



## Il sistema suolo nelle sfide globali

Giuseppe Corti<sup>1</sup>, Luisella Celi<sup>2</sup>, Eleonora Bonifacio<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Società Italiana della Scienza del Suolo (SISS)

<sup>2</sup> Società Italiana di Chimica Agraria (SICA)

<sup>3</sup> Società Italiana di Pedologia (SIPe)

Le sfide globali che vedono coinvolto il suolo sono rappresentate da macro-tematiche che possono essere suddivise in

### COGENTI

- A. SICUREZZA ALIMENTARE
- B. DISPONIBILITÀ DI ACQUA DI BUONA QUALITÀ
- C. SOCIOLOGIA PEDOCLIMATICA
- D. MANTENIMENTO DELLA BIODIVERSITÀ

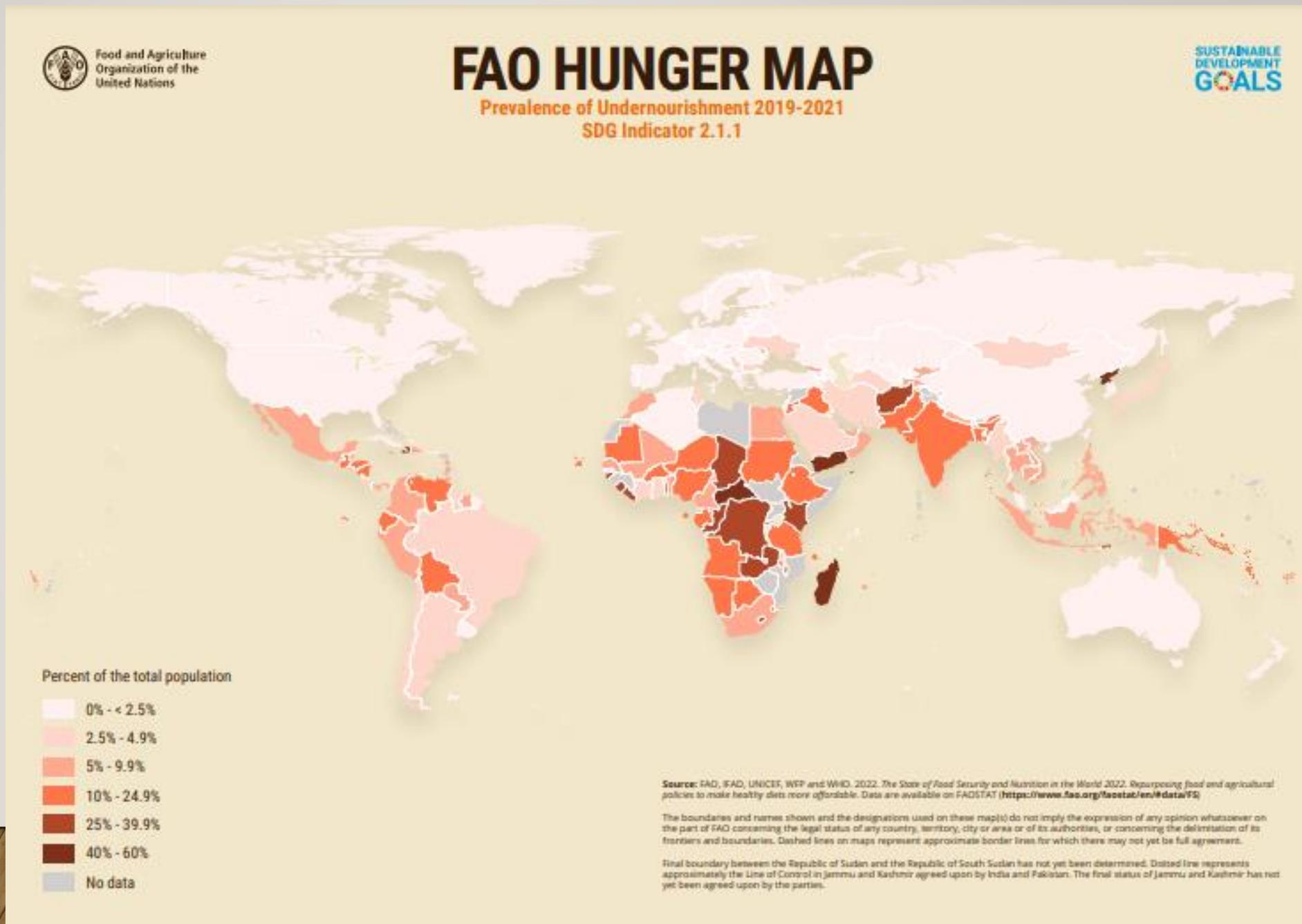
### EMERGENTI

- E. LAND GRABBING
- F. GENI RESISTENTI AGLI ANTIBIOTICI
- G. USO DI SUOLO A SCOPO ENERGETICO



# A. SICUREZZA ALIMENTARE

Le ultime stime della FAO, nel 2021 la fame nel mondo ha coinvolto un numero di persone tra 702 e 828 milioni, peggiorando la situazione rispetto al decennio precedente. Siamo vulnerabili!



Nel 2015, l'ONU ha lanciato i 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile, il secondo dei quali è proprio la lotta alla fame. Obiettivo che va di pari passo con la difesa e il miglioramento del suolo.

Non a caso la FAO aiuta i governi e i partner a elaborare politiche e programmi per porre fine alla fame, promuovere la sicurezza alimentare e promuovere l'agricoltura sostenibile in tutto il mondo.



Ma questo obiettivo non potrà mai essere raggiunto e, soprattutto, non potrà raggiungersi in maniera sostenibile se non agiamo contro

1. consumo di suolo
2. Erosione
3. inquinamento del suolo
4. impoverimento di nutrienti
5. salinizzazione

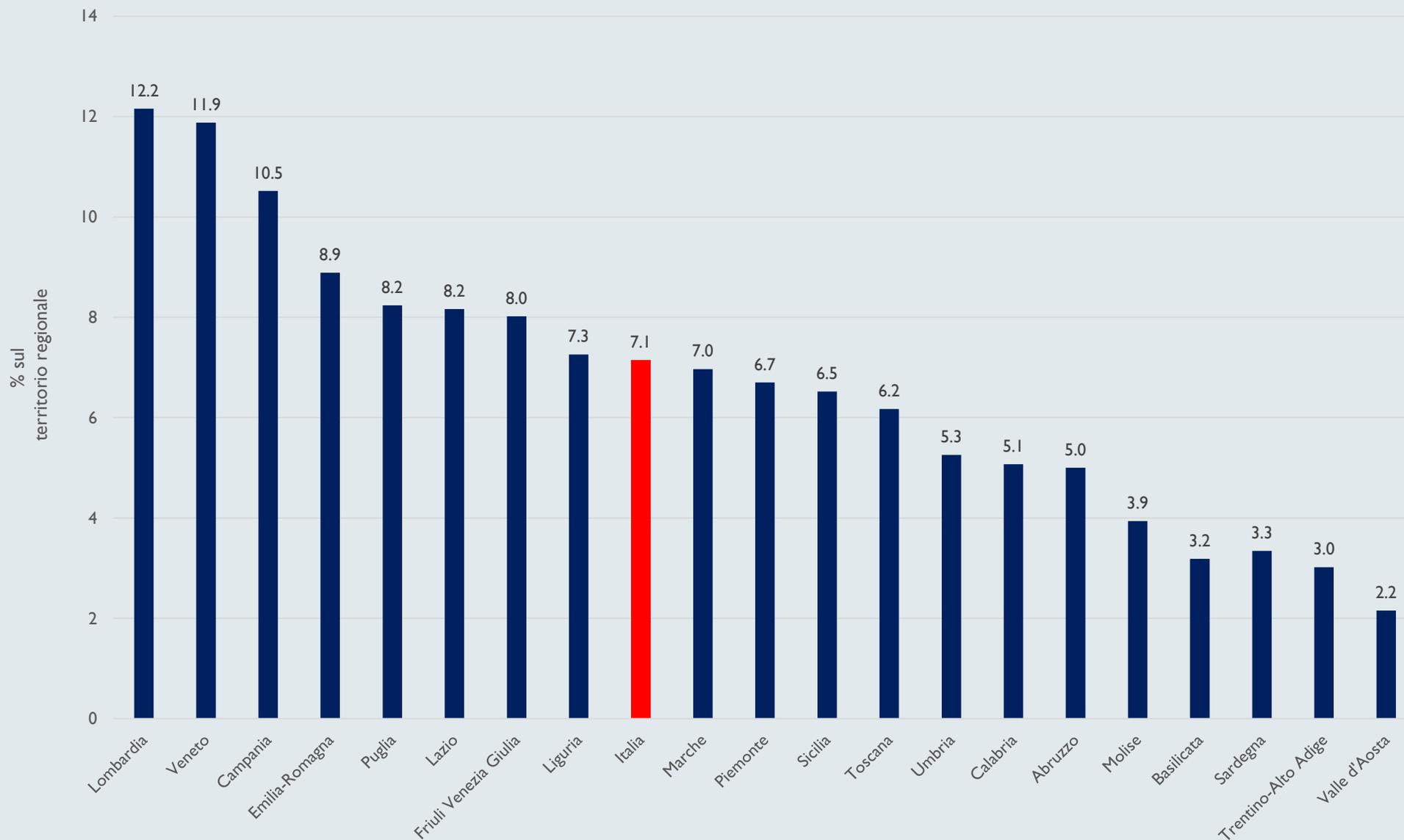
E se non favoriamo

- i. Produzione di e accesso a fertilizzanti calibrati con il tipo di suolo
- ii. Irrigazione con acque riciclate trattate

Ognuno di questi temi meriterebbe una trattazione a se stante ma, ai fini della sicurezza alimentare dobbiamo pensare a armonizzare tutto assieme

# A1. Consumo di suolo

Consumo di suolo a livello regionale, anno 2022



## Motivazioni:

- 1) in parte dovute alla densità di popolazione
- 2) in parte allo sviluppo economico
- 3) in parte a speculazioni con vari attori al contorno, incluso la criminalità organizzata

## A2. Erosione

L'erosione è, di per se un problema enorme.

Nell'Europa comunitaria, circa 1.3 milioni di km<sup>2</sup> di suolo sono soggetti a erosione idrica e il 20% del territorio perde più di 10 tonnellate di suolo all'anno.

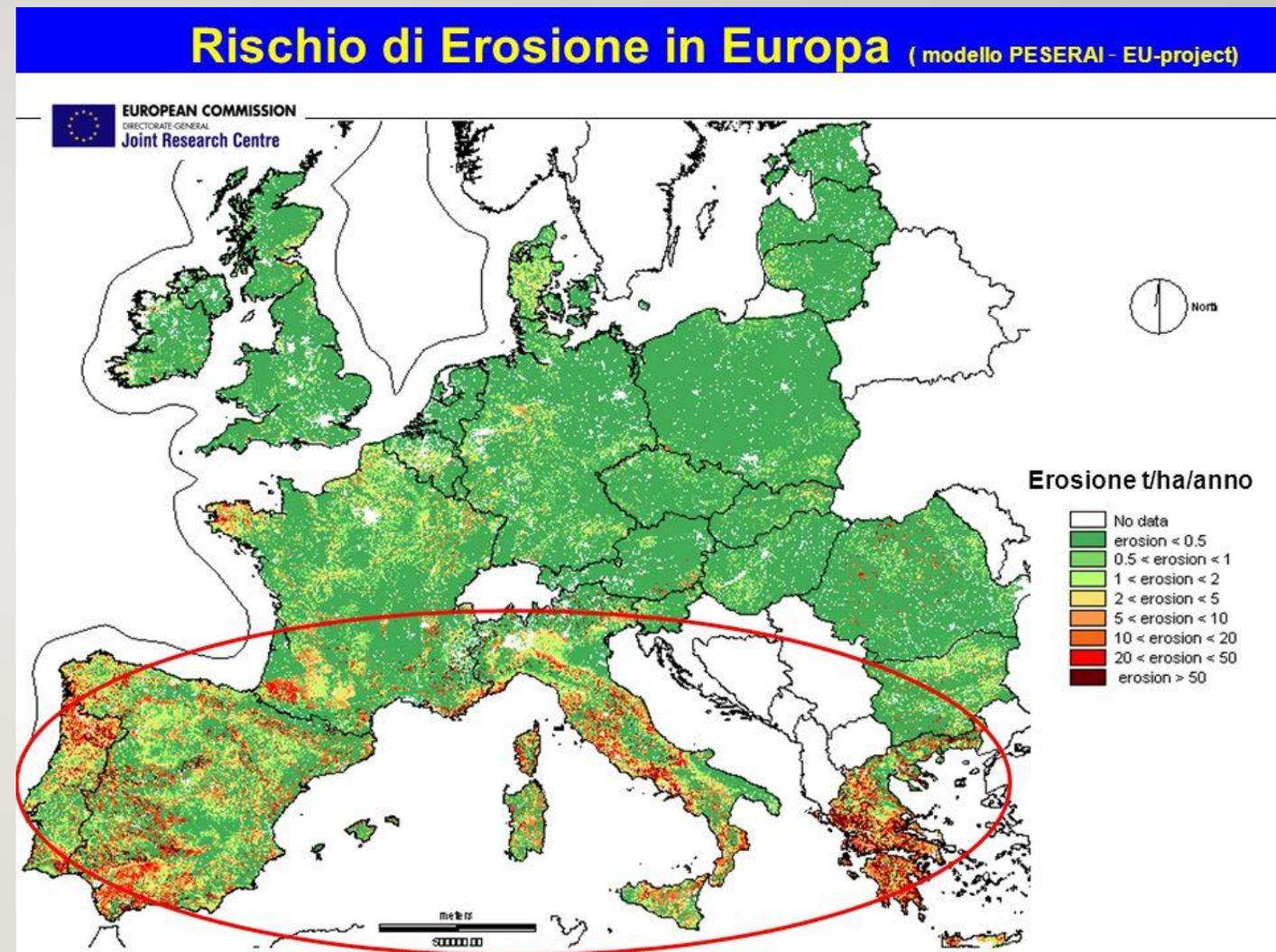
In Europa, i paesi più colpiti sono quelli del Mediterraneo, per questioni climatiche, geomorfologiche, di erodibilità del suolo e di gestione.

Il 30% dei suoli Italiani è a rischio di erosione potenziale, con perdite > 10 T/ha/anno.

E, dato ancor più grave, rispetto agli anni '50, abbiamo perso il 35% della ritenzione idrica totale a livello nazionale (i suoli contengono il 35% in meno di acqua). E i suoli con la minor ritenzione idrica sono quelli più impoveriti di sostanza organica, più prone all'erosione, meno fertili e con meno acqua disponibile.

E' un circolo vizioso: se non abbattiamo il problema dell'erosione, non potrà mai esserci un miglioramento dei suoli. E se la qualità dei suoli di versante diminuisce, aumenta l'erosione

1 mm di erosione equivale a 10 T/ha/anno (considerata accettabile), ma in molte aree del paese si perdono anche 150-180 T/ha/anno



### A3. Inquinamento del suolo

L'inquinamento del suolo è un'altra delle piaghe che affliggono i suoli di tutto il mondo.

L'inquinamento del suolo provoca una riduzione della produzione di derrate a livello mondiale del 15-20% (FAO-UNEP, 2021, su base di rapporti della GSP). E se la gran parte delle responsabilità di questa riduzione della produzione è attribuita a **pesticidi** (in particolare nel terzo mondo) ed **elementi in traccia** (ovunque), ci sono inquinanti emergenti quali:

**PAHs (idrocarburi aromatici policiclici)**

**Fenoli e clorofenoli**

**Medicinali a uso medico e veterinario**

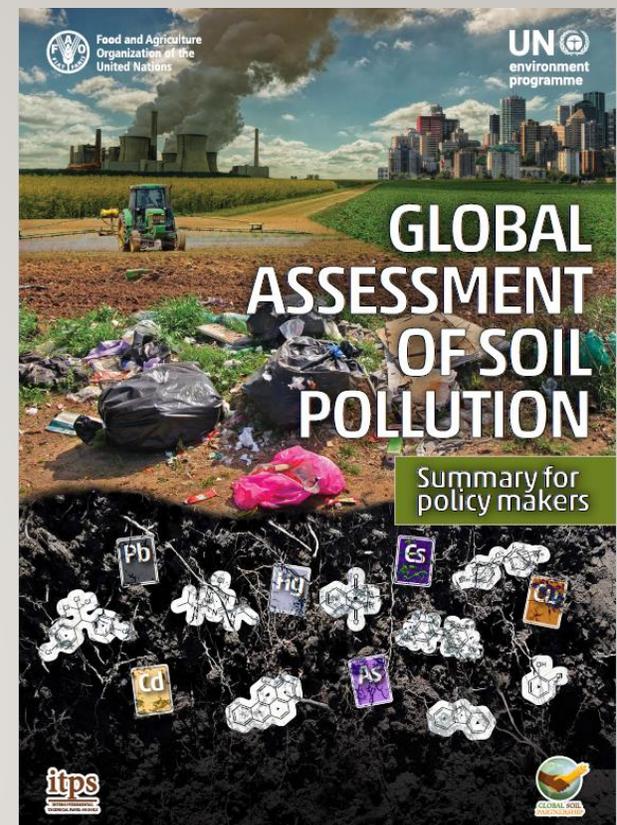
**Antibiotici**

**Diossine e furani**

**radionuclidi**

**Plastiche**

**Esplosivi** →



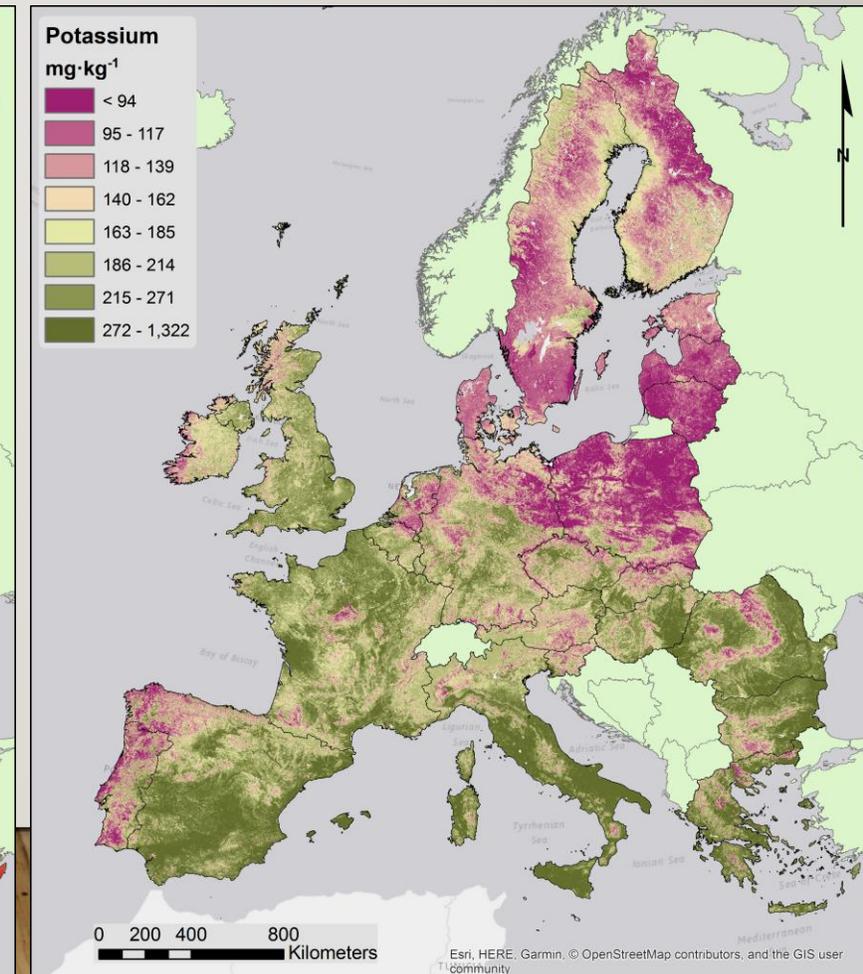
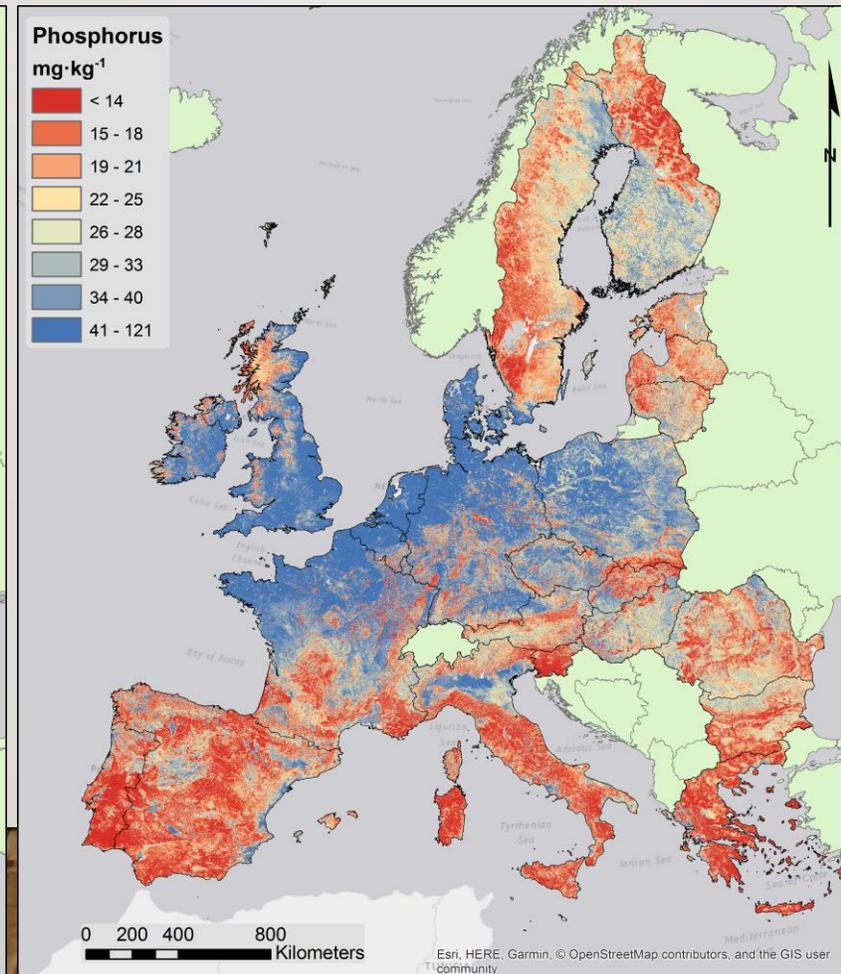
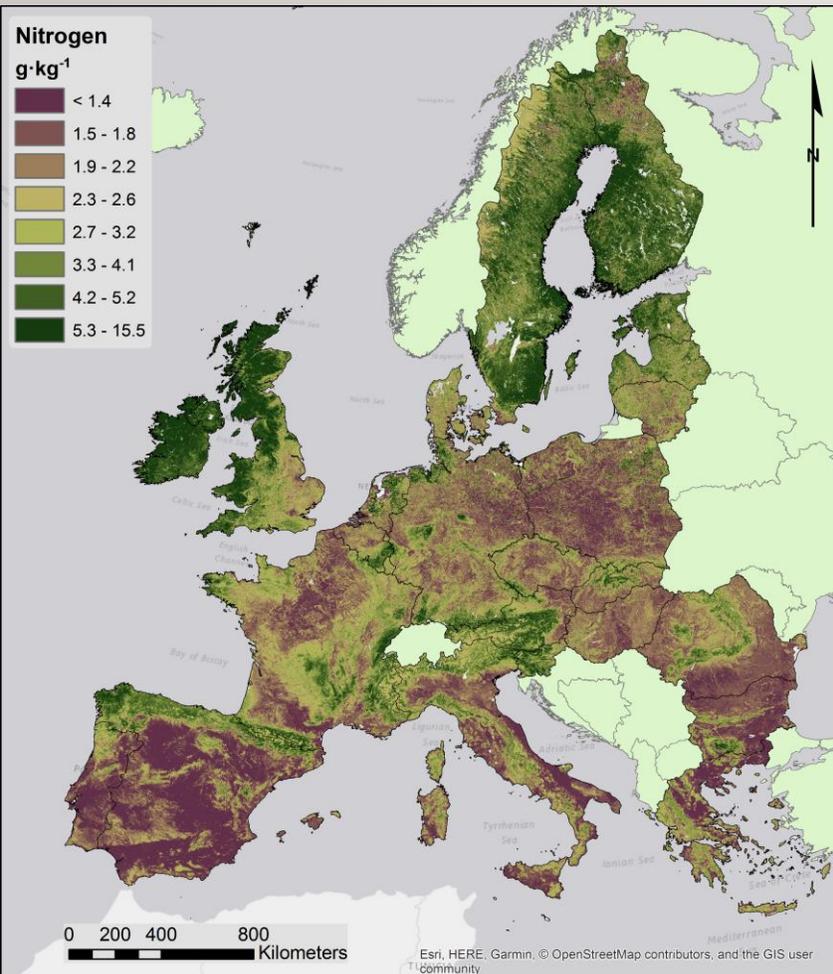
Cary T.M. et al., 2021. Field trial demonstrating phytoremediation of the military explosive RDX by XpIA/XpIB-expressing switchgrass. Nature Biotechnology 39, 1216.

## A4. Impoverimento di nutrienti

L'impoverimento di nutrienti ha differenti origini, sia naturali sia antropici. Tra i suoli più deprivati abbiamo quelli con tessiture sabbiose e quelli delle aree tropicali.

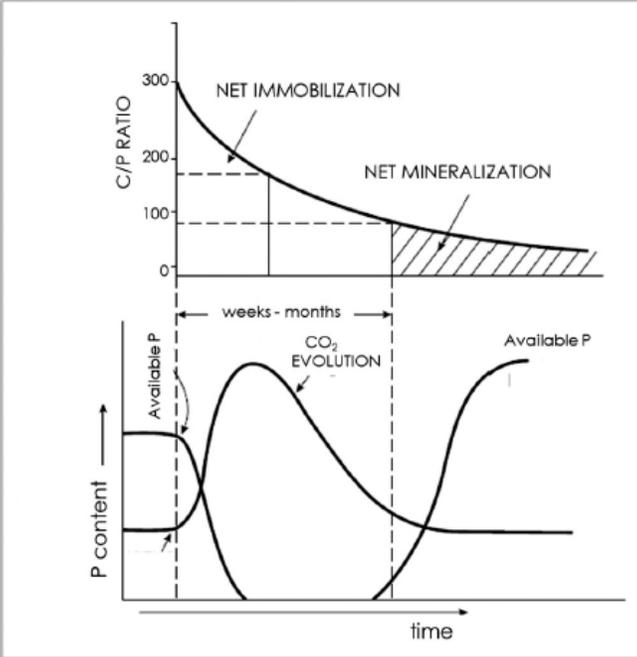
Oltre all'azoto, preoccupano anche i contenuti di fosforo e potassio.

Ballabio et al., 2019. Geoderma 355: 113912.



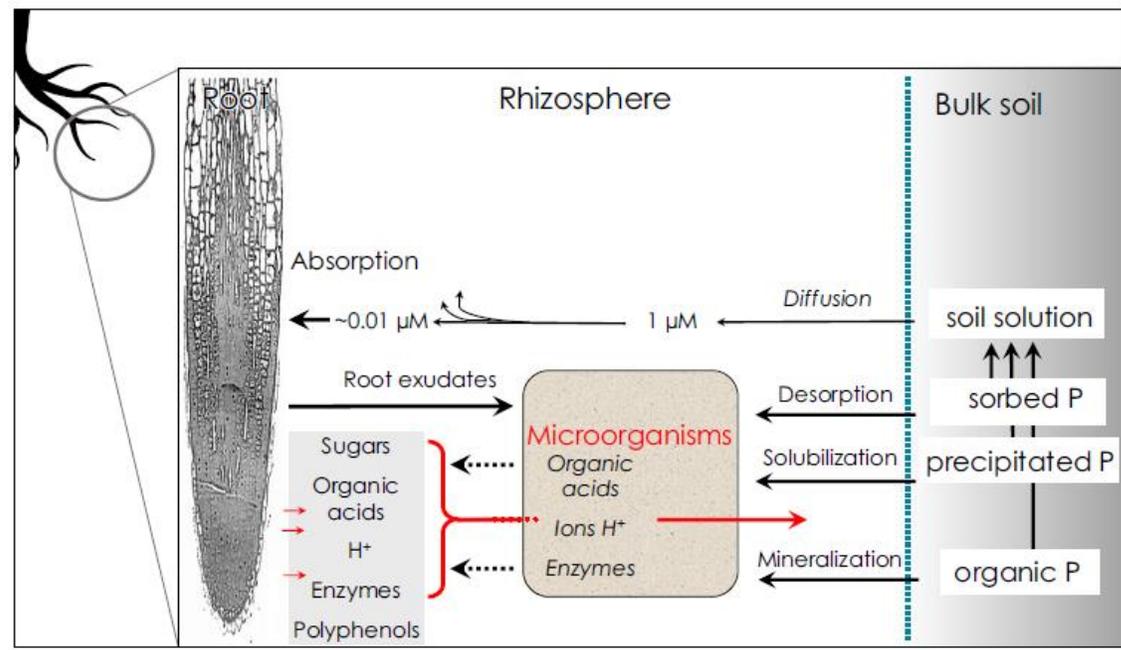
Negli ultimi anni ha guadagnato sempre più interesse il fosforo. Il motivo è ovviamente la sua capacità di produrre forme mineralogiche a bassissima solubilità, ma anche la messa in luce di fenomeni di

- a) mobilizzazione/immobilizzazione in funzione del rapporto C/P
- b) assorbimento tipici dell'interfaccia suolo-pianta, la rizosfera, con intervento di acidi organici, enzimi e microrganismi.



a)

Fig. 8 Microbial immobilization/mineralization as a function of C needs: net P immobilization occurs when plant residues show a C/P > 300 causing a decrease of available P in the soil system; net P mineralization occurs with C/P ≤ 100 resulting in an increase of available P.



b)

Fig. 10 Processes controlling P dynamics at the soil-plant interface: by desorption, solubilization and mineralization, phosphate can be released from bulk soil and diffuse toward the depletion zone. Plants and microorganisms can exude organic acid anions, protons, enzymes and electron donors to favor the release of P from bulk soil.

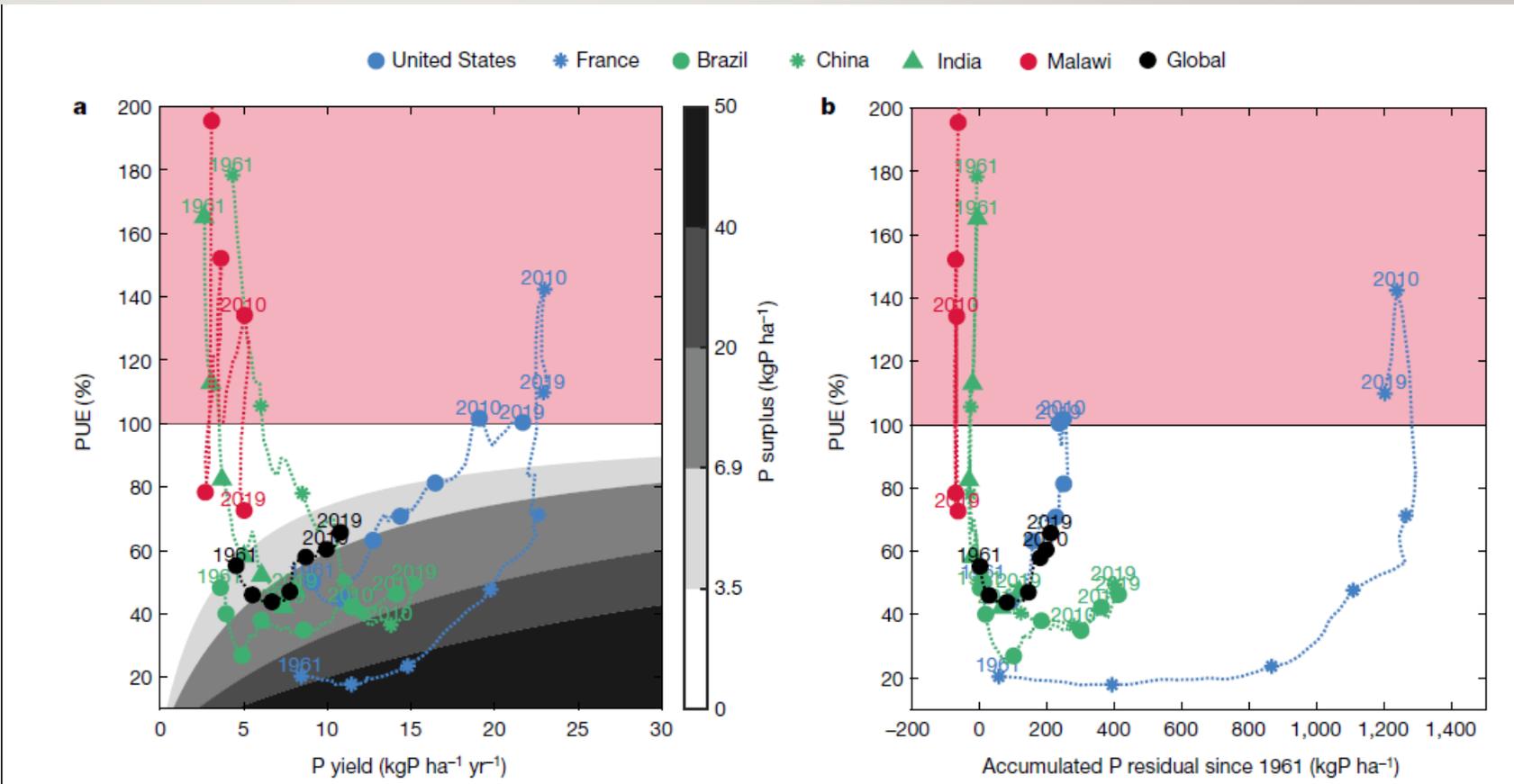
L'efficienza dell'assorbimento di P è massima nei paesi più poveri, dove però la produzione è bassa.

L'efficienza ha un andamento a U nei paesi a media economia: è diminuito quando sono aumentate le produzioni (il che ha comportato accumulo di P nel suolo per alcuni decenni), dopo di che è ri-aumentata con l'aumento delle produzioni

Nei paesi ad più elevato reddito, l'efficienza dell'assorbimento di P era bassa negli anni '60 e '70 quando le produzioni sono aumentate grazie alle laute concimazioni che hanno accumulato P nel suolo; poi, l'efficienza è aumentata con le produzioni grazie alla quantità di P accumulato nel suolo.

Zou et al., 2022. Nature 611, 81.

PUE=P use efficiency  
 Pyield=P presente nel prodotto agricolo



**Fig. 2 | Historical P budget and PUE trends from 1961 to 2019. a**, PUE versus P yield for selected country examples. **b**, PUE versus accumulated P residual by country. The trends of the P budget in other regions and countries can be found in Supplementary Figs. 2 and 13. The greyscale in a indicates the P surplus. The data for high-, middle- and low-income economies are in blue, green and red,

respectively. PUE data larger than 200% are not shown. The pink area indicates soil mining (negative P surplus). We used five-year moving average data here to limit the year-to-year variation influenced by factors such as weather conditions<sup>18</sup>. The seven points on each line represent the moving average as of 1961, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010 and 2019.

## A5. Salinizzazione

La salinizzazione è una delle minacce del suolo che si sta diffondendo anche al di fuori di areali tipicamente caldo aride.



I suoli qui considerati salini sono quelli con

- $CE > 2$  dS/m
- $ESP > 15\%$
- $pH > 8.2$

Sono circa 8,3 milioni di  $\text{km}^2$ , circa il 6% dei suoli di tutto il mondo.

A livello globale, circa il 20% dei suoli coltivati è affetto da eccesso di sali – 600 milioni di persone vivono in zone con suoli affetti da salinità (Wheeler, 2011)

Degli 830 milioni di ettari salinizzati,

- Il 37% si trova in ambienti desertici aridi
- Il 27% si trovano in steppe aride, metà in ambiente freddo e metà in ambiente caldo
- Il 36% è distribuito tra zone costiere marine e di laghi salati

Dal 1950 al 1990 le necessità di acqua per irrigazione sono raddoppiate, con un 300% in più in Africa e un 500% in più in Europa. Di fatto, negli ultimi anni, circa 1,5 milioni di ettari irrigui all'anno vanno incontro a salinizzazione per intrusione del cuneo salino.

Caso studio:

In Bangladesh, dal 1990 al 2015, i suoli salini sono passati dall'1 al 33%. Causa: intrusione del cuneo salino per eccessivo sfruttamento delle falde superficiali (Rahman et al., 2018).

## **Ai. Produzione di e accesso a fertilizzanti calibrati al tipo di suolo**

L'uso di concimi di sintesi, per quanto criticato, rimane ancora oggi il sistema più efficace per ottenere produzioni economicamente sostenibili.

Abbiamo due problemi:

1. Dove vengono prodotti
2. Quanto costano



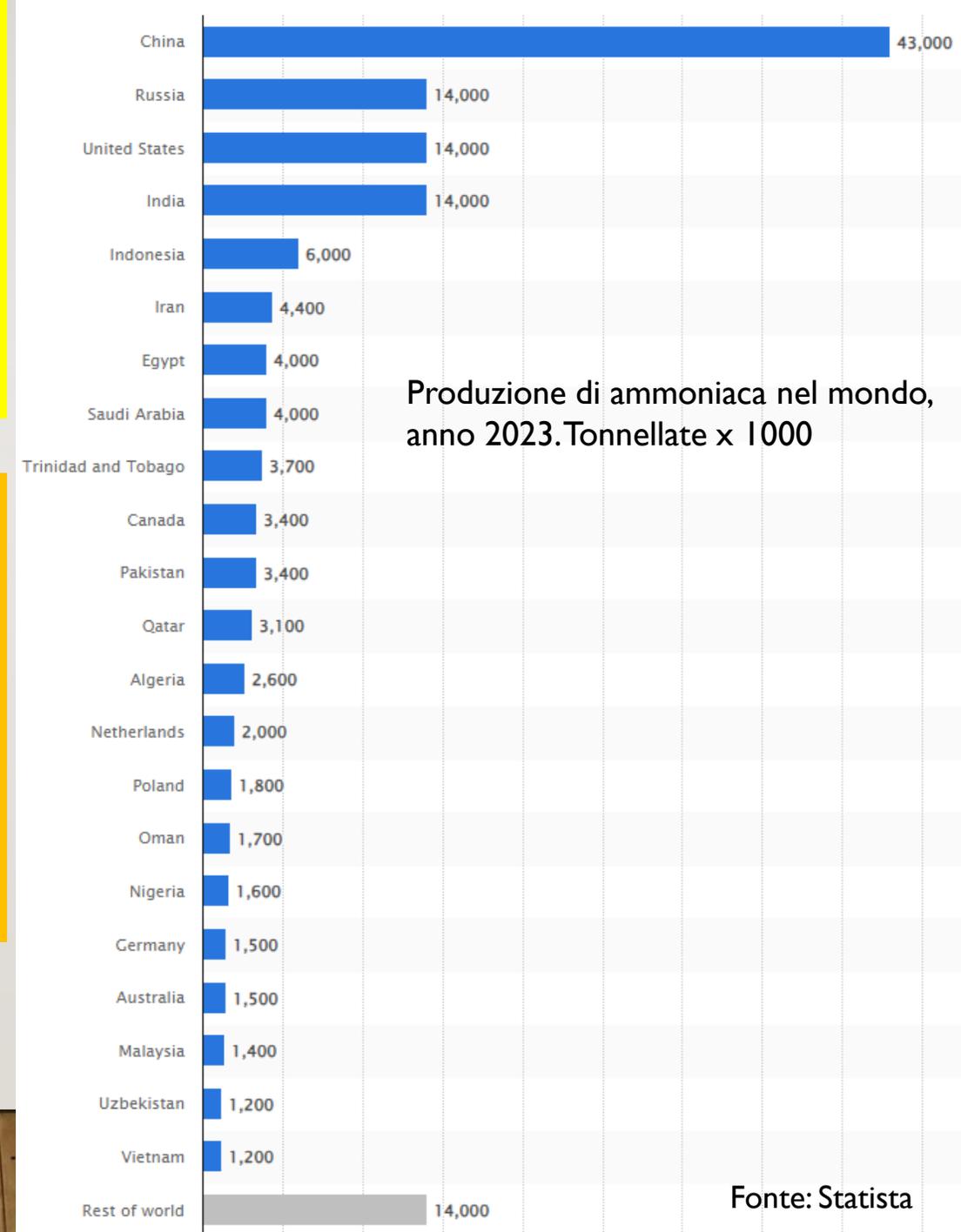
1. La produzione di concimi azotati quali il nitrato di ammonio e l'urea si basa sulla sintesi di ammoniaca, ottenuta a partire da azoto atmosferico. Per motivi differenti, in Italia abbiamo rinunciato a sviluppare una politica industriale. Anche per questo motivo, in Italia, è rimasto solo un impianto di produzione di ammoniaca a Ferrara, con una produzione potenziale di 600.000 T/anno.

**Tradotto: dipendiamo dall'estero per la stragrande maggioranza di concimi azotati di sintesi – urge trovare rimedi!**

2. In Africa non esiste nessuna produzione di ammoniaca. Soprattutto nell'Africa Sub-sahariana, tutti i concimi devono essere importati e il costo è praticamente identico a quello dei Paesi europei.

Il costo dei concimi è quindi esorbitante per le popolazioni rurali. Le uniche che possono permettersi l'acquisto sono le aziende a capitale straniero che producono cibo che i lavoratori non possono permettersi.

**Tradotto: a queste condizioni, non sarà possibile aumentare sensibilmente la produzione di cibo nei Paesi dell'Africa sub-sahariana, mentre la demografia è in continua crescita.**



## Aii. Irrigazione con acque riciclate trattate

In molti Paesi, l'uso di acqua riciclata trattata è ormai una consuetudine. In Italia, invece, stenta ancora a farsi largo.

Acque reflue di origine urbana o industriale possono essere trattate tramite un gran numero di processi messi a punto in funzione dell'uso che se ne vuol fare:

- Riutilizzo urbano (lavaggio strade; irrigazione parchi, giardini, aiuole)
- Riutilizzo agricolo (irrigazione delle colture)
- Riutilizzo ambientale (ricarica di falde; soccorso estivo per torrenti)
- Riutilizzo industriale (intramural e extramural)
- Riutilizzo per acqua potabile (da distillazione o da osmosi inversa)

Il problema dell'approvvigionamento idrico in alcuni paesi è così grave che si produce acqua potabile per desalinizzazione di acqua marina. **Nel 2018 erano in uso 18.426 impianti di desalinizzazione in 150 paesi del mondo, con una produzione di acqua pulita di quasi 32 miliardi di m<sup>3</sup> all'anno, sufficiente per i fabbisogni di 300 milioni di persone** (Alexandre et al., 2022). **Già oggi, metà della popolazione mondiale, 4 miliardi di persone, vivono in aree sottoposte a stress idrico – Tradotto: la desalinizzazione di acqua marina non potrà essere LA soluzione!**

Problemi:

- 1) Sono necessari 3 kWh/m<sup>3</sup>  circa 100 TWh, equivalenti a una decina di reattori nucleari di ultima generazione.
- 2) Per ogni m<sup>3</sup> di acqua desalinizzata si producono circa 35 kg di sale secco. Doppia quantità se il residuo è una salamoia. La quantità di sale prodotta annualmente dagli impianti di desalinizzazione pone enormi problemi per il suo smaltimento.

**Che si parli di Paesi sottoposti a crisi idrica o di Paesi con minori problemi di approvvigionamento idrico (e, quindi, rispettivamente, di acqua di uso civile prodotta da desalinizzazione o da potabilizzazione di acqua dolce), è diventato indispensabile trattare le acque reflue per qualunque uso non civile se ne vuol fare.**

## Due casi a confronto

### Italia

Popolazione: circa 60 milioni

Piovosità media: 830 mm/anno

Consumo pro-capite/giorno: 220 litri

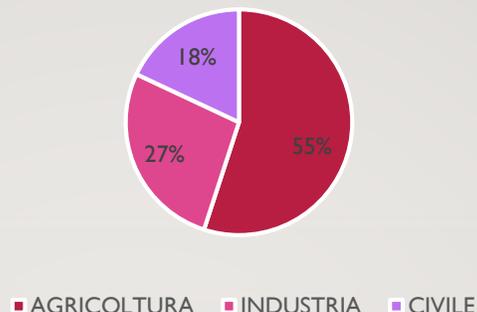
Consumo annuale di acqua: 26 miliardi di m<sup>3</sup>

Prelievo: 33 miliardi di m<sup>3</sup>

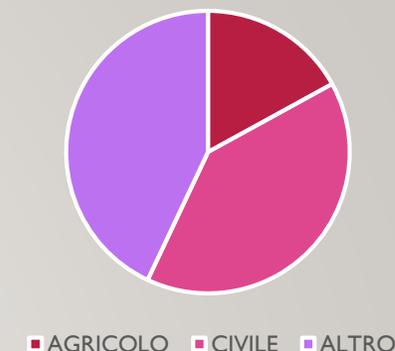
Perdite: 7 miliardi di m<sup>3</sup> (22%)

Acqua riciclata: 8%

Uso dell'acqua in Italia



acqua persa



Fonte: Legambiente, Utilitalia, ISTAT, UAE trade Administration

### Emirati Arabi Uniti

Popolazione: circa 12 milioni

Piovosità media: 90 mm/anno

Consumo pro-capite/giorno: circa 500 litri

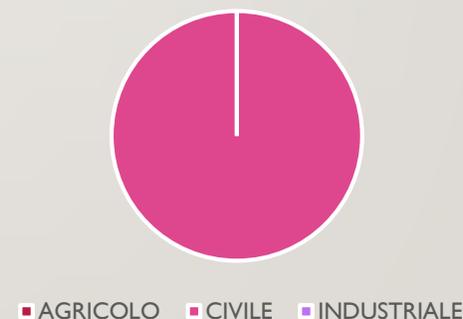
Consumo annuale di acqua: 2,2 miliardi di m<sup>3</sup>

Produzione: 2.6 miliardi di m<sup>3</sup> (interamente da desalinizzazione)

Perdite: 400 milioni di m<sup>3</sup> (15%)

Acqua riciclata: 27% (interamente usata per irrigazione)

Uso dell'acqua negli Emirati Arabi Uniti



**Negli Emirati Arabi Uniti non esiste una sorgente di acqua dolce, né un fiume o un torrente o un lago permanenti**

Gli Emirati Arabi Uniti hanno iniziato a coltivare il deserto nelle aree prossime alle città per produrre cibo con l'intento di raddoppiare la produzione interna, oggi al 15%. Il tutto con acque reflue trattate, recuperando così anche elementi nutritivi provenienti dalle deiezioni umane.

## B. DISPONIBILITÀ DI ACQUA DI BUONA QUALITÀ

Anche questo punto è tra i 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile, perché senza accesso a acqua pulita non c'è qualità della vita, non c'è pace.

Sappiamo quanta acqua c'è sulla Terra:

<b>Pianeta Terra</b>	<b>1360 km<sup>3</sup> • 10<sup>6</sup></b>	
Oceani e mari	1320 km <sup>3</sup> • 10 <sup>6</sup>	
Ghiaccio (poli e ghiacciai)	26 km <sup>3</sup> • 10 <sup>6</sup>	
Sottosuolo (nelle rocce)	8,5 km <sup>3</sup> • 10 <sup>6</sup>	
Laghi e fiumi	0,25 km <sup>3</sup> • 10 <sup>6</sup>	
atmosfera	0,013 km <sup>3</sup> • 10 <sup>6</sup>	
Suolo	5,2 km <sup>3</sup> • 10 <sup>6</sup>	Acqua disponibile per l'umanità

La presenza di acqua nel suolo dipende dal coefficiente di infiltrazione, che a sua volta dipende dalla tessitura e struttura del suolo.

La ricarica del suolo e delle falde superficiali, oltre che dalle proprietà del suolo, dipende anche dalla superficie che offriamo all'acqua per potersi infiltrare. Vi è un generale accordo che una distribuzione

1/3 suoli forestali - 1/3 suoli agrari - 1/3 aree naturali

possa assolvere al compito, purché le superfici impermeabilizzate non siano eccessive. Questo per avere acqua! Dopo di che, per averla anche pulita è necessario mantenere il suolo in salute, concetto questo ancora in divenire ma che può essere declinato con la sua capacità di mantenere biodiversità e produzione senza deteriorarsi.

**In breve: dobbiamo preservare i suoli forestali e agrari, azzerare l'inquinamento, ripristinare, recuperare.**

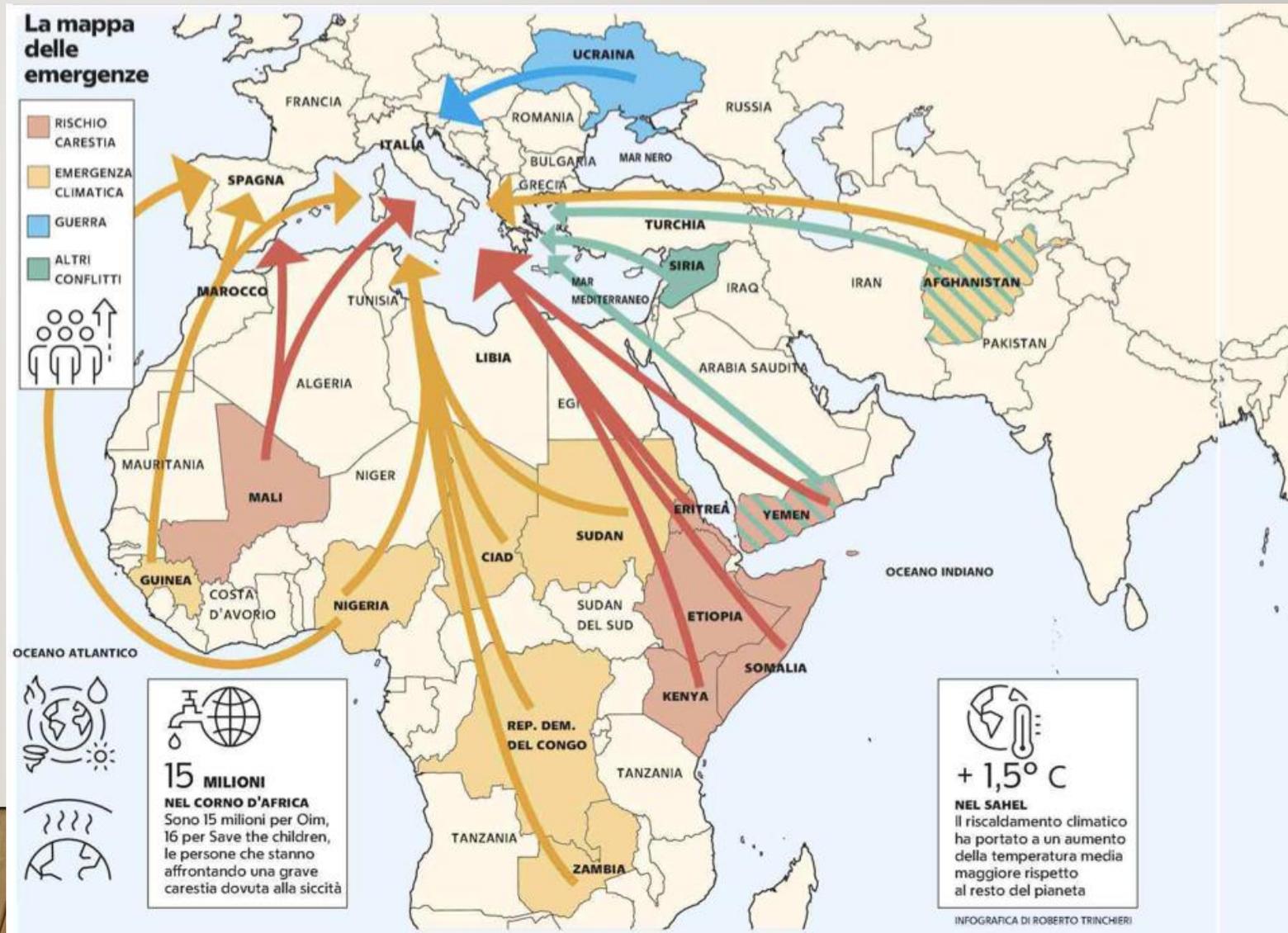


## C. SOCIOLOGIA PEDOCLIMATICA

Negli ultimi tempi, la presenza e l'accumulo di sostanza organica nel suolo hanno assunto particolare importanza per gli equilibri gassosi tra suolo e atmosfera che vedono coinvolti i cicli del C e dell'N. E per l'influenza che questi hanno nella regolazione del clima a livello globale.

Una cattiva gestione del suolo, però, non ha solo ripercussioni sul ciclo del C e dell'N, ma anche sulle produzioni, soprattutto se il suolo non è adeguatamente gestito con sistemi agricoli armonizzati al pedoclima esistente.

Se mettiamo insieme la variazione dei regimi termici e pluviometrici, il degrado del suolo dovuto a più cause, e la conseguente sofferenza per fame, carenza idrica e povertà, si possono spiegare molte delle rotte migratorie in arrivo verso i paesi con situazione politica ed economica più stabile.



## D. MANTENIMENTO DELLA BIODIVERSITÀ

Il mantenimento della biodiversità dei suoli non è solo un elemento con il quale valutare la salute del suolo, ma è anche un possibile serbatoio di molecole utili all'umanità.

Lo studio delle relazioni tra suolo e salute umana ha fatto progressi enormi negli ultimi 15-20 anni (carenze o eccessi di elementi fisiologicamente attivi, per esempio), ma molte cose erano già state messe in luce.

Molecole inizialmente prodotte a partire da specie microbiche del suolo:

**Streptomicina** - Albert Schatz da suoli paludosi della Florida (1943)

**Ciclosporina** - Hans Peter Frey in suoli della Norvegia trovò il fungo *Tolypocladium inflatum* (1969)

**Rapamicina** - Georges Nogrady nei suoli dell'Isola di Pasqua (Rapa Nui) trovò il batterio *Streptomyces hygroscopicus* (1972)

**Solo questo dovrebbe bastare per convincere che la biodiversità del suolo è un bene planetario da preservare**



# Emergenti

## E. Land grabbing

Le terre «accaparrate» in tutto il mondo sono 91,7 milioni di ettari. Un fenomeno che la guerra può amplificare a causa della competizione tra blocchi geopolitici a discapito delle comunità native.

### Il fenomeno del land grabbing nel mondo

Fonte: Land Matrix, (milioni di ettari)



\*Il Brasile è verde con righe marroni perché è contemporaneamente paese investitore e target

#### PAESI INVESTITORI - i dieci paesi maggiori investitori nel land grabbing

10,8	Canada	5,5	Brasile	2,5	India
8,8	Stati Uniti d'America	5,2	Cina		
8,8	Svizzera	4,4	Spagna		
7,9	Giappone	4,2	Malesia		
6,1	Regno Unito	3,0	Singapore		

#### PAESI TARGET - i dieci paesi che hanno ceduto più terre al land grabbing

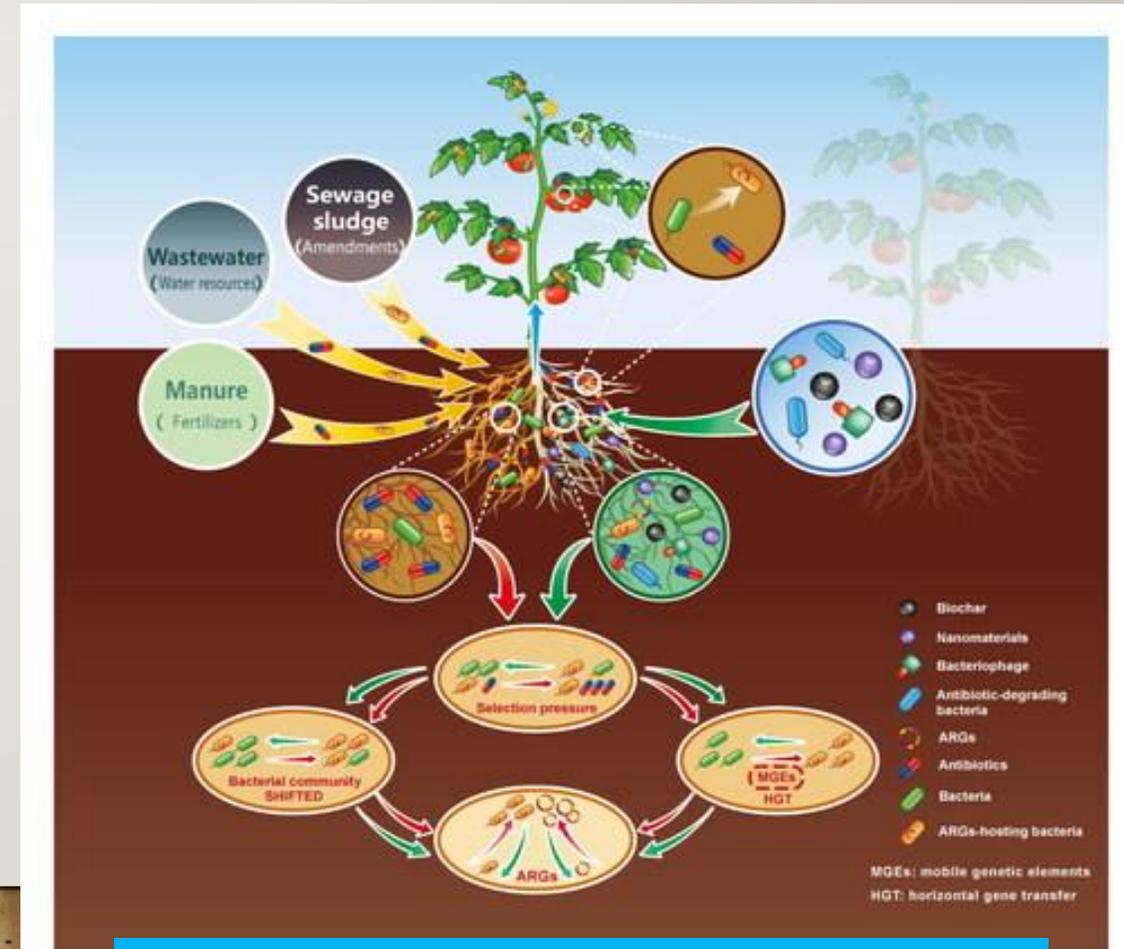
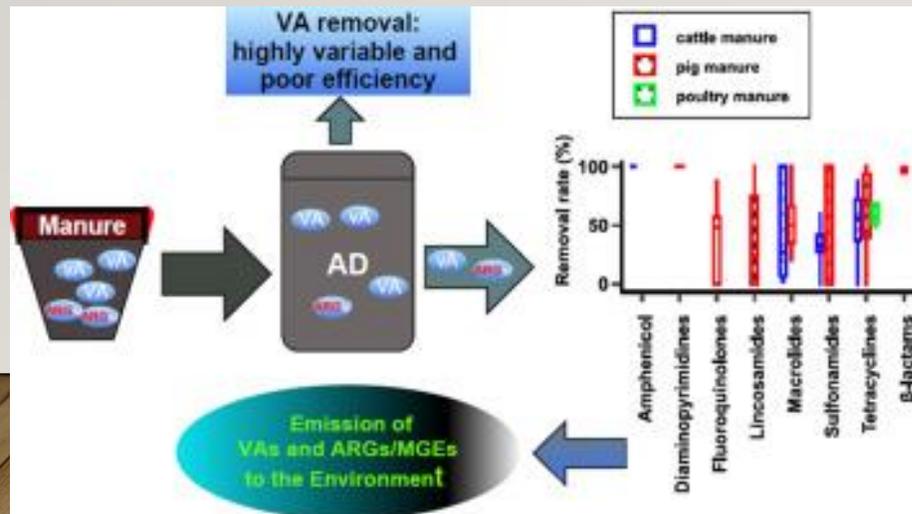
16,2	Perù	2,8	Argentina
5,2	Brasile	1,9	Sud Sudan
3,6	Indonesia	1,9	Mozambico
3,3	Papua Nuova Guinea	1,5	Liberia
3,3	Ucraina	1,3	Madagascar

Rapporto "I padroni della Terra. Rapporto sull'accaparramento della terra 2022: conseguenze sui diritti umani, ambiente e migrazioni". [Focsiv - Federazione degli Organismi Cristiani Servizio Internazionale Volontariato](#)

## F. Geni resistenti agli antibiotici

La resistenza agli antibiotici nei suoli agrari rappresenta una minaccia silenziosa e una battaglia da affrontare per la salubrità ambientale e dell'uomo. Molti studi sono ancora necessari per comprendere i meccanismi e minimizzare il rischio e gli effetti della resistenza agli antibiotici (Wang et al., 2020).

E' stato dimostrato che il processo di digestione anaerobica non garantisce la completa rimozione degli antibiotici e dei geni di resistenza agli antibiotici da letame e liquame. L'impiego di letame contenente antibiotici veterinari, anche se digestato, minaccia pertanto l'ecologia microbica del suolo. Sono necessari trattamenti preventivi per migliorare l'efficienza dei trattamenti anaerobici prima della distribuzione in campo (Biyensa Gurmessa et al., 2020).



Antibiotic resistance in agricultural soils: Source, fate, mechanism and attenuation strategy (Wang et al., 2020).

# Emergenti

## G. Uso di suolo a scopo energetico:

Chi ha ragione?

Luca Marchisio, Responsabile strategia di sistema di Terna: «La presenza dei pannelli sul terreno agricolo consente di ridurre lo stress termico delle colture dovuto al forte irraggiamento solare nelle ore più calde, cosa che permette di creare un migliore microclima, riducendo l'evaporazione dell'acqua innescando un ciclo virtuoso: i pannelli proteggono le coltivazioni dall'eccesso di calore e, la presenza delle piante agisce raffreddando la superficie dei pannelli degli impianti fotovoltaici producendo maggiore energia.»

Moscatelli et al. (2022): dopo sette anni dall'installazione dei pannelli sono state riscontrate proprietà fisiche, chimiche e biologiche differenziate a strisce e una fertilità distribuita a macchie.



### Impatto dell'AGRIVOLTAICO sul territorio ITALIANO

**1 MILIONE** di impianti fotovoltaici in Italia al 2021 (nei settori agricolo, residenziale, industriale, terziario)

**QUANTA SUPERFICIE È OCCUPATA DAL FOTOVOLTAICO RISPETTO A EDIFICI STRADALI E PARCHEGGI?**

- In Italia il "consumo del suolo" a copertura edilizia raggiunge circa 25.500 km<sup>2</sup>
- con la crisi il 7,1% della superficie nazionale

**DELLA SUPERFICIE CONSUMATA:**

Categoria	Percentuale
Edifici	2,2%
Strade	7%
Paraggi e piazzali	1%

**Con 1 GW di nuova capacità solare sarebbe possibile alimentare ogni anno più di 550.000 famiglie in modo totalmente sostenibile**

**Reversibilità & impermeabilità:**

- **non è impermeabilizzante:** le aree coperte da superfici fotovoltaiche possono essere edificate, utilizzate, e in fine vita gli impianti possono essere rimossi
- **è reversibile:** a fine vita gli impianti possono essere rimossi



### CHE COS'È L'AGRIVOLTAICO?

AGRIVOLTAICO È LA CONVIVENZA TRA UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO E L'ATTIVITÀ AGRICOLA O ZOOTECNICA.

#### VANTAGGI PER IL MONDO AGRICOLA

- **Ombrageamento creato dai pannelli** che permette un'importante risparmio idrico
- **Senza un'alta tecnologia**, che migliorano l'attività agricola e aumentano la redditività dell'azienda
- **Qualifica per gli agricoltori** per la messa a disposizione del terreno
- **Creazione di lavoro** nel settore agricolo (agronomi, enti di ricerca, agricoltori, etc.)
- **Balaustramento della biodiversità** e degli ecosistemi anche grazie agli nuovi impianti

#### USO EFFICIENTE DEL SUOLO

Con l'agrivoltaico le stesse superfici possono essere destinate contemporaneamente all'agricoltura e alla produzione di energia. In molti casi, esse contribuiscono a nuove pratiche agricole e favoriscono i terreni del tutto inutilizzati e marginali.

#### IN CONCLUSIONE

I dati storici e le stime disponibili dimostrano che gli obiettivi di crescita della generazione solare nel nostro Paese non pongono un problema reale di consumo del suolo. L'uso del fotovoltaico a ridosso del tutto rurale.

**enel Green Power**

Moscatelli et al.(2022) Soil properties changes after seven years of ground mounted photovoltaic panels in Central Italy coastal area. Geoderma Regional.

## Conclusioni

Tra sfide cogenti e sfide emergenti, il suolo corre gravi rischi di non riuscire a fornire tutti i servizi ecosistemici che da sempre erano a disposizione dell'umanità.

Con una popolazione che arriverà a oltre 10 miliardi tra 25-30 anni, la produzione di cibo e la possibilità di fornire acqua di qualità almeno nelle regioni del pianeta a maggiore piovosità sono tra le sfide più importanti da affrontare.

Buon lavoro a tutti e grazie per l'attenzione

