

# Limiti di cadmio nei fertilizzanti a base di fosforo

Qual è l'impatto del cadmio sui servizi ecosistemici, sull'agroalimentare e sulla salute in Europa, e come si può rimediare?



OPERA Research offre soluzioni semplici e pragmatiche per sostenere i processi decisionali europei e nazionali. Dal 2010, il centro di ricerca e think tank dell'Università Cattolica del Sacro Cuore lavora con agricoltori, associazioni, ONG e governi per integrare la sostenibilità nel settore agroalimentare. La nostra visione è quella di fornire informazioni e analisi di alta qualità sugli ultimi sviluppi della politica agroalimentare dell'UE e promuovere un dialogo equilibrato tra le parti interessate. Utilizzando ricerche esistenti e nuove, sviluppiamo, in collaborazione con i partner, approcci chiari e pragmatici e soluzioni positive per l'agricoltura europea.

OPERA Research desidera ringraziare tutti i membri del Soil Health and Fertility Working Group per il loro sostanziale contributo, l'atteggiamento costruttivo, i preziosi suggerimenti nello sviluppo del white paper, e tutti gli esperti che hanno contribuito con le loro intuizioni alla revisione del documento.

La produzione di questo documento è stata resa possibile grazie al supporto di Safer Phosphates™. OPERA Research, novembre 2021.

# Prefazione

Spesso invisibile all'occhio umano, la contaminazione colpisce molti aspetti della nostra vita. La contaminazione del suolo è una minaccia significativa per la salute e la fertilità del suolo. Colpisce la qualità del cibo, dell'acqua, dell'aria e rappresenta una minaccia per l'ambiente e la salute umana.

Per garantire la sicurezza alimentare e la nutrizione nel mondo, dobbiamo coltivare e proteggere i nostri suoli.

Il suolo fornisce servizi ecosistemici essenziali a una popolazione in rapida crescita e merita di essere protetto dal degrado, dalla riduzione del rendimento e dalla contaminazione, come nel caso dei residui di cadmio (Cd) nei fertilizzanti fosfatici, che ne mettono in pericolo la salute.

L'uso giudizioso di fertilizzanti fosfatici aumenta la produttività agricola, riduce la necessità di coltivare ulteriore terra, aiuta a prevenire il degrado del suolo e il calo della resa agricola.

I pareri EFSA<sup>1</sup> e ANSES<sup>2</sup> mostrano chiaramente che i fertilizzanti fosfatici ad alto contenuto di Cd portano all'accumulo nel suolo e al trasferimento nella catena alimentare di questo contaminante ubiquitario e altamente tossico che può causare gravi danni all'ambiente e alla salute umana.

Nonostante una vivace discussione scientifica e un dibattito politico, in Europa mancano da circa tre decenni misure decisive per ridurre al minimo il Cd nei fertilizzanti, il suo accumulo nel suolo e il suo trasferimento alle colture. OPERA si unisce alle molte voci che chiedono un'azione urgente per raccomandare la vendita di fertilizzanti esclusivamente a basso contenuto di Cd, rendere le Ecolabels e i Green Stickers informativi e precisi, e investire in programmi di formazione ed estensione per gli agricoltori.



**Prof. Ettore Capri**  
Director, OPERA Research

# INDICE

Riassunto	7
La questione in gioco	10
Cos'è il cadmio	11
Perché i fertilizzanti contengono cadmio	12
Come il suolo trattiene il cadmio	14
Accumulo di cadmio nel suolo	15
Come le colture assorbono il cadmio	16
Monitoraggio dello stato del suolo	18
L'impatto del cadmio sulla salute umana	19
Come la politica dei fertilizzanti dell'UE riflette il problema	20
Come altri regolamenti UE riflettono il problema	21
Limiti nazionali di cadmio nell'UE e negli altri Stati membri	22
Come il processo di revisione della PAC riflette il problema	23
Raccomandazioni	24
Conclusioni	25
Note	27

# Riassunto

**Il cadmio (Cd) è un metallo pesante che si accumula nel suolo e negli organismi viventi e causa danni gravi e permanenti.**

La sua presenza nel suolo dipende in gran parte dall'uso di **fertilizzanti fosfatici**<sup>3</sup>. I fertilizzanti fosfatici sono prodotti da rocce di fosforite e apatite che contengono diversi altri minerali, incluso il Cd, oltre al biossido di fosfato.

La quantità di Cd incorporata nei fertilizzanti fosfatici dipende dal tipo di fosforite e dalle rocce di apatite (con basso o alto contenuto di Cd). Quando il Cd entra in contatto con il suolo, la materia organica lo trattiene e lo rende facilmente disponibile per le piante<sup>4</sup>.

**I suoli europei presentano caratteristiche ideali per l'accumulo di Cd** a causa delle temperature miti e della prolungata siccità estiva. Inoltre, l'alta mobilità del Cd nelle acque superficiali e sotterranee può far sì che la contaminazione puntuale si trasformi rapidamente in contaminazione diffusa.

Una volta che le colture assorbono il Cd, questo entra nella catena alimentare.

**Il cibo è la fonte principale di esposizione al Cd** (per la popolazione non fumatrice)<sup>5/6</sup>, con cereali, noci e legumi, radici amidacee, patate e carne che sono i maggiori contribuenti. L'accumulo progressivo di Cd negli esseri umani compromette la funzione renale, colpisce il fegato e causa la demineralizzazione delle ossa.

La classificazione del Cd come cancerogeno per l'uomo risale agli anni '90. L'Unione europea ha adottato il regolamento (UE) 2019/1009, limitando il contenuto di Cd nei fertilizzanti fosfatici a 60 mg/kg.



**Il divieto di commercializzazione dei fertilizzanti fosfatici con un contenuto superiore a 60 mg/kg entrerà in vigore il 16 luglio 2022.** Questa soglia sembra inadeguata rispetto ai valori di soglia per il Cd in vigore in alcuni paesi dell'UE: 12 stati membri hanno una soglia di Cd tra 20 e 50 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 8 hanno la stessa soglia proposta nel regolamento, e 2 hanno una soglia più alta.

I fertilizzanti a basso contenuto di Cd, con soglie non superiori a 20 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, limiterebbero efficacemente il bioaccumulo<sup>7</sup>. Nel frattempo, l'imminente nuovo accordo della PAC fa esplicito riferimento alla protezione della salute e della fertilità del suolo e alla limitazione dei contaminanti nei fertilizzanti<sup>8</sup>.

Inoltre, il rapporto del Parlamento europeo "Farm to Fork Strategy" dell'ottobre 2021 ha sottolineato che i metalli pesanti dovrebbero essere parte della valutazione dell'uso sostenibile dei fertilizzanti.

È ora di introdurre una combinazione di disposizioni vincolanti e volontarie per il Cd, compreso un regolamento con soglie severe e un'etichettatura accurata, sussidi per gli agricoltori e sistemi di incentivi per gli attori della catena del valore che promuovono schemi volontari.

# Limiti di cadmio nei fertilizzanti al fosforo

La contaminazione del suolo è una minaccia significativa per la salute e la fertilità del suolo. Colpisce la qualità del cibo, dell'acqua, dell'aria e rappresenta una minaccia per l'ambiente e la salute umana.

## Che cos'è cadmio?



**Cd**  
Cadmium

Il cadmio (Cd) è un metallo pesante che si accumula nel suolo e negli organismi viventi e causa loro danni gravi e permanenti. La presenza di cadmio nel suolo dipende in gran parte dall'uso di fertilizzanti fosfatici. Una volta che le colture assorbono il cadmio attraverso i fertilizzanti, esso entra nella catena alimentare.



In Europa ed Eurasia, l'inquinamento del suolo è la terza minaccia ambientale più rilevante. Il rame (usato come prodotto fitosanitario) e il cadmio (associato ai fertilizzanti fosfatici) sono i contaminanti più comuni e diffusi nei suoli agricoli europei.

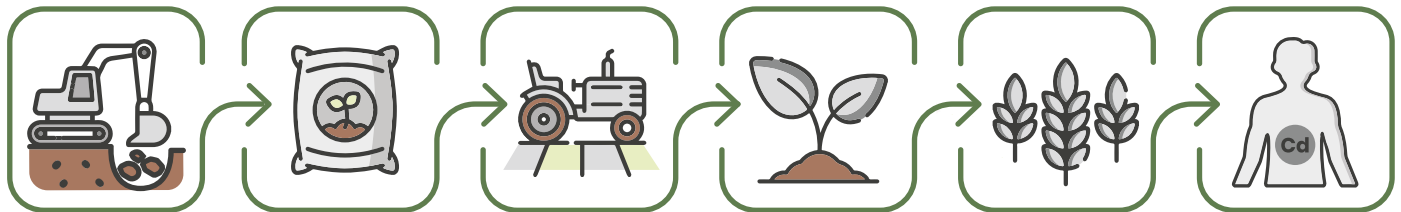


Il cibo è la fonte principale di esposizione al cadmio, con **cereali, noci e legumi, radici amidacee, patate e carne** che sono i maggiori contribuenti.



L'accumulo progressivo di Cd negli esseri umani **compromette la funzione renale, colpisce il fegato e causa la demineralizzazione delle ossa.**

## Ciclo di vita del cadmio nei fertilizzanti al fosforo



Estrazione del minerale di fosforo e gestione delle risorse e delle comunità locali

Produzione di fertilizzanti al fosforo

Uso di fertilizzanti al fosforo

Biocumulazione e mobilità e biodisponibilità del cadmio nel suolo

Absorbimento del cadmio da parte delle colture e bioaccumulazione

Biocumulazione di cadmio nel corpo umano

## Cosa si sta facendo?

L'Unione europea vieterà la commercializzazione di fertilizzanti fosfatici con un contenuto **di più di 60 mg di cadmio per kg nel luglio 2022.**

I fertilizzanti a basso contenuto di cadmio (non più di 20 mg/kg) sarebbero più efficaci nel limitare il processo di contaminazione degli alimenti.



## Questo non è sufficiente. Cosa bisogna fare?

1

**Introdurre la "soglia di tolleranza" europea armonizzata** per il cadmio al livello più basso possibile (20mg/kg).

2

**Introdurre un'etichettatura chiara** per i fertilizzanti al fosforo.

3

**Stimolare gli agricoltori a usare fertilizzanti a basso contenuto di cadmio** attraverso i sussidi della PAC, l'educazione e altri incentivi.

4

**Creare un ambiente che permetta ai settori adiacenti** di contribuire ai miglioramenti continui attraverso misure volontarie.

5

**Espandere e armonizzare il suolo e l'acqua** sistemi di monitoraggio in Europa.

# La questione in gioco

Diversi studi indicano l'impatto dei fertilizzanti minerali<sup>9</sup> come una fonte significativa di contaminazione da cadmio (Cd) nei terreni agricoli e, di conseguenza, nelle diete degli europei.

**Il Cd è un contaminante tossico che può avere effetti gravi e spesso irreversibili sulla salute umana<sup>10</sup> e sugli ecosistemi naturali<sup>11/12/13</sup>.**

L'applicazione di fertilizzanti minerali a base di fosforo (P) è principalmente responsabile dell'accumulo di Cd nei terreni agricoli e nei bacini idrografici<sup>14</sup>.

**45%**

Contaminazione da Cd dei terreni coltivati con fertilizzanti P



L'accumulo nel suolo aumenta i livelli di Cd nelle piante e il potenziale per gli esseri umani di ingerire quantità che superano la soglia a cui non si verificano effetti avversi sulla salute<sup>15/16/17/18/19/29/21/22</sup>.

Inoltre, il Cd può entrare nei bacini d'acqua dolce e nell'alimentazione animale<sup>23/24/25/26</sup>.

**In Europa, i fertilizzanti minerali P contribuiscono al 45% della contaminazione totale da Cd dei terreni coltivati. Allo stesso tempo, il 55% dell'assunzione totale di Cd nella dieta del consumatore medio europeo è legato all'accumulo di Cd nel suolo<sup>27/28/29/30</sup>.**

Le conseguenze a lungo termine della contaminazione da Cd sull'ecosistema del suolo non sono del tutto prevedibili<sup>31/32/33</sup>.

Inoltre, alcuni studi mostrano che anche la contaminazione diffusa a basse concentrazioni, in presenza di un efficiente trasferimento di Cd dal suolo alle piante, può portare ad accumuli di Cd nelle parti commestibili delle piante che superano i valori raccomandati per il consumo umano.

E questo anche quando le piante non mostrano sintomi di tossicità<sup>34</sup>. Queste incertezze da sole suggerirebbero che l'introduzione di limiti più severi che possano ridurre gli effetti complessivi dell'accumulo di Cd, dell'inquinamento dei suoli agricoli e degli ecosistemi naturali europei è una soluzione adeguata al problema<sup>35/36</sup>.

In questo contesto, il regolamento (UE) 2019/1009 è un passo essenziale perché aiuta a fissare soglie più severe per il Cd nei fertilizzanti e limita il bioaccumulo nei terreni agricoli.

Tuttavia, considerando le ultime prove scientifiche e i dati di monitoraggio, non possiamo fare a meno di considerare la misura insufficiente per affrontare pienamente il rischio Cd.



# Cos'è il cadmio

Il cadmio (Cd) è un metallo bianco-argenteo, morbido e duttile. È relativamente raro in natura e appartiene con altri 20 minerali al cosiddetto gruppo dei “metalli pesanti”, nome che deriva dall'alto peso molecolare tipico di questi elementi<sup>2</sup>. Può essere rilasciato nell'ambiente attraverso attività naturali (come l'erosione, il trasporto fluviale e l'attività vulcanica) e, soprattutto, attraverso l'uso di fertilizzanti fosfatici, in grado di generare un inquinamento diffuso e puntuale<sup>37</sup>.

**Il Cd è il terzo inquinante più pericoloso per l'ambiente**, dopo il mercurio (Hg) e il piombo (Pb). È bio-persistente, e una volta assorbito da un organismo, può rimanervi per molti anni. L'Agenzia americana per la protezione dell'ambiente (US EPA, 2021) e l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC 2021) classificano il Cd come cancerogeno umano a causa della sua capacità di accumularsi nel corpo e causare danni gravi e permanenti.

# Perché i fertilizzanti contengono cadmio

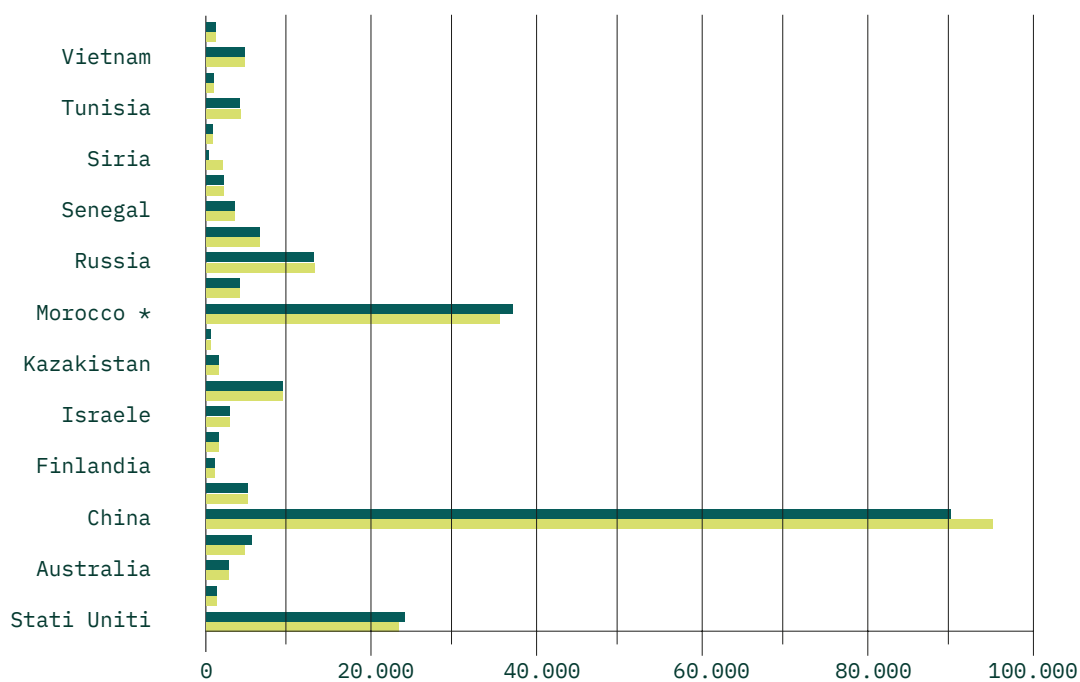
Il cadmio (Cd) nei fertilizzanti fosfatici dipende dalle rocce fosfatiche (apatite e fosforite), tipicamente contenenti biossido di fosforo ( $P_2O_5$ ), calce, argilla, gesso, dolomite, silice e vari altri minerali, tra cui metalli pesanti e metalloidi come Cd, Pb e arsenico (As). Durante il processo di fabbricazione dei fertilizzanti al fosforo, queste impurità sono incorporate, insieme ai fosfati, nel prodotto finale.

Diversi tipi di rocce fosfatiche<sup>38</sup> hanno diversi livelli di Cd. Il Cd

## ESTRAZIONE DI ROCCE FOSFATICHE SECONDO UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY 2020

● 2020

● 2019



\* e Sahara occidentale

Migliaia di tonnellate

è presente in quantità significative nei fertilizzanti prodotti con minerali che sono già naturalmente alti in Cd. La produzione di fertilizzanti fosfatici da rocce con un basso contenuto di Cd porterebbe sempre a prodotti con un basso contenuto di Cd<sup>39</sup>.

**Il cadmio è presente in tutte le rocce di fosfato.**

Tuttavia, le concentrazioni variano secondo l'origine delle rocce. Le rocce ignee o apatite hanno concentrazioni di cadmio molto basse (anche meno di 1 mg per kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Mentre le rocce sedimentarie contengono cadmio in concentrazioni che vanno da meno di 20 a più di 200 mg per kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sup>40</sup>.

**CONTENUTI DI CADMIO DELLE ROCCE DI FOSFATO COMMERCIALI PRIMARIE SECONDO DIVERSE FONTI<sup>40</sup>.**

Origine	Contenuto di cadmio (mg per kg P2O5)		
IGNEO	(1)	(2)	(3)
Kola (Russia)	< 13	0.3	0.25
Phalaborwa (Sudafrica)	< 13	0.1	0.38
SEDIMENTARIO			
Florida (USA)	23	19.8 - 32.7	24
Giordania	< 30	12.0-1.28	18
Khouribga (Marocco)	46	17 - 63	55
Siria	52	13 - 46	22
Algeria	60	42 - 62.6	
Egitto	74		
Bu-Cra (Marocco)	100	101 - 115	97
Nahal Zin (Israele)	100	81 - 112	61
Youssoufia (Marocco)	121	164.7	120
Gafsa (Tunisia)	137	94	173
Togo	162	164 - 179	147
Carolina del Nord (USA)	166	125	120
Taiba (Senegal)	203	165 - 180.6	221
Nauru	243		

Fonti: **(1)** Davister (1996); **(2)** Botschek and Van Balken (1999); **(3)** Demandt (1999).

# Come il suolo trattiene il cadmio

Quando un fertilizzante a base di fosforo entra in contatto con il suolo, subisce vari processi biochimici, microbiologici e processi fisici attraverso i quali viene progressivamente degradato, ridotto e trattenuto nel suolo. I contaminanti nel fertilizzante seguono lo stesso destino<sup>41</sup>. La capacità del suolo di trattenere le sostanze è la ragione per cui si verificano accumuli di composti nocivi<sup>42</sup>. Nel caso del Cd, sia la materia organica che l'argilla giocano un ruolo essenziale nella capacità di assorbimento e ritenzione del suolo, mentre i terreni sabbiosi facilitano l'ingresso del Cd nelle acque sotterranee e nei fiumi<sup>43</sup>.

A seconda delle caratteristiche del suolo e del clima, diversi ecosistemi hanno diversi gradi di resilienza nel resistere a possibili danni, in quanto possono reagire alla contaminazione e rigenerarsi nel tempo. Tuttavia, la rigenerazione spontanea e naturale può essere più complessa in presenza di pressioni esterne che alterano costantemente la reattività e la capacità di adattamento dell'ecosistema<sup>44/45</sup>, come un processo di fertilizzazione continuo protratto negli anni in tutti i distretti rurali d'Europa.



**+ 1 %**

**Il Comitato scientifico sulla tossicità, l'ecotossicità e l'ambiente (CSTEE) ha stimato che l'accumulo netto annuale di cadmio (Cd) nel suolo è circa l'1% della quantità già presente nei terreni agricoli.**

# Accumulo di cadmio nel suolo



8.9  
TONNELLATE



Nel 2002, il Comitato scientifico per la tossicità, l'ecotossicità e l'ambiente (CSTEE) ha stimato che l'accumulo netto annuale di cadmio (Cd) nel suolo è circa l'1% della quantità già presente nei terreni agricoli. Gli Stati membri europei che hanno condotto valutazioni di rischio specifiche hanno concluso che l'accumulo netto annuale da parte dei soli fertilizzanti fosfatici (con un contenuto stimato di Cd di 60 mg/kg  $P_2O_5$ ) è compreso tra lo 0,4 e l'1,25% di quello già presente nei suoli agricoli.

La letteratura mostra anche come il contributo della contaminazione da Cd dall'applicazione di fertilizzanti fosfatici ai terreni agricoli si sovrappone pericolosamente a quello di altre fonti.

Una stima della contaminazione da Cd in Svizzera nel 1990 mostra che circa 1,1 tonnellate di Cd sono state aggiunte annualmente ai terreni agricoli attraverso i fertilizzanti minerali, 0,5 tonnellate attraverso i fanghi di depurazione, 1 tonnellata attraverso i fertilizzanti organici e 8,9 tonnellate attraverso la deposizione atmosferica<sup>46</sup>.

Fattori come i livelli di Cd, il clima, il pH del suolo, la materia organica, la salinità, la lavorazione del terreno, i macro e i micronutrienti, il tipo di roccia madre, le specie di colture e le varietà giocano ruoli essenziali nel bioaccumulo del suolo e provocano effetti a lungo termine sui sistemi ecologici e sulla salute degli organismi viventi.

In Europa, a causa delle temperature miti e delle prolungate siccità estive, è più probabile che il Cd si accumuli negli strati superficiali del suolo. Lì, la presenza significativa di microfauna e di pili radicali che possono facilitare efficacemente l'assorbimento dei nutrienti minerali<sup>47</sup>.

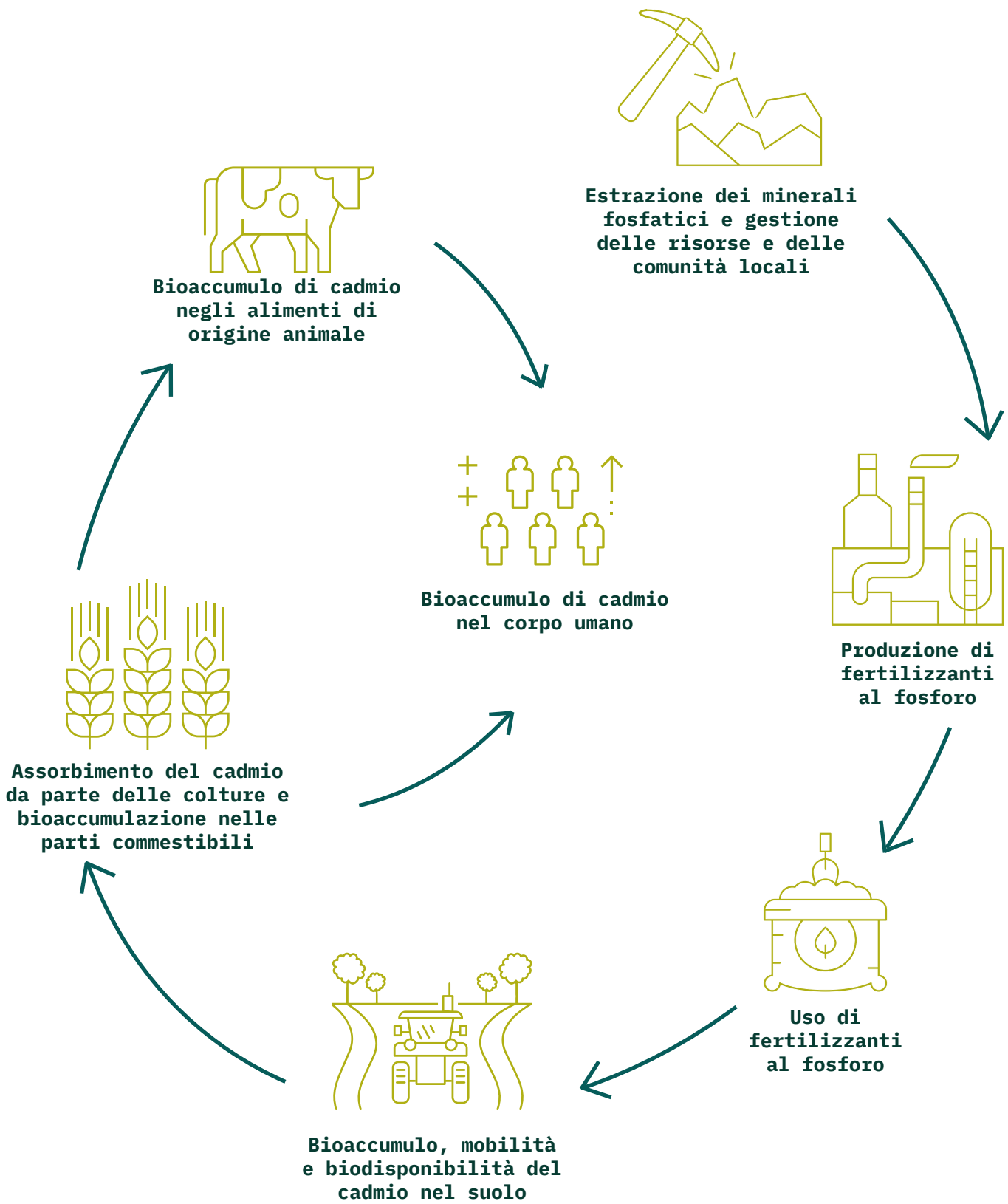
# Come le colture assorbono il cadmio

Nonostante sia un elemento non essenziale per gli organismi vegetali, il Cd ha un alto tasso di trasferimento dal suolo alla pianta. Il suo comportamento è molto simile a quello dello zinco (Zn), un elemento necessario per un buon sviluppo delle piante e dell'uomo. Quando il suolo ha una fornitura minerale di Zn insufficiente a soddisfare le esigenze della coltura, la somiglianza tra i due elementi fa sì che la pianta prenda il Cd invece dello Zn<sup>48</sup>.

Inoltre, la materia organica può fissare gli elementi minerali, rendendoli prontamente disponibili per le piante. Per questo motivo, influisce significativamente sulla capacità delle piante di assorbire Cd, poiché l'apparato radicale si sviluppa preferenzialmente in orizzonti superficiali dove la sua presenza è di solito più pronunciata.

**La contaminazione da Cd è un significativo fattore di stress per le piante che può causare effetti citotossici e genotossici e influenzare negativamente la crescita e il potenziale riproduttivo<sup>49</sup>.**

Una diffusa bassa concentrazione di contaminazione del suolo insieme all'efficiente trasferimento di Cd dal suolo alle piante significa che anche in presenza di bassi livelli di contaminazione, e anche se le piante non mostrano sintomi di tossicità, le parti commestibili delle piante possono mostrare accumuli di Cd superiori a quelli consentiti per il consumo umano<sup>50</sup>. Questo effetto può essere più significativo per le colture che crescono in ecosistemi acquatici<sup>51</sup>.



**CICLO DI VITA DEL CADMIO NEI FERTILIZZANTI AL FOSFORO**

# Monitoraggio dello stato del suolo

In Europa ed Eurasia, l'inquinamento del suolo è la terza minaccia ambientale più rilevante<sup>52</sup>.

Secondo gli ultimi dati pubblicati dall'Agenzia europea dell'ambiente (AEA 2021), i **siti contaminati o potenzialmente contaminati in Europa sono più di 2,5 milioni**<sup>53</sup>, e il contaminante più frequente sono i metalli pesanti.

I programmi di monitoraggio europei mostrano una contaminazione diffusa nelle acque di superficie (Germania, Slovacchia) e nei suoli (Grecia, Italia, Francia, Austria, Irlanda)<sup>54</sup>.

Un'ulteriore analisi mostra che il rame (Cu) (usato come prodotto fitosanitario) e il Cd (associato ai fertilizzanti fosfatici) sono i contaminanti più comuni e diffusi nei suoli agricoli europei (EEA, 2010).

## 2.5 mls

SITI CONTAMINATI  
IN EUROPA



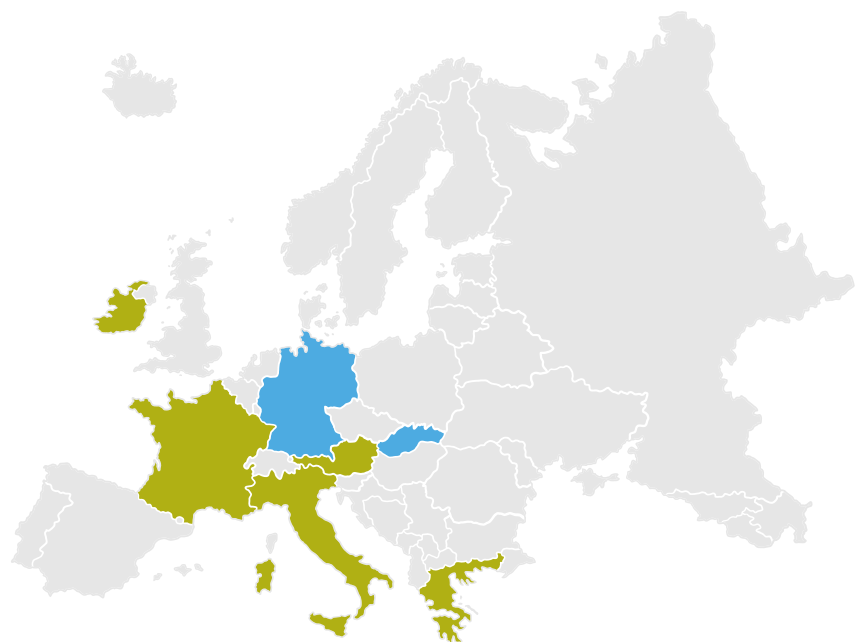
contaminazione delle  
acque di superficie

*Germania, Slovacchia*



contaminazione dei  
suoli superficiali

*Grecia, Italia, Francia,  
Austria, Irlanda*





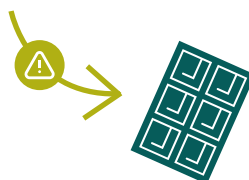
# L'impatto del cadmio sulla salute umana

La letteratura scientifica identifica il cadmio (Cd) come un elemento non essenziale per gli organismi viventi. Il Cd è principalmente tossico per i reni, per il fegato, può causare la demineralizzazione delle ossa ed è classificato come cancerogeno per l'uomo (IARC, 2021; EFSA, 2021; ANSES, 2021).



**Gli alimenti sono la fonte primaria di esposizione al Cd<sup>55/56/57</sup>. Cereali, verdure, noci e legumi, radici amidacee e patate, e la carne sono i maggiori contribuenti all'esposizione umana. Alte concentrazioni si verificano anche in alghe, pesce e frutti di mare, integratori alimentari, funghi e cioccolato. Data l'assunzione media più bassa, queste non sono di solito fonti significative di esposizione.**

*Tuttavia, il cioccolato diventa rilevante quando si tratta di assunzione da parte dei bambini.*



# Come la politica dei fertilizzanti dell'UE riflette la questione

L'Unione europea è stata preoccupata per il Cd fin dagli anni '70, ma è stato solo nel **giugno 2019**<sup>59</sup> che l'UE ha adottato ufficialmente il regolamento 2019/1009, che ha introdotto **limiti sul contenuto di Cd nei fertilizzanti al fosforo fissati a 60 mg/kg**<sup>60</sup>.

Con questa disposizione, l'UE ha fatto leva sui principi normativi di precauzione e standstill sollevati durante la discussione del provvedimento, stabilendo una soglia basata sull'accumulo medio stimato di Cd nei suoli dell'UE e non includendo un piano di riduzione continua. Biodisponibilità (per l'assorbimento da parte delle colture), mobilità e potenziale contaminazione delle acque superficiali e sotterranee potrebbe non aver avuto un ruolo uguale nella valutazione, che di conseguenza ha tralasciato molte delle preoccupazioni per l'ambiente e la salute umana sollevate durante la discussione del provvedimento<sup>61/62/63/64/65/66</sup>.

Inoltre, **un valore di soglia di 60 mg/kg P2O5 era già sotto esame dopo il parere del 2002** del Comitato scientifico sulla tossicità, l'ecotossicità e l'ambiente e completamente superato dal modello sviluppato da Römken nel 2018, che prevede che il Cd si accumula anche ad un valore di soglia di 20 mg/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sup>67</sup>.

# Come altri regolamenti UE riflettono il problema

L'UE vorrebbe essere considerata la regione più attiva nella protezione e conservazione del suolo<sup>68/69/70/71</sup>, ma nonostante l'importanza politica attribuita alla questione, le misure relative al suolo sono di esclusiva responsabilità degli Stati membri. I quali non hanno, in generale, un approccio regionale coerente. Inoltre, nell'UE manca un regime legislativo completo e giuridicamente vincolante dedicato al suolo (Castelo-Grande et al., 2018), e questo nonostante l'interazione di diversi quadri legislativi contestuali (PAC, direttive sull'acqua, direttiva sull'azoto) che regolano suolo e fertilizzanti, ma con risultati limitati<sup>72/73/74/75/76</sup>.

# Limiti nazionali di cadmio nell'UE e negli Stati membri

Regole armonizzate forniscono un quadro legale trasparente e prevedibile per tutte le imprese (per esempio, fornitori di tecnologia agricola, agricoltori, trasformatori di cibo e distributori), che è un prerequisito per una sana concorrenza e una maggiore consapevolezza lungo la catena del valore dei rischi e delle strategie di mitigazione del rischio.

**La soglia massima di 60 mg/kg di  $P_2O_5$  entrerà in vigore nel 2022 in un'UE in cui 12 Stati membri adottano già valori soglia più bassi, 8 Stati membri hanno valori simili e 2 Stati membri hanno fissato soglie più alte<sup>77</sup>, per cui è difficile considerarla una svolta o un'armonizzazione del mercato interno<sup>78</sup>; (Schroeder, Anggraeni e Weber, 2019)<sup>79</sup>.**

Regole armonizzate forniscono un quadro legale trasparente e prevedibile per tutte le imprese (per esempio, fornitori di tecnologia agricola, agricoltori, trasformatori di cibo e distributori), che è un prerequisito per una sana concorrenza e una maggiore consapevolezza lungo la catena del valore dei rischi e delle strategie di mitigazione del rischio.

# Come il processo di revisione della PAC riflette il problema

Nell'ottobre 2020, il Parlamento europeo ha adottato con successo alcuni emendamenti<sup>80</sup> durante l'attuale processo di revisione della PAC, collegando la PAC alla riduzione dei metalli pesanti nei fertilizzanti. Il

Il testo faceva parte della posizione negoziale del Parlamento europeo con il Consiglio. A giugno di quest'anno, i ministri dell'agricoltura dell'UE hanno confermato l'accordo preliminare con il Parlamento europeo sulla riforma della PAC.

Il 9 settembre 2021, la commissione AGRI del Parlamento europeo ha approvato a larga maggioranza il pacchetto completo della PAC concordato durante il trilatero informale di giugno. L'accordo preliminare contiene un riferimento esplicito alla protezione della salute e della fertilità del suolo e alla riduzione degli inquinanti nei fertilizzanti.

Nella misura in cui l'attuale disposizione appare nell'accordo finale, gli incentivi finanziari agli agricoltori potrebbero richiedere l'uso di fosfati a basso tenore di cadmio<sup>81</sup>.



## RACCOMANDAZIONI

Il suolo è particolarmente vulnerabile, e con esso i nostri sistemi agroalimentari e la nostra salute come consumatori.

Dobbiamo perseguire approcci ambiziosi sia per continuare a migliorare la fertilità che per controllare la contaminazione. Abbiamo bisogno di una combinazione di disposizioni vincolanti e volontarie:

- **Stabilire delle soglie europee armonizzate** nei fertilizzanti al fosforo per proteggere gli ambienti e le popolazioni più vulnerabili.
- **Stimolare gli agricoltori** a migliorare continuamente l'uso e le pratiche di gestione.
- **Creare un ambiente** che permetta ai settori adiacenti di contribuire ai miglioramenti continui attraverso misure volontarie.

In pratica, sarebbe necessario per l'UE ripensare l'efficacia del regolamento (UE) 2019/1009 includendo soglie strette per il Cd e un'etichettatura precisa per i fertilizzanti al fosforo, rivedere la condizionalità della PAC e i sistemi di incentivi per favorire uno standard minimo e schemi volontari<sup>82</sup>.

L'UE dovrebbe fissare la “soglia di tolleranza” al livello più basso possibile (ad esempio, 20mg/kg)<sup>83</sup>, considerando sia la disponibilità in molti giacimenti in tutto il mondo di minerali di fosfato a basso contenuto di Cd<sup>84</sup>, sia gli sviluppi nei metodi di estrazione che vengono costantemente migliorati e permettono una riduzione del numero e della quantità delle impurità<sup>85</sup>.

# Conclusioni

La salute e la fertilità del suolo e il loro impatto sulla sicurezza alimentare e la salute pubblica sono stati oggetto di preoccupazione negli ultimi decenni a causa della crescente comprensione del degrado e della contaminazione dei suoli europei.

La qualità del suolo e la salute dei consumatori sono a rischio a causa del bioaccumulo di cadmio (Cd) nel suolo e della biodisponibilità del Cd nella materia organica. L'accumulo dipende principalmente dall'uso di fertilizzanti fosfatici ad alto contenuto di Cd. La biodisponibilità dipende dalla stessa composizione naturale del suolo, dalla ricchezza d'acqua e dal clima mite, che fanno dell'Europa una terra fertile con un'alta produttività e una vibrante agrobiodiversità.

Inoltre, a causa dell'alta mobilità del Cd nelle acque superficiali e sotterranee, un problema locale si sta rapidamente trasformando in una contaminazione diffusa.

Limitare il bioaccumulo è possibile attraverso fertilizzanti al fosforo a basso contenuto di Cd; etichettatura chiara; sussidi e incentivi per gli agricoltori legati all'uso di fertilizzanti a basso contenuto di Cd; incentivi per iniziative volontarie da parte degli operatori della catena del valore; monitoraggio del suolo e delle acque.

Insieme, questi programmi promuoveranno la corretta gestione e la mitigazione degli effetti della contaminazione da Cd.

Maggiori ricerche sui metodi di produzione dei fertilizzanti e sulla salute e fertilità del suolo sono fondamentali per sviluppare misure appropriate per prevenire o mitigare i danni potenziali.

C'è anche la necessità di espandere, migliorare e armonizzare i sistemi di monitoraggio in Europa.

Il lavoro per raggiungere questo obiettivo sta progredendo costantemente. Le recenti discussioni politiche e gli accordi per includere questo argomento nella PAC stanno procedendo nella giusta direzione. L'Unione europea è molto vicina a perfezionare il suo approccio al suolo e alla salute umana per renderlo coerente con la sua visione e i suoi obiettivi a lungo termine e compatibile con le esigenze del settore agroalimentare. Tuttavia, questo è un momento critico in cui tutte le parti

interessate sono chiamate a sostenere questa trasformazione cruciale dei sistemi alimentari europei.

Infine, non potremo mai sottolineare abbastanza l'importanza dell'etichettatura, dell'educazione all'uso sostenibile dei fertilizzanti e della comunicazione. L'agricoltura moderna richiede migliori conoscenze tecniche e competenze per l'applicazione in azienda e una migliore comunicazione per mantenere la fiducia dei consumatori.



# NOTE

<sup>1</sup> <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2009.980>

<sup>2</sup> <https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2015SA0140.pdf>

<sup>3</sup> Valutazione globale dell'inquinamento del suolo: Rapporto, FAO e UNEP, 2021, <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4894en>

<sup>4</sup> L'apatite e la fosforite rappresentano i gruppi più significativi di formazioni minerali naturali di fosfato e si trovano rispettivamente nelle rocce ignee e nei depositi sedimentari.

La stragrande maggioranza della produzione annuale di fosfato di roccia del mondo (47 milioni di tonnellate) proviene da depositi sedimentari. Grandi depositi (sedimentari) esistono in Nord Africa, Cina, Medio Oriente e Stati Uniti, e depositi (ignei) in Brasile, Canada, Finlandia, Russia e Sud Africa. Inoltre, gli altipiani continentali e le montagne sottomarine degli oceani Atlantico e Pacifico contengono significativi depositi di fosfato. La fornitura mondiale di fosfato naturale supera i 300 miliardi di tonnellate e non si prevede alcuna carenza. USGS Phosphate Rock Statistics and Information, 2021, <https://www.usgs.gov/centers/nmic/phosphate-rock-statistics-and-information>

Cooper, J., Lombardi, R., Boardman, D. e Carliell-Marquet, C., 2011. La futura distribuzione e la produzione di riserve globali di roccia fosfatica. Risorse, conservazione e riciclaggio, [online] 57, pp.78-86. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.09.009>

<sup>5</sup> Qin, S., Liu, H., Nie, Z., Rengel, Z., Gao, W., Li, C. e Zhao, P., 2020. Tossicità del cadmio e la sua competizione con i nutrienti minerali per l'assorbimento da parte delle piante: Una revisione. *Pedosphere*, [online] 30(2), pp.168-180. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60002-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60002-9).

<sup>6</sup> Autorità (EFSA), E.F.S., 2009. Cadmio negli alimenti - Parere scientifico del gruppo di esperti scientifici sui contaminanti nella catena alimentare. *EFSA Journal*, [online] 7(3), p.980. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.980>.

<sup>7</sup> Secondo il Comitato scientifico per la tossicità, l'ecotossicità e l'ambiente (CSTEE), i fertilizzanti con 20 mg Cd/kg P2O5 o meno nella maggior parte dei terreni non dovrebbero portare ad un accumulo a lungo termine nel suolo: [https://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/sct/documents/out162\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sct/documents/out162_en.pdf).

L'accordo interistituzionale sulla nuova Politica agricola comune (Pac) dell'Ue, raggiunto tra il Consiglio Ue e il Parlamento europeo durante l'estate 2021, chiede esplicitamente agli Stati membri dell'Ue di intervenire, nell'ambito dei piani strategici della Pac, per ridurre i contaminanti del suolo. Tale intervento, attraverso i sussidi della PAC, dovrebbe premiare l'uso di fertilizzanti a basso contenuto di Cd - in particolare nella produzione di colture di base come i cereali e il riso.

<sup>8</sup> L'accordo interistituzionale sulla nuova Politica Agricola Comune (PAC) dell'UE, raggiunto tra il Consiglio dell'UE e il Parlamento europeo nell'estate del 2021, chiede esplicitamente agli Stati membri dell'UE di intervenire, nell'ambito dei piani strategici della PAC, per ridurre i contaminanti del suolo. Tale intervento, attraverso i sussidi della PAC, dovrebbe premiare l'uso di fertilizzanti a basso contenuto di Cd - in particolare nella produzione di colture di base come i cereali e il riso.

<sup>9</sup> FAO e UNEP, 2021. Valutazione globale dell'inquinamento del suolo. [online]. <https://doi.org/10.4060/cb4827en>.

<sup>10</sup> Agenzia europea dell'ambiente, 2021. Ambiente e salute. [Pubblicazione] Disponibile all'indirizzo: <[https://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2005\\_10](https://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2005_10)> [Accessed 30 Sep. 2021].

<sup>11</sup> Satarug, S., Garrett, S.H., Sens, M.A. e Sens, D.A., 2010. Cadmio, l'esposizione ambientale, e gli esiti di salute. *Environmental Health Perspectives*, 118 (2), pp.182-190. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901234>.

<sup>12</sup> Comitato congiunto di esperti FAO/OMS sugli additivi alimentari e Organizzazione Mondiale della Sanità eds., 2011. Valutazione della sicurezza di alcuni additivi e contaminanti alimentari. Serie additivi alimentari dell'OMS. Ginevra: Organizzazione Mondiale della Sanità.

<sup>13</sup> Schroeder, P., Anggraeni, K. e Weber, U., 2019. La rilevanza delle pratiche di economia circolare per gli obiettivi di sviluppo sostenibile. *Journal of Industrial Ecology*, [online] 23(1), pp.77-95. <https://doi.org/10.1111/jiec.12732>.

<sup>14</sup> Schroeder, P., Anggraeni, K. e Weber, U., 2019. La rilevanza delle pratiche di economia circolare per gli obiettivi di sviluppo sostenibile. *Journal of Industrial Ecology*, [online] 23(1), pp.77-95. <https://doi.org/10.1111/jiec.12732>.

<sup>15</sup> Copat, C., Arena, G., Fiore, M., Ledda, C., Fallico, R., Sciacca, S. e Ferrante, M., 2013. Concentrazioni di metalli pesanti in pesci e molluschi del Mediterraneo orientale: Consigli di consumo. *Food and Chemical Toxicology*, [online] 53, pp.33-37. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.11.038>.

<sup>16</sup> Gundacker, C. e Hengstschläger, M., 2012. Il ruolo della placenta in esposizione fetale ai metalli pesanti. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, [online] 162(9), pp.201-206. <https://doi.org/10.1007/s10354-012-0074-3>.

<sup>17</sup> Hassanin, M., Kerek, E., Chiu, M., Anikovskiy, M. e Prenner, E.J., 2016. Affinità di legame del mercurio inorganico e del cadmio alle membrane eritrocitarie biomimetiche. *The Journal of Physical Chemistry B*, [online] 120(50), pp.12872-12882. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.6b10366>.

<sup>18</sup> Kerek, E.M. e Prenner, E.J., 2016. Il cadmio inorganico influenza la fluidità e le dimensioni dei liposomi a base di fosfolipidi. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembrane*, [online] 1858(12), pp.3169-3181. <https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2016.10.005>.

<sup>19</sup> Everson, T.M., Punshon, T., Jackson, B.P., Hao, K., Lambertini, L., Chen, J., Karagas, M.R. e Marsit, C.J., 2018, n.d.

Cadmium-Associated Differential Methylation throughout the Placental Genome: Epigenome-Wide Association Study of Two U.S. Birth Cohorts. *Environmental Health Perspectives*, [online] 126(1), p.017010. <https://doi.org/10.1289/EHP2192>.

<sup>20</sup> Pizzol, M., Smart, J.C.R. e Thomsen, M., 2014. Costi esterni delle emissioni di cadmio al suolo: uno svantaggio dei fertilizzanti al fosforo. *Journal of Cleaner Production*, [online] 84, pp.475-483. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.080>.

<sup>21</sup> Reeves, P.G. e Chaney, R.L., 2008. La biodisponibilità come problema nella valutazione del rischio e nella gestione del cadmio alimentare: Una revisione. *Science of The Total Environment*, [online] 398(1), pp.13-19. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.009>.

<sup>22</sup> Van Kerkhove, E., Pennemans, V. e Swennen, Q., 2010. Cadmio e il trasporto di ioni e sostanze attraverso le membrane cellulari e epitelii. *BioMetals*, [online] 23(5), pp.823-855. <https://doi.org/10.1007/s10534-010-9357-6>.

<sup>23</sup> Marini, M., Caro, D. e Thomsen, M., 2020. Il nuovo regolamento sui fertilizzanti: Un punto di partenza per il controllo del cadmio nei terreni arabili europei? *Science of The Total Environment*, [online] 745, p.140876. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140876>.

<sup>24</sup> Rietra, R.P.J.J., Heinen, M., Dimkpa, C.O. e Bindraban, P.S., 2017. Effetti dell'antagonismo e del sinergismo dei nutrienti sulla resa e sull'efficienza d'uso dei fertilizzanti. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, [online] 48(16), pp.1895- 1920. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1407429>.

<sup>25</sup> Alterra - Gestione sostenibile del suolo, Alterra - Suolo, acqua e uso del suolo, Sottodipartimento di Tossicologia, VLAG, WIMEK, Rietra, R.P.J.J., Mol, G., Rietjens, I.M.C.M. e Römkens, P.F.A.M., 2017. Cadmio nel suolo, colture e conseguente esposizione alimentare. [online] Wageningen: Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/403611>

<sup>26</sup> Rodrigues, S.M. e Römkens, P.F.A.M., 2018. Capitolo 9 - Rischi per la salute umana e inquinamento del suolo. In: A.C. Duarte, A. Cachada e T. Rocha-Santos, eds. *Soil Pollution*. [online] Academic Press. pp.217-250. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849873-6.00009-1>.

<sup>27</sup> Rietra, R.P.J.J., Heinen, M., Dimkpa, C.O. e Bindraban, P.S., 2017. Effetti dell'antagonismo e del sinergismo dei nutrienti sulla resa e sull'efficienza d'uso dei fertilizzanti. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, [online] 48(16), pp.1895- 1920. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1407429>.

<sup>28</sup> Alterra - Gestione sostenibile del suolo, Alterra - Suolo, acqua e uso del suolo, Sottodipartimento di Tossicologia, VLAG, WIMEK, Rietra, R.P.J.J., Mol, G., Rietjens, I.M.C.M. e Römkens, P.F.A.M., 2017. Cadmio nel suolo, colture e conseguente esposizione alimentare. [online] Wageningen: Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/403611>

<sup>29</sup> Rodrigues, S.M. e Römkens, P.F.A.M., 2018. Capitolo 9 - Rischi per la salute umana e inquinamento del suolo. In: A.C. Duarte, A. Cachada e T. Rocha-Santos, eds. *Inquinamento del suolo*. [online] Academic Press. pp.217-250. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849873-6.00009-1>.

<sup>30</sup> Wang, W., Kong, W., Shen, T., Man, Z., Zhu, W., He, Y., Liu, F. e Liu, Y., 2020. Applicazione della spettroscopia di ripartizione indotta dal laser nel rilevamento del contenuto di cadmio negli steli di riso. *Frontiers in Plant Science*, [online] 11, p.2073. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.599616>.

<sup>31</sup> Wang, W., Kong, W., Shen, T., Man, Z., Zhu, W., He, Y., Liu, F. e Liu, Y., 2020. Applicazione della spettroscopia di ripartizione indotta dal laser nel rilevamento del contenuto di cadmio negli steli di riso. *Frontiers in Plant Science*, [online] 11, p.2073. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.599616>.

<sup>32</sup> Pizzol, M., Christensen, P., Schmidt, J. e Thomsen, M., 2011. Impatti dei "metalli" sulla salute umana: un confronto tra nove diverse metodologie di Life Cycle Impact Assessment (LCIA). *Journal of Cleaner Production*, [online] 19(6), pp.646-656. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.05.007>.

<sup>33</sup> Sarwar, N., Saifullah, Malhi, S.S., Zia, M.H., Naeem, A., Bibi, S. e Farid, G., 2010. Ruolo della nutrizione minerale nel ridurre al minimo l'accumulo di cadmio da parte delle piante. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, [online] 90(6), pp.925- 937. <https://doi.org/10.1002/jfsa.3916>.

<sup>34</sup> Marwa, J., Lufingo, M., Noubactep, C. e Machunda, R., 2018. Sconfiggere la fluorosi nella Rift Valley dell'Africa orientale: Trasformare il Kilimangiaro in un parco di raccolta dell'acqua piovana. *Sostenibilità*, [online] 10(11), p.4194. <https://doi.org/10.3390/su10114194>.

<sup>35</sup> Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. e Foley, J., 2009. Confini planetari: Esplorare lo spazio operativo sicuro per l'umanità. *Ecologia e Società*, [online] 14(2). Disponibile a: <<https://www.jstor.org/stable/26268316>> [Accessato il 20 settembre 2021].

<sup>36</sup> Steffen, W., K. Richardson, J. Rockström, S.E. Cornell, I. Fetzer, E.M. Bennett, R. Biggs, S.R. Carpenter, W. De Vries, C.A. De Wit, C. Folke, D. Gerten, J. Heinke, G.M. Mace, L.M. Persson, V. Ramanathan, B. Reyers, S. Sörlin. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347: 736, 1259855

<sup>37</sup> La contaminazione del suolo è definita come la presenza di una sostanza chimica che è estranea all'ambiente tipico del suolo e che può influenzare negativamente le specie che sono direttamente o indirettamente esposte ad essa (relazione principale Status of the risorse mondiali del suolo., 2015). Gli inquinanti possono avere origini naturali (ad esempio, derivati da componenti minerali nella roccia madre sottostante gli strati del suolo o disciolti nelle acque superficiali e sotterranee), ma la maggior parte ha origini antropiche. Le pratiche di gestione del suolo che non tengono conto di questi contaminanti possono portare ad accumuli locali o diffusi. L'accumulo di contaminanti può diventare tossico nel tempo (Cachada, Rocha-Santos e Duarte, 2018);(Bundschuh et al., 2012) ;(Luo et al., 2009). Oltre alle attività antropogeniche, la contaminazione può verificarsi dall'acqua o dalla deposizione atmosferica (Rodríguez et al., 2014). Tipicamente, gli strati più superficiali del suolo sono interessati dalla contaminazione, dove tipicamente

avvengono le interazioni con l'atmosfera, la flora e la fauna e le attività antropiche (Reimann, Filzmoser e Garrett, 2005);(Salminen, Gregorauskiene e Tarvainen, 2008). La contaminazione nelle parti più profonde del suolo può essere legata alle caratteristiche fisiche della roccia madre sottostante (Shacklette e Boerngen, 1984) o alla mobilità di alcuni contaminanti che usano l'acqua per spostarsi dalla superficie alle parti più profonde del suolo.

Cachada, A., Rocha-Santos, T. e Duarte, A.C., 2018. Capitolo 1 - Suolo e inquinamento: Un'introduzione alle questioni principali. In: A.C. Duarte, A. Cachada e T. Rocha-Santos, eds. *Soil Pollution*. [online] Academic Press.pp.1-28. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849873-6.00001-7>.

Reimann, C., Filzmoser, P. e Garrett, R.G., 2005. Sfondo e soglia: confronto critico dei metodi di determinazione. *Science of The Total Environment*, [online] 346(1), pp.1-16. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.11.023>.

Salminen, R., Gregorauskiene, V. e Tarvainen, T., 2008. La mineralogia normativa di 10 profili di suolo in Fennoscandia e Russia nord-occidentale. *Applied Geochemistry*, [online] 23(12), pp.3651-3665. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2008.09.007>. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849873-6.00001-7>.

Shacklette, H.T. e Boerngen, J.G., 1984. Concentrazioni di elementi nei suoli e altri materiali superficiali degli Stati Uniti contermini. US Government Printing Office Washington, DC.

<sup>38</sup> Swe Mar e Masanori Okazaki, nel loro studio del 2012 "Investigation of Cd contents in several phosphate rocks used for the production of fertilizer", hanno confrontato diverse rocce di apatite utilizzate per la produzione di fertilizzanti fosfatici. Il confronto di rocce fosfatiche dagli Stati Uniti (Wyoming, Florida, Idaho), Marocco (Qued Zem), Russia (Slyudanka), e Giappone (Okinawa) ha mostrato che la concentrazione di fosfato in tutti i campioni variava dal 6 al 38% e il contenuto di Cd variava da 0,15 a 507 mg kg.

Mar, Swe e Okazaki, M., 2012. Indagine sul contenuto di Cd in diverse rocce fosfatiche utilizzate per la produzione di fertilizzanti. *Microchemical Journal*, 104. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2012.03.020>.

<sup>39</sup> L'uso responsabile dei fertilizzanti fosfatici comprende l'intero ciclo di vita del prodotto, compresa l'estrazione del minerale. L'estrazione ha impatti locali significativi sulle comunità e sull'ambiente. All'interno di una gestione strutturata del rischio piano, l'estrazione di minerali a basso contenuto di cadmio è una misura chiave di mitigazione del rischio che riduce significativamente il rischio di rilascio di sostanze inquinanti. Allo stesso modo, i processi per rimuovere il cadmio dai minerali sollevano anche la questione dello smaltimento responsabile dei residui di lavorazione (F.H. Oosterhuis, F.M. Brouwer, H.J. Wijnants, Una possibile tassa a livello UE sul cadmio nei fertilizzanti fosfatici: Economic and environmental implications Final Report to the European Commission, 2000).

<sup>40</sup> Oosterhuis, F. H., Brouwer, F. M., & Wijnants, H. J. (2000). Una possibile tassa a livello UE sul cadmio nei fertilizzanti fosfatici: Implicazioni economiche e ambientali. *Relazione IVM*, (E-00/02).

<sup>41</sup> Blum, A. e Blum, A., 2005. Resistenza alla siccità, efficienza nell'uso dell'acqua e potenziale di rendimento: sono compatibili, dissonanti o si escludono a vicenda? *Australian Journal of Agricultural Research*, [online] 56(11), pp.1159-1168. <https://doi.org/10.1071/AR05069>.

<sup>42</sup> Navarro, S., Vela, N. e Navarro, G., 2007. Revisione. Una panoramica sul comportamento ambientale dei pesticidi residui nei suoli. *Rivista spagnola di ricerca agricola*, [online] (3), pp.357-375. Disponibile a: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2344189>> [Accessed 12 Sep. 2021].

<sup>43</sup> I terreni ricchi di materia organica trattengono attivamente i metalli pesanti. La misura in cui i metalli sono assorbiti dalle radici dipende dalla forma chimica in cui si trovano nel suolo. La presenza di acqua ha una grande influenza sulla loro mobilità e disponibilità per le piante. Fijałkowski K. , Kacprzak M. , Grobelak A. , Placek A. , 2012, The influence of selected parametri del suolo sulla mobilità dei metalli pesanti nei suoli, in *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, t. 15, nr 1, s. 81-92

<sup>44</sup> Bundschuh, J., Litter, M.I., Parvez, F., Román-Ross, G., Nicolli, H.B., Jean, J.-S., Liu, C.-W., López, D., Armienta, M.A., Guilherme, L.R.G., Cuevas, A.G., Cornejo, L., Cumbal, L. e Toujaguez, R., 2012. Un secolo di esposizione all'arsenico in America Latina: Una revisione della storia e l'occorrenza da 14 paesi. *Science of The Total Environment*, [online] 429, pp.2-35. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.024>.

<sup>45</sup> Luo, L., Ma, Y., Zhang, S., Wei, D. e Zhu, Y.-G., 2009. Un inventario degli apporti di oligoelementi all'agricoltura suoli in Cina. *Journal of Environmental Management*, [online] 90(8), pp.2524-2530. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.011>.

<sup>46</sup> FitzGerald, R. e Roth, N., 2015. Cadmio nei fertilizzanti minerali - aggiornamento del rischio umano e ambientale. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26451.17442>.

<sup>47</sup> Roberts, T.L., 2014. Cadmio e fertilizzanti al fosforo: I problemi e la scienza. *Procedia Engineering*, [online] 83, pp.52-59. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.09.012>.

<sup>48</sup> Haisel, D., Cyrusová, T., Vaněk, T. e Podlipná, R., 2019. L'effetto delle nanoparticelle sui pigmenti fotosintetici nelle interazioni cadmio-zinco. *Environmental Science and Pollution Research*, [online] 26(4), pp.4147-4151. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-04060-7>.

<sup>49</sup> Roy, S., 2019. Capitolo 9 - Accumulo di cadmio nelle colture e l'aumento del rischio di esposizione al cadmio nella dieta: Una panoramica. In: M. Hasanuzzaman, M.N. Vara Prasad e K. Nahar, eds. *Tolleranza al cadmio nelle piante*. [online] Academic Press.pp.247-254. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815794-7.00009-6>.

<sup>50</sup> Ismael, M.A., Elyamine, A.M., Moussa, M.G., Cai, M., Zhao, X. e Hu, C., 2019. Cadmio nelle piante: assorbimento, tossicità e le sue interazioni con i fertilizzanti di selenio. *Metallomics*, [online] 11(2), pp.255-277. <https://doi.org/10.1039/C8MT00247A>.

<sup>51</sup> Shi, Z., Carey, M., Meharg, C., Williams, P.N., Signes-Pastor, A.J., Triwardhani, E.A., Pandiangan, F.I., Campbell, K., Elliott, C., Marwa, E.M., Jiujiu, X., Farias, J.G., Nicoloso, F.T., De Silva, P.M.C.S., Lu, Y., Norton, G., Adomako, E., Green, A.J., Moreno-Jiménez, E., Zhu, Y., Carbonell-Barrachina, Á.A., Haris, P.I., Lawgali, Y.F., Sommella, A., Pigna, M., Brabet, C., Montet, D., Njira, K., Watts, M.J., Hossain, M., Islam, M.R., Tapia, Y., Oporto, C. e Meharg, A.A., 2020. Concentrazioni di cadmio in chicchi di riso nella catena di approvvigionamento globale. Esposizione e salute, [online] 12(4), pp.869-876. <https://doi.org/10.1007/s12403-020-00349-6>.

<sup>52</sup> Stato delle risorse mondiali del suolo: rapporto principale, 2015, FAO. [online] <http://www.fao.org/documents/card/en/c/c6814873-efc3-41db-b7d3-2081a10ede50/>

<sup>53</sup> L'area globale stimata colpita dall'inquinamento del suolo è di 22 milioni di ettari (Global Assessment of Human-induced Soil Degradation (GLASOD), 2021); (de Ploey, Imeson e Oldeman, 1991).  
de Ploey, J., Imeson, A. e Oldeman, L.R., 1991. Erosione del suolo, degrado del suolo e cambiamento climatico. In: F.M. Brouwer, A.J. Thomas e M.J. Chadwick, eds. *Land Use Changes in Europe*, The GeoJournal Library. [online] Dordrecht: Springer Netherlands. pp.275-292. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-3290-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-94-011-3290-9_12).

<sup>54</sup> Pan, L., Wang, Y., Ma, J., Hu, Y., Su, B., Fang, G., Wang, L. e Xiang, B., 2018. Una revisione dei livelli di inquinamento da metalli pesanti e la valutazione del rischio per la salute dei suoli urbani nelle città cinesi. *Environmental Science and Pollution Research*, [online] 25(2), pp.1055-1069. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0513-1>.

<sup>55</sup> Il programma di monitoraggio dell'UE mostra che il cadmio può essere trovato in livelli misurabili e spesso elevati nelle verdure in tutta Europa. Recenti revisioni dei limiti massimi ammissibili di cadmio negli alimenti, hanno impedito a diversi prodotti di essere importati nell'UE. Questi includono cacao e cioccolato dal Perù a causa dell'alto contenuto di cadmio nei terreni locali (Chavez et al., 2015); (Engbersen et al., 2019).

- Chavez, E., He, Z.L., Stoffella, P.J., Mylavarapu, R.S., Li, Y.C., Moyano, B. e Baligar, V.C., 2015. Concentrazione di cadmio nei semi di cacao e la sua relazione con il cadmio del suolo nel sud dell'Ecuador. *Science of The Total Environment*, [online] 533, pp.205-214. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.106>.

- Engbersen, N., Gramlich, A., Lopez, M., Schwarz, G., Hattendorf, B., Gutierrez, O. e Schulin, R., 2019. Accumulo e allocazione del cadmio in diverse cultivar di cacao. *Science of The Total Environment*, [online] 678, pp.660-670. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.001>.

<sup>56</sup> Nel luglio 2021, nell'ambito del programma francese di biomonitoraggio umano, sono stati presentati i risultati di un'indagine trasversale chiamata Esteban (Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition), basata su un campione rappresentativo della popolazione francese. Esteban è uno studio di salute pubblica nazionale francese che mira a misurare l'esposizione della popolazione ai metalli pesanti, concentrandosi sulle abitudini alimentari e le malattie croniche. I risultati hanno mostrato che il cadmio era presente nel 100% degli adulti e dei bambini partecipanti allo studio. Nei bambini, il consumo di cereali per la colazione ha aumentato l'assunzione di cadmio, principalmente a causa di fertilizzanti ricchi di cadmio fosfato utilizzati nell'agricoltura convenzionale e il consumo quotidiano di questi cereali. Negli adulti non fumatori, il consumo di crostacei era la principale fonte di esposizione (<https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2021/exposition-aux-metaux-de-la-population-francaise-resultats-de-l-etude-esteban>).

<sup>57</sup> In Italia, la Fondazione Umberto Veronesi segnala da diversi anni che alcuni metalli pesanti possono raggiungere concentrazioni più elevate nel sangue e nelle urine delle persone che seguono una dieta senza glutine. Secondo la fondazione, la maggiore assunzione di metalli pesanti (arsenico, cadmio, piombo e mercurio) in una dieta senza glutine è legata al maggior consumo di riso (arsenico e cadmio) e di pesce (mercurio).

<sup>58</sup> Alcuni autori (Leita e Ciavatta, 2017) confutano la necessità immediata di un'azione in questo settore, sostenendo che è improbabile che l'accumulo incrementale su base annua rappresenti un problema di salute umana a breve termine.

Leita, L. e Ciavatta, C., 2017. Cadmio nei fertilizzanti fosfatici: allarmismo ingiustificato. *Georgofili Info*.

<sup>59</sup> Il 5 giugno 2019, dopo 3 anni di intensi negoziati interistituzionali tra il Parlamento europeo e il Consiglio dell'UE.

<sup>60</sup> Inoltre, è stata prevista una "etichetta verde" volontaria per i fertilizzanti al fosforo con un livello di contenuto di cadmio inferiore a 20 mg/kg. Un documento di orientamento dettagliato è stato pubblicato dalla Commissione europea all'inizio del 2020, consentendo

aziende responsabili di adottare questa etichetta. Infine, gli Stati membri che desiderano mantenere valori limite nazionali più severi per il contenuto di cadmio che sono uguali o inferiori ai valori limite applicabili a livello dell'Unione, possono continuare a farlo dopo l'entrata in vigore del regolamento il 16 luglio 2022.

<sup>61</sup> Nawara, S., Dael, T.V., Merckx, R., Amery, F., Elsen, A., Odeurs, W., Vandendriessche, H., Mcgrath, S., Roisin, C., Jouany, C., Pellerin, S., Denoroy, P., Eichler-Löbermann, B., Börjesson, G., Goos, P., Akkermans, W. e Smolders, E., 2017. Un confronto dei test del suolo per il fosforo disponibile in esperimenti di campo a lungo termine in Europa. *European Journal of Soil Science*, [online] 68(6), pp.873-885. <https://doi.org/10.1111/ejss.12486>.

<sup>62</sup> Stubenrauch, J., Garske, B. e Ekardt, F., 2018. Uso sostenibile del suolo, protezione del suolo e gestione del fosforo in una prospettiva transnazionale. *Sostenibilità*, [online] 10(6), p.1988. <https://doi.org/10.3390/su10061988>.

<sup>63</sup> Wragg, J., Cave, M., Basta, N., Brandon, E., Casteel, S., Denys, S., Gron, C., Oomen, A., Reimer, K., Tack, K., Ekardt, F., 2016. Giustizia e Van de Wiele, T., 2011. Una prova interlaboratorio del metodo unificato BARGE bioaccessibilità. *Sostenibilità: Criteri normativi per arsenico, cadmio l'uso di fosforo*. In: E. Schnug e piombo L.J. De Kok, eds. *Fosforo nel suolo. Scienza dell'ambiente totale, agricoltura: 100 % Zero*. [online] 409(19), Dordrecht: Springer Netherlands. pp.4016-4030317-330. [https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.05.0191007/978-94-017-7612-7\\_15](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.05.0191007/978-94-017-7612-7_15).

<sup>64</sup> Ekardt, F., 2016. Giustizia e sostenibilità: Criteri normativi per l'uso del fosforo. In: E. Schnug e L.J. De Kok, eds. *Fosforo in agricoltura: 100 % Zero*. [online] Dordrecht: Springer Netherlands. pp.317-330. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-7612-7\\_15](https://doi.org/10.1007/978-94-017-7612-7_15).

<sup>65</sup> Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Srinath Reddy, K., Narain, S., Nishtar, S. e Murray, C.J.L., 2019. Il cibo nell'Antropocene: la Commissione EAT-Lancet sulle diete sane da sistemi alimentari sostenibili. *The Lancet*, [online] 393(10170), pp.447-492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4).

<sup>66</sup> Kauwenbergh, S.J. van, 1997. Cadmio e altri elementi minori nelle risorse mondiali di roccia fosfatica. *Atti - Fertilizzatore Società (Regno Unito)*. [online] Disponibile su: <[https://scholar.google.com/scholar\\_](https://scholar.google.com/scholar_)

- <sup>67</sup> Rodrigues, S. M., & Römken, P. F. A. M. (2018). Rischi per la salute umana e inquinamento del suolo. In A. C. Duarte, A. Cachada, & T. Rocha-Santos (Eds.), *Soil Pollution: From Monitoring to Remediation* (pp. 217-250). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849873-6.00009-1>
- <sup>68</sup> Alvarenga, P., Palma, P., Mourinha, C., Farto, M., Dôres, J., Patanita, M., Cunha-Queda, C., Natal-da-Luz, T., Renaud, M. e Sousa, J.P., 2017. Riciclaggio di rifiuti organici al terreno agricolo come un modo per migliorare la sua qualità: Uno studio sul campo per valutare benefici e rischi. *Waste Management*, [online] 61, pp.582-592. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.004>
- <sup>69</sup> Stürck, J., Levers, C., van der Zanden, E.H., Schulp, C.J.E., Verkerk, P.J., Kuemmerle, T., Helming, J., Lotze-Campen, H., Tabeau, A., Popp, A., Schrammeijer, E. e Verburg, P., 2018. Simulare e delineare le future traiettorie di cambiamento del territorio in tutta Europa. *Regional Environmental Change*, [online] 18(3), pp.733-749. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0876-0>.
- <sup>70</sup> Ronchi, S., Salata, S., Arcidiacono, A., Piroli, E. e Montanarella, L., 2019. Strumenti politici per la protezione del suolo tra gli stati membri dell'UE: Un'analisi comparativa. *Land Use Policy*, [online] 82, pp.763-780. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.01.017>.
- <sup>71</sup> Alvarenga, P., Palma, P., Mourinha, C., Farto, M., Dôres, J., Patanita, M., Cunha-Queda, C., Natal-da-Luz, T., Renaud, M. e Sousa, J.P., 2017. Riciclaggio di rifiuti organici al terreno agricolo come un modo per migliorare la sua qualità: Uno studio sul campo per valutare benefici e rischi. *Waste Management*, [online] 61, pp.582-592. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.004>
- <sup>72</sup> Stubenrauch, J., Garske, B. e Ekardt, F., 2018. Uso sostenibile del suolo, protezione del suolo e gestione del fosforo in una prospettiva transnazionale. *Sostenibilità*, [online] 10(6), p.1988. <https://doi.org/10.3390/su10061988>.
- <sup>73</sup> Garske, B., Heyl, K., Ekardt, F., Weber, L.M. e Gradzka, W., 2020. Le sfide della governance dei rifiuti alimentari: An Assessment of European Legislation on Food Waste and Recommendations for Improvement by Economic Instruments. *Land*, [online] 9(7), p.231. <https://doi.org/10.3390/land9070231>.
- <sup>74</sup> FitzGerald, R. e Roth, N., 2015. Cadmio nei fertilizzanti minerali - aggiornamento del rischio umano e ambientale. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26451.17442>.
- <sup>75</sup> Ulrich, A.E., 2019. La governance del cadmio nei fertilizzanti fosfatici europei: Non così in fretta? *Science of The Total Environment*, [online] 650, pp.541-545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.014>.
- <sup>76</sup> Il 17 novembre 2021 la Commissione europea dovrebbe adottare la strategia tematica riveduta dell'UE sul suolo: [https://ec.europa.eu/environment/soil/three\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/soil/three_en.htm). Le discussioni in corso sulla contaminazione del suolo potrebbero quindi convergere in un approccio più olistico alla protezione del suolo.
- <sup>77</sup> Sebbene l'articolo 114, paragrafo 5, del trattato sul funzionamento dell'Unione europea (EUR-Lex - 12012E/TXT - IT -EUR-Lex, 2021) non permette agli Stati membri di fissare i limiti per il cadmio nei fertilizzanti in modo indipendente, l'UE può concedere deroghe sulla base di nuove prove scientifiche (FitzGerald e Roth, 2015). Per questo motivo attualmente abbiamo: 12 Stati membri con valori limite di Cd  $\leq$  50 mg Cd/kg P2O5 (CZ, DK, FI, DE, PL, HU, IT, SK, BG, SE, NL, NO), 8 SM con valori limite di Cd di 60 mg Cd/kg P2O5 (FR, CY, LT, S, RO, SI, GR, LU), 2 SM (Austria e Belgio) con valori limite di Cd superiori.
- <sup>78</sup> FitzGerald, R. e Roth, N., 2015. Cadmio nei fertilizzanti minerali - aggiornamento del rischio umano e ambientale. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26451.17442>.
- <sup>79</sup> Ulrich, A.E., 2019. La governance del cadmio nei fertilizzanti fosfatici europei: Non così in fretta? *Science of The Total Environment*, [online] 650, pp.541-545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.014>.
- <sup>80</sup> Emendamenti 784-826
- <sup>81</sup> EU Farm to Fork Strategy: [https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-05/f2f\\_action-plan\\_2020\\_strategy-info\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf)
- <sup>82</sup> Oosterhuis, F.H., Brouwer, F.M. e Wijnants, H.J., 2000. Una possibile tassa a livello UE sul cadmio nei fertilizzanti fosfatici: implicazioni economiche e ambientali. Relazione IVM. Amsterdam: Istituto per gli Studi Ambientali.
- <sup>83</sup> Per quanto riguarda il controllo della contaminazione dei suoli agricoli e della produzione alimentare, l'ANSES raccomanda un livello di cadmio di 20mg Cd/kg o meno. AVIS dell'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'Exposition au cadmium (CAS n°7440-43-9) - Propositions de valeurs toxicologiques de référence (VTR) par ingestion, de valeurs sanitaires repères dans les milieux biologiques (sang, urine, ...) et de niveaux en cadmium dans les matières fertilisantes et supports de culture permettant de maîtriser la pollution des sols agricoles et la contamination des productions végétales. ANSES, 2019
- <sup>84</sup> Ci sono più di 30 paesi che possono fornire roccia a basso CD, compresi i depositi in Australia, Cina, Egitto, Giordania, Marocco, Russia, Siria e Stati Uniti, Arabia Saudita (Kauwenbergh, 1997). Inoltre, i dati dell'industria mostrano che la metà della produzione globale di roccia nel 2016 potrebbe aver già soddisfatto il requisito UE più rigoroso di 20 mg/kg (5° anniversario della prima proposta di limiti paneuropei per il cadmio, 2021).
- <sup>85</sup> Il contenuto di cadmio dei fertilizzanti fosfatici può essere ridotto utilizzando fosfati a basso contenuto di cadmio, o tramite il decadimento della roccia fosfatica o dell'acido fosforico. L'uso di roccia fosfatica a basso contenuto di cadmio è il principale strategia di mercato. La decadimizzazione è più costosa e comporta un flusso di cadmio nei rifiuti di decadmio, che può causare problemi ambientali nei paesi produttori (Commissione europea, 2000).

**OPERA RESEARCH**  
**Piacenza | Brussels**

[www.operaresearch.eu](http://www.operaresearch.eu)