

3.1.1 La funzione pedopaesaggistica

Il suolo nel paesaggio

Il suolo è un elemento fondamentale del paesaggio: in paesaggi diversi si formano suoli diversi ed essi, a loro volta, sono eccellenti "indicatori" della qualità del paesaggio in cui ricadono.

Si viene a evidenziare una relazione fra suolo e paesaggio, che porta a stabilire delle tipologie di paesaggio in cui si ritrovano, a seconda della scala, determinati tipi di suolo.

Il "pedopaesaggio" è un neologismo ed un concetto innovativamente "trasversale", proposto anche dagli autori francesi (pedopaysage): potremmo pensare al pedopaesaggio come ad un arricchimento del concetto classico di paesaggio, come ad un "paesaggio di cui si sono capiti anche i suoli che lo sostengono", oppure ancora come alla "combinazione dinamica fra l'aspetto esteriore del paesaggio e le sue intime radici pedogenetiche", con molte maggiori informazioni nel caso si voglia valorizzare tale paesaggio, indirizzandone gli usi e la protezione.

La "funzione pedopaesaggistica", pertanto, è la più ricca e complessa delle funzioni che i suoli svolgono nell'ecosistema, andando oltre obiettivi di produzione o protezione, per coinvolgere l'equilibrio dell'ambiente nel suo complesso, includendo altresì aspetti culturali, sociologici e storico – naturalistici.

Un quadro preordinato, aperto e aggiornabile, in cui si ripetono e correlano le tipologie di suolo osservate nei diversi paesaggi regionali, può essere rappresentato su una carta, così che oltre l'aspetto tipologico si può vedere anche dove e quanto sono diffuse le entità pedopaesaggistiche. Al momento la classificazione del pedopaesaggio regionale, che si basa su un innesto funzionale fra le scale 1:50.000 e 1:250.000, utilizza sette livelli categorici.

I "pedopaesaggi" della Lombardia

Il pedopaesaggio è una risorsa della superficie terrestre, fragile in quanto frutto di un equilibrio dinamico, dovuto all'interazione, nel tempo, fra:

- suoli (frutto dei processi e fattori pedogenetici);
- soprassuoli (vegetazione, colture, opere dell'uomo);
- testa dei sottosuoli (il delicato contatto fra litosfera e pedosfera, di cui al paragrafo 3.2.2.);
- acque di scorrimento e sottosuperficiali (frazione dell'idrosfera che interagisce con la pedosfera e la litosfera, e costituisce parte degli acquiferi utilizzati).

Nella rappresentazione cartografica i pedopaesaggi lombardi sono classificati utilizzando i primi due livelli categorici, con dettaglio progressivamente maggiore: regioni, provincie, distretti pedopaesaggistici.

In Lombardia sono presenti, al momento e secondo la più funzionale correlazione interregionale ed europea, cinque regioni di pedopaesaggio, diciassette provincie e sessantadue distretti (Cfr. [Figura 1](#)).

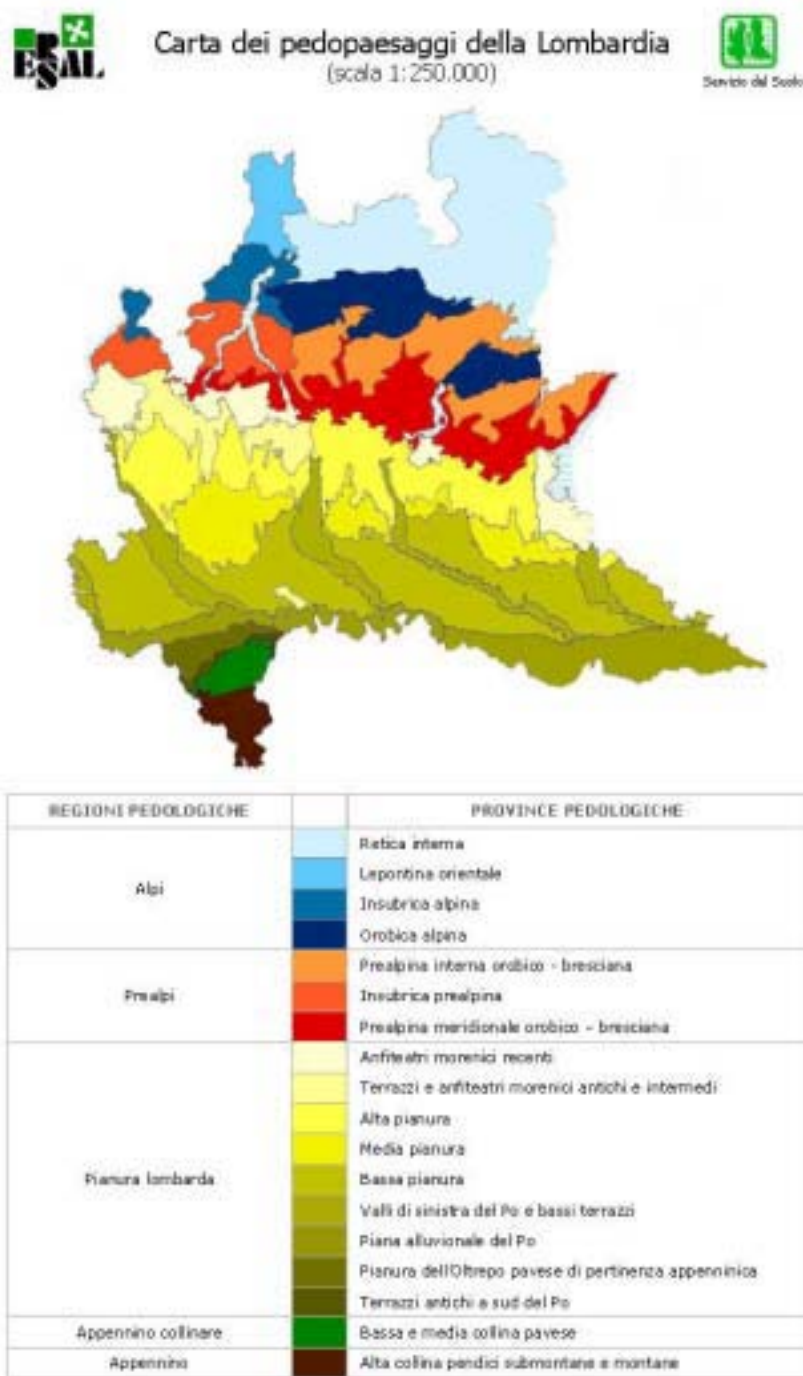


Figura 1

Il rischio di degrado del suolo

I contenitori pedogeografici definiti ai tre diversi livelli categorici sono strumento per "ordinare", inquadrandole nello spazio ed anche ad uso di altri specialismi, le diverse pressioni, che si evolvono in "rischi di degrado", per la risorsa suolo, le risorse correlate (acqua, aria, vegetazione innanzitutto), per il pedopaesaggio regionale nel suo complesso.

Esaminando tali pressioni al livello pedogeograficamente più elevato: nella Regione 1 abbiamo rischi di acidificazione, erosione con movimenti di terreno, esondazioni, consumi per urbanizzazione (nei fondivalle); nella Regione 2 ci sono fenomeni erosivi e consumi per urbanizzazione (concentrati nei fondivalle); nella Regione 3 ci sono pressioni acute e diffuse per urbanizzazione, mezzi chimici in agricoltura (fertilizzanti e

pesticidi), smaltimento di fanghi, costipazioni, troncature ed escavazioni, acidificazione (ad ovest), squilibrio idrologico (superficiale e sottosuperficiale); nella Regione 4 è elevata la pressione antropica e la conseguente difficoltà a prevenire l'erosione, diffusa nello spazio e profondamente incanalata negli effetti; nella Regione 5 le pressioni sono leggermente più lievi che nella precedente, per la minor diffusione di materiali sensibili all'erosione e la minor incidenza antropica.

Il monitoraggio dello stato della risorsa suolo

La base informativa sui pedopaesaggi regionali deve essere mantenuta, comunicata, implementata nelle decisioni di livello regionale, approfondita e resa disponibile al supporto della pianificazione paesistica provinciale e comunale.

Le dinamiche che coinvolgono le diverse entità pedopaesaggistiche devono essere monitorate come attività permanente di un "Osservatorio regionale del pedopaesaggio", con la finalità di prevenire i fenomeni di degrado. Le diverse politiche regionali (territoriali, ambientali, agricole) devono usare le entità pedopaesaggistiche come comune "contenitore" e riferimento geografico.

3.1.2 La funzione produttiva

Il concetto di fertilità

La funzione produttiva è direttamente correlata al concetto di fertilità. Infatti i suoli costituiscono il serbatoio d'acqua e la riserva di elementi nutritivi necessari per la crescita delle piante, assicurando così la produzione di alimenti, foraggio, fibre, biomassa ed energia rinnovabile.

La conservazione, in quantità e qualità, del valore produttivo dei suoli è indispensabile per mantenere la produttività agricola, ma induce effetti importanti anche sotto il profilo ambientale.

Infatti, i suoli più fertili, generalmente, richiedono anche meno input energetici per essere coltivati, meno acqua irrigua per garantire produzioni soddisfacenti, meno pesticidi e fertilizzanti per assicurare una buona crescita delle colture.

La Capacità d'Uso dei suoli (Cfr. [Figura 2](#))

I suoli migliori hanno una tessitura equilibrata, sono profondi, ben drenati, permeabili all'acqua e all'aria, hanno una buona capacità di ritenzione idrica, un accettabile livello di acidità o di alcalinità ed un buon contenuto in sostanza organica, non sono troppo pendenti e non sono inondabili né pietrosi.

Suoli con queste caratteristiche, adatti ad una vasta gamma di colture e classificati in I e II classe di capacità d'uso, sono molto diffusi nella pianura lombarda a conferma della vocazione agricola di questo territorio.

Altri suoli presentano invece caratteristiche più sfavorevoli, pendenza, suscettività all'erosione, idromorfia, eccesso di scheletro, difficoltà di drenaggio, che ne comportano la classificazione in III e IV classe di capacità d'uso.

Questi suoli sono generalmente meno produttivi, determinano una minore flessibilità nelle scelte colturali, oppure richiedono interventi conservativi più consistenti, anche se, in taluni casi, specie vegetali di pregio, come vite ed olivo, estrinsecano al meglio le loro potenzialità produttive e le loro qualità organolettiche proprio su suoli che presentano proprietà sfavorevoli alla maggior parte delle altre piante.

I suoli classificati dalla V all' VIII classe di capacità d'uso non sono invece idonei per un'agricoltura intensiva, ma solo per il pascolo, la forestazione o per essere adibiti alla conservazione dell'ambiente naturale: poco diffusi in pianura dove sono presenti in aree golenali e zone umide, contraddistinguono invece i paesaggi morenici e gran parte del territorio montano della Regione.

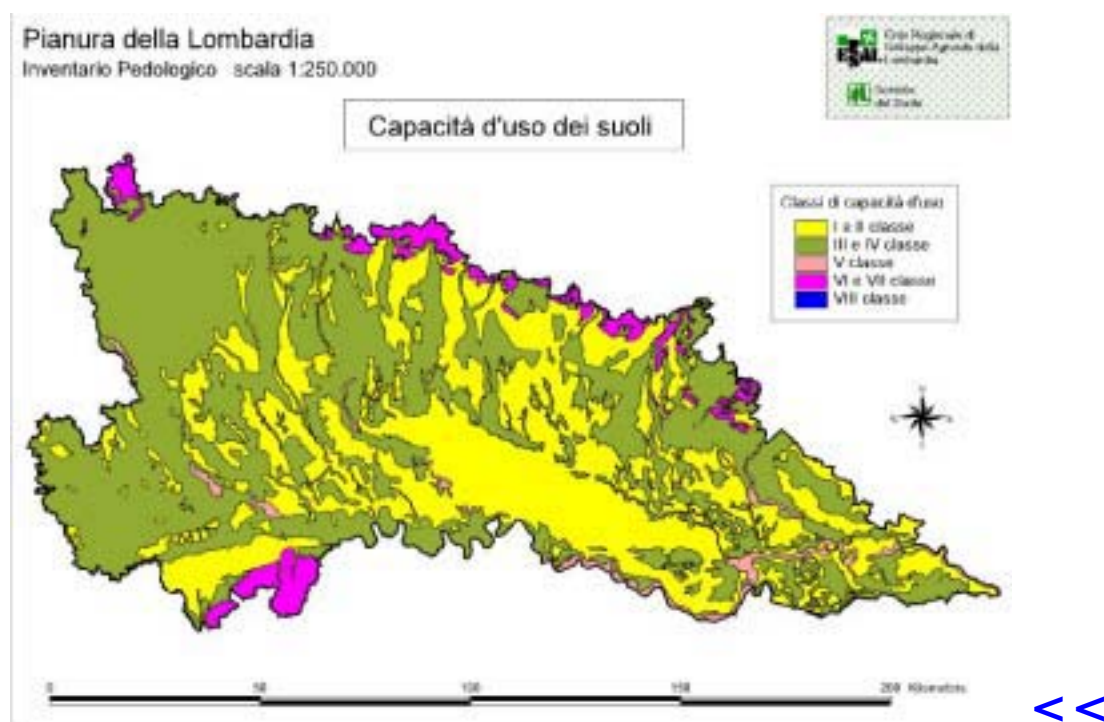


Figura 2

Il consumo e la perdita di qualità dei suoli

I principali rischi di compromissione della funzione produttiva dei suoli derivano dalla diminuzione delle superfici agricole a più elevata capacità produttiva.

Il consumo di suolo per urbanizzazione, cementificazione, costruzione di manufatti ed infrastrutture, stoccaggio di rifiuti ed estrazione di materiali di cava, ha già raggiunto il 17% della superficie territoriale in pianura, con punte anche molto superiori nell'alto milanese (stime anno 1994), e si realizza spesso a carico dei suoli migliori.

Ma il decremento qualitativo dei suoli agricoli, con conseguente deterioramento della loro capacità d'uso, può essere causato anche dal disturbo provocato da ricoperture con materiali e detriti vari, da livellamenti e spianamenti che ne alterano le originarie morfologie, dall'asportazione di materiale sottosuperficiale durante l'interramento di condutture o l'escavazione di materiale edilizio e il ribassamento delle superfici per bonifiche agricole.

L'urbanizzazione diffusa e il disordinato succedersi di interventi di occupazione e disturbo dei suoli provocano poi marginalizzazione e degrado anche delle superfici non direttamente interessate, con il rischio di un ulteriore incremento dello spreco della risorsa.

La conservazione dei suoli agronomicamente migliori

Occorre pertanto una politica di governo dei processi urbanizzativi che, integrando e sviluppando ulteriormente le disposizioni già previste dalla l.r. 41/97 ("Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti"), consenta la effettiva revisione delle modalità di localizzazione insediativa e infrastrutturale nella pianificazione del territorio.

Conservare e valorizzare le aree di maggiore pregio agronomico, preservandole dalla urbanizzazione e da altre forme di sfruttamento, e prevedere una accurata progettazione e valutazione dell'effettiva utilità agronomica delle "bonifiche agricole" sono fra i primi obiettivi possibili.

A tal fine, il monitoraggio della capacità d'uso dei suoli, in termini quantitativi e qualitativi, e l'adeguamento dei metodi di computo del fabbisogno di suolo per usi

urbani, sono strumenti che appaiono irrinunciabili per attribuire un adeguato contenuto e valore pianificatorio allo spazio rurale.

3.1.3 La funzione protettiva

Il ruolo dei suoli nella protezione dell'ambiente

La funzione protettiva esprime la capacità del suolo di agire da barriera e da filtro nei confronti di potenziali inquinanti e, quindi, di proteggere il sistema delle acque sotterranee e superficiali e le catene alimentari.

I suoli, infatti, regolano i flussi idrologici, controllando il trasporto dei soluti in profondità e il movimento dell'acqua in superficie, e favoriscono l'inattivazione delle sostanze tossiche, attraverso processi di adsorbimento, precipitazione chimico-fisica e decomposizione biochimica e microbiologica.

La funzione protettiva dei suoli diviene pertanto rilevante nell'analisi di molti rischi ambientali, quali contaminazione ed eutrofizzazione delle risorse idriche, erosione, compattazione, inondazioni ed acidificazione.

La Capacità Protettiva dei suoli della pianura lombarda (Cfr. [Figura 3](#))

I suoli a bassa capacità protettiva nei confronti delle acque sotterranee hanno una permeabilità elevata, essendo caratterizzati in genere da una granulometria grossolana, sabbiosa o sabbioso-ghiaiosa, e/o sono interessati da falde e fenomeni di idromorfia in prossimità della superficie.

Nella pianura lombarda questi suoli sono prevalentemente concentrati nell'alta pianura, soprattutto nella parte occidentale, nella Lomellina e nella pianura pavese e lodigiana, nella zona delle risorgive e nelle valli fluviali.

La capacità protettiva è invece elevata dove i suoli hanno una tessitura più fine, sono meno permeabili ed hanno una maggiore capacità di filtro, condizioni che si verificano prevalentemente sulle superfici moreniche e terrazzate antiche localizzate tra il Ticino e l'Adda e nella porzione sud-orientale della pianura.

Spesso, peraltro, le caratteristiche, quali pendenza o bassa permeabilità, che rendono i suoli protettivi nei confronti delle acque sotterranee, favoriscono invece i movimenti laterali delle acque, determinando una minore capacità di protezione delle risorse idriche di superficie: per questa ragione le carte della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee tendono frequentemente ad assumere un aspetto che è complementare a quello delle carte riferite alla capacità protettiva nei confronti delle acque superficiali.

In pianura è raro trovare suoli con una capacità tampone molto scarsa; in montagna, invece, sui rilievi alpini più alti, dove il clima è molto piovoso, la vegetazione è costituita prevalentemente da conifere e sono presenti suoli podzolici, possono sussistere rischi di acidificazione.

Lo sfruttamento della capacità depuratrice dei suoli

La Lombardia è una regione caratterizzata da una forte urbanizzazione ed industrializzazione e da una agricoltura anch'essa tecnologicamente avanzata ed intensiva.

Il monitoraggio e il controllo dell'impatto ambientale delle attività antropiche rappresentano pertanto una priorità nelle politiche di governo del territorio.

Per molti anni l'attenzione alle proprietà e al comportamento dei suoli è rimasta circoscritta al settore agricolo, e, quindi, all'uso dei prodotti fitosanitari e dei concimi e allo spandimento dei reflui zootecnici. Tuttavia, si assiste ora ad una crescente sensibilità per i problemi connessi anche con lo smaltimento dei rifiuti e dei residui di origine civile o generati nei cicli produttivi industriali.

Sempre di più, nelle società moderne, si fa infatti affidamento sulla capacità depuratrice dei suoli: spandimento dei fanghi di depurazione urbana, smaltimento

delle acque reflue urbane e di quelle prodotte dall'industria, riutilizzo di compost di varia origine, ne sono esempi significativi.

Il valore strategico della funzione protettiva dei suoli

Tutte queste tematiche richiedono, evidentemente, analisi ed approfondimenti specifici, dal momento che si tratta di sostanze spesso anche molto diverse tra loro e che si comportano in modo differente nell'ambiente: ad esempio, gli inquinanti organici, nel suolo, sono soggetti più o meno rapidamente a processi di degradazione e trasformazione e i rischi per l'ambiente sono per lo più connessi alla loro lisciviazione o trasporto verso il sistema delle acque, mentre i metalli pesanti non sono generalmente mobili e i rischi maggiori sono legati a fenomeni di accumulo. Ne consegue che anche le risposte e le attitudini dei suoli possono essere diverse e richiedono di essere studiate e monitorate adeguatamente.

Allarme dovrebbe in ogni caso suscitare la diminuzione delle superfici a elevata capacità protettiva e l'incremento relativo di quelle a bassa capacità, anche come conseguenza di processi di sovrasfruttamento e degrado pedologico.

Il valore strategico della funzione protettiva dei suoli impone, al contrario, la valorizzazione dei suoli a più elevata capacità e l'alleviamento delle pressioni sui suoli più vulnerabili.

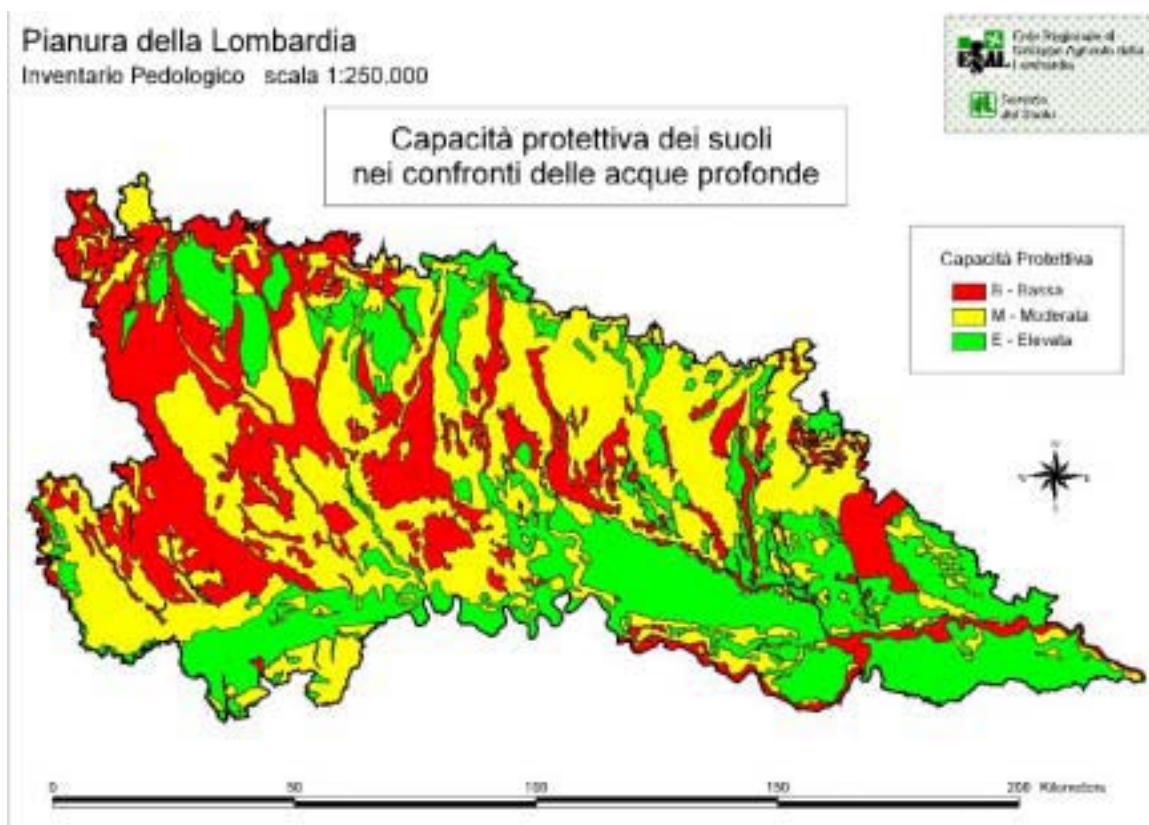


Figura 3

APPROFONDIMENTI SPECIFICI

L'interazione fra suoli e pesticidi (Cfr. [Figura 4](#))

L'uso di prodotti fitosanitari (insetticidi, acaricidi, fungicidi e erbicidi) può causare rischi per la salute umana e per l'ambiente; tra i comparti ambientali a rischio di contaminazione, assumono una particolare rilevanza le acque, sia superficiali che sotterranee.

E' nel suolo infatti che si verificano i primi e più significativi processi di degradazione degli inquinanti, in particolare dei prodotti fitosanitari che su di esso vengono distribuiti direttamente o vi giungono, trasportati dall'aria provenienti dai trattamenti fogliari.

Il suolo esercita una fondamentale funzione protettiva dal punto di vista chimico e biologico; infatti il contenuto in sostanza organica degli orizzonti più superficiali tende a diminuire la mobilità di molti principi attivi contenuti nei prodotti fitosanitari attraverso processi di adsorbimento (costante Koc) e a favorirne così la degradazione ad opera dei microrganismi del suolo (emivita DT50).

Il pH, la temperatura, l'umidità e il potenziale di ossidoriduzione di ciascun suolo influenzano l'attività dei microrganismi in esso presenti, determinando la capacità di auto-purificazione del sistema e conseguentemente la persistenza dei fitofarmaci.

La tessitura del suolo, unitamente alla permeabilità, forniscono, infine, indicazioni sulla velocità con cui si muove l'acqua, potenziale veicolo delle sostanze inquinanti attraverso il suolo.

Se gli orizzonti superficiali non sono in grado di trattenere e neutralizzare completamente queste sostanze, esse possono per lisciviazione spostarsi in profondità nel sottosuolo e raggiungere le falde acquifere contaminandole.

Invece, in seguito a processi di erosione e successivo ruscellamento, l'applicazione di prodotti fitosanitari può provocare la contaminazione di corpi idrici adiacenti le superficie trattate.

La previsione della concentrazione di prodotti fitosanitari nei diversi comparti ambientali è dunque indispensabile per la valutazione dei possibili rischi derivanti dall'utilizzo di queste sostanze in agricoltura.

Allo scopo, sono stati sviluppati numerosi modelli matematici che simulano i vari processi fisici e chimici che si verificano sulla superficie e nel suolo; essi rappresentano ormai uno strumento sempre più utilizzato (D.L. 152/99) per valutare i processi di migrazione di queste sostanze verso le acque sotterranee.

Lo studio di questi processi richiede la raccolta e l'archiviazione di grandi quantità di dati, molti dei quali sono caratterizzati da una componente territoriale. Risulta in tal modo particolarmente vantaggiosa l'integrazione dei Sistemi Informativi Territoriali (GIS).

Nell'ambito di un progetto LIFE Ambiente, l'ERSAL ha realizzato un sistema di supporto alle decisioni chiamato SuSAP – Supplying Sustainable Agriculture Production – per la valutazione dei possibili rischi ambientali, derivanti dall'utilizzo dei prodotti fitosanitari in agricoltura.

Il sistema prevede tre diversi livelli di indagine: regionale, locale e aziendale.

A livello regionale e locale, tramite SuSAP è possibile elaborare carte di vulnerabilità dei suoli alla lisciviazione di specifici principi attivi.

Il grado di vulnerabilità dei suoli cresce al crescere dei valori di concentrazione di ciascuna sostanza previsti alla base del suolo, espressi in una legenda che va dai toni del verde, bassa vulnerabilità, ai toni del giallo, arancione e rosso, corrispondenti a livelli di vulnerabilità sempre più elevati con concentrazioni di prodotti fitosanitari previste superiori a 0,1 g/l.

Confrontando questi risultati con la carta della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee si riscontrano evidenti analogie.

Le aree dell'alta pianura ghiaiosa e della Lomellina che mostrano valori di capacità protettiva generalmente bassi, coincidono a grandi linee con i suoli più vulnerabili alla lisciviazione di prodotti fitosanitari moderatamente persistenti.

Questo esempio conferma da un lato l'utilità e la validità delle cartografie di capacità protettiva come strumento di zonazione preliminare dei suoli lombardi per individuare le aree di criticità ambientale e dall'altro l'utilità del sistema SuSAP per un'analisi più approfondita relativa a specifiche sostanze.

Sempre tramite l'applicazione di SuSAP, ma a livello aziendale, l'agricoltore può valutare il potenziale rischio per l'ambiente dei prodotti fitosanitari che vengono usati più comunemente nell'azienda o confrontare differenti strategie di trattamento fitosanitario, scegliendo la più sostenibile per l'ambiente, in relazione al preciso contesto territoriale in cui si trova la sua azienda e considerando anche il costo dei trattamenti.

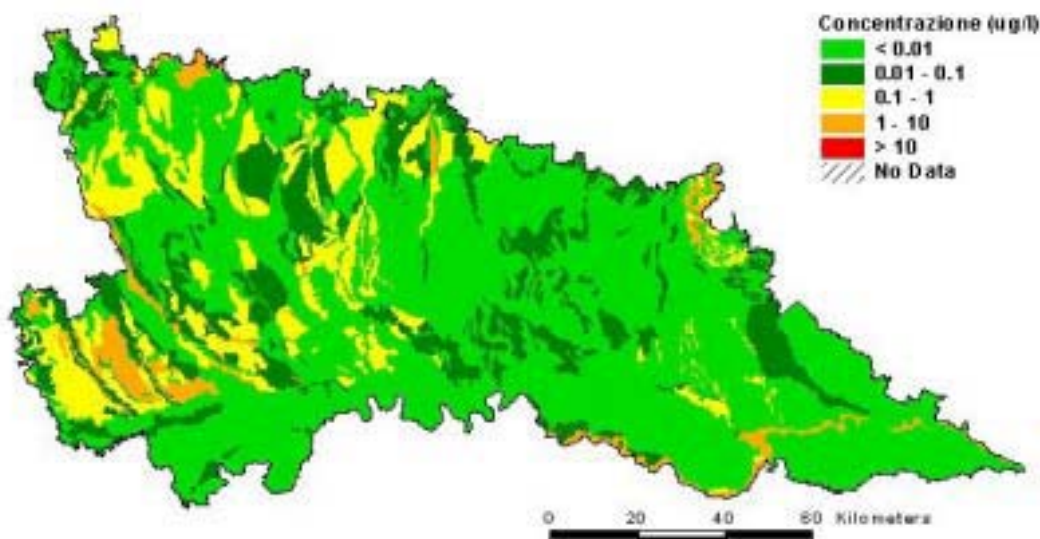
La possibilità per gli agricoltori di operare questo tipo di analisi sui prodotti utilizzati per il diserbo e la lotta alle infestanti può risultare di particolare aiuto nella prospettiva della certificazione ambientale delle aziende (Reg CEE/EMAS).



SuSAP SCALA REGIONALE

Vulnerabilità dei suoli alla liscivazione di prodotti fitosanitari

Sostanza: Koc 120 dm³/kg – DT50 20gg



Sostanza: Koc 42 dm³/kg – DT50 12gg

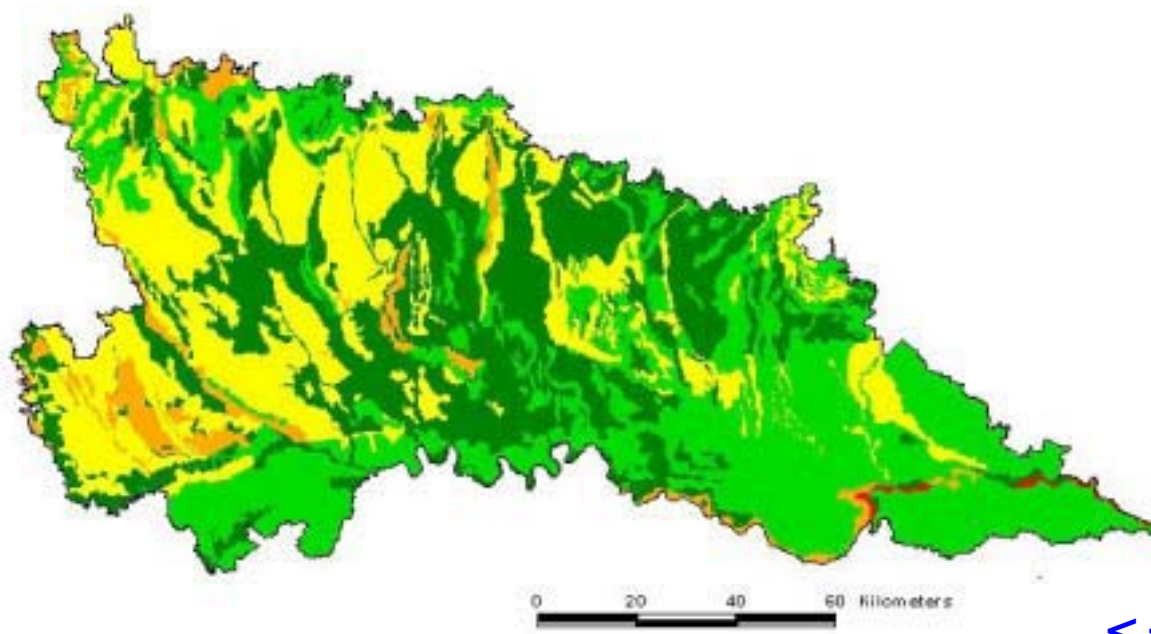


Figura 4

L'interazione fra suoli e liquami zootecnici (Cfr. [Figura 5](#))

Molti Comuni della Lombardia, prevalentemente localizzati nell'alta pianura, presentano nelle acque utilizzate a fini potabili concentrazioni di nitrati prossime e talora superiori ai valori soglia ammessi dalla legislazione; i nitrati sono inoltre fra i maggiori responsabili dell'eutrofizzazione delle acque in tutto il bacino del Po.

Le fonti di inquinamento da nitrati non sono esclusivamente agricole: recenti studi dimostrano che un ruolo significativo va attribuito anche agli scarichi fognari e civili in genere, ma il contributo dell'attività zootecnica nel determinare il carico di nitrati nell'ambiente è indubbiamente altrettanto rilevante.

In Lombardia sono allevati circa 3,5 milioni di capi suini e la coesistenza di aziende con elevati carichi zootecnici e, quindi, con grandi disponibilità di reflui, con aziende specializzate in colture cerealicole ed industriali, che fanno prevalentemente ricorso alla concimazione minerale, ha provocato uno squilibrio nella capacità del sistema ambientale di autodepurarsi.

Nel caso dei composti azotati, e dei nitrati in particolare, il quadro è inoltre complicato dal fatto che si tratta di sostanze che rientrano nei cicli naturali degli elementi.

D'altra parte, rientrando la fertilizzazione e lo spandimento dei reflui zootecnici tra le ordinarie pratiche di gestione dei suoli, ne consegue che la valutazione della capacità dei suoli stessi di impedire o limitare il rilascio nell'ambiente di composti azotati inquinanti è a maggior ragione determinante per meglio definire, sia gli effettivi rischi di impatto potenziale generati dall'agricoltura, sia le più adatte misure di mitigazione da mettere in atto.

La lisciviazione e la veicolazione nelle acque superficiali dei nitrati sono d'altronde processi naturali che non possono essere del tutto impediti; ciò che preoccupa è quindi l'entità di questi fenomeni che, a parità di altre condizioni, dipende inevitabilmente dalla quantità di nitrati immessi nel suolo e dalla velocità con cui l'acqua percola verso il sottosuolo o si muove sulla superficie per ruscellamento.

Utile indicazioni applicative e gestionali possono essere tratte a questo scopo dalla valutazione dell'attitudine dei suoli allo spandimento agronomico dei liquami zootecnici.

Solo i suoli che caratterizzano aree naturali o semi-naturali, dove l'agricoltura non è o non dovrebbe essere intensiva (aree umide, aree golenali, cordoni morenici), hanno in genere una fragilità ambientale (permeabilità molto elevata, pendenza eccessiva, falda molto superficiale) tale da farli considerare "non adatti" ad una utilizzazione agronomica dei reflui.

Attenzioni gestionali ben diverse (riduzione e frazionamento delle dosi di reflui apportati, massima cura e tempestività nell'esecuzione delle pratiche colturali, ecc.) vanno invece riservate ai suoli classificati "poco adatti", presenti in molte aree tipicamente agricole, ma che hanno limitate capacità di contrastare efficacemente la lisciviazione dei nitrati o, in presenza di pendenze eccessive, il trasporto di questi con le acque di scorrimento superficiale; i suoli "poco adatti" sono diffusi nelle aree moreniche, nelle aree più pietrose e grossolane e nelle zone ad intensa idromorfia della pianura e delle valli fluviali.

I suoli "adatti" sono invece prevalentemente distribuiti nella bassa pianura centro-orientale, sui depositi alluvionali del Po e sulle superfici terrazzate antiche a nord di Milano. Le proprietà di questi suoli (tessitura, drenaggio, pendenza) sono da ritenere tali da non determinare, nella ordinaria e "buona" pratica agricola, accentuati rischi di rilascio di nitrati nell'ambiente.

I suoli classificati "moderatamente adatti" hanno, infine, caratteristiche intermedie e richiedono, affinché possano essere efficacemente espresse le funzioni di protezione ambientale proprie dell'agricoltura, l'adozione di accorgimenti gestionali specifici, dipendenti dalle proprietà e dalla morfologia dei suoli stessi (ad esempio: esecuzione

di lavorazioni poco profonde e introduzione o conservazione di colture prative su suoli ghiaiosi e sottili, ecc.).

In Lombardia la materia è attualmente normata dalla l.r. n.37/93 (Norme per il trattamento, la maturazione e l'utilizzo dei reflui zootecnici).

L'individuazione delle zone del territorio regionale vulnerabili da nitrati provenienti da fonti diffuse agrozootecniche è inoltre prevista, in attuazione anche della Direttiva CEE n.676/86 (cosiddetta "Direttiva nitrati"), dal D.L.vo n.152/99 (Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento).

In prospettiva, e in particolare al fine di attrezzare un sistema di conoscenze idoneo ad essere di supporto per approfondimenti ed aggiornamenti delle politiche e delle misure attivate in materia, si devono ritenere invece prioritarie le seguenti azioni:

1. l'attivazione di una rete di monitoraggio per il suolo;
2. l'analisi della vulnerabilità specifica dei suoli, attraverso l'uso di modelli deterministici di simulazione del comportamento di combinazioni suolo-clima-culture rappresentative.

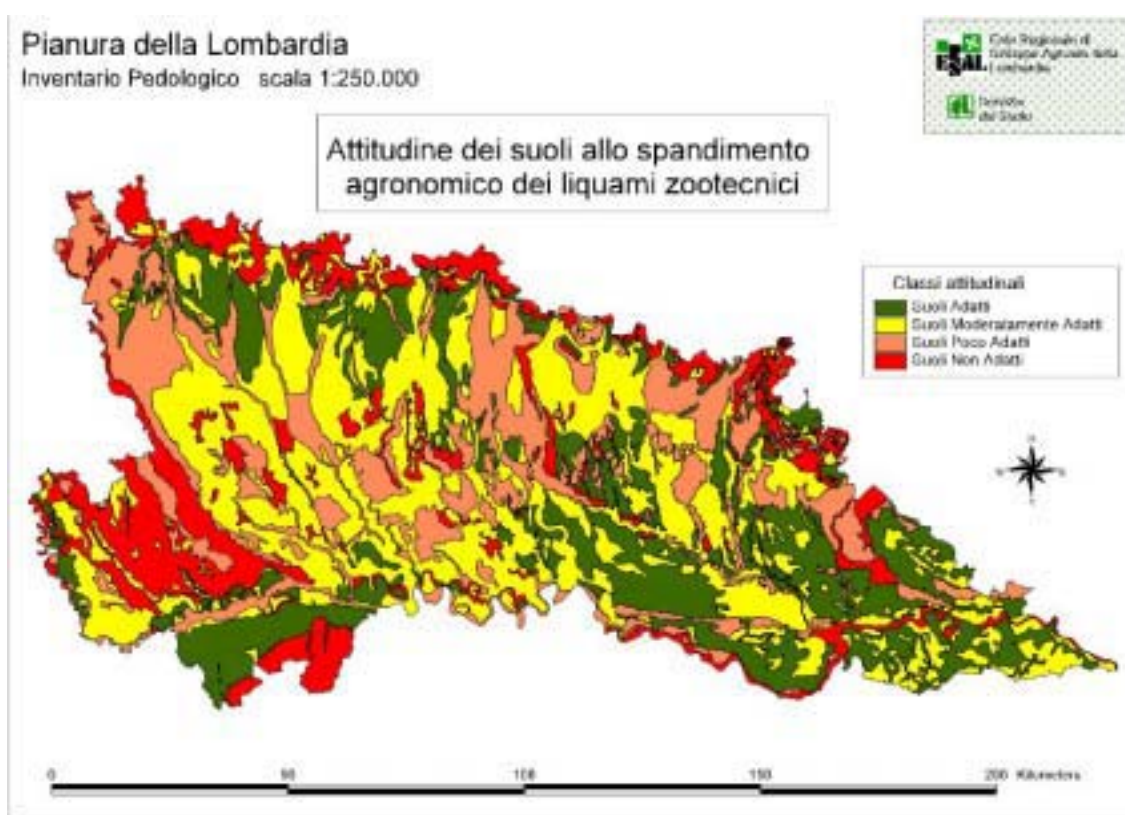


Figura 5

L'interazione fra suoli e fanghi di depurazione urbana (Cfr. [Figura 6](#))

Nell'esame delle problematiche legate all'utilizzazione dei fanghi di depurazione urbana sui suoli agricoli entrano in gioco aspetti diversi: sociali (necessità di smaltimento), igienico-sanitari (presenza di microrganismi patogeni), ambientali (rischi di contaminazione ambientale), economici (costi di smaltimento) ed agronomici (effetto fertilizzante ed ammendante).

Si stima in ogni caso che oltre il 30% dei fanghi prodotti in Lombardia sia già distribuito su suoli agricoli e che, nei prossimi anni, tale percentuale sia probabilmente destinata ad aumentare ancora, di pari passo con la prevista progressiva riduzione dello smaltimento in discarica dei rifiuti organici.

Lo spandimento dei fanghi di depurazione urbana è disciplinato dal Decreto Legislativo n.99/92, che recepisce a livello nazionale la Direttiva CEE n.278/86 stabilendo, fra gli altri, i requisiti che devono possedere i fanghi per essere sparsi e i suoli per riceverli.

Proprio in dipendenza dei requisiti di idoneità richiesti per i suoli dalla legge, lo spandimento dei fanghi è diffuso soprattutto nella parte centro-orientale della Regione, dove, tuttavia, le preoccupazioni per le pesanti possibili ripercussioni sulla salute umana e sugli equilibri ecosistemici provocate dalla immissione nell'ambiente di inquinanti organici ed inorganici (in particolare, metalli pesanti) generano con frequenza un certo "allarme sociale".

Anche se la possibilità di fare ricorso alla capacità protettiva e depurativa dei suoli rappresenta effettivamente una opportunità di grande rilievo ecologico nella gestione complessiva dei rifiuti a livello territoriale, alcuni elementi di incertezza ancora presenti sull'argomento meritano, quindi, di essere approfonditi:

- poca attenzione appare, in generale, riservata alla "ecologia" del suolo nel definire l'idoneità allo spandimento dei fanghi, che viene fatta dipendere pressoché esclusivamente da caratteristiche chimiche (pH, CSC) e dal contenuto in metalli pesanti totali; così può capitare che suoli ecologicamente stabili (ad esempio sviluppati su sedimenti fluvioglaciali calcarei), ma dotati di un "fondo naturale" relativamente elevato per qualche metallo pesante, risultino non utilizzabili per lo spandimento, mentre altri suoli siano considerati tali, senza restrizioni o vincoli particolari, nonostante siano localizzati in ambienti più fragili (ad esempio suoli evoluti su depositi alluvionali recenti, con maggiori difficoltà di drenaggio e/o più intense relazioni con le falde superficiali).
- La reale mobilità e il destino dei metalli pesanti pervenuti al suolo non è ancora del tutto chiara, anche se di norma la frazione solubile e, quindi, lisciviabile, è molto modesta; ancora trascurati sono poi i possibili effetti dei processi di illuviazione delle argille sul trasporto dei metalli ed ancora agli inizi, almeno nella realtà lombarda, sono le applicazioni di modellistica ambientale per la valutazione del destino e delle conseguenze a medio e lungo termine causate dall'immissione di tali sostanze nell'ambiente.
- preoccupazione deve poi destare il rischio di accumulo di metalli, ma anche di altre sostanze inquinanti, potenzialmente derivante da somministrazioni ripetute sullo stesso suolo di più sostanze, quali fanghi, liquami ed altri reflui, compost e residui vari, che potrebbe essere favorito da una gestione totalmente indipendente delle corrispondenti normative.

Soprattutto in prospettiva futura, adeguate misure di protezione dovrebbero, pertanto, prevedere che la verifica dei requisiti stabiliti dalla legislazione sia accompagnata da una più attenta ed approfondita considerazione delle proprietà dei suoli sui quali avviene lo spandimento.

La valutazione dell'attitudine dei suoli allo spandimento di fanghi può, in tal senso, contribuire alla definizione a scala territoriale di un quadro conoscitivo in grado di

orientare ricerche ed azioni di monitoraggio e di dare un senso più compiuto alla programmazione regionale di questa attività.

In quasi tutta la pianura della Lombardia, infatti, si incontrano condizioni pedologiche che richiedono di essere valutate con attenzione prima di autorizzare lo spandimento dei fanghi; infatti, anche nella parte orientale, dove pure il pH e la CSC non sono fattori limitanti, i suoli presentano frequentemente difficoltà di drenaggio o ospitano falde superficiali e particolare prudenza deve quindi essere adottata nelle distribuzioni sui terreni agricoli.

Alla scala aziendale, invece, dovrebbe essere esteso il ricorso alla redazione di piani di spandimento dei fanghi integrati all'interno di complessivi "piani di gestione della fertilità dei suoli", tali cioè da considerare insieme l'uso di fanghi, liquami, acque reflue, compost, concimi minerali ed ogni altra sostanza.

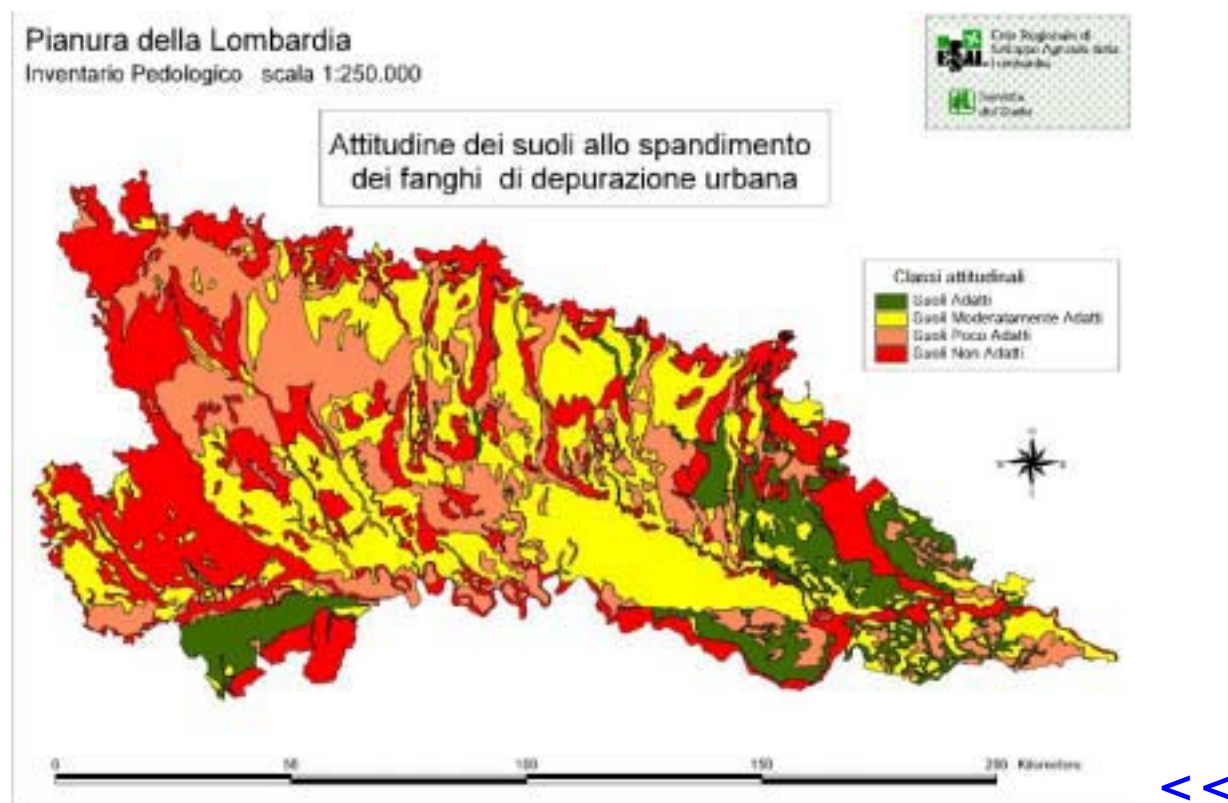


Figura 6

3.1.4 La funzione naturalistica

La valenza naturalistica e culturale del suolo (Cfr. Figura 7)

Il suolo svolge un ruolo importante nella conservazione degli equilibri ecosistemici e costituisce l'habitat dove vivono molte comunità vegetali ed animali.

L'interesse naturalistico del suolo è pertanto riconducibile in primo luogo alla sua fondamentale funzione di mantenimento della varietà del paesaggio e della biodiversità in generale.

Altrettanto significativo, anche se meno conosciuto, è poi il ruolo che il suolo svolge nel conservare preziose testimonianze di tipo paleogeografico e paleoclimatico relative alla storia della terra, contribuendo ad arricchire e a tramandare lo stesso patrimonio culturale dell'umanità.

Le tipologie di suolo più rilevanti

La valenza "culturale" delle risorse pedologiche emerge in Lombardia, in particolare, nel caso di tre tipologie di suolo: i paleosuoli, i suoli organici e i suoli caratterizzati da spessi orizzonti "umbrici".

I paleosuoli sono i suoli più antichi presenti nelle zone di pianura, localizzati su superfici moreniche e fluvioglaciali antiche, risalenti ad epoche anteriori all'ultima glaciazione e riferibili quindi al pleistocene medio e medio-superiore.

Tali suoli sono presenti sui terrazzi fluvioglaciali più rilevati rispetto al resto della pianura, diffusi soprattutto a nord di Milano nell'area compresa tra Ticino ed Adda e nell'Isola Bergamasca, e sugli archi morenici della stessa età situati nella collina varesina e nella Brianza comasca e lecchese.

Tutti questi suoli sono caratterizzati da spessori notevoli, dovuti a processi pedogenetici sviluppatisi molto in profondità e in presenza di climi molto diversi dagli attuali, in cui la forte traslocazione dei minerali argillosi dai livelli più superficiali a quelli più profondi ha contribuito alla formazione di potenti orizzonti argillici, spesso molto addensati (orizzonti "fragipan") e con forte arrossamento ed alterazione dei sedimenti originari.

A caratterizzare i suoli organici ("Histosols") sono invece l'elevato contenuto di sostanza organica, dipendente dalla vegetazione, dal clima e dall'ambiente in cui si sono formati, e lo scarso grado di decomposizione di tali materiali, dovuto al prolungato stato di saturazione idrica.

Questi suoli sono elementi costitutivi caratteristici di ecosistemi naturali ricchi di biodiversità, come le torbiere, le paludi e le zone umide in genere.

Essi assumono valore naturalistico anche perché sono testimonianze delle profonde relazioni tra vegetazione, acqua e suolo che caratterizzano la pianura padana e che sono andate in gran parte cancellate con l'antropizzazione e la bonifica idraulica del territorio.

Più tipici di ecosistemi del nord Europa ed evolutisi con climi piovosi e freschi in un pedo-ambiente in genere ben arieggiato, i suoli caratterizzati da spessi orizzonti "umbrici", infine, sono per lo più dominati da prato, o comunque da una vegetazione che favorisca un costante ed equilibrato accumulo di sostanza organica. Gli orizzonti superficiali che distinguono questi suoli sono grumosi, scuri, ricchi in sostanza organica umificata e ben incorporata nella matrice minerale, a reazione acida.

Essi si ritrovano tipicamente negli anfiteatri morenici e nella parte nord-occidentale del livello fondamentale della pianura, in particolare nelle piane intramoreniche di raccordo con i cordoni più pronunciati e presso gli scaricatori fluvio-glaciali.

Un patrimonio esauribile

La funzione naturalistica dei suoli è minacciata dai processi di consumo di suolo dovuti alla crescente urbanizzazione e dall'uso intensivo delle superfici agricole, fenomeni, questi, particolarmente evidenti proprio nelle aree dell'alta pianura e della collina a nord di Milano, dove si trovano le concentrazioni più significative di suoli aventi questo ruolo.

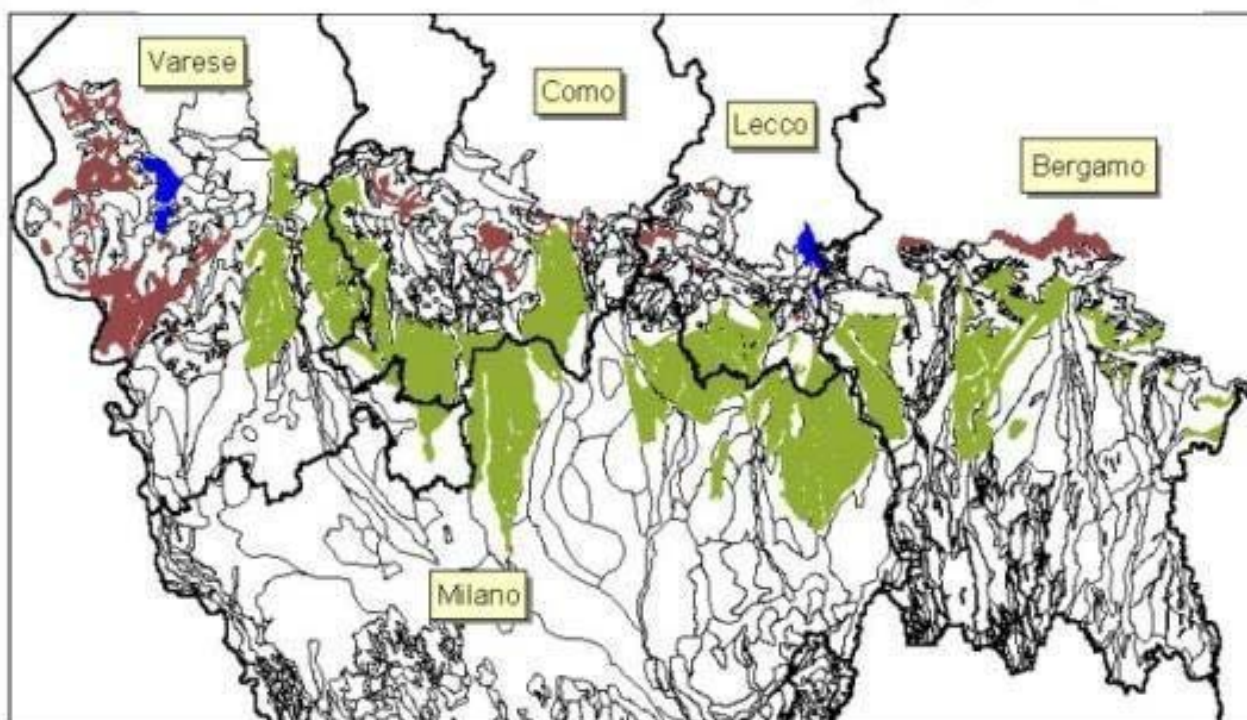
Proposte di tutela e valorizzazione

La conservazione e la valorizzazione delle emergenze di tipo pedologico non può prescindere da un'approfondita e puntuale conoscenza di questo patrimonio che va tutelato da una corretta pianificazione urbanistica, in sintonia con i criteri attenti alla valorizzazione degli ambiti naturali contenuti nel Piano Territoriale Paesistico Regionale. Particolarmente significativo in questa direzione risulta il progetto regionale per la realizzazione della Carta Naturalistica della Lombardia che prevede il rilevamento e la classificazione dei suoli aventi interesse naturalistico, riconosciuti come beni abiotici rilevanti dal punto di vista ambientale.

Il censimento e la conoscenza di questi suoli offrono inoltre spunti di valorizzazione e di fruizione culturale in grado di suggerire, ad esempio, lo sviluppo di percorsi turistico-ricreativi o didattici, attivabili nei parchi e nelle aree di maggior interesse naturalistico, per promuovere la conoscenza e la tutela di questo patrimonio.



Carta naturalistica della Lombardia: emergenze pedologiche



legenda

- paleo suoli
- suoli organici
- suoli caratterizzati da spessi orizzonti umbrici

Le figure riproducono le due aree campione, esaminate nell'ambito del progetto relativo alla Carta Naturalistica della Lombardia, con l'individuazione delle emergenze pedologiche: la zona della pianura e della collina a nord di Milano ed il Lodigiano.

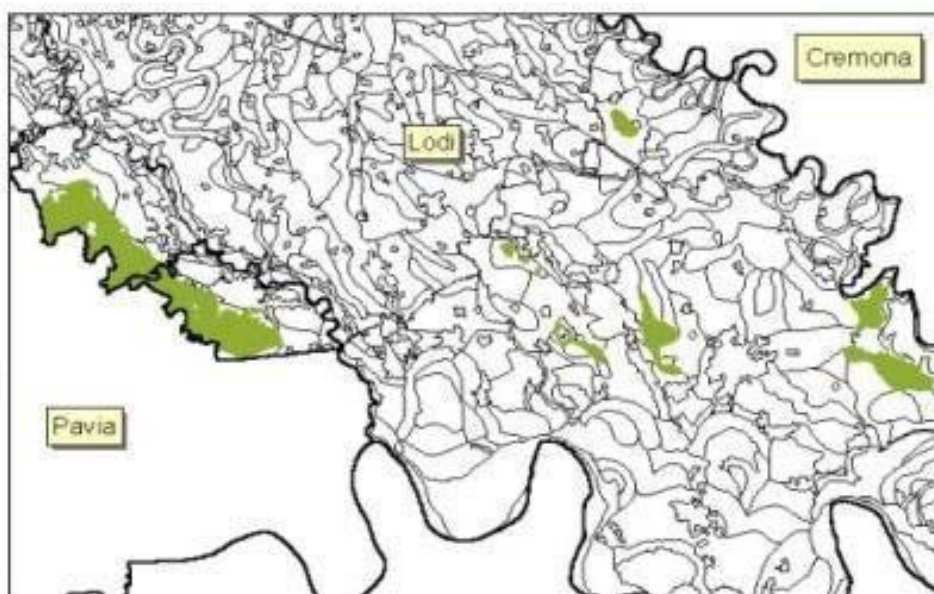


Figura 7

3.2.1 Le proprietà chimiche

Perché sono importanti

I processi biochimici e fisico-chimici che avvengono nel suolo sono il risultato di complesse interazioni tra i suoi costituenti organici ed inorganici.

Le proprietà chimiche del suolo agiscono su questi processi, influenzando direttamente le reazioni di demolizione e trasformazione della materia organica, la degradazione di molecole inquinanti, l'adsorbimento dei cationi sui colloidi minerali ed organici, l'assimilazione di nutrienti da parte delle piante.

Gli effetti sull'attività biologica e microbiologica incidono così sulla fertilità dei suoli e sulla loro capacità tampone e di inattivazione delle sostanze tossiche.

I costituenti del suolo principalmente coinvolti nel controllo dell'espressione delle proprietà chimiche sono i colloidi, quelli contenuti nella sostanza organica e quelli minerali rappresentati dalle argille.

Quali sono e come agiscono

Indicatori di stato relativi alle proprietà chimiche dei suoli di più facile determinazione, rappresentazione cartografica ed interpretazione a fini applicativi sono:

- La reazione (pH);
- La sostanza organica;
- La capacità di scambio cationico (CSC);
- Il contenuto in nutrienti;
- Il contenuto in metalli pesanti.

La reazione (pH) esprime il grado di acidità o di alcalinità del suolo, influenza la possibilità di sviluppo delle piante e condiziona la mobilità di cationi e metalli.

La frazione organica del suolo, dalla cui trasformazione prende origine l'humus, svolge funzioni fondamentali, di tipo biologico, chimico e fisico.

La capacità di scambio cationico (CSC) è una misura della quantità di cationi che possono essere adsorbiti sui colloidi del suolo e può essere messa in relazione con la capacità dei suoli di immobilizzare metalli.

I nutrienti di maggiore interesse presenti nel suolo sono i composti dell'azoto, nitrati in particolare, e quelli del fosforo; essi fanno parte dei cicli naturali degli elementi, ma se presenti in eccesso possono essere causa di eutrofizzazione e inquinamento delle acque.

I metalli pesanti, infine, determinano gravi rischi di inquinamento dei suoli, data la loro persistenza e tossicità.

A questi indicatori e a come essi caratterizzano lo stato dei suoli regionali sono dedicati, al termine di questo paragrafo, altrettanti approfondimenti specifici.

Come evolvono e con quali conseguenze

Contenuto in sostanza organica stabile, pH e CSC sono proprietà relativamente difficili da modificare e le loro variazioni avvengono o richiedono, quando sono indotte dall'uomo, tempi lunghi.

Tuttavia, nel suolo, gli equilibri sono sempre dinamici ed è altrettanto difficile arrestare i fenomeni degradativi che eventualmente si dovessero innescare: ad esempio, la riduzione del tenore in sostanza organica favorisce l'affermazione dei processi di erosione e desertificazione e, una volta superata la soglia critica data dalla capacità naturale del suolo di reagire agli impatti negativi, diventa molto difficile, se non impossibile, talora, tornare indietro; una cosa analoga può avvenire per effetto di prolungate deposizioni atmosferiche acide su suoli fragili quando la loro capacità tampone viene esaurita.

Diverso è invece il caso di nutrienti e metalli pesanti.

Queste sostanze sono componenti naturali dei suoli, ma il loro eccesso è strettamente dipendente dall'attività antropica; i suoli, infatti, sono i recettori finali di reflui zootecnici, fanghi di depurazione urbana ed acque reflue, compost di diversa natura ed origine, e sono ampiamente usati per lo stoccaggio di rifiuti, scorie e sostanze tossiche varie.

Nelle società moderne, la conoscenza dello "stato chimico" dei suoli è pertanto fondamentale per valutarne attitudini e comportamenti e per stabilirne forme di gestione ed utilizzazione appropriate.

Lo sfruttamento delle qualità depuratrici dei suoli deve infatti essere attentamente pianificato e monitorato, per evitare rischi per la salute e per l'ambiente, ma anche per conservare a lungo termine la funzionalità della risorsa suolo stessa.

APPROFONDIMENTI SPECIFICI

La reazione (pH) (Cfr. [Figura 8](#))

Le cariche elettriche negative presenti sui colloidi del suolo vengono neutralizzate dalle basi di scambio e dagli ioni Al^{3+} e H^+ ; il grado di saturazione delle superfici condiziona la concentrazione idrogenionica nella fase liquida e quindi la reazione del sistema, proprietà che viene espressa in termini di pH.

Il pH dei suoli normalmente varia tra 4 e 8,5; si dicono "neutri" i suoli il cui pH si colloca intorno al valore di 7, a valori più bassi i suoli sono "acidi" e, viceversa, a valori più elevati sono definiti "alcalini".

La maggior parte delle piante preferisce pH neutri o vicini alla neutralità; valori più bassi di 5,5 o più alti di 8,5 cominciano ad essere mal tollerati da molte specie vegetali.

Il potere tampone dei suoli, cioè la loro attitudine ad opporsi alle variazioni di pH, è principalmente legato alle frazioni colloidali: ne deriva che, in generale, i suoli ricchi in materia organica ed in argilla sono anche quelli meglio tamponati.

Peraltro, suoli aventi lo stesso valore di pH possano avere un diverso grado di saturazione e suoli egualmente saturati possano avere differente pH.

In generale, tuttavia, dove le basi liberate dai processi di demolizione dei minerali possono accumularsi, il complesso adsorbente rimane saturo, mentre nei climi umidi e piovosi, nei quali i processi di lisciviazione allontanano sali e basi di scambio, si ha una graduale insaturazione dei suoli che tendono a divenire acidi.

Natura delle rocce da cui hanno avuto origine e clima incidono quindi significativamente sul pH dei suoli.

In Lombardia, suoli tendenzialmente acidi e subacidi caratterizzano la porzione settentrionale ed occidentale della pianura e gli anfiteatri morenici del Verbano e del Lario.

In queste zone i materiali su cui si sono evoluti i suoli provengono da bacini di alimentazione costituiti prevalentemente da rocce acide ed anche la piovosità è notevolmente più accentuata.

Procedendo verso est e nell'Oltrepo Pavese i depositi, di provenienza prealpina ed appenninica, divengono calcarei e i valori medi di pH si spostano progressivamente verso la neutralità e l'alcalinità.

La correzione del pH è pratica agronomica usuale ed ha lo scopo di avvicinare la reazione dei suoli a quella ottimale per la crescita delle piante coltivate; il calcio viene aggiunto per aumentare il pH, lo zolfo può essere adoperato per abbassarlo.

Gli interventi di correzione hanno normalmente un effetto parziale e limitato nel tempo, proprio a causa del potere tampone del suolo; efficaci sotto il profilo agronomico, molto più difficilmente riescono ad indurre modifiche consistenti e permanenti nella reazione dei suoli, che va considerata una proprietà pedologica piuttosto stabile.

Rischi di alterazione consistente del pH sono quindi relativamente rari e possibili solo a seguito di forti e prolungati impatti ambientali; in Lombardia, mentre non si verificano rischi di salinizzazione, la presenza sulle Alpi di suoli forestali con valori di pH inferiori a 4,5 (suoli "podzolici", evoluti su litotipi metamorfici ed eruttivi acidi – scisti e graniti –, in presenza di elevate precipitazioni e vegetazione costituita da conifere) evidenzia potenziali rischi di acidificazione.

L'estendersi di pratiche di smaltimento di rifiuti e scarti di diversa origine (civili, industriali) e il sempre più frequente verificarsi di casi di contaminazione puntuale, rendono comunque sempre più importante la conoscenza della reazione dei suoli.

Infatti, col diminuire del pH nel terreno, con poche eccezioni, aumenta la concentrazione dei metalli pesanti in soluzione e il rischio, conseguentemente, che siano assorbiti dagli apparati radicali delle piante, entrando così nelle catene alimentari.

Per questa ragione la determinazione del pH dei suoli destinati a ricevere fanghi di depurazione urbana è espressamente richiesta dalla normativa vigente (vedi anche paragrafo 3.1.3).

La misurazione del pH è facile e poco costosa e viene, infatti, comunemente eseguita nel corso delle analisi di routine dei terreni agricoli.

La raccolta, organizzata e sistematica, dei referti di analisi rilasciati dai laboratori consentirebbe pertanto di definire facilmente e in modo dettagliato variabilità ed eventuale evoluzione di questa proprietà pedologica.

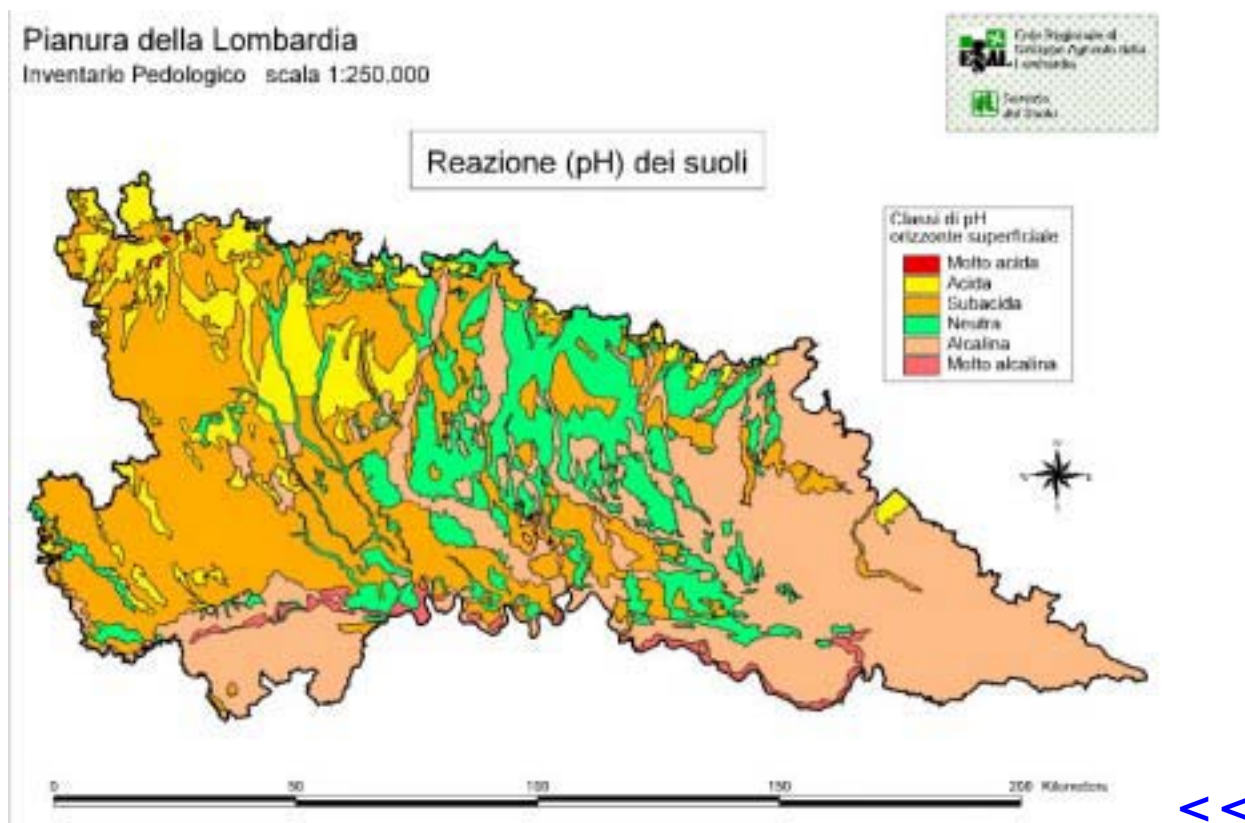


Figura 8

La sostanza organica (Cfr. Figura 9)

La frazione organica del suolo è estremamente eterogenea, ma il suo comportamento pedologico può essere considerato relativamente uniforme.

Il ciclo della sostanza organica è strettamente legato al ciclo degli elementi nutritivi e, in particolare, a quello del carbonio: i processi che contraddistinguono tale ciclo possono essere suddivisi in quattro fasi principali corrispondenti agli apporti organici al suolo, alla loro degradazione, all'umificazione (attraverso processi di polimerizzazione e di sintesi che conducono alla formazione della porzione più stabile ed attiva, chiamata, appunto, "humus") e alla mineralizzazione.

La sostanza organica ricopre un ruolo fondamentale per gli equilibri ambientali e per la fertilità fisica, chimica e biologica dei suoli; infatti, una buona dotazione di materiale organico assicura queste principali funzioni:

- migliora la struttura, la porosità e quindi l'aerazione e il drenaggio del suolo, aumenta la disponibilità di acqua per le piante, induce una maggiore resistenza al compattamento, alla formazione di croste superficiali e all'erosione, assicura una più intensa resistenza ai processi di desertificazione.
- accresce la disponibilità di nutrienti, incrementa il potere tampone ed avendo proprietà chelanti impedisce a ferro, fosforo e altre sostanze minerali di precipitare e divenire indisponibili per le piante.
- influisce sull'attività microbiologica, incidendo sulla regolarità dei cicli energetici, del carbonio, dell'azoto e degli altri elementi nutritivi.
- amplia, infine, la capacità dei suoli di adsorbire metalli e di inattivare e degradare inquinanti organici (residui di antiparassitari, solventi industriali, idrocarburi).

La quantità di materia organica nel suolo è controllata, in ambienti naturali, prevalentemente dal clima, mentre nelle aree coltivate è anche fortemente condizionata dalla gestione agricola.

Le condizioni climatiche della pianura padana sono tali che il livello della sostanza organica nei suoli tende naturalmente ad assestarsi su valori più bassi, rispetto alle soglie talora proposte come riferimento nell'Europa centrale e settentrionale, senza che questo abbia effetti sulla loro funzionalità.

Nei suoli agricoli della pianura lombarda, tenori in sostanza organica compresi tra 1,5-2% sono pertanto da considerarsi sufficienti e superiori al 2% come un indice di una buona dotazione.

Tali valori, favoriti anche dalla grande diffusione della zootecnia che assicura apporti regolari e considerevoli di materiali organici ai suoli, sono in effetti frequenti in tutta la pianura e, allo stato attuale delle conoscenze, solo nella Lomellina, nel pavese e nell'area morenica gardesana sembrano evidenziarsi situazioni di carenza maggiormente diffuse.

Nella valutazione degli effetti delle pratiche di gestione sulle scorte di sostanza organica presente nel suolo ha poi un'importanza fondamentale il "turnover", cioè l'entità del ricambio del carbonio organico a seguito degli apporti e delle perdite che si verificano.

Infatti il significato della sostanza organica nel ciclo del carbonio in natura può essere facilmente immaginato se si pensa che essa è una delle più grandi riserve di carbonio presenti in natura, superata solo dai carbonati che costituiscono le rocce calcaree, dai giacimenti fossili e dalle immense quantità di anidride carbonica disciolta nelle acque degli oceani.

Il ruolo che i suoli possono avere nel sequestrare carbonio e contribuire così al contenimento degli effetti delle emissioni di "gas serra" è quindi rilevante; si noti, in proposito, sia pure a solo titolo esemplificativo, che un incremento di solo lo 0,1% (in valori assoluti) del contenuto in sostanza organica stabile dei suoli della pianura della

Lombardia, comporterebbe l'immobilizzazione di circa 2-2,5 milioni di tonnellate di carbonio.

In una prospettiva di sviluppo sostenibile, le politiche ambientali ed agricole dovrebbero pertanto tenere in adeguata considerazione questo aspetto, promuovendo, ad esempio, il miglioramento delle agrotecniche e della gestione dei residui colturali, lo sfruttamento degli apporti in materia organica di reflui zootecnici e di fanghi, il mantenimento e l'incremento delle superfici coltivate a prato.

Una rete di monitoraggio in grado di analizzare variabilità ed evoluzione nel tenore in sostanza organica dei suoli regionale potrebbe, infine, avvalersi dei dati contenuti nei piani di concimazione e nei piani di spandimento dei fanghi e dei liquami.

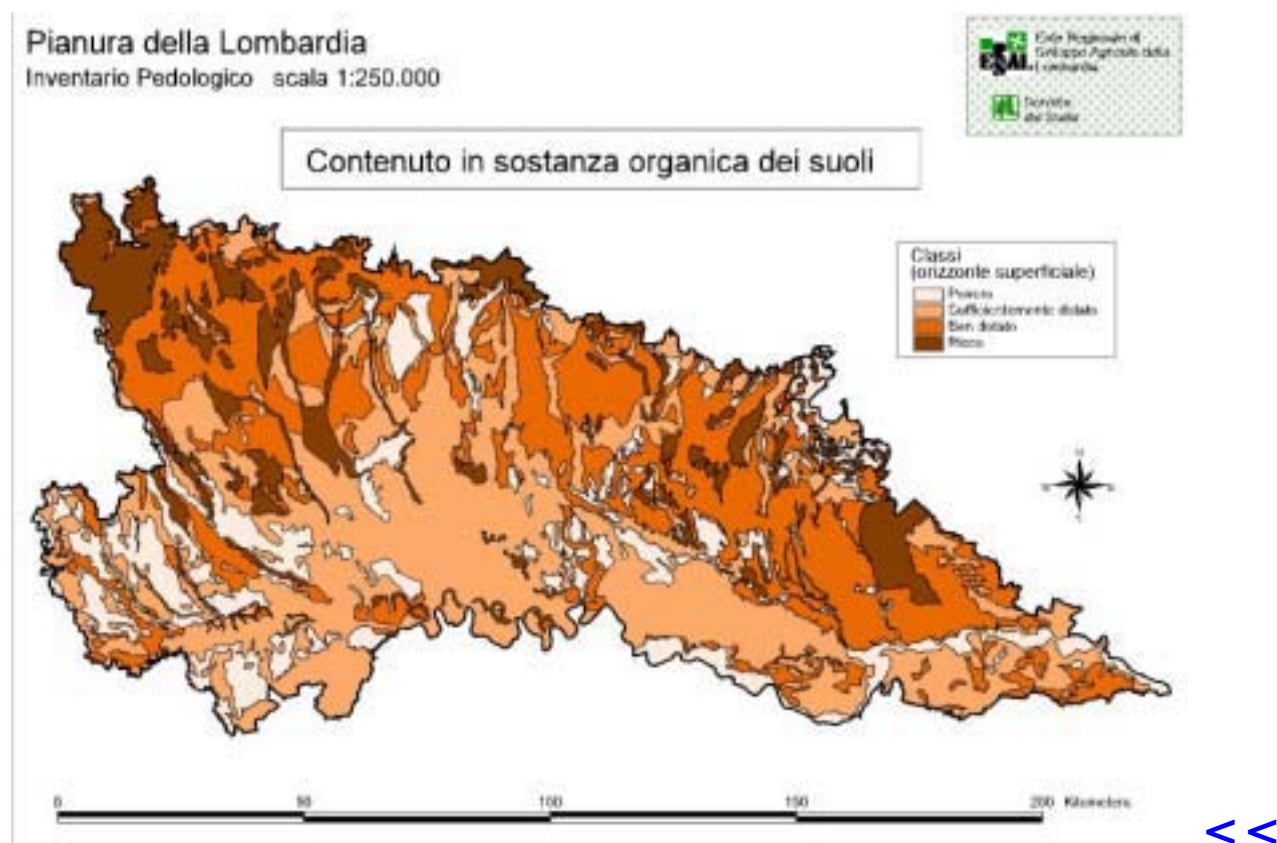


Figura 9

La capacità di scambio cationico (Cfr. Figura 10)

La chimica della fase solida del suolo è largamente determinata dallo sviluppo e dalla carica elettrica delle superfici; le particelle di dimensione colloidale sono le più reattive nello stabilire interazioni, fra le quali si annoverano i fenomeni di scambio cationico.

I colloidi del suolo, infatti, sono caratterizzati da un eccesso di carica negativa e adsorbono sulla loro superficie cationi, che possono essere rilasciati nella soluzione circolante ed essere sostituiti sul complesso di scambio da altri cationi.

La somma totale dei cationi scambiabili (principalmente Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ , Al^{3+}) presenti sulla superficie dei colloidi del suolo prende il nome di "capacità di scambio cationico" (convenzionalmente chiamata CSC).

Il rapporto fra le "basi di scambio" (costituite dall'insieme dei cationi alcalino ed alcalino-terrosi) e la CSC definisce il "tasso di saturazione in basi" (TSB); quando il TSB è inferiore al 100% parte del complesso di scambio è quindi occupata da ioni H^+ e Al^{3+} .

La CSC è normalmente elevata in suoli ricchi di argilla e di sostanza organica e può essere considerata una proprietà sostanzialmente stabile.

Tuttavia, dal momento che i colloidi si comportano come acidi deboli e la quantità di cariche negative sulla loro superficie dipende dal pH, anche la CSC può assumere valori differenti a seconda della reazione del suolo; per questa ragione la determinazione della CSC viene sempre effettuata a pH noto e tamponato.

Questo aspetto assume un interesse soprattutto nei suoli acidi, nei quali il TSB può apparire sottostimato se, come generalmente avviene, la CSC è stata misurata a pH 7; per questa ragione nel programma europeo di monitoraggio permanente degli ecosistemi forestali in relazione a problemi di inquinamento atmosferico transfrontaliero (ICP-Forests, Reg. CEE 1091/94, una ventina di siti localizzati in Italia) è previsto che la determinazione della CSC venga effettuata tamponando il sistema al pH del suolo.

Le strette relazioni funzionali con la reazione e il contenuto in sostanza organica dei suoli, rendono molte delle riflessioni già fatte per quelle proprietà valide anche per la capacità di scambio cationico.

La conoscenza della CSC acquista tuttavia particolare interesse:

- sotto il profilo agronomico, soprattutto nella valutazione della fertilità dei suoli, per pianificare in modo corretto ed efficace le pratiche di fertilizzazione.
- sotto il profilo ambientale, soprattutto nella valutazione della capacità tampone nei confronti dei metalli pesanti, per identificare l'attitudine dei suoli allo spandimento di fanghi.

Come per il pH, la raccolta, organizzata e sistematica, dei dati analitici rilasciati dai laboratori al fine della redazione di piani di concimazione o di spandimento di fanghi e reflui zootecnici, consentirebbe di approfondire la conoscenza sullo stato di questa proprietà pedologica nei suoli regionali.

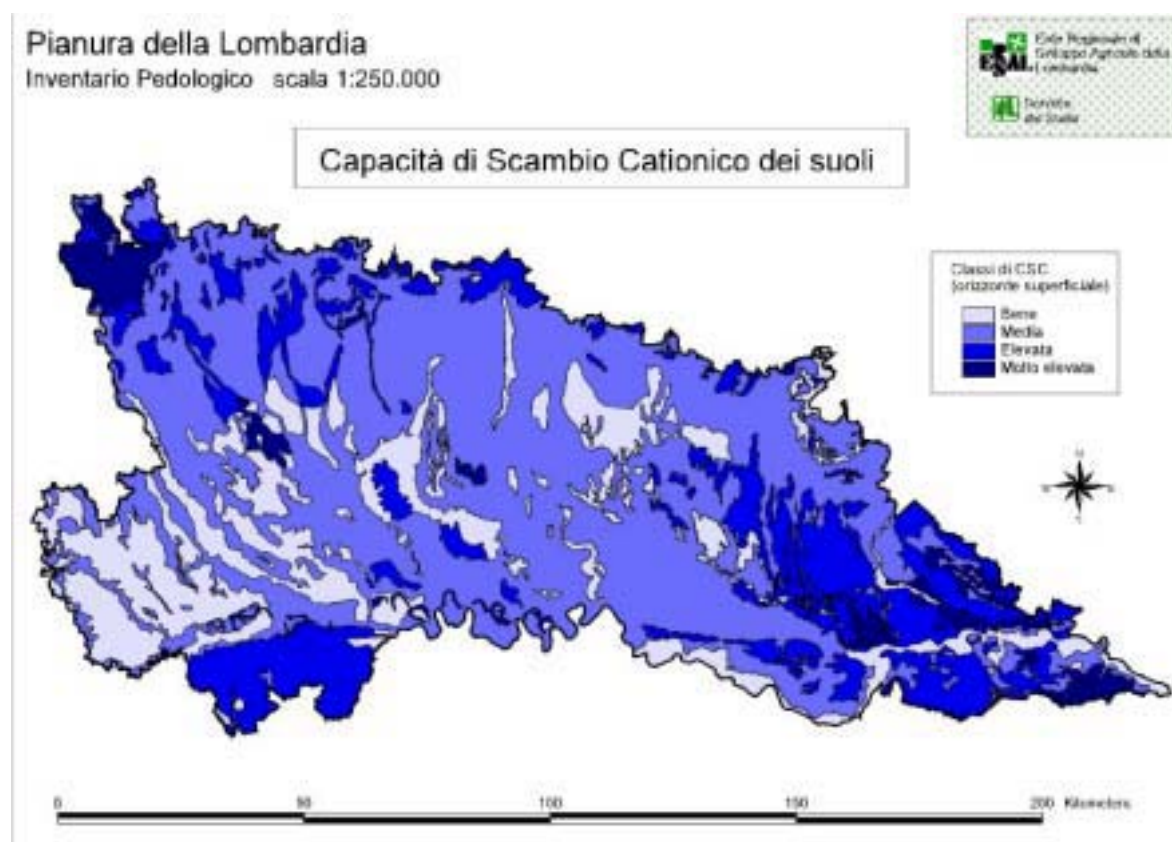


Figura 10

I nutrienti (Cfr. [Figura 11](#))

Azoto e fosforo sono elementi fondamentali nel ciclo della vita: chi si occupa di agricoltura li chiama "nutrienti", in quanto costituiscono gli elementi indispensabili per la nutrizione delle piante, per chi si occupa di salvaguardia dell'ambiente tali elementi diventano "inquinanti", quando si concentrano oltre limiti tali da alterare la qualità delle risorse idriche.

I fenomeni più importanti di questo tipo sono costituiti dall'eutrofizzazione, cioè la indesiderata proliferazione delle alghe e di altre forme di vita vegetale nelle acque superficiali (laghi e mari) e dall'inquinamento delle acque profonde destinate all'uso potabile.

Nei suoli, azoto e fosforo sono presenti naturalmente, in quantità variabile in relazione alla genesi dei suoli e all'uso che di essi è stato e viene fatto.

Le piante, coltivate e non, asportano dal terreno tali nutrienti: per questo motivo gli agricoltori reintegrano le perdite attraverso la distribuzione di fertilizzanti (concimi chimici, effluenti di allevamento, fanghi di trattamento delle acque reflue urbane, compost, ecc.).

Nelle acque, superficiali e profonde, azoto e fosforo arrivano per ruscellamento e per infiltrazione grazie al trasporto di particelle di terreno e di sostanza organica, ovvero disciolti nell'acqua; questi fenomeni sono strettamente influenzati dagli eventi meteorici e geopedologici (piogge, erosione, ecc.).

Ciò che trasforma tali meccanismi naturali in criticità ambientale, è il sovraccarico di nutrienti generato dalle attività antropiche.

Le maggiori fonti di fosforo sono infatti rappresentate dagli scarichi civili e industriali che si aggiungono alla fonte naturale rappresentata dal trasporto di particelle di terreno; le maggiori fonti di azoto, specialmente sotto forma di nitrato, sono rappresentate dal dilavamento delle superfici agricole trattate con fertilizzanti azotati o con concimi organici, lo spandimento di reflui zootecnici, la perdita da discariche, gli scarichi di reflui urbani e industriali, le perdite delle reti fognarie, i corsi d'acqua dove avvengono scarichi di reflui non depurati.

La Comunità Europea ha emanato due fondamentali direttive per regolamentare le fonti di rischio di inquinamento delle risorse idriche: le Direttive 91/271/CEE, concernente il trattamento delle acque reflue urbane, e 91/676/CEE, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole, che lo Stato Italiano, con il d.lgs. 152/99, ha recentemente recepito.

In attuazione di tali disposizioni la Regione Lombardia dovrà adottare un Piano di tutela delle acque conformandosi agli obiettivi su scala di bacino definiti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Inoltre dovranno essere identificate le "zone vulnerabili", prendendo in considerazione almeno quattro elementi di conoscenza del territorio: le caratteristiche idrogeologiche del territorio, la capacità protettiva dei suoli, la pressione antropica, lo stato qualitativo reale delle acque.

La politica di intervento della Regione Lombardia per il contenimento del rischio di inquinamento delle acque da azoto di fonte agricola è partita dalla emanazione della l.r. n.37/93 "Norme per il trattamento, la maturazione e l'utilizzo dei reflui zootecnici".

All'interno del settore agricolo, infatti, il comparto zootecnico è considerato il principale responsabile dell'inquinamento di tipo diffuso da nitrati.

Il regolamento attuativo della legge prevede che le aziende zootecniche verifichino, attraverso un Piano di utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento (PUA), che la propria gestione degli allevamenti e della fertilizzazione delle colture sia compatibile con l'obiettivo di salvaguardia delle risorse idriche.

Inoltre sono stabiliti:

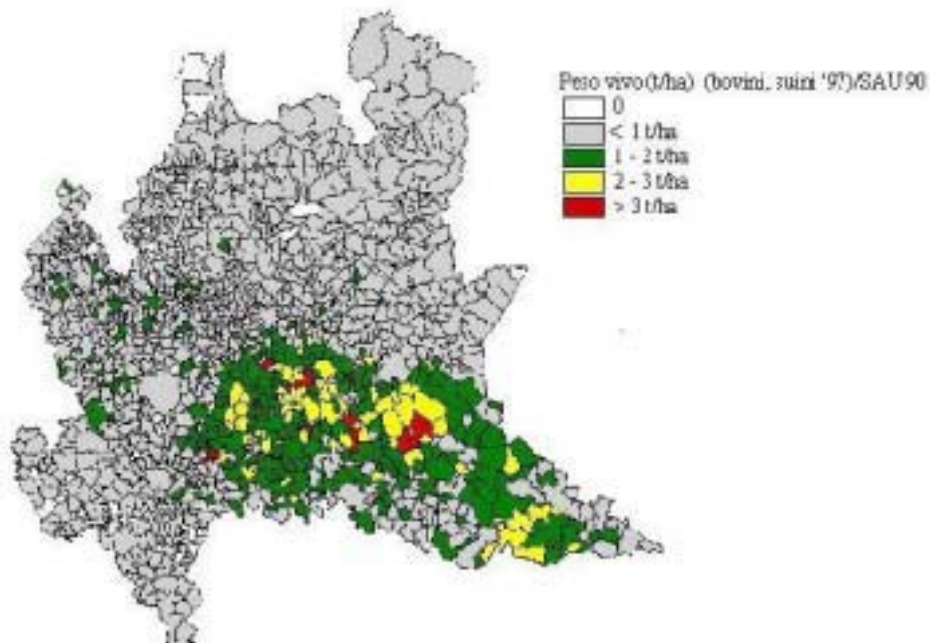
- il carico massimo di reflui applicabile ai suoli adibiti ad uso agricolo, che non deve superare il fabbisogno delle colture ed in ogni caso non può superare 340 kg di azoto/ha (nelle zone vulnerabili 170 kg di azoto/ha)
- la capacità minima dei contenitori per lo stoccaggio, dei quali, a maggior garanzia, si impone il dimensionamento in base al calendario di distribuzione degli effluenti di allevamento, compatibilmente con l'avvicendamento o la rotazione delle colture adottato;
- i vincoli allo spandimento degli effluenti di allevamento in considerazione delle condizioni del suolo, della pendenza, delle condizioni meteorologiche, ecc..

Un sistema di "assistenza e controllo diretto", di competenza delle Amministrazioni Comunali, che si avvalgono del supporto tecnico delle Amministrazioni Provinciali, delle Aziende Sanitarie Locali e dell'ARPA, valuta la coerenza e correttezza dei PUA, rilascia un'autorizzazione allo spandimento degli effluenti e garantisce il rispetto delle norme attraverso verifiche in campagna.

L'attuale sistema di monitoraggio dell'attuazione di questa norma è costituito, alla scala regionale, dalla banca dati informatizzata dei PUA georeferenziati, collegata ad un Sistema Informativo Geografico che consente di territorializzare le informazioni e di supportare la Regione nella definizione degli interventi da intraprendere per migliorare l'efficacia dell'azione. Tale sistema di monitoraggio sarà implementato entro il 2001 da un modello previsionale di impatto ambientale dell'attività agricola e, successivamente, entro il 2003, da una rete di monitoraggio dei suoli finalizzata a verificare il reale comportamento dei nutrienti nel suolo, in siti rappresentativi delle unità suolo-clima-coltura lombardia.

Carico di animali gravante sul territorio lombardo

L'attività zootecnica, ed in particolare la gestione degli effluenti di allevamento, è uno dei fattori di rischio di inquinamento delle acque superficiali e profonde.



Rappresentazione del carico di azoto di origine zootecnica apportato ai terreni agricoli con gli effluenti di allevamento

L'azoto è assorbito dalle colture agrarie. Una buona gestione della distribuzione dei reflui zootecnici finalizzata ad una efficiente utilizzazione agronomica dell'azoto riduce il rischio di inquinamento delle acque.

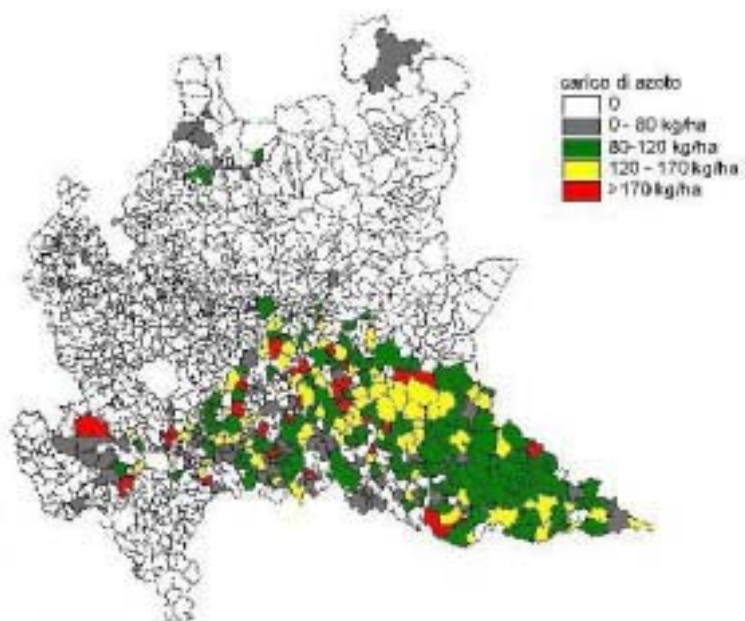


Figura 11



I metalli pesanti (Cfr. Figura 12)

I metalli pesanti ed elementi in traccia (MET) sono ubiquitari nell'ambiente e, in condizioni naturali, sono presenti in quantità limitata.

Una delle principali riserve di MET è rappresentata dal substrato geologico e, di conseguenza, dal suolo. Purtroppo a causa dell'attività antropica, in particolare industriale, la presenza di MET è aumentata talvolta inquinando i comparti ambientali ed alimentari.

Il suolo, anche in questo ambito, rappresenta una componente chiave nell'ecosistema funzionando da volano e da filtro.

E' anche per questo che la valutazione della pericolosità dei MET presenti nel suolo o che ad esso pervengono, costituisce un problema di grande attualità, ma anche di difficile soluzione.

In questo contesto gli studi a scala territoriale e di campo dimostrano che non esistono accumuli nel suolo nel breve periodo dovuti a corrette attività agricole (es. fertilizzazioni, spargimenti di fanghi biologici, spargimento di deiezioni zootecniche) e a ricaduta atmosferica, ma si stima un danno biologico delle risorse qualora questi carichi dovessero perdurare in modo consistente nel tempo.

L'unico studio a livello provinciale nella Regione Lombardia, e uno dei pochi a livello nazionale, è in corso presso l'intera area provinciale di Cremona dove si sta ottenendo un quadro completo dello stato di qualità dei suoli cremonesi in termini di contenuto di metalli pesanti (cadmio, mercurio, nichel, piombo, rame e zinco).

La rappresentazione spaziale delle concentrazioni di cadmio, mercurio, rame, nichel, zinco e piombo rientrano nei limiti imposti dal D.L. n°99/92 ad eccezione di alcune aree dove la concentrazione di nichel supera il valore limite di 75 mg/kg.

Per quanto riguarda il contenuto degli altri metalli studiati, si riscontrano delle similitudini nella loro distribuzione spaziale: più del 50% del territorio ricade nella II classe di concentrazione (10-25% del valore limite).

In linea generale, valori di concentrazione più elevati (ma comunque inferiori al 50% dei valori limite) appartengono ai suoli del Casalasco e dei vicini comuni della pianura cremonese centro-orientale (a titolo di esempio si riporta in figura la distribuzione del rame).

La preoccupazione pubblica per l'inquinamento dell'ambiente ha spinto la promulgazione di leggi nazionali e direttive europee.

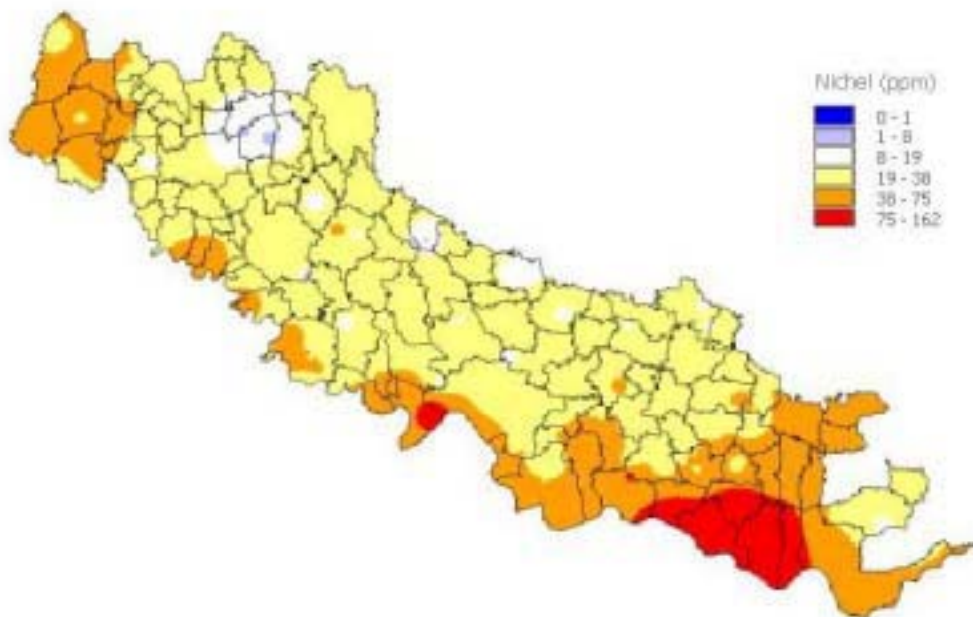
Nessuna di queste leggi tiene conto di bilanci dinamici né tantomeno, secondo la definizione corretta, dei rischi potenziali legati alla valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'ecosistema e del suo valore.

Tutti questi fattori non sono generalizzabili, ma dipendono inesorabilmente dal territorio in analisi.

Le difficoltà sorgono dall'insufficienza d'informazioni scientifiche sui carichi ambientali di MET a scala territoriale (aria, acqua, suolo), dalla mancata definizione di corretti indicatori di qualità dei suoli (comprensivi degli aspetti biologici, chimici, fisici e biochimici), da scarsi monitoraggi sul territorio.

E' auspicabile nel futuro prossimo la creazione di questi archivi ambientali che grazie all'approccio multidisciplinare già in atto tra geologi, chimici ambientali, pedologi, permetterà l'applicazione di tecniche e di sistemi di supporto in grado di programmare gli interventi antropici sul territorio in base alla valutazione della loro effettiva sostenibilità ambientale.

Metalli pesanti presenti nella Pianura Cremonese



Contenuto di Nichel nel suolo (0-30 cm)



Contenuto di Rame nel suolo (0-30 cm)



Figura 12

3.2.2 Le proprietà fisiche

Perché sono importanti

La fase solida del suolo è costituita da materiali molto eterogenei, sia dal punto di vista qualitativo, che per la dimensione delle particelle costituenti.

I costituenti inorganici sono presenti sotto forma di particelle minerali, cui si dà il nome di "scheletro", quando le dimensioni superano i 2 mm di diametro, e di "terra fine", a sua volta distinta in "sabbia", "limo" e "argilla", quando le dimensioni delle particelle sono inferiori.

Nel suolo, la frazione organica, che, come visto in 3.2.1, svolge anche fondamentali funzioni a livello chimico e chimico fisico, è poi strettamente associata alla frazione minerale insieme alla quale concorre a determinare altre caratteristiche fisiche ed idrologiche del suolo, quali struttura, porosità, capacità idrica e termica, peso specifico e profondità utile.

Le proprietà fisiche influenzano i rapporti tra le fasi solida, liquida e gassosa del suolo, incidendo sui fenomeni collegati allo sviluppo delle piante, alla regolazione dei cicli naturali degli elementi, dei flussi dell'acqua e degli scambi di energia a livello della superficie terrestre.

Quali sono e come agiscono

Indicatori di stato relativi alle proprietà fisiche dei suoli di più facile determinazione, rappresentazione cartografica ed interpretazione a fini applicativi sono:

- La tessitura;
- I frammenti grossolani;
- La profondità utile.

Prende il nome di tessitura la distribuzione percentuale nella terra fine delle frazioni granulometriche (sabbia, limo ed argilla) che la compongono.

I frammenti grossolani (diametro >2mm) sono invece costituiti da ghiaie, ciottoli e pietre di diversa natura mineralogica, forma e dimensione; essi riducono il volume di suolo "attivo" sotto il profilo biochimico e chimico-fisico e la capacità di ritenzione idrica.

La profondità utile è, infine, un indicatore sintetico dello spessore di suolo biologicamente attivo, effettivamente esplorabile ed utilizzabile dalle radici delle piante per trarne acqua ed elementi nutritivi, con relazioni, quindi, con la fertilità edafica e con il grado e l'intensità con cui nei suoli si possono esprimere i processi di trasformazione e biodegradazione.

A questi indicatori e a come essi caratterizzano lo stato dei suoli regionali sono dedicati, in questo paragrafo, altrettanti approfondimenti specifici.

Come evolvono e con quali conseguenze

La tessitura è una fra le più stabili caratteristiche del suolo: essa, infatti non subisce modificazioni significative in seguito alle comuni pratiche agronomiche.

Lo stesso può dirsi per i frammenti grossolani e la profondità utile, a meno che non siano attuati consistenti spietramenti, peraltro inusuali in Lombardia, o escavazioni di materiali da costruzione.

Tuttavia, mentre le particelle elementari, terra fine e scheletro, sono proprietà stabili, le relazioni che tra esse si stabiliscono lo sono molto meno.

Infatti, legami di natura diversa tengono insieme le varie particelle in aggregati, concorrendo a determinare la "struttura" e, con essa, la "porosità" di un suolo, cioè il rapporto fra volume degli spazi occupati da componenti solide e volume totale.

Struttura e porosità sono molto più sensibili alla degradazione, che in parte può dipendere da cause naturali, ma che molto più frequentemente è dovuta all'eccessiva compressione delle superfici che spesso viene esercitata sia su suoli agricoli che extraagricoli.

Conoscere tessitura, granulometria ed anche spessore dei suoli, consente tuttavia di stimare dove i rischi di degradazione sono più intensi (compattamento e destrutturazione dei suoli accrescono, ad esempio, i rischi di erosione ed inondazione), di fare previsioni sulla capacità di risposta dei suoli alle pressioni e di valutare l'efficacia di eventuali rimedi.

APPROFONDIMENTI SPECIFICI

La tessitura (Cfr. [Figura 13](#))

Quando in un suolo la sabbia è dominante, quel suolo mostra proprietà correlate al fatto che è un suolo "grossolano", e chi lo conosce lo qualifica come un suolo "sabbioso".

I suoli sabbiosi sono conosciuti come suoli "leggeri", facili da arare e da coltivare. All'opposto, se dominano l'argilla e il limo, i suoli sono definiti "fini", talvolta difficili da coltivare, detti anche "pesanti".

L'analisi granulometrica ci fornisce una prima idea generale delle proprietà fisiche di un suolo; essa è anche uno strumento per assegnare ad ogni suolo il nome della sua "classe tessiturale", ad esempio franco, franco – sabbioso, argilloso.

I nomi delle classi di tessitura si riferiscono alle particelle di diametro inferiore a 2 mm, ci danno un'idea della composizione relativa dei diversi gruppi di particelle e sono il risultato di anni di analisi e valutazioni delle risposte e del comportamento dei suoli. Tre grandi gruppi di classi di tessitura vengono riconosciuti, con ulteriori suddivisioni di classi al loro interno:

1. Gruppo delle classi sabbiose;
2. Gruppo delle classi argillose;
3. Gruppo delle classi franche.

Questo modo di considerare la tessitura riflette soprattutto le difficoltà di lavorazione, i comportamenti e le risposte più facilmente visibili dei suoli, come la facilità di percolazione delle acque od i rischi di incrostamento.

La tessitura è una proprietà modificabile solo con drastici interventi: ad esempio nelle serre, con colture pregiate, vengono predisposti substrati particolarmente equilibrati; oppure con le "bonifiche agricole", che trasformano la tessitura dei suoli con la decapitazione degli orizzonti superficiali, e la loro ricollocazione alla fine dell'intervento.

La tessitura può variare, nei suoli, da orizzonte ad orizzonte con la profondità; la tessitura dell'orizzonte superficiale interessa soprattutto a fini agricoli (lavorabilità, fertilità fisica di quello che, infatti, è anche chiamato "orizzonte coltivato"), ma per una migliore e più complessiva valutazione del comportamento funzionale dei suoli sotto il profilo ambientale è più utile prendere in considerazione uno strato profondo un metro.

Classi tessiturali grossolane (riferite ad 1 m di profondità) sono presenti in Lomellina e lungo le principali aste fluviali; classi moderatamente grossolane caratterizzano ampi tratti delle pianure centro – occidentali.

Ne risulta che la classe media è quella che domina la pianura lombarda, connotandone in parte la grande vocazionalità agricola; nell'alta pianura tale dato va letto a complemento dello stato dei frammenti rocciosi, di cui oltre.

Le classi moderatamente fini e fini predominano nelle porzioni più antiche dell'alta pianura, in ampi tratti dell'Oltrepo Pavese e ricoprono quasi integralmente le pianure sudorientali.

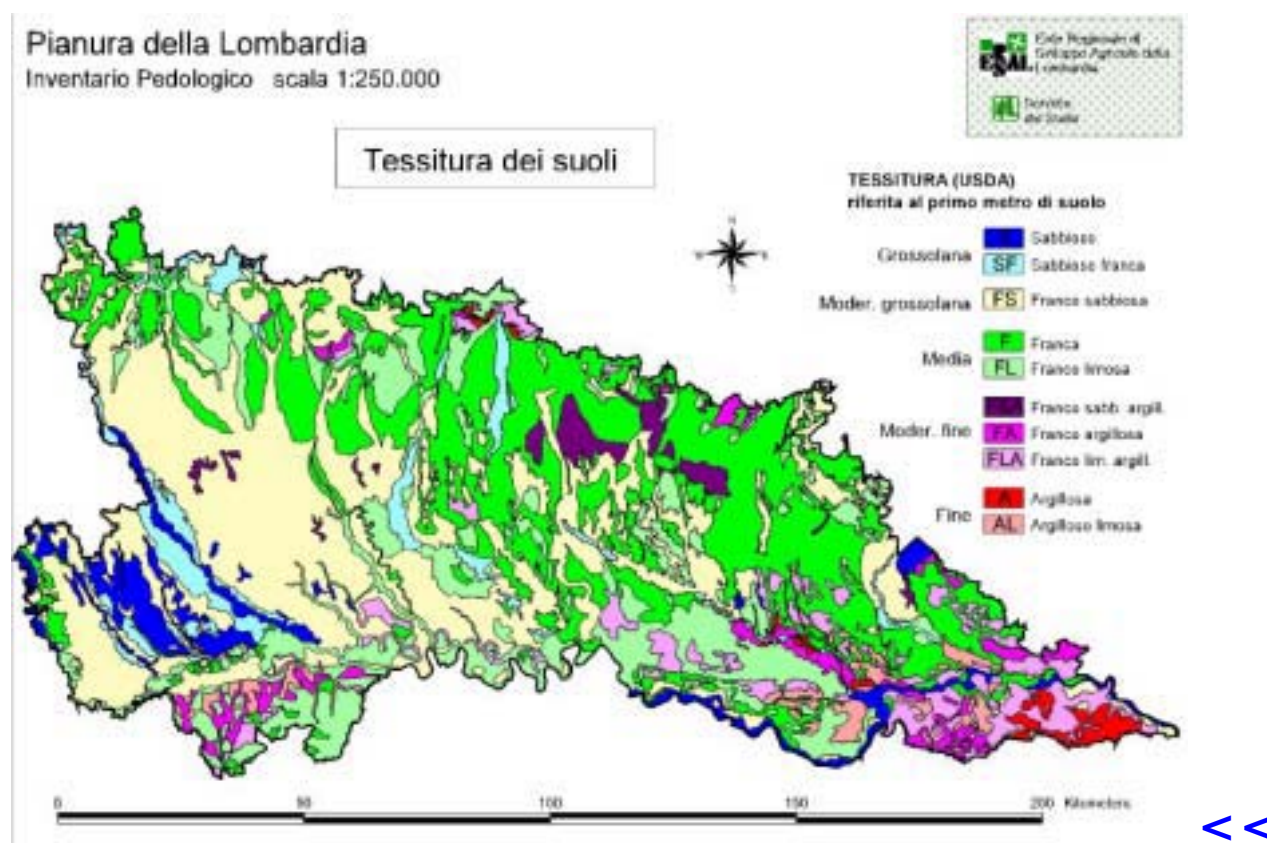


Figura 13

I frammenti rocciosi (Cfr. Figura 14)

La frazione minerale che supera il diametro di 2 millimetri rientra nei cosiddetti "frammenti rocciosi". Così come la terra fine viene genericamente suddivisa in sabbia, limo ed argilla, in base alle dimensioni, anche per i frammenti rocciosi si parla di:

- ghiaie, quando il diametro è inferiore a 7,5 cm;
- ciottoli, quando il diametro è compreso fra 7,5 e 25 cm;
- pietre, quando il diametro è superiore a 25 cm.

I frammenti rocciosi condizionano il comportamento e la gestione dei suoli; essi possono provocare un'usura maggiore dei mezzi meccanici, o influenzare direttamente il corretto posizionamento dei semi; se la massa del suolo è ricca di frammenti rocciosi può aumentare la capacità dell'acqua di penetrare facilmente in profondità, con minori possibilità per la nutrizione idrica delle piante e maggiori pericoli per le falde.

D'altra parte, per certe colture (es. drupacee) o per certi standard qualitativi (es. vigneti in zone pregiate), i frammenti rocciosi possono facilitare il drenaggio o addirittura caratterizzare il profilo sensoriale di alcuni vini.

Anche le opere dell'uomo, come le strade o le fondazioni degli edifici, possono giovare dell'abbondanza di frammenti rocciosi.

I frammenti rocciosi raramente vengono analizzati in laboratorio, se non per finalità geotecniche; normalmente essi vengono "separati" dalla terra fine durante la preparazione del campione e, se la loro quantità e dimensione non vengono stimate ed opportunamente memorizzate, si rischia di perdere informazioni preziose, sia per le pratiche gestionali che per i consigli di concimazione.

Il pedologo è molto attento al contenuto ed alla qualità dei frammenti rocciosi: se essi sono porosi possono trattenere anche una certa quantità di acqua; se essi sono molto alterati, saranno facilmente disgregabili dalle comuni pratiche di lavorazione.

Consultando la descrizione di un profilo pedologico notiamo che opportuni aggettivi vengono aggiunti alle classi tessiturali dei singoli orizzonti, quando il contenuto in frammenti rocciosi supera una certa soglia in volume (15%).

Leggiamo così che un orizzonte può essere "franco, ghiaioso", se esso contiene più del 15% di ghiaie, oppure "sabbioso, molto ciottoloso" se esso contiene più del 35% di ciottoli.

Anche il contenuto in frammenti rocciosi è una proprietà "stabile" dei suoli, non facilmente modificabile; certi tratti del paesaggio dell'alta pianura lombarda sono caratterizzati dai lavori di spietramento eseguiti in passato ("marogne" è a volte il nome locale dei cumuli di frammenti).

Al pari della tessitura, anche l'esame del contenuto in frammenti rocciosi può basarsi su una ponderazione relativa ad uno strato profondo un metro; nella rappresentazione cartografica non appare una classe "molto abbondante": significa che, almeno a questa scala, non esistono casi significativi di suoli che contengano, nel loro primo metro, più del 70% di scheletro in volume.

La maggior parte dei suoli sono privi di scheletro (terrazzi antichi e, soprattutto, media e bassa pianura), e questo costituisce uno degli elementi "strutturali" della ricchezza dell'agricoltura di questa regione. Troviamo scheletro "frequente" e "abbondante" in ampi tratti dell'alta pianura (ad influenzarne la vulnerabilità), negli anfiteatri morenici, lungo gli affluenti alpini del Po.

Nelle restanti porzioni dell'alta e media pianura lo scheletro è "comune" o "scarso", condizionando in modo ridotto (se non nelle pezzature più grandi) pratiche, gestione e vulnerabilità.

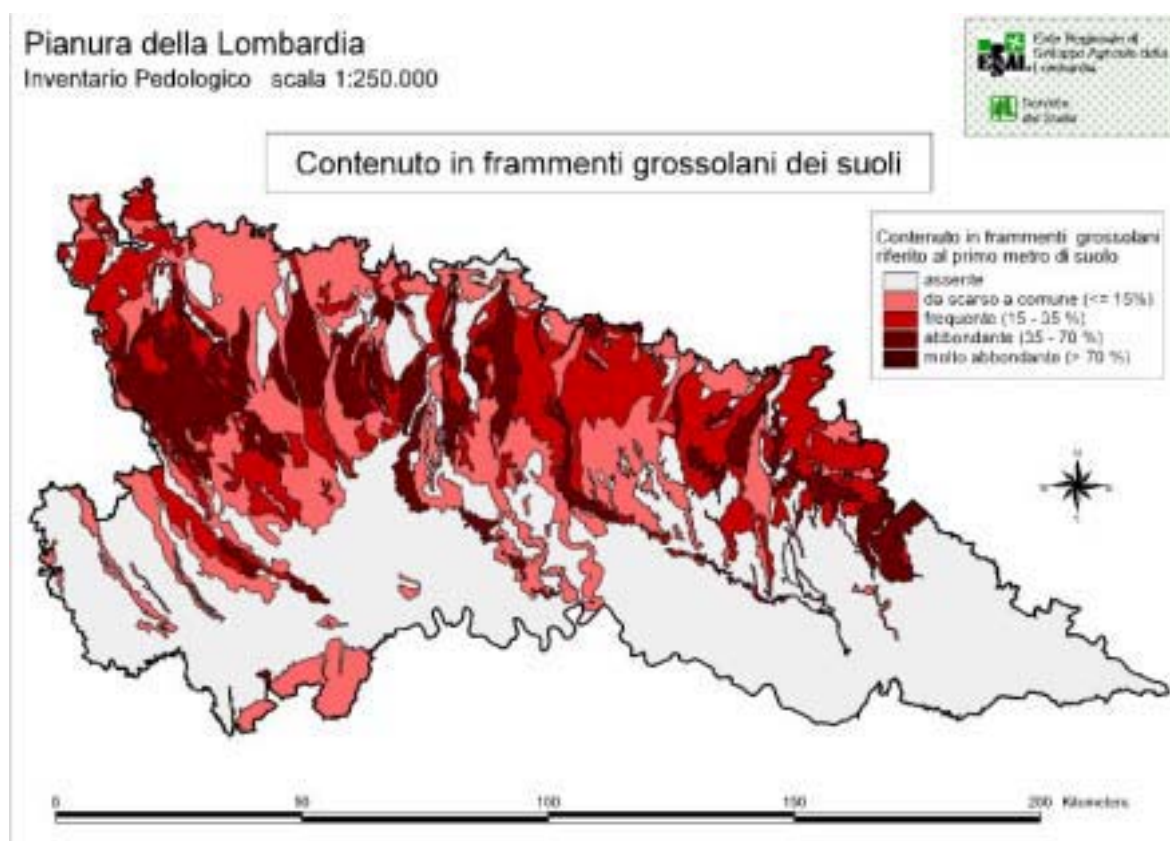


Figura 14

La profondità utile (Cfr. [Figura 15](#))

Se pensiamo che il 25% del pianeta è coperto da terre emerse, e soltanto il 10% riguarda terre rivestite da biomassa, sapere quanto profonde sono queste terre ci fornisce un'idea del grado di limitatezza delle risorse disponibili, e della necessità di inventariarle e conoscerle, per meglio gestirle e conservarle, ad uso delle future generazioni.

Questa proprietà esprime bene le potenzialità e le limitazioni delle risorse pedologiche, dal livello planetario a quello della singola azienda agricola: con un ordine di grandezza che va da pochi centimetri a qualche metro, abbiamo la possibilità, in modo estremamente sintetico, di capire se il suolo che utilizziamo, oltre che essere di tessitura equilibrata e con pochi o nulli frammenti rocciosi, è anche "profondo abbastanza" da sostenere, in modo produttivo, le scelte colturali e gestionali che abbiamo in mente.

La maggior fragilità si riscontra laddove i suoli sono più sottili, dove al di sotto di pochi centimetri c'è già un substrato; poco importa se esso è tenero, e facilmente arabile (come nel caso delle rocce appenniniche), se è davvero substrato esso è senza vita, e per riformare vitalità e fertilità ci possono volere altri secoli, o millenni.

In linea generale la profondità dei suoli si valuta identificando il contatto fra suolo e substrato geologico non pedogenizzato: possono essere pochi cm in paesaggi montani con rocce poco alterabili, qualche dm, o anche più di un metro, nelle pianure alluvionali, in ecosistemi temperati.

Quando le rocce sono incoerenti, come nelle pianure, è difficile percepire le differenze fra suolo e "non suolo" sottostante: spesso questo materiale sottostante è ricco in carbonati (biancastro, riduce l'assorbimento degli elementi nutritivi), limoso (si incrosta, inibisce la germinazione dei semi e l'infiltrazione delle acque), o anche molto ghiaioso (non trattiene l'acqua ed usura i mezzi meccanici), in definitiva "poco fertile" e vitale. Se, disgraziatamente, la costipazione o una lieve erosione hanno a poco a poco diminuito la profondità di un suolo alluvionale, ecco che arature profonde possono portare alla luce questi materiali geologici, e la produttività di quelle aree decade rapidamente.

Al concetto di "profondità pedogenetica" (che, come visto, segna il passaggio da suolo a sottosuolo) si viene funzionalmente a sovrapporre quello di "profondità funzionale" o "profondità utile", in relazione alle pratiche ed all'utilizzazione di quegli specifici suoli.

Nella valutazione della profondità utile, pertanto, oltre alla identificazione del contatto fra suolo e sottosuolo (se vi è una roccia, dura o tenera, a profondità tali da influenzare la gestione), interessa sapere, ad esempio, se alcuni orizzonti sono così densi ed induriti da impedire l'approfondimento delle radici, oppure se vi è acqua libera, tale da indurre asfissia nella maggior parte delle piante coltivate, o da condizionare lavori di scavo, posizionamento di tubature, isolamento di seminterrati, ecc.

Un suolo, invece, può essere funzionalmente profondo se il substrato incoerente, pur non pedogenizzato, presenta caratteri favorevoli per le utilizzazioni che di quel suolo si vogliono fare.

Nella pianura lombarda i suoli meno profondi (0-50 cm) sono fortunatamente la classe meno diffusa: essi connotano tratti dell'alta pianura, degli anfiteatri morenici e degli affluenti padani.

Suoli moderatamente profondi (50-100 cm) occupano ampi tratti dell'alta e media pianura, e costituiscono la classe più diffusa: essi concretizzano un indicatore classico della pedogenesi in ambienti temperati ed in età postglaciale; tale moderata profondità utile è correlata ai materiali relativamente più grossolani, oppure chimicamente limitanti (eccesso di carbonati), oppure ancora ad una falda poco profonda (ad esempio nella fascia dei fontanili).

I suoli più profondi di 100 cm, spesso anche più di 200, sono anche, fortunatamente, molto diffusi: i primi (profondi fino a 200 cm) caratterizzano prevalentemente la

media e bassa pianura; i secondi, molto profondi (più di 200 cm), si ritrovano nei terrazzi più antichi e, soprattutto, nelle piane alluvionali del Po e di alcuni affluenti.

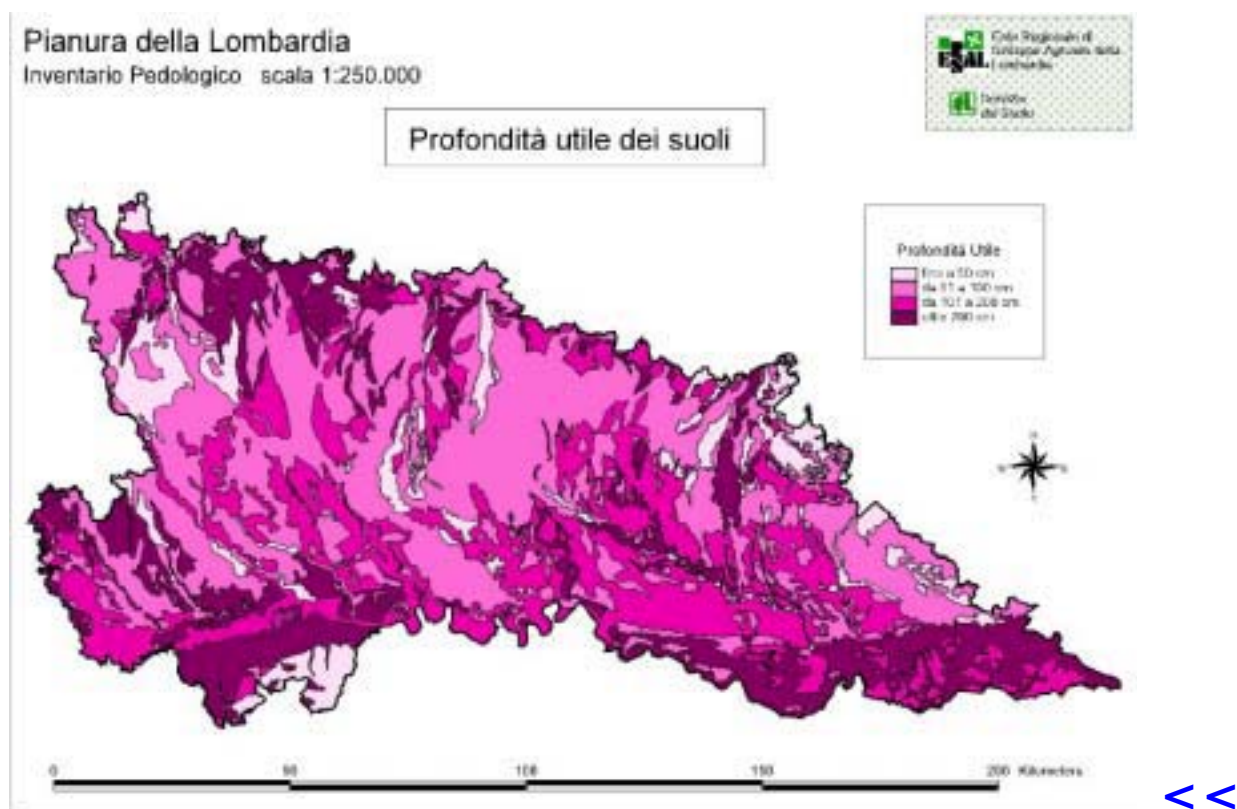


Figura 15

3.2.3 Le proprietà idrologiche

Perché sono importanti

L'importanza delle relazioni che si instaurano tra suolo ed acqua è facile da comprendere se si pensa che esse condizionano, direttamente o indirettamente, tutti i processi che sono alla base della crescita delle piante e, anche, dei fenomeni di inquinamento.

Infatti, è l'acqua trattenuta nel suolo in forma disponibile quella che le piante possono utilizzare per il loro sviluppo ed è sempre l'acqua il mezzo attraverso il quale sali, ossidi, argilla e molecole inquinanti possono essere trasportati in profondità verso le falde o lateralmente verso il reticolo idrografico di superficie. Infine, l'alterazione dei minerali avviene spesso per idratazione ed idrolisi e quasi tutte le reazioni biochimiche di trasformazione delle sostanze organiche e l'attività microbiologica richiedono la presenza di un mezzo acquoso.

Le proprietà idrologiche dei suoli sono strettamente correlate a queste relazioni; esse possono essere definite "secondarie" in quanto, a loro volta, dipendono da altre caratteristiche dei suoli "di base", prevalentemente di tipo fisico (tessitura, contenuto in scheletro, struttura, porosità).

Quali sono e come agiscono

Indicatori di stato relativi alle proprietà idrologiche dei suoli di maggiore interesse interpretativo a fini applicativi sono:

- La permeabilità;
- Le relazioni con le falde superficiali;
- Il drenaggio

La permeabilità è la qualità dei suoli che consente all'acqua e all'aria di muoversi all'interno di essi; per questa ragione è una delle proprietà pedologiche più attentamente considerata nella valutazione dei rischi di vulnerabilità delle acque sotterranee.

In molti ambienti, soprattutto nelle pianure alluvionali, le falde possono poi arrivare ad interessare gli strati più superficiali della crosta terrestre e i suoli stessi; quando ciò avviene rimangono nei profili pedologici segni evidenti, facilmente identificabili, con importanti effetti sulla funzionalità dei suoli stessi.

La capacità del suolo di eliminare gli eccessi idrici prende, infine, il nome di drenaggio; si tratta quindi di una qualità dei suoli di grande rilevanza per identificare limiti e potenzialità agronomiche.

A questi indicatori e a come essi caratterizzano lo stato dei suoli regionali sono dedicati, al termine di questo paragrafo, altrettanti approfondimenti specifici.

Come evolvono e con quali conseguenze

Il comportamento idrologico di un suolo è fortemente influenzato dalla gestione a cui è sottoposto.

Compressioni esercitate in superficie con le macchine agricole o anche l'azione battente delle piogge in assenza di copertura vegetale possono, su suoli sensibili, ridurre drasticamente la capacità di infiltrazione delle acque meteoriche.

La formazione di "suole d'aratura" alla base degli orizzonti coltivati può modificare considerevolmente la permeabilità dei suoli.

Al contrario, apporti regolari di letame e sostanza organica migliorano lo stato fisico del suolo, la sua struttura, il drenaggio, la capacità di ritenzione idrica negli orizzonti di superficie e, più in generale, l'equilibrio tra le fasi solida, liquida e gassosa.

Le forme più drammatiche di alterazione del comportamento idrologico dei suoli possono tuttavia verificarsi quando vengono effettuate consistenti operazioni di livellamento e spianamento delle superfici o di escavazione di materiali terrosi dai suoli; la distruzione dell'originaria e naturale orizzontazione dei suoli può infatti causare, in alcuni casi, un forte aumento della permeabilità e, quindi, della vulnerabilità per gli acquiferi, in altri, invece, una sua diminuzione con un incremento delle difficoltà di drenaggio.

Queste forme di degrado sono anche le più pericolose, perché possono essere irreversibili e, anche quando ciò non avviene, sono comunque difficilmente e solo molto lentamente correggibili.

APPROFONDIMENTI SPECIFICI

La permeabilità (Cfr. [Figura 16](#))

La maggiore o minore facilità con cui il suolo lascia penetrare, attraverso i suoi orizzonti, l'aria e l'acqua di percolazione è definita "permeabilità".

Essa dipende da numerose caratteristiche fisiche del suolo e, in particolare, dalla dimensione, dalla continuità e dalla distribuzione dei pori, proprietà che sono a loro volta correlate con la tessitura, la granulometria e la struttura.

La permeabilità del suolo considerato nel suo insieme dipende, come sempre avviene nei sistemi anisotropi, dalla condizione più limitante e, quindi, in definitiva, dall'orizzonte meno permeabile.

La permeabilità può essere stimata in campagna attraverso l'osservazione, mediata da schemi interpretativi di riferimento, delle caratteristiche fisiche dei diversi orizzonti costitutivi del suolo, oppure può essere misurata con idonea strumentazione (infiltrometri, permeometri) direttamente in campo o in laboratorio.

In questi casi essa viene espressa come conducibilità idraulica, cioè come velocità alla quale un suolo trasmette acqua; tale velocità è maggiore in condizioni di

saturazione del suolo (conducibilità idraulica satura) e decresce col ridursi del contenuto idrico.

La permeabilità e la conducibilità idraulica (anche se è difficile che in natura si verifichi l'assoluta e totale saturazione degli orizzonti pedologici, in genere si fa riferimento alla "conducibilità idraulica satura") sono proprietà pedologiche estremamente variabili nello spazio ed anche nel tempo; anche per questa ragione la loro determinazione si rivela spesso costosa e complessa e, quindi, poco attuabile nella pratica.

Per ovviare a questi inconvenienti, sono state elaborate varie funzioni matematiche che, partendo da altre proprietà fisiche dei suoli (tessitura, carbonio organico, densità apparente) consentono di calcolare la conducibilità idraulica.

Funzioni di questo tipo sono ad esempio richieste dai modelli di simulazione del bilancio idrico o del destino ambientale di potenziali inquinanti (nitrati, pesticidi), ma a loro volta richiedono di essere validate quando vengono utilizzate in ambienti pedoclimatici differenti da quelli nei quali sono state messe a punto.

Qualunque sia il metodo con cui essa viene stimata, la permeabilità di un suolo è in ogni caso tanto più alta quanto più elevata è la sua macroporosità.

Anche in Lombardia, pertanto, i valori di permeabilità più alta si rinvencono dove la granulometria è grossolana e nei suoli prevalgono le sabbie e i frammenti rocciosi poco rivestiti di elementi colloidali.

Tali condizioni si verificano più frequentemente nell'alta pianura, soprattutto nella porzione più occidentale, nella media e bassa pianura milanese, pavese e della Lomellina e nelle valli fluviali, dove i depositi sono più grossolani.

Al contrario, le permeabilità minori si hanno dove i suoli hanno tessitura fine, sono ricchi in argilla e soprattutto in limo, presentano orizzonti massivi o impermeabili; queste condizioni contraddistinguono i suoli della bassa pianura orientale evoluti su sedimenti limosi, i suoli delle pianure alluvionali dell'Oltrepò Mantovano e Pavese e i suoli delle superfici terrazzate antiche pedevalpine e pedeappenniniche.

I suoli regionali mostrano, nel loro complesso, un ampio range di valori di conducibilità idraulica (da oltre 10^{-4} m/s a meno di 10^{-8} m/s); inoltre, la permeabilità "moderata" che caratterizza gran parte della pianura è dovuta frequentemente alla funzionalità di orizzonti sottosuperficiali arricchiti in argilla (orizzonti argillici), in assenza dei quali la conducibilità idraulica sarebbe più elevata e la cui conservazione è quindi essenziale per la protezione delle risorse idriche sotterranee.

La compattazione della superficie del suolo, causata dall'eccessiva pressione esercitata dalle macchine agricole, la formazione di croste superficiali e di strati densi e poco permeabili alla base degli orizzonti arati sono comuni forme di alterazione della permeabilità.

Gli effetti sul comportamento idrologico dei suoli sono tuttavia più evidenti, perché le modifiche tendono ad assumere carattere permanente, là dove la costipazione del suolo, come nel caso delle risaie, è appositamente ricercata per limitare e controllare le perdite di acqua per percolazione.

Problemi dovuti al compattamento dei suoli si osservano, peraltro, anche su suoli non agricoli, a causa del transito di autoveicoli e mezzi pesanti, in parcheggi e cantieri, o del continuo calpestamento, in aree ricreative e giardini.

Rischi di degrado più consistenti si hanno quando si effettuano escavazioni ed asportazioni di materiali dai suoli ("bonifiche agricole"): se l'intervento è a carico di materiali fini, la permeabilità può diminuire e l'abbassamento della superficie tradursi in un maggior richiamo di acqua dalle aree circostanti con un peggioramento del drenaggio, se, invece, l'intervento avviene a carico di materiali grossolani (sabbia, ghiaia), la capacità protettiva del suolo nei confronti di agenti inquinanti può venire seriamente compromessa.

La permeabilità è, in definitiva, una proprietà del suolo di prioritario interesse e valore a fini ambientali.

Una adeguata attenzione dovrebbe pertanto essere riservata allo studio e al monitoraggio delle alterazioni su di essa indotte dagli interventi antropici.

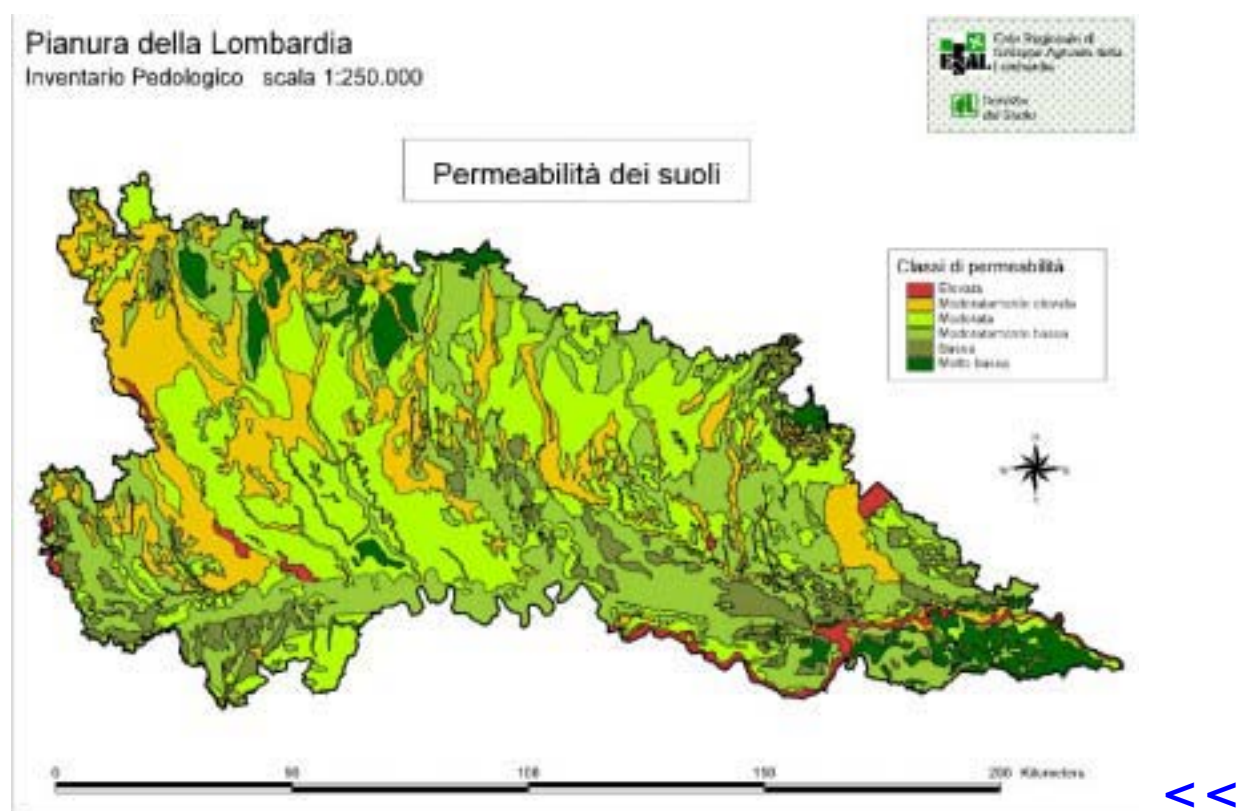


Figura 16

Le relazioni pedologiche con le falde superficiali (Cfr. Figura 17)

Nelle pianure alluvionali le relazioni, dirette o indirette, tra suoli e falde sottosuperficiali assumono sempre una particolare rilevanza.

Nel passato, nella pianura padana, tali relazioni erano molto più intense di oggi; in seguito, nei secoli e di pari passo con il procedere della colonizzazione del territorio, dell'espansione dell'agricoltura prima e degli insediamenti urbani e delle vie di comunicazione poi, sempre più vaste superfici sono state affrancate progressivamente dall'acqua grazie alla bonifica idraulica del territorio (vedi paragrafo 3.3.5).

Tuttavia, suoli che ospitano falde superficiali nella pianura della Lombardia non sono rari: essi sono infatti diffusi nella zona di emergenza delle risorgive, nelle zone più depresse ed idromorfe della bassa pianura, nelle piane alluvionali dei sistemi vallivi che intersecano la pianura e, all'interno delle cerchie moreniche, in corrispondenza di ambienti deposizionali di tipo lacustre privi di drenaggio esterno naturale.

La presenza di orizzonti idromorfi, cioè saturi o prossimi alla saturazione idrica, in modo permanente o persistente, è segnalata, nei suoli, dalla rilevazione di acqua libera o di segni lasciati nella matrice a seguito dell'instaurarsi di condizioni di riduzione (colori da grigi ad azzurro-verdastri, comparsa di screziature).

La presenza di una falda all'interno del suolo, e quindi in prossimità della superficie, ha dirette influenze sul drenaggio, sul regime idrologico e, in generale, sulla capacità protettiva dei suoli.

Infatti, la possibilità che gli inquinanti, ad esempio nitrati, distribuiti con i concimi minerali o i reflui zootecnici, o residui di prodotti fitosanitari, raggiungano il sistema delle acque è, in queste situazioni, evidentemente più elevato.

Il livello al quale si posiziona la falda nel suolo è raramente stabile e può oscillare in modo anche significativo; nella pianura padana, la diffusa ed intensa pratica irrigua fa sì che spesso il livello di idromorfia sia più prossimo alla superficie in estate che in inverno, al contrario di quanto non avvenga normalmente dove non si fa ricorso all'irrigazione.

Anche se non sono utilizzate a fini potabili o economici (irrigui, industriali, ecc.) le falde superficiali hanno un grande valore ecologico, sia perché possono essere o entrare in connessione con falde più profonde o con acque di superficie (fontanili, rogge, corsi idrici), sia perché influenzano gli equilibri ecosistemici nel suolo (popolazioni microbiche, tipo di vegetazione naturale). Pertanto, una sistematica azione di monitoraggio idropedologico finalizzata, fra l'altro, a conoscere la dinamica, nel tempo e nello spazio, delle falde superficiali può produrre informazioni di fondamentale importanza al fine di definire misure di protezione e di gestione sostenibile delle risorse naturali.

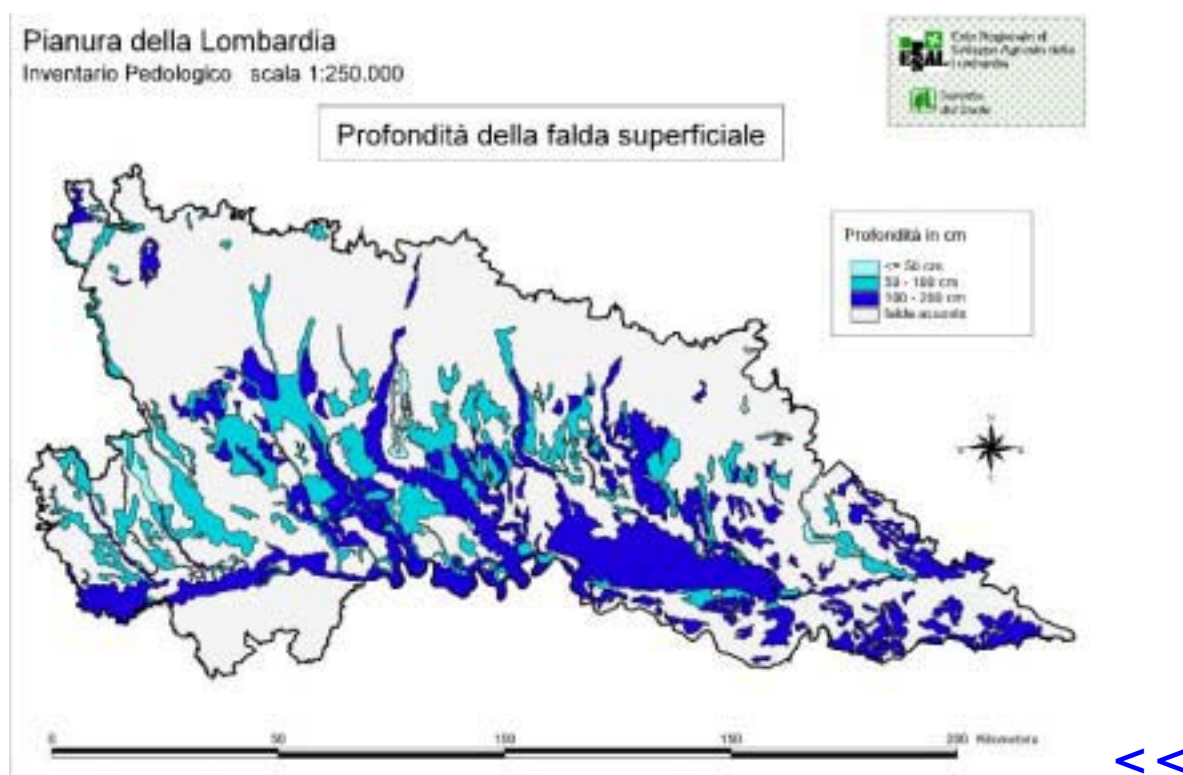


Figura 17

Il drenaggio (Cfr. Figura 18)

Dopo una pioggia o una irrigazione l'acqua che si infiltra nel suolo ed occupa i macropori prende il nome di gravitazionale: questa acqua non è trattenuta e viene rimossa col drenaggio, qualità che esprime quindi la capacità dei suoli di smaltire, per percolazione o scorrimento superficiale, le acque in eccesso (non trattenute per capillarità e non utili per la nutrizione idrica delle piante) pervenute sulla sua superficie.

Questa capacità dipende dalle caratteristiche fisiche ed idrologiche del suolo (velocità di infiltrazione e conducibilità idraulica, presenza di orizzonti sottosuperficiali poco permeabili), dalla presenza di falde superficiali, dalla morfologia del territorio circostante (pendenza), dalla posizione nel paesaggio ed anche da fattori climatici.

Il drenaggio è una proprietà dei suoli in genere abbastanza facilmente correlabile con il paesaggio, che spesso concorre a caratterizzare; ad esempio è facile osservare

come, frequentemente, le difficoltà di drenaggio si traducano in colori superficiali scuri e in vegetazione spontanea igrofila.

La conoscenza del drenaggio è utile per valutare numerosi comportamenti funzionali dei suoli: capacità d'uso, attitudine allo spandimento di reflui zootecnici, rischi di vulnerabilità, attitudine all'irrigazione, lavorabilità e trafficabilità.

Presentano drenaggio difficile (con intensità diverse, da mediocre a lento fino ad impedito, a seconda delle limitazioni) i suoli che hanno bassa permeabilità o una falda prossima alla superficie, oppure anche una combinazione di queste situazioni.

Le difficoltà nel drenaggio possono provocare ristagni superficiali, ostacolare la gestione agricola, costringendo ad esempio ad effettuare le lavorazioni in condizioni di umidità dei suoli non ottimali, con possibili impatti negativi sulla struttura.

La minore areazione e le condizioni più riducenti, che la prolungata presenza di acqua nel suolo comporta, creano, nelle situazioni più estreme, un ambiente poco adatto alla crescita delle piante e favoriscono la denitrificazione e la mobilità dei metalli pesanti.

Nelle aziende agricole, le sistemazioni idraulico-agrarie (baulature, affossature) e il drenaggio tubulare sotterraneo sono i rimedi agronomici utilizzati per agevolare lo smaltimento delle acque in eccesso.

Un drenaggio veloce è invece tipico di suoli, o molto pendenti, o molto permeabili e senza falda.

In queste situazioni possono insorgere difficoltà nella gestione dell'irrigazione, sia perché le perdite di acqua per percolazione divengono rilevanti, sia perché in genere un drenaggio rapido è correlato con una limitata capacità del suolo di immagazzinare acqua; può essere allora utile apportare sostanza organica, dare la preferenza a tecniche irrigue in grado di risparmiare acqua (irrigazione a pioggia) ed evitare di intaccare con le lavorazioni orizzonti profondi, che possono svolgere un ruolo importante nella regolazione dei flussi idrologici in questi suoli.

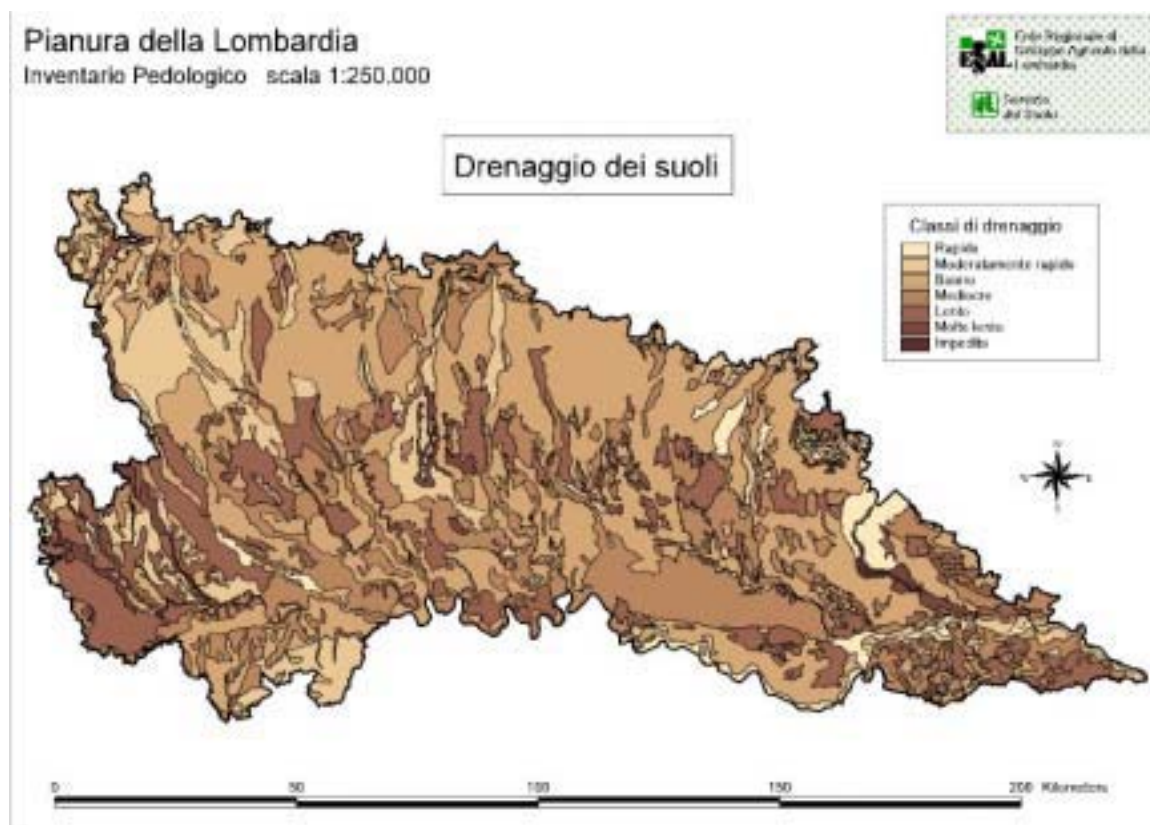


Figura 18

3.3.1 L'uso reale del suolo

Uso del suolo e pianificazione

Uno degli strumenti più interessanti dal punto di vista della fruibilità informativa nel campo della pianificazione e gestione del territorio è, senza dubbio, l'informazione legata all'uso del suolo.

Il suo utilizzo appare ormai diffuso e va dagli studi di impatto ambientale, alla pianificazione territoriale degli interventi per la valorizzazione e salvaguardia delle risorse ambientali, fino alla redazione dei Piani Regolatori comunali (PRG).

Di grande importanza strategica risulta inoltre la possibilità di registrare nel tempo le variazioni e le trasformazioni dell'uso del territorio, in modo da evidenziarne le tendenze evolutive nel breve e medio periodo.

La cartografia dell'uso del suolo

La Regione Lombardia dispone per il territorio di pianura di una base informativa (1994) dell'uso del suolo realizzata dall'ERSAL, mentre per il territorio di montagna i dati sono desunti dal progetto Geoambientale in via di conclusione.

La legenda adottata, è articolata in classi, che comprendono raggruppamenti omogenei d'uso del suolo, le quali a loro volta si suddividono in sottoclassi. Un ulteriore livello di dettaglio si ha con l'utilizzo della voce "ulteriori specifiche", in caso di sottoclasse mista o di difficile interpretazione.

Le classi e sottoclassi previste riguardano i seminativi (semplici, arborati, colture ortoflorovivaistiche e risaie), le legnose agrarie (frutteti, vigneti, oliveti, pioppeti, castagneti da frutto), i prati (marcite, prati permanenti di pianura e pascoli), i boschi (latifoglie, conifere, misto), la vegetazione naturale (vegetazione palustre e delle torbiere, rupestre, dei detriti, dei greti, arbustiva e cespuglieti), le aree sterili (affioramenti rocciosi, aree estrattive, discariche, ambiti degradati e aree sabbiose, ghiaiose e spiagge), le aree idriche e quelle urbanizzate.

Il lavoro realizzato ha permesso di individuare la distribuzione e le superfici delle principali tipologie d'uso del territorio lombardo.

Per quanto riguarda la pianura, su una superficie rilevata pari a circa 13.700 kmq i seminativi occupano circa il 67% dei suoli disponibili, l'urbanizzato il 17%, le legnose agrarie il 4,3% ed i boschi il 5,9%.

Confrontando i dati con quelli relativi ai primi anni '80, si evidenzia il fenomeno, particolarmente diffuso nelle aree più densamente abitate, della sottrazione di suoli ad alta potenzialità produttiva a fini agricoli da parte degli insediamenti produttivi ed abitativi.

Al fine di aggiornare ed approfondire di dettaglio lo stato informativo dell'uso del suolo esistente, nell'estate del 2000 è stato formalizzato un accordo tra l'ERSAL e la D.G. Agricoltura della Regione Lombardia per la realizzazione di un progetto denominato Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali (DUSAF).

L'area interessata dal progetto si estende a tutto il territorio regionale (circa 23.700 kmq); la base informativa del progetto DUSAF evidenzia tutti i particolari rappresentabili alla scala 1:10.000.

I limiti, fotointerpretati utilizzando ortofoto digitali a colori, vengono digitalizzati ed organizzati in coperture (di tipo poligonale per quanto riguarda la carta della destinazione d'uso dei suoli e di tipo lineare per le polilinee che rappresentano le siepi e filari).

Le variazioni e le trasformazioni nell'uso del territorio

Il problema della rapida evoluzione nell'uso e nel consumo di suolo è legato alle dinamiche produttive e di impiego del territorio. E' necessario, pertanto, reperire nuove fonti informative che ne permettano l'aggiornamento.

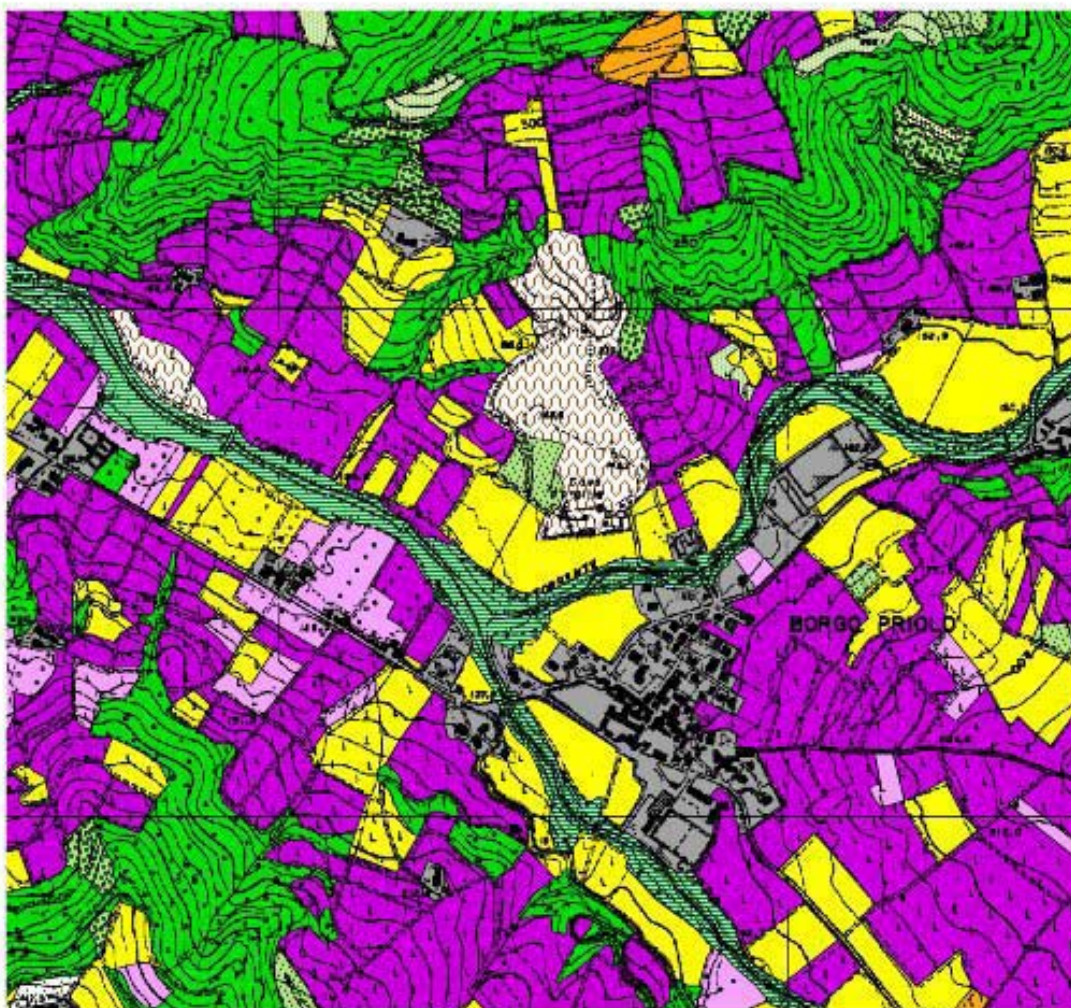
L'aggiornabilità diviene un parametro qualitativo dello strato informativo stesso, mentre la facilità d'aggiornamento riassume l'esigenza di poter disporre di strumenti che permettano di mantenere alto nel tempo lo standard qualitativo dell'informazione, con un consumo di risorse relativamente contenuto.

L'esigenza di tenere aggiornate le conoscenze

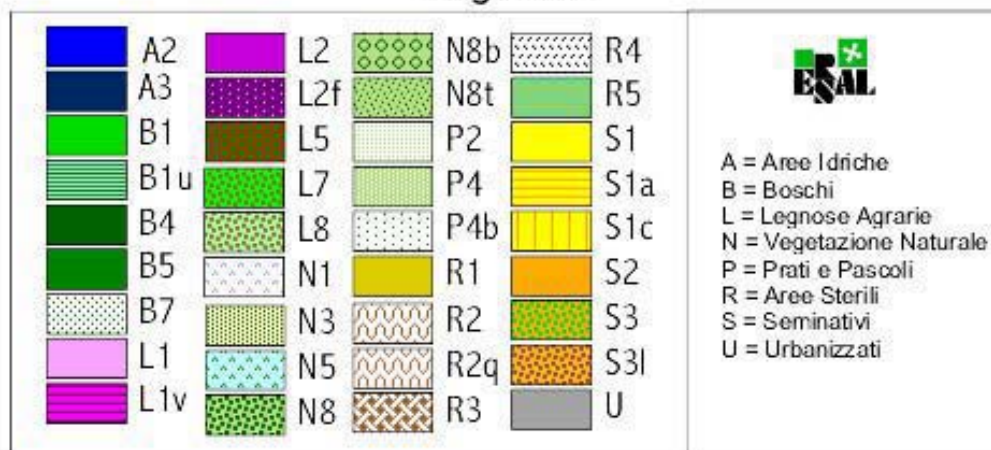
Per rispondere a questa necessità d'aggiornamento della base informativa e non potendo disporre di voli aerei annuali per tali attività, il telerilevamento da satellite potrebbe dimostrarsi uno strumento molto interessante, sia in termini tecnici che finanziari.

Questo risulta ancora più vero a partire dal 1999 con il lancio di un nuovo satellite con sensori ad alta risoluzione (Ikonos), che permetterà d'operare anche a grande scala (1:10.000) con buon grado di affidabilità e potrà dare un impulso significativo alla produzione di cartografia tematica.

All'interno dell'accordo per la realizzazione del progetto DUSAF, è stata inserita un'attività di sperimentazione, che ha per oggetto proprio l'utilizzo di queste immagini satellitari ad alta risoluzione, per realizzare una base informativa d'uso del suolo su due aree campione di circa 500 kmq. (Cfr. [Figura 19](#))



Legenda



Progetto DUSAF, esempio della carta d'uso del suolo in un'area dell'oltrepò pavese

Figura 19

3.3.2 Lo sfruttamento del suolo

L'utilizzo delle risorse pedologiche

Oltre a costituire una risorsa essenziale per l'agricoltura e gli usi silvo-pastorali, il suolo viene utilizzato anche come sorgente di materiali o come recettore di rifiuti, dando luogo ad una serie di attività di sfruttamento, connesse spesso ad interessi economicamente vantaggiosi, il cui danno potenziale viene controllato e regolato dalle normative nazionali e regionali al fine di garantire una corretta politica gestionale dell'ambiente. Le principali attività riguardano soprattutto le cave, le discariche di rifiuti, sia urbani che industriali o contaminanti, le bonifiche agricole, lo spandimento dei fanghi biologici così come il trattamento di questi e altri rifiuti di diversa natura.

La carta delle attività di sfruttamento del suolo (Cfr. [Figura 20](#))

Per rappresentare in modo organico e sistematico le informazioni riguardanti le varie attività di utilizzo del suolo, negli anni 1998-99 l'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia ha realizzato una carta dedicata allo sfruttamento del suolo, nell'ambito di una convenzione con la Giunta Regionale per l'allestimento di una serie di cartografie tematiche alla scala 1:25.000 relative al territorio di pianura e di collina.

L'organizzazione e la rappresentazione delle informazioni sono state elaborate sulla base dei dati esistenti presso gli uffici pubblici provinciali e regionali competenti in questi campi, facendo necessariamente riferimento alle normative vigenti nei differenti settori.

Secondo i dati desunti dai Piani Cave provinciali, il numero complessivo di aree destinate a cava nel solo territorio regionale di pianura ammonta a 351 siti, la cui superficie totale, comprendente sia le cave esistenti che quelle previste, corrisponde a circa 103 kmq.

Piuttosto diverso risulta invece lo stato effettivo di quest'attività confrontando i dati derivati dalla carta dell'uso del suolo, desunta da fotointerpretazione del volo regionale del 1994; secondo questo rilevamento, i siti utilizzati per attività estrattive sarebbero infatti più numerosi, arrivando al numero complessivo di 629, pur senza superare una superficie totale effettivamente cavata pari a circa 59 chilometri quadrati.

Le informazioni relative alle aree destinate a discarica di rifiuti, raccolte presso le amministrazioni provinciali, sono state organizzate in sintonia con le classificazioni indicate nella legge "Ronchi" (decreto legislativo n. 22/97), che distingue le discariche in base a quattro tipologie di rifiuti, relative ai rifiuti urbani pericolosi, non pericolosi, speciali pericolosi e speciali non pericolosi.

Le aree dei siti contaminati dalla presenza di rifiuti tossici rappresentate nella carta fanno riferimento al censimento regionale compiuto nel 1990, riguardante una serie di discariche non più in attività, aree industriali dismesse, aree destinate a stoccaggi o sversamenti di rifiuti, intenzionali o anche incidentali, superfici interessate da spagliamenti sul suolo, per un numero totale di 169 siti.

L'attività di sfruttamento extraagricolo più estesa sul territorio risulta comunque essere quella relativa allo spandimento dei fanghi: dai dati raccolti, nel triennio dal 1995 al 1997, sono stati autorizzati circa 1780 siti interessando una superficie complessiva di ben 165 chilometri quadrati.

L'incremento nel consumo di suolo

La competizione per l'uso della risorsa suolo è molto alta ed assume spesso forme preoccupanti nelle aree fortemente urbanizzate ed industrializzate, quali la pianura padana ed anche i principali fondovalle alpini e prealpini.

Le esigenze dello sviluppo sociale ed economico del territorio, d'altra parte, rendono inevitabile lo sfruttamento delle risorse pedologiche per l'estrazione di materiali da costruzione (in Lombardia, soprattutto ghiaia, sabbia, argilla, marmi, calcari e conglomerati cementati), per lo stoccaggio di rifiuti (urbani, industriali, speciali) o per il riciclaggio di sostanze di scarto (fanghi, acque reflue).

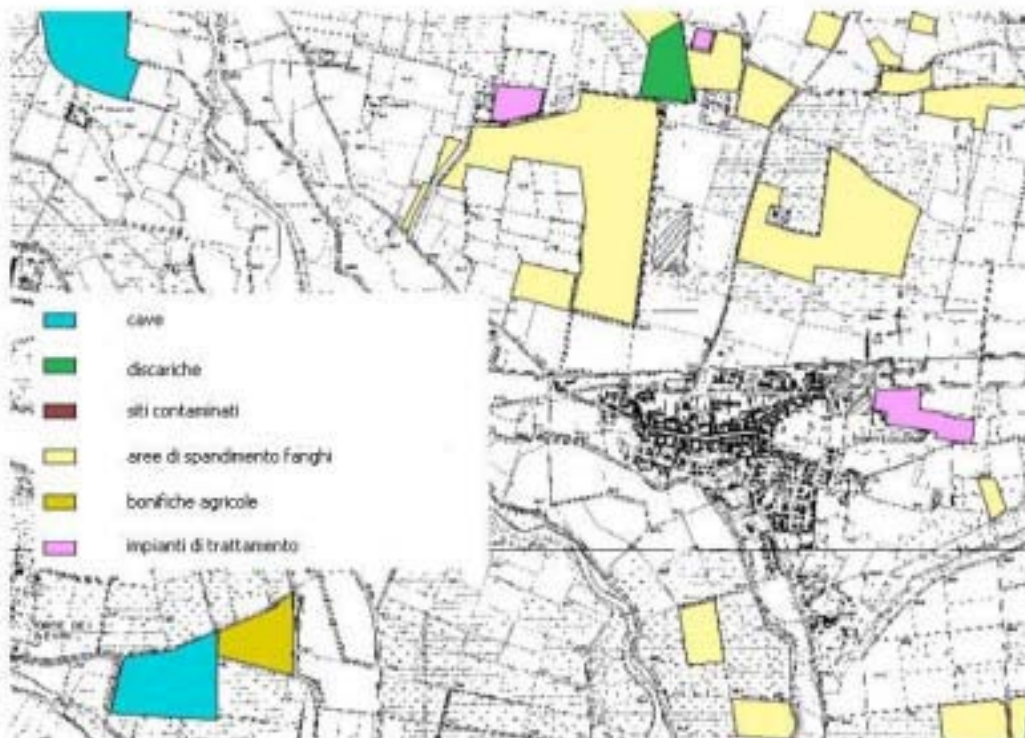
Il controllo delle risorse per uno sviluppo sostenibile

L'esigenza di proporzionare il sempre più incisivo sviluppo economico con la tutela dell'ambiente e delle risorse naturali trova una risposta nel quadro normativo, divenuto negli ultimi anni particolarmente attento e sensibile anche ai problemi del degrado e della conservazione dei suoli.

Per garantire l'efficacia di una politica di protezione ambientale è tuttavia necessario disporre di conoscenze il più possibile approfondite ed in continuo aggiornamento sia sul comportamento e sui rischi di degrado dei suoli in relazione alle attività di sfruttamento, sia sulla precisa localizzazione delle aree interessate e sulle tipologie degli interventi.

Assume quindi una specifica rilevanza strategica, proprio in relazione alle problematiche poste dalle esigenze di sfruttamento del suolo, l'attivazione di un osservatorio pedologico permanente, finalizzato al monitoraggio delle dinamiche di consumo e degrado della risorsa.

Carta delle attività di sfruttamento del suolo (Carte Ambientali della Pianura 1998-99)
Particolare relativo ad una parte del territorio pavese



Carta delle attività di sfruttamento del suolo (Carte Ambientali della Pianura 1998-99)
Dati sintetici

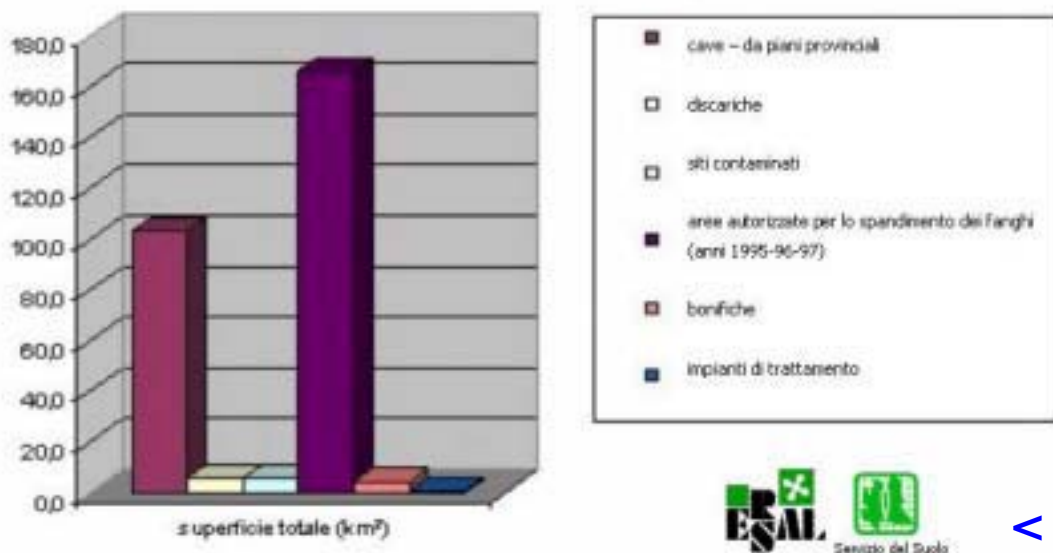


Figura 20

3.3.3 La fenologia

Lo sviluppo delle piante

La fenologia è la disciplina che studia le diverse fasi di sviluppo degli esseri viventi e, in agricoltura, delle colture e delle piante spontanee e ne ricerca le correlazioni con i fattori meteorologici.

Le piante, infatti, sono a tutti gli effetti dei sensori biologici in grado di reagire al tempo atmosferico modificando e adattando il proprio comportamento, tra cui l'epoca di comparsa delle diverse fasi fenologiche.

Ad esempio, la temperatura dell'aria influenza sensibilmente l'epoca di comparsa della fioritura nella vite: al disotto dei 5°C essa non può avvenire, mentre è "inibita" dal caldo oltre i 35°C ed ha un optimum di temperatura di 18-20 °C.

Ricordiamo ancora che, mentre la sequenza delle fasi di sviluppo di una pianta è predeterminata geneticamente, il loro ritmo di comparsa dipende dall'ambiente in cui essi vivono ed in particolare dai fattori meteorologici.

I rilievi fenologici

Presso il Servizio Agrometeorologico Regionale dell'ERSAL (SAR) è presente una rete di monitoraggio agrofenologico delle principali colture lombarde.

Per eseguire i rilievi fenologici vengono utilizzate scale standard di riferimento per la classificazione delle varie fasi che si succedono durante la crescita di una coltura.

Oltre alle fasi fenologiche, nel rilevamento vengono verificati altri importanti aspetti, quali le fitopatie e le agrotecniche adottate dall'agricoltore (lavorazioni, concimazioni, diserbi, trattamenti fitoiatrici ecc.).

Per la scelta dei punti di rilevamento fenologico, il territorio regionale è stato suddiviso in zone agrofenologicamente omogenee, sia sulla base delle caratteristiche pedologiche e climatiche, sia sulla base della omogeneità colturale.

Gestire le colture nel rispetto dell'ambiente

Molte sono le questioni ambientali correlate alla gestione del territorio, soprattutto agricolo, che si possono mettere in relazione con i rilievi fenologici e che possono permettere di ottimizzare i diversi fattori della produzione agricola:

- sviluppo di previsioni agrometeorologiche, incluse le stime di resa e il monitoraggio delle avversità di natura biotica e abiotica;
- produzione di bollettini e comunicati agrometeorologici per agricoltori e tecnici;
- supporto ad attività di ricerca e sperimentazione;
- determinazione delle esigenze delle diverse specie nei riguardi dei differenti fattori meteorologici;
- produzione di dati di base per la modellistica di produttività, bilancio idrico e dei nutrienti;
- ed ultimo, ma non meno importante, monitoraggio delle tecniche agricole.

Appare a questo punto chiaro che rilevare in modo regolare, tramite i rilievi fenologici, la realtà agricola di pieno campo può permetterci di conoscere in tempo reale anche un elevatissimo numero di informazioni accessorie legate alla situazione delle colture.

La rete di rilevamento agrofenologico in Lombardia (Cfr. [Figura 21](#))

La rete di rilevamento agrofenologico sul territorio lombardo è coordinata dal Servizio Agrometeorologico Regionale; al rilevamento sono attualmente interessate le province di Bergamo, Lodi, Mantova, Milano, Sondrio, e Brescia.

L'assetto organizzativo è strutturato su un livello centrale (Centro regionale presso ERSAL-SAR) e su uno periferico (Centri provinciali).

Il Centro regionale provvede:

1. Alla organizzazione, mantenimento e gestione della banca dati fenologica regionale; per quanto riguarda le colture erbacee sono seguite frumento, orzo, loiessa, mais, riso, soia, bietola, mentre, per le arboree, sono seguite vite, melo, pero, pesco, olivo;
2. Al coordinamento e alla supervisione dei rilevamenti, che sono attualmente eseguiti su circa 30 aziende, anche se per incrementare la rappresentatività della rete sarebbe auspicabile raggiungere almeno le 100 "aziende campione"; i rilevamenti vengono eseguiti settimanalmente da circa 20 tecnici di varie organizzazioni che collaborano al servizio.
3. Ad emettere bollettini agrometeorologici a cadenza settimanale e mensile con informazione sullo stato delle colture e sulla situazione meteorologica.
4. Ad eseguire studi agroclimatici sulle colture agrarie più diffuse nella regione, indagando, ad esempio, le relazioni tra l'andamento meteorologico e l'evolversi di malattie o lo svilupparsi di insetti.
5. Partecipare ad attività di ricerca, tra cui studi su modelli di produttività delle colture.

A livello periferico, i centri provinciali provvedono alla gestione operativa della rete di rilevamento attraverso tecnici di varie organizzazioni, alla archiviazione dei dati, alla emissione di Bollettini agrometeorologici provinciali e al trasferimento dei dati al Centro Regionale.



Servizio Agronomico Regionale

Banca Dati Rilevati Fenologici
Tabella riassuntiva
MNS - PRIMA EPOCA
 1990-1998

Fasi Fenologiche	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Media
Semina	05-mag	22-apr	22-apr	22-apr	12-apr	16-apr	13-apr	10-apr	14-apr	18-apr
Emergenza	21-mag	06-mag	05-mag	02-mag	01-mag	02-mag	27-apr	19-apr	21-apr	01-mag
Due foglie	25-mag	24-mag	09-mag	13-mag	08-mag	10-mag	07-mag	04-mag	06-mag	11-mag
Quattro foglie	01-giu	03-giu	21-mag	24-mag	15-mag	26-mag	18-mag	17-mag	15-mag	22-mag
Otto foglie	27-giù	18-giù	16-giù	10-giù	04-giù	16-giù	07-giù	02-giù	03-giù	10-giù
Dodici foglie	04-lug	05-lug	27-giù	25-giù		28-giù	21-giù	18-giù	18-giù	25-giù
Pennacchio	15-lug	18-lug	07-lug	05-lug	07-lug	10-lug	04-lug	02-lug	01-lug	07-lug
Sete	20-lug	24-lug	13-lug	18-lug	13-lug	18-lug	11-lug	12-lug	06-lug	14-lug
Maturazione arboriva	02-ago	31-lug	23-lug	20-lug	21-lug	27-lug	21-lug	21-lug	15-lug	20-lug
Maturazione latte	10-ago	10-ago	02-ago	31-lug	30-lug	04-ago	31-lug	31-lug	23-lug	01-ago
Maturazione tenera dura	01-set	03-set	24-ago	22-ago	17-ago	23-ago	24-ago	24-ago	16-ago	24-ago
Maturazione fibrosa	15-set	20-set	06-set	10-set	07-set	20-set	17-set	09-set	01-set	11-set
Raccolta	08-ott	14-ott	03-ott	26-set	15-set	23-set	05-ott	24-set	17-set	29-set

BARSABIEFOLA DA ZUCCHERO
 1992-1998

Fasi Fenologiche	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Media
Semina	28-feb	06-mar	09-mar	15-mar	06-mar	1-mar	23-feb	04-mar
Emergenza	24-mar	30-mar	27-mar	05-apr	01-apr	18-mar	20-mar	26-mar
Due foglie	09-apr	13-apr	08-apr	19-apr	14-apr	9-apr	01-apr	10-apr
Quattro foglie	16-apr	22-apr	17-apr	02-mag	21-apr	12-apr	04-apr	17-apr
Sei foglie	27-apr	30-apr	28-apr	09-mag	30-apr	21-apr	11-apr	26-apr
Otto foglie	04-mag	09-mag		18-mag	06-mag	1-mag	25-apr	05-mag
Dieci foglie	10-mag	12-mag	08-mag	26-mag	13-mag	11-mag	01-mag	11-mag
Quattordici foglie	18-mag	21-mag	20-mag	12-giù	25-mag	27-mag	13-mag	23-mag
Sedici foglie	26-mag	27-mag	29-mag	23-giù	07-giù	31-mag	26-mag	02-giù
Oltre sedici foglie	01-giù	01-giù	09-giù	05-lug	20-giù	11-giù	05-giù	11-giù
Raccolta	28-ago	03-set	31-ago	31-ago	09-set	13-set	02-set	03-set



Figura 21

3.3.4 I bilanci idrici

L'acqua nel suolo

Per bilancio idrico intendiamo lo strumento atto a valutare quelli che sono i flussi di acqua in entrata ed in uscita all'interno del "sistema agricolo", sia esso rappresentato dal semplice appezzamento agricolo o da una vasta porzione di territorio.

La stima del deficit o del surplus idrico a livello territoriale permette di prevenire o ridurre i danni legati a nubifragi, inondazioni o siccità mentre a livello aziendale permette di migliorare l'efficienza irrigua e conseguentemente le rese produttive.

La più semplice equazione che descrive il bilancio idrico prende in considerazione gli "apporti", irrigui I, precipitativi P, di falda AF e per infiltrazione laterale IL, e le "perdite", per ruscellamento R, drenaggio D, l'evapotraspirazione ET.

L'equazione teorica diventa quindi:

$$I+P+AF+IL-R-D-ET = DQ$$

ove DQ è la quantità di acqua immagazzinata nel suolo.

La stima del bilancio idrico (Cfr. [Figura 22](#))

Negli anni più recenti, le tecniche di bilancio idrico si sono notevolmente affinate e ci consentono oggi di stimare il contenuto idrico dei suoli agrari con un realismo adatto agli impieghi operativi legati alla programmazione dell'irrigazione.

Tuttavia tali tecniche sono di norma applicate soprattutto a livello di singolo campo, mentre scarso risulta ancora il numero di applicazioni a livello territoriale e a scala locale.

Principali limiti ad un tale approccio sono la scarsità degli strati informativi necessari per un approccio territoriale (campi di parametri meteorologici, informazioni sulle colture, dati sulle caratteristiche idrologiche dei suoli) nonché un limite tecnologico imposto dalle tecniche di spazializzazione.

Oggi però tali limiti risultano in gran parte superati grazie all'accresciuta disponibilità di basi di dati agro-climatiche e pedologiche ed all'avanzamento nelle tecniche operative per il trattamento geostatistico dei parametri fisici e biologici.

In ragione di quanto sopra presso l'ERSAL è stata sviluppata un'originale metodologia che consente di redigere bilanci idrici territoriali arrivando a fornire indicazioni di sintesi sui consumi idrici delle principali colture in Lombardia.

I principali parametri presi in considerazione sono:

- serie storiche di dati meteorologici mensili disponibili presso l'ERSAL-SAR;
- precipitazioni e temperature annue e semestrali elaborate geostatisticamente;
- mais, soia, bietola, girasole e pomodoro come colture di riferimento su cui calcolare evapotraspirazione potenziale, profondità dello strato interessato dagli apporti irrigui e coefficienti colturali per il calcolo della evapotraspirazione reale

Dai precedenti bilanci è stato possibile determinare il numero di irrigazioni per coltura, i possibili deficit idrici, i consumi idrici delle principali colture e le esigenze irrigue oltre al numero medio annuo di irrigazioni teorico necessario per ciascuna coltura.

Un uso più razionale dell'acqua

L'impatto sull'ambiente e sul territorio dei consumi irrigui dipende in gran parte dall'errata abitudine di considerare la risorsa come infinita, sempre disponibile e di scarso impatto ambientale.

La metodologia descritta, che ha nella semplicità dell'approccio uno dei suoi maggiori meriti, può tuttavia dare un contributo concreto per un uso più razionale della risorsa; l'impiego di algoritmi relativamente semplici consente, infatti, di estendere la stima del fabbisogno irriguo all'intero territorio regionale interessato dai consorzi di bonifica.

In questo modo è inoltre possibile elaborare scenari diversi, corrispondenti a condizioni "medie" o riferite, invece, ad un anno "secco" o ad un anno "piovoso".

Breve è, a questo punto, il passo per arrivare ad una stima dei consumi idrici sulla base della distribuzione reale delle colture; tale obiettivo è infatti limitato unicamente dalla disponibilità di inventari aggiornati in tempo reale delle colture, ottenibili con l'ausilio di tecniche di remote sensing.

Le applicazioni future

In prospettiva le applicazioni dei modelli di simulazione dei bilanci idrici si dovranno indirizzare verso stime di fabbisogno irriguo in tempo reale.

Una tale applicazione, attualmente ipotizzabile con step temporali settimanali con il modello ERSAL-SAR, si baserebbe sulla disponibilità di dati di precipitazione ed evapotraspirazione delle stazioni che compongono la rete agrometeorologica, nonché di dati fenologici derivati dalla rete agrofienologica del servizio.

I risultati ottenuti rappresenterebbero una applicazione agrometeorologica in linea con le esigenze di una gestione oculata della risorsa acqua che il nostro ruolo di regione europea avanzata ci impone.



MAIS - Numero irrigazioni (anno medio)

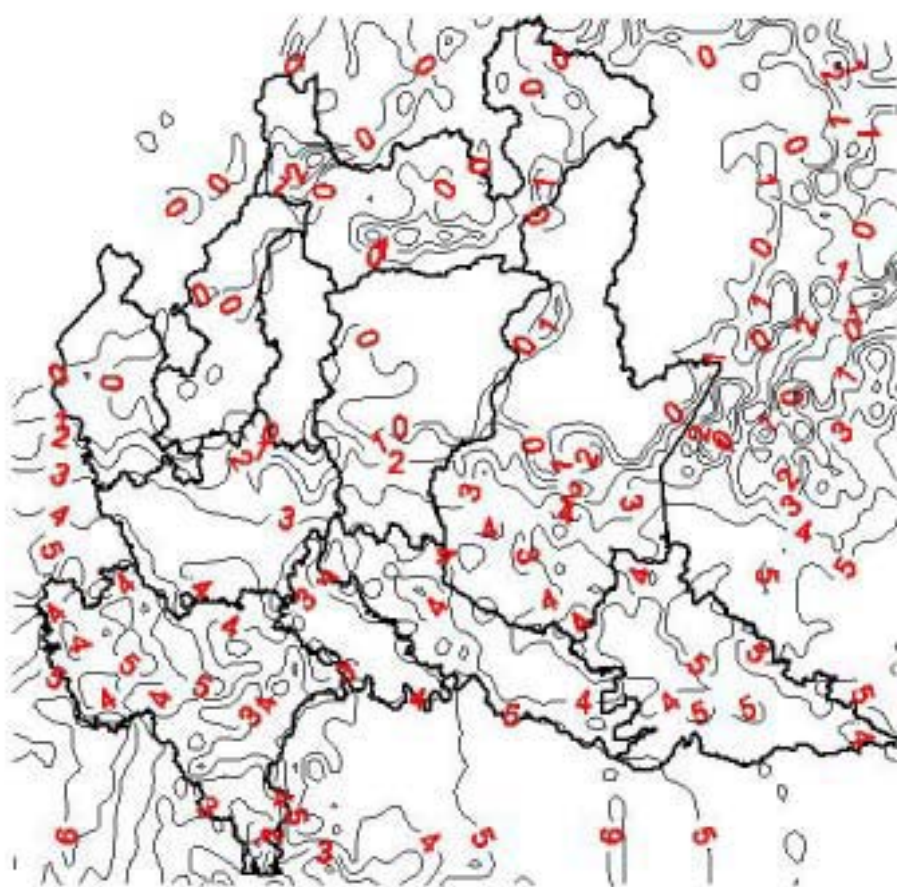


Figura 22

3.3.5 La bonifica e l'irrigazione

Eccessi idrici e fabbisogni irrigui

L'abbondanza di acqua che caratterizza la Lombardia diventa una risorsa nel momento in cui vengono soddisfatte due esigenze primarie fondamentali: da un lato l'allontanamento delle acque per garantire la sicurezza idraulica del territorio, la cosiddetta bonifica, dall'altro l'apporto con l'irrigazione di acqua sui campi coltivati nei periodi richiesti dalle colture.

A queste attività provvedono su base comprensoriale, così come previsto dalla normativa regionale in materia (l.r. n.59/84), 19 consorzi di bonifica, enti privati di diritto pubblico che gestiscono il territorio di pianura della regione classificato di bonifica (1.260.000 ettari, 53% dell'intera Lombardia), affiancati localmente da alcuni consorzi di miglioramento fondiario e associazioni irrigue.

La gestione della "bonifica" e dell'irrigazione

Le attività di bonifica consistono principalmente nel mantenimento e nell'adeguamento delle opere di difesa lungo i principali corsi d'acqua e nella gestione della rete di canali e relativi manufatti che convogliano, sfruttando la gravità, le acque in esubero nei corsi d'acqua recettori finali; a questo si aggiunga l'esistenza di circa 1.380 chilometri quadrati della bassa pianura, lungo i fiumi Po, Adda, Oglio e Mincio, che, a causa delle basse quote dei terreni, sono mantenuti asciutti grazie al funzionamento di 23 impianti idrovori, i quali mediamente sollevano circa 120 milioni di metri cubi di acqua all'anno.

Nella pianura lombarda l'irrigazione si attua su circa 721.000 ettari (l'87% della superficie agricola utilizzata) e interessa 52.354 aziende (il 68% del totale, ma anche le più efficienti).

Rivolta in prevalenza al mais, al riso, alla soia, alle colture foraggere e all'ortoflorovivaismo, essa garantisce quantità, qualità e elasticità delle produzioni agricole, costituendo elemento imprescindibile per la competitività dell'agricoltura lombarda.

La gran parte dei terreni (71%) sono irrigati con la tradizionale tecnica dello scorrimento, diffusa soprattutto nei comprensori irrigui della pianura centro-occidentale, ma, in alcune aree del mantovano e nelle zone di più recente irrigazione, consistente è anche la pratica dell'aspersione (18% delle aree irrigue); la coltura del riso prevede invece la sommersione (11%).

La fonte prevalente dell'acqua irrigua è rappresentata dai principali fiumi, integrata dalla quota resa disponibile grazie al sistema della regolazione dei grandi laghi prealpini, effettuata con lo scopo di consentire l'accumulo della risorsa nei laghi nei periodi di afflussi abbondanti (autunno e primavera) e il rilascio durante il periodo irriguo. Alle acque superficiali si aggiungono le dotazioni provenienti dai fontanili e dai prelievi da pozzo.

Il sistema della bonifica e dell'irrigazione è nel suo complesso costituito da un insieme di manufatti idraulici e da una fitta rete di canali, che si stima intorno ai 40.000 chilometri, i quali oltre a svolgere una funzione idraulica, a servizio della collettività, e produttiva, a servizio dell'agricoltura, caratterizzano il paesaggio della pianura lombarda e costituiscono occasioni di utilizzo ricreativo e turistico.

La competizione per l'uso delle risorse idriche

Il sistema è oggi minacciato da innumerevoli fattori, primo fra tutti la carenza, in termini sia quantitativi, sia qualitativi, della risorsa acqua, da cui deriva una forte competitività per il suo uso tra i diversi settori (civile, agricolo, turistico, idroelettrico, ambientale).

Il sistema irriguo è spesso messo in discussione, soprattutto per quanto attiene i consumi idrici, apparentemente alti soprattutto nel caso della pratica dello scorrimento, anche se modifiche delle tecniche irrigue andrebbero opportunamente valutate per le conseguenze che potrebbero apportare sulla ricarica della falda e sull'alterazione dell'equilibrio idraulico-territoriale consolidatosi nel tempo.

Elevate sono poi le esigenze di mantenimento delle reti in efficienza, nonché i costi dell'acqua irrigua sempre più difficili da sostenere per le imprese agricole.

Lo sviluppo territoriale, inteso sia come aumento delle urbanizzazioni, sia come semplificazione del paesaggio rurale e la scomparsa dei fossi, determina, d'altro canto, la necessità di procedere a onerosi potenziamenti delle reti di bonifica non più in grado di far fronte a tempi di corrivazione ridotti e a quantità molto superiori di acque da smaltire.

I programmi della Regione

Per tenere conto di questa situazione complessa e in divenire, la Direzione Generale Agricoltura ha avviato un processo di programmazione degli interventi di bonifica e irrigazione che ha portato all'approvazione dei programmi comprensoriali di bonifica e alla realizzazione del Sistema Informativo per la Bonifica, l'Irrigazione e il Territorio Rurale (S.I.B.I.Te.R.) e che a breve si completerà con la redazione del programma regionale di bonifica (Cfr. [Figura 23](#)).

Riferimenti bibliografici

- €# Aa.Vv., *Terre Lombarde: studi per un ecoprogramma in aree bergamasche e bresciane*, Giuffrè Editore, 2000
- €# Avery B.W., *Soils of the British Isles*, CAB Int., 1990
- €# Brenna S., Rasio R., *Contributi per la protezione del suolo*, 1997
- €# Eرسال, *Carta dei pedopaesaggi della Lombardia*, 2001
- €# Eرسال, *SuSAP: Manuale metodologico – progetto LIFE_Ambiente*, 2000
- €# Ministero dell'Ambiente, *Relazione sullo Stato dell'Ambiente*, 2001
- €# Rasio R., *I suoli*, Cappelli Ed., Bologna, 2001
- €# Regione Lombardia – Territorio e Urbanistica, *Sistema Informativo Territoriale – Repertorio Cartografico e Banche dati Territoriali*, 2001
- €# Sequi P., *Chimica del Suolo*, Patron Editore, 1989
- €# Soil Survey Division Staff, *Soil Survey Manual*, USDA, 1993.

Siti web

- €# <http://www.ersal.lombardia.it> : sito dell'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia, con pagine dedicate al Servizio del Suolo e al Servizio Agrometeorologico regionali.
- €# <http://www.sinanet.anpa.it> : sito dell'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente.
- €# http://www.arpa.piemonte.it/ctn/CTN_HOME.htm : sito del Centro Tematico Nazionale "Suoli e Siti contaminati" del sistema ANPA-ARPA regionali.
- €# <http://www.nrcs.usda.gov> : sito del National Resources Conservation Service dell'USDA.
- €# <http://www.issds.it> : sito dell'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo.
- €# <http://www.isnp.it> : sito dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante.
- €# <http://www.siss.isnp.it> : sito della Società Italiana della Scienza del Suolo.
- €# <http://www.aip-suoli.it> : sito dell'Associazione Italiana Pedologi.

- €# <http://www.echo.org/en/construire/themes/sustain.htm> : sito della "Soil Campaign" (campagna internazionale di sensibilizzazione sull'importanza del suolo).
- €# <http://www.isric.nl> : sito dell'International Soil Reference and Information Centre.

I Comprensori di Bonifica

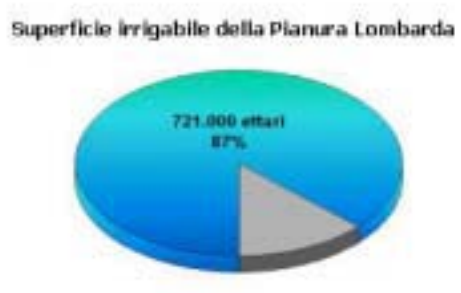
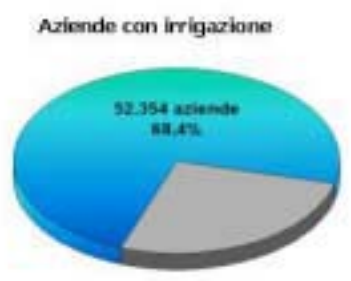
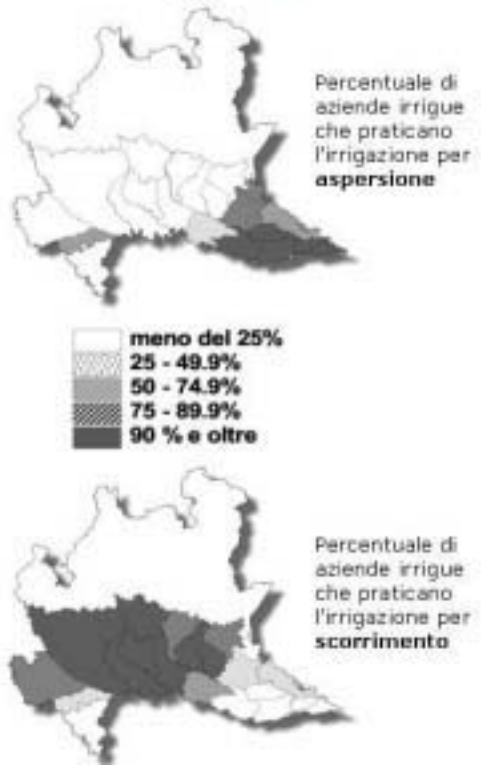


Figura 23

Riconoscimenti agli autori del capitolo " I fattori pedologici nella conoscenza e nell'utilizzazione dei suoli" , curato dall'Ersal (Ente Regionale per lo Sviluppo Agricolo della Lombardia)

Testi e coordinamento scientifico-editoriale: Stefano Brenna¹

Contributi specifici a cura di: Romano Rasio¹ (par. 3.1.1 e Approfondimenti par. 3.2.2), Roberta Madoi¹ (par. 3.1.4 e 3.3.2), Carlo Riparbelli¹ (*L'interazione fra suoli e pesticidi* - par 3.1.3), Dante Fasolini¹ (par. 3.3.1), Lorenzo Craveri¹ (par. 3.3.3 e 3.3.4), Gianpaolo Bertoncini² (*I nutrienti* – par. 3.2.1), Ettore Capri³ (*I metalli pesanti* – par. 3.2.1), Vincenzo Angileri² (par. 3.3.5).

Le figure sono state realizzate con la collaborazione di Morena De Paoli¹ e Alberto Rocca¹.

Le rappresentazioni cartografiche relative ai suoli sono derivate dalla base informativa pedologica alla scala 1:250.000 della Lombardia – Versione2, realizzata dall'Ersal nel periodo 1997-99, giovandosi di una prima sintesi e schematizzazione dei lavori effettuati alla scala 1:50.000.

Cartografie e tabelle relative ai paragrafi 3.3.1 e 3.3.2 sono state tratte, rispettivamente, dai progetti DUSAF e "Basi informative ambientali di pianura" realizzati dall'Ersal; quelle relative ai paragrafi 3.3.3 e 3.3.4 sono state fornite dal Servizio Agrometeorologico dell'Ersal, quelle relative a "*I nutrienti*" (Approf. IV. par. 3.2.1) e a "*I metalli pesanti*" (Approf. V. Par 3.2.1) dai rispettivi autori.

¹ Ersal – Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia

² DG Agricoltura, Regione Lombardia

³ Università Cattolica del Sacro Cuore, Facoltà di Agraria