

A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
	8. Il suolo
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

LE CAUSE DEL DEGRADO

Le principali cause che possono portare allo scadimento della qualità dei suoli, sono rappresentate da contaminazione, perdita di sostanza organica e di biodiversità edafica, erosione idrica ed eolica, impermeabilizzazione, compattazione e salinizzazione, sino allo stadio finale della degradazione, rappresentato dalla desertificazione. Queste “minacce” (CE 2002⁶; CE 2006⁷), derivano principalmente, o sono state amplificate, dai cambiamenti subiti dal territorio italiano dal secondo dopoguerra ad oggi.

In particolare, la diminuzione del contenuto in sostanza organica può compromettere la funzionalità dei suoli (CE, 2006), e la promozione di misure atte ad invertire il fenomeno è ormai parte delle politiche agricole internazionali. A causare la perdita di sostanza organica sono le grandi trasformazioni d'uso del suolo – deforestazioni, conversione delle foreste o dei pascoli permanenti in terreni arabili, urbanizzazione, ecc. – e lo sviluppo di pratiche agricole intensive. Una grande anomalia dei sistemi agricoli nell'ultimo secolo è la rottura del ciclo della sostanza organica, all'interno del quale le biomasse agricole rappresentano un importante passaggio. In particolare, le tradizionali pratiche di reintegro, soprattutto con letame, delle asportazioni operate dalle coltivazioni, sono state per molto tempo abbandonate, tanto che l'input di carbonio organico per i suoli arati è principalmente affidato a una gestione, più o meno oculata, dei residui colturali e agli apporti di altre forme di sostanza organica non zootecnica. La diminuzione di sostanza organica deteriora la struttura del suolo che diventa maggiormente erodibile e, a loro volta, i processi erosivi asportano la parte superficiale del suolo dove la sostanza organica è concentrata.

L'erosione eolica ed idrica dei suoli è un fenomeno naturale, fa parte del ciclo di modellamento del paesaggio, controllato dalla capacità dell'agente erosivo – piogge o vento – dall'erodibilità del suolo, dalla pendenza del versante e dalla copertura vegetale (Bazzoffi, 2007). Tale fenomeno è però amplificato e accelerato, in alcuni casi sino alla totale asportazione dei suoli, da fattori di origine antropica come le attività agricole e forestali non sostenibili sino alle varie forme di urbanizzazione e infrastrutturazione. Particolare rilevanza assumono tutte le azioni che determinano l'asportazione della copertura vegetale che protegge il suolo, esponendolo agli agenti erosivi. La meccanizzazione dell'agricoltura ha determinato anche l'instaurarsi di fenomeni di compattazione superficiale e sub-superficiale (suola d'aratura) che limitano fortemente l'aerazione e la permeabilità dei suoli. Effetti simili si hanno anche in superfici non agricole, come ad esempio nelle zone dove si effettuano operazioni selvicolturali, nelle aree ricreative ad elevata frequentazione antropica ed in quelle interessate da sovrappascolamento. Gli orizzonti compattati all'interno del profilo del suolo, impedendo la normale infiltrazione delle acque, rappresentano discontinuità lungo le quali si innescano spesso fenomeni franosi anche di rilevante entità.

L'accumulo di sali in suoli non salini in origine e in quantità tali da compromettere l'attività vegetativa e produttiva delle colture – salinizzazione secondaria dei suoli – è primariamente legato all'irrigazione con acque saline e, nelle aree costiere, è associato anche al sovrassfruttamento delle falde idriche, con intrusione di acque saline negli acquiferi. Anche il sovrappascolamento, le deforestazioni e il massiccio utilizzo di fertilizzanti possono incrementare il grado di salinità dei suoli. Tale minaccia, ritenuta a scala globale come una delle principali cause di desertificazione e destinata ad aumentare a seguito dei previsti cambiamenti climatici, è esasperata nelle aree in cui sono presenti suoli che, a causa del substrato geologico, sono naturalmente affetti da salinità.

Un problema comune a tutti i paesi industrializzati è rappresentato dall'inquinamento, puntuale (siti contaminati) o diffuso, del suolo. I siti contaminati sono legati alla presenza di attività antropiche conosciute, che possono determinare fenomeni di inquinamento locale del suolo in aree circoscritte, a causa di sversamenti accidentali/volontari o di perdite da impianti/serbatoi. In Italia, le attività maggiormente coinvolte sono le industrie legate alla raffinazione di prodotti petroliferi, l'industria chimica, metallurgica ed estrattiva e alcune attività di gestione dei rifiuti, cui si aggiunge la presenza di manufatti in amianto, soprattutto quelli in cattive condizioni di conservazione.

La contaminazione diffusa è, invece, ascrivibile ad apporti di sostanze inquinanti, di cui non è

PRESSIONI

6 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX%3A52002DC0179>

7 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=CELEX%3A52006DC0231>

RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente

Figura 8.02

Schema delle minacce che possono compromettere le funzioni del suolo

Fonte JRC



individuabile l'origine, o dovuti alla presenza di molteplici punti di emissione tali da rendere difficile l'individuazione di una sorgente univoca. Le principali cause sono rappresentate dalle deposizioni atmosferiche – emissioni industriali, traffico veicolare, impianti di produzione energetica e trattamento rifiuti, ecc. – e dall'utilizzo insostenibile di fitofarmaci, fertilizzanti, liquami zootecnici. Una possibile fonte di contaminazione dei suoli può derivare anche dai sedimenti depositati dagli eventi alluvionali. In particolari contesti geologici è possibile riscontrare valori naturalmente elevati di metalli pesanti (valore di fondo) ed è quindi necessario, per individuare un'eventuale contaminazione antropica, intraprendere azioni volte a definire correttamente il contenuto naturale di fondo.

Le minacce descritte (Figura 8.02) determinano una perdita di biodiversità del suolo con una conseguente riduzione delle sue funzioni vitali, sino ad arrivare, quando esse agiscono in aree a clima arido e semiarido, al limite estremo del degrado rappresentato dalla desertificazione.

STATO LO STATO ATTUALE DELLE FUNZIONALITÀ DEI SUOLI IN ITALIA

Il territorio italiano è caratterizzato da una grande complessità climatica, litologica e morfologica, che condiziona lo sviluppo dei diversi processi pedogenetici e si traduce in una forte variabilità dei tipi di suolo presenti anche a scala locale, le cui diverse caratteristiche chimico, fisiche e biologiche si riflettono in una diversa funzionalità. La conoscenza dello stato attuale di queste proprietà, del loro ruolo nelle funzioni del suolo e degli effetti conseguenti ai loro cambiamenti, sia naturali sia antropici,

A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
8.	Il suolo
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

Figura 8.03

Sistema Informativo dei Suoli Italiani - SISI¹Fonte Centro Nazionale di Cartografia Pedologica - CNCP²1 <http://soilmaps.entecra.it/webgis/sisi/map.html>2 <http://www.soilmaps.it/>

camente indotti, sono essenziali per definirne una gestione sostenibile (FAO⁸, 2016). A livello nazionale le informazioni sui suoli possono godere oramai di una lunga storia, ma è solo a partire dagli anni '90 che numerose Regioni italiane hanno cominciato a raccogliere sistematicamente i dati sul suolo e a produrre cartografie e banche dati. Attraverso il progetto "Realizzazione della carta pedologica nazionale a scala 1:250.00" iniziato nel 1998, quasi tutte le Regioni, ora, dispongono di una cartografia pedologica del proprio territorio, con numerosi approfondimenti locali a scale maggiori. Una parte di tali informazioni è confluita nella banca dati nazionale dei suoli gestita dal Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria - CREA⁹ (Figura 8.03).

Oltre alla cartografia di base sono disponibili, presso gli enti che svolgono il ruolo di servizio pedologico regionale, cartografie tematiche, interessanti parzialmente o totalmente le superfici regionali, relative ai parametri pedologici, alle potenzialità dei suoli ed ai fenomeni degradativi, quali tessitura, drenaggio, permeabilità, attitudine alla coltivazione, capacità d'uso, capacità protettiva, contenuto in metalli pesanti, erosione, contenuto in carbonio organico, ecc. L'Italia è, pertanto, ricca di informazioni sui suoli, che appaiono però non uniformemente distribuite a livello geografico e, a volte, presentano un certo grado di disomogeneità interregionale che limita la possibilità di giungere a sintesi nazionali organiche. Queste difficoltà si manifestano soprattutto nei tentativi di quantificare, a livello nazionale, i problemi relativi ai fenomeni di degradazione fisica, chimica e biologica che possono compromettere la corretta funzionalità dei suoli.

8 <http://www.fao.org/home/en/>9 <http://www.crea.gov.it/>

RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente

Foto 8.04

La buona qualità del suolo

Fonte *United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service - USDA-NRCS*¹

1 <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/national/home/>



A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
8.	Il suolo
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

La sostanza organica

La sostanza organica è una dinamica, complessa e fondamentale componente del suolo e del ciclo globale del carbonio, che può essere definita come l'insieme di tutto il materiale organico di origine animale/vegetale, vivente o morto e in un qualsiasi stadio di decomposizione, che si trova, esclusa la macrofauna, all'interno del suolo e dei residui animali e vegetali non viventi, presenti sulla sua superficie (FAO, 2005; Badlock e Broos, 2012). Pur rappresentando solo una piccola parte percentuale del suolo (generalmente tra 1 e 5%) ne controlla molte delle proprietà chimico, fisiche e biologiche risultando il costituente più importante e l'indicatore chiave del suo stato di qualità (Di Leginio *et al.*, 2014). Il carbonio organico, che costituisce circa il 60 % della sostanza organica presente nei suoli, svolge infatti un'essenziale funzione positiva su molte proprietà del suolo: favorisce l'aggregazione e la stabilità delle particelle del terreno con l'effetto di ridurre l'erosione, il compattamento, il crepacciamento e la formazione di croste superficiali; si lega in modo efficace con numerose sostanze, migliorando la fertilità del suolo e la sua capacità tampone; migliora l'attività microbica e la disponibilità per le piante di elementi nutritivi come azoto e fosforo.

Il carbonio contenuto nel suolo rappresenta anche la più importante riserva del pianeta poiché, sebbene il serbatoio suolo sia di entità inferiore a quello oceanico e a quello fossile, è quello più influenzabile, positivamente o negativamente, dalle attività umane. La preservazione e l'incremento del carbonio organico nei suoli, tre volte superiore a quello trattenuto dalla vegetazione, risultano

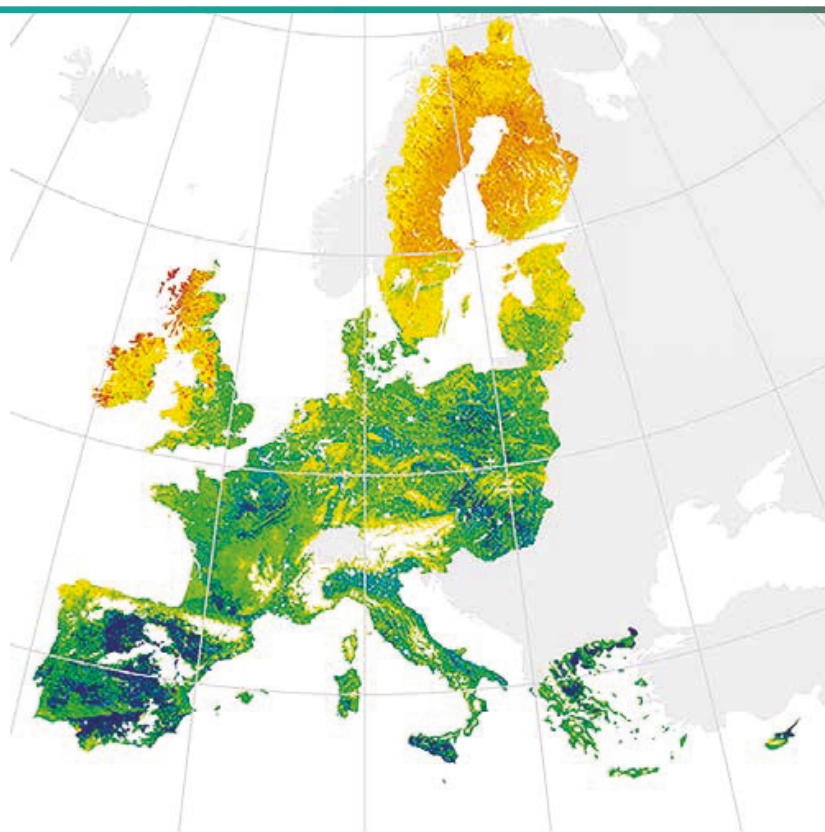
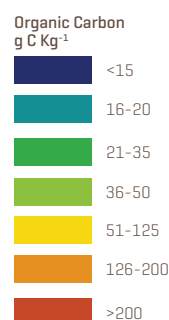


Figura 8.04
Contenuto in carbonio organico negli orizzonti superficiali (0-20 cm) dei suoli europei ottenuta a partire dalla banca dati LUCAS

Fonte de Brogniez *et al.* (2014)



RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente



Foto 8.05

Colline toscane presso Siena

Fonte ISPRA Firenze Fumanti

pertanto fondamentali dal punto di vista agronomico, economico ed ambientale. Il contenuto in carbonio organico nei suoli varia però, enormemente, in relazione ai fattori pedogenetici (geologia, clima, vegetazione), ma anche e soprattutto, con i fattori antropici: dalle tipologie di fertilizzanti, ai sistemi culturali, agli apporti di sostanza organica.

La valutazione della quantità di carbonio organico, attualmente contenuta nei suoli, rappresenta la base per l'attuazione di politiche di gestione sostenibile dei suoli e per la valutazione della loro influenza nella mitigazione dei cambiamenti climatici.

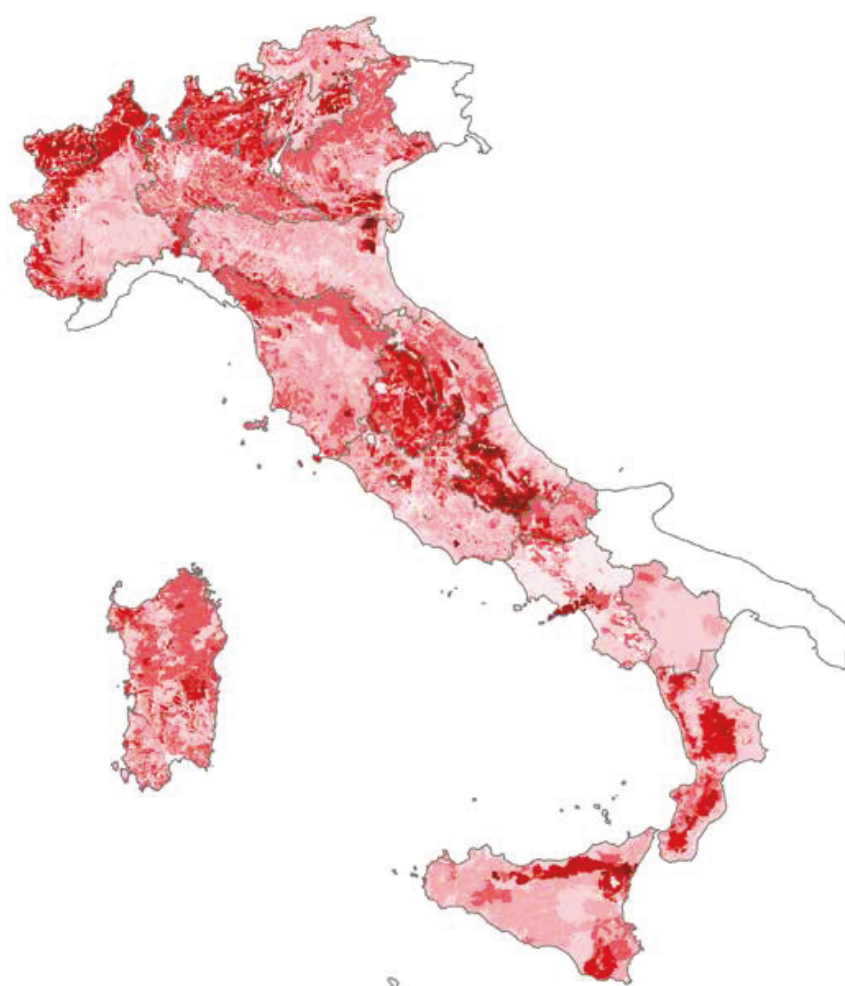
A livello europeo, il *Joint Research Centre - JRC*¹⁰ ha stimato in 17,63 Gt il quantitativo di carbonio organico stoccato nei primi 30 cm di suolo agricolo, con valori più alti nelle aree scandinave e nel Regno Unito e minori nei paesi del Mediterraneo e dell'Est europeo, dove prevalgono le aree agricole e le colture permanenti (de Brogniez *et al.*, 2014). Le pratiche agricole intensive contribuiscono, infatti, ad incrementare la mineralizzazione della sostanza organica, riducendo allo stesso tempo il contenuto in carbonio organico (Lal, 2002). La Figura 8.04 mostra il contenuto in carbonio organico a scala europea, ottenuto da elaborazioni numeriche, applicate, con tecniche innovative (*Digital Soil Mapping - DSM*¹¹) ai dati registrati nella prima banca dati armonizzata a livello europeo, relativa al *topsoil*, *Land Use/Cover Area frame statistical Survey - LUCAS*¹². A livello nazionale i dati regionali disponibili sono stati raccolti e sistematizzati, per quanto possibile, nell'ambito di uno specifico

¹⁰ <https://ec.europa.eu/jrc/en>

¹¹ <http://digitalsoilmapping.org/>

¹² <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/lucas>

A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
8.	Il suolo
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

**Figura 8.05**

Contenuto in t/ha di carbonio organico
negli orizzonti superficiali dei suoli italiani
Fonte ISPRA ARPASV Servizi Regionali per il
Suolo CRA (Progetto SIAS)

Nota

Le Regioni mancanti sono in fase di
elaborazione

**Carbonio Organico
0-30 cm (t/ha)**

	0-0,1
	0,1-25
	25-50
	50-75
	75-100
	100-125
	125-150
	150-200
	>200

progetto, promosso dall'Istituto per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA¹³ - Servizi Regionali per il Suolo, denominato "Sviluppo di Indicatori Ambientali sul Suolo in Italia - SIAS" (Figura 8.05). Il contenuto in carbonio organico, in tonnellate per ettaro - t/ha, nei primi 30 cm dei suoli della pianura e della collina coltivata si attesta per lo più nelle classi 25-50 t/ha e 50-75 t/ha, mentre i suoli delle aree collinari-montane, con prevalenza di sistemi vegetali naturali, ricadono soprattutto nelle classi 75-100 e 100-125 t/ha. Più della metà del carbonio organico risulta approssimativamente stoccato nelle aree forestali e circa il 30% nelle aree agricole. Il riutilizzo dei dati esistenti ha comunque generato alcune differenze regionali, che evidenziano le difficoltà nel gestire, nonostante una procedura comune, dati prodotti da enti/laboratori/persone diverse in tempi diversi. Tale situazione richiede, pertanto, una revisione ulteriore dei dati di base e, in particolare per i terreni agricoli, lo sforzo di ricondurli tutti ad uno stesso periodo temporale.

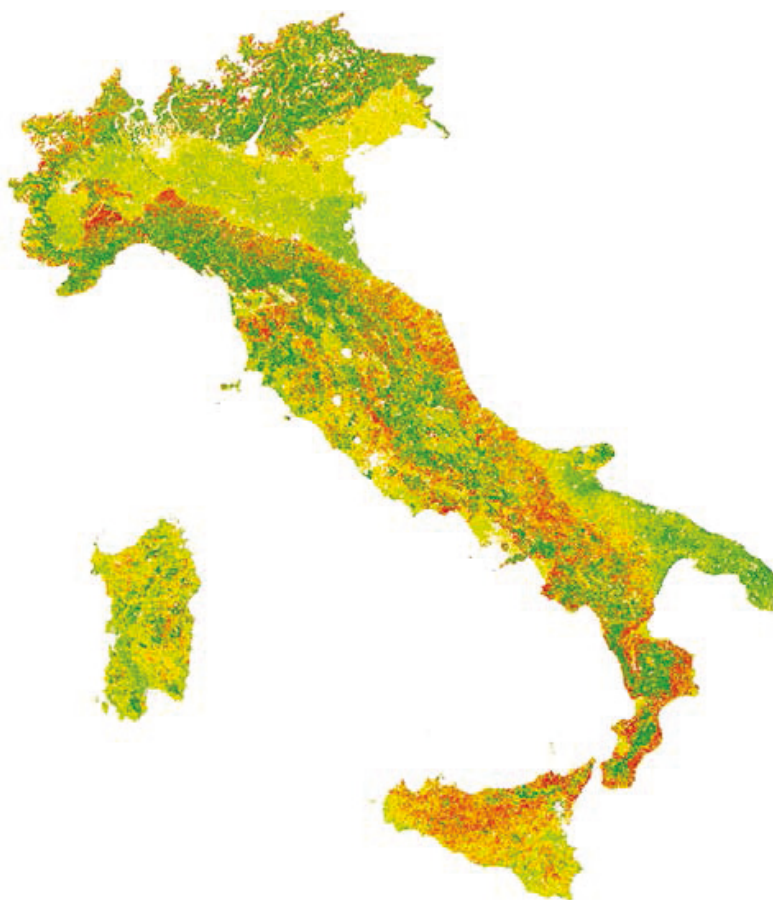
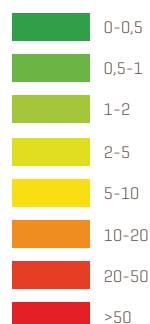
¹³ <http://www.isprambiente.gov.it/>

RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente

Figura 8.06

Stima della perdita di suolo per erosione idrica secondo il modello RUSLE
Fonte Estratto dalla cartografia europea di Panagos et al. (2015)

Perdita di suolo
[t/ha/anno]



L'erosione idrica

Sul territorio nazionale i fenomeni di perdita di suolo per erosione sono essenzialmente legati all'erosione idrica, mentre l'erosione colica può essere ritenuta di poca entità. La stima della perdita di suolo per erosione idrica è realizzata, a scala nazionale e continentale, tramite l'utilizzo di diversi modelli empirici o fisicamente basati, la cui affidabilità può essere testata tramite apposite stazioni di misura in campo. Il modello più noto ed utilizzato, anche per la sua facilità di applicazione, è sicuramente l'equazione universale per il calcolo delle perdite di suolo *Universal Soil Loss Equation - USLE* che, nella sua versione revisionata *Revised Universal Soil Loss Equation - RUSLE*¹⁴, presenta una maggiore affidabilità (Figura 8.06). Tale modello calcola i valori medi annuali di erosione idrica laminare e incanalata (non considerando quindi le forme erosive più accentuate, come il trasporto di massa o *gully erosion*), secondo una equazione parametrica che mette in relazione l'erosività delle piogge, l'erodibilità del suolo, le pendenze, l'uso del suolo e la copertura vegetale e le pratiche culturali adottate (Renard *et al.*, 1997). In base alle stime effettuate dal JRC la superficie interessata dal fenomeno, nell'Unione europea¹⁵, ri-

¹⁴ <http://www.iwr.msu.edu/rusle/>

¹⁵ https://europa.eu/european-union/index_it

A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
8.	Il suolo
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

sulta pari a 1,3 milioni di km², il 20% dei quali subisce una perdita di suolo superiore a 10 t/ha/anno. Il valore medio europeo di perdita di suolo (anno di riferimento 2010) è pari a 2,46 t/ha/anno, per un totale di circa 970 milioni di tonnellate di suolo asportato, valori decisamente superiori al tasso di formazione medio stimato in Europa come pari a 1,4 t/ha/anno (Verheijen *et al.*, 2009; Panagos *et al.*, 2015). Tra i 28 Stati membri, l'Italia presenta il tasso di perdita di suolo più alto, con valori di 8,46 t/ha/anno, spiegabili con le elevate pendenze del nostro territorio, da associare alla forza erosiva delle piogge, quando esse si verificano con precipitazioni intense e concentrate, in particolare, a seguito di lunghi periodi di siccità. L'analisi nazionale delle elaborazioni prodotte a livello regionale, realizzate con dati di base più numerosi e di maggior dettaglio rispetto a quelli europei, pur evidenziando analogamente le maggiori criticità nelle aree collinari e montane, mostra valori più contenuti e mediamente inferiori a 7 t/ha/anno. Tali valori, pur essendo elevati, devono essere comunque valutati tenendo in considerazione i diversi contesti territoriali e le diverse tipologie di suolo. Per suoli molto profondi e su substrati facilmente lavorabili e migliorabili con fertilizzazioni e apporti di sostanza organica, come quelli delle aree agricole montano-collinari dell'Emilia Romagna¹⁶, è di norma ritenuta tollerabile una perdita di suolo inferiore a 11,2 t/ha/anno (corrispondente a circa 1mm/anno), mentre per suoli sottili ed altamente erodibili, caratterizzanti ampi settori del territorio italiano, soprattutto nelle Regioni meridionali, la soglia di tollerabilità si abbassa a 2 t/ha/anno (Mc Cormack *et al.*, 1982). C'è da evidenziare che l'affidabilità delle stime effettuate con la modellistica è fortemente dipendente dai dati di input. In Veneto, una recente revisione, tramite l'utilizzo di dati iniziali di maggior dettaglio, ha permesso di ricalcolare le aree soggette ad un rischio moderato ed elevato di erosione idrica, con una riduzione dell'estensione di tali aree dall'11% della superficie regionale al 2,4%¹⁷.

Foto 8.06

Fenomeni di erosione idrica sviluppati su suolo non vegetato - Provincia di Cosenza
Fonte ISPRA Domenico Ligato

Nota

È evidente la differenza con i limitrofi suoli inerbiti

¹⁶ https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=erosione

¹⁷ <http://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/indicatori-ambientali/indicatori-ambientali-del-veneto/geosfera/evoluzione-fisica-dei-suoli/erosione-del-suolo/Erosione%20del%20suolo.pdf/>



RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente

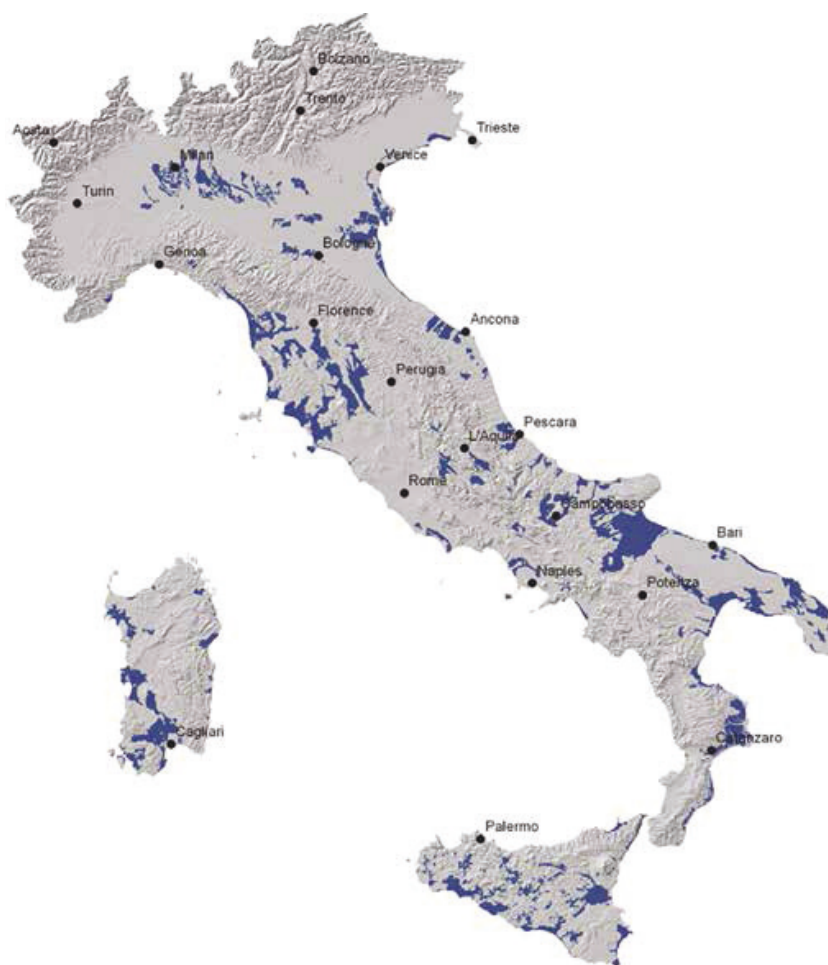
Figura 8.07

Localizzazione delle possibili aree con suoli affetti da salinità in Italia

Fonte Dazzi e Lo Papa in Costantini e Dazzi
eds. [2014]

Fonte Dazzi e Lo Papa in Costantini e Dazzi
eds. (2014)

eds. [2014]



La salinizzazione

La salinizzazione dei suoli consiste nell'accumulo, per cause naturali e antropiche, di sali nel suolo a un livello tale da compromettere l'attività vegetativa e produttiva delle colture, determinando effetti fortemente negativi per la biodiversità del suolo e per la resistenza dello stesso all'erosione. La salinizzazione è considerata come uno dei principali fattori che conducono alla desertificazione e l'*Institute for Environment and Sustainability - JRC-IES*¹⁸ stima che, in Europa, da 1 a 3 milioni di ettari di territorio ne siano interessati. Attualmente non è ancora disponibile una uniforme mappatura del fenomeno a livello nazionale, ma la sintesi di diverse indagini locali ha permesso di definire l'estensione del fenomeno (Figura 8.07). Suoli affetti da problemi di salinità, il cui recupero funzionale è sempre molto complicato, sono diffusi nella bassa Pianura Padana, in lunghi tratti del litorale tirrenico e adriatico, nella fascia costiera della Puglia, della Basilicata e della Sardegna e in estese aree della Sicilia.

18 <https://ec.europa.eu/jrc/en/about/institutes-and-directorates/jrc-ies>

A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
	8. Il suolo
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

La compattazione

Le aree interessate da agricoltura intensiva possono essere soggette all'instaurarsi di fenomeni di compattazione del suolo. Il fenomeno è dovuto, principalmente, all'utilizzo di macchine agricole pesanti, in particolare agenti su suoli umidi, e può essere definita come la compressione delle particelle del suolo in un volume minore, a seguito della riduzione degli spazi esistenti tra le particelle stesse. Di norma si accompagna a cambiamenti significativi nelle proprietà strutturali e nel comportamento del suolo, quali il suo regime termico e idrico, l'equilibrio e le caratteristiche delle fasi liquide e gassose che lo compongono. Oltre a quella superficiale, frequente è la formazione di uno strato compattato alla profondità di lavorazione (suola d'aratura). Il risultato è, oltre a una diminuzione della resa, la drastica diminuzione dell'infiltrazione delle acque, con conseguente aumento del ruscellamento superficiale (*run off*) dell'erosione e della perdita di sostanza organica e biodiversità del suolo. I frequenti ristagni nelle aree di pianura, in occasione di precipitazioni intense e concentrate, e le superfici di scivolamento di frane superficiali in corrispondenza di strati compattati lungo il profilo del suolo, evidenziano come il problema risulti diffuso nelle aree agricole italiane sia di pianura sia collinari. A livello continentale, la compattazione è generalmente ritenuta un'importante concausa dei grandi eventi alluvionali nord-europei degli scorsi anni, ma sono carenti gli studi sulla reale incidenza del fenomeno nell'amplificazione delle piene fluviali in Italia. Alcune Regioni hanno effettuato una mappatura dello stato di compattazione del suolo sul proprio territorio, ma ancora non si dispone di una cartografia nazionale.

La contaminazione

In relazione alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante, in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali, sono stati individuati, tramite appositi atti normativi, 40 Siti di Interesse Nazionale - SIN¹⁹ oggetto di operazioni di bonifica. Questi siti sono caratterizzati dall'essere stati compromessi in passato da attività produttive ed estrattive di amianto o dall'insistenza, attuale o pregressa, di attività di raffinerie, di impianti chimici integrati o di acciaierie. Il procedimento di bonifica del SIN è sotto la responsabilità amministrativa del MATTM. Oltre ai SIN, esistono diverse migliaia di siti contaminati e siti potenzialmente contaminati di competenza regionale. Sulla base della normativa vigente, tutti i siti contaminati, siano essi di competenza regionale o nazionale dovrebbero essere inseriti in apposite "Anagrafi Regionali dei siti da bonificare". Per quanto riguarda la contaminazione diffusa, manca ancora un quadro omogeneo a scala nazionale, ma problemi legati al fenomeno sono presenti in molte regioni italiane. Concentrazioni elevate di metalli pesanti – piombo, rame, zinco, antimonio, stagno e berillio – negli orizzonti superficiali dei suoli sono generalmente presenti nelle vicinanze delle infrastrutture stradali (piombo), nei comprensori vinicoli (rame), nelle aree interessate da pratiche agricole intensive ed in prossimità delle aree industriali. Gli inquinamenti da composti organici possono essere attribuiti quasi esclusivamente ad attività antropiche, quali la combustione di idrocarburi, le attività industriali, l'incenerimento di rifiuti ecc. Per altri metalli pesanti e metalloidi – cromo, nichel, cobalto, arsenico, vanadio – le campagne di monitoraggio effettuate in alcune Regioni settentrionali – Piemonte, Veneto, Emilia Romagna – hanno evidenziato come le elevate concentrazioni nei suoli siano in larga parte da attribuire al substrato litologico e/o ai sedimenti che hanno contribuito alla formazione del suolo (valore di fondo naturale).

La biodiversità dei suoli

Il suolo è un ambiente molto complesso e costituisce l'habitat per un elevatissimo numero di organismi, concentrati, in prevalenza, nei primi centimetri dalla superficie. Nell'intricata matrice tridimensionale del suolo, gli organismi interagiscono tra loro in una fitissima rete alimentare, dando vita a

19 <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/siti-contaminati/siti-di-interesse-nazionale-sin>

RSA2016 | Relazione sullo Stato dell'Ambiente

**Foto 8.07**

Valle del Sinna (MT)

Fonte ISPRA Fiorenzo Fumanti

Nota

L'asportazione della parte superficiale del suolo, ricca in biodiversità e sostanza organica, accelera i processi di degrado e di desertificazione.

un complesso sistema di attività biologiche. La biodiversità dei suoli italiani garantisce una ricchezza di habitat e servizi ecosistemici che pochi altri paesi al mondo possono vantare.

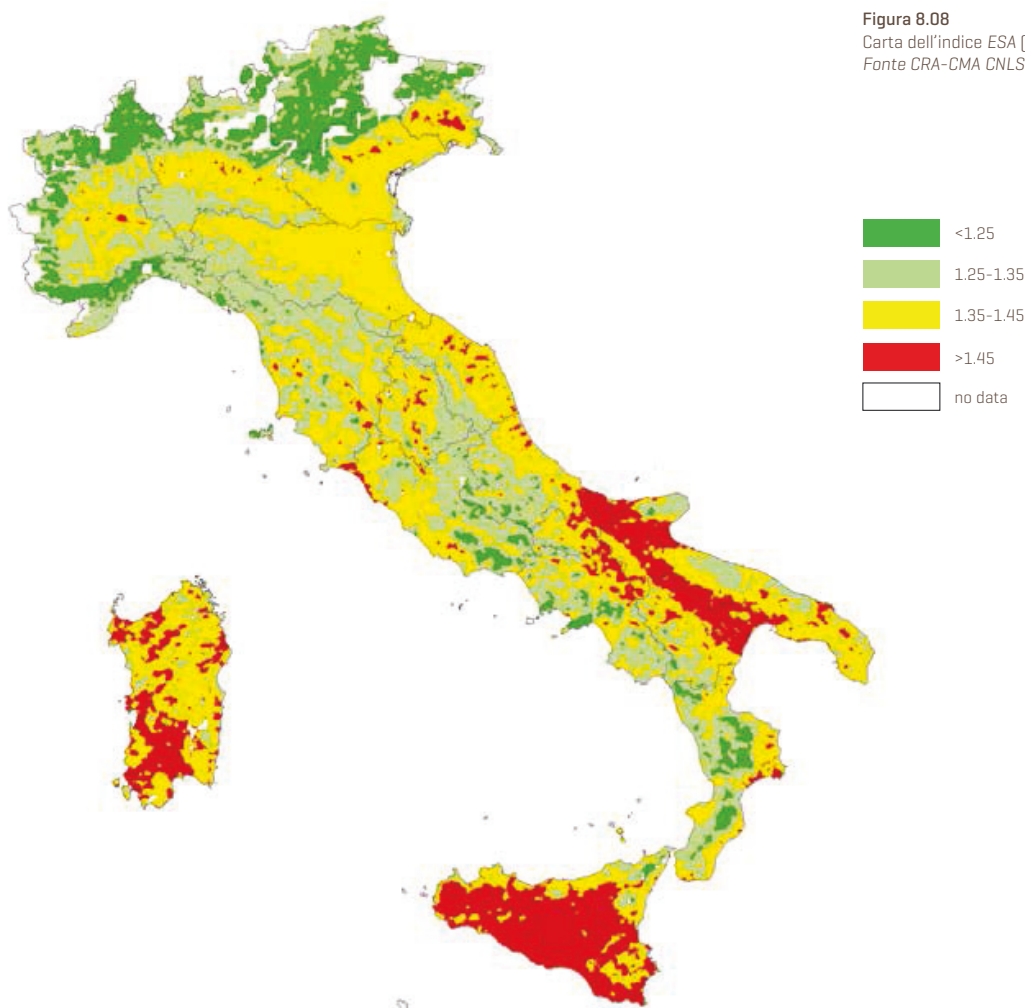
Molti fattori – biogeografici, storici, antropologici – hanno contribuito a fare dell'Italia un luogo caratterizzato da una elevatissima biodiversità spaziale e temporale con organismi antichissimi, che abitano il pianeta da 500 milioni di anni, e nuovissimi, tanto che, da recenti analisi, molti gruppi hanno mostrato un tasso di endemismo, superiore al 50%. Il 58% delle specie italiane di Pseudoscorpioni e il 59% degli Isopodi terrestri e dei Diplopodi sono endemici, così come sono notevoli le percentuali degli insetti più primitivi, quali Dipluri (47%) e Blattari (52%). Ciò vuol dire che delle innumerevoli specie che vivono nei nostri suoli, una su due si trova solo in Italia. Contemporaneamente, la struttura e la diversità delle comunità edafiche, modificandosi e adattandosi perfettamente ai cambiamenti globali e all'evoluzione, permettono il mantenimento di attività e funzioni essenziali per il nostro futuro. Le quantità di specie italiane, confrontate con quelle degli altri paesi europei e mediterranei, sono enormi, tanto che l'Italia ospita, nel bacino del Mediterraneo, oltre 300 Aree Importanti per le Piantе - IPA, più del doppio della Turchia. Gran parte degli sforzi di conservazione della biodiversità sono riservati ad alcune delle oltre 1250 specie di vertebrati, o delle oltre 7000 specie di piante, mentre le problematiche delle circa 57.000 specie di invertebrati, di cui metà vive nel suolo (molte specie utilizzano il suolo per una parte del proprio ciclo vitale), e delle oltre 20.000 specie di funghi, non riescono ad essere coperte dalla legislazione relativa ad habitat e paesaggio, elementi che tuttavia sono modellati e conservati grazie a tali organismi. Recentemente, la biodiversità agricola è stata tutelata da un'apposita strategia, e la biodiversità e il degrado dei suoli, nel loro complesso, sono oggetto di una proposta di rete di monitoraggio nazionale, in fase di condivisione a livello federale. Molte Regioni italiane utilizzano il biomonitoraggio del suolo per valutare le condizioni degli ecosistemi e analoghi strumenti sono in corso di studio per il controllo delle aree protette.

La desertificazione

La desertificazione rappresenta lo stadio finale dei processi di decadimento del suolo ed è definita come «il degrado delle terre nelle aree aride, semiaride e subumide secche, attribuibili a varie cause, tra le quali variazioni climatiche e attività umane²⁰». Il fenomeno costituisce, secondo il Millennium

20 UNCCD - United Nations Convention to Combat Desertification, Art. 1a [1994]

A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
8.	Il suolo
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE



Ecosystem Assessment (2005), il declino dei servizi ecosistemici, specialmente quelli legati all'agricoltura di sussistenza che minano direttamente le condizioni di vita delle comunità maggiormente vulnerabili.

Nonostante, sia a livello globale sia locale, manchi una metodologia comune per la valutazione dell'intensità e dell'estensione della desertificazione, le cartografie sinora realizzate sono concordi nel ritenere che il fenomeno stia assumendo sempre più evidenza in almeno cinque Regioni italiane — Sicilia, Basilicata, Molise, Sardegna, Puglia — e segnali negativi provengono anche da altre Regioni centro-settentrionali (ISPRA, 2015).

Tra le tecniche maggiormente utilizzate c'è il modello *Environmentally Sensitive Areas - ESA*²¹, che definisce un indice di qualità ambientale variabile tra 1 e 2, attraverso la combinazione di quattro indici di qualità relativi, rispettivamente, a suolo, clima, vegetazione e gestione del territorio.

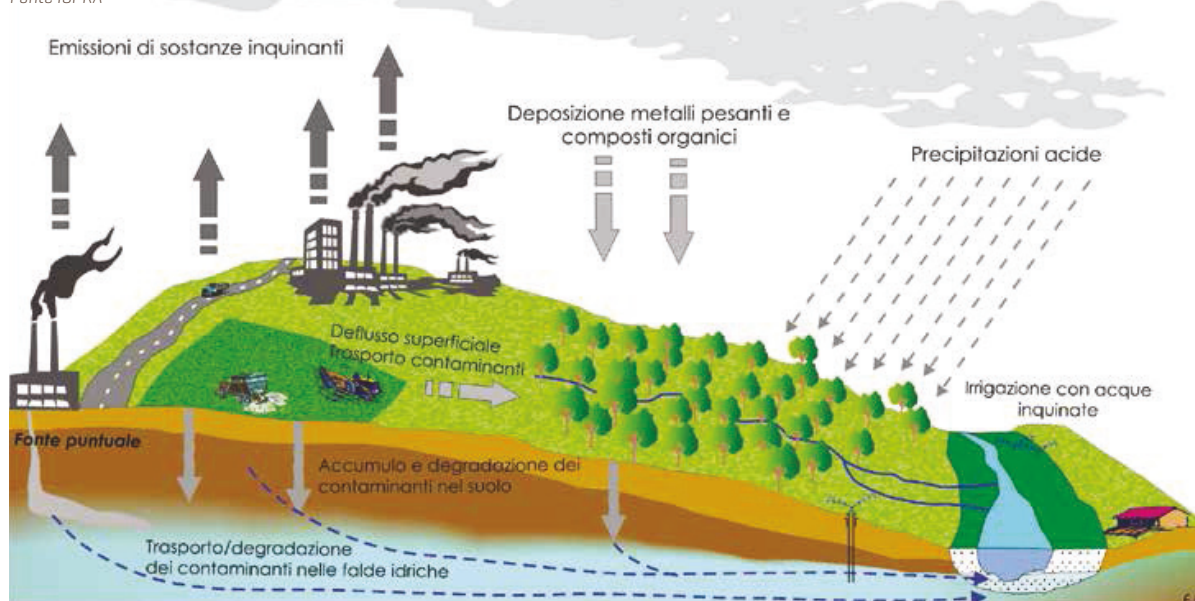
21 <https://www.der.wa.gov.au/your-environment/environmentally-sensitive-areas>

La più recente valutazione a scala nazionale (Perini *et al.*, 2008) (Figura 8.08) stima che il 10% del territorio nazionale è molto vulnerabile ($ESA > 1,5$), il 49,2% ha una vulnerabilità media ($1,3 < ESA < 1,5$) e il 26% una vulnerabilità bassa o non è vulnerabile ($ESA < 1,3$). Le aree maggiormente vulnerabili ($ESA > 1,5$) sono in Sicilia (42,9% della superficie regionale), Molise (24,4%), Puglia (15,4%), Basilicata (24,2%) e Sardegna (19,1%). Sei Regioni – Toscana, Umbria, Marche, Abruzzo, Campania, Calabria – presentano una percentuale di territorio vulnerabile compresa fra il 5% e il 15%, mentre in tutte le altre i valori riscontrati sono al di sotto del 5%. Ulteriori studi, realizzati dalle Regioni nell'ambito delle attività promosse dal Comitato Nazionale per la lotta alla desertificazione a partire dal 2004, confermano il quadro nazionale, fornendo approfondimenti conoscitivi per le aree maggiormente vulnerabili e mettendo in evidenza situazioni di particolare rilevanza locale.

IMPATTI GLI EFFETTI DEL DEGRADO DEI SUOLI

Il suolo svolge una fondamentale funzione protettiva dell'ambiente, ed in relazione al tipo, tramite le caratteristiche chimico, fisiche e biologiche, esercita un'azione di filtro e barriera che permette di mitigare gli effetti degli inquinanti, ostacolandone il passaggio nelle acque sotterranee e nella catena alimentare. Quando, a causa di un disturbo drastico o prolungato nel tempo, le proprietà del suolo sono fortemente compromesse, gli inquinanti possono trasferirsi nelle acque sotterranee. Gli impatti dovuti alla contaminazione del suolo (Figura 8.09) possono riguardare anche le acque superficiali, l'atmosfera e la catena alimentare, con il potenziale insorgere di pericoli, anche gravi, per la salute umana. Le conseguenze economiche sono legate soprattutto agli ingenti impegni finanziari necessari per la bonifica e il ripristino ambientale, ma anche alla perdita di valore delle aree contaminate, alla necessità di interventi su comparti ambientali che risentono in modo indiretto degli impatti dell'inquinamento sul suolo – in particolare le acque sotterranee – e al possibile rifiuto, da parte

Figura 8.09
Schema della contaminazione diffusa
Fonte ISPRA



A.	IL QUADRO INTERNAZIONALE ED EUROPEO
B.	I DETERMINANTI
C.	I TEMI
D.	LE MATRICI
	8. Il suolo
E.	LA BIODIVERSITÀ
F.	L'ATTUALE SISTEMA DI GOVERNANCE

dei consumatori, di prodotti ottenuti dalla coltivazione di suoli inquinati (ISPRA, 2013). Secondo i dati contenuti nella valutazione d'impatto (SEC (2006)1165) della Strategia Tematica per il Suolo condotta dai servizi della Commissione europea, il costo annuo rappresentato dalla contaminazione del suolo è compreso in un *range* di 2,4 -17,3 miliardi di euro.

Oltre alla funzione protettiva, le sostanze inquinanti possono alterare profondamente anche le funzioni produttive ed ecologiche. Concentrazioni eccessive di inquinanti hanno, infatti, effetti fortemente negativi sugli organismi del suolo, sia direttamente per emigrazione o morte degli individui e delle specie più sensibili, sia indirettamente, a causa dello sviluppo di organismi resistenti e poco specializzati. Per tale motivo, la biodiversità edafica è sempre più utilizzata nei programmi di monitoraggio dei suoli e dei siti contaminati, come utile indicatore biologico, in grado di integrare i dati chimici e fisici rilevati nelle convenzionali analisi pedologiche (ISPRA, 2015b). I motivi della perdita di biodiversità del suolo, tuttavia, non sono ristretti solo al problema della presenza e persistenza degli inquinanti. La vita nel suolo, motore della sua multifunzionalità, è ridotta fino al totale azzeramento, in tutte le trasformazioni d'uso del territorio che prevedono la cementificazione e l'impermeabilizzazione del suolo. Ulteriori fattori che riducono le comunità edafiche sono rappresentati dall'incremento dei sali, dalle variazioni di acidità del suolo e dalle pratiche agricole intensive (lavorazioni profonde e frequenti) che spesso determinano l'instaurarsi di superfici compattate. La diminuzione della porosità nella cosiddetta "suola d'aratura" provoca una minore possibilità di diffusione dell'ossigeno, generando modificazioni delle catene alimentari e, in particolare, nel tipo e nella distribuzione degli organismi.

La perdita di biodiversità del suolo è strettamente correlata con la diminuzione della sostanza organica. Il decremento, infatti, della sostanza organica riduce, a sua volta, la quantità di cibo a disposizione degli organismi edafici e limita la capacità del suolo di fornire gli elementi nutritivi alla produzione vegetale incidendo, di conseguenza, sulla resa e sulla qualità dei prodotti. Poiché il suolo ha la capacità di assorbire o emettere anidride carbonica e metano, un minor contenuto in carbonio organico ne compromette la funzione di regolatore del clima. Particolarmente significativo può essere l'impatto sul tasso di perdita della sostanza organica, a seguito del riscaldamento globale poiché la trasformazione della sostanza organica in forme minerali è strettamente legata alle condizioni ambientali ed in particolare alla temperatura. L'aumento del *forcing* radiativo, derivante dall'incremento della concentrazione atmosferica di CO₂, dovrebbe contribuire all'innalzamento della temperatura del suolo, accelerando i tassi di mineralizzazione della sostanza organica, con rilascio di anidride carbonica in atmosfera, in particolare alle alte latitudini dove la sostanza organica è preservata da condizioni climatiche fredde e umide, generando così un *feedback* positivo a lungo termine nel sistema climatico (JRC, 2009²²; Lal, 2012). Poiché la quantità di carbonio stoccata nei suoli è stimata superiore a 1500 PgC, circa il doppio di quella contenuta in atmosfera, la potenziale magnitudo di questo *feedback* è elevata (Lal *et al.*, 2007). Al tempo stesso, però, un aumento delle temperature può incrementare il processo fotosintetico, con un maggior apporto di residui organici ed inglobamento di carbonio nel suolo. Definire come verrà modificato il ciclo del carbonio, a seguito del riscaldamento globale, è quindi materia di grande complessità e fortemente legata alle condizioni locali.

L'erosione idrica rappresenta uno dei più importanti fenomeni di degradazione del suolo a livello mondiale. I danni arrecati dall'erosione vengono generalmente classificati come danni manifesti nei luoghi in cui il fenomeno avviene – danni *on-site* – che portano alla perdita di suolo, di fertilità, di biodiversità, ecc., e danni dovuti all'elevato carico solido dei corsi d'acqua. Questi ultimi si verificano in aree anche molto distanti da quelle in cui il fenomeno erosivo è avvenuto – danni *off-site* – e si traducono in allagamenti in aree urbane o agricole con deposizione di grandi quantità di fanghi, interrimenti di bacini, danni alle infrastrutture, inquinamento delle acque superficiali dovuto al trasporto di sostanze inquinanti a mezzo delle acque di scorrimento superficiale (*run off*), ecc. Un caso estremo di erosione è rappresentato dalla movimentazione repentina di masse di suolo in occasione di eventi meteorici estremi. Tali fenomeni di flusso idrico iperconcentrato, dovuto al grande carico di suolo, possono assumere elevate velocità con impatti devastanti (ad es. Sarno, Versilia, Messina, Cinque Terre). In questi casi, la

22 http://agrilife.jrc.ec.europa.eu/rural_soco.htm

risorsa suolo si trasforma in una diretta minaccia per la popolazione (Fumanti, 2013).

L'erosione idrica, dipendendo principalmente dalle precipitazioni e dalla capacità protettiva del manto vegetale, è intimamente legata all'evoluzione del clima e alle variazioni d'uso del suolo. Il progressivo aumento delle aree boscate a scapito di quelle agricole, confermato dai dati del Progetto *Corine Land Cover - CLC*²³, lascia supporre una consistente diminuzione del fenomeno nelle zone montane. Al contrario, l'intensificazione della meccanizzazione nelle aree agricole collinari e la diffusione di incendi fanno ipotizzare un incremento del fenomeno, collegato anche all'aumento, registrato negli ultimi anni, dell'erosività delle piogge, che cadono con scrosci più intensi ed eventi più ravvicinati. I dati relativi alla efficacia delle misure agroambientali, introdotte dalla nuova Politica Agricola Comune - PAC²⁴ e previste nei Piani di Sviluppo Rurale, evidenziano una significativa riduzione dei fenomeni erosivi in seguito alla loro applicazione (Bazzoffi *et al.*, 2011; Ballabio *et al.*, 2016) a conferma della loro validità. In base agli standard *Good Agricultural and Environmental Conditions - GAEC*²⁵, della banca dati web *Monitoring Agricultural Resources - MARS*²⁶, predisposta dal JRC, la perdita di suolo nelle aree agricole, nelle quali non vengono applicate le misure agroambientali – lavorazioni ridotte o non lavorazioni, terrazzamenti, inerbimenti, solchi acquai – sarebbe superiore di circa il 20% (Panagos *et al.*, 2015).

Le variazioni climatiche hanno un controllo fondamentale anche sui fenomeni di salinizzazione dei suoli. L'accumulo di sali rappresenta una delle maggiori minacce per gli ecosistemi, limita l'assunzione delle sostanze nutritive nelle piante e altera il metabolismo degli organismi. La fertilità è ridotta e la copertura vegetale del suolo fortemente circoscritta. Il suolo è destrutturato, con incremento dei fenomeni erosivi idrici ed eolici. Si formano orizzonti compattati ed incrostati, che ostacolano notevolmente la permeabilità e la capacità di ritenzione idrica. In aree aride e semiaride la diffusione del fenomeno è uno dei principali fattori di desertificazione. Soprattutto in Italia meridionale, dove il fenomeno è più diffuso, il previsto incremento di aridità potrebbe determinare un deciso aggravamento del problema, in particolare nelle aree costiere, a causa degli eccessivi emungimenti per uso agricolo, civile o industriale, con abbassamento del livello di falda e possibilità di intrusione di acque saline.

Il processo di degrado di un territorio è pertanto collegato a diversi fattori di pressione di origine naturale e antropica; la desertificazione è la risultante di questo complesso sistema di interazioni, allorché il degrado arriva a pregiudicare in modo pressoché irreversibile la capacità produttiva sostenibile degli ecosistemi agricoli e forestali. In generale un suolo in condizioni naturali è in grado, in funzione della sua porosità, permeabilità e umidità, di trattenere una grande quantità di acqua derivante dalla precipitazione atmosferica, contribuendo a regolare il deflusso superficiale. Al contrario, in un ambiente antropizzato, la presenza di superfici impermeabilizzate, la riduzione della vegetazione, l'asportazione dello strato superficiale ricco di sostanza organica e l'insorgere di fenomeni di compattazione comportano un grave scadimento della funzionalità del suolo. La diminuzione della evapotraspirazione e della capacità di assorbimento delle acque, da parte del suolo, determinano un incremento dello scorrimento superficiale, con aumento dei fenomeni erosivi e trasporto nei collettori naturali di grandi quantità di sedimento (ISPRA, 2015b) (Figura 8.10).

L'agricoltura ha sicuramente un forte impatto sui suoli, ma al tempo stesso rappresenta il comparto che più di ogni altro può contribuire a migliorarne la qualità. Gli effetti negativi possono essere mitigati tramite l'utilizzo di pratiche agricole innovative, che consentono di ridurre l'effetto sull'ecosistema tellurico e di favorire il mantenimento della capacità produttiva e della fertilità del suolo. Diversi studi hanno evidenziato importanti effetti positivi, a seguito dell'applicazione di pratiche agricole conservative, sia dal punto di vista economico e sociale, sia, soprattutto, ambientale (FAO, 2005; Project SoCo²⁷)

Tecniche agronomiche, quali le “non lavorazioni” o le “lavorazioni ridotte” del terreno – *no-tillage*

23 <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/biodiversita/documenti/corine-land-cover-clc>

24 <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/287>

25 [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Good_agricultural_and_environmental_conditions_\[GAEC\]](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Good_agricultural_and_environmental_conditions_[GAEC])

26 <https://ec.europa.eu/jrc/en/mars>

27 http://agrilife.jrc.ec.europa.eu/rural_soco.htm