

PROTEGGIAMO IL SUOLO

Consumo, bonifiche e valorizzazione del supporto per la biosfera

Se prendiamo la Terra nel suo complesso, il suolo è una striscia molto sottile sulla sua superficie, ma (insieme all'altra sottilissima striscia dell'atmosfera) è il supporto dell'intera biosfera. Spesso tendiamo a dare per scontato che in gran parte la nostra vita ha come base il suolo, su cui – direttamente o indirettamente – poggiamo i piedi e da cui traiamo cibo e altre risorse fondamentali. Il suolo fornisce servizi ecosistemici essenziali, ha un ruolo chiave nella regimentazione e nella qualità delle acque, è il substrato essenziale alla vita di piante e animali.

Il suolo è però minacciato da molti fattori: la copertura della superficie con edifici e infrastrutture, la contaminazione derivante da attività inquinanti, lo sfruttamento eccessivo causato dalle attività agricole intensive, il degrado e l'impovertimento dovuto alla siccità, le modifiche legate agli effetti dei cambiamenti climatici. Il suolo è quindi una risorsa eterogenea che ha bisogno di una maggiore tutela, sia in

ottica di prevenzione sia con la prospettiva del ripristino e della rinaturalizzazione.

Nelle pagine seguenti pubblichiamo alcuni contributi relativi agli studi sulla conoscenza dello stato del suolo: dall'ultimo rapporto Snpa sul consumo di suolo in Italia alla banca dati sui siti contaminati, dalla nuova Carta nazionale dei suoli, base di riferimento per il monitoraggio, alla valutazione della subsidenza. Presentiamo poi alcuni strumenti per una migliore gestione (come il software sviluppato da Arpa per semplificare gli obblighi amministrativi per il riutilizzo delle terre e rocce da scavo) e i risultati di progetti specifici per il miglioramento della fertilità dei suoli agricoli, il mantenimento della sostanza organica e la valorizzazione dei suoli forestali. Concludiamo con le attività di tutela del suolo messe in campo da alcune Agenzie ambientali regionali e con un progetto di educazione ambientale per sensibilizzare le nuove generazioni alla tutela di questa fondamentale risorsa. *(DM, SF)*

CRESCE IL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA

LE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO SONO ASSICURATE DAL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE (SNPA). L'ULTIMO RAPPORTO CERTIFICA CHE LA COPERTURA ARTIFICIALE DEL TERRENO CONTINUA AD AUMENTARE: NEL 2022 È PARI AL 7,14% DEL TERRITORIO, CONTRO IL 6,73% DEL 2006 E UNA MEDIA EUROPEA CHE SUPERA DI POCO IL 4%.

Il suolo è una risorsa ambientale fondamentale, fragile, limitata, non rinnovabile e non sostituibile¹, ospita gran parte della biosfera e fornisce servizi necessari per l'esistenza umana e per la sopravvivenza degli ecosistemi. Suoli in buone condizioni assicurano la fornitura di cibo, biomassa e materie prime; rappresentano un elemento centrale del paesaggio e del patrimonio culturale e possono stoccare, filtrare e trasformare molte sostanze, tra le quali l'acqua, gli

elementi nutritivi e il carbonio. Queste caratteristiche, insieme alla capacità di ridurre il rischio di allagamenti e siccità e di mitigare le temperature, fanno del suolo un alleato indispensabile per la mitigazione e per l'adattamento ai cambiamenti climatici².

Il consumo di suolo è dovuto alla costruzione di edifici, infrastrutture, cantieri o altre coperture artificiali realizzati su suoli naturali o seminaturali

(*figura 1*) e provoca la perdita di questa preziosa risorsa e delle sue funzioni. Il consumo di suolo è, quindi, definito come la variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato) e può essere di tipo permanente (generalmente associato all'impermeabilizzazione del suolo) o reversibile (come nel caso di cantieri o altre aree che possono essere più facilmente ripristinate).



FIG. 1 CONSUMO DI SUOLO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO POLO LOGISTICO
Intervento nel comune di Sala Bolognese (BO). A sinistra l'immagine satellitare relativa al 2021, a destra al 2022.

Il consumo di suolo netto è valutato attraverso il bilancio tra il nuovo consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuto a interventi di recupero, demolizione, deimpermeabilizzazione e conseguente rinaturalizzazione.

Le attività di monitoraggio del consumo di suolo in Italia sono assicurate dal Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (Snpa), come previsto dalla legge 132/2016³, permettono di avere un quadro aggiornato annualmente delle dinamiche di trasformazione del territorio e della crescita urbana, in particolare, attraverso la produzione di cartografia tematica e l'elaborazione di indicatori specifici. Il Snpa si è, quindi, organizzato per assicurare le attività di monitoraggio, costituendo un'apposita rete tematica per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo, coordinata dall'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (Ispra), a cui partecipano le 21 Agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province autonome (Arpa-Appa).

Il monitoraggio avviene attraverso la produzione di una cartografia nazionale⁴ del consumo di suolo utilizzando tecniche di *Earth observation* per la classificazione della copertura del suolo sulla base di un sistema comune (tabella 1) e di un esteso lavoro di fotointerpretazione di immagini satellitari a scala di dettaglio (1:5.000).

Gli ultimi dati pubblicati nell'edizione 2023 del Rapporto Snpa "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi

ecosistemici"⁵ mostrano come la copertura artificiale del suolo continui a crescere in Italia con una velocità che, negli ultimi anni, sta aumentando. Infatti, non solo il rallentamento rispetto alle dinamiche esistenti prima della crisi economica, iniziato nel 2012, è ormai terminato, ma oggi si assiste a un'importante accelerazione che nel 2022 ha portato alla trasformazione del territorio agricolo e naturale in aree artificiali su 76,8 km², il valore più alto degli ultimi 11 anni, il 10% in più di quello registrato l'anno precedente. Si tratta in media di più di 21 ettari al giorno o di quasi 2,5 metri quadrati al secondo. Si continuano così a perdere suoli agricoli o forestali e aree verdi, sostituendoli con asfalto e cemento, edifici e fabbricati, strade e altre infrastrutture, insediamenti commerciali, produttivi, logistici e di servizio, cantieri, piazzali, aree estrattive, impianti di produzione di energia, discariche ecc. inseguendo un modello di sviluppo insediativo che rende il nostro territorio sempre più fragile e poco attrezzato ad affrontare le grandi sfide ecologiche, climatiche e sociali e che continua a trasformare radicalmente il paesaggio, con pesanti impatti sul suolo, sui servizi ecosistemici e sulla biodiversità. Un impatto che è causa di "costi nascosti"⁶ dovuti alla perdita dei servizi ecosistemici che in Italia, secondo i dati Snpa, sono stimati in quasi 9 miliardi di euro ogni anno a causa delle trasformazioni rilevate tra il 2006 e il 2022.

Le superfici artificiali in Italia sono così arrivate nel 2022 a coprire complessivamente oltre 21.500 km² di

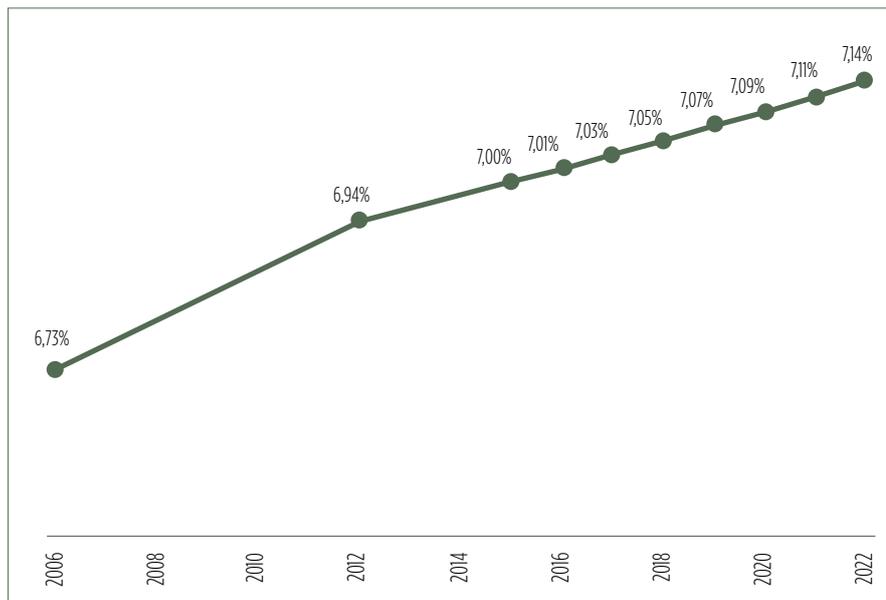
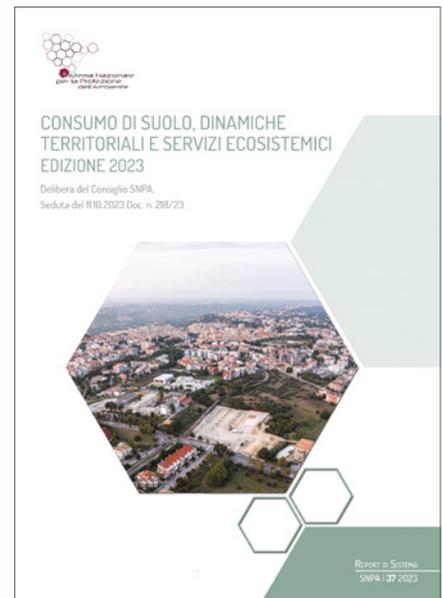


FIG. 2 ANDAMENTO DEL SUOLO CONSUMATO
Percentuale di copertura artificiale rispetto al territorio complessivo a livello nazionale tra il 2006 e il 2022.



11. Consumo di suolo permanente	
111.	Edifici, fabbricati
112.	Strade pavimentate
113.	Sede ferroviaria
114.	Aeroporti (piste e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)
115.	Porti (banchine e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)
116.	Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi ecc.)
117.	Serre permanenti pavimentate
118.	Discariche
12. Consumo di suolo reversibile	
121.	Strade non pavimentate
122.	Cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale ecc.)
123.	Aree estrattive non rinaturalizzate
124.	Cave in falda
125.	Impianti fotovoltaici a terra
126.	Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo
20. Altre forme di copertura non incluse nel consumo di suolo	
201.	Corpi idrici artificiali (escluse cave in falda)
202.	Aree permeabili intercluse tra svincoli e rotonde stradali, aree pertinenziali associate alle infrastrutture viarie
203.	Serre non pavimentate
204.	Ponti e viadotti su suolo non artificiale
205.	Impianti fotovoltaici a bassa densità

TAB. 1 CLASSIFICAZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA
A cura del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente.

superficie (il 7,14% del territorio, contro il 6,73% del 2006 e una media europea che supera di poco il 4%, *figura 2*). I valori percentuali più elevati si trovano in Lombardia (12,16%), Veneto (11,88%) e Campania (10,52%; *tabella 2*). Monza e Brianza è la provincia con la percentuale di suolo artificiale più alta, con circa il 41% di suolo consumato in rapporto alla superficie provinciale e un ulteriore incremento, nel 2022, di 48 ettari, dopo i quasi 11 dell'anno precedente. Sopra il 30% troviamo le province di Napoli (35%) e Milano (32%), mentre sopra al 20% ci sono Trieste (21%) e Varese (21%) e, poco al di sotto, Padova (19%) e Treviso (17%, *figura 3*). Più di un quinto (oltre 4.600 km²) del suolo artificiale nazionale è concentrato nel



FOTO: REGIONE EMILIA-ROMAGNA ANIG

Regione	Copertura artificiale (suolo consumato) 2022 (ha)	Copertura artificiale (suolo consumato) 2022 (%)	Aumento della copertura artificiale (consumo di suolo netto) 2021-2022 (ha)	Aumento della copertura artificiale (consumo di suolo netto) 2006-2022 (ha)	Densità del consumo di suolo netto 2006-2022 (m ² /ha)
Nord-Ovest	506.830	8,74	1.580	25.129	43,35
Piemonte	170.199	6,70	617	9.445	37,18
Valle d'Aosta	7.025	2,15	22	226	6,93
Lombardia	290.278	12,16	908	14.642	61,32
Liguria	39.327	7,26	33	816	15,05
Nord-Est	522.439	8,38	1.661	28.842	46,25
Friuli-Venezia Giulia	63.528	8,02	156	2.888	36,47
Trentino-Alto Adige	41.061	3,02	130	1.866	13,71
Emilia-Romagna	200.025	8,89	635	11.009	48,93
Veneto	217.825	11,88	739	13.079	71,33
Centro	391.647	6,76	1.006	20.116	34,70
Umbria	44.434	5,26	65	2.584	30,56
Marche	64.940	6,96	218	3.962	42,49
Toscana	141.842	6,17	238	4.472	19,45
Lazio	140.430	8,16	485	9.098	52,88
Sud	482.257	6,58	1.682	33.068	45,13
Basilicata	31.825	3,19	100	2.356	23,58
Molise	17.489	3,94	80	812	18,30
Abruzzo	54.012	5,00	149	3.394	31,44
Calabria	76.451	5,07	78	4.591	30,44
Puglia	159.459	8,24	718	14.314	73,96
Campania	143.020	10,52	557	7.601	55,89
Isole	248.266	4,98	1.145	14.490	29,08
Sardegna	80.582	3,34	537	4.105	17,02
Sicilia	167.684	6,52	608	10.386	40,38
Italia	2.151.437	7,14	7.075	121.646	40,36

TAB. 2
INDICATORI SUL
CONSUMO DI SUOLO
NELLE REGIONI

Al 2022 la copertura artificiale si estende per il 7,14% del suolo italiano.

territorio amministrato dalle 14 Città metropolitane. In alcuni comuni si riscontrano valori decisamente maggiori, come a Torino (oltre il 65%), Napoli (63,4%) e Milano (58,7%). Roma arriva a coprire il 23,7% del suo esteso territorio, ma è qui che si registrano gli aumenti più importanti, con 124 ettari in più negli ultimi dodici mesi (contro, ad esempio, i 37 di Venezia e i 26 di Milano). I cambiamenti del 2022 si concentrano in alcune aree del Paese: nella pianura Padana, nella parte lombarda e veneta e lungo la direttrice della via Emilia, nella costa adriatica, in particolare in alcuni tratti del litorale romagnolo, marchigiano e pugliese, nelle principali aree metropolitane (figura 4). A livello regionale (tabella 2), il consumo di suolo più elevato dell'ultimo anno si registra in Lombardia (con 908 ettari in più), Veneto (+739 ettari), Puglia (+718 ettari), Emilia-Romagna (+635) e Piemonte (+617).

In un territorio con una naturale propensione al dissesto, legata alle sue caratteristiche meteo-climatiche, topografiche, morfologiche e geologiche e con il 18,4% della superficie nazionale classificata a maggiore pericolosità per frane e alluvioni, gli strumenti della pianificazione territoriale troppo spesso non sono riusciti a governare e ad arginare la spinta edilizia e infrastrutturale in maniera efficace, portando così anche a un considerevole aumento degli elementi esposti a rischio. Il consumo di suolo e la conseguente perdita di superfici vegetate hanno ripercussioni dirette anche sulla qualità e sulle temperature dell'aria. Nelle aree urbane, la diminuzione dell'evapotraspirazione, in sinergia con il calore prodotto dal condizionamento dell'aria e dal traffico e con l'assorbimento di energia solare da parte di superfici in asfalto o calcestruzzo, contribuiscono ad aumentare l'impatto dei cambiamenti climatici a livello locale, causando l'effetto "isola di calore". In media, la differenza di temperatura del suolo nelle aree urbane di pianura rispetto al resto del territorio è di 4 °C d'estate con massime di 6 °C a Firenze e di oltre 8 °C a Milano. L'aumento delle superfici artificiali provoca, inoltre, la costante diminuzione della disponibilità di aree agricole, ridotte in 12 mesi di altri 4.500 ettari a causa del consumo di suolo, che per il 63% ha riguardato tali terreni.

Tra le principali cause di consumo di suolo si trovano la logistica e la grande distribuzione organizzata (506 ettari in

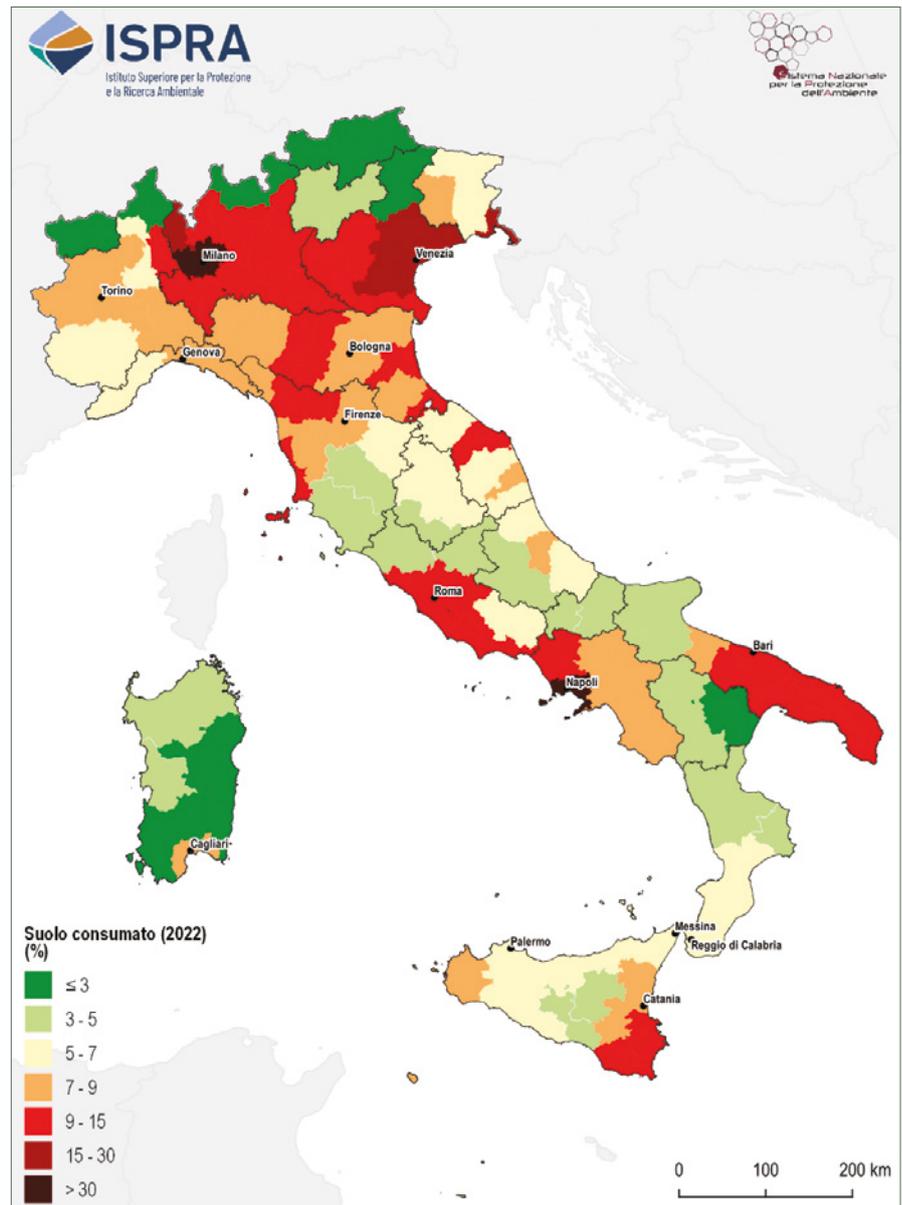


FIG. 3 SUOLO CONSUMATO RISPETTO AL TERRITORIO COMPLESSIVO
Percentuale di copertura artificiale a livello provinciale nel 2022.

più nel 2022), le grandi infrastrutture (cresciute di 595 ettari in dodici mesi). I nuovi edifici realizzati in un anno coprono quasi 1.000 ettari, mentre 948 ettari sono stati dedicati a piazzali, parcheggi e altre aree pavimentate e 385 ettari ad aree estrattive. Il consumo di suolo dovuto all'installazione a terra di impianti fotovoltaici ha riguardato 243 ettari di terreno. Nel complesso, circa un quarto dell'intero suolo artificiale in Italia è rappresentato dagli edifici e si stima che oltre 30.000 ettari siano attualmente non utilizzati e degradati, una superficie pari all'estensione di Milano e Napoli che potrebbe essere riutilizzata, evitando di consumare nuovo suolo e riducendo allo stesso tempo situazioni di degrado. Non è un caso infatti che, confrontando l'andamento del consumo di suolo e la

dinamica demografica, si nota in Italia un completo disaccoppiamento tra i due fattori in cui alla crescita delle superfici artificiali si accompagna la stabilizzazione o, in molti casi, la riduzione della popolazione. A livello nazionale il suolo consumato pro-capite è di 364 metri quadrati per ogni abitante. Erano 348 m²/ab nel 2012 (figura 5).

È perciò sempre più evidente l'urgenza di raggiungere l'obiettivo dell'arresto del consumo di suolo e, allo stesso tempo, di intervenire sull'esistente anche per assicurare la riqualificazione degli edifici e delle aree degradate, per mettere in sicurezza le aree a rischio e per assicurare una rigenerazione urbana e del territorio che possano rappresentare una priorità per ripensare, in direzione di una sempre più necessaria e urgente transizione

ecologica, l'assetto del territorio e delle nostre città. La riqualificazione edilizia, la rigenerazione urbana e il ripristino della naturalità di aree degradate possono contribuire sostanzialmente a evitare questi impatti così significativi sul territorio con il riutilizzo delle tante aree abbandonate o dismesse, dei fabbricati e delle abitazioni non utilizzati, con azioni di rigenerazione a scala edilizia, di quartiere e urbana che potrebbero migliorare la qualità della vita e dell'ambiente nelle città e nei territori, evitando allo stesso tempo nuovo consumo di suolo e degrado del paesaggio.

Michele Munafò, Ines Marinosci

Ispra

NOTE

¹ Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on soil monitoring and resilience (Soil Monitoring Law), COM(2023) 416 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52023PC0416&qid=1702046748000>.

² Commissione europea, 2021, *Strategia dell'Ue per il suolo per il 2030. Suoli sani a vantaggio delle persone, degli alimenti, della natura e del clima*, COM(2021) 699 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX%3A52021DC0699>.

³ Legge 28 giugno 2016 n. 132, "Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (GU Serie Generale n.166 del 18-07-2016), www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/07/18/16G00144/sg.

⁴ I dati e la cartografia sono disponibili in formato aperto (www.isprambiente.gov.it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-dati-sul-consumo-di-suolo). Nel 2023, ad accompagnare il Rapporto, è stato pubblicato anche il primo Atlante nazionale del consumo di suolo con tavole cartografiche che rappresentano le trasformazioni rilevate tra il 2006 e il 2022 (www.isprambiente.gov.it/publicazioni/publicazioni-di-pregio/atlante-nazionale-del-consumo-di-suolo-edizione-2023).

⁵ Munafò M. (a cura di), 2023, *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023*, Report Snpa, Roma, www.snpambiente.it/snpa/consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici-edizione-2023/.

⁶ Commissione europea, 2013, *Superfici impermeabili, costi nascosti. Alla ricerca di alternative all'occupazione e all'impermeabilizzazione dei suoli*, <https://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/ff9e9346-f8c6-4bf1-af30-57c21ff5525a>.

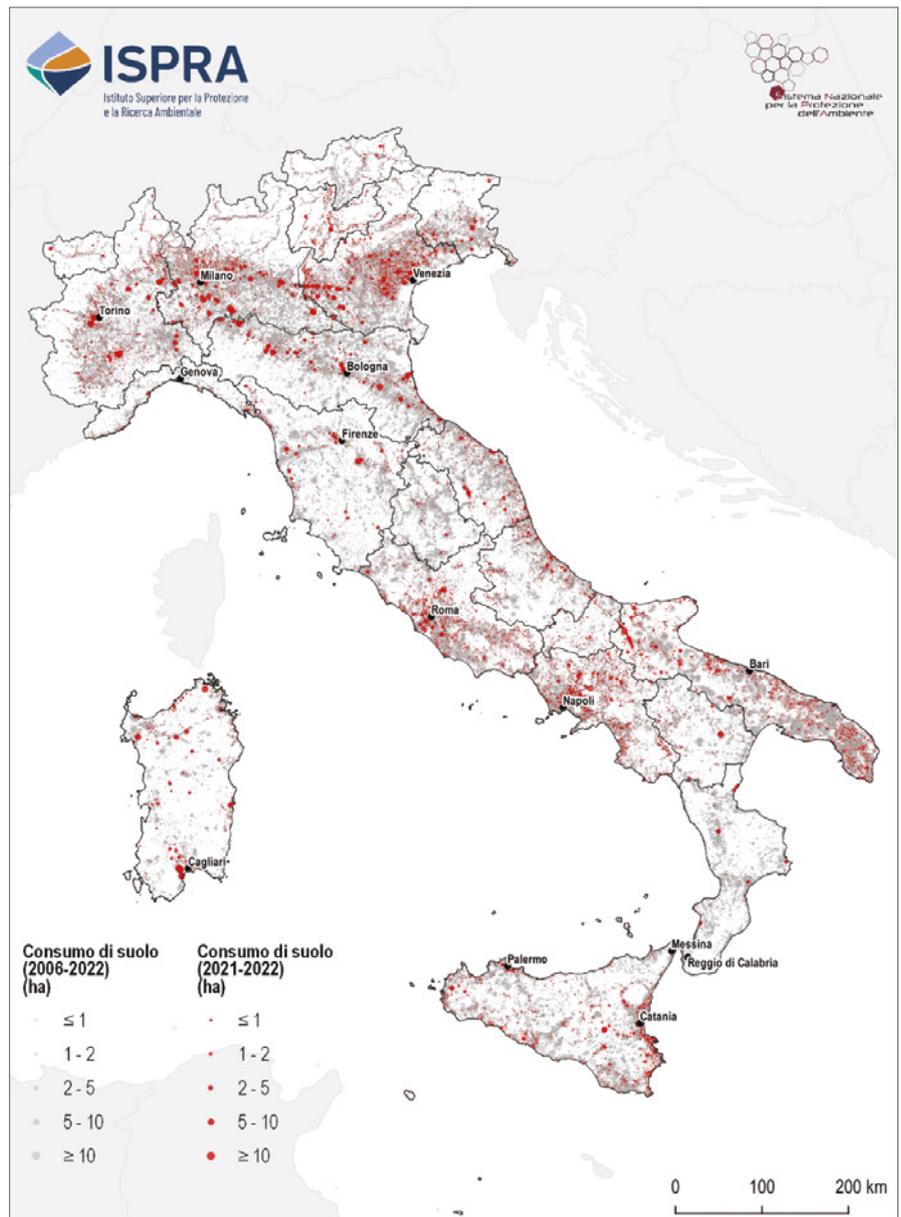


FIG. 4 LOCALIZZAZIONE DEL SUOLO CONSUMATO
Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo tra il 2006 e il 2022.

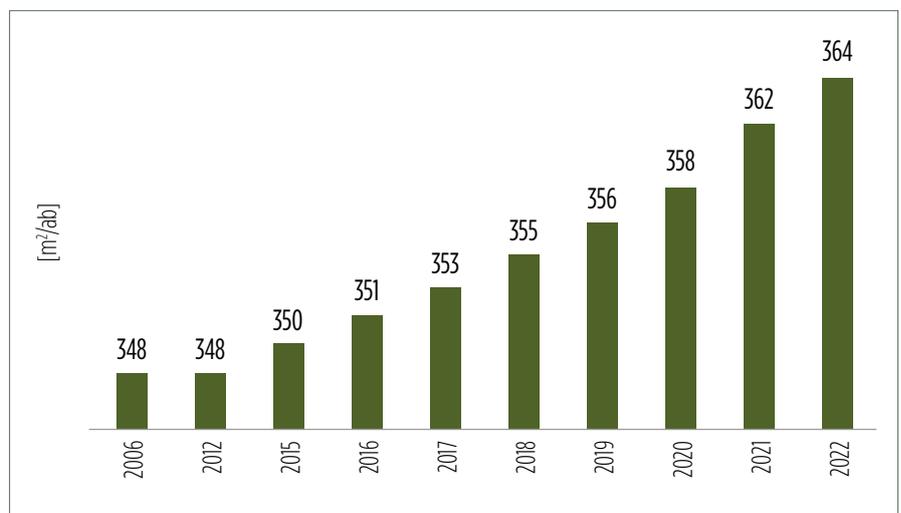


FIG. 5 COPERTURA ARTIFICIALE PRO-CAPITE
A livello nazionale il suolo consumato pro-capite è di 364 metri quadrati per ogni abitante nel 2022. Era pari a 348 nel 2012.

VERSO UNA NUOVA DIRETTIVA EUROPEA

MONITORAGGIO E RESILIENZA DEL SUOLO, L'OBIETTIVO UE DI PERVENIRE A SUOLI SANI E GESTITI IN MODO SOSTENIBILE



Attualmente tra il 60 e il 70% dei suoli dell'Ue non è in buona salute. Inoltre, ogni anno un miliardo di tonnellate di suolo è portato via dall'erosione, il che significa che lo strato superficiale fertile rischia di scomparire rapidamente. Il consumo di suolo nelle principali aree urbane europee riguarda circa 450 km² all'anno. I costi connessi al degrado del suolo sono stimati in oltre 50 miliardi di euro all'anno. Suoli sani, monitorati e gestiti in modo sostenibile forniscono, invece, benefici ambientali, economici e sociali essenziali per la società. È questo il principio su cui si basa la nuova proposta di direttiva europea per il monitoraggio e la resilienza del suolo (*Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on Soil monitoring and resilience*, <https://environment.ec.europa.eu>), pubblicata il 5 Luglio 2023, che prevede la raccolta di dati sulla salute dei suoli e la messa a disposizione di tali dati per agricoltori e per altri gestori dei suoli, con l'obiettivo di consentire all'Ue di pervenire a suoli sani entro il 2050. La proposta prevede anche che la gestione sostenibile del suolo diventi la norma, affronta i rischi per la salute e per l'ambiente dovuti alla contaminazione dei suoli e intende favorire la prosperità delle zone rurali, la sicurezza alimentare e, insieme ad altre iniziative adottate recentemente, lo sviluppo della bioeconomia, ponendo l'Unione europea all'avanguardia nell'innovazione e contribuendo a invertire la perdita di biodiversità e a preparare una risposta alle conseguenze dei cambiamenti climatici. La nuova direttiva fornisce un quadro normativo per affrontare le principali minacce al suolo nell'Ue, come l'erosione, la perdita di materia organica del suolo, la salinizzazione, la contaminazione, la compattazione, l'impermeabilizzazione, nonché la perdita di biodiversità del suolo. Lo farà mettendo in atto un sistema di monitoraggio solido e coerente per tutti i suoli dell'Ue in modo che gli Stati membri possano adottare misure per rigenerare i suoli degradati. Gli Stati membri dovranno in particolare assicurare il monitoraggio del consumo di suolo, identificare i siti potenzialmente contaminati, indagare su tali siti e affrontare di conseguenza i rischi per la salute umana e l'ambiente, contribuendo così all'obiettivo di un ambiente privo di sostanze tossiche entro il 2050. Un elemento fondante della proposta è la definizione armonizzata di salute del suolo e di un sistema comune di monitoraggio, anche grazie all'integrazione di diverse fonti di dati, combinando i dati di campionamento del suolo provenienti dal monitoraggio europeo (Lucas) con quelli satellitari di Copernicus e con i dati nazionali e privati. I dati sul suolo costituiranno una base per soluzioni innovative, tecnologiche e organizzative, in particolare nelle pratiche agricole. Tali dati aiuteranno gli agricoltori e gli altri proprietari terrieri ad applicare i metodi di trattamento più appropriati e li aiuteranno ad aumentare la fertilità e le rese del suolo,

riducendo al tempo stesso al minimo il consumo di acqua e di nutrienti. Inoltre, questi dati miglioreranno la comprensione delle tendenze in materia di siccità, ritenzione idrica ed erosione, rafforzando la prevenzione e la gestione delle catastrofi. Suoli più sani e dati di migliore qualità forniscono ulteriori opportunità di reddito agli agricoltori e ai gestori di terreni, che possono essere ricompensati per il sequestro del carbonio nei suoli agricoli o essere remunerati per i servizi ecosistemici o per l'incremento del valore di suoli sani e degli alimenti prodotti su tali suoli.

La proposta non impone obblighi diretti ai proprietari terrieri e ai gestori di terreni, compresi gli agricoltori. Gli Stati membri definiranno pratiche positive e negative per la gestione del suolo oltre a prevedere misure di rigenerazione per riportare i suoli degradati a una condizione di salute, sulla base di valutazioni sullo stato del suolo. Tali valutazioni avranno ricadute anche su altre politiche dell'Ue, come il settore *Land Use, Land-Use Change and Forestry* (LULUCF), la Pac e la gestione delle risorse idriche.

I descrittori della qualità del suolo scelti rivestono un ruolo cruciale nell'attuazione della direttiva e per valutare lo stato di salute del suolo.

Il monitoraggio dovrà avvenire su base almeno quinquennale utilizzando un insieme di indicatori per i diversi processi di degrado del suolo, come salinizzazione, erosione, perdita di carbonio organico e compattazione. Il valore di una serie di questi indicatori dovrà essere confrontato con specifici criteri di valutazione, alcuni dei quali definiti a livello europeo, mentre altri sono di responsabilità di ciascuno Stato membro.

Il monitoraggio dell'impermeabilizzazione e del consumo di suolo dovrà, invece, essere effettuato ogni anno sulla base di una metodologia condivisa a livello europeo e che si basa sulle stesse premesse di monitoraggio del sistema assicurato da Ispra e dal Snpa per l'Italia, che quindi si trova già in linea con quanto richiesto su questi temi significativi.

I dati del monitoraggio, costituiti sia da misure *in situ* sia da osservazioni satellitari, confluiranno in un portale digitale europeo dedicato alla salute del suolo, in cui saranno pubblicamente accessibili in formato georeferenziato. Ogni Paese membro deve inoltre definire un meccanismo accessibile a proprietari e gestori di terreni per la certificazione volontaria della salute dei suoli.

La proposta di direttiva entrerà in vigore poco dopo la sua adozione, ma è previsto un periodo di transizione di due anni per il recepimento negli Stati membri e per l'istituzione di una *governance* adeguata e di un rinnovato sistema di monitoraggio del suolo, compresa la determinazione dei punti di campionamento e l'adozione di metodologie per stabilire i distretti del suolo, nonché un periodo di quattro anni per istituire un registro dei siti potenzialmente contaminati. (MM)



FOTO: REGIONE EMILIA-ROMAGNA/ATC

SITI CONTAMINATI, IL SISTEMA INFORMATIVO MOSAICO

ISPRA HA REALIZZATO UN SISTEMA ONLINE SUI SITI CONTAMINATI, CON L'OBIETTIVO DI FORNIRE UN QUADRO COMPLETO E OMOGENEO A LIVELLO NAZIONALE SUI DATI RELATIVI AI PROCEDIMENTI DI BONIFICA SULLA BASE DELLE ANAGRAFI E DELLE BANCHE DATI DI REGIONI, PROVINCE AUTONOME E AGENZIE AMBIENTALI.

Mosaico è il sistema informativo nazionale sui siti contaminati, realizzato da Ispra nell'ambito del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (Snpa) con la partecipazione di Regioni e Province autonome. Esso ha l'obiettivo di fornire un quadro completo e omogeneo a livello nazionale attraverso la raccolta dei dati relativi ai procedimenti di bonifica residenti nelle anagrafi e banche dati delle Regioni, Province autonome e Agenzie per la protezione dell'ambiente. In Mosaico si possono reperire informazioni sullo stato di avanzamento tecnico e amministrativo dei procedimenti, sul territorio dove insiste il sito, sullo stato della contaminazione, sulle autorità e sui soggetti coinvolti. Nel settembre 2023 sono state rese disponibili alla consultazione pubblica tali informazioni con riferimento ai procedimenti di bonifica di competenza regionale. Il cuore della piattaforma è costituito dal database spaziale, vi sono poi un'applicazione web per il caricamento e controllo dei dati e applicazioni web-Gis per la visualizzazione dei dati con differenti livelli di accesso e funzionalità. La porta di accesso a Mosaico è il sito web dedicato www.mosaicositicontaminati.isprambiente.it (figura 1): l'area riservata consente l'accesso, tramite autenticazione, all'applicazione web per il caricamento e controllo dei dati e alle applicazioni web-Gis per la visualizzazione dei dati dedicate alle pubbliche amministrazioni. La sezione di consultazione pubblica online è invece disponibile direttamente dal menù di navigazione.

L'entità principale della banca dati è il procedimento di bonifica. Per ciascun procedimento possono essere archiviate informazioni di tipo amministrativo-gestionale (tipo di procedimento, autorità competente, soggetti coinvolti, avanzamento della procedura ecc.), territoriale (ubicazione ed estensione del

sito), tecnico (matrici coinvolte, tipo e livello di contaminazione, tipologia di intervento ecc.) ed economico (costi degli interventi).

L'applicazione web per il caricamento dei dati è stata sviluppata per accogliere i dati estratti dalle banche dati/anagrafi di origine (comprensivi delle informazioni di tipo geografico) attraverso i più comuni formati di file di scambio. Prima dell'inserimento delle informazioni in banca dati i file caricati vengono sottoposti a procedure di verifica per il controllo della completezza delle informazioni, del rispetto dei domini dei campi e più in generale dei vincoli e delle regole specifiche di compilazione. A esito positivo della verifica i dati vengono caricati in banca dati, a esito negativo viene restituito un file con le informazioni sugli errori rilevati. Le applicazioni web-Gis per la visualizzazione dei dati sfruttano la possibilità di pubblicare *dataset* geografici attraverso lo standard Ogc (*Open Geospatial Consortium*) e consentono la consultazione online delle informazioni contenute in banca dati in conformità con lo standard nazionale Rndt (Repertorio nazionale dei dati territoriali) (figura 2 e 3).

Nella sezione pubblica è possibile consultare online i dati consolidati

(figura 3); il dataset è aggiornato periodicamente, contestualmente a ciascuna trasmissione di dati.

Lo stato delle bonifiche dei siti contaminati in Italia

Allo stato attuale il popolamento di Mosaico è relativo esclusivamente ai procedimenti di bonifica di competenza delle Regioni o di enti da esse delegate e non riguarda pertanto i procedimenti relativi ai siti di interesse nazionale (Sin). I dati più recenti, aggiornati al 31/12/2021 a eccezione di quelli relativi alla Sardegna aggiornati al 31/12/2019, confermano e consolidano il quadro rappresentato nel primo [1] e secondo [2] rapporto Ispra sullo stato delle bonifiche in Italia.

Il numero totale dei siti oggetto di procedimento di bonifica regionale è 36.814, di cui 19.474 hanno concluso il procedimento e 17.340 hanno un procedimento in corso (figura 4).

In due casi su tre i procedimenti si sono conclusi senza intervento di bonifica o messa in sicurezza; le attività di indagine effettuate, infatti, hanno evidenziato l'assenza di contaminazione. Il progresso nella gestione dei

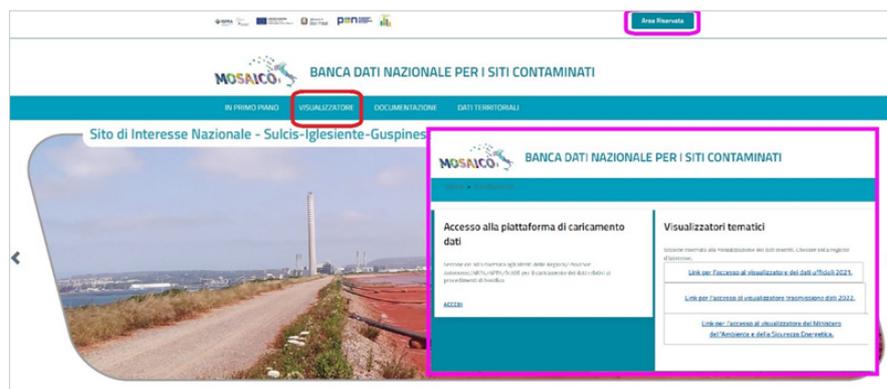


FIG. 1 MOSAICO

Sito web di Mosaico: accesso all'area riservata (riquadro fucsia) e alla sezione pubblica di visualizzazione dei dati (riquadro rosso).

procedimenti in corso per i dati aggiornati al 31/12/2021 evidenzia la predominanza della fase di attivazione del procedimento (60%) e la distribuzione equivalente nelle due successive fasi del procedimento: formulazione del modello concettuale (19%) e intervento (18%). I siti contaminati, infine, rappresentano circa il 20% dei siti con procedimento di bonifica in corso.

Prospettive e sviluppi futuri

Mosaico, una volta compilato nelle diverse sezioni tecniche e gestionali, consentirà di avere un quadro complessivo sullo stato delle bonifiche in Italia relativo a tutti i procedimenti, in ambito locale e Sin. La georeferenziazione dei procedimenti sia in termini di localizzazione puntuale sia di superfici permetterà di effettuare valutazioni delle interazioni tra le aree interessate da procedimenti di bonifica e il territorio.

Non tutti i contenuti informativi previsti in Mosaico sono attualmente disponibili in tutte le anagrafi e banche dati. È necessario quindi un percorso di popolamento progressivo e selettivo secondo un ordine di priorità definito in maniera condivisa da tutti i soggetti coinvolti nell'alimentazione, che rappresenta un compromesso tra l'esigenza conoscitiva (aspetti procedurali, ambientali e tecnici), la disponibilità dei dati, le risorse necessarie e le tempistiche. In futuro sarà necessario e opportuno ampliare la partecipazione all'alimentazione di Mosaico ad altri attori coinvolti nei procedimenti di bonifica (Comuni, Province, Città Metropolitane, Mase) al fine di acquisire ulteriori dati specifici di competenza di ciascun ente.

L'ampliamento progressivo del set di dati omogeneo e consolidato a livello nazionale, alimentato sistematicamente, aggiornato con cadenza annuale, consentirà la produzione di un numero sempre maggiore di indicatori stabili, trasparenti e condivisi, necessari per la diffusione delle informazioni al cittadino e a supporto delle decisioni per il governo del territorio e per la promozione di politiche sui siti contaminati a livello nazionale o locale.

Lo scorso luglio la Commissione europea ha pubblicato la proposta di direttiva sul monitoraggio e la resilienza del suolo (v. box a pag. 11). Il capitolo 4, interamente dedicato alla gestione dei siti contaminati, prevede tra gli altri obblighi



FIG. 2 MOSAICO - AREA RISERVATA
Visualizzatore dedicato alle pubbliche amministrazioni ad accesso riservato.

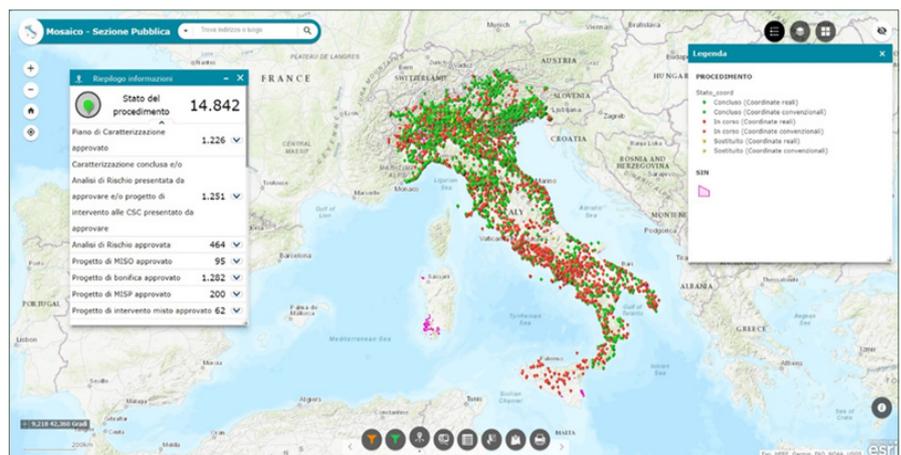


FIG. 3 MOSAICO - SEZIONE PUBBLICA
Sezione pubblica di consultazione dei dati di Mosaico.

relativamente alla predisposizione dei registri nazionali dei siti potenzialmente contaminati e dei siti contaminati, nonché al reporting con i dati e le informazioni dei registri. Tali previsioni, qualora confermate nel testo finale, non troveranno l'Italia impreparata: Mosaico è già un buon punto di partenza.

Eugenia Bartolucci, Federico Araneo, Maria Pia Congi

Ispra

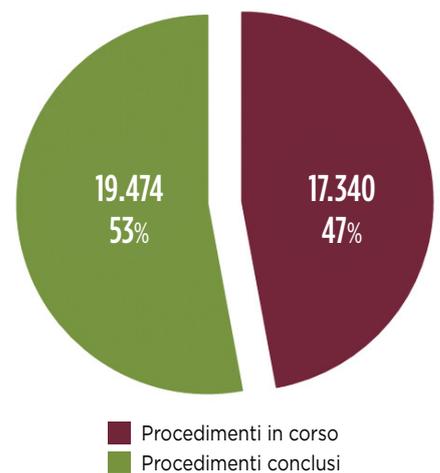


FIG. 4 PROCEDIMENTI DI BONIFICA
Distribuzione tra procedimenti di bonifica in corso e conclusi.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Araneo F., Bartolucci E., 2021, *Lo stato delle bonifiche dei siti contaminati in Italia: i dati regionali*, Ispra, Rapporti 337/21.
- [2] Araneo F. et al., 2023, *Lo stato delle bonifiche dei siti contaminati in Italia: secondo rapporto sui dati regionali*, Ispra, Rapporti 387/23.

UNA NUOVA CARTA DEI SUOLI D'ITALIA IN SCALA 1:100.000

LA MAPPA SARÀ UNA BASE DI RIFERIMENTO NELL'AMBITO DEL SISTEMA INTEGRATO DI MONITORAGGIO (SIM). PER LA SUA MESSA A PUNTO SONO PREVISTE UNA CAMPAGNA DI RILIEVI, CON IL DUPLICE OBIETTIVO DI COPRIRE AREE CARENTI DI INFORMAZIONI E DI AGGIORNARE I DATI. È ESSENZIALE L'INTEGRAZIONE DI TUTTE LE FONTI INFORMATIVE SULLA STESSA PIATTAFORMA.

Il Crea, con il supporto del Ministero dell'Agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste (Masaf), collabora da anni alla realizzazione di carte pedologiche, ultima delle quali, la Carta dei suoli d'Italia in scala 1:1.000.000 del 2012, con restituzione digitale alla scala 1:500.000 (figura 1 e 3). La carta costituiva un'opera di interesse generale a carattere scientifico, divulgativo e educativo, che aggiornava la precedente, datata 1966 (figura 2) sia in termini di conoscenze sia di metodologie utilizzate.

Nell'ambito del Sistema integrato di monitoraggio (Sim) e in particolare per lo svolgimento dell'azione "Agricoltura di precisione - Banche dati", è stato inserito tra i fabbisogni quello di una carta dei suoli d'Italia in scala 1:100.000. Tale strato informativo andrà ad aggiungersi a quelli già prodotti dal Crea a diverse scale di riferimento (1:10.000.000; 1:5.000.000; 1:1.000.000; 1:500.000). Si tratta, in questo caso, di uno strumento applicativo che potrà costituire la base di riferimento per la conoscenza dei suoli nell'ambito del Sim. Per la sua realizzazione sarà fondamentale l'integrazione di tutte le fonti informative sulla stessa piattaforma di monitoraggio, sia in termini di cartografie e mappe digitali di diversa scala, sia di osservazioni speditive rilevate tramite campagne nazionali o regionali, sia di profili completi di analisi e classificazione raccolti dal Crea e da altre istituzioni regionali o universitarie. Rappresenterà la distribuzione dei principali suoli presenti nel territorio nazionale e costituisce un approfondimento del percorso avviato nel 1999 nell'ambito del progetto Carta dei suoli d'Italia a scala 1: 250.000, finanziato all'epoca dal Mipaaf e realizzato in collaborazione con le istituzioni regionali. Per la sua messa a punto è previsto l'avvio di una campagna di rilievi con il duplice obiettivo di coprire aree carenti di informazione e aggiornare all'attuale i dati pregressi, comunque utili ma spesso

datati. Inoltre, sono in programma eventi dimostrativi volti all'armonizzazione dei metodi di rilevamento e campionamento del suolo. Si prevede l'aggiornamento della manualistica di riferimento per un

rilievo pedologico armonizzato a livello nazionale (Costantini, 2008), in vista di una sua ufficializzazione. Gli eventi dimostrativi saranno volti inoltre a fornire una base metodologica comune di



FIG. 1 CARTA DEI SUOLI D'ITALIA (2012)

La carta realizzata nel 2012 in scala 1: 1.000.000, https://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eudasm/11/2012Carta_Suoli_Italia.jpg.

Fonte: Costantini E.A.C., L'Abate G., Barbetti R., Fantappiè M., Lorenzetti R., Magini S., 2022, "The soil province geodatabase of Italy, storing information of soil typological units and broad soil regions at the 1:1,000,000 and 1:10,000,000 scales, Data set", *Geoderma*, vol. 271, 1 June 2016, pagg. 243-253, Zenodo, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7072306>.

referimento per le metodiche analitiche e per la loro archiviazione in banca dati, e in ultimo per la gestione del software sviluppato dal Crea per catalogare i suoli campionati. Si tratta di un prodotto in fase di sviluppo nell'ambito del Programma congiunto di ricerca europea H2020 Ejpsoil (<https://ejpsoil.eu>), tramite il "Quadro software per un sistema condiviso di informazioni agricole sul suolo" (deliverable 6.4), che si basa sulle solide basi della direttiva Inspire, sfruttando gli ultimi sviluppi nel processo di modernizzazione e semplificazione dei suoi requisiti tecnici nel contesto più ampio della Strategia europea per i dati e del *Data space* del *Green deal*.

Sono previsti accordi con i referenti pedologici regionali e alcune università. Collabora al progetto il personale del Crea: Giuseppe Corti, Lorenzo D'Avino, Roberta Pastorelli, Giuseppe Valboa, Nadia Vignozzi, Stefano Mocali, Giovanni L'Abate, Roberto Barbetti, Chiara Piccini e Mario Finoia, oltre a ulteriori unità in corso di definizione.

Retrospectiva sulla pedologia in Italia nell'ultimo quarto di secolo

Alla fine del secolo scorso, pochi erano i servizi regionali (Provincia di Trento, 1965; Sicilia, 1967 aggiornato al 1988; Sardegna, 1991; Emilia-Romagna, 1994) che avevano già prodotto e pubblicato una cartografia del suolo regionale (scala 1: 250.000). Purtroppo, la densità delle osservazioni, il dettaglio grafico, e soprattutto l'uso di classificazioni pedologiche e legende dimostravano una completa mancanza di armonizzazione. Nell'ambito del programma interregionale "Agricoltura e qualità" misura 5, il Ministero delle Politiche agricole (attualmente Masaf) ha avviato nel 1999 il progetto "Carta dei suoli d'Italia", con l'obiettivo di colmare il vuoto relativo alla disponibilità di una base di conoscenze pedologiche completa e uniforme del territorio italiano (scala 1: 250.000). La necessità di colmare questa lacuna era stata evidenziata a livello europeo come una priorità per affrontare i maggiori rischi di degrado del suolo e definire le politiche ambientali europee. La collaborazione tra l'allora Istituto sperimentale per lo studio e difesa del suolo Issds (poi confluito nel Consiglio per la ricerca in agricoltura Cra, in seguito Crea) e le istituzioni regionali impegnate in prima linea ha portato in circa dieci anni (dal 2003 al 2012) a raccogliere all'interno di un'unica

base dati informazioni pedologiche e mappe. Questo sistema informativo è tutt'ora mantenuto presso il Crea. È costituito da dati pedologici puntuali e poligonali, profili osservati e derivati, e fornisce mappe del suolo e dati a diverse scale di dettaglio.

Nonostante i tentativi di stabilire un'armonizzazione metodologica comune (Costantini, 2000; Costantini e D'Antonio, 2001), ogni Regione definì comunque i propri standard metodologici (sistema di proiezione, metodologie di indagine e descrizione delle osservazioni, tecniche di generalizzazione e report finale). Le mappe regionali non sono quindi risultate sufficientemente armonizzate, né geometricamente né semanticamente (Lupia e Laruccia, 2010).

Mentre le agenzie regionali erano attivamente coinvolte nell'indagine del suolo con l'obiettivo di elaborare il contributo regionale alla mappa del suolo



1: 250.000 dell'Italia, tra le prime azioni intraprese in questo settore dal Ministero italiano dell'Ambiente e del territorio (Mattm) può essere elencata la Carta ecopedologica d'Italia (2003; Angelini, 2006), alla stessa scala di riferimento, commissionata all'Ufficio europeo dei suoli, una struttura dell'Unione europea con sede presso il Centro comune di ricerca (Jrc) della Commissione europea. Risale al 2004 la pubblicazione di un documento tecnico che descrive le principali caratteristiche della rete per il monitoraggio ambientale del suolo (Apat, 2004). La monografia era



FIG. 2 CARTA DEI SUOLI D'ITALIA (1966)

La precedente carta dei suoli realizzata nel 1966 in scala 1: 1.000.000, <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/images/Eudasm/IT/ital23copy.jpg>.

Fonte: Mancini F. (a cura di), 1966, "Carta dei suoli d'Italia Scala 1:1,000,000", Comitato per la carta dei suoli d'Italia, Agaf e Soc. Geografica.

curata dal Centro tematico nazionale "Territorio e suolo", struttura promossa dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (ora Ispra) in forma di rete tra Agenzie regionali, e stilava i primi elementi tecnici più importanti per la struttura di una rete nazionale per il monitoraggio del suolo, in collaborazione con istituti di ricerca, università e regioni. La stessa istituzione cura poi la monografia "Il suolo, la radice della vita" (Apat, 2008), con l'obiettivo di porre le basi della rete nazionale. Questo lavoro vede la luce successivamente al volume "Linee guida dei metodi di rilevamento e informazione dei dati pedologici", edito congiuntamente da Mipaaf, Siss (Società

italiana della scienza del suolo) e Cra (Costantini ed., 2007, aggiornato 2011). Solo grazie alla pubblicazione della Carta dei suoli d'Italia 1: 1.000.000 (Costantini et al., 2013; Dazzi ed., 2013; Costantini et al., 2022; Barbetti et al., 2022) fu raggiunta una vera armonizzazione nazionale. Ulteriori avanzamenti sono stati poi ottenuti tramite la fusione di mappe regionali del suolo in scala 1: 250.000 (Rivieccio, 2020); e la pubblicazione della "griglia di 500 metri di profili derivati del suolo (Dsp) per l'Italia-suoli cella 500" (Fantappiè et al., 2019; Fantappiè et al., 2023, figura 4). Nel 2019, il Ministero delle Politiche agricole alimentari e forestali ha avviato il progetto Soil Hub (19/11/2019 -

30/06/2024) con l'obiettivo di sviluppare conoscenze, strumenti per promuovere la gestione sostenibile del suolo agricolo e una comunità di ricerca integrata che possa interagire con il Programma congiunto europeo e il Partenariato globale del suolo, contribuendo a superare la frammentazione della ricerca e rafforzare le conoscenze al fine di mitigare gli impatti negativi dei cambiamenti climatici sul settore agricolo e sui servizi ecosistemici del suolo (Altobelli et al., 2023).

Il 30 aprile 2021 l'Italia ha presentato alla Commissione europea il Piano nazionale di ripresa e resilienza (Pnrr). La realizzazione della Mappa dei suoli d'Italia 1:100.000 si colloca nell'ambito

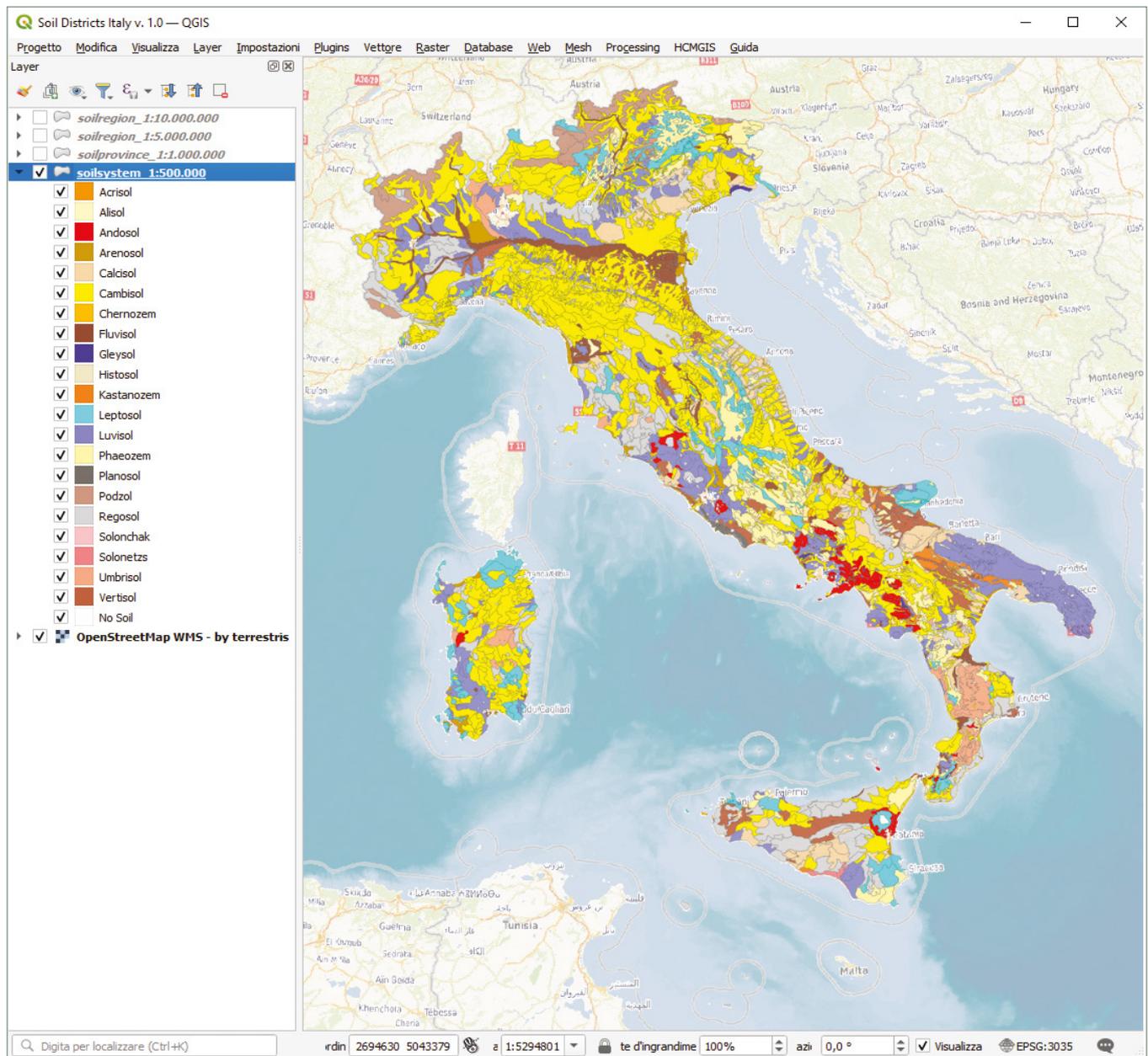


FIG. 3 SISTEMA INFORMATIVO DEI SUOLI ITALIANI
Versione 3.0 (in corso di pubblicazione).

Fonte: l'Abate G., Barbetti R., Costantini E.A.C., Magini S., Fantappiè M., 2022, "Italian soil information system, 1.1, april 2011, Data set", Zenodo, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7085005>.

della Missione 2 - Rivoluzione verde e transizione ecologica, Componente 4 (M2C4) - Protezione del territorio e delle risorse idriche, Misura 1 - Rafforzare la capacità di previsione degli effetti dei cambiamenti climatici, Investimenti 1.1 - Creazione di un sistema avanzato e integrato di monitoraggio e previsione, Applicazioni verticali-2. Agricoltura di precisione. Il progetto preliminare del sistema di monitoraggio è stato approvato nel maggio 2023 (Decreto dipartimentale n. 189 del 10 maggio 2023).

Giovanni L'Abate

Crea

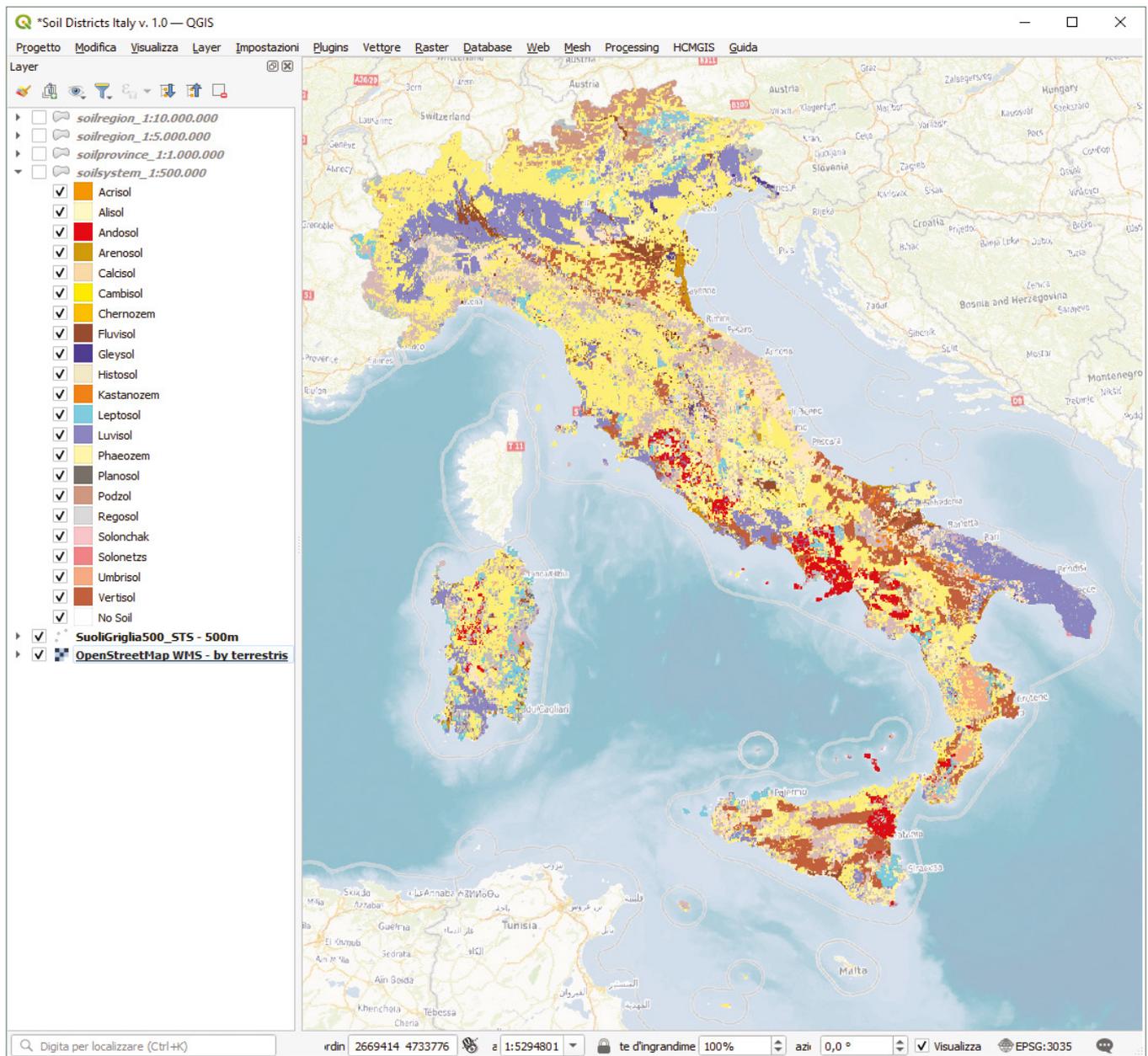


FIG. 4 SUOLI CELLA 500
Versione 1.0, 29 giugno 2019.

Fonte: Fantappiè M., Costantini E.A.C., L'Abate G., 2019, "500-meter grid of derived soil profiles (Dsp) for Italy - SuoliCella500 (1.0) Data set", Zenodo, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7105023>.

STRUMENTI PER LA DEFINIZIONE DEI VALORI DI FONDO NEL SUOLO

IL DLGS 152/2006 SANCISCE LA NECESSITÀ DI DEFINIRE I VALORI DI FONDO DI UN SITO QUALORA GLI ARRICCHIMENTI SIANO RICONDUCIBILI A FENOMENI DI ORIGINE NATURALE O ANTROPICA. IN EMILIA-ROMAGNA SONO STATI REALIZZATI STUDI SPECIFICI SUL CONTENUTO E SULLA BIODISPONIBILITÀ DI METALLI NEI SUOLI AGRICOLI DI PIANURA.

La Commissione europea, attraverso la strategia tematica per la protezione del suolo (Com 2006/231), riconosce il suolo come una risorsa sostanzialmente non rinnovabile che svolge numerose funzioni essenziali per le attività umane e la sopravvivenza degli ecosistemi. Secondo la normativa nazionale, in un procedimento di bonifica di un sito contaminato, le Agenzie regionali di protezione ambientale territorialmente competenti, ai sensi dell'art. 242, comma 13-ter, del Dlgs 152/2006 così come modificato dall'art. 37 della legge 108/2021, devono definire il valore di fondo da assumere qualora un sito presenti, per fenomeni di origine naturale, concentrazioni rilevate superiori alle concentrazioni soglia di contaminazione (Csc), sulla base delle risultanze di uno specifico piano di indagine, nonché di altri dati disponibili per l'area di interesse. Il valore di fondo è un aspetto

imprescindibile per determinare lo stato di contaminazione del suolo, in particolare modo nel caso di metalli e metalloidi che, essendo contenuti naturalmente nei materiali di origine, sono sempre presenti, talora anche con concentrazioni significative.

In ottemperanza agli obblighi normativi Arpae ha istituito nel 2023 un gruppo di lavoro dedicato ai valori di fondo che, nell'ambito della gestione dei procedimenti di bonifica, ai sensi del titolo V del Dlgs 152/2006, supporta la fase di definizione dei valori di fondo, qualora vengano accertati dei superamenti delle Csc nel suolo o nelle acque sotterranee, in assenza di evidenza di eventi potenzialmente contaminanti. Per la definizione dei valori di fondo nei suoli, Arpae si avvale preliminarmente delle conoscenze e delle competenze fornite dall'area Geologia suoli e sismica della Regione Emilia-Romagna.

Nel 2004 la Regione ha avviato uno studio sulla conoscenza del contenuto di alcuni metalli nei suoli agricoli della pianura emiliano-romagnola, utilizzando la metodologia ISO 19258:2018 "Soil quality - Guidance on the determination of background values".

Nello specifico, sono stati prelevati 709 campioni (media di 1 campione ogni 16 km²), scelti effettuando un campionamento tipologico sulla base della carta dei suoli attraverso l'individuazione di gruppi omogenei per tessitura, provenienza e grado evolutivo, definendo così le unità genetiche funzionali (Ugf).

Dall'analisi di questi campioni sono state elaborate la *Carta del fondo naturale* e la *Carta del fondo naturale antropico*, strumenti conoscitivi e di supporto per la valutazione di fenomeni di contaminazione diffusa o puntuale del suolo, necessari a creare le premesse per corrette scelte di gestione territoriale.

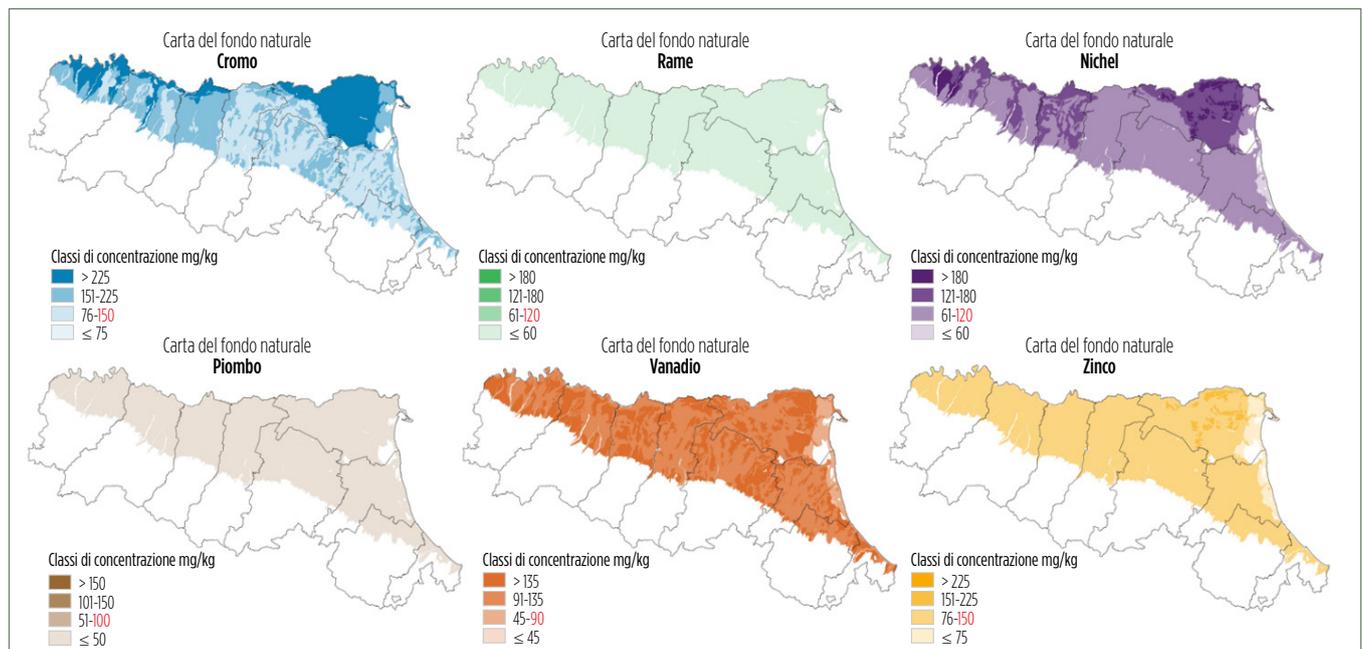


FIG. 1 FONDO NATURALE

Carte del fondo naturale messe a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna. Il valore in legenda in rosso rappresenta il limite di legge secondo il Dlgs 152/2006 (<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/suoli>).

La Carta del fondo naturale o "Pedogeochimica" dei metalli pesanti della pianura (2016, scala 1:250.000) stima la distribuzione areale di sei metalli (cromo, nichel, zinco, piombo, rame e vanadio) nell'orizzonte profondo (*sub soil* 90-140 cm), al fine di descrivere il contenuto naturale dei metalli pesanti dei suoli di pianura. Per realizzare la cartografia è stata effettuata una trattazione statistica dei dati, derivanti da un'analisi Xrf, a seguito dell'individuazione di Ugf in funzione della carta dei suoli, della carta dei bacini e della carta geologica.

La Carta del fondo naturale antropico della pianura (2019, scala 1:250.000) stima la concentrazione nell'orizzonte lavorato dei suoli agricoli (*top soil* 20-30 cm) di nove metalli (arsenico, cadmio, cromo, nichel, zinco, piombo, rame, stagno e vanadio), al fine di creare una *baseline* per la valutazione di eventuali fenomeni di contaminazione puntuale. Per realizzare la cartografia è stata effettuata un'analisi attacco in acqua regia e una lettura Icp-MS dei siti classificati in Ugf, in funzione dei distretti colturali, e successiva spazializzazione attraverso analisi geostatistica. Inoltre la Regione Emilia-Romagna, a partire dai dati disponibili per i due range di profondità (*top soil* e *sub soil*) utilizzati per le cartografie del fondo naturale e del fondo naturale antropico, ha redatto la carta delle anomalie geo-chimiche, al fine di rappresentare lo "stato di salute generale" del suolo. La cartografia "per punti" è stata definita utilizzando l'indice di geoaccumulo che mette a confronto, in corrispondenza di ogni

sito di campionamento disponibile, le concentrazioni di metallo relative alle due differenti profondità.

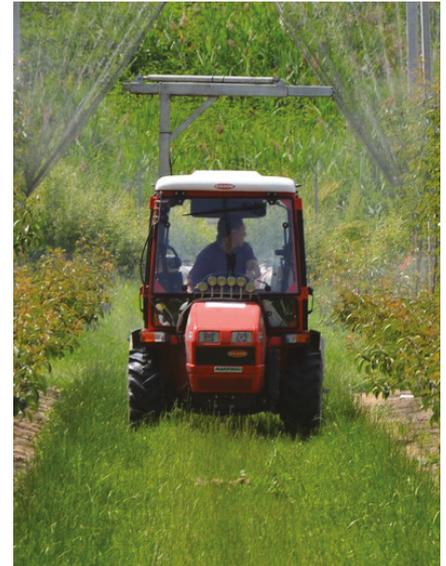
L'analisi integrata di questi prodotti cartografici consente di individuare preliminarmente le aree potenzialmente soggette a maggiore vulnerabilità rispetto ad alcuni metalli.

Ad esempio, nel contesto geologico regionale, si osservano concentrazioni, riconducibili a cause naturali, di cromo e nichel nei sedimenti originati dall'alterazione dei corpi ofiolitici (*parental material*) affioranti nei bacini montani oppure arricchimenti nel top soil riconducibili a pratiche agricole e zootecniche peculiari, in cui vi è un maggiore apporto al suolo di zinco e rame dovuto alle deiezioni zootecniche e al trattamento agronomico con solfato di rame.

Attualmente la Regione Emilia-Romagna sta estendendo le carte del fondo naturale anche all'area appenninica ed elaborando delle analisi dei valori di fondo di altri metalli e inquinanti.

In generale, nella definizione di un valore di fondo in un suolo, la difficoltà principale è dover discriminare la componente naturale di una determinata concentrazione da quella antropica, nonché quella antropica diffusa da quella puntuale; a ciò si aggiunge anche il delicato aspetto riguardante la valutazione del quantitativo effettivamente mobilizzato verso il biota o le acque sotterranee di una determinata concentrazione rilevata.

Per tale ragione, nel 2017, è stata avviata una collaborazione tra Arpae e



Regione Emilia-Romagna finalizzata alla valutazione della biodisponibilità di alcuni metalli pesanti contenuti nel suolo, con l'obiettivo di valutare le quantità di metalli potenzialmente metabolizzabili da recettori umani, rese disponibili dall'interazione con il sistema biologico attraverso l'assorbimento da parte delle piante o a lisciviazione in profondità per azione dell'acqua piovana. Le risultanze di questo studio, dimostrano l'assenza di correlazione tra i contenuti totali di un metallo rispetto a quelli effettivamente biodisponibili, sia verso le acque sia verso le piante.

Alessandra Aprea¹, Rosalia Costantino², Giacomo Zaccanti²

1. Regione Emilia-Romagna

2. Arpae Emilia-Romagna

CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

RICOSTRUIRE LA STORIA DEL SITO CONTAMINATO PER COMPRENDERE L'IMPATTO SULLE MATRICI AMBIENTALI

Il procedimento per la caratterizzazione di un sito contaminato è fondamentale per prevedere e attuare le azioni più opportune al fine di mettere in sicurezza e bonificare l'area.

La caratterizzazione di un sito è costituita da passaggi precisi:

- ricostruzione storica delle attività produttive svolte sul sito
- elaborazione del modello concettuale preliminare del sito e predisposizione di un piano di indagini ambientali finalizzato alla definizione dello stato ambientale del suolo, sottosuolo e acque sotterranee
- esecuzione del piano di indagini e di quelle eventualmente integrative e necessarie alla luce dei primi risultati raccolti
- elaborazione dei risultati delle indagini e dei dati storici e rappresentazione dello stato di contaminazione del suolo, sottosuolo e acque sotterranee
- elaborazione del modello concettuale definitivo
- identificazione dei livelli di concentrazione residua accettabili sui quali impostare gli eventuali interventi di messa in sicurezza o bonifica che si potrebbero rendere necessari a

seguito dell'analisi di rischio.

La caratterizzazione ambientale così elaborata deve essere approvata dalle pubbliche amministrazioni competenti.

I parametri analitici da ricercare sia per il suolo sia per le acque sotterranee sono stabiliti sulla base del ciclo produttivo e sui dati storici, tutte informazioni contenute nel piano di indagine.

Il documento deve inoltre riportare nel dettaglio le operazioni di prelievo e campionamento dei terreni e delle acque sotterranee. Le modalità di prelievo e campionamento descritte costituiscono l'unico protocollo applicabile per la caratterizzazione del sito.

Le indagini effettuate servono per stabilire l'estensione dell'area da bonificare, i volumi di suolo contaminato, le caratteristiche rilevanti dell'ambiente naturale e costruito e il grado di inquinamento delle diverse matrici ambientali. (DM)

Fonte: allegato 2 titolo V parte quarta Dlgs 152/06.

GESTIONE SEMPLIFICATA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

PER SEMPLIFICARE GLI OBBLIGHI NORMATIVI A CARICO DEI PRODUTTORI DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO COME SOTTOPRODOTTI, AI SENSI DEL DPR 120/2017, NEL GENNAIO 2023 ARPAE HA RESO DISPONIBILE UN NUOVO APPLICATIVO INFORMATICO DEDICATO ALLA PRESENTAZIONE DELLE DICHIARAZIONI DI UTILIZZO.

La normativa che attualmente disciplina le terre e rocce da scavo, qualificate come sottoprodotti, è il Dpr n. 120 del 13 giugno 2017 *“Riordino e semplificazione della disciplina sulla gestione delle terre e rocce da scavo”*.

Tra i vari adempimenti previsti, l'art. 21 del decreto prevede che il produttore di terre e rocce da scavo debba inviare all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente e al Comune del luogo di produzione, la dichiarazione di utilizzo contenente caratteristiche e quantitativi destinati all'utilizzo dei materiali da scavare almeno 15 giorni prima dell'inizio delle attività di scavo. Per ottemperare a tale obbligo normativo e per gestire in maniera efficace e informatizzata i dati pervenuti, Arpa ha reso disponibile, a partire dal 16 gennaio 2023, un servizio online rivolto ai produttori di terre e rocce da scavo tramite il quale, previa autenticazione attraverso identità digitale (Spid), gli stessi possono compilare e inviare le dichiarazioni di utilizzo (allegato 6, Dpr 120/2017) e accedere a una sezione personale contenente le pratiche pregresse inviate.

Inoltre, il sistema di gestione informatizzata delle pratiche prevede l'attivazione di un automatismo di *warning* che invia, in prossimità della *“data di presunta ultimazione dell'attività di riutilizzo”* comunicata nella dichiarazione di utilizzo, un'email a titolo di promemoria al produttore delle terre e rocce da scavo per ricordare l'invio della presentazione della dichiarazione di avvenuto utilizzo (Dau, allegato 8, Dpr 120/2017) entro i termini previsti dalla normativa e non incorrere quindi in eventuali sanzioni.

Infine, è stato messo a disposizione degli utenti un indirizzo email per la segnalazione delle problematiche relative alla compilazione online della dichiarazione di utilizzo.

In sintesi, il nuovo sistema di gestione delle pratiche offre notevoli vantaggi, sia



ai produttori di terre e rocce da scavo sia ai tecnici di Arpae nello svolgimento delle attività di vigilanza e controllo:

- semplificazione per il produttore delle procedure di compilazione e invio ad Arpae delle dichiarazioni di utilizzo (nuova attività o modifica, allegato 6, Dpr 120/2017)
- disponibilità per il produttore di uno storico informatizzato, interrogabile e riutilizzabile delle dichiarazioni di utilizzo già trasmesse
- semplificazione dell'attività istruttoria e di vigilanza e controllo svolta dai tecnici di Arpae
- fruibilità immediata dei dati contenuti nelle dichiarazioni attraverso la loro informatizzazione
- acquisizione informatizzata dei dati analitici forniti dai produttori
- elaborazione facilitata degli indicatori ambientali
- facilitazione del rispetto della normativa, per il produttore, attraverso l'invio dei *warning* per ricordare la presentazione della Dau (allegato 8, Dpr 120/2017).

In riferimento all'informatizzazione dei dati acquisiti attraverso il nuovo sistema di gestione delle pratiche, si evidenzia la possibilità di monitorare il flusso delle terre e rocce movimentate

sul territorio regionale anche attraverso l'implementazione di una banca dati, associata a un visore cartografico (WebGis). La banca dati viene popolata, in maniera automatica, con i dati contenuti nelle dichiarazioni di utilizzo pervenute, inclusi i dati degli *screening* analitici forniti dai produttori. Tali dati vengono associati ai siti di produzione, di deposito intermedio e di destinazione, georeferenziati sul territorio regionale dai tecnici Arpae tramite un applicativo specifico e sono automaticamente visualizzati attraverso il visore cartografico dedicato.

L'associazione dei dati analitici alla localizzazione dei siti consente di verificare rapidamente la conformità alle normative ambientali, semplificando sia le attività di monitoraggio, vigilanza e controllo, anche in situazioni di emergenza o in presenza di particolari condizioni ambientali, sia la gestione dell'informazione verso i soggetti interessati poiché le rappresentazioni cartografiche costituiscono uno strumento efficace e immediato per condividere anche informazioni complesse.

Attualmente il WebGis delle terre e rocce da scavo viene utilizzato esclusivamente dai tecnici Arpae, ma si prevede, una volta terminata la fase di test, di renderlo

pubblico e quindi disponibile a tutti gli operatori del settore.

La gestione delle terre e rocce da scavo in Emilia-Romagna

In Emilia-Romagna, dal 2013 al 2023, si è evidenziato un sempre più diffuso ricorso alla gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti. Nel 2023 sono stati prodotti e gestiti come sottoprodotti oltre 2.300.000 metri cubi di terre e rocce da scavo provenienti principalmente da cantieri nei quali sono effettuate opere di edilizia industriale e civile (60%), opere di messa in posto di reti tecnologiche nelle aree urbanizzate (20%) o interventi sul territorio di miglioria fondiaria e ripristino idraulico (15%). La gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti può contribuire allo sviluppo di un'economia circolare nel settore dei materiali inerti, estendendone il ciclo di vita e riducendo la produzione complessiva di rifiuti, nonché l'utilizzo di materie prime: infatti tali terre possono essere destinate a molteplici utilizzi ambientali e ingegneristici, quali la realizzazione di rilevati e riempimenti, compatibilmente con i requisiti ambientali e prestazionali richiesti. In tal senso, un possibile ulteriore sviluppo potrebbe essere quello già individuato per la gestione degli inerti riciclati da costruzione e demolizione

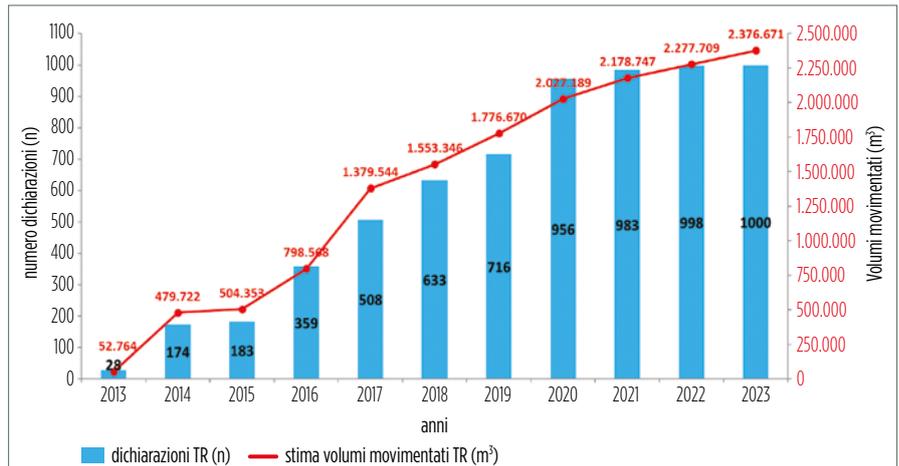


FIG. 1 DATI REGIONALI
Dichiarazioni di utilizzo e volumi di terre e rocce da scavo gestite in Emilia-Romagna dal 2013 al 2023.

dalla Regione Emilia-Romagna che, con delibera n. 2203 del 18/12/2023, ha introdotto il "Market inerti" quale strumento per facilitare l'incontro tra domanda e offerta di questa particolare tipologia di materiali. Il nuovo sistema di gestione delle pratiche relative alle terre e rocce da scavo introdotto da Arpae, associato all'informatizzazione dei dati tecnici e amministrativi e delle caratteristiche qualitative dei materiali movimentati, pone quindi i presupposti per la creazione di un punto di incontro fra domanda e offerta anche per questa tipologia di materiali, che presentano una potenzialità di mercato ancora oggi da valorizzare. L'evoluzione dell'applicativo di Arpae

verso un futuro "Market terre e rocce da scavo" rappresenterebbe di fatto uno strumento concreto sia per l'applicazione di un modello di economia circolare, al fine di accrescere le sinergie tra un sistema economico rigenerativo e le politiche di sviluppo economico, territoriale, sociale e ambientale, sia per rispondere al principio della prossimità, legato allo sviluppo sostenibile, attraverso la minimizzazione degli impatti legati al trasporto.

**Annamaria Benedetti,
Rosalia Costantino, Giacomo Zaccanti**
Arpae Emilia-Romagna

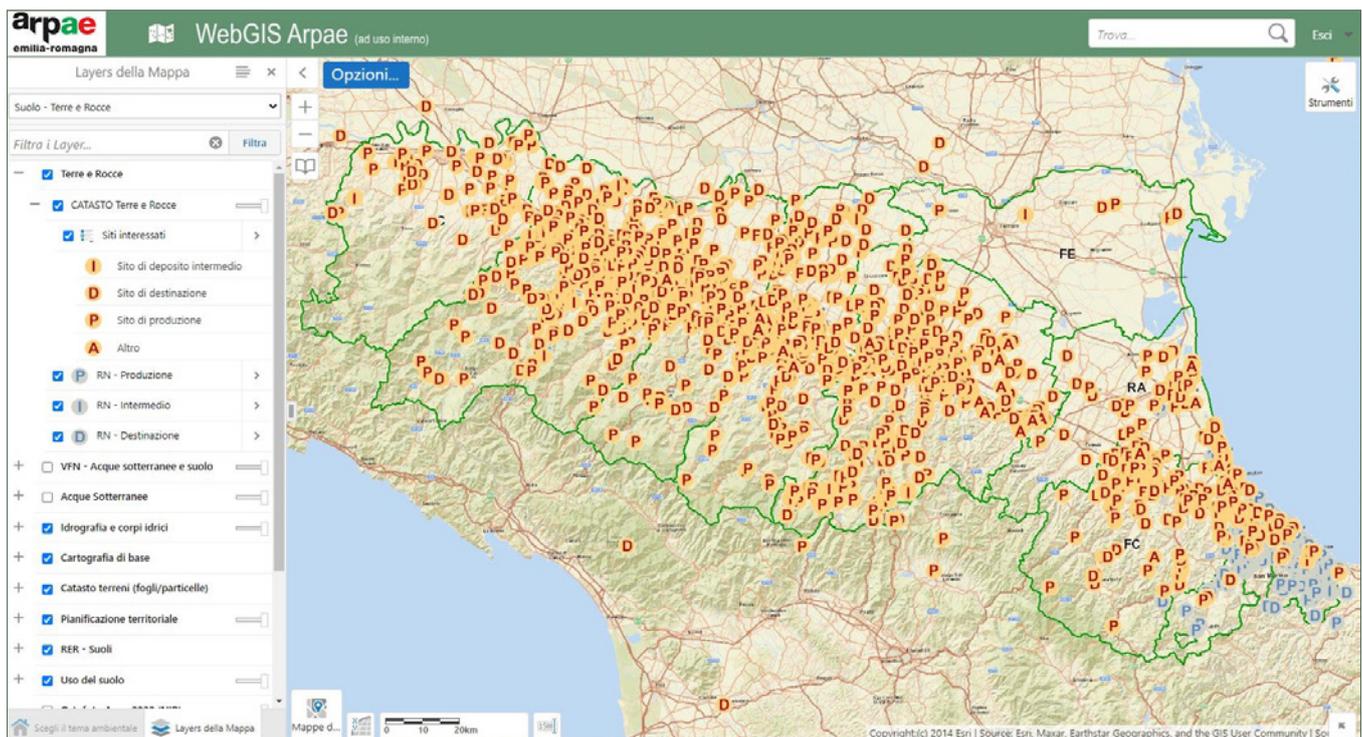


FIG. 2 WEB-GIS ARP AE
Piattaforma utilizzata dall'Agenzia per l'ambiente per il proprio uso interno.

MONITORAGGIO SUBSIDENZA IN EMILIA-ROMAGNA

LA VALUTAZIONE DELLA VELOCITÀ CON CUI IL SUOLO SI ABBASSA IN REGIONE È UN ASPETTO MOLTO IMPORTANTE PER LA GESTIONE E IL CONTROLLO DEL TERRITORIO. L'EVOLUZIONE NEL TEMPO DEL MONITORAGGIO DEI MOVIMENTI VERTICALI DEL SUOLO STA RESTITUENDO UN QUADRO DELLA SITUAZIONE SEMPRE PIÙ AFFIDABILE E COMPLETO.

Il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo nella pianura dell'Emilia-Romagna viene svolto da oltre 20 anni con frequenza quinquennale e il recente aggiornamento della cartografia regionale di subsidenza ha riguardato il periodo 2016-2021. Principale obiettivo del monitoraggio è valutare l'evoluzione del fenomeno della subsidenza, ovvero delle velocità di abbassamento del suolo, per confronto con i risultati dei precedenti periodi di monitoraggio effettuati con la stessa tecnica a partire dal 2006, al fine di valutare le tendenze temporali degli ultimi 15 anni circa.

Le modalità di monitoraggio si sono infatti evolute nel tempo e in Emilia-Romagna si è passati da rilievi topografici effettuati fino all'anno 2005 tramite livellazione geometrica di alta e altissima precisione, utilizzando una rete di capisaldi nella zona di pianura del territorio regionale, all'elaborazione di dati interferometrici satellitari, a partire dall'anno 2005, che restituiscono, con opportune tecniche di elaborazione e calibrazione dei dati, una velocità media di movimento verticale del suolo con un dettaglio temporale e spaziale molto maggiore rispetto le tecniche tradizionali di monitoraggio.

Il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo viene inoltre svolto anche in automatico, ad alta frequenza, in alcuni punti rappresentativi del territorio regionale, attraverso assestimetri che restituiscono 2 misure al giorno di spostamento del suolo riferite alle profondità a cui l'assestmetro è ancorato nel sottosuolo. Nel 2005 sono stati infatti posizionati a Castel Maggiore (BO) due assestimetri alle profondità rispettivamente di 100 m e 200 m per studiare come varia il fenomeno della subsidenza alle diverse profondità e nel tempo (Arpa Emilia-Romagna et al., 2005) e confrontare il risultato rispetto alla subsidenza totale misurata a scala regionale.

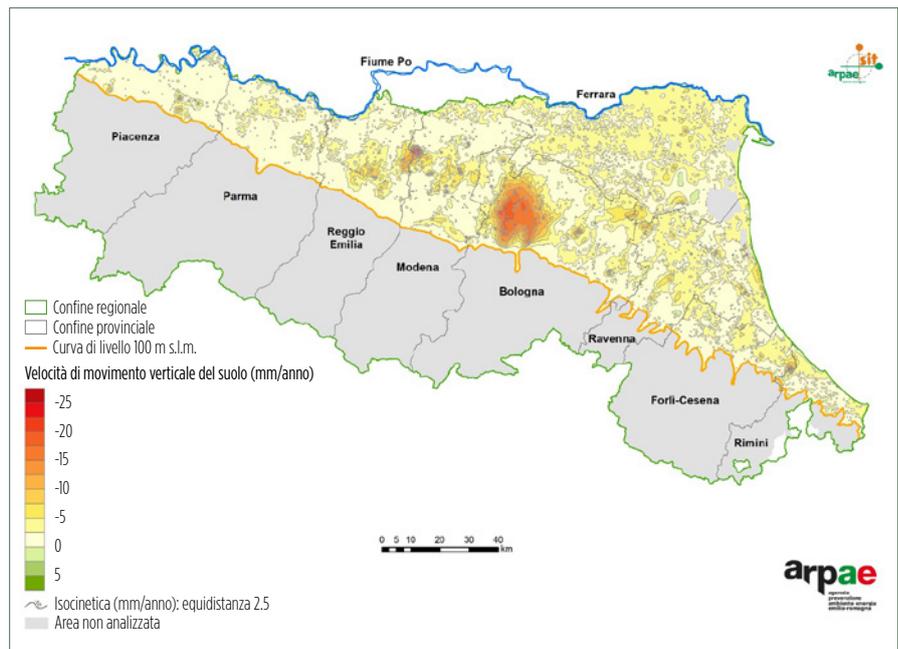


FIG. 1 CARTA DELLE VELOCITÀ
Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2016-2021.

Novità del monitoraggio della subsidenza 2016-2021

Il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo nel periodo 2016-2021 è stato effettuato attraverso l'elaborazione interferometrica dei dati satellitari Sar (*Synthetic aperture radar*), messi a disposizione dalla costellazione dei satelliti Sentinel-1 del programma europeo Copernicus (www.copernicus.eu), utilizzando la tecnica SqueeSAR™ e successiva calibrazione dei risultati tramite i dati di movimento verticale di stazioni permanenti Gns (*Global navigation satellite system*), ottenendo le velocità medie di spostamento annuo del suolo nel quinquennio. Le elaborazioni sono state effettuate da Tre Altamira - Telerilevamento Europa srl, con la collaborazione scientifica del Dipartimento di Ingegneria civile, chimica, ambientale e dei materiali dell'Università di Bologna.

Le attività sono state precedute da una verifica delle evoluzioni tecnologiche intervenute negli ultimi anni nell'ambito del rilievo satellitare e della tipologia di dati radar satellitari disponibili, al fine di disporre di una copertura omogenea dell'intero territorio regionale per il periodo 2016-2021, comprendendo, oltre la porzione di pianura storicamente studiata, anche l'elaborazione per la prima volta dei dati interferometrici nella porzione di territorio collinare-montano dell'Emilia-Romagna. Ulteriore novità metodologica rispetto al monitoraggio progressivo è quella di disporre di acquisizioni satellitari in doppia geometria (movimento dei satelliti nelle orbite ascendente e discendente rispetto all'equatore e polo nord), la cui combinazione permette di valutare oltre gli spostamenti verticali del suolo, come fatto nei rilievi precedenti, di calcolare per la prima volta anche gli spostamenti orizzontali del suolo nella direzione est-ovest.

Elaborazioni svolte per la nuova cartografia di subsidenza 2016-2021

L'analisi interferometrica dei dati Sentinel-1 per il periodo 2016-2021 dell'intero territorio regionale di oltre 22.000 km², ha restituito un dataset contenente i singoli spostamenti e la velocità media di spostamento lungo la linea di osservazione del satellite di 13.555.277 punti di misura a terra, tenendo conto delle zone di sovrapposizione delle 4 track di acquisizione del satellite che comprendono le geometrie ascendenti e discendenti. La combinazione dei dati ascendenti e discendenti ha consentito di ottenere la scomposizione del moto nella componente verticale e orizzontale (est-ovest), attraverso il ri-campionamento su una griglia regolare con maglia 50x50 metri, e restituendo queste informazioni per un totale di 704.444 punti di misura a scala regionale. Il dataset così ottenuto è stato poi calibrato utilizzando 21 stazioni permanenti Gnss e utilizzando ulteriori 7 stazioni Gnss per effettuare la validazione post-elaborazione della calibrazione stessa. I risultati ottenuti dalla validazione della calibrazione si possono considerare del tutto soddisfacenti, con una soglia di incertezza complessiva dell'intera analisi di velocità di spostamento effettuata di circa ±2 mm/anno, valore confrontabile con i precedenti periodi di monitoraggio (Arpae Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna, 2023).

Il dataset così ottenuto è stato sottoposto a verifiche e validazione dei singoli punti di misura al fine di eliminare i dati ritenuti anomali (*outliers*) e non rappresentativi del fenomeno a scala regionale ma generalmente riconducibili

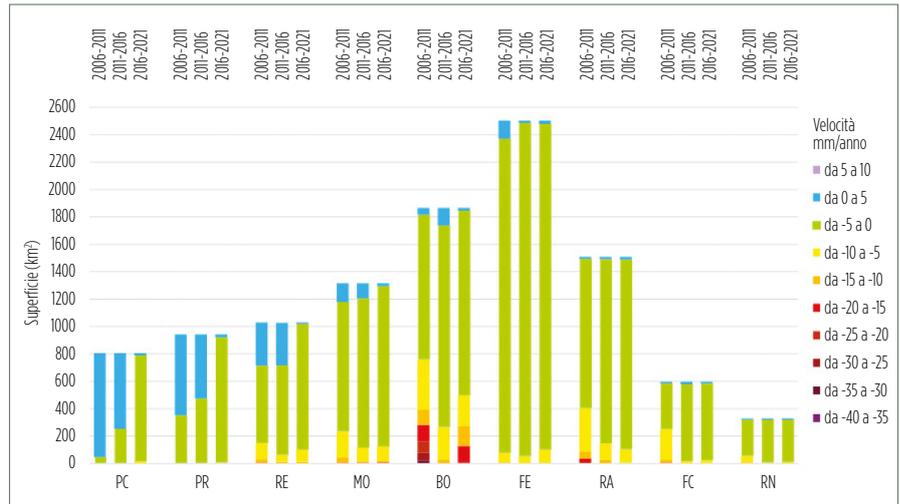


FIG. 2 CLASSI DI MOVIMENTO
Superfici provinciali suddivise per classi di movimento (mm/anno) relative ai periodi 2006-2011, 2011-2016 e 2016-2021.

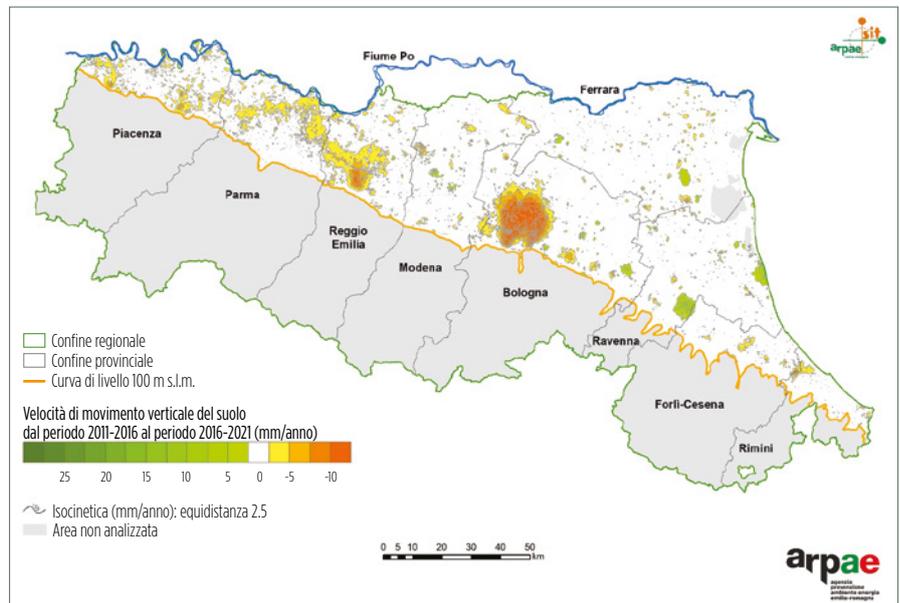


FIG. 3 VARIAZIONI VELOCITÀ
Carta delle variazioni delle velocità di movimento verticale del suolo dal periodo 2011-2016 al periodo 2016-2021.

TAB. 1
CLASSI DI VELOCITÀ DI MOVIMENTO

Superficie di pianura dell'Emilia-Romagna per classe di velocità di movimento verticale e relativa percentuale sul totale nei 3 periodi di monitoraggio dal 2006 al 2021.

Velocità di movimento verticale (mm/anno)	2006-2011		2011-2016		2016-2021	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
da 10 a 5	0,00	0,00%	2,470	0,02%	0,010	0,00%
da 5 a 0	2.014,34	18,49%	1.630,520	14,96%	155,320	1,43%
da 0 a -5	6.964,07	63,91%	8.605,210	78,97%	9.763,990	89,61%
da -5 a -10	1.324,76	12,16%	573,440	5,26%	660,700	6,06%
da -10 a -15	261,05	2,40%	76,710	0,70%	178,650	1,64%
da -15 a -20	159,65	1,47%	7,390	0,07%	131,180	1,20%
da -20 a -25	95,62	0,88%	0,540	0,00%	6,310	0,06%
da -25 a -30	54,92	0,50%	0,030	0,00%	0,170	0,00%
da -30 a -35	21,88	0,20%	0,000	0,00%	0,000	0,00%
da -35 a -40	0,02	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%
TOTALE	10.896,31	100%	10.896,31	100%	10.896,31	100%

ad attività antropiche di gestione del territorio e urbanizzazione. Questa attività ha consentito di ottenere il dataset finale che per la zona di pianura ha permesso di elaborare la cartografia dei movimenti verticali del suolo nel periodo 2016-2021 utilizzando un totale di 552.581 punti di misura. La cartografia finale di subsidenza (figura 1) è stata ottenuta attraverso la spazializzazione delle velocità medie annue di spostamento verticale nel quinquennio 2016-2021 del dataset calibrato e validato, utilizzando un grigliato, con maglia di dimensioni pari a 100x100 metri, co-registrato con i grigliati calcolati nei precedenti periodi di monitoraggio, al fine di supportare le comparazioni dei risultati in ambiente Gis (www.arpae.it/it/dati-e-report/dati-ambientali/il-portale-cartografico-di-arpae). Sono state eliminate dalla cartografia finale le aree occupate dalle acque superficiali di transizione, come ad esempio le Valli di Comacchio, e sono state restituite le curve isocinetiche con passo di 2,5 mm/anno.

Evoluzione del fenomeno della subsidenza a scala regionale

Nell'ultimo rapporto regionale sulla subsidenza [3] sono presentati i risultati degli ultimi 15 anni a scala regionale, per ambito provinciale e per la prima volta anche per ambito comunale. Nel periodo 2016-2021 risulta che la velocità media verticale del suolo nella porzione di pianura è compresa tra 0 e -5 mm/anno nell'89,6% del territorio, il 6,1% nella classe da -5 a -10 mm/anno e il 2,9% nelle classi con velocità inferiore a -10 mm/anno (tabella 1). A scala regionale, dal 2006 al 2021, è progressivamente diminuita la classe di velocità da 5 a 0 mm/anno (in sollevamento) aumentando contestualmente la classe di velocità da 0 a -5 mm/anno, e si sono ridotte progressivamente le classi con velocità di subsidenza più elevate, fino a dimezzare nell'ultimo periodo quella da -5 a -10 mm/anno rispetto al periodo 2006-2011.

Dal confronto delle velocità di movimento dell'ultimo periodo 2016-2021 con il precedente (2011-2016) emerge che l'85,47% del territorio di pianura non presenta variazioni di tendenza significative, l'11,17% è interessato da un incremento dell'abbassamento, mentre una tendenza alla riduzione degli abbassamenti si evidenzia per il 3,36% della superficie. Questi risultati a scala provinciale (figure 2 e 3) evidenziano che le province di Piacenza, Parma e Reggio Emilia presentano una diffusa variazione negativa, mentre in passato avevano sempre evidenziato tendenze medie alla risalita della superficie topografica. Bologna presenta l'ampio areale a nord della città con variazione negativa mentre a est di Bologna si evidenziano alcuni limitati areali in miglioramento e altri in peggioramento. Modena, Ravenna e Ferrara presentano anch'esse alcuni areali in miglioramento, come anche Ravenna che presenta le zone più estese in miglioramento, anche lungo la costa, e zone arealmente

Località	Velocità di abbassamento (mm/anno)				Abbassamento totale 1999-2021 (cm)
	1999-2005	2006-2011	2011-2016	2016-2021	
Foce del Po di Goro (FE)	9	9	4	6	-15
Goro (FE)	10	8	3	5	-14
Boscone della Mesola (FE)	7	5	3	6	-11
Lido delle Nazioni (FE)	10	2	3	5	-11
Porto Garibaldi (FE)	8	3	2	4	-9
Dosso degli Angeli (FE)	13	2	3	4	-12
Casalborsetti (RA)	10	3	2	4	-11
Porto Corsini (RA)	13	7	8	6	-18
Marina di Ravenna (RA)	8	5	4	4	-11
Punta Marina (RA)	10	5	4	4	-12
Lido Adriano (RA)	15	14	11	8	-25
Lido di Dante (RA)	19	21	17	9	-35
Foce Bevano (RA)	11	11	11	7	-22
Lido di Savio (RA)	10	6	5	5	-14
Milano Marittima (RA)	10	7	5	6	-15
Pinarella di Cervia (RA)	8	5	3	3	-10
Cesenatico (FC)	9	5	3	3	-11
Gatteo a Mare (FC)	10	6	3	3	-12
Bellaria (RN)	8	5	2	2	-10
Torre Pedrera (RN)	6	3	3	3	-8
Rimini	9	6	4	3	-12
Cattolica (RN)	4	4	3	3	-7

TAB. 2 VELOCITÀ

Andamento della velocità di movimento verticale del suolo dal 1999 al 2021 lungo il litorale dell'Emilia-Romagna.

molto limitate e frammentate in peggioramento. Infine al confine tra Cesena e Rimini si evidenzia una zona in peggioramento.

Nella provincia di Bologna, in particolare la zona di pianura a nord del capoluogo, ha registrato storicamente valori elevati di subsidenza che nel tempo sono sempre risultati in progressiva diminuzione, e nel precedente rilievo 2011-2016 sono risultati in forte diminuzione e in alcuni areali si sono registrate anche velocità positive (in sollevamento), le cui ragioni erano legate principalmente alla riduzione degli emungimenti di acque sotterranee e al favorevole regime climatico del periodo. La situazione attuale 2016-2021 fa registrare invece un incremento degli abbassamenti in tutto l'areale storicamente critico, ma con tassi meno elevati rispetto il passato.

Sul litorale continua la tendenza, già manifestatasi con il precedente rilievo, a una diminuzione della subsidenza, dove le velocità verticali non superano i 10 mm/anno che si raggiungono nella zona della foce dei Fiumi Uniti tra Lido Adriano e Lido di Dante (vedi *figura 1*). Le velocità riscontrate nell'ultimo periodo risultano in attenuazione rispetto a quelle del periodo 2011-2016, soprattutto da Ravenna a Rimini, dove le velocità di Lido di Dante si sono circa dimezzate (*tabella 2*). Le velocità verticali e orizzontali calcolate per la prima volta nel territorio collinare e montano hanno permesso di fare solo alcune valutazioni molto preliminari in relazione all'inventario dei fenomeni franosi disponibile per l'Emilia-Romagna.

L'analisi infine dei prelievi da acque sotterranee ha evidenziato che dal 2010 al 2018 si è avuta una riduzione media del

6% dei prelievi che ha riguardato tutte le province, a parte un leggero incremento a Bologna per il settore industriale e acquedottistico.

Contestualmente però i livelli medi di falda nel periodo 2016-2021, coincidente con le elaborazioni interferometriche, sono in diminuzione in modo generalizzato in tutte le tipologie di corpi idrici sotterranei di pianura dell'Emilia-Romagna, al contrario di quanto era avvenuto nel periodo precedente 2010-2011 e 2014-2016, quando i livelli di falda avevano subito un significativo incremento prevalentemente per effetto della consistente ricarica meteorica (Arpae Emilia Romagna, 2021). Questo effetto è stato molto evidente nella conoide del Reno-Lavino a nord della città di Bologna, dove la falda era risalita in alcune zone di circa 15 metri, comportando una attenuazione significativa della subsidenza.

Una valutazione delle precipitazioni dal 2006 al 2021 evidenzia come siano diminuite in particolare nella zona ovest del territorio regionale, da Reggio Emilia a Piacenza, e abbia piovuto meno in generale in tutta la fascia della isolina dei 100 m slm, che rappresenta la zona delle conoidi alluvionali appenniniche in cui avviene la ricarica degli acquiferi profondi di pianura. Le condizioni climatiche e in particolare l'entità e il regime delle precipitazioni, a parità di prelievi idrici da acque sotterranee, possono influire sul regime di ricarica naturale degli acquiferi e avere effetti sulle variazioni verticali del suolo, come evidenziato per l'area di conoide Reno-Lavino anche attraverso le valutazioni dei dati automatici ad alta frequenza degli assestimetri congiuntamente ai livelli di falda.

Marco Marcaccio, Marianna Mazzei

Arpae Emilia-Romagna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Arpa Emilia-Romagna, Regione Emilia-Romagna, Autorità di Bacino del Reno, 2005, *Studio della conoide alluvionale del fiume Reno per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche*, Rapporto tecnico a cura di Marco Marcaccio e Andrea Chahoud, Arpa Emilia-Romagna, Bologna, 126 pp., www.arpae.it/it/temi-ambientali/suolo/rapporti/rapporti-subsidenza/conoide-alluvionale-fiume-reno-modello-idrogeologico/view

[2] Arpae Emilia-Romagna, 2021, *Valutazione dello stato delle acque sotterranee 2014-2019*, Rapporto tecnico a cura di Marco Marcaccio e Daniela Lucchini, Bologna, 114 pp., www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-sotterranee/report_acque_sotterranee_er_2014-2019/view

Arpae Emilia-Romagna, Regione Emilia-Romagna, 2023, *Monitoraggio dei movimenti verticali del suolo e aggiornamento della cartografia di subsidenza nella pianura dell'Emilia-Romagna. Periodo 2016-2021*, Rapporto tecnico a cura di Marco Marcaccio e Marianna Mazzei, Arpae Emilia-Romagna, Bologna, 97 pp., www.arpae.it/it/temi-ambientali/suolo/rapporti/rapporti-subsidenza/monitoraggio-movimenti-verticali-suolo-e-cartografia-subsidenza-emilia-romagna-2016-2021.zip



FOTO: REGIONE EMILIA-ROMAGNA

COME MANTENERE LA SOSTANZA ORGANICA NEI SUOLI

IL GRUPPO OPERATIVO SOSFERA HA STUDIATO, NEL CORSO DI TRE ANNI DI LAVORO, L'EFFETTO DI COMPOST E BIODIGESTATI SUI TERRENI E SUI PRODOTTI COLTIVATI. I RISULTATI DIMOSTRANO CHE L'APPORTO DI MATRICE ORGANICA COMPORTA IL MANTENIMENTO E IL MIGLIORAMENTO GENERICO DELLA STRUTTURA E DELLA FERTILITÀ.

Il cambiamento climatico favorisce il decremento della sostanza organica nei suoli. Infatti, nelle aree dell'Europa meridionale l'incremento delle temperature favorisce la decomposizione e la mineralizzazione della materia organica, riducendo il contenuto di carbonio organico, con gravi conseguenze sul suolo (processi di desertificazione) e sulla sua capacità produttiva. In Emilia-Romagna la carta della dotazione della sostanza organica evidenzia lo scarso contenuto di sostanza organica presente in buona parte dei suoli agricoli della pianura. Recentemente si è assistito a un considerevole interesse nell'utilizzo di compost e di biodigestato sia per la necessità di accrescere la sostanza organica nei terreni coltivati, sia per l'incremento della disponibilità di tali materie organiche. Rispetto al letame esse presentano notevoli vantaggi quali, ad esempio, la maggiore reperibilità, i minori costi di trasporto e spandimento, il minor volume, l'odore assente o poco percepibile e l'assenza di semi di infestanti. Inoltre, la reintegrazione e il ricircolo di biomasse ottenute da residui e sottoprodotti della filiera agroalimentare nonché il loro utilizzo razionale consentono di minimizzare il costo ambientale delle materie prime a monte della filiera produttiva, ampliandone contemporaneamente la disponibilità e alimentando un processo virtuoso in un'ottica di economia circolare.

Una strategia di sostegno alla fertilità dei suoli

“L'utilizzo di matrici organiche residui da filiere di produzione agricola aiuta il mantenimento della sostanza organica e della fertilità dei suoli agricoli”: queste, in sintesi, sono le conclusioni del Gruppo operativo “Sosfera -Sostenere la sostanza organica, la fertilità e la qualità delle

ANALISI CHIMICO-FISICA DEL SUOLO (prof. 0-40 CM) - TREBBIANO (Loc. TEBANO)

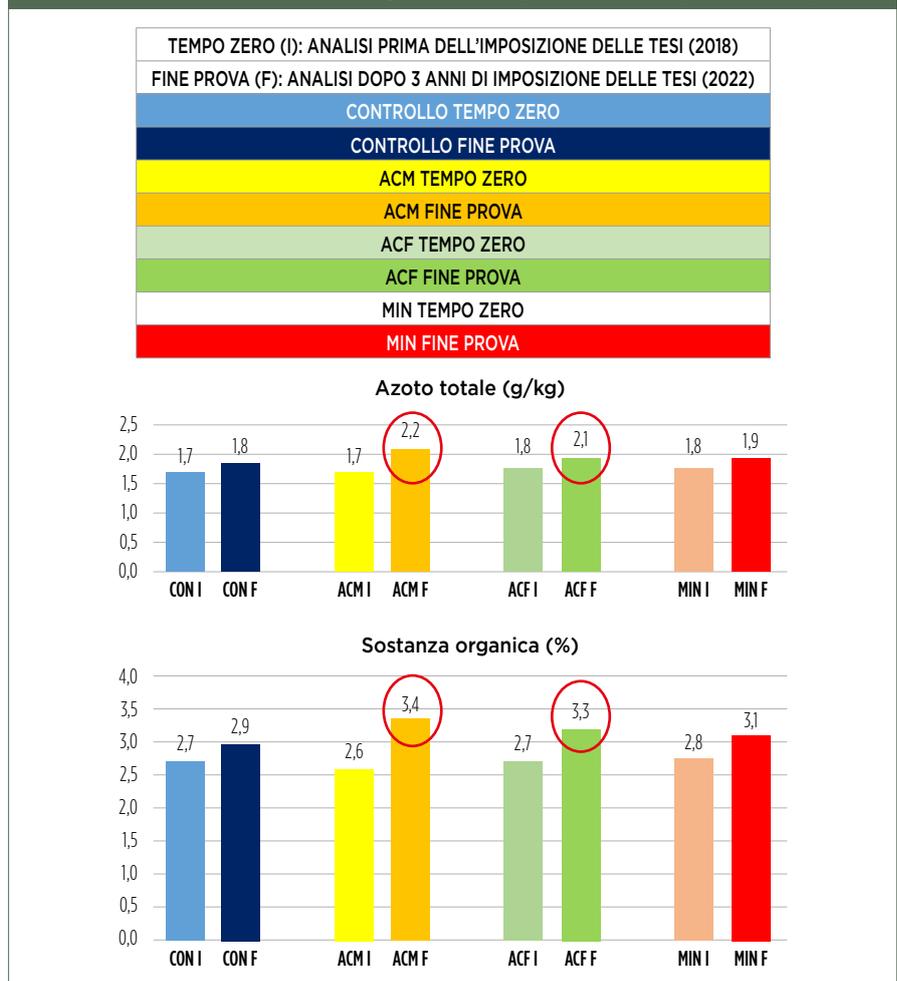


FIG. 1 SITO DIMOSTRATIVO TEBANO

I grafici evidenziano i risultati ottenuti per ciascuna tesi all'interno del sito di Tebano (RA) coltivato a vite.

acque nei suoli emiliano-romagnoli” che ha studiato e monitorato, nel corso di tre anni di lavoro, l'effetto di tali matrici sui suoli e sui prodotti coltivati. Partner di Sosfera sono gli enti di ricerca Astra (capofila), I.Ter, Crea, Rinova, l'azienda agricola Delta Bio e l'ente di formazione Dinamica.

Finanziato nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020¹, il Gruppo operativo è nato con l'intento di promuovere una strategia di sostegno

alla fertilità dei suoli dell'Emilia-Romagna basata su quattro punti centrali:

- favorire l'incremento della sostanza organica nei suoli agricoli utilizzando matrici organiche residui da filiere di produzione agricola
- dimostrare che l'utilizzo di matrici organiche derivanti da residui delle filiere agroalimentari può sostituire le concimazioni azotate
- massimizzare l'efficienza delle risorse microbiche dei suoli coltivati per

migliorarne funzionalità e sanità utile anche alla salute delle colture - mettere a disposizione degli agricoltori siti dimostrativi dell'utilizzo di matrici organiche residui della filiera agroalimentare e, nello specifico, biodigestato e compost che sono stati monitorati per verificarne gli effetti sul suolo e sulla risposta vegeto produttiva delle piante.

Tre siti dimostrativi

Al fine di raccogliere dati tecnici e scientifici sull'effetto di compost e biodigestati di qualità sulle caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche dei suoli e sui prodotti coltivati sono stati attivati tre siti dimostrativi. Tali siti, opportunamente selezionati per essere rappresentativi di tipologie di suoli e usi del suolo diversi, hanno ospitato per tre anni diverse tesi di concimazione, impiegando, oltre alla concimazione tipica aziendale, le seguenti matrici organiche:

- a) digestato palabile ottenuto a seguito del processo di pressatura proveniente dal biodigestore di Conserve Italia (stabilimento di Codigoro), che tratta sottoprodotti della lavorazione di conserve vegetali, fanghi di depurazione e insilato di mais e che deve possedere le caratteristiche previste per legge (regolamento 3/2017)
- b) ammendante compostato fresco (Acf)

e ammendante compostato misto (Acm) Econat, compost di qualità certificata dal marchio qualità del Consorzio italiano compostatori, prodotti entrambi da Enomondo.

All'interno di ciascuna tesi è stato condotto lo studio pedologico fino a 120 cm di profondità, il monitoraggio della sostanza organica e della fertilità dei suoli prima della distribuzione delle diverse matrici organiche e dopo 2 anni di utilizzo, lo studio della componente microbica e le analisi quantitative e organolettiche sui prodotti coltivati. I risultati dimostrano che l'apporto di matrice organica tramite compost e biodigestato comporta il mantenimento e miglioramento generico delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno (struttura e fertilità). La buona gestione di queste matrici richiede l'impostazione di un piano di fertilizzazione prima dell'uso al fine di non eccedere con le dosi e garantire la massima efficienza della concimazione. (figura 1).

La localizzazione degli impianti a supporto degli agricoltori

Gli agricoltori che intendono applicare matrici organiche devono possibilmente fare riferimento a impianti vicini ai propri appezzamenti per contenere i costi di trasporto e le relative emissioni. Pertanto, possono consultare la "Carta

della localizzazione degli impianti di digestione anaerobica e degli impianti di compostaggio in relazione alla dotazione di sostanza organica dei suoli della pianura emiliano-romagnola, strato 0-30 cm" predisposta all'interno del Go Sosfera. Essa ha il duplice scopo di informare l'utente sulla dotazione di sostanza organica presente nei suoli della pianura emiliano-romagnola, oltre che indicare l'ubicazione dei siti (impianti di digestione anaerobica e impianti di compostaggio) a cui ci si può rivolgere per recuperare le matrici organiche utili alla fertilizzazione dei propri suoli. Nello specifico la carta riporta la localizzazione - fornita dal Servizio Osservatorio energia, rifiuti e siti contaminati di Arpa - di 194 impianti di digestione anaerobica e di 21 impianti di compostaggio sulla base cartografica della "Carta della dotazione in sostanza organica dei suoli di pianura emiliano-romagnola strato 0-30 cm" (scala 1:50.000) realizzata dal Servizio Geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna. Il giudizio sulla dotazione di sostanza organica si fonda sul presupposto che la capacità di accumulare sostanza organica è suolo-specifica, ossia dipende non solo da fattori climatici e di gestione agronomica del suolo, ma anche dalle caratteristiche chimico-fisiche come il contenuto di argilla, limo e sabbia. Ad esempio, considera che i suoli sabbiosi hanno una minore capacità di accumulo rispetto ai suoli argillosi, tanto che un contenuto



di sostanza organica compreso tra 1,5 e 2% è giudicato nella classe di media dotazione diversamente dai suoli argillosi per cui lo stesso contenuto rientra in un giudizio di bassa dotazione.

La carta evidenzia che una buona parte dei suoli della pianura emiliano-romagnola ricade in un giudizio di scarsa dotazione di sostanza organica e che pertanto è necessario intervenire con buone pratiche di concimazione organica. Allegato alla cartografia è possibile consultare l'elenco che riporta gli indirizzi dei vari impianti siglati in carta per facilitare ulteriormente la loro localizzazione (figura 2).

La cartografia è disponibile in formato pdf e scaricabile nel sito web del Go Sosfera².

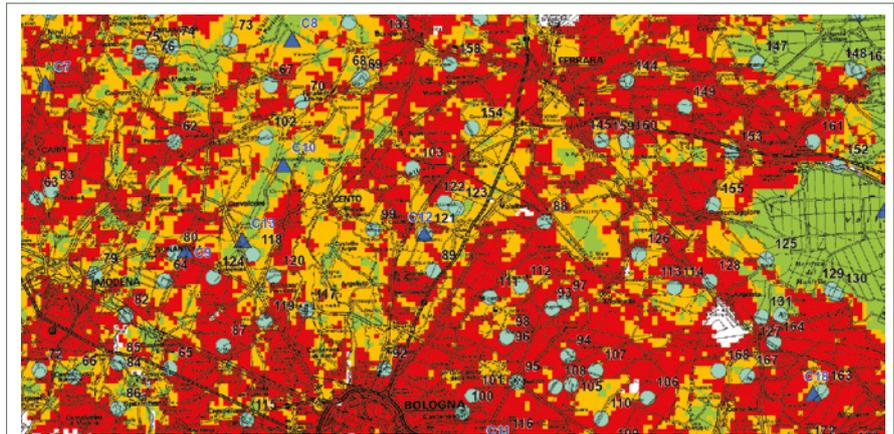
Carla Scotti¹, Stefania del Vecchio², Giovanni Nigro², Sofia Francesconi³

1. I.Ter
2. Rinova
3. Astra

NOTE

¹ Psr 2014-2020, Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: "produttività e sostenibilità dell'agricoltura" –Focus Area 4B – Progetto "Sostenere la sostanza organica, la fertilità e la qualità delle acque nei suoli emiliano-romagnoli".

² <https://bit.ly/sosfera>



Localizzazione degli impianti (fonte: Arpae, Servizio Osservatorio energia, rifiuti e siti contaminati)

- ▲ C12 Impianti di compostaggio (anno 2021)
- 12 Impianti di digestione anaerobica (anno 2020)

Dotazione di sostanza organica (fonte: Regione Emilia-Romagna, Settore Difesa del territorio, Area Geologia, suoli e sismica):

Giudizio	Dotazione di sostanza organica %			Classe di dotazione per schede standard
	Terreni sabbiosi (S-SF-FS)	Terreni medio impasto (F-FL-FA-FAS)	Terreni argillosi e limosi (A-AL-FLA-AS-L)	
Molto basso	<0,8	<1,0	<1,2	Scarsa
Basso	0,8-1,4	1,0-1,8	1,2-2,2	Normale
Medio	1,5-2,0	1,9-2,5	2,3-3,0	Elevata
Elevato	>2,0	>2,5	>3,0	Elevata

Schema di valutazione secondo Dpi - Norme generali

FIG. 2 STRALCIO DELLA CARTA DELLA DOTAZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA

Nella cartografia sono localizzati e siglati gli impianti che possono fornire matrici organiche; le sigle consentono di consultare l'elenco allegato in cui sono riportati gli indirizzi precisi di ubicazione.



AGRIFORESTER, CONOSCERE E GESTIRE I SUOLI FORESTALI

IL BOSCO, RICCO DI BIODIVERSITÀ, SEQUESTRA IL CARBONIO, FORNISCE UNA GRANDE VARIETÀ DI SERVIZI ECOSISTEMICI E CONTRIBUISCE AL CONTRASTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO. È INDISPENSABILE CHE SIA BEN GESTITO E CHE SIA RICONOSCIUTO L'IMPORTANTE RUOLO DELLE AZIENDE AGRICOLE E FORESTALI CHE LO CUSTODISCONO.

L'Italia è sempre più verde: boschi e foreste avanzano occupando le superfici agricole in abbandono. Lo conferma l'ultimo inventario forestale nazionale: oltre un terzo del Paese è coperto da boschi, la cui superficie è aumentata del 20% in circa 10 anni. Anche in Emilia-Romagna la superficie forestale si è espansa arrivando a coprire 611.000 ettari, un quarto dell'intero territorio regionale. Nello specifico va considerato che la maggior parte della superficie forestale regionale afferisce a proprietà privata caratterizzata da una notevole frammentazione e che circa 20.000 ettari sono localizzati in pianura mentre il resto ricopre l'Appennino. Il piano forestale regionale conferma che la causa principale dell'aumento della superficie boschiva è determinata dai processi naturali di espansione del bosco su ex coltivi e pascoli non più gestiti a causa del processo di continuo abbandono sia insediativo sia produttivo delle aziende agricole e forestali in collina e montagna. Quindi, se l'aumento della superficie occupata dalle foreste costituisce un elemento positivo non si può non tenere conto che la forte tendenza all'abbandono porta alla mancanza di presidio e tutela del territorio.

La buona gestione preserva i servizi ecosistemici dei suoli forestali

La buona gestione forestale e del territorio consente di preservare, mantenere o migliorare i servizi ecosistemici forniti dal suolo:

- *servizi di supporto*: includono il sostegno alla vita delle piante, degli animali e delle attività umane e al ciclo degli elementi della fertilità (azoto, fosforo e potassio)
- *servizi di approvvigionamento*: comprendono la fornitura di alimenti, fibre, combustibile, legname e acqua, materie prime grezze

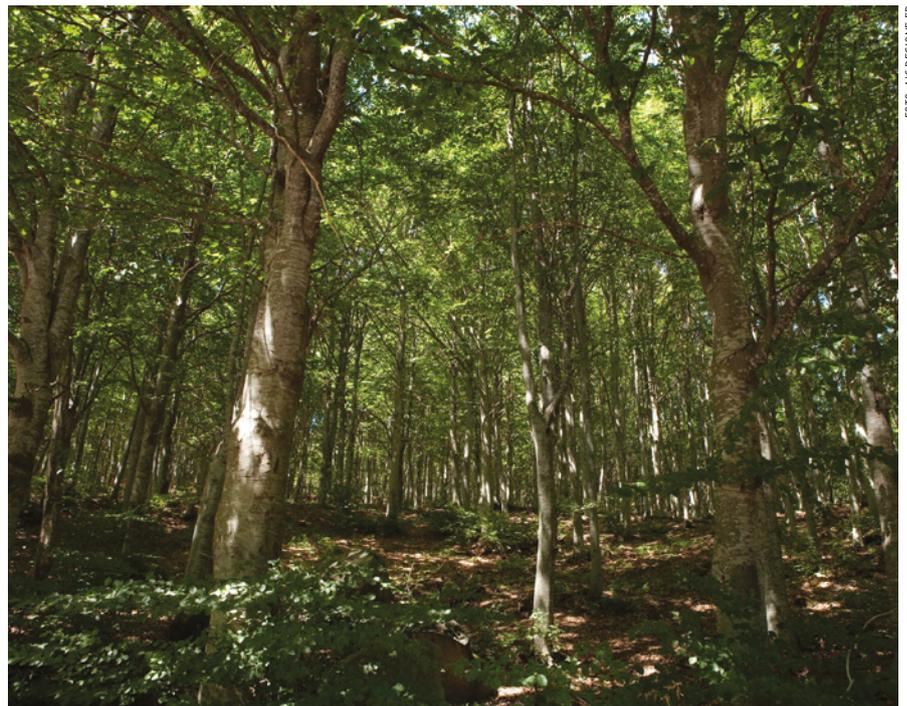


FOTO: A.C. REGIONE ER

- *servizi di regolamentazione*: riguardano il ciclo dell'acqua e la sua qualità, il sequestro di carbonio, la regolazione del clima, il controllo delle inondazioni e dell'erosione

- *servizi culturali*: benefici estetici e culturali, turistico ricreativi derivanti dall'utilizzo del suolo.

L'Ipcc (Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico) ritiene che la gestione forestale sostenibile rappresenti un importante strumento di mitigazione climatica, grazie alla capacità di immagazzinare carbonio attraverso la fotosintesi clorofilliana, che "cattura" anidride carbonica e accumula carbonio organico nei tessuti delle piante stesse e lo porta al suolo. In questo contesto a livello mondiale (Fao) è riconosciuto che nel suolo siano stoccate le maggiori riserve di carbonio: circa due terzi del carbonio organico degli ecosistemi terrestri, ovvero il doppio di quello contenuto in atmosfera e il triplo di

quello presente complessivamente nella biosfera epigea.

I principali risultati del Gruppo operativo Agriforester

"Il bosco, come risaputo, è ricco di biodiversità, sequestra carbonio e fornisce una grande varietà di servizi ecosistemici: dalla difesa del suolo dall'erosione e dal dissesto idrogeologico, alla ritenzione delle riserve idriche, dalla custodia della flora al sostentamento e rifugio per la fauna, e contribuisce nel contrasto del cambiamento climatico. È però indispensabile e necessario che sia gestito nel rispetto delle norme vigenti e che sia riconosciuto l'importante ruolo delle aziende agricole e forestali che, con la buona gestione forestale, custodiscono il suolo e il territorio". Queste, in sintesi, sono le conclusioni del Gruppo operativo "Agriforester - linee guida per la gestione

sostenibile, la valorizzazione dei servizi ecosistemici e del sequestro di carbonio nel sistema forestale emiliano-romagnolo” che ha studiato e monitorato, nel corso di tre anni di lavoro, alcuni boschi di pianura, collina e montagna. Partner di Agriforester sono gli enti di ricerca I.Ter (capofila), l’Università di Bologna, quattro aziende agroforestali e l’ente di formazione Dinamica.

Finanziato nell’ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020, il Gruppo operativo è nato con l’intento di promuovere una strategia di sostegno alla buona gestione del suolo forestale basata sui seguenti punti focali:

- stimare l’immagazzinamento di carbonio organico nel suolo forestale
- conoscere la diversità funzionale e la diversità genetica delle comunità microbiche che vivono negli habitat dei suoli studiando i processi di formazione delle sostanze uniche e la loro qualità
- monitorare la presenza della microfauna nel suolo forestale (Indice di qualità biologica del suolo: Qbs-ar)
- monitorare e valorizzare i servizi ecosistemici
- valorizzare la buona gestione forestale condividendo con i partner le “Linee guida per la gestione sostenibile, la valorizzazione dei servizi ecosistemici e del sequestro di carbonio nel sistema forestale emiliano-romagnolo”.

Il monitoraggio dei servizi ecosistemici dei suoli forestali

Al fine di raccogliere dati tecnici e scientifici sono stati attivati specifici monitoraggi per valorizzare i servizi ecosistemici dei suoli forestali presenti nei boschi delle quattro aziende partner collocate in diversi territori rappresentativi degli ambienti di pianura, collina e montagna. All’interno di ciascun sito è stato condotto lo studio pedologico fino a 120 cm di profondità o allo strato roccioso, il monitoraggio della sostanza organica e della sua qualità, valutazione dell’indice di fertilità biologica e dell’efficienza delle comunità microbiche, batteri e funghi, dell’indice di qualità biologica dei suoli Qbs-ar.

Sequestro di carbonio nei suoli forestali

Gli studi e le ricerche di Agriforester hanno confermato la buona capacità del suolo di immagazzinare carbonio. Essa dipende dalle caratteristiche dei suoli stessi, dalla posizione morfologica nel versante e dalla tipologia dei boschi.

In sintesi, i suoli di pianura utilizzati a bosco hanno una buona capacità di immagazzinamento in quanto non interessati dai processi di erosione che invece riguardano i suoli dell’Appennino. I suoli forestali dell’Appennino però evidenziano una sequenza di orizzonti organici (lettiera, organico emalterato e organico umificato) non presente nei suoli forestali di pianura a causa del clima più caldo e arido. Dall’analisi degli humus si è evidenziato che i suoli di pianura e quelli di montagna sottoposti a erosione generalmente non presentano l’orizzonte organico alterato. Questa frazione è molto importante per i processi di approfondimento lungo il profilo e di stabilizzazione della sostanza organica e quindi dei processi interessati al sequestro di carbonio organico nei suoli. I grafici illustrano la stima della capacità

dei suoli di immagazzinare carbonio nei primi 30 cm di suolo in diverse tipologie di ambienti forestali e la potenzialità complessiva di carbonio immagazzinato nei boschi regionali di pianura e dell’Appennino (figure 1 e 2).

Le funzioni ecologiche delle comunità microbiche e la biodiversità dei suoli

Le funzioni ecologiche e la valutazione dello stato di “stress” delle comunità microbiche sono state monitorate nelle diverse aziende attraverso la quantità di carbonio della componente microbica (carbonio microbico) e la sua attività potenziale di respirazione basale (emissione di CO₂) e calcolando l’indice di Dilly che evidenzia l’efficienza dell’utilizzo del carbonio organico del suolo da parte delle comunità microbiche. I risultati hanno evidenziato una buona

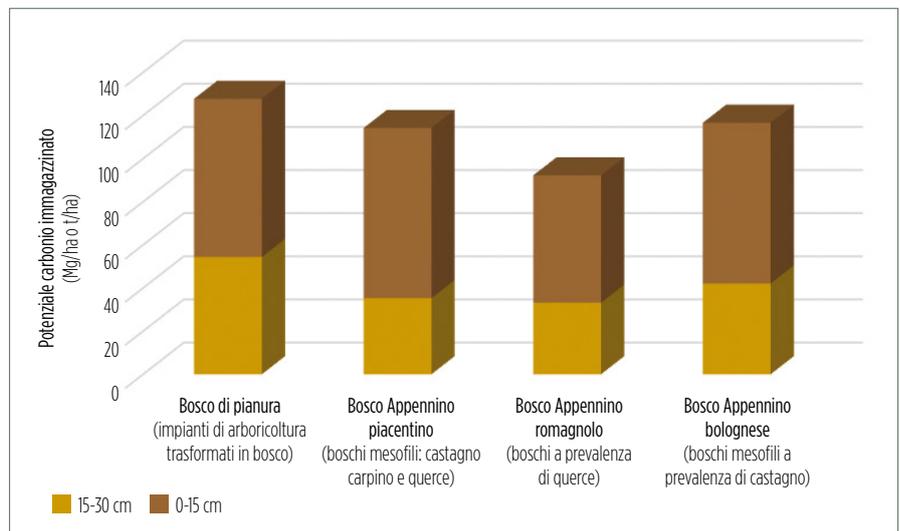


FIG. 1 CARBONIO IMMAGAZZINATO IN DIVERSE TIPOLOGIE DI AMBIENTI FORESTALI
Stima della capacità media dei suoli dei siti monitorati di immagazzinare carbonio nei primi 30 cm.

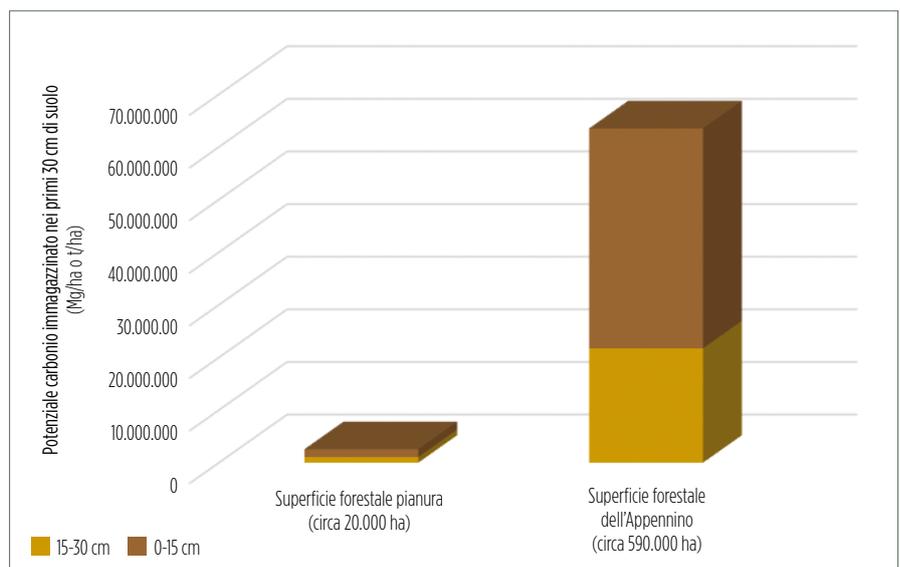


FIG. 2 SEQUESTRO DI CARBONIO NEL SISTEMA FORESTALE EMILIANO-ROMAGNOLO
Potenzialità del sistema forestale emiliano-romagnolo di immagazzinare carbonio nei primi 30 cm di suolo.

efficienza (valori soglia <100 e compresi tra 100 e 200) nell'immagazzinare carbonio organico nel suolo forestale, anche se il suolo di pianura presenta comunità microbiche poste sotto stress e con una minore efficienza (indice di Dilly >200) probabilmente a causa degli aspetti climatici, come sopra evidenziato. I suoli dei boschi di castagno sono stati indagati per la valutazione della biodiversità delle strutture delle comunità microbiche, sia batteriche sia fungine, dei diversi orizzonti genetici, con estrazione di Dna. Si è potuto constatare come essi presentino elevati indici di diversità (Shannon) tra i diversi orizzonti e come gli strati profondi, a contatto litico, siano ricchi di popolazioni microbiche e fungine. Si sono individuati anche i diversi ruoli delle comunità fungine evidenziando una diversità funzionale del tipo di micorrizze presenti nel suolo (per esempio: micorrizze arbuscolari, ectomicorrizze e saprofiti del suolo). Queste comunità svolgono un ruolo determinante nei processi legati al sequestro di carbonio. La valutazione della biodiversità dei suoli è stata eseguita anche applicando l'indice di Qualità biologica del suolo (Q_{bs}-ar), in due stagioni (primavera e autunno)



FIG. 3 ALCUNE FORME BIOLOGICHE RILEVATE NEI SUOLI FORESTALI

In a) Paupode; b) Proturo; c) Chilopode litobiomorfo; d) Sinfilo; e) Dipluro predatore. Foto e analisi di Fabio Gatti.

tramite lo studio delle comunità dei taxa degli artropodi, che vivono nei suoli dei boschi delle quattro aziende partner (figura 3). Gli organismi animali che vivono nel suolo sono particolarmente sensibili ad alterazioni di origine naturale o antropica degli equilibri chimico-fisici che caratterizzano il suolo; per questo motivo tali organismi si possono considerare buoni indicatori delle

condizioni ambientali. I valori registrati nelle varie aziende risultano superiori ai livelli osservabili in sistemi agricoli e in linea con i valori già riscontrati in aree a copertura boschiva (Menta et al., 2011).

Carla Scotti¹, Livia Vittori Antisari²

1. I.Ter
2. Università di Bologna



FOTO: AIC REGIONE ER

SUOLO, UNA RISORSA DA CONOSCERE E PROTEGGERE

NON UN SOLO SUOLO MA TANTI SUOLI, DIVERSI TRA LORO CON CARATTERISTICHE PECULIARI CHE INFLUENZANO GLI ECOSISTEMI E L'UTILIZZO DA PARTE DELL'UOMO E DELLE SPECIE ANIMALI E VEGETALI. SU QUESTI PRESUPPOSTI L'ARPA VENETO HA CRESCIUTO LA PROPRIA ESPERIENZA E CONOSCENZA PER LA TUTELA DI QUESTA IMPORTANTE RISORSA.

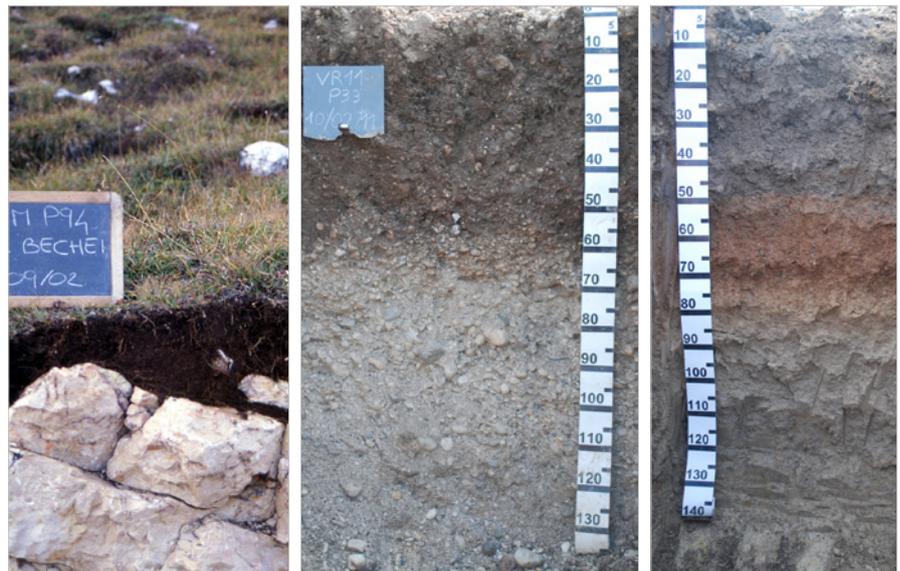
Il suolo è una risorsa limitata, un sistema in equilibrio la cui formazione richiede tempi molto lunghi e la cui alterazione influisce non solo sulla sua capacità produttiva, ma anche sulle dinamiche di erogazione di tutti i servizi ecosistemici che esso fornisce all'uomo e al pianeta, grazie alla complessità delle sue funzioni. I servizi ecosistemici attribuibili al suolo sono raggruppati in categorie principali tra cui:

- servizi di supporto per le attività di costruzione di infrastrutture e insediamenti umani
- servizi di regolazione di quantità e qualità dei flussi d'acqua, di carbonio e dei nutrienti, nella prevenzione dall'erosione ecc.
- servizi di produzione per l'alimentazione umana e animale e come fonte di materie prime
- servizi culturali e ricreativi come habitat di una grandissima varietà di specie animali e vegetali.

Questa complessità, non sempre percepita a sufficienza dal pubblico, unitamente all'importanza della matrice suolo per la vita e il sostentamento dell'uomo, meritano investimenti in termini di conoscenza finalizzata alla conservazione e al miglioramento di una risorsa finita e sostanzialmente non rinnovabile.

Le attività di Arpav sul suolo

L'unità organizzativa Qualità del suolo di Arpa Veneto esegue da oltre vent'anni, su mandato della Regione, lo studio dei suoli e il controllo delle sue caratteristiche, attraverso attività di cartografia, monitoraggio e protezione. Il servizio gestisce la banca dati regionale dei suoli (figura 1) che raccoglie a oggi circa 39 mila osservazioni e i dati di oltre 20 mila campioni analizzati, dei quali oltre 17 mila sono conservati nella pedoteca di Arpav, nella sede di Treviso (foto 2).



1

Il servizio suoli si avvale per le determinazioni analitiche di un laboratorio interno ad Arpav accreditato da Accredia che fa riferimento principalmente ai metodi ufficiali di cui al Dm 13/09/1999 e smi (Mipaf, 1999; Mipaf, 2002). Lo studio sistematico dei suoli del Veneto da parte di Arpav sin dalla fine degli anni '90 ha portato all'elaborazione di carte pedologiche che forniscono la base di qualsiasi valutazione su minacce di degradazione e misure per ridurne il rischio, nonché per la definizione di attività di monitoraggio e di protezione della risorsa.

Carta dei suoli

La carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000 pubblicata nel 2005 e aggiornata nel 2015 descrive 217 unità cartografiche (porzioni di territorio omogenee per distribuzione e tipi di suolo presenti) e 267 tipologie di suolo principali, fornisce un inquadramento armonizzato delle conoscenze pedologiche regionali acquisite nel tempo

e alle diverse scale ed è consultabile in maniera interattiva all'indirizzo <https://gaia.arpa.veneto.it/maps/271>. A maggior dettaglio (scala 1:50.000) è disponibile anche la cartografia interattiva dei suoli della pianura veneta (a esclusione di una parte della pianura veronese attualmente in elaborazione) e di parte delle fasce collinari e prealpina (figura 2) che rende consultabili online, cliccando sulle diverse località, descrizioni e fotografie di 551 unità cartografiche e 481 tipologie di suolo (<https://gaia.arpa.veneto.it/maps/778>).

La disponibilità di cartografia pedologica ha permesso l'elaborazione di numerose carte applicative (figura 3) a diversi livelli di dettaglio e complessità, il cui

- 1 I suoli sono molto diversi tra loro a seconda del paesaggio e dei fattori ambientali che ne determinano la formazione.
- 2 Pedoteca di Arpav dove sono conservati i campioni.
- 3 Campioni di suolo raccolti in ambienti di formazione diversi.
- 4 Laboratorio di analisi di Arpav.

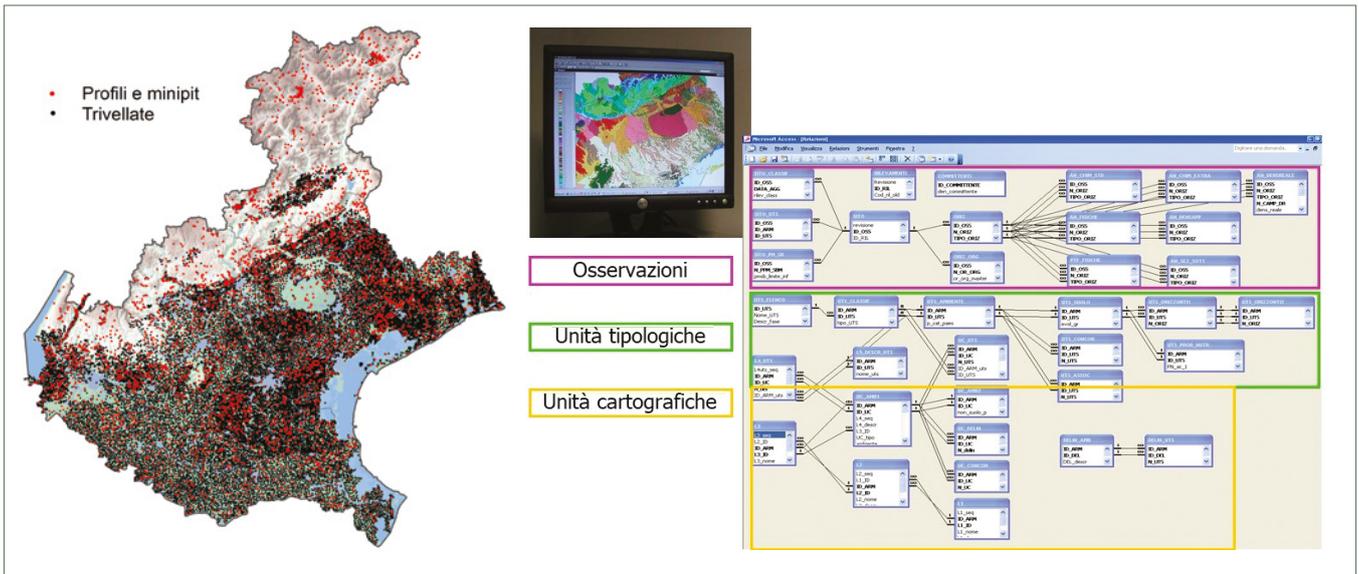


FIG. 1 BANCA DATI
Osservazioni pedologiche (profili, trivellate) in Veneto (a sinistra) e relativa banca dati relazionale con sistema informativo geografico per la gestione della cartografia (a destra).

scopo è rappresentare la distribuzione spaziale di determinate caratteristiche del suolo, per scopi specifici. Queste carte tematiche risultano facilmente comprensibili e utilizzabili da parte di specialisti di varie discipline, a differenza delle carte pedologiche di base, caratterizzate da notevole mole informativa, spesso comprensibile solo agli esperti del settore. Alcune carte applicative rappresentano spazialmente proprietà del suolo (ad esempio carte della tessitura, permeabilità, salinità, contenuto in carbonio organico ecc.), altre vengono elaborate incrociando più strati informativi con l'impiego di schemi di valutazione (carta di capacità d'uso dei suoli o del gruppo idrologico) o ancora attraverso l'uso di modelli quantitativi, come avviene per la valutazione della capacità protettiva dei suoli o della vulnerabilità ad alcuni prodotti fitosanitari.

Carte pedologiche e carte applicative sono disponibili sul sito di Arpav (www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/soilo) e sul geoportale Gaia (<https://bit.ly/gaia-arpav>) dove sono presenti, consultabili e scaricabili circa 40 strati cartografici diversi, 11 mappe e 18 documenti.

Il monitoraggio del suolo

Sulla base della solida conoscenza dei suoli regionali si innestano le attività di monitoraggio di Arpav che diventano cruciali per fornire informazioni utili a comprendere le variazioni nel tempo delle caratteristiche più sensibili dei suoli e a sviluppare strumenti e strategie di protezione adeguati, in



2



3



4

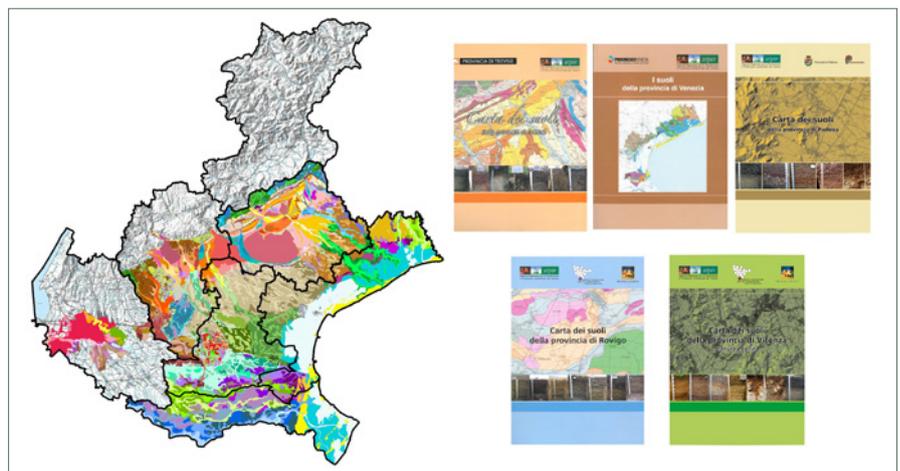


FIG. 2 CARTA DEI SUOLI
A sinistra la carta dei suoli interattiva, in scala 1:50.000. A destra le singole carte dei suoli provinciali pubblicate da Arpav.

continuo approfondimento degli effetti delle attività antropiche e delle loro conseguenze sulla qualità dei suoli. Arpav ha in corso da oltre un decennio, diverse attività di monitoraggio del suolo, in particolare sui suoli agricoli interessati dallo spandimento di effluenti di origine zootecnica, sul contenuto in metalli e metalloidi e relativa definizione dei valori di fondo, sulla concentrazione di microinquinanti organici e sulla qualità biologica dei suoli. Negli ultimi anni, con l'emanazione della nuova strategia Ue per il suolo per il 2030 – Com 699 approvata il 17/11/202, Swd (2021) 323 – e successiva proposta di direttiva sul monitoraggio e la resilienza del suolo – Com 416 del 05/07/2023 –, si stanno mettendo a sistema tutte le menzionate attività di monitoraggio, costituendo una rete complessiva e organica, distribuita sul territorio regionale, che consideri le peculiarità dei diversi suoli, sulla base della conoscenza e dell'esperienza acquisite in passato.

Arpav ha collaborato inoltre con il *Joint research centre* della Commissione europea sull'ultima campagna della rete di monitoraggio europea dei suoli (rete Lucas) 2022-23, quarto campionamento dopo quello iniziale del 2009.

Accanto alla costituenda rete di monitoraggio, le attività di Arpav volte alla protezione dei suoli, si concretizzano attraverso interventi per promuovere il contenimento dei carichi potenzialmente inquinanti (fanghi di depurazione, utilizzo degli effluenti di allevamento e dei digestati) e nella gestione delle dichiarazioni in materia di terre e rocce da scavo.

Il consumo di suolo

La principale minaccia per il suolo, in particolare in aree pianeggianti e produttive come il Veneto è comunque il suo consumo. Dal 2015 ad Arpav è affidato l'aggiornamento annuale della carta del consumo di suolo, con il coordinamento dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (Ispra) e il coinvolgimento delle Agenzie regionali e provinciali per la protezione ambientale.

L'impermeabilizzazione (o *soil sealing*) rappresenta la principale causa di degrado del suolo, in quanto provoca la perdita pressoché totale delle sue

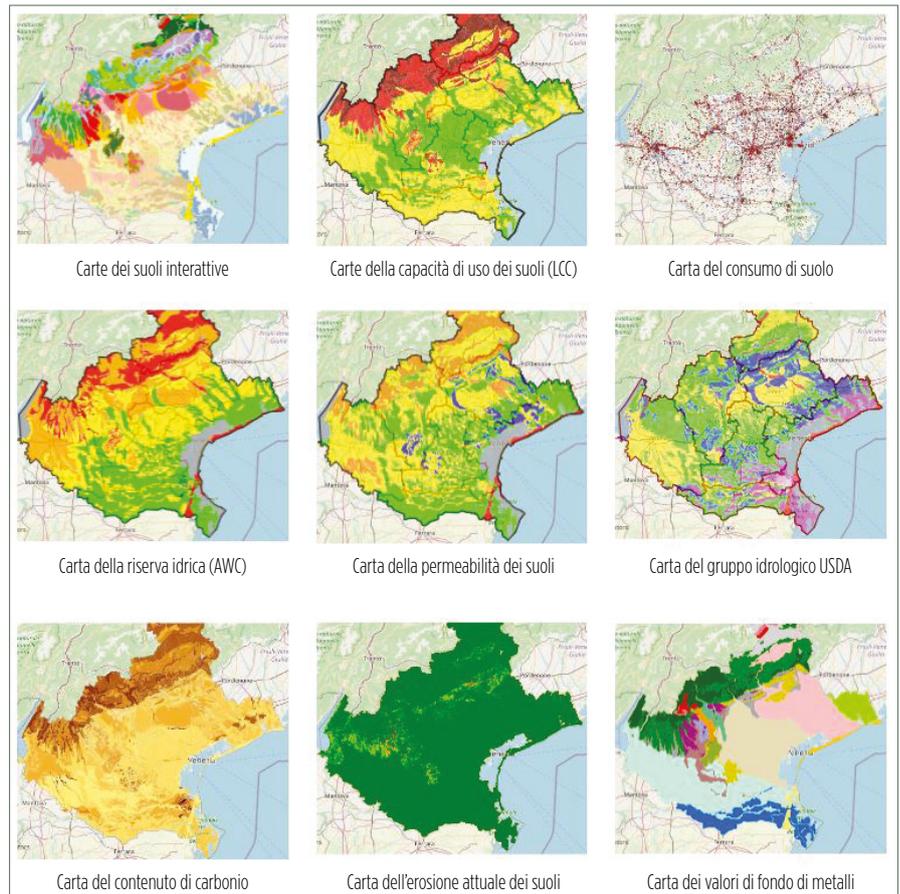
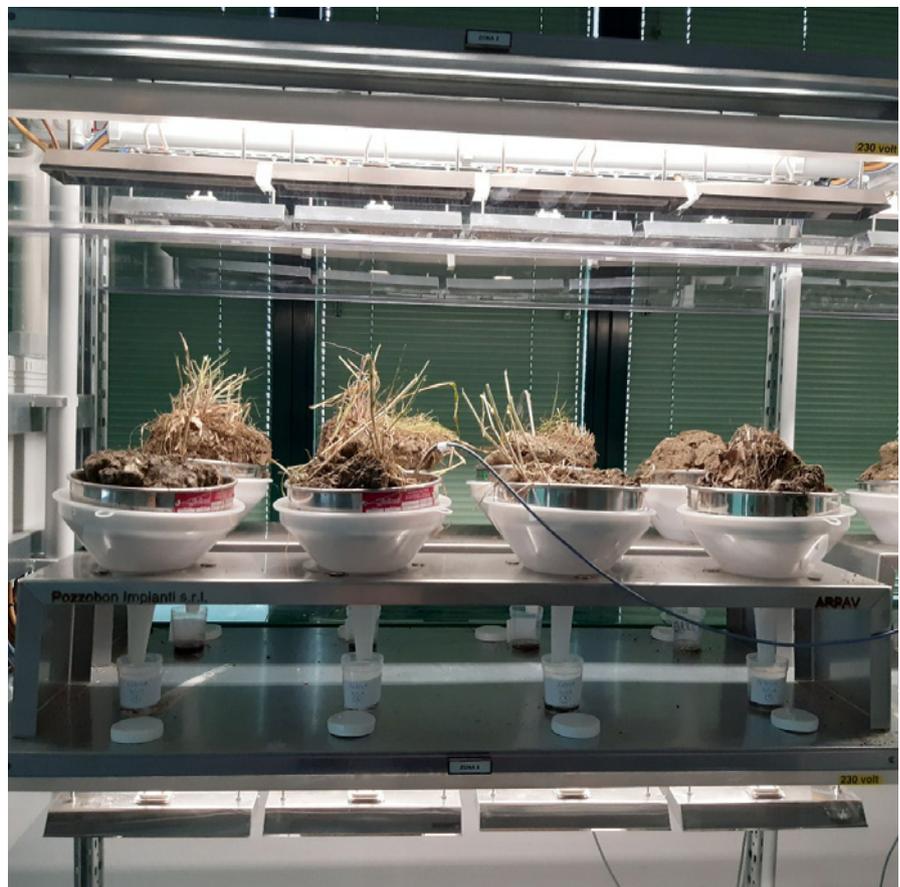


FIG. 3 CARTE APPLICATIVE
Esempi di carte applicative disponibili sul sito e sul geoportale Arpav.



5 Estrattore per artropodi Berlese-Tullgren, per la valutazione dell'indice QBS-ar, monitorato annualmente dal 2012

funzioni ecosistemiche. La sensibilità e la consapevolezza sul tema sono sicuramente aumentate negli ultimi anni e diverse voci sanciscono la necessità di azzerare o perlomeno ridurre il consumo di suolo al 2050 (legge regionale 06 giugno 2017, n. 14; proposta di direttiva sul monitoraggio dei suoli Com 416, del 05/07/2023) ma a oggi l'entità del fenomeno è ancora considerevole e il Veneto continua negli anni a posizionarsi ai primi posti per suolo consumato (figura 5). Dopo il 2017, anno in cui spiccava a livello nazionale con un valore di consumo netto di oltre 1.100 ha, nel 2022 il Veneto si mantiene ancora a un ritmo superiore ai 700 ha di suolo consumato (Munafò et al., 2023).

Suolo, bene comune

Il consumo di suolo deve oggi essere inteso come costo ambientale che causa degrado o perdita di importanti servizi ecosistemici e sostanziale alterazione dell'equilibrio ecologico. La varietà delle funzioni svolte dal suolo fa sì che la percezione del suo valore possa essere variegata e molteplice, in relazione agli interessi prevalenti. Nonostante il crescente interesse nel quantificare anche economicamente i servizi resi dal suolo, alcuni di questi risultano "intangibili", come la salute dei cittadini, i valori emotivo-spirituale a esso legati, la funzione didattica ambientale, l'identità storico-paesaggistica, e sfuggono a qualsiasi quantificazione.

Il suolo quindi si configura anche come bene comune, non sempre riducibile a una valutazione puramente economica che spesso non tiene conto di tutti i costi indiretti ambientali e sociali. La molteplicità delle funzioni svolte dal suolo e la molteplicità di percezioni del valore a esse collegate possono generare conflitti e contraddizioni nel processo di pianificazione, soprattutto in aree come la pianura Padana che vede una grande concentrazione di attività produttive e di popolazione. Una pianificazione territoriale sostenibile non può quindi prescindere dalla conoscenza dei servizi svolti dai suoli, dal loro valore e dalla loro distribuzione.

Silvia Obber, Ialina Vinci

Arpa Veneto

FIG. 4
MONITORAGGIO
NITRATI

Punti di monitoraggio in base alla direttiva nitrati (piano 2020-2024).

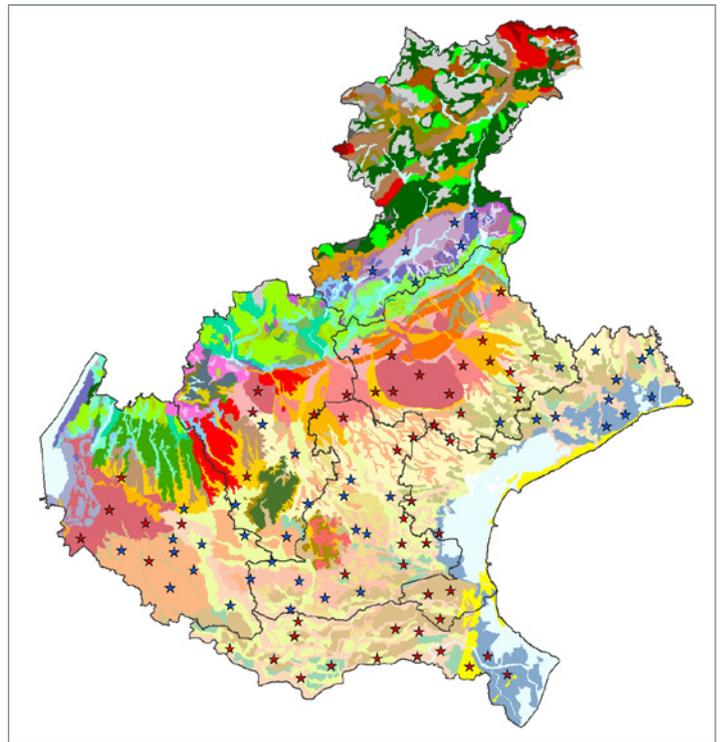
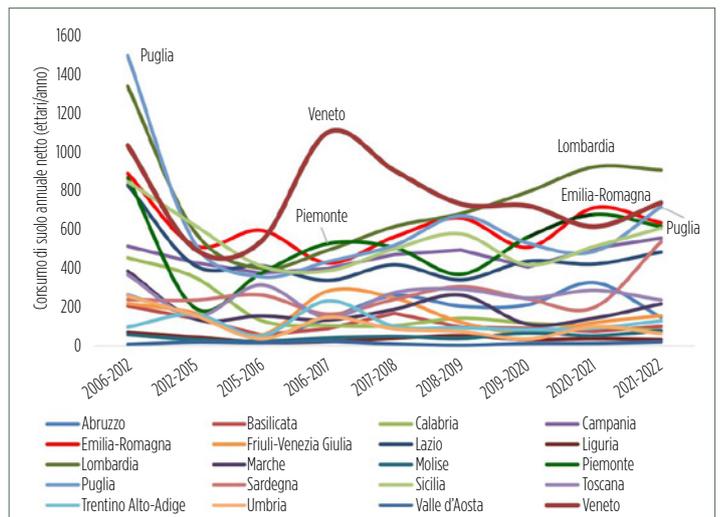


FIG. 5
CONSUMO DI SUOLO

Andamento del consumo di suolo annuale netto a livello regionale dal 2006 al 2022.

Fonte: Report Snpa 37/2023, elaborazioni Ispra su cartografia Snpa.



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Munafò M. (a cura di), 2023, *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023*, Report Snpa 37/23, Isbn 978-88-448-1178-5, ottobre 2023.

Calzolari C., Ungaro F., Campeol A.M., Filippi N., Guermandi M., Malucelli F., Marchi N., Staffilani F., Tarocco P., 2015, "La valutazione dei servizi ecosistemici forniti dal suolo per la pianificazione del territorio", conferenza *Recuperiamo terreno. Politiche, azioni e misure per un uso sostenibile del suolo*, Milan, Italy, Vol. I, pp. 1381-50.

Calzolari C., Ungaro F., Filippi N., Guermandi M., Malucelli F., Marchi N., Staffilani F., Tarocco P., 2016, "A methodological framework to assess the multiplicity of ecosystem services of soils at regional scale", *Geoderma*, 261, 190-203.

Link utili

Arpa Veneto, tema suolo: www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/soilo

Geoportale Arpa Veneto, tema suolo: https://gaia.arpa.veneto.it/search/?limit=100&offset=0&category__identifier__in=Suolo

Portale consumo di suolo: www.consumosuolo.it

Alla scoperta del suolo, le attività di Arpav in due video: <https://bit.ly/video-suolo-arpav>

IL CONSUMO DI SUOLO IN CALABRIA: UN'ANALISI

PER LA TUTELA DELLA RISORSA SUOLO, LA CALABRIA SI È POSTA L'OBIETTIVO DI RIQUALIFICARE STRUTTURE GIÀ ESISTENTI COSÌ DA NON CONSUMARE ULTERIORE TERRITORIO, CHE PER LE CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE E MORFOLOGICHE HA FAVORITO L'URBANIZZAZIONE NELLE AREE ATTORNO ALLE CITTÀ E LUNGO LA COSTA.

Il monitoraggio del consumo del suolo è ritenuto oggi fondamentale al fine di fornire le informazioni necessarie per intraprendere le azioni utili all'uso sostenibile del territorio e alla salvaguardia dei servizi ecosistemici a esso connessi. Annualmente viene pubblicato il rapporto sul consumo del suolo, le dinamiche territoriali e i servizi ecosistemici (v. articolo di Munafò e Marinosci a p. 6). Il rapporto, frutto del lavoro svolto dall'intero Snpa con il coordinamento di Ispra, fornisce il quadro generale sul suolo consumato annualmente nel territorio italiano, suddiviso per regioni, province e comuni. Il documento, arricchito da tabelle, grafici e statistiche, consente di avere il quadro generale dell'evolversi del fenomeno. Il rapporto 2023 è stato presentato il 25 ottobre ed è risultato subito chiaro che in un anno (2022) si sono consumati circa 77 km² di suolo che equivalgono a un incremento di circa il 10% rispetto all'anno precedente (2021), nonostante la grande attenzione che si sta prestando all'argomento e le iniziative delle Regioni e amministrazioni locali che sembrano, al momento, incidere ancora troppo debolmente.

Si evince dal rapporto come, oltre alla perdita di suolo agricolo, direttamente connesso a fondamentali servizi ecosistemici che questo fornisce, si sta indebolendo il territorio, esponendo una frazione di popolazione sempre più ampia ai rischi indotti dal dissesto idrogeologico direttamente connesso all'impermeabilizzazione del suolo. Ancora, il suolo trasformato incide sempre più nell'aumento delle temperature delle aree urbanizzate, specificamente nella stagione estiva: non infrequenti sono ormai i lunghi periodi nei quali, indipendentemente dalle latitudini considerate, le temperature raggiungono e superano i 40°C.

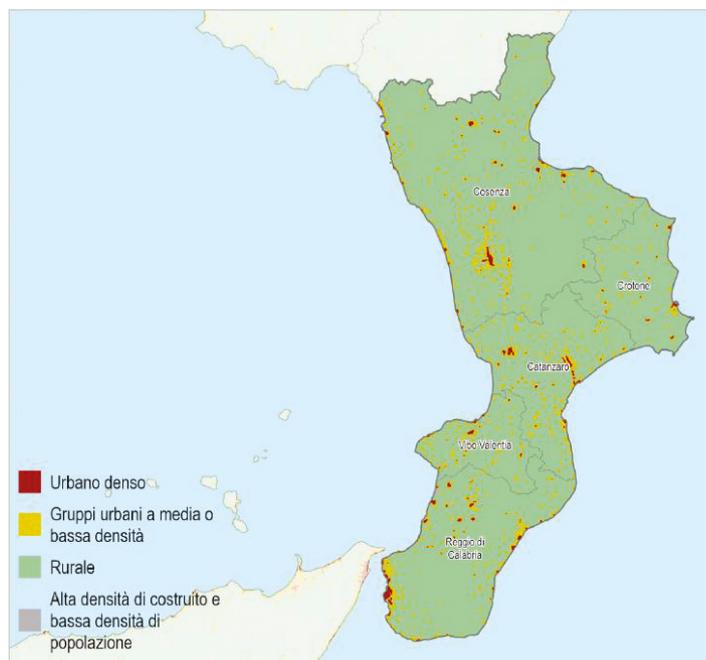


FIG. 1
URBANIZZAZIONE

Grado di urbanizzazione della Calabria (suolo consumato 2022).



1 Polo logistico di Montalto Uffugo (CS), area di cantiere in fase di ultimazione. Immagine scattata in maggio 2023.

In questi contesti la Calabria, nonostante la presenza di ampie porzioni di territorio completamente libere da urbanizzazione, non è immune dal fenomeno: il suolo consumato rilevato al 2022 ammonta a circa 76.451 ettari, pari a poco più del 5% della superficie totale della regione. L'ultimo periodo trascorso ha fatto registrare un incremento del consumo del suolo di circa 78 ettari, pari a un valore medio di 0,52 m² per ogni ettaro di territorio nel solo anno preso in considerazione (tabella 4).

La Calabria, per le sue caratteristiche geografiche e morfologiche, ha un consumo del suolo che si concentra prevalentemente nelle aree urbane e lungo le aree costiere; secondariamente, in prossimità delle poche aree industriali prevalentemente di modeste dimensioni (figura 1).

Qualche parola va spesa sul caso di Reggio Calabria che, nonostante risulti la città capoluogo di provincia con la maggiore quantità di suolo consumato per la regione (tabella 1) se si fa riferimento alle sole 14 città metropolitane a livello nazionale, negli ultimi anni ha fatto registrare un consumo di suolo fra i più bassi. Per l'anno 2022 appena monitorato la graduatoria dei comuni con il maggior consumo di suolo annuo vede primeggiare il comune di Montalto Uffugo (CS) con 15,65 ettari (tabella 2). Dal controllo fatto tramite la serie storica delle immagini satellitari, il valore complessivo misurato, apparentemente anomalo, è quasi interamente da imputare alla realizzazione di una piattaforma logistica per una catena di supermercati (foto 1).

Compiendo valutazioni in termini percentuali, il territorio comunale con il consumo di suolo maggiore è Tropea (VV), nota meta turistica della regione, che fa rilevare complessivamente un valore del 35,2% (tabella 3).

Riassumendo, la Calabria ha avuto nell'ultimo anno monitorato un consumo di suolo netto pari a circa 78 ettari, ben al di sotto della media nazionale.

La provincia della Calabria più "virtuosa" risulta Crotona con un valore totale di suolo consumato pari a 6.503 ettari che rappresenta il 3,8% circa del territorio: quindi non solo in termini assoluti ma anche in quelli percentuali riferiti all'intera superficie è la provincia che al 2022 ha consumato meno suolo. Al contrario, la provincia che fa registrare il dato peggiore è quella di Cosenza nella quale il suolo consumato complessivo all'ultimo rilievo è valutato in 29.131 ettari pari a circa il 4,3% del suolo totale dell'intero territorio. Nonostante i valori di consumo del suolo misurati nell'ultimo periodo siano tendenzialmente in diminuzione, la Calabria ha un suolo complessivo consumato al 2022 pari a 412 m² per abitante, valore superiore alla media nazionale che fa registrare 364 m² per abitante (tabella 4).

Con la finalità di adeguarsi all'obiettivo europeo di azzerare il consumo del suolo, la regione Calabria ha promulgato nel 2022 la legge regionale 7 luglio 2022, n. 25 "Norme per la rigenerazione urbana e territoriale, la riqualificazione e il riuso". La norma, tra le altre cose, intende contribuire alle finalità di cui sopra, favorendo la rigenerazione urbana attraverso interventi mirati al recupero e riuso di strutture esistenti e conseguente azzeramento del consumo netto del suolo (art.1 comma 1, comma 2a e 2b). Sicuramente l'applicazione di questa norma e di eventuali altre che la seguiranno e integreranno contribuirà al raggiungimento degli obiettivi che l'Italia si è data in ambito europeo.

**Luigi Dattola¹, Francesco Fullone¹,
Teresa Oranges¹, Michelangelo Iannone^{1,2}**

1. Arpa Calabria
2. Cnr-Irib

Comune	Suolo consumato (ha)
Reggio di Calabria	3.394
Corigliano-Rossano (CS)	2.718
Lamezia Terme (CZ)	2.384

TAB. 1 SUOLO CONSUMATO NEI COMUNI

I comuni in Calabria che hanno il maggior suolo complessivo consumato.

Fonte: Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023, Report Snpa 31/23.

Comune	Suolo consumato (ha/anno)
Montalto Uffugo (CS)	15,65
Trebisacce (CS)	12,08
Gioia Tauro (RC)	9,14

TAB. 2 SUOLO ANNUO CONSUMATO

I comuni in Calabria con il maggior suolo annuo consumato.

Fonte: Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023, Report Snpa 31/23.

Comune	Suolo consumato (%)
Tropea (VV)	35,2
Villa San Giovanni (RC)	27,9
Soverato (CZ)	27,3

TAB. 3 SUOLO CONSUMATO IN PERCENTUALE

I comuni in Calabria con il maggior suolo consumato in percentuale.

Fonte: Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023, Report Snpa 31/23.

TAB. 4 INDICI

Indici del consumo di suolo su base provinciale.

Fonte: Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023, Report Snpa 31/23.

Provincia	Suolo consumato 2022 (ha)	Suolo consumato 2022 (%)	Suolo consumato pro capite 2022 (m ² /ab)	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Cons. di suolo pro capite 2021-2022 (m ² /ab/anno)	Densità consumo di suolo 2021-2022 (m ² /ha)
Catanzaro	15.679	6,55	456,23	15	0,45	0,64
Cosenza	29.131	4,38	431,86	41	0,60	0,61
Crotona	6.503	3,79	397,59	7	0,44	0,42
Reggio di Calabria	18.478	5,81	353,90	11	0,21	0,35
Vibo Valentia	6.660	5,84	439,41	4	0,26	0,35
Regione Calabria	76.451	5,07	412,03	78	0,42	0,52
Italia	2.151.437	7,14	364,00	7.076	1,20	2,35

IL MONITORAGGIO DEL CONSUMO DI SUOLO IN PIEMONTE

I DATI DELL'ULTIMO RAPPORTO 2021-2022 RACCONTANO UN TERRITORIO NAZIONALE CHE CONTINUA A ESSERE TRASFORMATO A RITMI CHE NON SEMBRANO RALLENTARE. IL PIEMONTE È TRA LE REGIONI IN CUI, IN TERMINI DI NUOVI CONSUMI, IL FENOMENO RISULTA PIÙ MARCATO, CON VALORI PERALTRO DISALLINEATI RISPETTO ALLE DINAMICHE DEMOGRAFICHE.

La legge 132/2016 istituisce il Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente (Snpa) e ne definisce le funzioni, tra le quali il monitoraggio dello stato dell'ambiente, del consumo di suolo, delle risorse ambientali. Ogni anno Snpa pubblica uno specifico rapporto sul consumo di suolo [1], che fornisce il quadro aggiornato dei processi di trasformazione della copertura del suolo, del degrado del territorio e dell'impatto del consumo di suolo sul paesaggio e sui servizi ecosistemici. Per il Piemonte l'attività di monitoraggio è curata dalla struttura Sistema informativo ambientale e geografico ed educazione ambientale dell'Agenzia regionale per la protezione ambientale del Piemonte (Arpa Piemonte).

I dati dell'ultimo rapporto relativi al periodo di osservazione 2021-2022 [1] raccontano un territorio nazionale che continua a essere trasformato a ritmi che non sembrano rallentare, nonostante gli obiettivi definiti a livello globale, europeo e nazionale¹ (v. articolo di Munafò e Marinosci a p. 6). La copertura artificiale copre a oggi complessivamente oltre 21.500 km², il 7,14 % del suolo italiano. I consumi dell'ultimo anno, pari a 76,8 km² di nuova superficie artificializzata, sono localizzati principalmente in alcune aree del paese quali la pianura Padana e la costa adriatica. Di questi consumi il 13% ricade nelle aree classificate a pericolosità idraulica media, che risultano a oggi impermeabilizzate per l'11% della loro estensione, valore significativamente superiore alla media nazionale, mentre oltre il 35% ha interessato aree a pericolosità sismica alta e molto alta e il 7,5% sono in aree a pericolosità di frana. A questo quadro si aggiunge inoltre un'evidente contraddizione: i nuovi consumi si registrano in una fase generale di decrescita della popolazione, ovvero in assenza di quei presupposti di domanda che generalmente sono il motore del consumo di suolo.

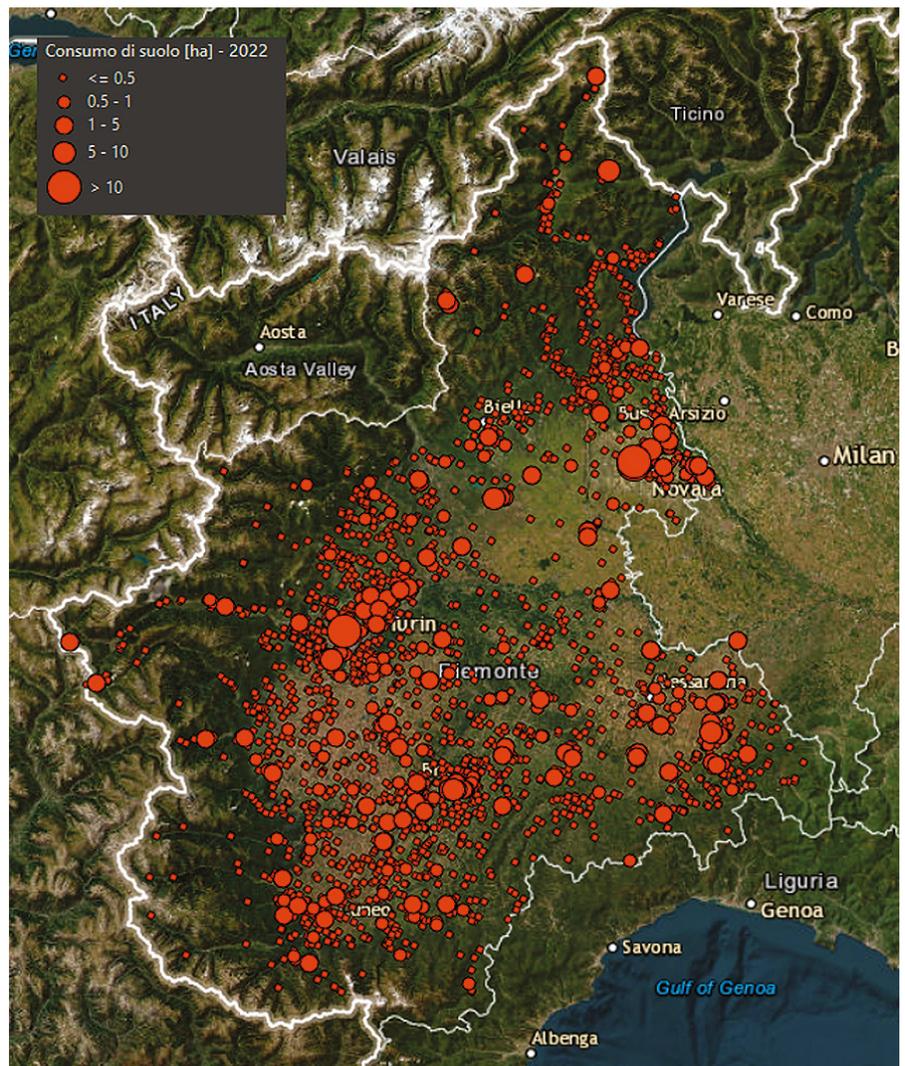


FIG. 1 CONSUMO DI SUOLO IN PIEMONTE PER L'ANNO 2022 TEMATIZZATI PER AREA (HA) DELL'INTERVENTO
Consumo di suolo in Piemonte per l'anno 2022, tematizzato per area dell'intervento. Dall'immagine appare evidente il fenomeno di clusterizzazione degli interventi maggiori in corrispondenza dei poli di Torino, Novara, sulla direttrice Cuneo-Bra-Alba e l'alessandrino.

Fonte: elaborazioni Ispra su cartografia Arpa Piemonte. Mappa di base: World Imagery (Attribuzione: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community).

Il monitoraggio 2022 in Piemonte

Tra il 2021 e il 2022 in Piemonte si sono consumati altri 617 ettari netti di suolo, per un totale di suolo occupato da superfici artificiali di 170.199 ettari, il 6,70 % dell'intera area regionale. Il valore è il secondo più alto della serie storica

2006-2022, inferiore al solo periodo di osservazione 2020-2021 in cui il consumo si era attestato a 679 ettari. Per dare un'idea del consumo di suolo del 2022, è come se ogni giorno fosse stata artificializzata una superficie equivalente a 2,4 campi da calcio. In termini assoluti, il valore del 2022 proietta il Piemonte al quinto posto

a livello nazionale, dopo Lombardia, Veneto, Puglia ed Emilia-Romagna; in termini di aumento percentuale rispetto alla superficie artificiale dell'anno precedente, con il valore dello 0,36 % il Piemonte si attesta al primo posto in nord Italia, sopra la media nazionale pari a 0,33%.

Il Piemonte è quindi tra le regioni italiane in cui, in termini di nuovi consumi, il fenomeno risulta più marcato, con valori peraltro disallineati rispetto alle dinamiche demografiche; per ogni abitante in meno in Piemonte, negli ultimi dodici mesi si sono infatti consumati 332 m² di suolo, valore in linea con il dato nazionale di 343 m².

In termini di suolo consumato rispetto all'area totale, il valore del 6,70% rimane invece inferiore al dato medio nazionale, che si colloca al 7,14 % e risulta tra i più bassi del nord Italia, in particolare rispetto alle regioni confinanti di Lombardia (12,16%), Emilia-Romagna (8,89%) e Liguria (7,26), ma anche rispetto alle regioni del nord est di Veneto (11,88%) e Friuli Venezia Giulia (8,02%).

Le cause del consumo di suolo

Il processo di consumo di suolo in Piemonte continua a seguire l'espansione delle aree urbanizzate, dalle aree dense della conurbazione di Torino e cintura alle periferie dei capoluoghi di provincia e dei centri contigui in cui prosegue l'espansione di alcuni poli logistici che

Province	Suolo consumato 2022 (ha)	Suolo consumato 2022 (%)	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Densità consumo di suolo 2021-2022 (m ² /ha)
Alessandria	25.241	7,09	71	2,01
Asti	10.963	7,25	27	1,80
Biella	7.241	7,92	17	1,81
Cuneo	36.659	5,31	179	2,59
Novara	14.946	11,14	99	7,39
Torino	58.483	8,56	168	2,46
VCO	6.313	2,79	18	0,78
Vercelli	10.354	4,97	38	1,84
Regione	170.199	6,70	617	2,43

TAB. 1 INDICATORI CONSUMO DI SUOLO A LIVELLO PROVINCIALE
Elaborazioni Ispra su cartografia Snpa.

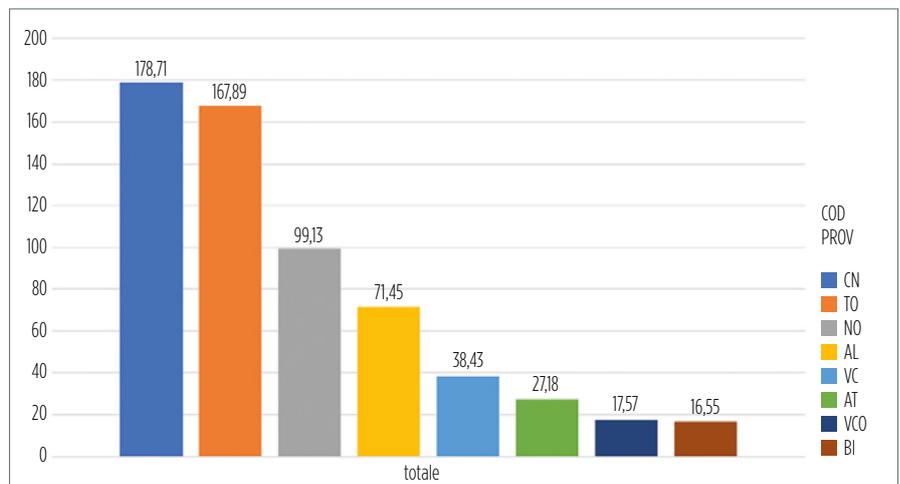


FIG. 2 CONSUMI PER PROVINCIA
Consumi netti di suolo per provincia in Piemonte (ha). Periodo di osservazione 2021-2022.
Fonte: elaborazioni Ispra su cartografia Snpa.



FOTO: FULVIO RAVIOLA

quest'anno hanno complessivamente interessato altri 60 ettari. Al processo di consumo contribuiscono in maniera rilevante anche l'adeguamento della rete di trasporti con importanti opere che toccano sia il sud del Piemonte (Autostrada Asti-Cuneo A33, opera che da sola incide per oltre 47 ettari), sia il nord (tangenziale di Novara, circa 14 ettari) e le attività estrattive (59 ettari). A ciò si aggiunge un fenomeno meno evidente in quanto più distribuito sul territorio, che potremmo definire endemico, ma nel complesso consistente, con opere di piccola o media estensione che interessano un po' ovunque i piccoli centri urbani di pianura, i territori collinari e gli assi delle principali valli alpine (figura 1).

A livello provinciale (tabella 1 e figura 2) quest'anno emerge il dato di Cuneo che con 179 ettari risulta la provincia con i consumi maggiori, superando sia Torino (168 ha) sia Novara (99 ha). Sul dato provinciale di Cuneo incidono le opere connesse ai cantieri dell'autostrada A33, nel tratto compreso tra Alba e Roddi, ma anche la nuova tangenziale di Cherasco e il polo logistico in area Miac (Mercato ingrosso agroalimentare Cuneo) nel capoluogo.

Nella Città metropolitana di Torino i consumi sono trainati principalmente dalla nuova Città delle scienze e dell'ambiente, il polo universitario in costruzione a Grugliasco, e dal centro logistico in costruzione a Orbassano. Altre opere di rilievo riguardano l'ex scalo merci Vanchiglia nel capoluogo, nonché i lavori connessi al nodo idraulico di Ivrea sul torrente Chiusella a Pavone Canavese. A Novara i consumi si concentrano nell'area a ovest del capoluogo di provincia, dove continua l'espansione del polo logistico di San Pietro Mosezzo, mentre a nord proseguono i lavori della tangenziale. Novara si caratterizza peraltro per l'alto valore di densità di consumo di suolo, a indicare un elevato rapporto tra consumo di suolo e la superficie totale dell'unità amministrativa rispetto alle altre realtà provinciali.

A livello comunale (figura 3) il territorio con il consumo di suolo netto più elevato nel 2022 è Roddi (32,80 ettari), seguito da Novara (27,73 ettari) e Tortona (19,26 ettari), comune per il quale incidono le opere connesse al Terzo valico dei Giovi. Sopra i 10 ettari abbiamo Cherasco (18,79 ha), Orbassano (18,64 ha), Grugliasco (17,89 ha), San Pietro Mosezzo (14,92 ha), Alba (13,94 ha), Vercelli (12,6 ha), Settimo Torinese (11,55 ha), Torino (10,69 ha) e Trecate (10,04 ha).

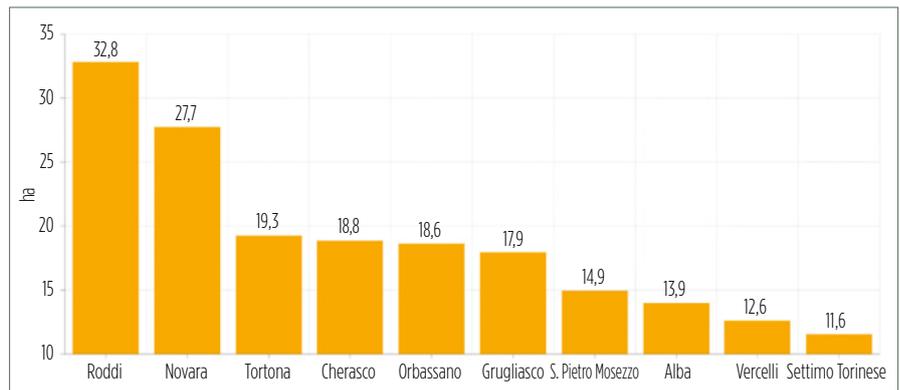


FIG. 3 CONSUMI PER COMUNE (HA)
Consumi netti per i primi dieci comuni (ha). Periodo di osservazione 2021-2022.
Fonte: elaborazioni Ispra su cartografia Snpa

I costi del consumo di suolo

Dai dati illustrati per il 2022 emerge un fenomeno che non tende a rallentare e che risulta ben lontano anche in Piemonte dagli obiettivi di sostenibilità dell'Agenda 2030 che, sulla base delle previsioni demografiche, imporrebbero addirittura un saldo negativo del consumo di suolo. Considerando i costi annuali medi dovuti alla perdita di servizi ecosistemici, si può stimare che a livello nazionale, se fosse confermata la velocità media 2012-2022 anche nei prossimi nove anni, un costo cumulato complessivo tra il 2012 e il 2030, compreso tra 80,2 e 98,7 miliardi di euro [1]. Perdita di servizi ecosistemici che non si traduce solamente in costi economici nascosti, ma impatta direttamente sulla qualità della vita della popolazione. Tra i servizi ecosistemici offerti dal suolo sono infatti da annoverare, a titolo di esempio, quelli ascrivibili alla regolazione del regime idrologico, per aumento del deflusso superficiale prodotto direttamente dalle attività di impermeabilizzazione, e quelli di regolazione della temperatura: a rendere i nostri territori più vulnerabili agli eventi alluvionali e le città sempre più calde non sono solo i cambiamenti climatici, ma contribuisce anche in larga parte proprio il consumo di suolo.

Per approfondire la conoscenza sul tema suolo e sull'attività di monitoraggio si rimanda alle pagine del portale nazionale sul consumo di suolo in Italia, disponibile online all'indirizzo www.consumosuolo.it. Il portale, realizzato da Arpa Piemonte e Ispra e ospitato sull'infrastruttura dell'Agenzia regionale, mette a disposizione dati, cartografie, indicatori a scala nazionale, regionale e per singolo comune riferiti all'arco temporale di osservazione dal 2012 al 2022. I dati completi degli indicatori sono invece scaricabili dal portale www.isprambiente.gov.it [5] insieme all'ultima edizione del rapporto nazionale.

Gabriele Nicolò, Fulvio Raviola

Arpa Piemonte

NOTE

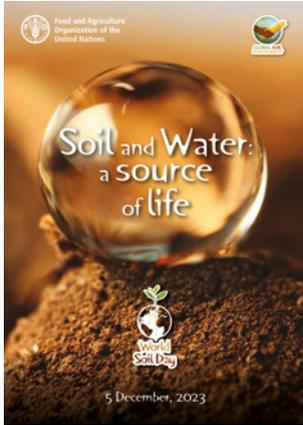
¹ A livello globale L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni unite (2015) [2] chiede di riallineare il consumo di suolo alle dinamiche demografiche entro il 2030 mentre a livello europeo la Strategia del suolo per il 2030 (2021) [3] ha posto l'obiettivo di azzerare il consumo netto entro il 2050. A livello nazionale il Piano di transizione ecologica (2022) [4] anticipa al 2030 l'obiettivo di azzeramento del consumo netto allineandosi di fatto all'Agenda 2030.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Munafò M. (a cura di), 2023, *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023*, Report Snpa 37/23.
- [2] Un General assembly, *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, 21 October 2015, A/RES/70/1.
- [3] *Eu soil strategy for 2030*, 17th november 2021, https://environment.ec.europa.eu/publications/eu-soil-strategy-2030_en
- [4] "Piano per la transizione ecologica", delibera Cite 8 marzo 2022
- [5] I dati sul consumo di suolo: www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-dati-sul-consumo-di-suolo

EDUCAZIONE ALLA SOSTENIBILITÀ

IL SUOLO A SCUOLA: ESPERIENZE DIDATTICHE NELLA GIORNATA INTERNAZIONALE DEL SUOLO



Il suolo, componente cruciale dei sistemi naturali e antropici, generatore del benessere umano quale fornitore di cibo, dell'acqua che conserva e depura, dell'energia che trasferisce viene celebrato nella Giornata mondiale del suolo, il 5 dicembre, data di nascita di sua maestà Rama IX il Grande, re di Thailandia, che nel 2002 ospitò il congresso mondiale della Iuss (*International union of soil science*).

Il 5 dicembre 2023 ha assunto un significato particolare per i bambini e

le bambine di cinque scuole primarie italiane, i quali hanno avuto l'opportunità di partecipare a un'iniziativa educativa nell'ambito delle attività dei progetti Curiosoil, Loess¹ e Soils4Med² coordinati con il Ctr Educazione alla sostenibilità di Arpae Emilia-Romagna³.

L'obiettivo era quello di avvicinare i bambini in modo attivo e coinvolgente al tema del suolo, un elemento fondamentale degli ecosistemi terrestri. L'attività ha mirato a stimolare la consapevolezza ambientale nei giovani studenti, facendo leva sull'importanza del suolo.

In questa giornata speciale, i bambini e le bambine di scuole delle province di Brescia, Cesena, Palermo, Piacenza e Sassari⁴ hanno partecipato a un progetto educativo, il cui obiettivo principale era quello di aumentare la consapevolezza delle nuove generazioni riguardo all'importanza cruciale del suolo per il nostro pianeta.

I bambini sono stati coinvolti in un'attività sperimentale incentrata sulla capacità del suolo di trattenere l'acqua. Guidati dagli insegnanti e da esperti del settore, hanno raccolto campioni di suolo, acquisendo così l'opportunità di osservare e confrontare diverse caratteristiche come la consistenza, la granulometria e soprattutto la capacità di assorbimento dell'acqua, un fattore chiave per la salute degli ecosistemi.

Un elemento innovativo dell'iniziativa è stato l'uso di collegamenti video tra le scuole, che ha permesso ai bambini di condividere le loro scoperte in un dialogo educativo e vivace. Ogni classe, rappresentando il proprio ambiente, ha presentato i risultati del proprio esperimento, offrendo così una visione ampia sulla varietà dei suoli italiani e su come questi influenzano l'ambiente circostante.

L'iniziativa ha adottato un approccio esperienziale, mettendo i bambini al centro dell'attività di apprendimento. La manipolazione diretta dei campioni di suolo e la realizzazione dell'esperimento hanno offerto un apprendimento basato sull'azione pratica. Questo metodo di "ricerca-azione" ha rafforzato l'importanza della sperimentazione e dell'osservazione diretta nel processo di apprendimento

scientifico e ha favorito un approccio critico.

Durante l'esperimento, i bambini hanno potuto comprendere il ruolo vitale del suolo come risorsa naturale, apprezzando come influenzi la disponibilità dell'acqua e operi in tutti gli ecosistemi, acquisendo una specifica importanza nella sostenibilità ambientale.

I giovani studenti hanno capito come diversi tipi di suolo abbiano diverse capacità di filtrare e purificare l'acqua, apprezzando l'importanza di preservare i suoli per il bene dell'ambiente.

L'effetto dell'iniziativa non si è limitato all'aspetto educativo; ha anche generato un'eco significativa in termini di consapevolezza ambientale. Ha stimolato una curiosità già innata in loro, cercando di motivare l'interesse per la scienza e l'ambiente, promuovendo al tempo stesso una maggiore consapevolezza della sostenibilità e dell'importanza della conservazione del suolo. L'apprendimento attivo e coinvolgente dovrebbe essere implementato nelle scuole, fornendo agli studenti una base per un futuro più consapevole e rispettoso dell'ambiente. Ciò ispirerà in loro un cambiamento positivo nella percezione e nel trattamento del suolo, promuovendo un futuro più sostenibile che dia priorità al mantenimento delle condizioni di abitabilità del pianeta.

Francesco Malucelli¹, Riccardo Scalenghe²

1. Centro tematico regionale Educazione alla sostenibilità, Arpae Emilia-Romagna
2. Dipartimento di Scienze agrarie, alimentari e forestali, Università degli studi di Palermo

NOTE

¹ Curiosoil (*Awakening soil curiosity to catalyse soil literacy*) e Loess (*Literacy boost through an operational educational ecosystem of societal actors on soil health*) sono progetti finanziati dalla Commissione europea nell'ambito della Eu Mission "A soil deal for Europe".

² Soils4Med (*Soil health monitoring and information systems for sustainable soil management in the Mediterranean region*) è un progetto finanziato dal programma Prima, su un bando collegato alla *European soil mission*.

³ Il Centro tematico regionale Educazione alla sostenibilità di Arpae Emilia-Romagna coordina la rete dei Ceas, i Centri di educazione alla sostenibilità dell'Emilia-Romagna (Rete Res). Arpae ha collaborato alla realizzazione dell'evento assieme al Ceas Infoambiente di Piacenza.

⁴ All'evento hanno partecipato bambine e bambini di quarta e quinta primaria delle scuole: I.C. Perez - Madre Teresa di Calcutta di Palermo; I.C. Brigata Sassari di Sassari; scuola primaria "Dante Alighieri" di Cesena (FC); scuola primaria Pietro Giordani di Piacenza e I.C. Statale di Adro (BS).



FOTO: A. BONONINI



FOTO: R. SCALENGHE