietà di vegetazione.

Le foreste equatoriali: 850 milioni di ettari. Vegetazione rigogliosa, si trovano in Asia del Sud e in Indonesia e Oceania, in Africa nella zona del Congo, in America Centrale e del Sud.

Le savane arboree: si trovano in Africa, Nord Est del Brasile e Australia. Sono soggette all'alternanza di due stagioni, una secca e l'altra umida. Gli alberi, isolati, sono adatti a siccità e calore estremi; le radici devono raggiungere le fonti d'acqua sotterranee.

D. LA MAPPA DEI DESERTI NEL MONDO.

I deserti sono classificati in quattro tipologie:

- **deserti subtropicali**, come ad esempio quelli che si incontrano lungo il Tropico del Cancro, in Africa Sahariana, i deserti d'Arabia, i deserti dell'Iran, Afghanistan e i quattro deserti australiani; si dividono in deserti di pietre e deserti di sabbia, che rappresentano il 30% di tutti i deserti;

- **deserti continentali**, sono nell'emisfero del Nord, in America e Canada; ad esempio, la Valle della Morte; in Asia, ad esempio il deserto del Kaklamakan e quello dei Gobi.

- **deserti litorali**, si trovano negli USA (Sud California); in Africa (Mauritania e Namibia).

- **deserti di montagna**, come quello della Patagonia.

Esperimenti difficili per creare simil/terra.

Un esempio. La Cina ha una superficie complessiva di 9.597.000 km², dei quali solo il 12% è coltivabile. Dal 2016 in Mongolia, sono in corso sperimentazioni per convertire il deserto di Ulan Bush in terra coltivabile, utilizzando una pasta a base di cellulosa vegetale, che migliora la capacità di trattenere acqua, minerali, aria e sostanze nutritive essenziali per la crescita della vegetazione.

E. LA MAPPA DEL SUOLO FERTILE VICINO E LONTANO.

Oltre a conoscere il proprio territorio (regione e nazione), suggeriamo di **ragionare su scala mondiale**. Esaminare le mappe delle terre fertili (coltivazioni agricole e allevamenti). Indagare su: chi vi ha accesso, chi ne è proprietario, chi le utilizza e come, per quali produzioni, da destinare a chi. E ancora, quali sono stati i maggiori cambiamenti nella produzione agricola negli ultimi decenni, quali i nuovi metodi utilizzati. È un percorso che permette di arrivare ad una visione globale.

F. SUOLI INQUINATI.

Alcuni suoli sono molto inquinati, anche

per cause recenti. Ad esempio, da lavorazioni con materiali tossici, da rifiuti, da lavorazioni industriali e artigianali, che prevedono l'impiego di sostanze nocive. Sono spesso suoli pubblici, utilizzati abusivamente o abbandonati dai proprietari, che gli enti pubblici devono provvedere a bonificare. **Oggi fanno parte dell'elenco nazionale 12.482 siti contaminati, zone di territorio con forte rischio sanitario. Si dicono siti contaminati quei territori in cui l'insistenza di attività umane ha modificato le caratteristiche qualitative del suolo, del sottosuolo e delle acque... rappresentando un rischio presente per la salute umana.**

In ettari: 1234 in Lombardia; 440 in Piemonte; 10.565 in Puglia; 7488 in Sicilia; 1475 in Toscana; 16.098 in Sardegna; 3645 in Basilicata.

La superficie complessiva è pari a 171.211 ettari (lo 0,57% della superficie del territorio italiano) a cui si aggiungono 77.733 ettari di aree marine.

58 di loro sono **SIN, Siti d'Interesse Nazionale**, ognuno con il suo progetto di bonifica, in base alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante sotto l'aspetto di rischi sanitari e ambientali. L'elenco è presso il Ministero della Transizione ecologica.

(Dati Ispra - 2020)



L'agricoltura sostenibile

L'agricoltura è un'attività fondamentale per l'uomo, perché fonte di produzione di cibo. I terreni agricoli in Europa occupano circa un quarto del territorio. In generale, l'agricoltura è oggi meno favorevole agli organismi che abitano il suolo di quanto non lo fosse un tempo. In particolare, ciò dipende dalle pratiche agricole adottate. In molti casi lo sfruttamento della risorsa suolo è troppo intenso.

Ad esempio, la lavorazione meccanica e l'aratura profonda, la rimozione dei residui dei raccolti e il non utilizzo nei campi di sostanza organica, come il letame e il compost, privano la "fabbrica della vita" di nutrimento e di buone condizioni atte a favorire la presenza degli organismi. **Il compost è infatti un materiale stabilizzante, ammendante, fertilizzante, utilizzato come**

nutriente dei terreni in agricoltura. Ogni coltivazione richiede al suolo importanti nutrienti, che il "sistema" suolo, per mantenere la sua fertilità funzionale alla produzione ottimale di cibo per i viventi, dovrà, senza interruzione, auto riprodurre ma anche ricevere dall'uomo con la fertilizzazione. La qualità biologica del suolo può essere definita come la sua "capacità di mantenere la propria funzionalità per sostenere la produttività biologica, di mantenere la qualità dell'ecosistema e di promuovere la salute di piante ed animali" (Knoepp et al., 2000). Sulla qualità del suolo influisce anche l'uso di agrofarmaci. Oggi, vi sono all'incirca un migliaio di differenti prodotti fitosanitari, (comunemente detti pesticidi o anche antiparassitari, fitofarmaci, agrofarmaci), basati su circa 800 sostanze attive (fonte FAO).

Il Progetto Farmland Bird Index ha studiato il trend delle specie animali tipiche delle zone di campagna (ambienti agricoli) in molti paesi, tra cui gli USA. Uno dei risultati osservati: dal 2000 al 2019 le popolazioni delle allodole, delle rondini e dei passeri si sono dimezzate.

Gli agricoltori, custodi di gran parte del suolo fertile, possono svolgere un ruolo fondamentale per la tutela della biodiversità e del mantenimento della fertilità.

Si possono selezionare le azioni dell'uomo che meglio prevengono e riducono le loro conseguenze

sui suoli, adottando **strumenti e tecniche rispettose**. Ne riportiamo alcune, indicate da enti, associazioni, aziende, singoli, che vanno valutate e adattate alle singole realtà.

Ad esempio:

- praticando la **rotazione di alcune colture** (ad esempio legumi che fissano l'azoto atmosferico);
- **utilizzando** residui organici stabilizzati come **il compost**;
- **introducendo la gestione di bordi e fasce di delimitazione dei campi** in grado di ospitare, ai margini dei raccolti insetti e altri animali utili all'ecosistema;
- **favorendo l'uso razionale dei terreni in pendenza**;
- **tenendo a prato il suolo tra i filari delle vigne e dei frutteti**;
- **intercalando, alle coltivazioni, prati, seminativi e corridoi di boschi**;
- **adottando, con varie modalità, per i contrasti ai parassiti, altri insetti antagonisti**;
- **riducendo i rifiuti (soprattutto di plastica) lasciati nel suolo**, attraverso l'utilizzo di teli biodegradabili da pacciamatura in bioplastica;
- **ricorrendo a forme di irrigazioni con poco dispendio di acqua**;
- **effettuando interventi di assetto idrogeologico e opere di ingegneria naturalistica**;
- **provvedendo alla periodica gestione della vegetazione nei boschi**.

Sono queste pratiche agricole e forestali utilizzate in particolare dall'agricoltura biologica certificata, che riducono l'impovertimento del suolo e nello stesso tempo provocano minori rischi per la salute umana e minori emissioni di CO₂. Vedi le azioni sostenibili indicate e favorite dagli obiettivi della Comunità Europea.

Indicazioni e obiettivi per preservare il suolo fertile.

La fertilità in agricoltura è la capacità di un dato suolo di produrre dei prodotti agricoli ed è composta dall'insieme delle sue caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche. La vita sulla Terra dipende dalle buone condizioni di salute del suolo: **il 95% della produzione alimentare globale vi fa infatti affidamento**. Il suolo ospita un quarto di tutte le specie terrestri esistenti e svolge un ruolo essenziale nel ciclo delle sostanze nutritive.

I fenomeni naturali sono fortemente accelerati dalla pressione esercitata dalle attività antropiche, in particolare dall'intensificazione delle pratiche agricole e in generale da un approccio all'uso dei suoli non sostenibile.

Il risultato è che i suoli in Europa (e a livello globale) si sono degradati con conseguenze negative di vasta portata sull'autosufficienza (possibilità per un Paese di produrre tutto il cibo necessario a sfamare la sua popolazione) e sulla sicurezza alimentare.

Per contrastare il degrado dei suoli, prodotto da erosione, riduzione dei nutrienti, eccesso di immissione di nutrienti, impermeabilizzazioni ed emissioni di carbonio quali nuovi percorsi, modelli e buone pratiche si possono adottare?

L'Unione Europea dedica al tema una delle cinque missioni specifiche del programma Horizon Europe. La **"Mission Board for Soil Health and Food"**, con lo slogan **"Caring for Soil is caring for Life"** è incentrata sulla salute del suolo e dei prodotti alimentari e affronta le linee guida in tema di rigenerazione del suolo, affinché **entro il**

2030 almeno il 75% dei suoli di ogni stato membro dell'UE sia in salute. La Mission Soil Health & Food chiede a governi e cittadini di agire ora. È necessaria un'azione urgente, in particolare perché la (ri) generazione del suolo e il ripristino della sua salute richiedono molto tempo.

A novembre 2021, la Commissione europea ha annunciato che entro il 2023 approverà una legge (la Soil Health Lab) sulla protezione del suolo, capace di garantire al suolo una tutela giuridica come per l'acqua, l'aria e il mare. Tra gli obiettivi: evitare ulteriore consumo del suolo (*soil sealing*) e raggiungere il suo azzeramento netto entro il 2050.

Sempre l'Unione Europea, oltre a supportare pratiche sostenibili in agricoltura, pone, agli stati membri, **obiettivi specifici**. Vediamo i **principali**:

1. dedicare, entro il 2030, il 25% della superficie agricola della UE all'**agricoltura biologica**, con conseguenti adattamenti dei settori della trasformazione e del commercio al dettaglio del cibo; questo perché l'agricoltura biologica certificata si pone il problema di come si possa rendere il suolo più ricco, più vario, più fertile e meno soggetto all'inquinamento umano;
2. **contenere le emissioni di carbonio e favorire assorbimenti di carbonio nel settore agro-industriale**; predisporre un meccanismo di certificazione che assicuri maggiore chiarezza riguardo alla qualità degli assorbimenti di carbonio e ne garantisca l'integrità ambientale; predisporre azioni concrete tese a ricompensare meglio i gestori di terreni per la riduzione delle emissioni e l'aumento degli assorbimenti, sulla base di un modello imprenditoriale credibile che miri a un'elevata integrità ambientale.

3. ridurre del 20% lo **sprego degli alimenti prodotti**;

4. incentivare l'adozione in agricoltura di modelli di **bioeconomia**, come la fornitura di scarti alle bioraffinerie avanzate per produrre biofertilizzanti, mangimi proteici, bioenergia e sostanze biochimiche;

5. moltiplicare le azioni che **riducono l'uso di agrofarmaci** con l'obiettivo di dimezzarli entro il 2030;

6. **ridurre** sempre del 20%, entro il 2030, attraverso l'adozione di nuove pratiche, l'impiego di **fertilizzanti in agricoltura**; questo perché l'eccesso di nutrienti (in particolare di azoto e fosforo), provoca il loro mancato assorbimento da parte delle piante e la conseguente loro dispersione nell'ambiente con percentuali vicine al 50%, causando inquinamenti di aria, suolo, acqua con possibili conseguenze sulla distruzione della biodiversità.

Alcuni esempi:

- a. l'agricoltura di precisione**, capace di determinare, attraverso la tecnologia, le esigenze puntuali per ogni coltivazione;
- b. la gestione integrata dei nutrienti** con fertilizzanti organici; fra questi vi è il biochar, materiale carbonioso ottenuto per degradazione termica, inserito nel suolo per incrementare il contenuto del carbonio organico;

Grazie a queste e ad altre tecniche, si possono ridurre sia l'uso intensivo dei suoli, senza per questo influire sulla loro produttività, sia gli sprechi e gli inquinamenti. Ogni tecnica ha i suoi pro e contro da valutare e non è risolutiva e unica. Sul mercato sono disponibili varie soluzioni da integrare e combinare l'una con l'altra.

5. **utilizzare terreni marginali; bonificare suoli contaminati; recuperare suoli degradati; rinaturalizzare suoli precedentemente edificati**, attraverso la demolizione di edifici e piattaforme impermea-

bilizzanti e l'uso di compost e terriccio fertile di riporto, per garantire di nuovo il deflusso delle acque e la crescita della vegetazione.

Per gli esempi relativi a ogni punto citato, rinviamo a due siti web utili per conoscere esempi di buone pratiche, dibattiti e progetti in corso di bioeconomia: Re Soil Foundation e Novamont.

La salute del suolo è presente anche negli **Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals - SDGs)** definiti dalle **Nazioni Unite**, in particolare nei Goals 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 15.

Non c'è futuro senza suolo sano.

Un suolo sano si riconosce per "la capacità di sostenere produttività, diversità e servizi ambientali degli ecosistemi terrestri" (Gruppo tecnico intergovernativo sui suoli - ITPS - ONU).

Perché è prioritario riportare sostanza organica nel suolo? La sostanza organica rappresenta la principale caratteristica per determinare la qualità e le capacità nutritive del terreno verso i suoi microrganismi e le piante. **Una dotazione di sostanza organica inferiore al 2% in peso riduce la fertilità fisica, chimica e biologica del suolo e la sua produttività.** La rigenerazione con compost e ammendanti organici di alta qualità restituisce sostanza organica al suolo e riduce la CO₂ nell'atmosfera.

Compost da rifiuti organici/scarti alimentari, ammendanti organici, biochar, scarti agricoli e acque reflue sono tutti materiali organici utili a riportare sostanze nutrienti al suolo e a ripristinarne la fertilità. L'uso del compost è anche uno degli strumenti principali per catturare carbonio dall'atmosfera e

depositarlo nel suolo.

Il compost.

Dai rifiuti organici (gli scarti che derivano dalle cucine di abitazione private, mense, ristoranti, mercati, sfalci e potature) detti anche "umido" si possono ricavare biogas e compost. Il compost è fertilizzante (ammendante) con cui è possibile sostituire prodotti di sintesi e migliorare la qualità dei suoli.

In Italia, nel 2019, il riciclo della frazione organica ha trattato 4,6 milioni di tonnellate, cioè circa il 40% di tutti i rifiuti differenziati.

Nel 2018 da questo riciclo si sono ricavati **20,4 milioni di tonnellate di compost (il 64% da compostaggio e il 36% da digestione anaerobica e successivo compostaggio), stoccando nel terreno 600.000 tonnellate di sostanza organica, corrispondente a 375.000 tonnellate di carbonio organico.**

Del processo di compostaggio si occupano in Italia 280 impianti. Un numero questo che va aumentando, migliorando anche la loro distribuzione sul territorio nazionale.

(Dati Ispra)

I maggiori benefici che si possono ottenere dall'uso del compost sono:

- 1. il miglioramento delle caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche del suolo;** il compost apporta elementi nutritivi e li rilascia in modo lento e graduale; è in grado di dare maggiore porosità e permeabilità a un suolo argilloso e aumentare la ritenzione idrica in un suolo leggero (sabbioso);
- 2. un progressivo accumulo di carbonio nel suolo contribuendo a diminuire la quantità di CO₂ nell'atmosfera.**

Migliorando la fertilità del suolo, il compost può integrare o sostituire la concimazione con fertilizzanti di

sintesi, generando risvolti positivi sia economici sia ambientali. Per ogni kg di rifiuto organico (75% di acqua) indirizzato al compostaggio sottraendolo alla discarica, si ipotizza una riduzione di emissioni pari a 1,4 kg di CO₂ equivalente.

(da "La sfida verde delle bioplastiche"
Corriere della Sera - Consorzio Biorepack)

Un esempio di innovazione.

Dall'inizio degli anni '90, Novamont, azienda italiana con sede a Novara, ha brevettato un'innovativa famiglia di bioplastiche raggruppate sotto il nome di MATER-BI. **Si tratta di prodotti che, essendo biodegradabili e compostabili, sono riciclabili insieme al rifiuto organico e che, trattati in impianti di compostaggio industriali insieme alla frazione umida dei rifiuti, sono trasformati in compost di qualità.** Oggi Novamont è leader mondiale nella produzione di bioplastica. Ha brevettato prodotti innovativi e sostenibili come i biolubrificanti, componenti per cosmetici biodegradabili.

I materiali in MATER-BI ottenuti da una serie di tecnologie proprietarie e prime al mondo nel campo degli amidi, delle cellulose, degli oli vegetali e delle loro combinazioni, vengono realizzati attraverso una filiera integrata che coinvolge tre siti produttivi italiani, originati rivitalizzando siti non più competitivi o dismessi, in un'ottica di economia circolare.

Tutti i gradi di MATER-BI sono certificati secondo le principali norme europee ed internazionali da enti terzi. Il MATER-BI presenta caratteristiche e proprietà d'uso del tutto simili alle plastiche tradizionali ma è al tempo stesso, biodegradabile e compostabile ai sensi della norma europea UNI EN 13432, il più importante riferimento tecnico per i produttori di materiali, le autorità

pubbliche, i compostatori, i certificatori e i consumatori.

Il MATER-BI, grazie alle sue caratteristiche di biodegradabilità e compostabilità e all'alto contenuto di materie prime rinnovabili, consente di ottimizzare la gestione dei rifiuti organici, di ridurre l'impatto ambientale e di contribuire allo sviluppo di sistemi virtuosi con vantaggi significativi lungo tutto il ciclo produzione-consumo-smaltimento.

In questo modo, **Novamont, attraverso la bioplastica, favorisce l'obiettivo ambientale di aumentare la raccolta dell'organico e di conseguenza il compost di qualità, elemento fondamentale per preservare la sostanza organica dei suoli.** Dalle materie prime d'origine vegetale, coltivate in terreni marginali, fino al fine vita, i prodotti di bioplastica interagiscono strettamente con il suolo, la cui funzionalità è messa fortemente a rischio. **Novamont propone diverse soluzioni di prodotti compostabili e/o biodegradabili dedicati all'agricoltura,** come i teli per pacciamatura, i clips, dispenser per ferormoni, biodegradabili anche in caso di dispersione nell'ambiente, i biolubrificanti biodegradabili per i macchinari agricoli, anch'essi finalizzati a ridurre i rischi di dispersione negli ecosistemi.

L'esempio dei sacchetti compostabili e biodegradabili.

Grazie all'innovazione dei sacchetti di bioplastica, compostabili e biodegradabili, il consumo di sacchetti monouso è in diminuzione: da 200.000 tonnellate prima della legge del 2010 a 78.000 tonnellate del 2019.

I sacchetti biodegradabili e compostabili sono utilizzabili anche per il riciclo del rifiuto alimentare, facilitandone la raccolta. Ciò ha

permesso all'Italia di essere al primo posto in Europa per il riciclo del rifiuto alimentare.

La raccolta differenziata del rifiuto organico totale (rifiuto alimentare, verde e fanghi) è passata da 2,6 milioni di tonnellate del 2006 a 7,5 milioni di tonnellate del 2019. **L'Italia raccoglie il 47% del rifiuto alimentare contro il 27% della Germania e il 16% della media europea.**

Il caso dei teli da pacciamatura.

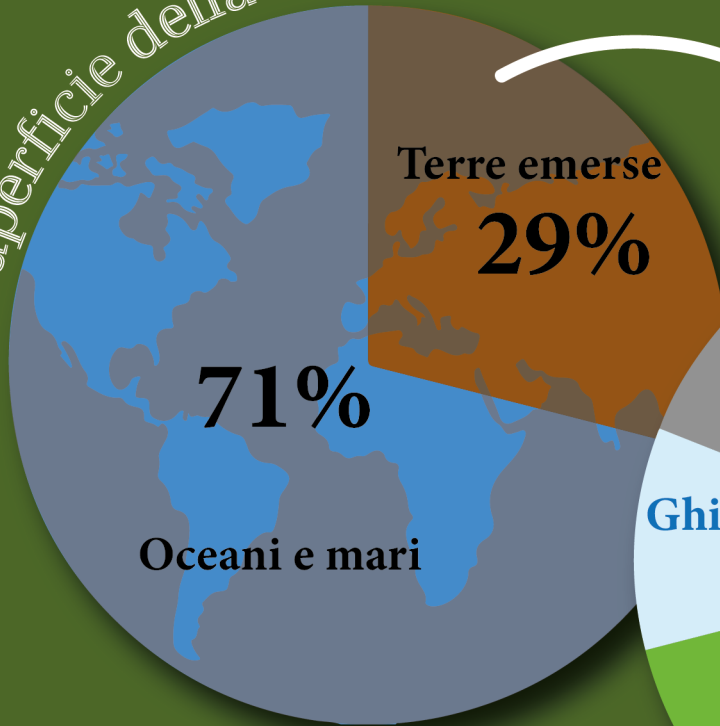
I teli da pacciamatura in plastica tradizionale sono utilizzati per molte coltivazioni con il vantaggio di ridurre le erbe infestanti, risparmiare acqua e per tenere puliti i prodotti. **In agricoltura, il 5% del rifiuto plastico è costituito da questo tipo di plastiche (anche film).** Infatti, i teli da pacciamatura di plastica tradizionale non sono facili da riciclare; anche se raccolti, si ottengono materiali di bassa qualità. A fine vita, quando rimossi, lasciano nel terreno un elevato livello di impurità. **Ogni anno vengono rilasciate nei suoli europei 15.000 tonnellate di telo di pacciamatura in polietilene; solo il 50% delle plastiche per usi agricoli viene inviata in discarica.** L'accumulo nel suolo, anno dopo anno, può portare a variazioni delle caratteristiche dei suoli, fino alla riduzione in termini di quantità e qualità delle colture.

Le esperienze in atto di sostituzione dei teli di pacciamatura in plastica tradizione con teli biodegradabili (in MATER-BI) permettono di fresare il telo insieme al terreno. Sono buone pratiche che se estese non solo ridurrebbero drasticamente la possibilità di inquinamento di acque e suoli agricoli, ma permetterebbero di evitare costi di rimozione e smaltimento, oltre alle pratiche illegali di incenerimento ancora molto diffuse.

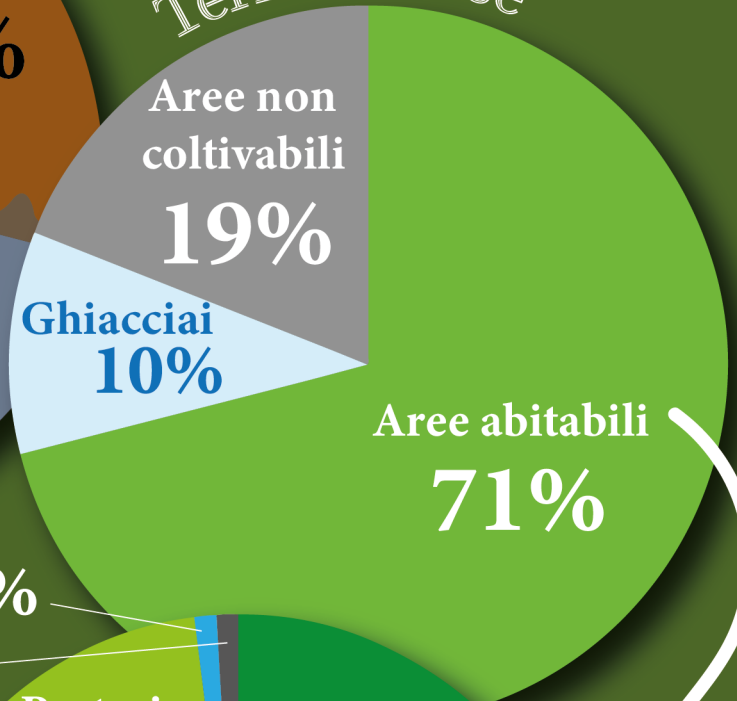
Uso del suolo, su scala globale, per la produzione di cibo

fonte: Our World Data (dati FAO)

Superficie della Terra

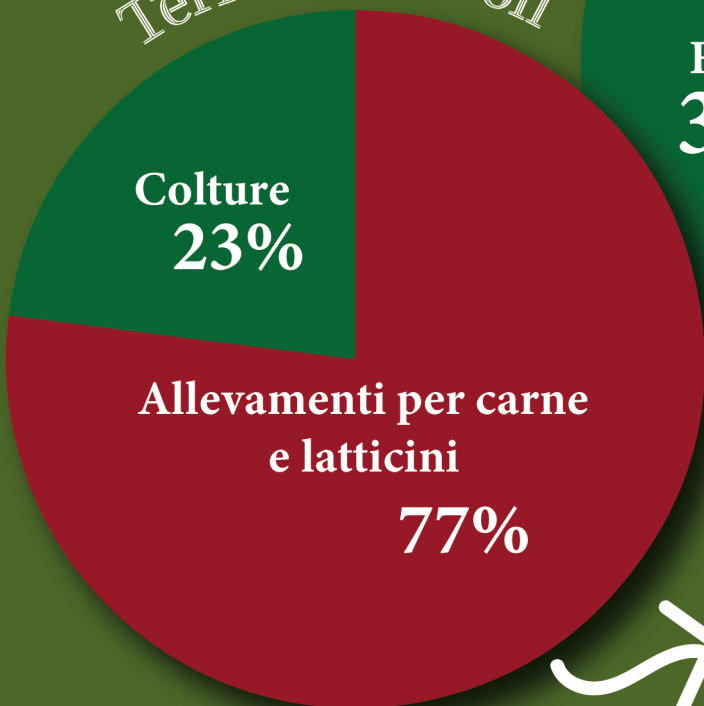


Terre emerse

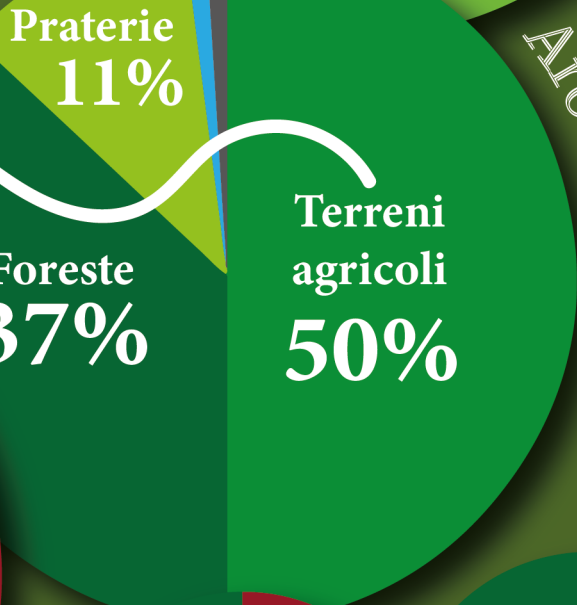


Acqua dolce 1%
Aree urbane ed edificate 1%

Terreni agricoli



Foreste 37%

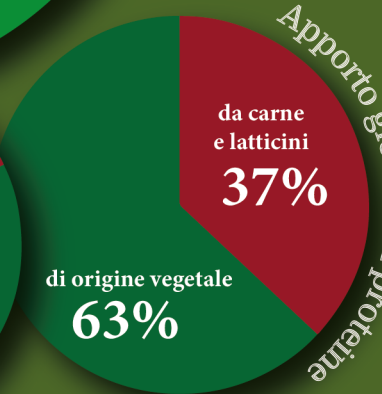


Aree abitabili

Apporto globale di calorie



Apporto globale di proteine



A. INSETTI E PIANTE INFESTANTI.

L'uomo cerca da sempre di **proteggere le proprie coltivazioni** dalle minacce naturali. A questo scopo, in agricoltura si utilizzano, talvolta esagerando:

A. **prodotti fito-sanitari** (comunemente detti **pesticidi**) per eliminare i nemici delle coltivazioni: insetti, funghi, virus;

B. **erbicidi** per eliminare le piante infestanti.

Ma possono esistere alternative in diversi ambiti, come ad esempio la lotta contro gli insetti nocivi alle coltivazioni, ad opera di altri insetti antagonisti.

Gli insetti sono oltre i $\frac{3}{4}$ delle specie animali e vivono in ogni ambiente del pianeta. Ci sono insetti che si nutrono di piante (fitofagi), "vegetariani", e altri che si nutrono di altri insetti (entomofagi).

I "vegetariani" sono almeno 500.000 specie. Tra questi il 5% consuma piante utilizzate e coltivate dall'uomo. Altre specie di animali assediano i campi e gli orti coltivati: erbivori, roditori, uccelli...

Le coltivazioni sono minacciate anche da malerbe che competono con i prodotti alimentari e sottraggono loro elementi essenziali come spazio, acqua, luce e nutrienti.

B. LA BIOECONOMIA CIRCOLARE E I SUOI OBIETTIVI.

La **bioeconomia circolare**, che affonda le sue radici nel suolo, è una parte dell'economia circolare che usa le risorse biologiche rinnovabili, provenienti dalla terra (e dal mare), o i rifiuti come punto di partenza per la produzione industriale, alimentare, mangimistica ed energetica.

Ha come obiettivi:

- la rigenerazione dei territori;
- il mantenimento e il rafforzamento della fertilità dei suoli;
- pratiche agricole rigenerative;
- la costruzione di un nuovo rapporto tra città e agricoltura, tra modelli di produzione, di consumo e abitudini alimentari più sostenibili.

Il contenuto di carbonio organico nei suoli agricoli può essere incrementato adottando particolari **pratiche di gestione**. Alcuni esempi:

- **Recupero dei residui** come pacciamate di superficie*.

*Il pacciamate è l'insieme di foglie secche, di corteccia e di stecchi che si ammucchiano per terra sotto gli alberi o sulle acque stagnanti.

- **Pacciamatura.**

- **Culture di copertura e sovesci** (il sovescio è un'antica pratica agronomica consistente nell'interramento di apposite colture allo scopo di mantenere o aumentare la fertilità del suolo);

- **Rotazione delle coltivazioni ad elevata diversità.**

- **Gestione integrata dei nutrienti con fertilizzanti organici e agricoltura di precisione*.**

**Per agricoltura di precisione si intendono una serie di strategie e strumenti che permettono di ottimizzare e aumentare qualità e produttività del suolo attraverso interventi mirati. Un risultato che si può ottenere grazie a tecnologie sempre più avanzate. Viene detta "di precisione" perché grazie ai più moderni strumenti è possibile realizzare l'intervento giusto, nel posto giusto, al momento giusto, rispondendo alle esigenze specifiche delle singole colture e di singole aree del terreno, con un livello di precisione elevato. Le tecnologie sono impiegate prima di tutto per raccogliere dati e informazioni che servono, per prima cosa, a prendere decisioni su come migliorare la produzione e, in secondo luogo, a mettere in atto le correzioni necessarie per raggiungere tale obiettivo.*

- **Integrazione del pascolo** (e di colture poliennali tra cui quelle prative e/o dell'agroforestazione) negli ordinamenti colturali.

- **Irrigazione a goccia o sub-irrigazione.**

- **Gestione integrata delle erbe infestanti.**

- **Programmi conservativi.**

- **Recupero di suoli degradati e abbandonati.**

C. LA STORIA DELL'AGRICOLTURA.

L'agricoltura e gli allevamenti contribuiscono all'emissione di gas climalteranti, responsabili dei cambiamenti climatici; nello stesso tempo sono colpiti però da molte conseguenze del *climate change*: danni meccanici e fisici al suolo, alle produzioni, alla fertilità della terra.

Anche la storia, antica e recente, serve a comprendere il nostro attuale modo di coltivare per produrre cibo.

Da sempre l'agricoltura riduce i nutrienti presenti nel terreno. La loro riduzione, in particolare azoto e fosforo, si riflette in modo negativo sullo sviluppo delle piante, impoverendo i raccolti. La storia è segnata dagli sforzi dell'uomo per contrastare questa riduzione, con tecniche come

la rotazione delle colture e il ricorso alla coltivazione di legumi, nelle cui radici vivono i batteri che fissano l'azoto, oltre al ricorso della fertilizzazione con letami e concimi minerali di sintesi.

L'evoluzione dell'agricoltura negli ultimi secoli.

Tra il '700 e l'800 avviene la scoperta dell'**alternanza tra grano e leguminose varie**: fagioli, fave, lupini, trifoglio, erba medica.

Nell'800:

- viene importato in Europa dal Perù e da altre terre dell'America latina un fertilizzante potente e dall'effetto immediato: lo **sterco fossile** degli uccelli marini (vecchio di tremila anni), estratto da vere e proprie miniere che si esauriscono presto; - le ricerche del Barone von Liebig danno origine ai **fertilizzanti di sintesi**; von Liebig scopre che, oltre all'acqua e alla luce, nel terreno vi sono altri elementi nutritivi che aiutano lo sviluppo delle piante; li identifica dal punto di vista chimico e indica come riprodurli in laboratorio.

La storia recente: dopo il 1950.

Negli anni '50, dopo la Seconda Guerra Mondiale, avviene una trasformazione tecnica e produttiva nell'agricoltura e negli allevamenti, chiamata **rivoluzione verde**. Si tratta dell'impiego di varietà vegetali ibride geneticamente selezionate, fertilizzanti, fitofarmaci, nuovi mezzi tecnologici e meccanici, irrigazioni diffuse, che portano ad un incremento notevole del rendimento delle produzioni agricole. In questo decennio e nel successivo si assiste anche a una crescente scollatura tra zootecnia e agricoltura, dovuta anche a motivi di ordine sanitario, inquinamento delle falde acquifere, limitazioni e regolamentazione dell'uso di liquami e letami in prossimità dei centri abitati e in alcuni periodi dell'anno.

Dagli anni '60 e '70 in poi, si sviluppa l'**agricoltura industriale**. I processi di trasformazione tecnica e produttiva applicati all'agricoltura permettono un'alta produttività e fanno sì che l'Europa diventi non solo autosufficiente per le produzioni alimentari ma anche esportatrice. In particolare, la produzione cerealicola è quasi triplicata, grazie all'impiego dei concimi minerali, in particolare azotati e al miglioramento delle varietà, ai trat-

tamenti fitosanitari, alla diffusione della meccanizzazione.

L'uso diffuso di importanti concimi azotati di sintesi, come l'urea ha avuto ripercussioni sulla fertilità dei suoli, con aspetti sia positivi sia negativi. **Alcuni esempi:**

- **ha rimodellato ovunque i cicli dell'azoto e del fosforo;**

- **ha consentito di sfamare almeno 2 miliardi di persone in più;** senza il loro impiego occorrerebbe un impensabile 30% in più di terra fertile, per ottenere la stessa produzione;

- **l'impiego dei fertilizzanti dopo il 1970 si è esteso ai paesi più poveri del pianeta, dove ha provocato anche profonde trasformazioni sociali,** portando alla migrazione in città dei piccoli agricoltori e il loro conseguente impoverimento;

- **l'uso dei fertilizzanti ha avuto una grande influenza sulla scelta delle coltivazioni,** privilegiando quelle che, a seguito del loro impiego, risultavano più produttive;

- **la produzione di cibo è diventata dipendente dai combustibili fossili,** indispensabili per la produzione dei concimi azotati;

- **nei casi peggiori il 50% dell'azoto somministrato è disperso e finisce spesso per inquinare le acque delle località agricole e le zone limitrofe,** provocando, con un eccesso di nutrienti, l'eutrofizzazione delle acque di torrenti, fiumi, laghi.

Dagli esempi elencati si ricava che **le attuali critiche all'industrializzazione agricola si concentrano sul come e sul che cosa si coltiva, sui consumi di energia, sulla qualità scadente, su problemi possibili di salute e sulla distruzione, a fronte di esagerazioni ed eccessi, della sostanza organica del suolo,** che non può essere vista come un supporto neutro delle piante ma un mondo pieno di vita. Il terreno non può essere spinto per decenni e decenni a produrre oltre ogni limite, aumentando la quantità di prodotti di sintesi immessi senza considerare i gravi, collaterali e crescenti problemi alla sua struttura, all'humus.

D. CHE COSA POSSIAMO FARE NOI PER PRESERVARE IL SUOLO?

Istituzioni, aziende, persone possono sce-

gliere le azioni che meglio prevengono e riducono il loro impatto sui suoli, mantenendo inalterati quantità e qualità dei prodotti. Anche come singoli o famiglie, l'attenzione alla sostenibilità ambientale dei nostri consumi influisce sulla produzione agricola.

Per scegliere consapevolmente bisogna informarsi di più. Alcuni temi: con che cosa si nutre la terra; le colture vengono difese attraverso l'impiego di sostanze naturali che inquinano meno il suolo e l'acqua; come si utilizzano metodi di lavoro non invasivi per mantenere il suolo vitale e preservare la ricchezza della biodiversità; come si tutela il benessere degli animali allevati; come si privilegiano vegetali e animali tipici del luogo.

I consumatori possono acquistare prodotti biologici, riconoscendo quelli certificati e controllati. Per i prodotti trasformati è d'obbligo il logo verde europeo detto Eurofoglia: almeno il 95% degli ingredienti deve essere biologico.

E. LA PERDITA DEI TERRENI AGRICOLI.

In Italia, la perdita di terreni agricoli è dovuta a due motivi principali: il primo è l'**abbandono di zone difficili da coltivare** a causa di suoli poco produttivi, specie in montagna o in zone collinari particolarmente scoscese; il secondo è l'**impermeabilizzazione e cementificazione a scopi urbani** di suoli in genere pianeggianti, fertili, facilmente lavorabili, in aree costiere con buone condizioni climatiche. Dalla riduzione di superfici a seminativi e prati permanenti deriva la riduzione dei principali prodotti di base dell'alimentazione: pane, pasta, riso, verdure, carne, latte. La **conseguenza** è che l'Italia, per le sue necessità alimentari, aumenta la dipendenza dalle importazioni. **Da alcuni anni l'Italia produce nationalmente solo circa l'80/85% delle necessità alimentari della sua popolazione (il consumo di tre cittadini su quattro).**

10.

Tra nuovo e riuso

Nelle campagne si possono adottare sistemi di coltivazione rispettosi della fertilità del suolo e della sua capacità di sequestrare carbonio. Nelle città si tratta soprattutto di non utilizzare più aree agricole nuove, ma ri-usare edifici e territori già compromessi ed edificati, migliorando- li con manutenzioni, ricostruzioni, nuove aree verdi. In generale, è una buona pratica espandere in ogni parte del mondo le aree naturali protette e controllate, come i parchi naturali regionali e nazionali.

In agricoltura sono molti gli approcci che promuovono una gestione sostenibile del suolo. Vediamo i principali.

Agroecologia è un approccio

sistemico basato su tecnologie, pratiche e innovazioni, in cui il sapere tradizionale e locale si coniuga con la scienza moderna.

Agroforestazione impiega tecniche tradizionali e moderne per la gestione del terreno al fine di integrare gli alberi nei sistemi di produzione animale e vegetale in ambito agricolo.

Agricoltura biologica è un tipo di agricoltura che non fa uso di prodotti di sintesi, organismi geneticamente modificati, regolatori della crescita e additivi per mangimi.

Agricoltura senza lavorazione è una tecnica usata nell'ambito dell'agricoltura conservativa per preservare la naturale copertura del suolo in modo semi-permanente, lasciando ai microrganismi e agli animali il compito di "arare" il terreno ed equilibrare i suoi nutrienti.

Agricoltura Conservativa segue tre principi (minimo danneggiamento del suolo, copertura permanente del suolo e rotazione delle colture) per migliorare la salute del suolo, ridurre il degrado e aumentarne la produttività.

In generale si può dire che le scelte colturali che nel passato venivano adattate alle condizioni naturali e socioeconomiche dei diversi ecosistemi, vengono ai giorni d'oggi spesso imposte attraverso investimenti e l'utilizzo di risorse energetiche considerevoli (monocolture, selezioni genetiche,

lavorazioni profonde, irrigazione, e così via) spesso con effetti controproducenti nel medio e lungo periodo.

Se oggi è impensabile il ritorno ad una agricoltura autarchica, è pur vero che l'operatore agricolo deve riacquisire quella sensibilità ambientale che gli permette un uso più adeguato della risorsa suolo conoscendone oggettivamente i limiti e le potenzialità.

("Qualità, attitudine e vocazionalità per una agricoltura sostenibile" a cura di ISPRA)

La gestione sostenibile dei suoli potrebbe aumentare la produzione di cibo fino al 58%.

(fonte: FAO)

In città asfalto e cemento sono l'effetto della continua espansione urbana, a discapito di suoli prima agricoli. Sotto edifici o strade il suolo è sigillato. Non

crescono più erbe e piante, la biodiversità scompare, perché un suolo ricoperto smette per sempre di assorbire acqua e di adempiere alla sua funzione ecologica di permettere la fotosintesi.

Il suolo diventa irreversibilmente impermeabile e, anche abbattendo le costruzioni, sarà molto difficile e costoso ripristinarlo. **In Italia, l'urbanizzazione ha "consumato", dal 1970 in poi, circa 90 ettari al giorno. Dato che un ettaro**

equivale a 10.000 m², si tratta di oltre 10 m² al secondo.

Se si guardano i dati europei (ad esempio Germania, Gran Bretagna, Svezia e Norvegia) i consumi di suolo sono stati molto inferiori.

Il dato medio di quota pro-capite di suoli impermeabilizzati in Europa è negli ultimi anni di circa 200 m² (0,02 ettari) già cementificati per ogni abitante.

Il suolo urbanizzato in Italia è circa il 7,5% della superficie del nostro Paese. L'Italia risultava il 4° paese europeo per consumo di suolo con 55 ettari al giorno nel 2015. **Oggi arriva a 70 ettari al giorno, oltre 8 metri quadri al secondo!** Il 70% di questa superficie è occupato da infrastrutture, come strade, piazzali, piastre per attività varie; il 30% da costruzioni (edifici e capannoni).

(dati Ispira - relazione annuale)

In alcune zone, per il modo in cui si è realizzata questa estesa occupazione del suolo, sono molto più gravi le conseguenze dei fenomeni atmosferici dovuti anche ai cambiamenti climatici.

L'incidenza annua di frane, alluvioni e altri disastri ambientali ci dice che:

- si è proceduto a costruire in aree che, essendo considerate a rischio naturale, non avrebbero dovuto essere edificate;

- si è fatta insufficiente prevenzione, attraverso piani e provvedimenti efficaci e di respiro.

Nelle grandi città vi sono periferie ormai meno abitate, ricche di immobili non utilizzati e invenduti. La Commissione Europea scriveva già nel 2012:

ogni anno viene urbanizzata in Europa un'area corrispondente ad una città come Berlino, ossia 1.000 km², edificando e ricoprendo suoli prima naturali o agricoli.

252 ettari al giorno! Solo il 13% dello sviluppo urbano avviene su suoli riciclati e non su suoli vergini!

A. LA PROGETTAZIONE DELLE CITTÀ È UN TEMA DELL'URBANISTICA? SÌ, MA NON SOLO.

Negli ultimi decenni sono cresciuti troppo rispetto alle necessità sia le città medie e grandi, sia medi e piccoli centri. Con un'offerta decisamente superiore alla domanda, il mercato edilizio è entrato in crisi. Molte aree sono state colpite da un crescendo di invenduto e da un concomitante calo dei prezzi, dovuto alla necessità di standard diversi, specie energetici, e da crescenti costi di manutenzione causati dalla scarsa qualità delle costruzioni. Anche per quanto riguarda l'edilizia da lavoro, spesso l'offerta di capannoni industriali, uffici e spazi commerciali è in eccesso rispetto alla domanda. **L'idea che si è fatta spazio negli ultimi decenni è sempre di più quella di recuperare, riciclare, sostituire, rigenerare quanto è stato costruito, moltiplicando le aree verdi.** In generale, grandi aree di alberi influenzano il clima. I singoli alberi influenzano i microclimi della città, perché, se collocati nei posti giusti, intercettano sole, vento, pioggia, trattengono la perdita di calore e l'umidità del suolo. La loro traspirazione abbassa la temperatura e aumenta l'umidità dell'aria.

Come abbiamo già scritto, in un anno, un albero a latifoglie, adulto, rinfresca come 10 condizionatori d'aria in funzione continua, assorbe 29.000 litri di acqua piovana e filtra 28 kg di inquinamento atmosferico. Quindi è sempre più urgente **l'applicazione di nuovi criteri di urbanizzazione**, capaci di rispondere a nuove esigenze economiche, sociali, di salute e a un nuovo rapporto città/campagna. Criteri che non devono e non vogliono arrestare le trasformazioni periodiche della città, ma permettono di rinunciare, almeno nei prossimi decenni, alla sua espansione a scapito delle aree agricole limitrofe.

Esempi di buone pratiche in altri paesi.

Può essere utile guardare a quanto, su questo tema, è avvenuto e sta avvenendo all'estero. Alcuni esempi: circondare le città, per alcuni chilometri, con cinture verdi non edificabili; collocare servizi e infrastrutture solo in precise aree, distribuite capillarmente sul territorio cittadino; favorire, con incentivi, la rigenerazione delle aree dismesse. Unificare le strategie dei vari enti, dallo Stato al piccolo Comune, in modo da renderle praticabili e attuabili.

B. LA MASSA PRODotta DALL'UOMO NEL 2020.

Ci sono studi che analizzano il rapporto tra la massa prodotta dall'uomo e la biomassa vivente (piante, animali, batteri e virus). La rivista Nature ha titolato: "il sorpasso!" (2020)

Tutti gli uomini in termini di peso rappresentano lo 0,01% degli esseri viventi. Eppure, la massa antropica (ciò che produciamo artificialmente) ha superato in peso la massa vivente di tutto il pianeta.

La notizia è rappresentata dall'immagine di un'altalena a due posti, come se ne vedono ancora nei giardini pubblici. Un asse a due posti è in equilibrio su un perno centrale rappresentato dalla Terra. A sinistra si "siedono" tutti i prodotti dell'attività dell'uomo; a destra tutti gli esseri viventi.

Tutti insieme i prodotti dell'uomo corrispondono ad un peso di 1,1 teratonnellate (una teratonnellata corrisponde a 1.000.000.000.000 di tonnellate).

Qualche precisazione. In testa all'elenco delle produzioni c'è il cemento (40% del totale), cui va aggiunta una quota equivalente di sabbia e pietrisco usati come materiale base per strade ed edifici. Gli altri materiali sono: metalli, asfalto, mattoni, legno, vetro, plastica. La massa della plastica, con i suoi 8 miliardi di tonnellate, da sola, è il doppio di quella di tutti gli animali che vivono in acqua e sulla terraferma. Gli edifici hanno una massa maggiore di quella degli alberi.

Per produrre tutto questo materiale l'uomo ha quasi dimezzato la biomassa della Terra, facendola crollare da 2 a 1 teratonnellata.

All'inizio del XX secolo la percentuale della massa artificiale prodotta dall'uomo era il 3% di quella naturale. Ha continuato a salire per tutto il secolo, **raddoppiando ogni 20 anni**, fino a superare la massa vivente. Questo anche perché l'uomo, nel frattempo, ha contribuito a ridurla per produrre i propri manufatti.

(Department of Plant and Environmental Sciences del Weizmann Institute of Science - dicembre 2020).

C. LE POLITICHE DI PROTEZIONE E LA SALVAGUARDIA DELLE AREE NATURALI.

Le superfici del pianeta sono costituite dal 29% da terre emerse e dal 71% da oceani. Dell'intera superficie (terre e oceani) il 9,5% sono aree protette. Ovvero, il 14,9% delle terre emerse, il 7,3% della superficie marina.

Le aree protette terrestri immagazzinano il 20% del carbonio annualmente assorbito da tutte le terre emerse.

In Italia vi sono varie tipologie di aree protette: parchi nazionali, parchi regionali, riserve, aree marine protette.

I parchi nazionali e regionali sono diversi a seconda della legge che li istituisce. Ad esempio, i **parchi nazionali** sono aree terrestri, fluviali, laghi e stagni che contengono ecosistemi non toccati dall'uomo o quasi inalterati. Nei Parchi la presenza dell'uomo e delle sue attività è permessa e regolamentata (vi vivono circa 700.000 persone). Le **riserve** sono invece zone

dove l'uomo, in passato, non ha alterato gli ecosistemi.

Le **aree protette** italiane si estendono per una superficie di 7 milioni e mezzo di ettari (un ettaro, è circa pari a un campo da calcio); dentro a questi spazi 4 milioni di ettari sono foreste.

D. NOTIZIE SUL PROPRIO TERRITORIO.

A livello regionale le ARPA (Agenzie Ambientali regionali) si occupano di analisi del suolo e compilano annualmente una relazione che fa riferimento alla mappa dei territori, quindi anche della vostra zona. Tra quelle che hanno dedicato pubblicazioni periodiche sul suolo si citano: Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto, Friuli-Venezia-Giulia, Marche e Sardegna.

Potete consultarla online e scoprire come si sono formati i principali suoli delle aree

della vostra regione e leggere i commenti sullo stato dei suoli vicino a voi.

Le forme di degradazione che vengono prese in considerazione sono:

1. contaminazione diffusa
2. contaminazione puntuale (siti)
3. diminuzione della biodiversità
4. diminuzione di sostanza organica
5. erosione
6. impermeabilizzazione
7. compattazione.

A livello nazionale il consumo di suolo è monitorato dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, che annualmente produce il Rapporto: "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici".



Gli strumenti del kit

Tra gli strumenti forniti nel kit vi sono: la Brochure, le Schede delle Attività & Laboratori, il Poster-Game. Riportiamo gli indici e le soluzioni dei giochi proposti nel poster. Segue una bibliografia essenziale.

LA BROCHURE

Indice dei contenuti

1. Il Suolo è la fabbrica della vita!	pag. 3
2. Che cosa è il suolo? Il mondo in una zolla	pag. 4
3. Come è fatto? Composizione media dei suoli	pag. 5
4. Chi lo abita? La biodiversità	pag. 6
5. I supereroi del suolo	pag. 7
6. I suoi invisibili abitanti	pag. 8
7. A che cosa serve? I servizi ecosistemici	pag. 9
8. La fertilità e lo stoccaggio. I gemelli diversi SOM & SOC	pag. 10
9. Le 8 minacce al suolo	pag. 11
10. Una risorsa non rinnovabile. La cura del suolo è la cura della vita	pag. 12
11. All'origine del cibo	pag. 13
12. Dai rifiuti organici al terriccio fertile	pag. 14
13. Imitare la natura chiudendo il cerchio. La bioeconomia	pag. 15
14. Agire per il suolo	pag. 16
15. Che cosa possono fare i "grandi" per il suolo?	pag. 17
16. Le sfide per la salute del suolo. La Terra come una mela	pag. 18

LE SCHEDE ATTIVITÀ & LABORATORI

Indice dei contenuti

IL SUOLO: CHE GRAN DIVERTIMENTO!	pag. 2
INDICE DELLE 16 SCHEDE	pag. 4

LE ATTIVITÀ

1. La scatola del suolo (gioco di ricerca e narrazione)	pag. 5
2. Una rete di relazioni (gioco ad indovinelli per conoscere)	pag. 7
3. Una gita pancia a terra (gioco del cambiare punto di vista)	pag. 8
4. La mappa di una porzione di prato (gioco di osservazione)	pag. 9
5. Sopra e sotto (gioco di esplorazione)	pag. 9
6. Diventare un lombrico (gioco di simulazione)	pag. 10
7. Il libro delle pieghe (gioco di progettazione)	pag. 10
8. La Terra come una mela (gioco di esemplificazione)	pag. 11

I LABORATORI

1. Giù, giù, giù e ancora più giù (il suolo è profondo)	pag. 12
2. Il suolo può essere eroso (la copertura vegetale protegge)	pag. 13
3. È fatto d'acqua (la ritenzione idrica del suolo)	pag. 14
4. È fatto d'aria (vedere l'aria nel suolo)	pag. 15
5. L'humus visto da vicino (i suoi abitanti visibili)	pag. 16
6. Particelle di misure differenti (3 tipologie di suolo)	pag. 17
7. I lombrichi (i migliori amici del suolo fertile)	pag. 18
8. Il microscopio USB (uno strumento straordinario)	pag. 19

IL POSTERGAME

Indice dei contenuti

- Gioco 1 - Pericoli per il suolo
- Gioco 2 - Intrusi nell'organico - le 3 regole per una corretta raccolta differenziata dell'umido
- Gioco 3 - La ricetta del compost
- Gioco 4 - Nuovi amici nel suolo
- Gioco 5 - Biodiversità sopra e sotto

Le soluzioni dei 5 giochi proposti nel POSTERGAME, uno degli strumenti del kit.

Gioco 1

PERICOLI PER IL SUOLO

Unisci gli 8 pericoli alle immagini che li rappresentano

- sigillatura o impermeabilizzazione
- perdita biodiversità
- contaminazione e inquinamento
- salinizzazione
- impoverimento materia organica
- compattazione
- frane, smottamenti, colate fangose, scivolamenti e distacchi

che pericolo manca? ... (soluzione: erosione)

Gioco 2

INTRUSI NELL'ORGANICO

- Trova gli 8 intrusi da non conferire nella raccolta dell'organico
- assorbenti e pannolini (*intruso*)
 - film e oggetti in bioplastica
 - carta patinata (*intruso*)
 - escrementi di animali domestici (*intruso*)
 - poliaccoppiati per confezioni alimentari (*intruso*)
 - olio frittura (*intruso*)
 - alimenti avariati e scaduti

- mozziconi di sigaretta (*intruso*)
- piccole ossa
- contenitori di cibi (*intruso*)
- polvere o altri materiali di pulizia (*intruso*)
- fondi di caffè e filtri di tè

Le 3 regole per una corretta raccolta differenziata dell'umido

1. il sacchetto giusto: bioplastica biodegradabile e compostabile
2. il contenitore corretto: aerato e traforato (*)
3. ridurre la produzione di rifiuti evitando gli sprechi di cibo

(*) Il contenitore migliore è un cestino o un recipiente aerato e traforato che permette l'evaporazione della condensa e, conseguentemente, la riduzione del volume del rifiuto umido così da non aver cattivi odori ed evitare la formazione di spiacevoli liquidi sul fondo del secchiello contenitore.

Gioco 3

LA RICETTA DEL COMPOST

Cerchia i nove "ingredienti" corretti per fare il compost in un impianto industriale.

- il variare del pH (GIUSTO)
- metano (GIUSTO)
- la temperatura dell'ambiente (GIUSTO)
- una certa quantità d'acqua (GIUSTO)
- bioplastiche 100% biodegradabili (GIUSTO)
- carta patinata e inchiosttrata (GIUSTO)
- vaschette per alimenti (GIUSTO)
- ossigeno (aerobico) (GIUSTO)
- scarti e avanzi di cibo (GIUSTO)
- sabbia (GIUSTO)
- l'intervento dei microrganismi (batteri e funghi) (GIUSTO)

- fuoco (GIUSTO)
- CO₂ (GIUSTO)
- sfalci e potature (GIUSTO)
- il passare dei giorni (GIUSTO)
- sale (GIUSTO)

Gioco 4

NUOVI AMICI NEL SUOLO

Scopri quale percorso sotterraneo ti permette d'incontrare il maggior numero di amici insetti sulla tua strada (soluzione: 14)

Gioco 5

BIODIVERSITÀ SOPRA E SOTTO

Colloca correttamente i cinque abitanti della campagna (bombo, grillo, chiocciola, libellula e maggiolino) nel loro habitat prevalente: sopra o sotto il suolo

- Bombo (*nell'aria*)
- Grillo (*nel suolo*)
- Chiocciola (*nel suolo*)
- Libellula (*nell'aria*)
- Maggiolino (*nel suolo*)

La spiegazione.

Maggiolino

La femmina depone le uova in un buco del terreno. La larva senza ali, ma con le zampe, scava lunghe gallerie sotterranee, nutrendosi delle radici per tre anni. Poi diventa ninfa e insetto adulto. A maggio i maggiolini escono dalle loro tane sottoterra e assaltano affamati gli alberi, divorando gemme, foglie, arbusti teneri di alberi di bosco e di frutteti.

Chiocciola

Produce la sua casa: la conchiglia

a spirale che ospita il corpo. Serve per ripararsi da condizioni atmosferiche, difendersi da aggressioni, ridurre l'evaporazione. La parte che striscia al suolo (grazie alla bava) si chiama piede. Lenta nei movimenti: 16,5 cm al minuto. Sul capo due antenne che portano gli occhi e due tentacoli tattili, tutti retrattili. Le chioccioline vanno in letargo d'estate e in inverno. D'estate interrano fino a metà del loro guscio per affrontare il caldo; d'inverno si interrano completamente per affrontare il freddo.

Grillo campestre

Depone le sue uova in un nido

costruito apposta, "un astuccio" con il coperchio che si apre solo a scatto per la pressione interna del giovane piccolissimo grillino. Passa l'inverno sottoterra. La sua casa è una tana. Cammina e salta. Le ali non servono per volare ma per produrre il canto, sfregandole tra loro (il maschio). Due lunghe antenne. Vive un anno e non ha vita comunitaria.

Bombo

È un insetto impollinatore importante. Mangia sia nettare che polline dei fiori. Vive in piccole colonie, non sopravvive all'inverno. Solo alcune femmine vanno in letargo in piccole cavità nel

terreno o nel legno degli alberi e a primavera depongono le uova in una piccola "anfora" di cera, da loro costruita, con altre celle intorno per depositarvi il cibo.

Libellula

Grande capo, addome lungo e sottile, ali a membrana molto lunghe che la fanno raggiungere i 50 km all'ora. Afferrano insetti come cibo al volo. Le ali cambiano colore a seconda dei riflessi della luce. Nei primi stadi di vita vivono nell'acqua. Dimorano presso specchi, pozze, corsi d'acqua.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV.** - *Guida pratica di pedologia* – progetto NAPEA/UE - Regione Valle d'Aosta - Università degli Studi di Torino - edizione Istituto Agrario Regionale Aosta
- AA.VV.** - *Il contributo dello stoccaggio di carbonio nei suoli agricoli alla mitigazione del cambiamento climatico* – Ingegneria dell'Ambiente - vol.4 n.2/2017
- Bastioli Catia** – *Bioeconomia per la rigenerazione dei territori* – Edizioni Ambiente, 2018
- Bonaccorso Mario, Baños Ruiz Irene** – *Che cosa è la bioeconomia* – Edizioni Ambiente, 2019
- Bonaccorso Mario** - *L'Uomo che inventò la bioeconomia - Raul Gardini e la nascita della chimica verde in Italia* - Edizioni Ambiente, 2020
- Bonora Paolo** – *Fermiamo il consumo di suolo* – Il Mulino, 2015
- Butera Federico M.** - *Affrontare la complessità - Per governare la transizione ecologica* - Edizioni Ambiente, 2021
- Figueres Christiana e Rivett-Carnac Tom** - *Scegliere il futuro - affrontare la crisi climatica con ostinato ottimismo* - TLON, 2021
- Grignani Carlo** - *Fertilizzazione sostenibile* – Edagricole, 2016
- Grosso Mario, Rigamonti Lucia, Falbo Angela** – *Ottimizzazione della filiera di raccolta e trattamento della frazione organica da rifiuti urbani* – Politecnico di Milano e Novamont S.p.A.
- Ispra** (<https://www.isprambiente.gov.it/it>) - *Consumo del suolo in Italia - relazione annua*
- McNeill John R.** - *Qualcosa di nuovo sotto il sole - storia dell'ambiente nel XX secolo* - Piccola Biblioteca Einaudi, 2002- 2020
- McNeill John R., Engelke Peter** - *La Grande accelerazione - una storia ambientale dell'Antropocene dopo il 1945* - Piccola Biblioteca Einaudi, 2014
- Pacchioni Gianfranco** - *W la CO₂ - Possiamo trasformare il piombo in oro?* - Il Mulino, 2021
- Pavia Rosario** – *Tra suolo e clima* - Donzelli Editore, 2019
- Pileri Paolo** – *100 parole per salvare il suolo* – Altreconomia, 2020
- Pileri Paolo** – *Che cosa c'è sotto* – Altreconomia, 2016
- Ronchi Edo**– *Le sfide della transizione ecologica* -Piemme, 2012
- Sequi Paolo, Ciavatta Claudio, Miano Teodoro** - *Fondamenti di Chimica del Suolo* - Pàtron Editore, Bologna, 2017
- Smil Vaclav** - “*Come funziona davvero il mondo*” – Einaudi, 2022
- Stachel Walter R.** - *Economia Circolare per tutti - Concetti base per cittadini politici e imprese* - Edizioni Ambiente, 2019
- Violante Pietro** – *Chimica e fertilità del suolo* – Edagricole, 2013

Pubblicazioni dell'Unione Europea.

Commissione Europea – L'impermeabilizzazione del suolo

Agenzia Europea dell'ambiente- Sfruttamento del suolo

Commissione Europea – Strategia sulla Salute del Suolo

Commissione Europea – Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e altre strutture sull'Attuazione della strategia tematica per la protezione del suolo e attività in corso.

CREDITS

testi: Carlo e Manuele Degiacomi

illustrazioni originali (le zolle): Paolo Mottura

immagini: Ecofficina srl

NOTE





RE SOIL FOUNDATION

Regeneration for a clean and healthy soil.

Che cos'è RE SOIL FOUNDATION?

È un ente privato no profit che trova radici nella necessità di promuovere attività nei settori della ricerca scientifica, del trasferimento tecnologico, della formazione e della divulgazione, su uno dei beni più importanti e sempre più degradati del Pianeta: il suolo.

RE SOIL FOUNDATION, a partire dalla tutela del suolo, si pone l'ambizioso obiettivo di dare impulso ad un reale cambiamento per la rigenerazione dei territori, la qualità della vita e la decarbonizzazione del nostro sistema.

info:

www.resoilfoundation.org

info@resoilfoundation.org

*Nonostante la passione e la competenza delle persone coinvolte nella realizzazione dei materiali che compongono questo kit, è possibile che in essi siano riscontrabili errori o imprecisioni. Ce ne scusiamo fin d'ora con i lettori e ringraziamo coloro che, contribuendo al miglioramento del kit stesso, vorranno segnalarceli al seguente indirizzo:
info@resoilfoundation.org.*

progetto
educational
ideato e realizzato da

ec  fficina_{srl} | interactive
multimedia
design
STUDIO

www.ecofficinasrl.it