

5 SUOLO

(A cura di Renzo Barberis, Gianluca Alessio, Gabriele Fabietti, Federico Regis, Carlo Roagna – ARPA Piemonte, Area Ricerca e Studi)

Tra le molte definizioni di suolo, si vuole qui ricordare quella richiamata nell'importante e recente documento congiunto dell'Agenzia Ambientale Europea e dell'UNEP sui suoli europei.

Il suolo è un corpo tridimensionale correlato ad un ampio numero di funzioni socio-economiche e ecologiche. È un mezzo complesso formato da una matrice porosa, nel quale l'aria, l'acqua e gli organismi viventi convivono assieme ai flussi di sostanze e di fluidi che attraversano la matrice stessa. L'alterazione dei processi del suolo comporta dei cambiamenti nel funzionamento dell'ecosistema, e molti problemi ambientali nati apparentemente in altre matrici sono in realtà originati dal suolo (EEA-UNEP 2000).

Tale definizione mette in risalto sia il carattere multifunzionale del suolo, sia il suo ruolo di matrice ambientale in grado di condizionare in modo sensibile il funzionamento dell'ecosistema grazie alle evidenti interazioni con l'acqua, l'aria e gli organismi viventi.

Lo stesso documento sopra citato sintetizza le prin-

cipali caratteristiche del suolo nel seguente modo:

1. Il suolo è un mezzo multifunzionale, con funzioni ecologiche e socio-economiche
2. Il suolo non è rinnovabile
3. La resilienza del suolo è forse il suo peggior nemico
4. C'è competizione tra i diversi usi del suolo (produzione di cibo, spazio vitale, supporto alle infrastrutture ed alla produzione industriale) dovuto alla concentrazione di molte attività in poco spazio
5. Esiste un chiaro collegamento tra cambiamenti climatici, sviluppo sostenibile, qualità ambientale e degradazione del suolo
6. Richiede un approccio integrato a livello amministrativo, settoriale e geografico (urbano, rurale, montano, costiero...)
7. Risolvere i problemi del suolo significa risolvere molti altri problemi

Una pianificazione territoriale che includa come obiettivi, tra gli altri, la preservazione della multifunzionalità del suolo e quindi della qualità del suolo per numerose funzioni, quali la produzione di biomassa, l'accrescimento della capacità di fissare il carbonio, il mantenimento delle capacità di filtro e tampone, la minimizzazione dell'impermeabilizzazione e della deposizione di sostanze tossiche, è la chiave per raggiungere un uso sostenibile del suolo e del territorio e, in ultima analisi, per uno sviluppo sostenibile complessivo. (Blum, 1998)



I maggiori problemi evidenziati per i suoli europei, sicuramente per buona parte comuni ai suoli italiani e piemontesi, sono:

- Perdita di suolo per impermeabilizzazione (*sealing*)
- Erosione da acqua e da vento
- Stabilità dei versanti
- Contaminazione diffusa
- Contaminazione puntuale
- Acidificazione
- Degradazione fisica dei suoli
- Carenza di dati

È su questi problemi che si deve concentrare l'attenzione del sistema conoscitivo, per definire e popolare un insieme di indicatori che permetta di seguire l'evoluzione della qualità del suolo nel tempo, fornendo il

supporto indispensabile ai decisori politici per poter prevenire le forme di degrado più gravi ed irreversibili. Questa esigenza si scontra con una diffusa carenza di dati, da intendere non come mancanza assoluta di informazioni o di conoscenze scientifiche sui suoli, ma piuttosto come carenza di informazioni uniformi, diffuse, georeferenziate e validate; in altre parole, si evidenzia la mancanza di una rete di monitoraggio dei suoli, tanto a livello nazionale, quanto a livello regionale.

Le informazioni che si trovano in questo capitolo risentono perciò chiaramente di questa situazione e vanno comunque lette in stretto collegamento con i dati dei capitoli sull'agricoltura e sui siti inquinati, ove sono riportati diversi indicatori riferiti al suolo.

Indicatore / Indice	DPSIR	Unità di misura	Livello di dettaglio territoriale	Anni di riferimento	Disponibilità dei dati	Andamento
Uso del suolo	D			1993	☺	-
Metalli pesanti nel suolo	S	mg/kg	Provinciale	1999-2000	☺	-
Rischio di erosione	S		Regionale	1999	☹	-
Stima della compattazione	I	n° macch./ha; q/ha	Provinciale	1982-1990	☺	↗
Urbanizzazione e infrastrutture	D	km ²	Provinciale	1993-1999	☺	-
Superficie percorsa da incendi	I	km ²	Provinciale	1957-2000	☺	↗

5.1 USO E QUALITÀ DEL SUOLO

L'uso del suolo descrive la variazione quantitativa dei vari tipi di aree individuate come omogenee al loro interno (agricole, urbane, industriali, corpi idrici, infrastrutture, ricreative, naturalistiche, ecc...), alla scala di indagine e alla metodologia utilizzata. È l'unico indicatore che visualizza l'entità e l'estensione delle principali attività antropiche presenti sul territorio ed è in grado di individuare i cambiamenti nell'uso del suolo in agricoltura.

A seconda del tipo di area di interesse le variazioni di uso del suolo possono dimostrare, ad esempio, tendenze temporali dell'economia dedotte dal cambio nelle tipologie di coltivazioni, oppure estensione dell'industrializzazione o delle aree destinate alle infrastrutture, ecc.

Per la costruzione dell'indicatore, rappresentato in **figura 5.1**, sono stati utilizzati i dati del progetto "CORINE Land Cover", che utilizza una copertura di foto satellitari a livello nazionale con scala 1:100.000 e con una sensibilità di 25 ha. Tale ricerca è stata condotta in Italia a livello regionale attraverso due sottoprogetti: Work area 1 per l'Italia del

sud, realizzato dal Consorzio ITA con dati del 1989-1990 e Work area 2 per l'Italia del nord, Sardegna e Sicilia, realizzato dal Centro Interregionale di Roma con dati rilevati nell'intervallo 1990-1993. La pubblicazione finale del progetto risale al dicembre 1996.

Un limite da considerare nella rappresentazione dell'indicatore è la tecnica di rilevamento utilizzata per la redazione della carta Corine: la rilevazione satellitare può determinare una approssimazione (dettaglio di 25 ettari) di cui tenere conto nel commento dei risultati.

Non esistono al momento serie storiche che permettano la costruzione di un *trend*. La seconda versione del progetto Corine Land Cover è attualmente in progetto e la sua ultimazione è prevista per i prossimi anni.

Il maggiore ostacolo alla costruzione degli indicatori identificati per rappresentare la qualità dei suoli è insita nella difficoltà di gestione dei dati pedologici. Molti degli indicatori che rappresentano la qualità del suolo sono infatti degli indicatori di stato, che



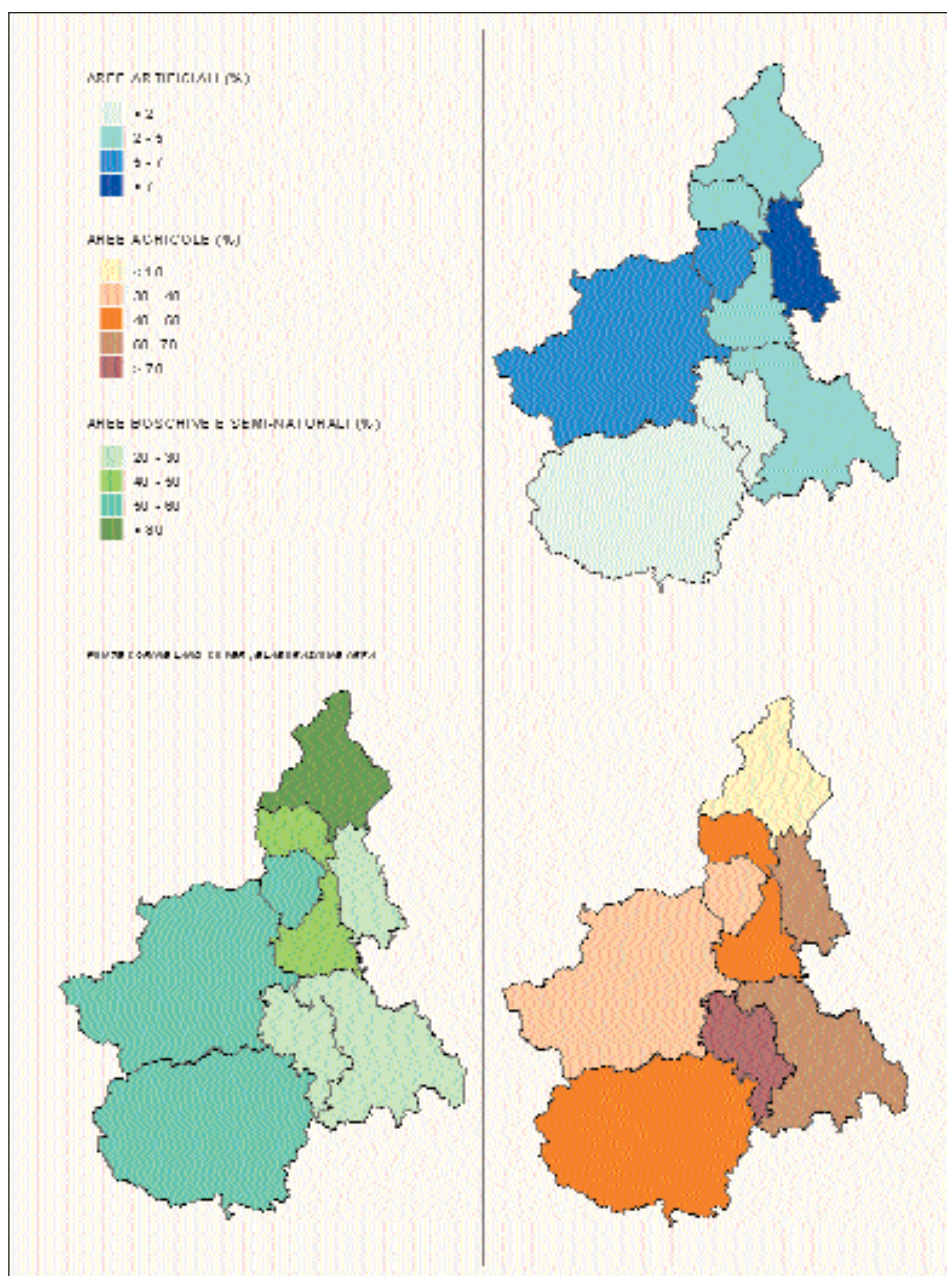
descrivono le principali caratteristiche chimico fisiche e pedologiche del suolo: pH, sostanza organica, capacità di scambio cationica, tessitura, fosforo e potassio scambiabile.

La maggior parte di questi dati sui suoli attualmente esistenti è stata raccolta, a livello nazionale e regionale, nell'ambito di indagini pedologiche e non per il monitoraggio della qualità dei suoli. Per questo motivo i gestori dei dati ritengono poco corretto il loro utilizzo per altri scopi che non siano quelli per cui sono stati raccolti, con il rischio di arrivare a conclusioni errate, non rispondenti al vero.

Suggeriscono, quindi, l'utilizzo non dei dati elementari ma di dati rielaborati a partire da questi.

Finora non c'è mai stata una richiesta organica per la creazione di banche dati sui suoli di livello nazionale o regionale, ed è solo nell'ambito della carta dei suoli d'Italia in scala 1:250.000 che il problema è stato posto; in Piemonte tale progetto è in fase di avvio e permetterà sicuramente di riordinare le informazioni esistenti sulla qualità dei suoli rendendole disponibili anche per valutazioni in campo ambientale.

Figura 5.1 – Uso del suolo rispetto alle superfici provinciali



Fonte: Elaborazioni ARPA su dati Corine Land Cover 1996



BOX 1: ELEMENTI DI PROGETTAZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO NAZIONALE

(A cura del Centro Tematico Nazionale Suolo e Siti Contaminati (CTN SSC))

Introduzione

I Centri Tematici Nazionali (CTN) rappresentano il principale strumento di supporto operativo all'ANPA per l'espletamento di quelle attività di pertinenza nazionale e di coordinamento generale delle attività di alimentazione della base conoscitiva.

Nell'ambito di un sistema informativo distribuito a rete, come si caratterizza il SINANet assume grande importanza la definizione di regole condivise per la realizzazione ed il funzionamento del sistema a tutti i livelli territoriali. Proprio per questo il compito principale dei CTN è il supporto all'ANPA nella definizione delle regole, che si esplicita nella definizione dei dati ritenuti indispensabili per la conoscenza delle matrici ambientali, nella verifica del funzionamento del sistema di acquisizione e trasmissione di questi dati dal livello locale a quello centrale, nel supporto all'ANPA nella produzione di *reporting* ambientale integrato e tematico.

Le attività del CTN SSC hanno evidenziato come uno dei principali problemi della matrice suolo sia la carenza di una rete di monitoraggio; per questo assume grande importanza la definizione degli elementi di progettazione di una rete nazionale che permetta, in un futuro prossimo, di ricavare con continuità e periodicità dati validati ed affidabili sulla qualità ambientale del suolo.

La presenza di una rete nazionale di monitoraggio per il suolo, che privilegia la dimensione temporale a quella spaziale, con l'obiettivo di misurare le evoluzioni a lungo termine dei suoli, permetterebbe di ricavare con continuità e periodicità i dati necessari al monitoraggio dei principali parametri di qualità del suolo e quindi la misurazione e/o previsione dei principali fenomeni di degrado.

La progettazione di tale struttura è dunque una necessità impellente, anche in risposta alle richieste provenienti dall'Agenzia Europea per l'Ambiente.

Per rete di monitoraggio dei suoli si intende un insieme di siti/aree nei quali sono documentati cambiamenti delle caratteristiche del suolo attraverso analisi periodiche, effettuate con metodologie comuni, di un set di parametri appositamente scelti.

La situazione del monitoraggio in Italia per quanto riguarda il suolo è ancora piuttosto frammentaria e riguarda poche realtà regionali e locali. Per potersi mettere al passo

con gli altri paesi europei è necessario un notevole sforzo finanziario e gestionale tramite la collaborazione delle Amministrazioni centrali, regionali, e locali e le Istituzioni di ricerca.

I principali obiettivi da raggiungere con la realizzazione della rete italiana di monitoraggio dei suoli, possono essere riassunti nei seguenti punti:

- La determinazione delle attuali caratteristiche e proprietà dei suoli monitorati;
- Il monitoraggio nel tempo (breve e lungo periodo) e nello spazio dei cambiamenti delle caratteristiche e proprietà del suolo, come conseguenza della presenza di forme di degrado ed inquinamento;
- La valutazione della sensibilità a tali mutamenti;
- La previsione delle evoluzioni future;
- Lo sviluppo e la validazione di modelli calibrati sui siti della rete;
- La diffusione dei risultati ottenuti per indirizzare:
 - scelte rivolte ad un uso sostenibile del suolo; politiche di intervento direttamente o indirettamente collegate al degrado e alla contaminazione del suolo; valutazione della efficacia delle azioni di conservazione e protezione del suolo;
 - valutazione dello stato dell'ambiente in generale.

I principali elementi da definire per l'avviamento ed il corretto funzionamento nelle prime fasi di sperimentazione della rete di monitoraggio, sono:

- Principali forme di degrado del suolo da monitorare ;
- Scelta degli indicatori in grado di rappresentare al meglio le forme di degrado;
- Criteri di scelta, numero e strutturazione dei siti da monitorare;
- Principali parametri ed indicatori da analizzare;
- Frequenza delle campagne di monitoraggio;
- Criteri di spazializzazione dei dati;
- Modalità di gestione della rete nel tempo;
- Ecc..

Parametri ed indicatori

La funzione principale della rete di monitoraggio è la misurazione dei parametri che serviranno per il calcolo degli indicatori. È necessario dunque definire in anticipo quali sono i parametri che meglio descrivono lo stato del suolo e i cambiamenti che i loro valori subiscono nel tempo, in funzione delle pressioni.

I parametri, sulla base delle indicazioni provenienti dalla Unione Europea, sono distinti in due livelli:

- Livello 1: parametri insensibili e moderatamente sensibili. I primi sono quei parametri da determinare all'inizio



del periodo di osservazione e che non subiscono modificazioni significative per un gran numero di anni (*qualità intrinseche*), mentre i secondi subiscono modificazioni più rapide e devono essere monitorati con cadenza triennale o ogni 6-7 anni.

- Livello 2: parametri sensibili (*qualità dinamiche*).

Sono quelli invece che devono dar conto delle modificazioni indotte dall'azione dei fattori di rischio. Il monitoraggio in questo caso deve essere deciso in base alla dinamica del fenomeno e a considerazioni relative alla velocità con cui questo influenza le modificazioni del parametro considerato.

Inoltre i parametri vanno ulteriormente suddivisi in base alla loro rilevanza:

- Parametri fondamentali: che devono essere monitorati in tutti i siti, indipendentemente dal tipo di degrado specifico preso in considerazione, in quanto necessari per una caratterizzazione generica del suolo e per descrivere la capacità di questo ad interagire con gli elementi che in esso sono contenuti o vengono distribuiti. Inoltre tali siti dovranno essere analizzati simultaneamente per i siti chiave nazionali, per garantire la compatibilità dei risultati.

- Parametri specifici: parametri da monitorare nei siti regionali per particolari esigenze regionali o locali.

- Parametri non di sito: sono quei parametri che non si ricavano dalla rete di monitoraggio direttamente ma provengono da statistiche, da censimenti, da telerilevamento, ecc..

I parametri ritenuti fondamentali per il monitoraggio e la successiva interpretazione delle tematiche di degrado individuate, sono stati classificati in base al loro livello di sensibilità, alla rilevanza e alla tematica alla quale possono essere attribuite.

Alla valutazione dello stato del suolo si perviene attraverso i seguenti passaggi:

- identificazione degli indicatori rilevanti e delle priorità;

- calcolo degli indicatori attraverso i dati monitorati o stimati;

- validazione dei risultati raggiunti;

- comparazione con i valori obiettivo, con i valori soglia e con quelli di riferimento (se questi esistono).

Gli indicatori ci danno la possibilità di misurare, stimare, prevedere o simulare le forze che determinano pressioni sul suolo e l'entità delle pressioni stesse, lo stato del suolo e le sue modificazioni e, infine, gli impatti sul suolo e sulle altre matrici ambientali. La conoscenza di questi fattori consente di fornire indicazioni relative alle scelte di politica e di tecnica produttiva che salvaguardino la risorsa suolo.

Gli indicatori scelti per la rete di monitoraggio da atti-

vare in Italia, prevalentemente classificabili come indicatori di stato secondo lo schema DPSIR, sono stati ulteriormente suddivisi secondo le diverse tematiche individuate:

- degradazione chimica dei suoli;

- alterazione dei parametri chimici fondamentali;

- inquinamento diffuso di tipo inorganico (es. metalli pesanti);

- inquinamento diffuso di tipo organico (PCB, IPA ed altre sostanze derivanti dall'inquinamento diffuso);

- degradazione fisica dei suoli (es. erosione idrica, compattamento);

- degradazione biologica dei suoli (es. perdita di biodiversità).

Scelta e classificazione dei siti

La rete di monitoraggio dei suoli dovrà avere uno sviluppo graduale e, solo dopo la messa a punto e la validazione della metodologia utilizzata, dovrà essere diffusa capillarmente su tutto il territorio nazionale in funzione delle diverse esigenze locali.

La scelta dei siti attraverso criteri di rappresentatività è stata valutata più adatta per la prima fase di attuazione della rete di monitoraggio, in quanto presenta vantaggi quali ad esempio la riduzione del numero di siti di monitoraggio da attivare, la caratterizzazione esaustiva di situazioni considerate rappresentative a priori, la possibilità di monitorare situazioni locali poco estese ma significative dal punto di vista economico ed ambientale e costi non elevati.

In una prima fase quindi la rete sarà composta da un numero limitato di aree specifiche scelte in modo da rappresentare al meglio le diverse forme di degrado, di uso del territorio e le differenti tipologie di suolo.

Queste aree, in accordo con le indicazioni fornite dal documento dell'ETC *on soil*, sono definite Siti chiave nazionali e verranno utilizzate come riferimento di base per il coordinamento del monitoraggio nazionale e per la validazione delle metodologie di monitoraggio e di analisi dei dati.

I siti chiave nazionali avranno la funzione di rappresentare, con riferimento alle tipologie di suolo maggiormente rappresentative della situazione italiana, le principali forme di degrado individuabili sul territorio italiano quali ad esempio:

- evoluzione della sostanza organica e dell'attività biologica;

- evoluzione delle proprietà fisiche e compattazione;

- fenomeni di ruscellamento e di erosione;

- movimenti di sostanze inquinanti organiche, degradazione dei pesticidi;



- movimento verso gli acquiferi di nitrati;
- dinamica dei metalli pesanti;
- inquinamento atmosferico in prossimità di zone urbane e/o industriali;
- ecc..

Ad integrazione dei siti chiave nazionale, dovranno essere poi individuati altri siti, classificabili, sempre in accordo con il documento dell'ETC *on soil*, come segue:

- Siti di riferimento: utilizzati per il monitoraggio generale, divisi in gruppi e sottogruppi in base alle tematiche di degrado che rappresentano, individuati gradualmente in base al modello offerto dai siti chiave nazionali e da criteri analoghi a quelli descritti sopra.

- Siti specialistici: siti addizionali usati per monitorare situazioni di interesse locale o regionale, individuati per particolari esigenze ad esempio di emergenze ambientali, fenomeni erosivi particolarmente intensi, oppure forme di degrado difficilmente studiabili a larga scala.

Solo in seguito alla realizzazione di una struttura di base organizzata su un numero relativamente basso di siti chiave, di riferimento e specialistici, sarà possibile creare le basi per l'avvio di una attività di monitoraggio più capillare ed oggettiva, basata ad esempio su una griglia sistematica a maglia regolare ed uniformemente distribuita sul territorio o su un numero sempre maggiore di siti rappresentativi, in grado di soddisfare pienamente gli obiettivi di una rete di monitoraggio dei suoli a scala nazionale.

Responsabilità e compiti

Uno degli aspetti fondamentali della progettazione e della manutenzione dei siti di monitoraggio è la ripartizione precisa e definita dei compiti che ciascun ente, agenzia, ufficio, ecc. dovrà svolgere, che sarà approfondita in seguito.

Tale aspetto verrà approfondito in una seconda fase. È comunque fin d'ora possibile mettere in evidenza il ruolo fondamentale che ricopre il sistema delle agenzie ambientali (ANPA, ARPA e APPA) nella creazione e gestione della futura rete di monitoraggio.

Per la verità, diverse realtà regionali, in genere avvalendosi delle ARPA, hanno iniziato dei lavori di progettazione di reti regionali di monitoraggio; il lavoro del CTN SSC cerca di fornire degli elementi comuni di riferimento e di porsi in atteggiamento costruttivo con tali realtà sia per verificare la validità degli elementi progettuali individuati nel documento sopra descritto, sia per stimolare comunque un inizio di attività operativa che, tra l'altro, permette di migliorare la quantità e la qualità dei dati disponibili.

Anche sul territorio piemontese il CTN SSC e l'ARPA non stanno solo ragionando sulla impostazione della rete, ma hanno concretamente avviato alcune attività di monitoraggio, quali quella sui metalli pesanti nei terreni agrari e quella relativa alla stima della biodiversità del suolo attraverso l'utilizzo di un apposito indice della pedofauna.

5.2 CONTAMINAZIONE DIFFUSA

L'immissione nell'ambiente di quantità massive di prodotti chimici organici ed inorganici, provenienti da attività urbane, industriali e agrarie, porta ad una alterazione profonda degli equilibri chimici e biologici del suolo.

Nel tempo sono diventate sempre più consistenti le produzioni e l'uso di una vasta serie di composti organici ed inorganici come fitofarmaci, agenti antimicrobici, farmaci, antifermentativi, antibiotici, detergenti, solventi, lubrificanti, e così via. Alcuni di questi composti e i loro prodotti di degradazione una volta entrati nell'ambiente possono permanervi per lungo tempo.

Molti sono poi anche gli elementi e le sostanze che arrivano al suolo, tramite riciclaggio di fanghi derivanti dalla depurazione di acque reflue, di rifiuti, di effluenti di allevamenti zootecnici, di scarti industriali. Si tratta in genere di residui che comportano come elemento positivo l'utilizzazione di

sostanza organica e di elementi nutritivi ma possono presentare alcuni problemi in relazione alla presenza nelle matrici organiche di metalli e di sostanze indesiderate provenienti dalle attività antropiche. Queste sostanze possono alterare gli equilibri chimici e biologici del suolo compromettendone la fertilità, ed entrare nelle catene alimentari.

Gli indicatori più significativi sulla contaminazione diffusa legata all'attività agricola (concimi, fitofarmaci, allevamenti,...) sono riportati nel capitolo dell'agricoltura. Si vogliono qui riportare i primi dati disponibili sulla presenza di metalli pesanti nei suoli agrari piemontesi.

L'origine dei metalli pesanti che alterano la qualità dell'ambiente è riconducibile a quattro principali fonti, sia naturali, quali il substrato pedogenetico, sia antropiche quali le attività *industriali, civili ed agricole*.

I metalli originati dal substrato pedogenetico si possono definire inquinanti geochimici, ma i feno-



meni di contaminazione del suolo, attribuibili al materiale originario ed in grado di produrre danni biologici, sono di norma limitati ad aree ristrette.

I fanghi di depurazione delle acque reflue industriali contengono metalli pesanti di tipo e quantità variabili secondo le lavorazioni e la dimensione delle industrie. Spesso il metallo pesante presente in concentrazioni maggiori è lo Zn, seguito da Cu, Pb, Cr e Ni. Le fonderie, le industrie elettrolitiche, i processi di fotoincisione, di vulcanizzazione ed, in genere, tutti quelli che utilizzano l'elettrolisi sono tra le maggiori fonti di emissione di metalli pesanti quali Cu, Ni, Zn, Pb, Cr, Cd e Hg. Gli stessi aerosol ed i fumi di alcune importanti industrie, come le fonderie e le raffinerie, sono un'altra fonte di inquinamento industriale.

I metalli pesanti provenienti dalle attività civili si ritrovano nella fase gassosa dei combustibili utilizzati per il riscaldamento, nei fumi degli inceneritori o nelle emissioni da traffico veicolare.

Per combustione dei carburanti e dei lubrificanti si diffondono prevalentemente Pb e Cd, mentre dal consumo dei pneumatici si liberano soprattutto Cd e Zn. I metalli pesanti derivanti dai prodotti utilizzati quotidianamente dall'uomo e quelli derivanti dalla corrosione delle tubature si raccolgono nelle acque di scarico e si concentrano quindi nei fanghi di depurazione.

Alcune attività tipicamente agricole possono costituire una fonte di inquinamento di metalli pesanti per i suoli. Più del 10% dei fungicidi e degli insetticidi utilizzati anni fa apportavano Cu, Hg, Mn, Pb e Zn. I liquami suini contenevano notevoli quantità di Zn e Cu, che un tempo entravano nella dieta alimentare come integratori e si accumulavano nelle feci. Infine gli stessi concimi chimici contengono Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb e Zn, che derivano sia dalle materie prime sia dai processi industriali. Tra questi i perfosfati risultano particolarmente indicati per il loro possibile apporto di Cd e Pb.

I metalli pesanti e i loro composti, raggiunta l'atmosfera, si associano con il particolato atmosferico e sono trasportati al suolo con le deposizioni secche, le deposizioni umide e le acque meteoriche che dilavano le deposizioni secche sulla vegetazione.

Inoltre le particelle a cui tali metalli sono associati possono essere trasportate dalla sorgente, per lunghe distanze, fino ad aree remote e non interessate da attività antropiche.

La concentrazione dei metalli pesanti nel suolo è quindi funzione delle caratteristiche dei materiali originari, dell'utilizzo sul suolo di sostanze contenenti metalli pesanti ed utilizzate per la difesa

antiparassitaria o per la fertilizzazione, e dalle emissioni in atmosfera.

Alcuni di questi elementi rivestono un ruolo particolare nelle catene alimentari in quanto risultano essere tossici per gli organismi viventi, soprattutto piante ed animali, a concentrazioni relativamente basse rispetto agli altri elementi presenti in natura.

Come si può vedere dai grafici in **figura 5.2**, sono state prese in considerazione le concentrazioni di alcuni metalli pesanti nei suoli delle province piemontesi. I dati, il cui numero totale è riportato in **tabella 5.1**, provengono da Università e ARPA e sono relative a suoli agrari; i rilievi si riferiscono al periodo 1995-2000.

Benché il numero di dati disponibili non sia particolarmente elevato, viene subito evidenziata la notevole variabilità delle concentrazioni riscontrate, con valori massimi molto spesso al di sopra dei limiti indicati dalla legge (D. Lgs. 99/92 e, per il Cromo, D.C.I. 27/07/'84) per consentire l'uso agricolo di rifiuti.

Alcuni metalli, come il Piombo e lo Zinco, sono quasi sempre presenti in concentrazioni totalmente rassicuranti, mentre altri, soprattutto il Nichel e, in misura minore, il Rame e il Cromo, sono presenti in concentrazioni medie vicine o superiori ai limiti. È bene precisare che questo non si traduce direttamente in un rischio ambientale; i dati disponibili sono infatti riferiti al contenuto totale (estraibile in acqua regia) e non alla quantità mobile, realmente assimilabile dalle piante o dilavabili nel sottosuolo; quest'ultima è influenzata in modo prioritario dal pH, dalla capacità di scambio e dalla tessitura del suolo.

Nel complesso si nota che in provincia di Novara sono stati riscontrati valori massimi per quanto riguarda Cromo, Rame e Piombo e sempre nella stessa provincia si hanno anche i valori più elevati di media/mediana relativi a Zinco e Piombo.

Il Cromo appare mediamente diffuso in quasi tutte le province, con valori di media e mediana che si attestano vicino o sopra a quello consentito dal D.C.I. 27/07/'84 (50 mg/kg s.s.).

Per quanto riguarda il Nichel è infine da segnalare il superamento del limite di 75 mg/kg s.s., imposto dal D. Lgs. 99/92, da parte dei valori di media e mediana delle province di Alessandria, Asti e Vercelli.



Tabella 5.1 - Riepilogo sul contenuto in metalli pesanti estraibili in acqua regia nei suoli agrari piemontesi
(mediana dei dati in mg/kg s.s. per provincia)

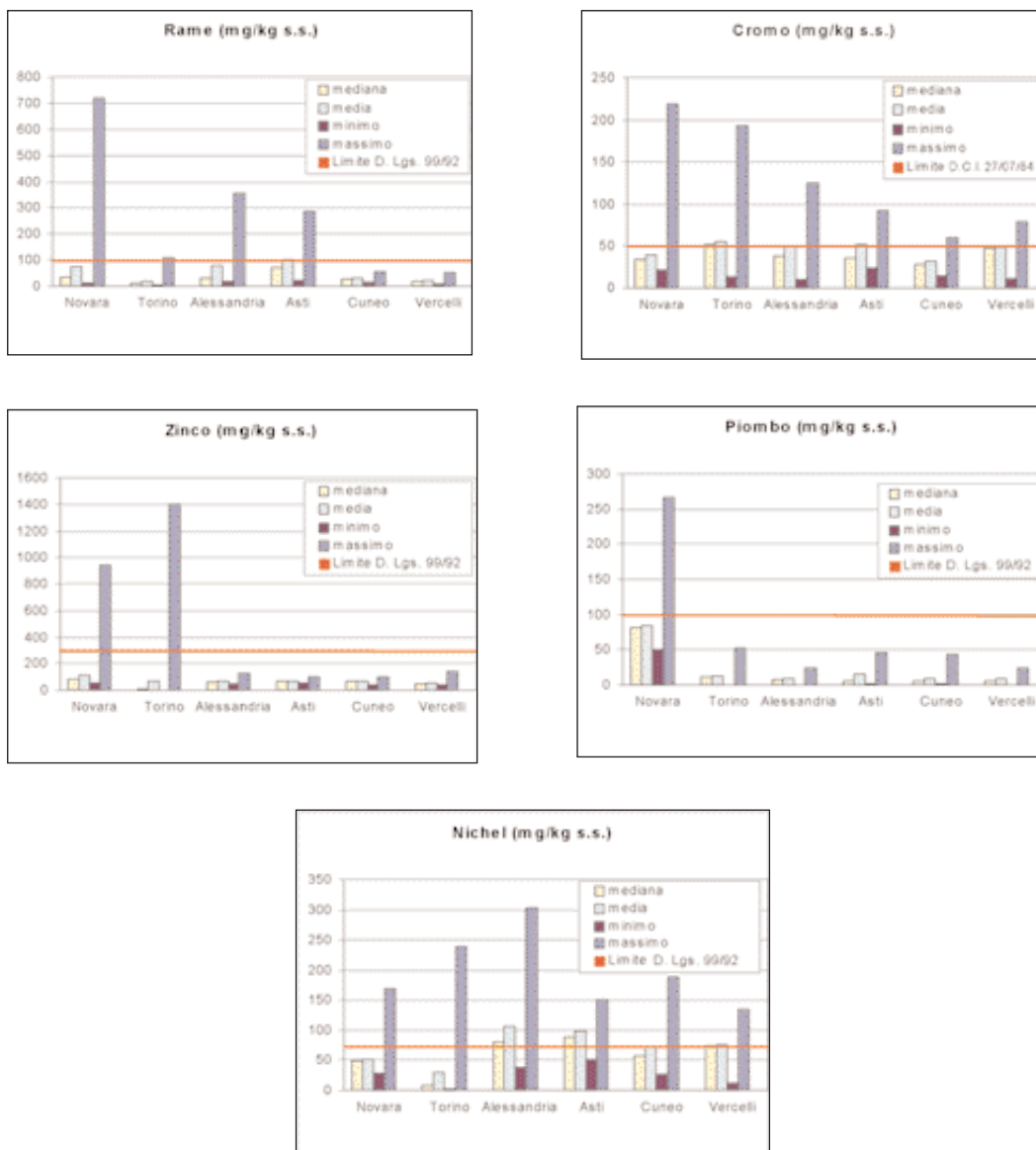
Regione	Provincia	n° dati (*)	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Piemonte	Novara	85	34,0	35,0	49,0	81,0	83,0
	Torino	366-373 (Cr 94)	51,8	12,0	8,0	11,0	7,0
	Alessandria	25	38,0	31,3	80,3	7,0	60,9
	Asti	14	34,8	72,5	88,1	6,0	67,7
	Cuneo	17	27,7	27,3	57,6	5,6	68,3
	Vercelli	16	47,4	18,8	74,3	5,4	47,5

(*) vengono riportati il n° minimo e massimo di dati disponibili per i diversi intervalli

LR = limite di rilevabilità

Fonti: ARPA e Università 1995-2000.

Figura 5.2 - Contenuto (mg/kg s.s.) in Rame, Cromo, Zinco, Piombo e Nichel estraibili in acqua regia nei suoli delle province piemontesi



Fonti: Università e ARPA, 1995-2000



BOX 2: ANALISI STATISTICA MULTIVARIATA ED APPROCCIO GIS PER IDENTIFICARE LE SORGENTI DI METALLI PESANTI NEL SUOLO (FACCHINELLI)

(A cura di Augusto Facchinelli – Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche dell'Università di Torino)

Metalli pesanti nei suoli piemontesi

Il territorio regionale è stato oggetto di una indagine relativa ai metalli pesanti nei suoli.

I primi risultati sono contenuti nella relazione conclusiva di una indagine svolta dal Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche (DSMP) dell'Università di Torino e sovvenzionata dall'Assessorato Ambiente della Regione Piemonte. Sono dati relativi a suoli agrari delle aree di pianura e di collina e si riferiscono ai contenuti pseudo-totali (estraibili in acqua regia) dei metalli Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, Co.

I siti campionati sono stati 50, ed in ogni sito sono stati raccolti separatamente due campioni, uno superficiale

(orizzonte 1/2), rappresentativo dell'orizzonte lavorato, ed uno sottostante (orizzonte 2/2). Sono state escluse aree potenzialmente coinvolte da immissioni puntiformi, si è in tal modo inteso di delineare la variabilità geochemica del suolo a scala regionale.

La ricerca è attualmente in corso di approfondimento nel quadro di una collaborazione DSMP - ARPA Piemonte.

Gli scopi dell'indagine sono:

- valutare valori medi e intervalli delle concentrazioni, anche in riferimento ai limiti di legge
- valutare la variabilità spaziale,
- individuare le provenienze, con particolare attenzione alla discriminazione fra apporti litogenici e apporti antropici.

Sintesi dei risultati

I valori medi, in parti per milione (ppm) e i fondamentali parametri statistici sono riportati nelle tabelle qui presentate

TABELLA STATISTICA DESCRITTIVA DEGLI ORIZZONTI 1/2 E 2/2

Statistica descrittiva - orizzonte 1/2

Elemento	N°Camp.	Minimo	Massimo	Media	Deviazione Standard	Media Geometrica	Dev. Std. Su
Med.Geom.							
Co	50	10,0	34,6	19,001	5,687	18,307	1,315
Cr	50	9,3	192,5	46,157	30,799	39,043	1,778
Cu	50	12,7	354,0	58,309	69,346	38,684	2,283
Ni	50	13,3	246,4	83,153	50,958	69,562	1,860
Pb	50	4,2	46,2	16,101	9,737	13,854	1,722
Zn	50	34,0	135,5	62,683	17,728	60,489	1,305

Statistica descrittiva - orizzonte 2/2

Elemento	N° campioni	Minimo	Massimo	Media	Std. Dev.
Co	48	7,3	31,3	17,615	4,797
Cr	48	10,0	192,8	46,454	31,255
Cu	48	7,3	293,0	43,747	57,089
Ni	48	11,0	303,0	93,597	57,575
Pb	48	,3	10,8	2,185	2,256
Zn	48	29,3	139,9	60,753	24,792

Fonte: DSMP Università di Torino, 2000



Confronto con limiti di legge

Si evidenziano superamenti dei limiti fissati per i suoli agrari dalla normativa regionale sui suoli contaminati (L.R. 42/2000 - limiti LAB per suoli agrari) relativamente a Ni e Cu. Se si confrontano i dati con i più severi limiti indicati dal D.M. 471/99 per il verde pubblico e privato, tali superamenti diventano più frequenti e coinvolgono anche i metalli Co e Cr. La natura e il significato di tali superamenti dei limiti verrà meglio chiarita nella breve discussione che segue.

Variabilità spaziale, elaborazioni statistiche ed individuazione delle fonti (litogeniche o antropiche)

Le analisi statistiche condotte (analisi fattoriale e *cluster*) hanno messo in luce l'esistenza di un unico fattore di controllo per Cr, Ni e Co; di un secondo fattore per Cu e Zn; e l'indipendenza della variabilità del Pb.

Il fattore di controllo dei primi tre elementi è stato identificato nella litologia della roccia madre su cui si è impostato il suolo, in particolare con la connessione con rocce ultrafemiche, caratterizzate da un alto contenuto di questi tre elementi, come ben evidenziato dall'elaborato cartografico "*Geostatistica contenuti in Ni (ppm) orizzonte 1/2 - litotipi*" qui presentato. In questa elaborazione, ottenuta con un programma GIS, è stata sovrapposta l'interpolazione geostatistica del contenuto di Ni agli affioramenti di rocce ultrafemiche dell'arco alpino. Le aree geochimicamente anomale evidenziate nella carta (ad ovest e a sud-est) sono spazialmente connesse agli importanti affioramenti di litologie ultrafemiche delle alpi Occidentali e del Gruppo di Voltri rispettivamente. Situazioni simili si riscontrano per il Cromo ed il Cobalto.

Il secondo fattore di controllo, che interessa essenzialmente il Rame in associazione con lo Zinco, è invece legato a secolari pratiche agricole, e cioè l'uso di composti contenenti Rame (e in subordine Zinco) usati come fungicidi nella coltura della vite. In analogia alla precedente carta, è qui presentata una sovrapposizione della geostatistica relativa al Cu con le aree coltivate a vite (e frutteto); in questa "*Geostatistica contenuti in Cu (ppm) orizzonte 1/2 - uso*

del suolo" si può osservare la sostanziale coincidenza dei massimi di concentrazione del Rame con tali aree.

Il Pb ha un comportamento diverso: non si correla con altri elementi e presenta valori sempre ampiamente al di sotto dei limiti di legge. Non per questo però si può escludere una contaminazione antropica, al contrario, il marcatisimo arricchimento superficiale denuncia una rilevante immissione antropica. Questa osservazione ha indotto ad elaborare statisticamente il fattore di arricchimento superficiale (TEF: *top enrichment factor*) per tentare di individuare, ancora tramite le elaborazioni GIS, la provenienza di tale metallo. I risultati sono meno conclusivi che nei casi precedenti: si evidenzia un innalzamento del valore del TEF in una fascia caratterizzata da elevata densità di reti stradali ed autostradali (Torino-Milano e Torino-Aosta), ma anche da elevata densità industriale.

Conclusioni

La variabilità spaziale dei sei elementi indagati nell'area regionale si è dimostrata ampia e abbastanza ben interpretabile.

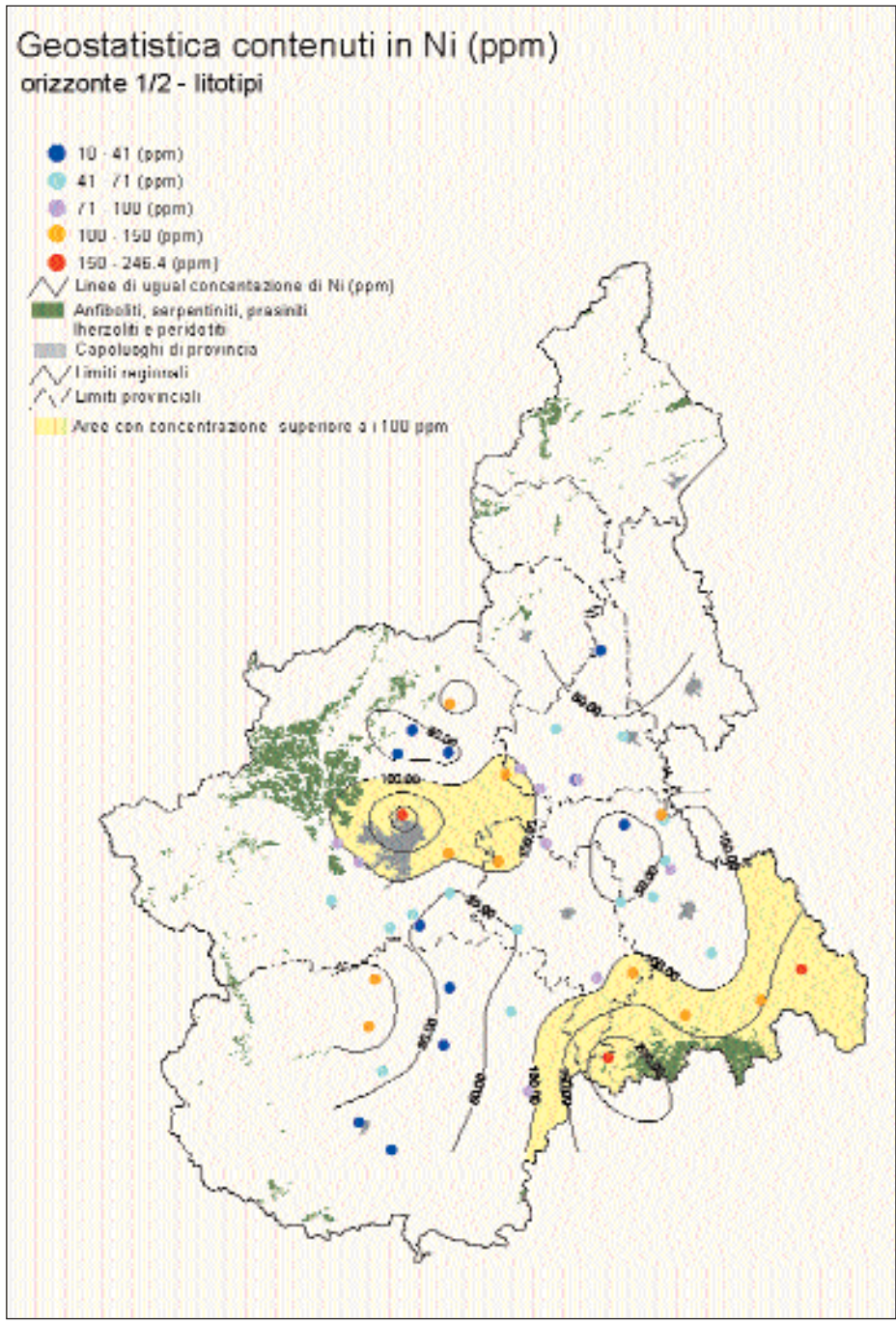
Per tre elementi, cioè Ni, Co e Cr, si individuano aree ad elevate concentrazioni, anche al di sopra dei limiti di legge, ma il controllo di tali elementi è litogenico. Si può parlare in questo caso di aree "naturalmente inquinate".

La tradizionale coltivazione della vite in Piemonte ha prodotto, nel corso del tempo, un vasta e significativa anomalia relativamente al rame. Si tratta di un reale problema ambientale che merita indubbiamente un approfondimento.

Per il Piombo si è evidenziata una ampia e non irrilevante immissione antropica, che però non rappresenta un grave problema: i valori misurati sono sempre ampiamente inferiori ai limiti di legge, anche perché la deposizione si imposta su valori di fondo originariamente molto bassi. Tale input sembra connesso a densità di traffico veicolare e insediamenti industriali.

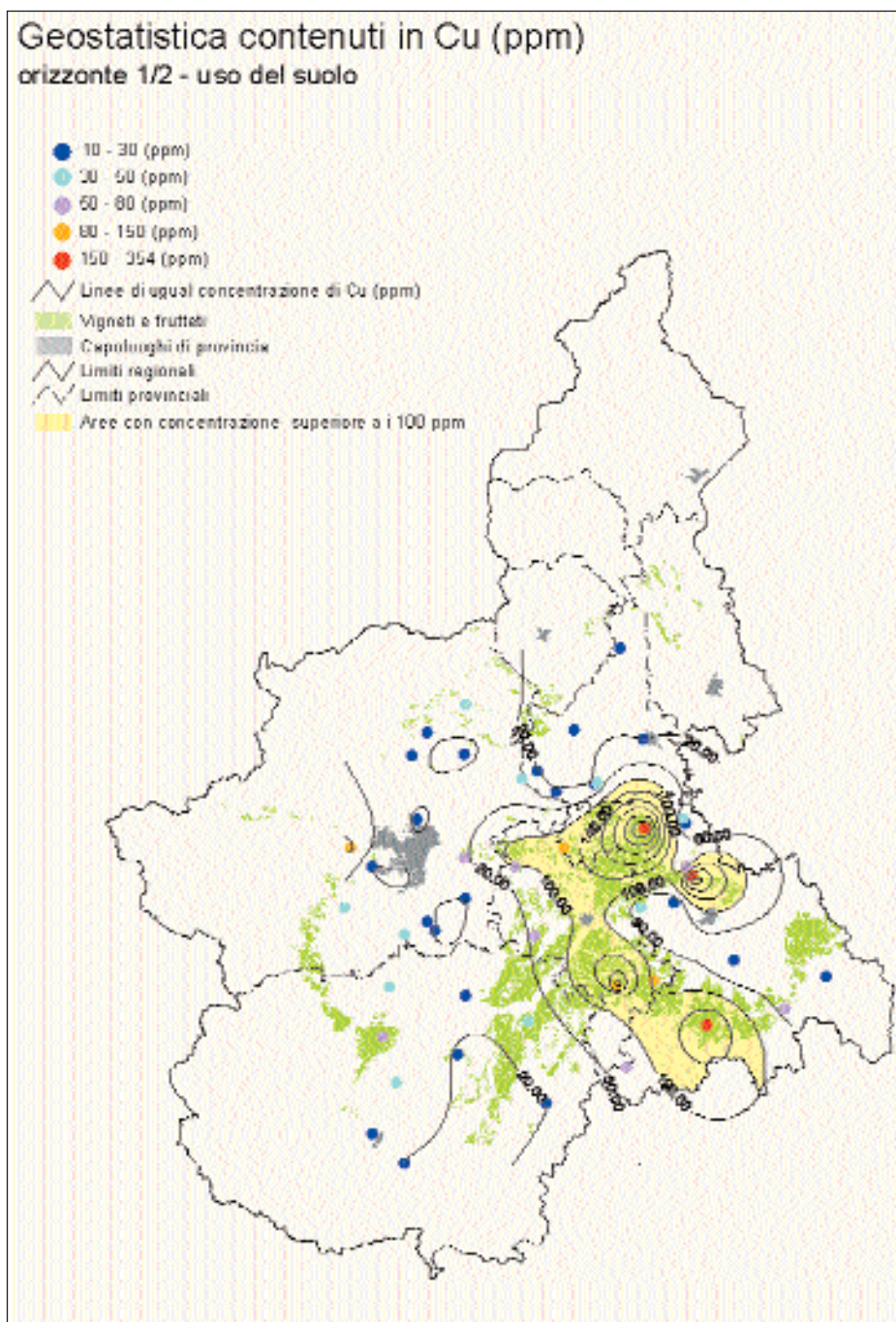


Geostatistica contenuti in Ni (ppm)
orizzonte 1/2 - litotipi





Geostatistica contenuti in Cu (ppm)
orizzonte 1/2 - uso del suolo



5.3 LA DEGRADAZIONE FISICA E BIOLOGICA DEI SUOLI

I due terzi dei suoli del nostro paese presentano preoccupanti problemi di degradazione in virtù di una gestione territoriale non sempre corretta. Tali fenomeni di degradazione ambientale si sono più accentuati in quelle aree ove è stata più forte l'attività antropica, la quale non sempre è avvenuta in maniera compatibile con i criteri fondamentali della conservazione del suolo. È evidente che la modernizzazione dell'agricoltura degli ultimi 30 anni se nell'immediato ha portato ad un aumento produttivo, nel lungo termine ha prodotto in alcuni casi tangibili fenomeni di degradazione del suolo e quindi dell'ambiente. D'altro canto anche la pianificazione "urbanistica" del territorio (aree industriali e urbane con le relative infrastrutture) raramente, in particolar modo in passato, ha tenuto conto dell'impatto ambientale prodotto soprattutto per quanto concerne il suolo, con conseguente innesco di fenomeni di degradazione, in molti casi, molto spinta.

È quindi necessario, prima di tutto, quantificare proprio questi aspetti di degradazione del suolo e, soprattutto, è fondamentale definire quella soglia oltre la quale un processo degradativo diventa irreversibile, accelerando così i processi di dissesto e di desertificazione. A questo proposito un esempio tipico è rappresentato dall'erosione del suolo: non è pensabile praticare un'agricoltura, sia pure sostenibile, capace di annullarla completamente; è importante però conoscere il limite, per ogni determinato ambiente pedologico, entro il quale l'erosione deve essere contenuta. Allo stato attuale, il rischio di erosione è rappresentabile a livello nazionale, seppure ad una scala non ottimale, e con qualche esempio regionale.

Molto più difficile risulta essere la quantificazione di altri fenomeni di degrado, quali la perdita di struttura, la formazione di strati compatti lungo il profilo, il crepacciamento, la formazione di croste superficiali, le variazioni di porosità e di conducibilità idraulica satura, il rilascio di sedimenti da aree agricole. Per questi indicatori non sono al momento disponibili dati con copertura nazionale, anche se si stanno mettendo a punto diverse tecniche di valutazione che utilizzano, ad esempio, le foto aeree o i rilievi satellitari oppure che cercano di stimare i fenomeni per via indiretta.

Un esempio di applicazione di indicatore "proxi" è proprio la stima del rischio di compattazione in relazione al numero ed alla potenza delle trattrici.

Un altro indicatore rappresentabile a livello nazionale è rappresentato dalle superfici occupate da urbanizzazione ed infrastrutture viarie e ferroviarie.

5.3.1 EROSIONE IDRICA

Circa il 77% del territorio italiano è soggetto a rischio di erosione accelerata a causa della notevole energia di rilievo e dell'erodibilità dei suoli. L'erosione potenziale diventa reale quando a questi fattori di rischio si associa l'azione antropica effettuata senza criteri conservativi. I fattori che accelerano l'erosione sono infatti le lavorazioni del terreno a rittochino, l'utilizzo di organi lavoranti che generano la formazione della suola d'aratura (zona compatta d'interfaccia fra lo strato arato e il suolo naturale) e l'eccessivo amminutamento superficiale del suolo per la preparazione dei letti di semina.

Anche la mancanza di applicazione di misure conservative del suolo quali: le sistemazioni idraulico-agrarie, i drenaggi, gli inerbimenti, genera un aumento del rischio di erosione; come pure il livellamento del terreno effettuato con macchine per il movimento di terra: i movimenti di massa causati dai livellamenti generano troncamenti del profilo del suolo nelle zone di scavo, mentre nelle zone di riporto determinano accumuli di notevoli masse di materiale incoerente a porosità disorganizzata e facilmente erodibile. In queste condizioni, e per alcuni anni a seguire, è frequente osservare tassi di erosione catastrofici, che superano le 500 t ha⁻¹anno⁻¹.

Il rischio d'erosione è aumentato, negli ultimi decenni, anche a causa dell'aumento dell'erosività delle piogge, che presentano scrosci più intensi ed eventi notevoli più ravvicinati, ciò è in relazione con l'ormai noto generale mutamento del clima a scala planetaria.

La diminuzione dell'erosione a scala geografica nazionale, dovuta ai rimboschimenti e all'abbandono dell'agricoltura nelle zone più svantaggiate, non deve trarre in inganno. Infatti l'erosione del suolo appare preoccupante nelle zone collinari di pregio, dove è andata intensificandosi la meccanizzazione.

L'indicatore viene qui espresso in base ai principi e ai parametri definiti dalla Universal Soil Loss Equation (USLE), attraverso l'**indice di erosione reale**, calcolato integrando i fattori R, K, L, S con quello di copertura delle terre (C) (Wischmeier and Smith 1978):



- **A (Mean annual soil loss)**: perdita di suolo stimata ($t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$);

- **R (Rainfall erosivity factor)**: fattore di pioggia o di erosività, è il numero di unità dell'"indice di erosione" e determina la forza erosiva e l'energia cinetica della pioggia ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ 0,25y^{-1}$);

- **K (Soil erodibility factor)**: fattore di erodibilità del suolo, tiene conto della erodibilità intrinseca di un determinato suolo ed è definito come la perdita di suolo, misurata in $t\ ha^{-1}\ anno^{-1}$ per unità di indice R della pioggia ($t\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$);

- **L (Slope length factor)**: fattore di lunghezza di un versante;

- **S (Slope factor)**: fattore di pendenza di un versante;

- **C (Cover management factor)**: fattore di copertura vegetale.

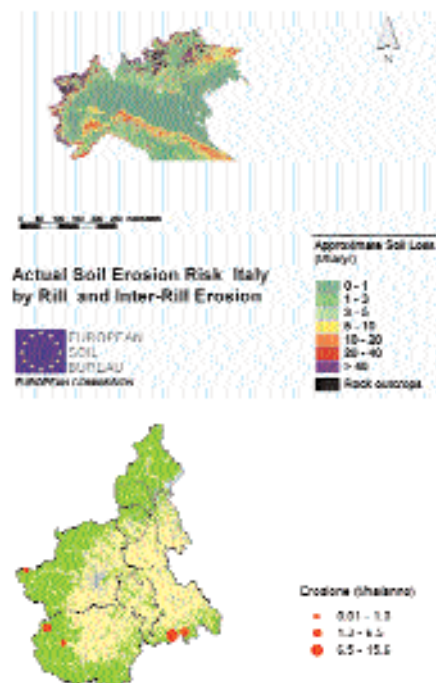
La carta nazionale è stata elaborata nel 1999 dall'European Soil Bureau del Joint Research Center (Ispra – VA): come fonte di dati sono stati utilizzati il *Mars meteorological database* (Rijks et

al, 1998) per i dati climatici necessari alla costruzione dell'indice R, il *Soil Geographical Database of Europe 1:1.000.000* per le informazioni relative alle classi tessiturali dei suoli usate per costruire l'indice K, il *CORINE Land Cover database* integrato con immagini NOAA AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) per la costruzione dell'indice C, il DEM (*Digital Elevation Model*) risoluzione 250 m per i dati relativi ai fattori L e S.

È evidente che la scala di rappresentazione di tale carta fornisce ben poche informazioni utili a livello regionale; per poter però superare questa difficoltà, occorrerebbe avere a disposizione anche dati dettagliate ed aggiornate a scala regionale (almeno 1:250.000); questo traguardo dovrebbe essere raggiunto nei prossimi anni, rendendo possibile rappresentazioni sicuramente più significative.

Al momento attuale sono comunque disponibili alcuni studi, piuttosto dettagliati, su siti particolari che ben esprimono il rischio di erosione in quelle aree. In **figura 5.3** sono rappresentati il rischio di erosione per l'Italia settentrionale e alcuni dati sperimentali forniti dall'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo.

Figura 5.3 - Rischio di erosione per l'Italia settentrionale e dettaglio di alcune aree di studio in Piemonte (European Soil Bureau, ISSDS Firenze)





5.3.2 STIMA DEL RISCHIO DI COMPATTAZIONE

Il compattamento viene ritenuto, specialmente a livello internazionale, una delle principali cause di degradazione del suolo ed è dovuto essenzialmente alle attività antropiche. L'utilizzo in agricoltura di macchine sempre più potenti e pesanti, dove i problemi di equipaggiamenti atti ad attenuare il compattamento stesso sono tutt'altro che risolti, è sicuramente una causa di grande rilievo nei confronti di questa forma di degrado.

La compattazione può essere definita come la compressione della massa del suolo in un volume minore che si accompagna a cambiamenti significativi nelle proprietà strutturali e nel comportamento del suolo, nella conduttività idraulica e termica, nell'equilibrio e nelle caratteristiche delle fasi liquide e gassose del suolo stesso.

La compattazione del suolo induce una maggiore resistenza meccanica alla crescita e all'approfondimento delle radici, una contrazione e alterazione della porosità, con conseguente induzione di condizioni di asfissia. Ciò può deprimere lo sviluppo delle piante, con effetti negativi sulla produttività delle colture agricole e ridurre l'infiltrazione dell'acqua nel suolo.

Con un effetto a catena, ciò può a sua volta contrastare l'attività biologica, prolungare le condizioni di anaerobiosi favorendo, ad esempio, la denitrificazione e la mobilizzazione dei metalli pesanti, accentuare la perdita di struttura del suolo, incrementare lo scorrimento superficiale e quindi il convogliamento nelle acque superficiali di contaminanti, favorire i ristagni idrici superficiali e, anche, rendere più elevati i rischi di inondabilità e sommersione dei suoli.

Il compattamento del terreno può essere provocato dalla combinazione di forze naturali e forze di origine antropica legate alle conseguenze delle pratiche colturali. Queste ultime sono essenzialmente dovute al traffico delle macchine agricole ed hanno un effetto compattante notevolmente superiore alle forze naturali quali l'impatto della pioggia, il rigonfiamento e il crepacciamento, l'accrescimento radicale, anche perché l'ingegneria agraria nell'ultimo trentennio ha prodotto macchine di grandi dimensioni sempre più potenti e pesanti.

I suoli più sensibili alla compattazione sono quelli a tessitura limosa o argillosa, poveri di calcio e materia organica; alcuni suoli poi, che a queste caratteristiche associano la presenza di argilla poco attiva (illite, caolinite), possono manifestare anche una

naturale propensione alla perdita di stabilità degli aggregati in presenza di umidità.

I fenomeni di compattamento legati alla coltivazione intensiva del terreno non sono solo rappresentati dal compattamento superficiale, ma possono anche verificarsi lungo il profilo colturale, il caso più tipico è rappresentato dalla formazione di uno strato compatto al limite inferiore dell'orizzonte lavorato (suola d'aratura). Tale discontinuità lungo il profilo altera la capacità drenante e può generare ristagni idrici i quali, oltre a creare problemi di asfissia, contribuiscono alla dispersione delle particelle del terreno e quindi alla degradazione della struttura. I problemi connessi con la presenza di tale strato compatto si sono accentuati proprio in seguito all'eccessiva specializzazione avvenuta in agricoltura come, ad esempio, l'adozione di monosuccessioni con arature profonde. Il compattamento può essere provocato anche da un altro tipo di attività agricola: il pascolamento del bestiame; anche in questo caso è molto importante stabilire attraverso le misure di porosità, il grado di compattamento per definire il carico di bestiame capace di contenere il danno entro i limiti tollerati (Pagliai *et al.*, 1999).

Occorre quindi quantificarne l'entità del compattamento e soprattutto conoscere il limite entro cui gli effetti devono essere mantenuti proprio per contribuire ad individuare i rimedi atti a contenerlo. Il danno viene valutato solitamente in termini di porosità, soprattutto dell'alterazione del sistema dei pori in relazione anche agli effetti negativi sull'infiltrazione dell'acqua, e di resistenza alla penetrazione mediante penetrometro.

In mancanza di dati analitici diretti, la quantificazione del danno prodotto può essere stimata indirettamente per mezzo di un indicatore *proxi* che esprime il "traffico" di macchine agricole sul territorio attraverso la stima del numero e della potenza delle trattatrici; il numero delle trattatrici consente di tenere conto della densità di impiego delle macchine sulla superficie, mentre la potenza delle trattatrici è correlabile al peso e quindi al potenziale danno che possono causare nei confronti della struttura del suolo. Il rischio di compattazione è stato stimato, mettendo in evidenza i cambiamenti avvenuti tra il 1980 ed il 1990, e prendendo in considerazione la suddivisione ISTAT delle trattatrici per classi di potenza: ad ogni CV è stato attribuito un peso medio di 75 kg (fonte Manuale Agronomo). Moltiplicando il peso medio per trattatrice per il numero di trattatrici per 5 passaggi (aratura, preparazione letto di semina, concimazione di copertura, diserbo, trattamento antiparassitario), e rapportando il tutto alla superficie trattabile, si ottengono i valori riportati in **figura 5.4**.



In **tabella 5.2** è raffigurata la densità di macchine agricole pesanti per ettaro dal 1970 al 1990, che indica nelle province di Torino e Asti quelle a più elevata concentrazione di mezzi. In alcuni casi dal 1970 al 1990 la densità è quasi triplicata, come nel caso di Asti. La media regionale, realizzata con i dati dell'ultimo censimento dell'agricoltura, è notevolmente superiore a quella nazionale, a cui fa riscontro la sola provincia di Vercelli.

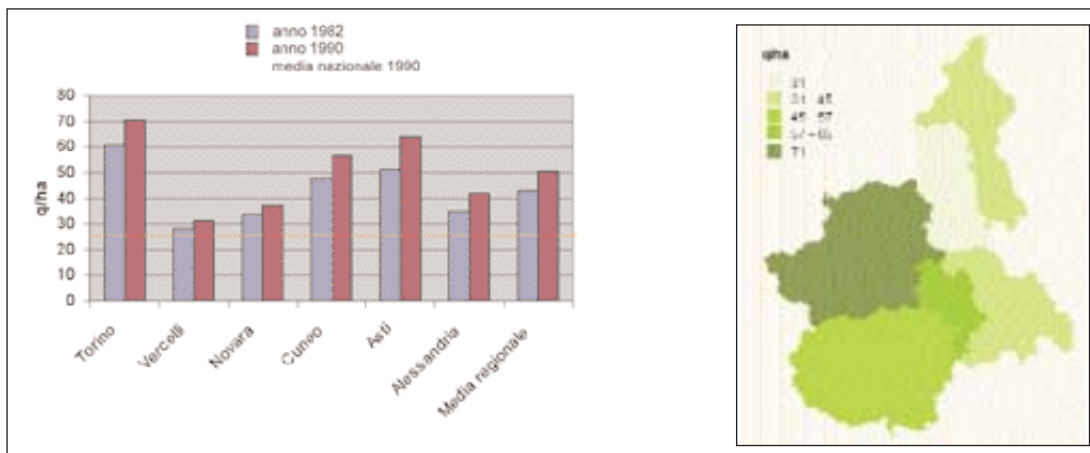
Il rischio di compattazione in funzione del peso medio trasmesso dalle trattrici è invece descritto in figura 5.4, da cui si può osservare che, anche in questo caso, è la provincia di Torino, seguita da Asti, quella su cui agisce un carico maggiore, mentre il dato di Vercelli è il più basso, nonché il più vicino alla media nazionale calcolata per il 1990 (26,8 q/ha).

Tabella 5.2 - Numero di macchine agricole pesanti ad ettaro x 100

PROVINCIA	anno 1970	anno 1982	anno 1990
Torino	18,78	29,34	31,88
Vercelli	8,43	12,20	12,98
Novara	11,17	15,16	16,24
Cuneo	12,92	22,52	25,45
Asti	11,93	26,06	31,37
Alessandria	9,72	17,23	19,44
Media regionale	12,14	20,54	22,93
Media nazionale	-	-	13,49

Fonte: ISTAT, censimento nazionale agricoltura anni 1970, 1982, 1990

Figura 5.4 - Rappresentazione del rischio di compattazione del suolo in funzione del peso medio trasmesso dalle trattrici



Fonte: Elaborazioni ARPA su dati ISTAT

5.3.3 URBANIZZAZIONE E INFRASTRUTTURE

L'incremento di superficie adibita a scopo urbano, di infrastruttura e di reti di comunicazione può essere considerato come il principale ed il più evidente tipo di pressione gravante sul territorio.

Oltre ad essere direttamente collegati alla perdita della risorsa, gli impatti sul suolo conseguenti a tale incremento si riassumono in una perdita di valore qualitativo delle aree rurali, in una frammentazione delle unità colturali e in un inquinamento da fonti diffuse diverse da quelle agricole.

Il termine di urbanizzazione assume nello specifico il significato di cementificazione e "sigillatura" dei suoli ad opera dell'edificazione del territorio; ciò deriva dal fatto che qualunque intervento edificatorio, così come qualsiasi intervento infrastrutturale, comporta il decorticamento e l'impermeabilizzazio-

ne della sede in cui si lavora. Tale fenomeno interessa in particolare le zone di pianura, mentre le reti di comunicazione risultano diffuse più omogeneamente sul territorio nazionale. Per infrastrutture si intendono i porti e gli idroscali, gli aeroporti e gli oleodotti, mentre le reti di comunicazione comprendono strade, autostrade e ferrovie.

Per la costruzione dell'indicatore sono state utilizzate fonti diverse: i dati relativi alla lunghezza della rete di comunicazioni derivano da elaborazioni GIS di dati presenti nel Repertorio Cartografico della Regione Piemonte, ad eccezione delle strade comunali che provengono da fonte "Conto Nazionale dei Trasporti" del Ministero dei Trasporti e della Navigazione (1999), e sono aggiornati agli anni 1993 (autostrade) e 1991 (ferrovie, strade statali e provinciali). I dati sulle aree urbanizzate e destinate a infrastrutture sono stati anch'essi ricavati dal Repertorio Cartografico della Regione Piemonte,



con un aggiornamento al 1989.

In **tabella 5.3** sono presentati i dati relativi alla superficie occupata da reti di comunicazione - suddivise in autostrade, strade statali, provinciali, comunali extraurbane e vicinali, ferrovie - ricavata dalla larghezza media dei tracciati riportata nel Codice della Strada del Ministero dei Trasporti e dalle aree urbanizzate e destinate a infrastrutture. Questi ultimi sono stati associati in un'unica colon-

na. Dal raffronto di questi dati con la mappa di **figura 5.5** si può notare come, pur essendo la provincia di Torino, con circa 684 km², quella con la più elevata superficie di aree artificiali, sono le province di Asti, Biella e Novara ad avere un impatto maggiore sulla superficie totale territoriale. Al contrario la provincia di Cuneo è quella con il minor impatto sul territorio, sebbene detenga il secondo posto nella graduatoria del totale aree artificiali.

Tabella 5.3 - Superficie occupata da reti di comunicazione e aree urbanizzate

Provincia (km ²)	Autostrade (km ²)	Statali (km ²)	Provinciali (km ²)	Comunali (km ²)	Ferrovie (km ²)	Urbanizzato e infrastrutture (km ²)	TOTALE aree artificiali (km ²)
Torino	9,2	13,5	32,2	75,7	4,5	548,8	683,8
Vercelli	3,3	4,7	8,9	18,1	1,6	86,9	123,5
Novara	3,5	4,5	8,0	18,3	2,6	111,2	148,1
Cuneo	2,4	13,5	30,7	75,1	4,1	201,1	326,9
Asti	1,2	3,2	13,9	36,9	1,8	99,2	156,2
Alessandria	6,1	7,0	21,0	54,3	3,5	169,8	261,8
Biella	0,0	3,3	6,5	11,5	0,4	70,0	91,6
Verbania	2,0	5,2	5,2	15,1	1,5	87,2	116,2
TOTALE	27,8	55,0	126,4	304,8	20,0	1.374,2	1.908,2

Fonte: Elaborazioni ARPA su dati ISTAT, Ministero Trasporti e Regione Piemonte 1989-1999

Figura 5.5 - Rappresentazione a livello provinciale in classi percentuali del "soil sealing" come rapporto tra superficie artificiale e superficie totale territoriale



Fonte: Elaborazioni ARPA su dati ISTAT, Ministero Trasporti e Regione Piemonte 1989-1999

5.3.3.1 Evoluzione dell'edificato dal 1991 al 1998

(A cura di Carlotta Giordano - CSI Piemonte - Regione Piemonte, Assessorato Pianificazione Territoriale)

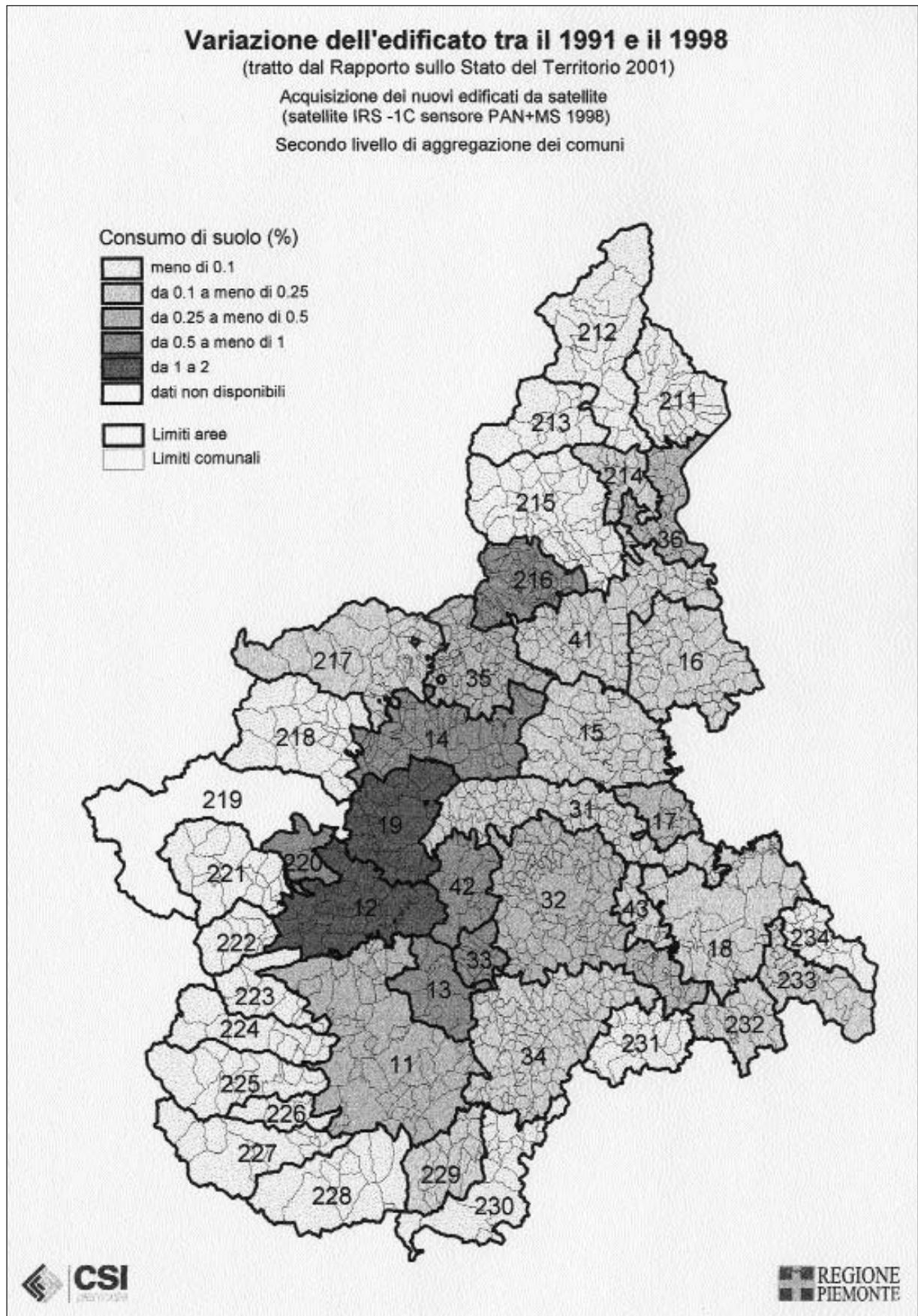
Nel cartogramma seguente, estratto dal Rapporto sullo Stato del Territorio in fase di realizzazione da

parte della Regione Piemonte con il supporto del CSI-Piemonte, viene rappresentato il risultato delle prime elaborazioni per la stima di un indicatore di quantità dato dalla percentuale di consumo di suolo in relazione all'incremento delle superfici edificate fra il 1991 e il 1998. L'indicatore è stato elaborato sulla base dei dati derivanti dalla Carta Tecnica Regionale, scala 1:10.000 (fonte dei dati sull'edificato del 1991, eccezion fatta per la Valle di Susa, per la quale non sono disponibili questi dati) su cui vengono georeferenziati i dati desunti dall'interpretazione delle immagini da satellite per fornire l'aggiornamento della situazione. I nuovi urbani, nell'intervallo di tempo considerato, sono stati rilevati sull'intero territorio regionale utilizzando un set multitemporale di immagini ad alta risoluzione geometrica (5,8 m). La diffusione del dato avviene su base sovracomunale, per gruppi di comuni per la messa a punto di una base neutra rispetto a particolari tematiche, scegliendo come punto di vista per leggere il territorio quello del paesaggio.

A un primo livello di aggregazione il territorio piemontese è stato suddiviso in 4 grandi sistemi: la pianura alluvionale, i rilievi montuosi, i rilievi collinari e i terrazzi alluvionali, a loro volta suddivisi in 42 sottosistemi, utili a sottolineare le peculiarità del territorio senza perdere di vista la restituzione delle informazioni a una scala regionale.



Figura 5.6 - Variazione dell'edificato tra il 1991 e il 1998





L'indicatore permette di identificare aree più o meno dinamiche rispetto allo sviluppo dell'edificazione nell'arco di tempo considerato. Da una sommaria analisi appare il forte sviluppo dell'asse che si estende lungo tutta l'area pedemontana dalla pianura cuneese (codice 11) all'area del Verbano (36) e che trova nell'area metropolitana torinese (19) e nella parte più esterna della sua cintura (Pinerolese - Carmagnolese e canadese, 12 e 14) il picco di massima espressione. Sono ancora individuabili delle aree a medio incremento comprese fra i grandi sistemi collinari (Monferrato e Langhe, 32 e 34) e l'area metropolitana torinese: le colline del Roero (33), la pianura braidese (13) e l'altopiano di Poirino (42). Risultano invece a incremento per lo più nullo o molto basso la maggior parte delle valli alpine e appenniniche (da 211 a 234) con la principale eccezione del sistema delle valli del Biellese (216).

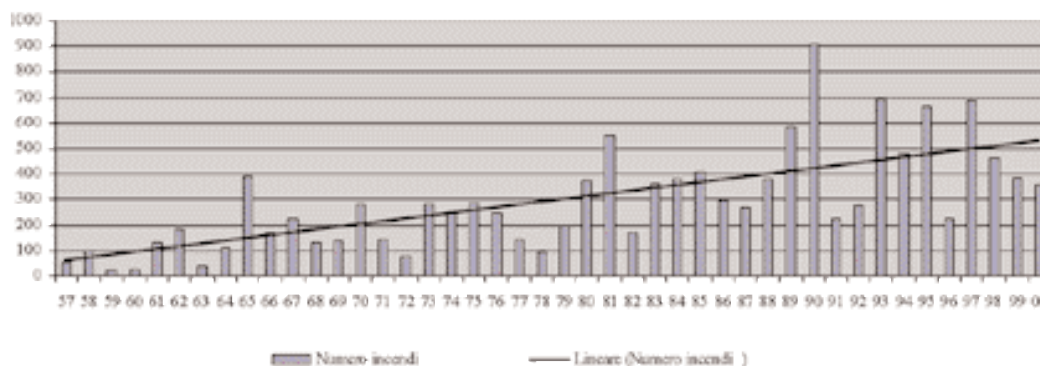
5.3.4 SUPERFICIE PERCORSA DA INCENDI

Il Piemonte è una regione con un notevole patrimonio forestale, un quarto della sua superficie complessiva (2,5 milioni di ettari) è occupato da boschi (663.364 ettari). Stando ai dati ufficiali questa superficie si va espandendo ad un tasso annuo pari allo 0,69%.

Tale espansione è dovuta soprattutto alla ricolonizzazione spontanea di coltivi e pascoli abbandonati. L'azione di rimboschimento artificiale da parte delle pubbliche amministrazioni ha invece una incidenza molto modesta, dell'ordine di qualche centinaio di ettari l'anno.

In queste profonde modificazioni a carico dell'ambiente silvo-pastorale derivate dal "veloce", dal punto di vista dei cicli forestali, cambiamento socio-economico verificatosi nell'ultimo secolo, gli incendi si affermano in modo sempre più imponente come la principale minaccia per i boschi (figura 5.7).

Figura 5.7 - Numero di incendi in Piemonte, 1957 - 2000



Fonte Corpo Forestale dello Stato. Coordinamento Regionale - Torino

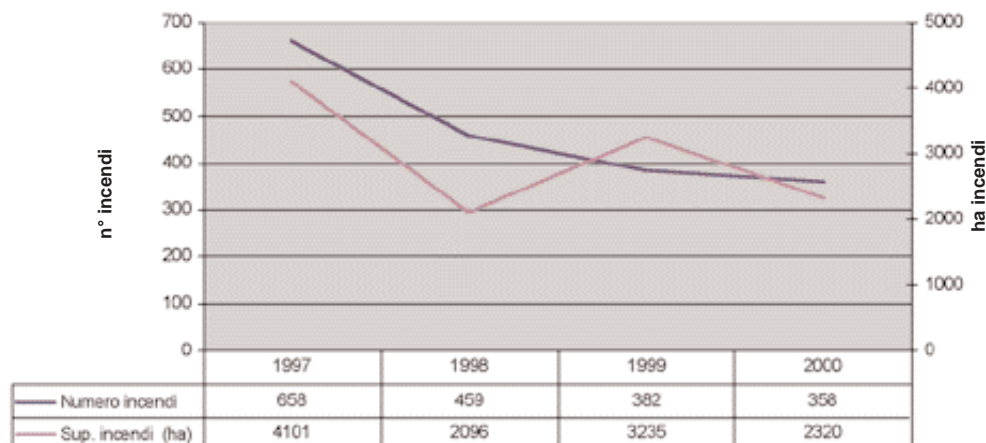
Tabella 5.4 - Numero degli incendi e superficie percorsa dal fuoco - Dettaglio '97-'99

Provincia	Periodo 1997 - 2000					Periodo 1997 - 2000					Periodo 1997 - 2000				
	1997	1998	1999	2000	Media	1997	1998	1999	2000	Media	1997	1998	1999	2000	Media
	Numero incendi					Superficie boscata (ha)					Superficie non boscata (ha)				
Alessandria	56	35	25	28	36	388	606	83	114	298	95	378	19	157	162
Asti	12	9	13	10	11	9	10	17	22	15	2	1	15	4	6
Cuneo	72	71	36	38	54	131	275	83	74	141	221	186	18	766	298
Novara	67	20	43	32	41	596	160	101	119	244	72	31	16	10	32
Torino	241	195	163	138	184	430	548	2.259	523	940	1.298	863	1.380	2.541	1.521
Vercelli	48	20	28	26	31	394	66	52	46	140	60	22	42	46	43
Biella	112	76	47	63	75	765	240	546	1.344	724	312	583	23	857	444
Verbania	50	33	27	23	33	1.388	191	94	78	438	266	160	38	16	120
TOTALE	658	459	382	358	464,3	4.101	2.096	3.235	2.320	2.938	2.326	2.224	1.551	4.397	2.625

Fonte Corpo Forestale dello Stato. Coordinamento Regionale - Torino



Figura 5.8 - Regione Piemonte, numero di incendi e superfici boscate percorse dal fuoco nel periodo 1997 - 2000



Fonte Corpo Forestale dello Stato. Coordinamento Regionale - Torino

Nel 2000 la provincia più colpita è stata Torino (**tabella 5.5**) per numero di incendi (138) e per superficie totale percorsa dal fuoco (3.064 ettari), mentre la provincia di Biella ha registrato la maggiore superficie boscata interessata dagli incendi (1.344 ettari). Nella provincia di Asti si è verificato il minor numero di incendi (10) e vi sono state la minore superficie boscata (22 ettari) e la minore superficie totale (26 ettari) percorsa dal fuoco.

In relazione alle medie del triennio 1997-'99 in Piemonte si sono registrate una riduzione del numero di incendi (58 nel 2000 rispetto a 500 del triennio considerato) e una diminuzione della superficie boscata percorsa dal fuoco (2.320 ettari rispetto a 3.144), mentre è aumentata la superficie totale interessata dagli eventi (6.717 ettari rispetto a 5.176).

Tabella 5.5 - Numero di incendi e superficie percorsa dal fuoco - Dettaglio del 2000

Provincia	n° incendi	Anno 2000		Totale	Superficie media per incendio
		Superficie boscata (ha)	Superficie non boscata (ha)		
Alessandria	28	114	157	271	9,7
Asti	10	22	4	26	2,6
Cuneo	38	74	766	840	22,1
Novara	32	119	10	129	4
Torino	138	523	2.541	3.064	22,2
Vercelli	26	46	46	92	3,5
Biella	63	1.344	857	2.201	34,9
Verbania	23	78	16	94	4,1
TOTALE	358	2.320	4.397	6.717	18,8

Dati Corpo Forestale dello Stato. Coordinamento Regionale - Torino

Il fenomeno degli incendi boschivi è influenzato da caratteristiche di natura diversa; in particolare: caratteristiche di natura ambientale quali orografia, vegetazione, regime pluviometrico (cause predisponenti); caratteristiche di natura socio-economica quali uso del suolo, densità di popolazione, attività prevalenti,

presenza di tensioni sociali, ecc..

Come si può rilevare dalla **tabella 5.6** nel periodo 1988-1996 le superfici boscate bruciate ogni anno in Piemonte sono state in media pari a 4.638 ha, dato prossimo al tasso di espansione annuo del bosco.



Tabella 5.6 - Dati incendi in Piemonte 01/01/1988- 31/12/1996. ripartizione provinciale

Provincia	Incendi N°	Superficie boscata bruciata ha	Superficie non boscata bruciata ha	Superficie totale bruciata ha	Rapporto sup totale bruciata / sup. provinciale
Alessandria	380	2.115	1.778	3.893	1,09%
Asti	65	235	89	324	0,21%
Cuneo	840	14.596	7.735	22.331	3,23%
Novara	919	13.146	8.125	21.271	5,92%
Torino	1.519	9.952	11.019	20.971	3,07%
Vercelli	803	6.331	6.458	12.789	4,26%
TOTALE	4.526	46.375	35.204	81.579	3,21%
Media annuale	453	4.638	3.520	8.158	0,32%

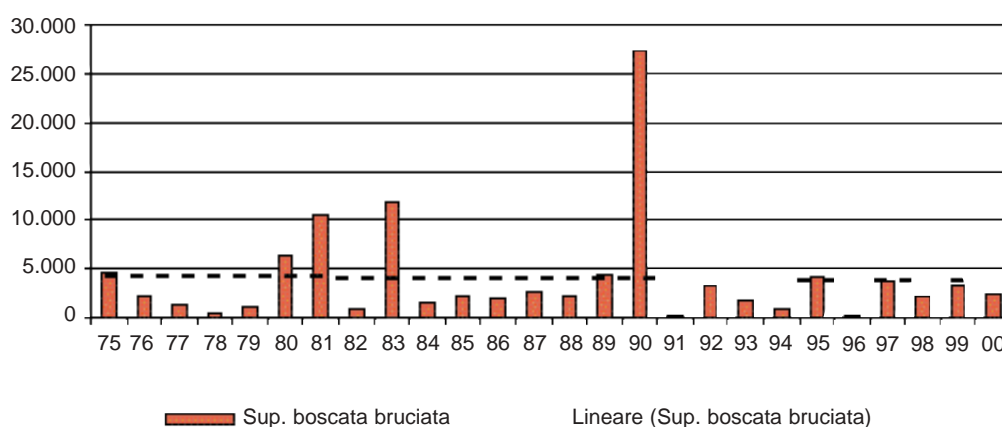
Fonte Corpo Forestale dello Stato. Coordinamento Regionale - Torino

Se si potesse provvedere ad intervenire nella ricostruzione di tutti i boschi percorsi dal fuoco, ipotizzando un costo di intervento pari a 4 milioni ad ettaro¹, sarebbero ben 18,5 i miliardi che dovrebbero essere stanziati per mitigare i danni.

Considerata l'impossibilità di agire direttamente ed in tempi brevi sui *trend* socio-economici che sono alla base dell'incremento numerico ed areale degli incendi, occorre, per un buon sistema di prevenzio-

ne e protezione dagli stessi, conoscere molto bene le dinamiche e le caratteristiche che contraddistinguono gli incendi nelle diverse aree. Ad esempio, considerando la media della superficie boscata (figura 5.9) occorre evidenziare che sebbene il numero degli incendi verificatisi nel 1993, 1995 e 1997 siano stati superiori a quelli verificatisi nel 1981 e 1983 (figura 5.7) le relative superfici percorse sono state meno della metà (Figura 5.9).

Figura 5.9 - Superficie boscata bruciata (ha) in Piemonte, 1975-2000



Fonte Corpo Forestale dello Stato. Coordinamento Regionale - Torino

Dalla mancanza di una correlazione diretta tra numero di incendi e superficie percorsa deriva che:

- la variabilità del fenomeno incendi all'interno della regione Piemonte è molto elevata;
- l'efficienza operativa del Servizio antincendio

sta aumentando: pur crescendo il numero degli incendi le superfici percorse variano di poco;

- esiste un limite di operatività oltre il quale il Servizio antincendio non è più in grado di rispondere ed il fenomeno incendi progredisce in maniera non più controllata: questo è il fenomeno veri-

¹ A riguardo si potrà utilizzare il prezzario dei lavori forestali della Regione Piemonte di prossima edizione.



ficatosi negli anni "anomali" (es. 1990 o anche in parte il 1997);

- la concentrazione di molti incendi in uno breve spazio di tempo o in una determinata area com-

porta molti più danni rispetto ad un gran numero di incendi uniformemente distribuiti nel tempo e nello spazio e ciò è legato alle difficoltà operative connesse alle operazioni di estinzione².

BIBLIOGRAFIA

BLUM W.E.H., 1998. *Soil degradation caused by industrialization and urbanization*. In: H.-P. Blume, H. Eger, E. Fleischhauer, A. Hebel, C. Reij, K.G. Steiner (Eds.): *Towards Sustainable Land Use*, Vol. I, 755-766, *Advances in Geoecology* 31, Catena Verlag, Reiskirchen.

EEA – UNEP, 2000. *Down to earth: soil degradation and sustainable development in Europe*. Pubblicato da EEA – Environmental issue series N° 16.

PAGLIAI et al., 1999. *Soil physics and soil vulnerability in a typical watershed of the hilly area of central Italy*.

In Proceedings of the international Congress "Soil Vulnerability and Sensitivity" – Firenze 18-21 ottobre 1999.

RIJKS et al., 1998. *Agrometeorological applications for regional crop monitoring and production assessment*. EUR 17755 EN, 505 pp – Office for Official Publications of the European Communities – Luxembourg.

WISCHMEIER, SMITH, 1978. *Predicting rainfall erosion losses – a guide for conservation planning*. U.S. Department of Agriculture, *Agriculture Handbook* 537.

² Il Piano Regionale Antincendi Boschivi 1993-1997 ha dato rilievo al fatto che solo il 20% degli incendi è responsabile dell'80% delle superfici percorse