

# CONSUMO DI SUOLO E QUALITÀ DEI SUOLI URBANI

**R. BARBERIS**

(ARPA Piemonte)

---

## 1. PREMESSA

Il presente rapporto riguarda il contributo del CTN TES all'Apat nell'ambito della realizzazione del progetto relativo alla qualità delle aree urbane, avviato nel 2004 e in pieno sviluppo.

L'apporto del CTN TES si concentra ovviamente sulla principale matrice di competenza, vale a dire il suolo; le valutazioni di questa matrice nell'ottica del progetto Apat sulle aree urbane, sono state indirizzate a due aspetti fondamentali:

- Il problema della perdita di suolo per impermeabilizzazione, ovviamente molto evidente in ambito urbano;
- La valutazione della qualità ambientale dei suoli urbani, aspetto ancora poco noto, di non facile approccio, condizionato in modo rilevante dalla particolarità di questi suoli.

Il tema dell'impermeabilizzazione, forse meglio noto con il termine inglese di *soil sealing*, viene trattato dapprima in modo generale, facendo anche specifico riferimento ad alcuni progetti europei che hanno riguardato anche alcune città italiane, poi in modo più specifico, riportando l'esempio relativo all'area metropolitana torinese.

In merito invece alla qualità ambientale dei suoli urbani, viene condotta una trattazione introduttiva e vengono citate alcune esperienze, nazionali e internazionali, ancora in atto.

## 2. IMPERMEABILIZZAZIONE DEL SUOLO

Il *soil sealing*, che si può tradurre, in modo non completamente proprio, con il termine di "impermeabilizzazione del suolo", è causato dalla copertura del suolo con materiali "impermeabili" o comunque dal cambiamento delle caratteristiche del suolo tanto da renderlo impermeabile in modo irreversibile o difficilmente reversibile.

L'EEA ha definito il *soil sealing* come la copertura del suolo dovuta alla urbanizzazione e alla costruzione di infrastrutture, in modo tale che il suolo non abbia più la capacità di svolgere gran parte delle funzioni sue proprie. Il *sealing* non è negativo di per sé, ma in quanto assume praticamente un carattere di irreversibilità ed ha come conseguenza la perdita delle funzioni del suolo. Occorre anche notare che le aree costruite includono anche dei suoli (giardini e parchi) che non sono impermeabilizzati; in Germania, per esempio, si stima [8] che questi suoli rappresentino il 52% delle aree urbane. Tuttavia l'impatto complessivo del *soil sealing* influenza anche queste aree e, sostanzialmente, le ingloba tra le aree impermeabilizzate.

Il maggiore impatto si ha ovviamente nelle aree metropolitane, dove è più alta la percentuale di suolo coperta da costruzioni. Un'altra causa importante è costituita dalle infrastrutture di trasporto.

Il terreno impermeabilizzato è sottratto agli altri usi, come l'agricoltura e le foreste, e le funzioni ecologiche del suolo, quali lo stoccaggio di carbonio e la funzione di habitat per il biota del suolo, sono limitate o impedito. Il *sealing* può inoltre causare o favorire la frammentazione degli habitat e l'interruzione dei corridoi migratori per le specie selvatiche.

Il maggiore impatto si ha comunque sul flusso delle acque. L'incapacità delle aree impermeabilizzate di assorbire per filtrazione una parte delle acque, aumenta notevolmente lo scori-

mento superficiale e può favorire la contaminazione da parte di sostanze chimiche. Lo scorrimento superficiale aumenta così in volume e in velocità, causando evidenti problemi sul controllo delle acque superficiali, in particolare in occasione di fenomeni di pioggia particolarmente intensi. Benché infatti le inondazioni possano essere considerate un fenomeno naturale, esse possono essere intensificate dalle alterazioni ambientali causate dall'uomo, come è stato osservato in Europa in anni recenti [11,12]. Il fenomeno è inoltre aggravato dal fatto che la crescente domanda di terreni ad uso residenziale e industriale ha portato a volte a costruire in aree a rischio di esondazione [16].

Negli ultimi 40 anni, la popolazione europea è cresciuta del 20%, mentre la popolazione urbana è cresciuta praticamente del doppio (40%); inoltre, negli ultimi 20 anni, l'estensione delle aree urbanizzate a livello europeo è aumentata del 20%, contro un aumento della popolazione del 6% [8,11]. Attualmente, benché la crescita di popolazione in molte aree urbane si sia stabilizzata, continua lo sviluppo attorno alle periferie dei maggiori centri urbani, portando ad una specie di "decentralizzazione" dell'uso del territorio urbano. L'aumento del trasporto su strada ha stimolato lo sviluppo di nuove infrastrutture di trasporto e, in particolare, ha incrementato la richiesta di territorio da utilizzare per queste nuove infrastrutture; negli anni '90 si è avuta nell'EU una perdita di 10 ha al giorno di suolo solamente per la costruzione di nuove autostrade [8,11]. Questa richiesta di infrastrutture è favorita dall'aumento dello standard medio di vita e dall'aumentata distanza tra le aree residenziali e i luoghi di lavoro, distanza principalmente coperta mediante l'uso di mezzi privati (automobili). Allo stesso tempo, la liberalizzazione dei mercati in ambito UE e la globalizzazione dell'economia, assieme ad una rete più complessa che collega il mondo della produzione dei beni con quello del loro commercio e utilizzo, hanno favorito l'incremento dei trasporti delle merci, soprattutto su strada.

Occorre inoltre considerare che il declino industriale di alcune città ha portato da un lato ad abbandonare ampie superfici impermeabilizzate attualmente inutilizzate (brownfields), dall'altro ha favorito la migrazione della popolazione verso aree urbane e suburbane e rurali di nuova espansione, spesso sottratte ad aree agricole particolarmente fertili o ad aree verdi (boschi e foreste).

In Germania, per esempio, la superficie totale di aree costruite, incluse le infrastrutture di trasporto, è aumentata dai 350 m<sup>2</sup> per persona del 1950 ai 508 m<sup>2</sup> del 1999; parimenti, la superficie abitativa occupata è passata dai 15 m<sup>2</sup> per persona del 1950 ai 38 m<sup>2</sup> per persona del 1990 [7].

La "diffusione insediativa", cioè la tipologia di espansione abitativa in ampie aree urbane e suburbane, in vicinanza di aree agricole e naturali, è definita con il termine inglese di "urban sprawl", e trova esempi in ambienti rurali, montani e costieri.

In Austria, il consumo annuale di suolo per impermeabilizzazione è valutato tra 7 e 12 m<sup>2</sup> per persona. A Vienna, in relazione ai mezzi di trasporto, si è valutato, assumendo che un pedone necessiti di 1 m<sup>2</sup> di superficie impermeabilizzata, che un ciclista necessiti di 7,7 m<sup>2</sup>, un utilizzatore di trasporti pubblici tra 7,7 e 12 m<sup>2</sup> e un automobilista 60 m<sup>2</sup> [15].

Lo sviluppo delle superfici impermeabilizzate è largamente attribuibile alle strategie di pianificazione territoriale che sfortunatamente non tengono nella dovuta considerazione la perdita irreversibile di suolo e i suoi effetti ambientali collegati.

Un certo decremento nella disponibilità di suolo è inevitabile, ma il suolo reso impermeabile gioca un ruolo come perdita delle sue funzioni produttive, di conservazione della natura e di ricarica delle falde acquifere, come pure incrementa i rischi di alluvione, per cui si può tranquillamente affermare che il soil sealing è in netto contrasto con le politiche di sviluppo sostenibile.

A livello europeo, l'evoluzione delle aree impermeabilizzate è stata studiata da due importanti progetti, Murbandy (<http://murbandy.jrc.it/>) e Moland (<http://moland.jrc.it/>).

Lo schema riportato in figura 1 esemplifica i collegamenti tra l'uso del suolo, il consumo di suolo e l'impermeabilizzazione del suolo stesso.

## 2.1 Le infrastrutture di trasporto

Le infrastrutture stradali e ferroviarie occupano una porzione non trascurabile del territorio e sono in continuo aumento, in risposta alla domanda di servizi sempre maggiore nel settore dei trasporti delle persone e delle merci.

Tali superfici vanno ad occupare prevalentemente le aree di pianura, ove sono di più facile costruzione e manutenzione; esse si sviluppano in modo bidirezionale per una larghezza che varia in funzione della tipologia di strada o di ferrovia, arrivando però ad occupare spesso una larghezza di parecchie decine di metri, se si considerano le superfici di pertinenza che, come nel caso delle autostrade, possono essere recintate. Queste strutture dunque portano da un lato ad una impermeabilizzazione più o meno spinta della superficie occupata, dall'altro hanno effetti ambientali indiretti non trascurabili, tanto in termini di inquinanti immessi nell'ambiente e destinati a ricadere nelle aree confinanti, quanto a livello di frammentazione del territorio. Le strade e le ferrovie causano infatti la frammentazione delle aree naturali e seminaturali, riducendo la resilienza dei biotopi e la loro capacità di ospitare le specie animali. Questo da un lato può interrompere il movimento delle specie, attraverso l'eliminazione dei cosiddetti corridoi ecologici, dall'altra la capacità di un habitat di mantenere la popolazione di specie vitali presenti.

Una interessante valutazione sul consumo di suolo diretto ed indiretto da parte delle infrastrutture di trasporto è stata fornita dall'EEA [17] e viene riportata nella tabella 1.

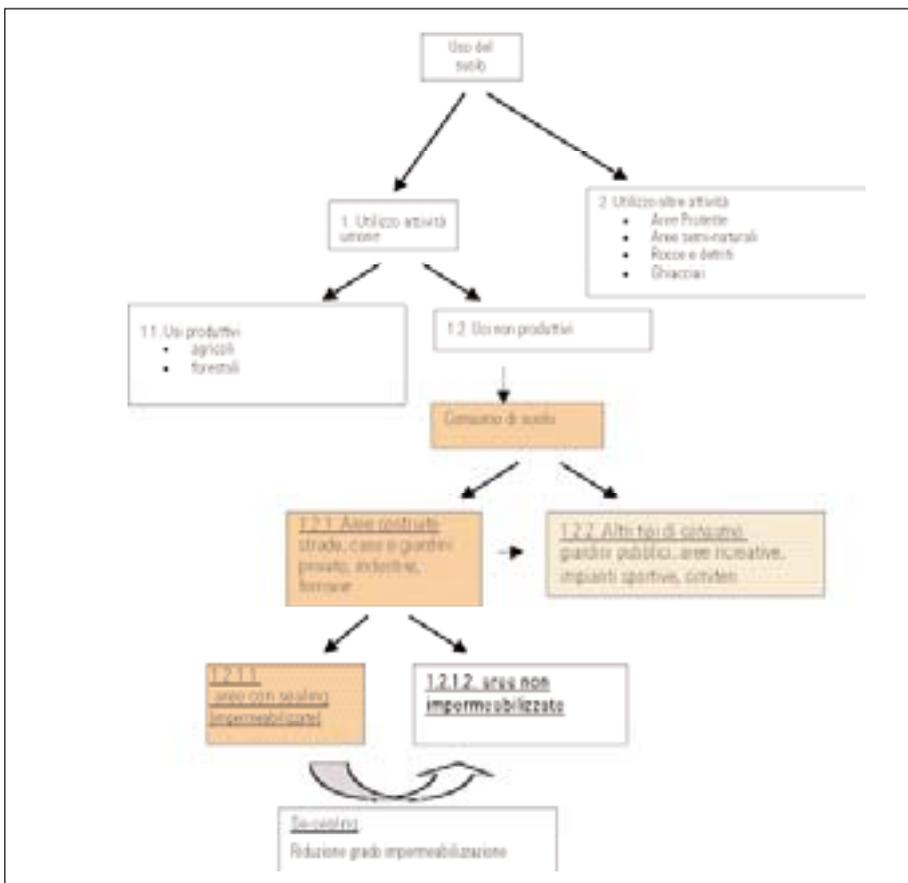


Figura 1 - Uso del suolo e suoi legami con il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo

Tabella 1 - Consumo di suolo diretto e indiretto delle infrastrutture di trasporto

	Strade				Ferrovie	Acqua	Aria
	<i>Autostrade</i>	<i>Strade Statali</i>	<i>Strade Provinciali</i>	<i>Strade Comunali</i>	<i>Convenzionali Alta velocità</i>	<i>Canali</i>	<i>Aeroporti</i>
<b>Diretto</b>	2,5 ha/km	2,0 ha/km	1,5 ha/km	0,7 ha/km	1,0 ha/km	5,0 ha/km	Piste non considerate
<b>Indiretto</b>	7,5 ha/km	6,0 ha/km	4,5 ha/km	2,0 ha/km	3,0 ha/km	10 ha/km	Superficie aeroporti

Il consumo diretto riguarda l'area direttamente coperta dalla infrastruttura di trasporto, che viene stimata, ad esempio per un'autostrada a quattro corsie, in 2,5 ha/km, corrispondente ad una larghezza media di 25 m.

Il consumo indiretto valuta invece le superfici occupate da quanto è connesso alla infrastruttura, come le aree di sicurezza, gli svincoli, le aree di servizio, gli spazi lasciati liberi per la protezione dal rumore, e così via. Come si nota, mediamente il consumo indiretto è tre volte superiore al consumo diretto e, nel caso dell'autostrada precedentemente citata, equivale a 7,5 ha/km, pari ad una larghezza di 75 m. Questo rapporto di 3 a 1 tra occupazione indiretta e diretta, se pare veritiero per le autostrade e ancora accettabile per le strade statali, sembra, almeno per la realtà italiana, sicuramente sovrastimato nel caso delle strade provinciali e comunali. La tabella è comunque di indubbia utilità per una prima valutazione del fenomeno partendo da dati di lunghezza lineare delle infrastrutture, anche se è consigliabile una verifica in sede locale sulla base di dati esemplificativi rilevati direttamente, ad esempio da fotointerpretazione.

Il livello di impermeabilizzazione è praticamente totale sulla superficie direttamente interessata dalle strade e dalle ferrovie, anche nel caso di mancata asfaltatura della superficie; l'uso di una elevata compattazione del suolo e la sua ricopertura con materiali di supporto estranei, a loro volta compattati, li rende infatti molto simili a superfici completamente impermeabilizzate. In queste zone la perdita delle funzioni del suolo è praticamente totale, se si esclude ovviamente quella di supporto alle infrastrutture. Le aree di pertinenza, generalmente non impermeabilizzate, subiscono comunque spesso delle forti limitazioni sia per la contaminazione dovuta al traffico e ai prodotti di manutenzione delle strade (sale antigelo, sabbie, ...), sia per l'uso di prodotti diserbanti; inoltre rimangono generalmente incolte, e sono spesso oggetto di scarichi e smaltimenti abusivi. Alcune limitazioni si estendono, in alcuni casi, anche ai terreni agrari confinanti con le infrastrutture, proprio per la dispersione e movimentazione dei contaminanti precedentemente citati.

In figura 2, invece, viene riportato l'andamento, nel periodo 1990-2000, della superficie occupata dalle principali vie di comunicazione; si evidenzia un incremento di tutta la rete stradale e delle ferrovie a doppio binario [6].

L'evoluzione delle strutture di trasporto è stata considerevole anche nell'ambito delle aree urbane; la figura 3 [10] evidenzia la situazione a Milano tra il 1955 e il 1997. La superficie occupata dalla rete di trasporto è passata da 18,8 a 35,6 km<sup>2</sup>.

La crescita di infrastrutture di trasporto favorisce inoltre un fenomeno alquanto noto ed estremamente diffuso: lungo l'asse stradale si sviluppano velocemente nuove strutture abitative e produttive, dando spesso origine al fenomeno di completa inurbazione di strade costruite pochi anni prima come circonvallazioni.

Questi problemi sono ben posti in evidenza anche nei più recenti documenti regionali elaborati dalle Arpa e dalle Regioni [1, 2, 3, 4, 5, 13, 14].

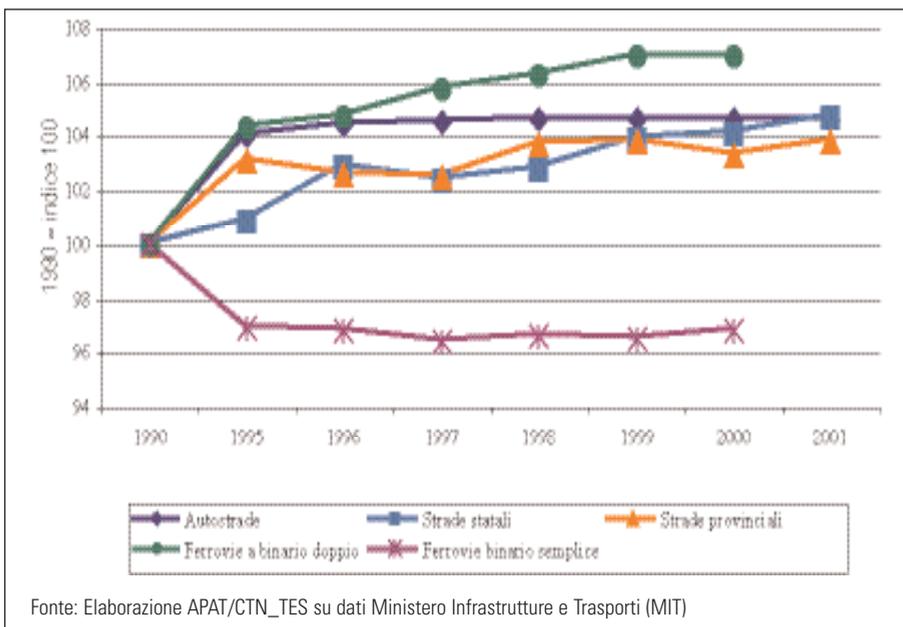


Figura 2 - Evoluzione della superficie occupata dalle reti di trasporto in Italia (rete ferroviaria, autostrade, strade statali e provinciali) dal 1990 (indice 100) al 2001

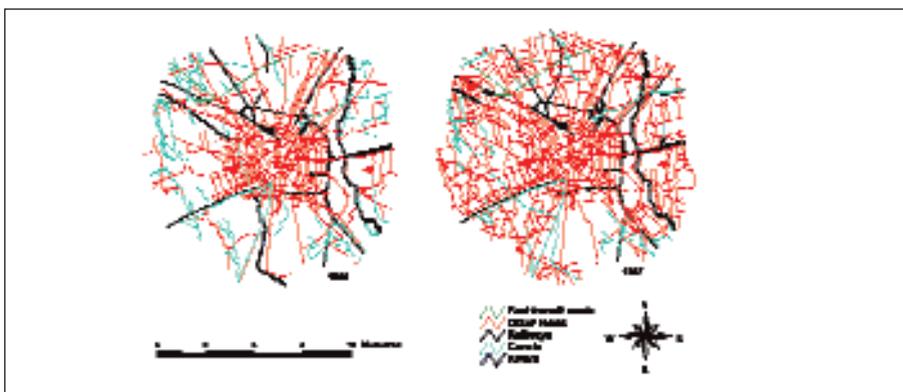


Figura 3 - Evoluzione della rete di trasporti in Milano tra il 1955 e il 1997 [10]

## 2.2 Le aree urbanizzate

Una indicazione particolarmente significativa di quanto è successo in Europa negli ultimi 50 anni in tema di espansione delle aree urbanizzate, può essere dedotta dalla Tabella 2, ricavata dai già citati progetti Murbandy e Moland, dove vengono riportate le evoluzioni riferite a numerose città europee, tra cui le italiane Milano, Palermo e Padova-Venezia [10].

L'aumento dell'area urbanizzata nel periodo 1950-1990 è stato del 211% a Palermo, del 171% lungo l'asse Padova Venezia e del 103,8% a Milano, con una perdita di terreni naturali e agricoli rispettivamente del 26,0%, del 23,1% e del 37%.

L'incidenza della superficie impermeabilizzata sulla superficie totale è ben rappresentata in figura 4, sulla base di dati elaborati dal CTN TES.

La figura 5 evidenzia la perdita di aree naturali ed agricole a Milano tra il 1956 e il 1998, mentre in figura 6 viene riportato l'incremento di urbanizzazione a Palermo tra il 1955 e il 1997.

L'Arpa Liguria [3] evidenzia come tra il '61 e il '91 il suolo urbanizzato sia cresciuto mediamente di oltre il 100%, andando ad occupare soprattutto lo scarso terreno pianeggiante ancora disponibile, e sottraendolo all'agricoltura. Occorre inoltre considerare che "su 36.727 km<sup>2</sup> con pendenza inferiore al 6%, ben 13.735 km<sup>2</sup> (37%) risultano urbanizzati, mentre gran parte del rimanente territorio pianeggiante risulta interessato da copertura con serre o agricoltura specializzata". Nello stesso documento si sottolinea come "un ulteriore effetto dell'urbanizzazione, ed in Liguria in particolare della crescente urbanizzazione della fascia costiera, è l'abbandono delle aree interne, collinari o montane, con conseguente dismissione di pratiche colturali che hanno per secoli contribuito al mantenimento ed alla corretta gestione del territorio. L'abbandono provoca quindi il degrado del suolo, l'instabilità dei versanti, il diffondersi di vegetazione infestante, il propagarsi degli incendi boschivi, anche per la mancanza di un'azione di presidio".

Lo stesso problema evidenzia il Friuli [2], che sottolinea, oltre alla espansione lungo le aree costiere e le principali vie di comunicazione, anche il progressivo abbandono delle aree vallive e dei paesi più decentrati; si afferma che "i tratti caratterizzanti le dinamiche insediative degli anni '80 e '90 sono stati, in estrema sintesi, la perdita di centralità della città rispetto ai centri più piccoli ed alle aree rurali circostanti, lo sviluppo della piccola e media impresa, con la dispersione degli insediamenti sul territorio, ed una trasformazione drastica del rapporto tra città, campagna, aree industriali ed ambiti naturali. Una delle conseguenze più evidenti è l'aumento vertiginoso della mobilità sia delle persone che delle merci, con conseguente frammentazione del territorio e competizione tra i diversi usi del suolo in aree sempre più vaste. Gli impatti ambientali sono stati la progressiva perdita di suoli fertili, il rischio di inquinamento sempre più diffuso, l'interruzione di corridoi naturali di comunicazione e di migrazione, la compromissione degli originari habitat e biotopi naturali o semi-naturali".

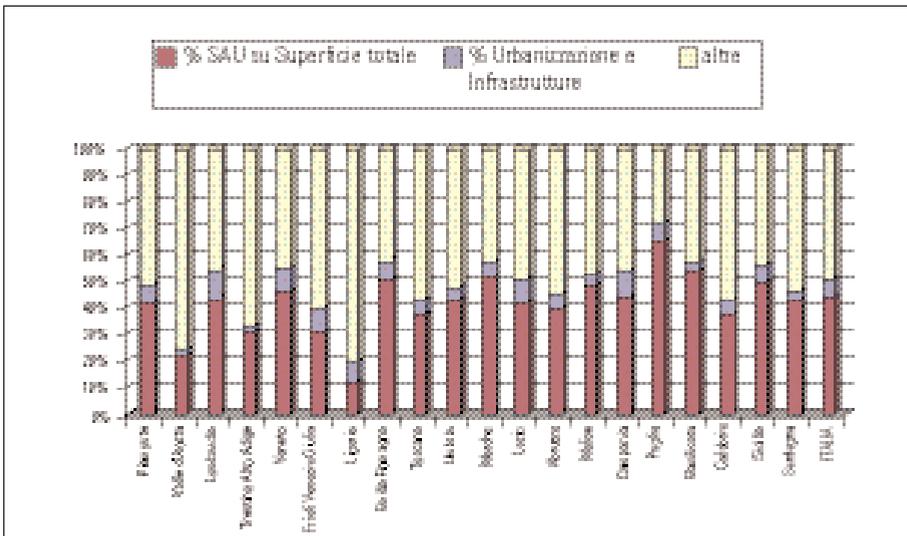


Figura 4 - Rappresentazione della superficie occupata dall'urbanizzato e dalle infrastrutture rispetto alla SAU e alle altre superfici

Tabella 2 - Statistiche sull'aumento delle aree urbanizzate e sulla perdita di terreni naturali e agricoli nel periodo 1950 – 1990 in alcune delle principali città europee – I dati sono tratti direttamente dal data base dei progetti Murbandy/Moland [10]

Città	Superficie totale km <sup>2</sup>	Totale area Urbanizzata km <sup>2</sup>		Aumento area artificiale (%) nel periodo di studio (1950 - 1990)	Perdita di aree naturali e agricole sul totale dell'area (%) nel periodo di studio (1950 – 1990)
		1950	1990		
ALGARVE	781,5	32,2	119,1	270,4	11,4
BILBAO	169,6	27,4	61,4	124,2	20,6
BRATISLAVA	462,7	40,8	123,3	202,6	18,1
BRUXELLES	1308,8	318,6	560,3	75,9	19,3
COPENHAGEN	665,0	242,7	386,1	59,1	19,4
DUBLIN	676,8	163,1	319,3	95,8	22,7
DRESDEN	1256,7	231,1	314,1	36,0	7,3
GRENOBLE	193,4	31,1	91,4	193,5	31,2
HELSINKI	1041,5	135,0	326,0	191,0	31,2
IRAKLION	29,8	9,0	21,7	139,7	41,3
LYON	311,6	122,8	222,6	81,2	32,7
MARSEILLE	328,3	93,5	150,2	60,7	17,6
<b>MILANO</b>	<b>325,2</b>	<b>114,5</b>	<b>233,4</b>	<b>103,8</b>	<b>37,0</b>
MUNICH	797,8	246,7	357,0	44,7	14,3
NICOSIA	75,9	24,8	52,0	109,6	36,6
PORTO	197,5	51,3	121,5	136,8	35,7
<b>PADOVA-VENEZIA</b>	<b>515,5</b>	<b>69,7</b>	<b>188,9</b>	<b>171,0</b>	<b>23,1</b>
<b>PALERMO</b>	<b>223,1</b>	<b>27,8</b>	<b>86,5</b>	<b>211,0</b>	<b>26,0</b>
PRAGUE	797,6	186,9	288,4	54,4	13,2
RUHRGEBIET	352,6	219,8	273,9	24,6	18,8
SETUBAL	22,6	3,3	11,2	243,3	33,1
SUNDERLAND	199,7	84,6	106,7	26,1	12,9
TALLINN	1070,1	88,3	182,1	106,1	10,0
VIENNA	841,8	249,7	341,1	36,6	11,5

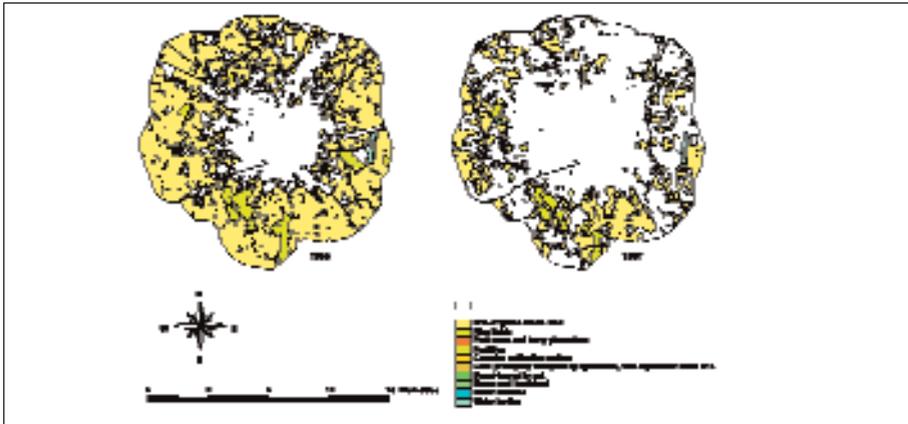


Figura 5 - Perdita di terreni naturali e agricoli a Milano tra il 1956 e il 1998 [10]

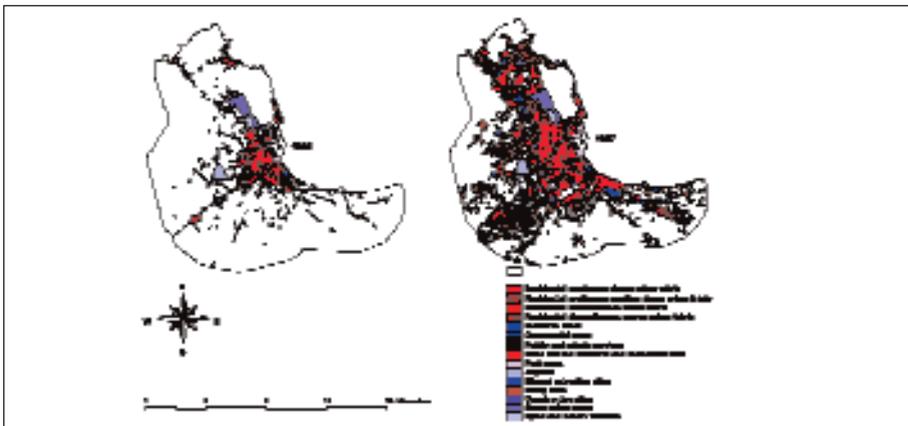


Figura 6 - Ampliamento dell'area urbana di Palermo tra il 1955 e il 1997 [10]

Valutazioni analoghe sull'aumento delle aree urbanizzate sono fatte da Campania [1], Lombardia [4] e Toscana [14]. L'Arpa Lombardia afferma che *"le profonde trasformazioni del territorio operate dalla massiccia urbanizzazione hanno avuto, molto spesso, un influsso negativo che si avverte non solo dal punto di vista paesaggistico e naturalistico, ma anche nella gravità della risposta che il territorio dà nei confronti dei fenomeni naturali, come le alluvioni. Infatti in zone fortemente urbanizzate gli effetti del fenomeno alluvionale vengono accentuati, sia in termini di aumento della velocità di scorrimento delle acque superficiali (incidenza sui tempi di derivazione) sia sui volumi di acqua (portate di massima piena), sia in termini di gravità dei danni sociali e ambientali."*

In Piemonte [5, 13] in soli otto anni, tra il 1991 e il 1998, c'è stato un incremento delle aree urbanizzate del 4,45%, con le maggiori variazioni che si concentrano all'intorno dell'area metropolitana torinese. Il documento della Regione Piemonte [13] esamina anche il problema della dispersione degli insediamenti e degli incrementi urbani, e afferma che *"a consumi elevati non corrispondono uguali tassi di dispersione. Infatti le maggiori dispersioni si presentano in aree alquanto marginali rispetto sia allo sviluppo effettivo, sia all'incremento di consumo del"*

suolo negli ultimi anni. Sotto questo aspetto si può vedere un Piemonte diviso nettamente in tre: una parte meridionale poco vivace e poco attenta alla concentrazione degli interventi, una parte settentrionale abbastanza attenta alla dispersione seppure a fronte di bassi consumi di suolo e, infine, una parte centrale che sembra più interessata alla forma urbana – mantenendo i suoi sviluppi all'interno dell'edificato – che ai numeri dell'incremento di consumo”.

Anche la Regione Siciliana [18] evidenzia, accanto all'aumento delle aree urbanizzate, il fenomeno della “suburbanizzazione, la tendenza cioè alla localizzazione fuori dai centri metropolitani (maggiori capoluoghi) a favore dei comuni della cintura, secondo raggi sempre più ampi e direttrici preferenziali variabili in relazione ai diversi contesti geografici e ai diversi gradi e tipologie di gravitazione (servizi amministrativi, sanità, tempo libero, eventi,...), Il tessuto urbano assume,... (omissis)..., caratteri riconducibili al modello della città diffusa, caratterizzata da un elevato consumo di suolo (per la prevalenza di modelli residenziali a bassa densità), da elevati costi di gestione e da consistenti flussi di pendolarismo, dovuti alla mancanza di servizi di ordine superiore.”

Forte è in tal senso anche il richiamo fatto dagli esperti lombardi [20] che citano le *Linee generali di assetto del territorio lombardo*, le quali considerano anche le trasformazioni edilizie del territorio ricavabili dal confronto delle edizioni della Carta tecnica regionale al 1980 e al 1994 e affermano: “praticamente non c'è non solo comune, ma nucleo edificato che non registri qualche espansione nel periodo considerato [...] valutabile mediamente nell'ordine del 20%, e ciò anche nelle aree non particolarmente dinamiche [...], in base a un numero limitato di 'modelli' di espansione, che si ripetono con una certa uniformità nei comuni di un medesimo ambito territoriale.”

### **2.3 Il fenomeno dell'urbanizzazione nelle aree costiere**

Valutando l'evoluzione dell'uso del suolo a livello generale, emerge nell'ultimo decennio una progressiva diminuzione della superficie destinata ad aree agricole, con recupero di suoli boscati o seminaturali, ma si evidenzia altresì un aumento delle superfici impermeabilizzate. Questo fenomeno, generalizzato su tutto il territorio nazionale, è particolarmente evidente sulla fascia costiera, come dimostra l'indicatore riportato nella figura 7; viene riportata l'evoluzione dell'urbanizzato tra il 1975 e il 1992; l'indicatore è stato costruito da Apat/CTN TES rielaborando dei dati forniti dal progetto Lacoast (<http://www.lacoast.gov/>), un importante progetto europeo che si è occupato dei problemi di gestione sostenibile delle aree costiere [7].

Gli usi del suolo sono stati ricavati tramite fotointerpretazione di immagini da satellite e fotografie aeree, dove non erano disponibili coperture satellitari, seguendo la metodologia del Progetto *CORINE Land Cover (CLC)*. Sono stati analizzati i livelli vettoriali relativi alle due annate ricavando il *data base* dei cambiamenti per i tre livelli della legenda del CLC in una fascia di 10 chilometri dalla costa.

Si assiste ad un generale incremento delle superfici dei terreni modellati artificialmente passando dai dati del 1975 a quelli del 1992, a scapito dei terreni agricoli (84%) e dei terreni boscati e aree seminaturali (16%). L'incremento è quasi ovunque molto consistente, con punte elevatissime nelle province di Viterbo, Matera, Catania, Siracusa, Macerata, Ascoli Piceno, Udine e Brindisi con percentuali superiori al 60% e valori comunque elevati in Sicilia, Marche, Abruzzo e Puglia.

Nel merito di questo problema, Arpa Liguria [3], nel sottolineare il problema dell'abbandono delle aree interne, collinari o montane, afferma che “l'urbanizzazione delle aree costiere e delle piane di fondovalle ha quindi come effetto indiretto quello di favorire la desertificazione delle aree collinari e montane abbandonate. E non si tratta solo di un impoverimento dei suoli, della copertura vegetale e delle risorse idriche: l'abbandono comporta la perdita di un complesso ricco e articolato di risorse culturali, il dissolversi di identità e tradizioni locali, la 'desertificazione sociale' dovuta al venir meno di una trama di relazioni economiche, sociali e umane”.

Naturalmente i problemi ambientali aumentano se l'incremento di urbanizzato avviene al di fuori delle regole e delle leggi, come evidenziato dalla Regione Calabria [19], soprattutto in relazione al problema dell'erosione costiera "va osservato che l'urbanizzazione selvaggia degli ultimi 30 anni ha determinato una serie di sconvolgimenti sui fattori di controllo dell'equilibrio costiero che sono:

1. l'occupazione degli alvei, il prelievo di acqua dalle aste idriche, lo scompaginamento delle reti di deflusso superficiale, con conseguente diminuzione di apporto solido alla costa;
2. il prelievo di inerti in alveo;
3. l'occupazione, con manufatti di vario genere, della fascia costiera interessata alla normale espansione dell'energia marina, nel settore dei cordoni dunari, il che ha determinato l'aumento della capacità erosiva del mare;
4. le sistemazioni idraulico-forestali nelle aree interne che contribuiscono a rallentare se non ad impedire il trasporto solido negli alvei torrentizi."

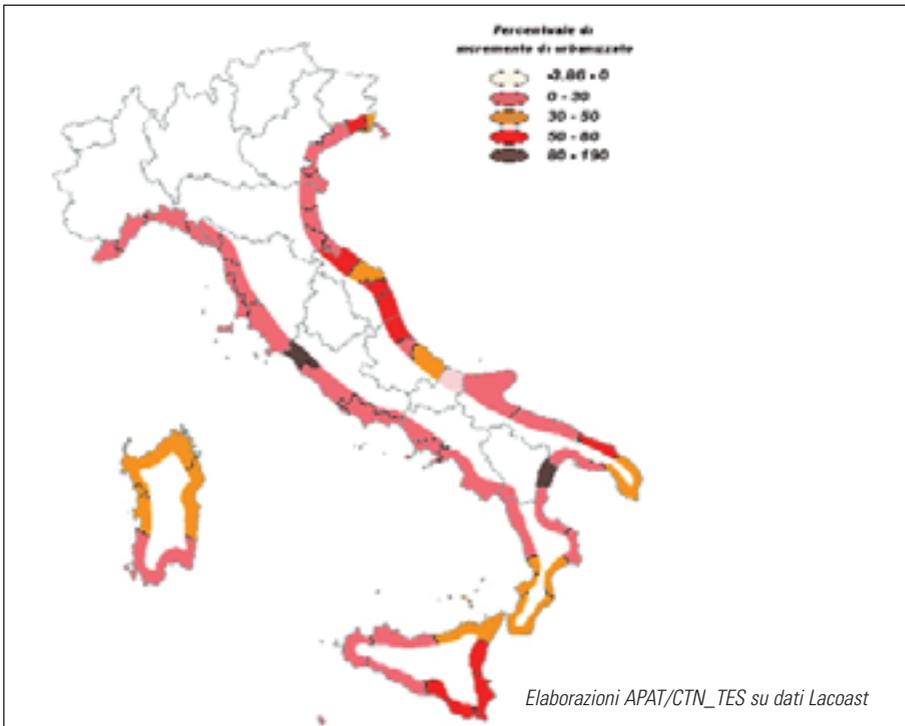


Figura 7 - Variazione delle superfici urbanizzate tra il 1975 e il 1992 nella fascia costiera di 10 km; rappresentazione a livello provinciale

## 2.4 Gli impatti derivanti dall'impermeabilizzazione del suolo

### Effetti diretti

L'effetto principale dell'impermeabilizzazione è sicuramente quello correlato alla gestione delle acque. A causa dello strato impermeabile la pioggia non può direttamente infiltrarsi nel suolo; in alcuni casi, come per le piccole strade, l'infiltrazione può avvenire nelle aree permeabili immediatamente adiacenti, ma in genere le acque piovane devono essere raccolte attraverso opportune canalizzazioni.

L'impermeabilizzazione completa, oltre a ridurre l'infiltrazione delle acque, impedisce l'evapotraspirazione dalle piante e dal suolo e diminuisce l'umidità del suolo al di sotto della superficie impermeabilizzata. Il suolo impermeabilizzato non può dunque funzionare da stoccaggio per le acque; se l'acqua non può infiltrarsi sotto lo strato impermeabile, diminuisce anche la capacità di ricarica delle falde.

Lo strato impermeabile costituisce una barriera verticale tra la pedosfera, l'atmosfera e l'idrosfera e, influenzando negativamente sui flussi di acqua e di aria, modifica i rapporti tra la pedosfera e la biosfera.

L'opera di impermeabilizzazione comporta spesso dei cambiamenti anche nella morfologia dell'area; si pensi, ad esempio, alle superfici spianate necessarie nei grandi parcheggi o negli aeroporti. Inoltre, durante le fasi di costruzione (emissioni dei veicoli, rifiuti), di manutenzione (diserbanti, sali antighiaccio, sabbie, drenaggi, ...) e di demolizione (polveri, emissioni, rifiuti, ...) possono essere negativamente influenzate anche le aree confinanti, anche in funzione del tipo di materiale utilizzato per l'impermeabilizzazione.

### **Effetti indiretti**

Come già si è accennato, le aree impermeabilizzate, in funzione delle loro forme e dimensioni, possono costituire delle barriere per le acque superficiali e sotterranee, modificandone od orientandone i flussi. Questo comporta degli effetti non solo sulle superfici impermeabilizzate, ma anche su quelle confinanti; le barriere idrauliche costituite da superfici impermeabilizzate possono causare, ad esempio, una concentrazione delle acque sui suoli adiacenti non impermeabilizzati, aumentando il rischio di erosione.

## **2.5 Alcune possibili risposte**

### **Convenzione sulla riduzione del consumo di suolo**

La crescita delle città si accompagna alla impermeabilizzazione; ciò significa che il controllo e il decremento della crescita delle città ridurrà l'aumento delle aree impermeabilizzate. Sarebbe sicuramente necessario e auspicabile che venisse introdotto, attraverso una apposita convenzione internazionale, un obiettivo di riduzione almeno della velocità di consumo del suolo. Questo potrebbe riguardare, in prima istanza, le aree dell'Unione Europea interessate dalla presenza di città che occupano aree sempre più vaste.

Inoltre, molte città mostrano una espansione in direzione dei terreni a maggiore fertilità, operando in questo modo non solo un aumento del consumo di suolo, ma consumando il miglior suolo presente nelle vicinanze. Questa tendenza non è assolutamente accettabile. La crescita delle città deve essere controllata in modo che l'espansione avvenga nella direzione dei suoli a minor fertilità.

Occorre perciò valutare la qualità dei suoli e monitorarne il consumo. L'attuale trend di aumento dello spazio vitale pro-capite deve essere fermato e invertito. L'impermeabilizzazione può essere ridotta, ad esempio, con un utilizzo migliore e più efficiente delle costruzioni, quali l'uso di parcheggi per il commercio durante il giorno e per le residenze vicine durante la notte oppure l'utilizzo degli uffici su due turni giornalieri.

### **Misure tecniche**

L'ammontare delle superfici impermeabilizzate potrebbe essere ridotto costruendo la maggior parte delle abitazioni non come case ad un solo piano, che occupano molto spazio, ma come palazzi più alti, con una base, e dunque un'occupazione di suolo, più ristretta. Questo significherebbe cambiare l'indirizzo costruttivo prevalente da linee orizzontali a linee verticali, utilizzando costruzioni interrato non solo per i parcheggi, ma anche per determinate produzioni o attività commerciali, anche considerando che le tecnologie oggi disponibili possono facilmente risolvere i problemi di illuminazione e di ricambio dell'aria.

Sicuramente da combattere è la “diffusione insediativa” [20], chiamata in differenti modi (“città diffusa”, “campagna urbanizzata”, “ville éparpillée”, “ville sans cité”, “spread city”, “spawling”, “exurbia”, e così via) ma sempre caratterizzata dal fattore densità, prevalentemente molto basso alla mesoscala e nelle configurazioni locali. Gli stessi Stati Uniti, dove più ha avuto modo di realizzarsi l’utopia del substrato residenziale a bassa densità, sono da tempo in fase di ripensamento e l’American Planning Association, già nel 1990 ha ammesso che *“i pianificatori sono giunti alla conclusione che occorrerebbe istituire dei confini urbani in modo da preservare gli spazi aperti ed evitare la peste dello sprawl, un modello che, da un’analisi comparata della letteratura, implica un costo di capitale per strade, servizi e scuole del 50% più alto di un modello residenziale equivalente di case unifamiliari contigue.”*

Lo stesso Documento di Lipsia [21] indica tra gli obiettivi prioritari l’esigenza di *“evitare la diffusione urbana, la dispersione degli insediamenti e le densità urbane molto deboli, che aumentano la dipendenza dall’automobile (e dunque l’inquinamento atmosferico), esercitano una pressione sulle zone rurali e gonfiano la spesa pubblica per investimenti sociali e culturali e per la gestione delle infrastrutture.”*

In un recente documento, elaborato per iniziativa della Presidenza del Consiglio dei Ministri, citato da Mariani et.al. [20] vengono esplicitati alcuni criteri da assumere nel progetto della città compatta:

- una definizione netta del confine urbano/rurale, che scoraggi processi di sprawl;
- una densificazione insediativa in corrispondenza degli spazi liberi o delle aree dismesse presenti in città;
- una densificazione mirata in corrispondenza dei sub-centri esterni alla conurbazione densa ben serviti dal trasporto pubblico e organizzati in senso reticolare e policentrico (il modello danese della decentralized concentration);
- una diversificazione funzionale del tessuto urbano in queste nodalità compatte;
- un decongestionamento della città centrale e una sua riorganizzazione in senso reticolare e policentrico a scala metropolitana”.

### **Misure fiscali**

L’impermeabilizzazione dovrebbe essere compensata dal pagamento per la perdita delle risorse naturali; chi origina fenomeni di impermeabilizzazione dovrebbe essere obbligato o a ristabilire lo stato originale del suolo prima dell’intervento, oppure a pagare per la perdita della risorsa, compresi i costi sociali (perdita di qualità della vita per i residenti) e quelli relativi alla salute (il sealing favorisce i rumori, l’emissione di polveri, l’uso di sostanze tossiche,...).

### **La pianificazione e l’impermeabilizzazione**

Le aree impermeabilizzate fanno parte degli oggetti di pianificazione territoriale. Spesso però i pianificatori delle città progettano aree urbane dove ampie superfici impermeabilizzate sembrano fornire una speciale sfera di urbanità; questo fa parte della loro sfera artistica, e significa che le aree impermeabilizzate non sono state definite per necessità, in funzione del loro uso, ma per puro gusto estetico.

Per contro, una pianificazione attenta e abile potrebbe minimizzare il sealing e scegliere tipologie di impermeabilizzazione con limitati effetti negativi. Questo significa che il consumo di suolo per impermeabilizzazione deve entrare tra i criteri di valutazione dei piani regolatori.

Alcune misure di pianificazione suggerite dal TWG europeo sono:

- fare propri i principi dell’ecologia e della giustizia ambientale;
- ridurre gli impatti negativi della domanda di risorse urbane e dello smaltimento dei rifiuti;
- garantire un flusso di indirizzi pianificatori dal nazionale al regionale al locale;
- analisi dei cicli di vita (LCA), valutazione dei cambiamenti climatici;
- monitoraggio della richiesta di aree impermeabilizzate.

A questo punto, è bene sottolineare quanto evidenziato da altri autori [20], cioè l'importanza del "livello sovracomunale di piano, per gestire il conflitto urbano-agricolo nell'individuazione delle località centrali dove programmare la disponibilità di suolo in funzione della pur necessaria crescita urbana, dove localizzare alternative insediative rispetto all'attuale inaccettabile e indifferenziata diffusione insediativa, dove impedire l'irresponsabile (o responsabilmente egoista) spreco di una risorsa limitata e irriproducibile come è lo spazio rurale, dove infine esprimere il governo ambientale sostenibile nel "momento di sintesi" del piano. Ma tale sintesi è fattibile solo se, una volta rappresentate le ragioni dello spazio rurale, sia stato all'un tempo innescato anche un processo di riorganizzazione urbana atto a risolvere le molteplici contraddizioni insediative "all'interno" dell'armatura preesistente; laddove non sia stata avvertita tale necessità, e non sia stato elaborato un progetto di contenimento dei "limes", e la città non si sia dimostrata sensibile a verificare la sostenibilità a medio-lungo termine degli interventi urbanistici in direzione della riconquista di un modello (locale e spaziale) "centrato", continueremo ad assistere alla perpetuazione degli attuali fenomeni di diffusione insediativa, indifferenziata nelle sue tipologie e forme d'uso e condizioni strutturali e indifferente alle componenti fisiche: una vera iattura quasi a un punto di non ritorno, perlomeno nel paese in cui viviamo."

## 2.6 Il de-sealing

Il processo di de-impermeabilizzazione (de-sealing) si avvale spesso di tecniche di intervento meccanico, il cosiddetto intervento attivo, raramente di tecniche passive, di tipo naturale, alcune volte delle combinazioni delle due.

La de-impermeabilizzazione per mezzo di macchinari e strumenti tecnici vede l'intervento diretto dell'uomo soprattutto attraverso opere di demolizione che possono restituire all'area impermeabilizzata una parte delle funzioni che il suolo aveva prima della sua ricopertura. In alcuni casi la copertura impermeabilizzante ha protetto il suolo sottostante dalla contaminazione; la de-impermeabilizzazione può quindi restituire anche suoli di qualità.

La metodologia di de-impermeabilizzazione naturale prevede di abbandonare le aree per lungo tempo, consentendo una degradazione naturale del materiale di copertura ed una progressiva ricolonizzazione da parte della flora e della fauna.

Entrambi i metodi presentano vantaggi e svantaggi. L'intervento diretto dell'uomo, ad esempio, ha come vantaggi la velocità, l'asportazione di eventuali materiali pericolosi, la creazione di posti di lavoro; per contro, ha dei costi elevati, un alto consumo energetico, la produzione di gas e polveri, la necessità di smaltire, se contaminati, o comunque di ricollocare i materiali impermeabilizzanti rimossi. Il vantaggio principale della metodologia naturale è nel basso costo; inoltre, la mancanza di interventi meccanici pesanti, preserva il biota esistente; si pensi, ad esempio, al fatto che le rovine sono spesso degli habitat ottimali per uccelli, pipistrelli e altre piante e animali; l'ecosistema, evolvendo lentamente, garantisce un elevato potenziale biologico. Gli svantaggi si identificano nei tempi lunghi e nel fatto che eventuali materiali pericolosi rimangono sul sito. La velocità dei processi naturali di de-impermeabilizzazione richiede di essere monitorata, in quanto differisce in funzione del clima, dei materiali di costruzione geologiche e ambientali delle aree confinanti.

In alcuni casi, la via migliore di de-impermeabilizzazione può essere una combinazione dei metodi attivo e passivo. Occorre comunque analizzare attentamente i pro e i contro delle possibili metodologie.

## 2.7 Consumo di suolo nell'area metropolitana torinese

La Provincia di Torino ha costruito, nell'ambito del proprio Sistema Informativo Territoriale, un osservatorio per il monitoraggio del consumo dei suoli e, sulla base dei dati di impianto, ha prodotto un primo bilancio della trasformazione del suolo; questa conoscenza, indispensabile per

pianificare e governare correttamente il territorio, costituisce un indicatore indispensabile per valutare la eco-sostenibilità delle politiche territoriali condotte dai diversi Enti.

E' stata pertanto realizzata una base dati geografica digitale diacronica, documentando le trasformazioni avvenute tra il 1820 e il 2000. L'acquisizione delle diverse informazioni cartografiche e la loro trasformazione in formato digitale ha consentito l'impianto di un data-base cartografico-vettoriale sulla trasformazione del suolo, contenente informazioni per i primi 4 periodi (1816, 1880, 1922, 1955) e un dettaglio (quantità per tipologia prevalente di uso) per il periodo 1990 e 2000.

Sono in corso di acquisizione nuove cartografie di dettaglio (immagini satellitari o fotografie aeree con risoluzione non superiore al metro) che consentano una continua lettura delle mutazioni di origine antropica a livello territoriale.

Da una prima analisi sui risultati si possono effettuare diverse considerazioni: sia di carattere territoriale (variazione delle superfici urbanizzate) che di carattere socio-demografico (andamento della popolazione residente). Tali considerazioni valutano inizialmente i due caratteri singolarmente, successivamente considerano i due fenomeni come strettamente correlati tra loro e vanno ad individuare le possibili connessioni.

Tabella 3 - Ambito Area Metropolitana Torinese. Andamento diacronico

<b>Anni</b>	<b>Superficie urbanizzata ha</b>	<b>Superficie urbanizzata/ Superficie comunale %</b>	<b>Tasso medio annuo di incremento %</b>	<b>Popolazione residente numero</b>	<b>Densità di popolazione comunale ab/ha</b>	<b>Densità di popolazione/ Superficie urbanizzata ab/ha</b>
<b>1820</b>	1.397,50	1,60	nd	nd	nd	nd
<b>1880</b>	7.567,90	8,80	2,90	366.790	4,30	48,50
<b>1920</b>	11.955,20	13,90	1,10	634.365	7,40	53,10
<b>1960</b>	27.842,40	32,40	2,10	1.292.466	15,10	46,40
<b>1990</b>	35.630,40	41,50	0,80	1.585.594	18,50	44,50
<b>2000</b>	36.618,9	42,70	0,30	1.461.174	17,00	39,90

Fonte: Provincia di Torino

Nel periodo compreso tra il 1815 ed il 1830 si evidenzia un reticolo urbanizzato composto da aree di dimensioni ridotte uniformemente distribuite sull'area di pianura e, con minore densità, lungo i fondivalle principali; la loro dimensione era decisamente inferiore all'1% rispetto al territorio provinciale.

I risultati dell'analisi del secondo livello temporale preso in considerazione, quello relativo al periodo centrale del XIX secolo, comincia a mettere chiaramente in evidenza i primi processi migratori, prevalentemente dalla campagna verso la città, in conseguenza della crisi del settore agricolo che ha caratterizzato questo periodo. L'aumento complessivo, che a livello provinciale vede aumentare la superficie urbanizzata fino ad oltre il 2%, viene in gran parte assorbito dall'accrescimento della superficie antropizzata della città di Torino, la cui dimensione risulta aumentare, in questi cinquant'anni, di circa nove volte. E' il miraggio di un'occupazione nel "neonato" settore industriale oltre che in quello artigianale, manifatturiero e commerciale a svolgere una funzione attrattiva anche se si tratta ancora di una mobilità di tipo occasionale, determinata dalla prospettiva di impieghi temporanei come maggior alternativa alla decadente attività agricola.

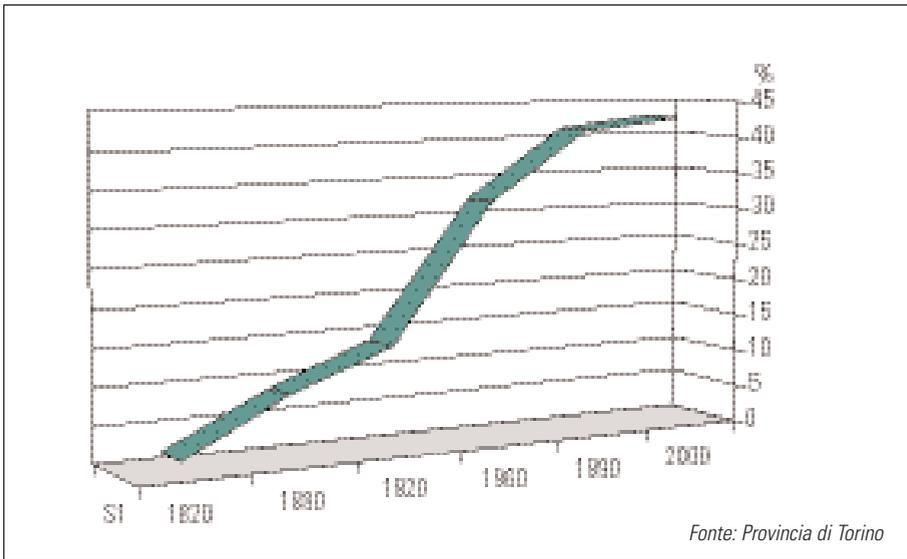


Figura 8 - Ambito Area Metropolitana Torinese - Superficie urbanizzata rispetto alla superficie comunale (%)

Forti segnali di un generale sviluppo del settore industriale (nell'ultimo ventennio dell'800 e nel primo decennio del '900), legato alla nascita della Fiat oltre che all'insediamento di alcuni altri stabilimenti, determinano un ulteriore forte aumento dei processi migratori "interni" all'ambito regionale verso Torino. La risposta della città ad un massiccio incremento della popolazione (dalle 250.000 unità registrate nel 1880 si passa a quasi mezzo milione di residenti; fonte Istat) trova riscontro in un processo di urbanizzazione che vede pressoché raddoppiato il rapporto tra la superficie costruita e la superficie comunale. In questo lasso di tempo, specialmente per motivazioni di carattere economico, cominciano a sorgere aree urbanizzate all'esterno della città, in particolare lungo le principali vie di accesso ad essa; cominciano così a costituirsi i primi quartieri periferici popolari e i primi agglomerati che andranno in futuro a formare la prima cintura torinese.

L'apice per queste dinamiche si determina nel periodo centrale del XX secolo quando si registra il boom industriale che genera consistenti flussi migratori "esterni". Nel 1960 la città di Torino registra oltre un milione di abitanti, l'area metropolitana sfiora 1.300.000 e l'intera provincia supera 1.820.000.

Questo aumento demografico viene assorbito attraverso un ulteriore sviluppo delle superfici urbanizzate che raggiunge, per l'area metropolitana, tassi di incremento medio annui del 2.14% a fronte del 1.59% registrato a livello di tutta la Provincia. Vale a dire il raggiungimento di una percentuale di occupazione del suolo superiore al 32% a livello dell'area metropolitana rispetto al 7.6% complessivo sul territorio provinciale. Si saturano le aree periferiche (in Torino risulta ormai antropizzato oltre l'80% del territorio comunale) e si assiste ad un processo evolutivo urbano che porta alla fusione di centri urbani lungo i loro assi di collegamento; Torino, Rivoli e Collegno ad ovest (sull'asse di C.so Francia), Settimo T.se a nord, Moncalieri a sud, Orbassano e Beinasco a sud-est vengono, attraverso la loro espansione, a formare un'unica conurbazione. Lo stesso processo, anche se in maniera meno amplificata, lo si osserva lungo le principali vallate prealpine ed alpine; dal Canavese alla Valle di Susa, al Pinerolese.

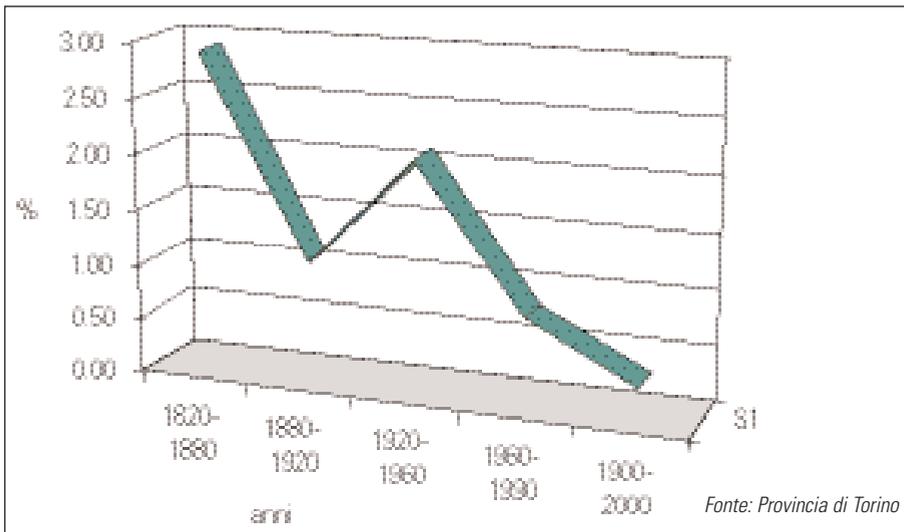


Figura 9 - Ambito Area Metropolitana Torinese - Tasso medio annuo di incremento dell'urbanizzazione (%)

L'affacciarsi della crisi del settore industriale e soprattutto le politiche di decentramento delle attività produttive e un forte sviluppo del settore terziario nel periodo dagli anni '70 agli anni '90 determinano un'inversione di tendenza riscontrabile a livello nazionale. A fronte di una continua crescita, benché in termini molto ridotti, delle superfici urbanizzate, e di un ulteriore mite incremento demografico nel contesto provinciale, si osserva un processo di decentramento del ruolo che aveva ricoperto finora l'area torinese.

Indicatore di questa situazione è il decremento demografico del comune pari ad oltre 60.000 unità (dai 1.025.822 residenti del 1960 si passa ai 962.507 del 1991).

Questa situazione permane nel decennio successivo (1990-2000), quando anche a livello provinciale si osserva, per la prima volta, una diminuzione della popolazione residente (-6%). Gli unici ambiti ancora in progressione sotto l'aspetto demografico risultano essere la Valle di Susa (+6%), il Canavese (+3%) ed il Carmagnolese (+2%).

Continui, ma ormai in forte frenata, sono invece le dinamiche di accrescimento del reticolo urbano che si sviluppano attraverso un processo di *sprawling*, attraverso, cioè, una distribuzione con caratteristiche più casuali e disordinate rispetto a quelle osservate in precedenza. Questi fenomeni trovano alcune motivazioni, oltre al decentramento già citato, nella diminuzione del numero di componenti dei nuclei familiari a fronte di un'inalterata dimensione degli spazi occupati, nonché nella richiesta di investimento nel campo immobiliare. E' quindi proprio di questo decennio la dicotomia a livello provinciale tra l'andamento dell'espansione urbana e quello dell'evoluzione demografica; all'aumentare della prima, per la prima volta da duecento anni, corrisponde un decremento della popolazione residente.

### 3. LA QUALITÀ AMBIENTALE DEI SUOLI URBANI

#### 3.1 Le specificità dei suoli urbani

Le aree urbane presentano uno spettro molto ampio di utilizzo del suolo: giardini pubblici e privati, campi da gioco, discariche, aree ex industriali, argini di fiumi e canali, terrapieni delle ferrovie, orti familiari e terreni dedicati all'agricoltura, che pur essendo spesso localizzati alle

periferie, sono sempre sotto l'influenza dell'area urbana. Lo studio della natura dei suoli urbani e il problema del monitoraggio sono d'attualità a causa dell'incremento di contaminazione e delle implicazioni legate alla salvaguardia della salute umana, nonché del nuovo interesse legato alla pianificazione di un ambiente urbano sostenibile.

Lo scopo è raggiungere una conoscenza più approfondita delle caratteristiche generali dei suoli urbani dato che la loro fisionomia è diversa da tutti gli altri suoli (naturali, agrari ecc.). La conoscenza del suolo nella pianificazione è fondamentale, anche al fine di evitare errori che potrebbero rivelarsi costosi, sia in termini economici che ambientali.

In Italia la questione dei suoli urbani è di grande interesse, data l'origine antica della struttura urbanistica di molte delle città italiane per cui la stratificazione dei suoli è molto complessa in quanto frutto di riporti, di macerie da bombardamenti, incendi ecc. È auspicabile l'approfondimento delle tematiche connesse all'ambiente urbano per fronteggiare i gravi problemi come quello del traffico e la carenza di spazi destinati al verde.

Il suolo urbano è stato definito come il prodotto della mescolanza e riporto, anche di materiali estranei al suolo e di origine antropica, soggetto a processi di contaminazione specifici e situato in aree urbane e suburbane [22]. Recentemente si è più orientati a definire come suolo urbano semplicemente ogni suolo situato in area urbana.

Il suolo urbano si differenzia dagli altri tipi di suolo perché è più influenzato nella sua composizione dall'azione umana che dagli agenti naturali, come invece avviene negli altri tipi di terreno. Da questo punto di vista i suoli urbani possono essere considerati gli ultimi componenti di un *continuum* caratterizzato da un graduale incremento dell'attività umana, che va dai suoli naturali indisturbati, ai suoli agricoli, per finire con i suoli urbani, dove l'influenza umana è massima e dove le componenti naturali sono spesso scomparse.

In ogni caso il suolo urbano subisce l'azione antropica in modo preponderante, e il risultato è la formazione di suoli policiclici, creati dalla superposizione di molti suoli giovani.

### **3.1.1 Variabilità verticale ed orizzontale**

Contrariamente ai terreni naturali, che presentano un profilo composto di orizzonti verticali degradanti gradualmente o nettamente, il suolo urbano non ha un profilo, o meglio presenta una grandissima variabilità, sia verticale che orizzontale, proprio perché alla base della sua formazione non ci sono processi pedogenetici, ma la stratificazione di detriti, materiali di riporto, edili, resti di scavi di fondamenta. La componente grossolana di diametro superiore a 2 mm, fino a 10 cm circa, è presente in quantità a volte notevole e contribuisce alla caratteristica eterogeneità del suolo urbano. La grande variabilità nei suoli urbani si riscontra non solo in aree a differente destinazione d'uso, ma anche all'interno di un medesimo spazio.

### **3.1.2 Alterazione della struttura tendente alla compattazione**

La cinetica di trasformazione dei materiali in ambiente urbano è molto più veloce di quella che si verifica sotto il controllo dei processi naturali di formazione del suolo: l'uso di macchinari come trattori e bulldozer, per giorni o mesi, è sufficiente a modificare completamente il paesaggio urbano e le caratteristiche del suo suolo. Gli scavi per le nuove costruzioni, il riporto di macerie, l'aggiunta di "topsoil" cioè lo strato superficiale ricco di sostanza organica, per scopi paesaggistici e l'asporto di tale strato con i lavori pesanti, la preparazione del terreno per nuovi impieghi, impediscono, dove effettuati, di monitorare le interazioni nelle vicinanze del sito. È noto che la manipolazione è una delle cause primarie della distruzione della struttura, come la compattazione dovuta a calpestamento e la carenza di sostanza organica che in ambiente urbano spesso non subisce apporti naturali, né artificiali. In tale situazione, l'erosione che è il principale fattore di formazione del suolo naturale, svolge un ruolo insignificante rispetto ai fattori di trasporto e accumulo.

### ***3.1.3 Formazione di crosta superficiale sul suolo nudo e limitazione di aerazione e drenaggio***

Spesso sui suoli urbani si assiste al fenomeno della formazione di crosta superficiale che è riscontrabile, anche visivamente, dall'aspetto compatto impenetrabile e idrofobico e, quando piove, dal ristagno idrico. La formazione di crosta superficiale è conseguenza dell'assenza di vegetazione, di struttura e di sostanza organica, inoltre può essere causata anche dalle deposizioni sul suolo di derivati del petrolio. In ogni caso, l'effetto è il ruscellamento dell'acqua, quindi la mancanza di inumidimento del suolo e di scambi gassosi. Anche l'alto grado di copertura edilizia della superficie in ambiente urbano limita la capacità naturale del suolo di scambiare aria e acqua. Talvolta strati impenetrabili si possono formare anche ad una certa profondità.

### ***3.1.4 Modificazione del pH***

I suoli, quando sono posti in ambiente urbano, spesso presentano una reazione modificata rispetto ai luoghi di prelievo originale; infatti il pH spesso aumenta a causa della presenza di materiali calcarei di origine edile e all'irrigazione con acque calcaree. Lo spostamento del pH verso l'alcalinità ha dei riflessi molto importanti sul comportamento di alcuni contaminanti come i metalli pesanti, nonché sulla gestione del verde coltivato.

### ***3.1.5 Volume disponibile per l'accrescimento radicale***

Ai fini dello sviluppo della vegetazione, i fattori che svolgono un ruolo determinante sono la penetrabilità e lo spazio esplorabile dalle radici, la presenza dei nutrienti e la superficie libera per gli scambi idrici e gassosi. L'apparato radicale degli alberi in condizioni naturali si sviluppa generalmente per una superficie di diametro pari a circa l'estensione della chioma e profonda un metro, in ambiente urbano invece lo sviluppo radicale delle piante è spesso limitato in uno spazio di suolo ridotto e all'altezza dell'orizzonte di transizione, soprattutto in presenza di grandi quantità di materiale grossolano. Dato che la profondità dei suoli è limitata lungo le strade, gli spartitraffico e vicino alle fondamenta di edifici e, data la presenza di terreni di cattiva qualità, spesso altamente compattati, le radici possono svilupparsi per una estensione che a volte è inferiore a un metro. Anche la presenza di malta, cemento e asfalto nel materiale sottosuperficiale comporta un ostacolo sia fisico che chimico allo sviluppo radicale. Il volume disponibile per l'accumulo di nutrienti e acqua risulta molto diminuito.

### ***3.1.6 Flora urbana***

I suoli urbani si distinguono anche per la flora e la fauna caratteristiche e sono supporto di una vegetazione ornamentale diversificata per vari habitat come per esempio parchi, giardini, spartitraffico e prati, inoltre ha grande importanza la vegetazione coltivata a scopi alimentari; nelle nostre città, sebbene non tanto quanto nei paesi in via di sviluppo dove l'agricoltura urbana è fonte di sostentamento per migliaia di persone, il fenomeno degli orti urbani e dell'agricoltura periferica non deve essere sottovalutato ai fini del monitoraggio soprattutto della contaminazione dei suoli. Nonostante gran parte della vegetazione dell'ambiente urbano sia coltivata, si riscontra la presenza di flora spontanea, chiamata dai botanici "urbica", che può costituire un livello interessante di biodiversità, più alto di quello che si riscontra negli adiacenti suoli agricoli, dove, a causa della somministrazione di diserbanti e fertilizzanti, tale flora spontanea spesso è scomparsa del tutto. Occorre comunque una attenta valutazione della situazione ambientale prima di esprimere un giudizio sul potenziale reale di biodiversità.

### **3.1.7 Presenza di sostanze di origine antropica e di contaminanti**

Oltre ai materiali estranei al suolo come gli scarti di costruzioni, i mattoni, la calce, il legno trattato, la plastica, il vetro, l'asfalto, il metallo, la carta e i rifiuti organici, possono essere presenti diversi gruppi di contaminanti chimici come i fitofarmaci, i metalli pesanti e i contaminanti organici. I fitofarmaci immessi nel suolo possono, a seconda della composizione chimica, evaporare nell'atmosfera, essere adsorbiti ai colloidali, percolare a livelli più profondi o nella falda, dare luogo a reazioni chimiche, decomposizione e assorbimento da parte delle piante.

Sintomi di danni da fitofarmaci sono riscontrabili sugli alberi cittadini come disturbi nella crescita e sviluppo di foglie e gemme, clorosi internervale e necrosi. Negli ambienti urbani si riscontra la presenza di metalli pesanti come arsenico, piombo, zinco, nichel, mercurio, rame, cadmio e cromo che derivano da attività domestiche, inceneritori, trasporti, smaltimento, industrie. I metalli vengono adsorbiti dai colloidali del suolo e dalla sostanza organica, entrano in misura modesta nel ciclo attraverso l'assorbimento da parte di piante.

E' stata riscontrata la tendenza all'accumulo in organismi terricoli (lombrichi e gasteropodi). La concentrazione è variabile e la pericolosità è costituita dalla persistenza e il contenuto decresce con la profondità dello strato di suolo. Nei suoli urbani a causa della reazione alcalina è stata riscontrata una riduzione della solubilità dei metalli pesanti, ma anche la composizione del suolo urbano influenza la capacità di filtrare, accumulare e detossificare gli inquinanti organici.

La presenza di suoli industriali sia dismessi che bonificati deve essere attentamente valutata al fine di caratterizzare la contaminazione presente.

## **3.2 Monitoraggio dei suoli urbani**

### **3.2.1 Criteri per l'individuazione dei punti di prelievo**

L'eterogeneità spaziale caratteristica dei suoli urbani comporta una notevole difficoltà nell'individuazione dei siti, che possono essere di dimensioni molto ridotte, e dei punti di prelievo per interpretare le variazioni nel tempo dei parametri considerati.

E' quindi importante svolgere un'indagine conoscitiva preliminare di tutta l'area urbana, e in seguito alla scelta dei siti, svolgere sopralluoghi in campo, effettuare un'attenta analisi di valutazione del sito e della sua rappresentatività, e valutare in campo quali e quanti saranno i punti di prelievo necessari.

### **Densità dei siti**

Il numero di siti da campionare deve essere rappresentativo delle varie tipologie di suolo e delle varie criticità. Per una questione di contenimento di costi, l'intensità di campionamento (e quindi del numero di siti) può essere raggiunta attraverso un'analisi ragionata.

### **Densità del campionamento**

La selezione "a griglia" è realizzabile solo sui siti di maggior dimensioni, come i parchi pubblici, mentre in altre aree più piccole o più irregolari è necessario in ogni caso stabilire il campionamento basandosi su criteri ragionati. Per stabilire la profondità di campionamento è necessario effettuare un taglio del "profilo" per stabilire a quale profondità prelevare; in linea di massima si possono considerare gli strati 0-10 e 10-30 cm; questi rappresentano gli strati più interessati dall'azione antropica. Nel caso in cui ci siano degli strati impenetrabili a profondità elevata si stabilirà di volta in volta di approfondire la profondità di campionamento.

Il numero di campionamenti dipenderà necessariamente dal contesto in cui si colloca il sito, in linea di massima è necessario un campionamento per ogni area omogenea e in caso di aree di grandi dimensioni almeno un campionamento ogni 50 m<sup>2</sup>. Eventualmente dopo le prime analisi di laboratorio, ove ritenuto necessario, si potrà procedere ad un infittimento.

Per la descrizione del sito deve essere definito il sistema di geo-referenziazione utilizzato (UTM, GAUSS-BOAGA); per le modalità di campionamento, trasporto e conservazione dei campioni si fa riferimento al *metodo I.1 "Modalità di prelevamento di campioni di suolo da sottoporre ad analisi"* in Metodi ufficiali di analisi chimica dei suoli (Supplemento Ordinario G.U. n; 248 del 21.10.1999).

### **3.2.2 Parametri da monitorare**

I parametri da determinare sono schematizzati nella Tabella 4 allegata basata sui principali parametri presi in considerazione dalle SMN europee.

Una prima parte della tabella si riferisce alla descrizione del sito: tipo di uso, dimensioni, presenza o meno di vegetazione, spontanea o coltivata, sull'intero sito e in particolare sul punto di prelievo. È importante anche definire la presenza di strutture edificate o di tubature, sia perché limitano il volume di terreno, sia perché possono cedere sostanze estranee. A questo scopo è utile rilevare la presenza nel suolo sia di materiali estranei (plastica, mattoni, rifiuti in generale) sia la pendenza che può essere causa di fenomeni di erosione. Potendo accedere ai dati storici, sarebbe opportuno inserire l'anno di riporto del suolo o degli ultimi lavori pesanti.

La seconda parte della scheda si riferisce ai principali parametri fisici che sono anche quelli che definiscono il livello di degradazione del suolo. La tessitura, con particolare attenzione allo scheletro, in quanto nel suolo urbano può essere una componente importante; la composizione granulometrica che può avere dei riflessi sul comportamento dei contaminanti; il compattamento, la penetrabilità e la presenza di croste superficiali sono tutti parametri che sono legati alla porosità e danno un'idea della possibilità dei movimenti di acqua e aria e delle radici. La determinazione del contenuto di acqua nel suolo è un parametro importante perché individua l'acqua disponibile per la crescita dei vegetali. La terza parte riguarda i parametri chimici: la sostanza organica è indice di stabilità degli aggregati e quindi di struttura, inoltre è importante per la valutazione della vulnerabilità dei suoli nei confronti dei contaminanti, questo vale anche per pH e CSC.

La valutazione del contenuto di nutrienti può essere necessaria nel caso di suoli destinati a verde ornamentale o agricolo, l'apporto di nitrati con le piogge talvolta risulta consistente. Infine, per quel che riguarda i contaminanti, oltre ad una valutazione ragionata e ad una ricerca storica sulla provenienza del suolo, è importante analizzare la presenza di inquinanti tenendo presente che non sempre il contenuto corrisponde all'attesa, a causa dell'origine incerta del riporto dei suoli urbani. Tra i metalli pesanti sono importanti il Pb, proveniente dagli scarichi di veicoli, batterie e vernici, lo Zn da batterie, produzione di gomma, scarichi veicolari e fitofarmaci, il Hg da catalisi per processi industriali, fitofarmaci e batterie, il Ni da batterie, l'As da fitofarmaci e rifiuti del petrolio, il Cd da residui di vernici, plastica, batterie, il Cu da attività agricole e fitofarmaci, il Cr da acciaio, prodotti cromati, vernici. È importante conoscere il valore totale e il biodisponibile per avere un dato della reale mobilità e quindi pericolosità di un determinato metallo. IPA e MBTE sono importanti inquinanti organici dell'ambiente urbano e sarà opportuno svolgere le analisi dove ritenuto necessario. Anche per i parametri biologici che sono indicatori importanti della degradazione del suolo, vale lo stesso discorso devono essere presi in considerazione dove vi sia la necessità specifica.

Tabella 4 - Parametri da determinare

<b>Caratteristiche del sito</b>	<b>Parametri</b>
	Descrizione area di prelievo
	Presenza di vegetazione
	Tipo di vegetazione del punto di prelievo
	Strutture adiacenti (muri, tubature, marciapiedi distanti < 2-3 m)
	Morfologia (pendenza)
	Materiali estranei
<b>Tipo e struttura del suolo</b>	Compattazione
	Tessitura
	Scheletro
<b>Parametri chimici</b>	Sostanza organica
	C.S.C.
	pH
	Conducibilità
<b>Nutrienti</b> (dovrebbero essere ricercati solo in caso di riutilizzo dei suoli per rinverdimenti e messa a dimora di alberi)	N
	P
	K
<b>Contaminazione</b>	Metalli Pesanti
	I.P.A.
	M.T.B.E.
	Altri inquinanti organici

### 3.2.3 Metodologie per il campionamento

L'indagine sui suoli urbani non differisce molto da quella tradizionale, tuttavia sono necessarie specifiche procedure di caratterizzazione a partire dalla scelta del volume di suolo necessario da considerare e dai parametri per il campionamento (Soil Sampling: a BSG guide, 1998, British Geological Survey).

Negli ambienti urbani sono presenti varie tipologie di suolo legate all'uso prevalente, che possono essere semplificate nelle seguenti categorie:

- parchi e giardini pubblici;
- aiuole spartitraffico;
- parchi giochi e scuole;
- giardini privati;
- orti e terreni agricoli.

E' importante ai fini del monitoraggio mettere in relazione la tipologia di suolo con i dati ottenuti dalle analisi, per ricavare delle mappe tematiche che possono essere appoggiate ai fini della valutazione dell'adeguatezza dei suoli e del loro uso e quindi di aiuto alla pianificazione.

### 3.2.4 Metodologie di analisi di parametri specifici

Facendo riferimento ai parametri precedentemente menzionati, vengono di seguito specificate le metodiche ufficiali.

Tabella 5 - Metodiche analitiche

	<b>Parametri</b>	<b>Metodica</b>
<b>Tipo e struttura del suolo</b>	Compattazione	<i>Metodo II.1, II.2, II.3, II.4, II.5, II.6</i> Metodi ufficiali di analisi chimica dei suoli (Supplemento Ordinario G.U. n° 248 del 21.10.1999)
	Tessitura	
	Scheletro	
<b>Parametri chimici</b>	Sostanza organica	<i>Metodo VII.1, VII.2, VII.3</i>
	C.S.C.	<i>Metodo XIII.1, XIII.2</i>
	pH	<i>Metodo III.1</i>
	Conducibilità	Metodo IV.1
<b>Nutrienti</b> (dovrebbero essere ricercati solo in caso di riutilizzo dei suoli per rinverdimenti e messa a dimora di alberi)	N	<i>Metodo VII.1, XIV.1, XIV.2, XIV.3, XIV.4, XIV.5, XIV.6</i>
	P	<i>Metodo XV.1, XV.2, XV.3, XV.4</i>
	K	<i>Metodo X.1, X.2, X.3</i>
<b>Contaminazione</b>	Metalli Pesanti	<i>Metodo XI.1, XI.2, XI.3, Metodo IRSA n.10</i>
	I.P.A.	<i>Metodo IRSA n. 25, Metodo ISO 13877</i>
	M.T.B.E.	<i>Analisi in spazio di testa con detector FID o spettrometro di massa</i>
	Altri inquinanti organici	Le metodiche specifiche saranno definite una volta determinati gli eventuali inquinanti presenti, si consiglia comunque di procedere sempre ad una analisi di screening utilizzando una estrazione con solvente tipo diclorometano e determinazione con gas-cromatografia accoppiata con spettrometria di massa

### **3.2.5 Interpretazione dei risultati**

L'archiviazione dei dati deve essere effettuata con un data base che permetta la gestione e l'analisi dei parametri rilevati in campo e in laboratorio; sarà necessario anche archiviare e gestire i dati relativi alla georeferenziazione e le informazioni soggette ad aggiornamento periodico ed inoltre utilizzare schede descrittive dei vari punti di campionamento che definiscono l'ambiente nei suoi vari aspetti.

Nell'interpretazione dei dati è indispensabile tener conto della localizzazione dei vari punti con un'accurata conoscenza dell'area indagata (storia pregressa, flussi di traffico, sia pesante che leggero, eventuali trattamenti, presenza di insediamenti industriali, commerciali, artigianali con particolare attenzione agli impianti di trattamento e stoccaggio rifiuti). Sarà necessario produrre mappe, tenendo conto sia della destinazione d'uso del suolo sia di tutti i parametri analizzati, dato l'alto grado di variabilità spaziale dei suoli. I dati possono anche essere valutati attraverso l'analisi statistica delle classi di frequenza.

Le conoscenze di base in questo settore sono carenti per cui è necessario analizzare le problematiche in maniera interdisciplinare in modo da coinvolgere tutte le discipline legate ai molteplici aspetti del suolo come fisica, chimica, ecologia, biologia, ingegneria, ecc.

Stabilito che il suolo urbano si differenzia dagli altri per una sua fisionomia specifica, a volte addirittura come materiale quasi inerte, privo delle proprietà dei suoli naturali o agrari, diventa opportuno stabilire principi di base su cui costruire una classificazione applicabile ai terreni di ogni città, corredata da un protocollo specifico riguardante tutti gli aspetti tecnici come campionamenti, analisi ecc. In seguito si potrebbero creare delle mappe urbane dei suoli per ogni città, che potrebbero servire da appoggio per la pianificazione.

Riguardo ai contaminanti, è importante impostare la ricerca per fornire una comprensione migliore del problema della relazione tra sostanze inquinanti del suolo urbano, salute della popolazione ed ecosistema in generale. A questo proposito è senz'altro utile un'indagine storica, riguardante le attività svolte in passato in un determinato luogo, al fine di motivare l'eventuale presenza di determinati contaminanti, stabilire una relazione tra le classi di pericolosità e i gruppi di popolazione più esposti al rischio, anche al fine della valutazione della necessità di una bonifica e della definizione della tecnica da utilizzare.

È importante anche incentivare la ricerca su flora e fauna urbana, sull'individuazione di piante resistenti all'inquinamento del suolo e delle strategie adottate da tutti gli organismi vegetali e animali per affrontare l'ecosistema città; a questo proposito è utile ricordare quanto sia importante la presenza della vegetazione in città e come col suo apparato radicale contribuisca proprio alla salvaguardia delle proprietà fisico-chimiche e biologiche del suolo.

### **3.3 Qualità ambientale dei suoli urbani – Primi risultati del progetto UrbSoil**

Nelle aree urbane le funzioni ambientali del suolo assumono particolare rilievo, persino maggiore di quanto non ne possano avere in ambiti naturali, forestali o agricoli, come peraltro è stato già ampiamente illustrato nei precedenti paragrafi. Sono infatti molto maggiori le pressioni che qui il suolo deve sostenere: è superiore la quantità di inquinanti che ad esso arrivano per via diretta o indiretta ed è più ampia la varietà di contaminanti, per le differenti attività che si svolgono in una città. Tra le fonti di contaminazione sono notevoli il traffico e le emissioni industriali ma non vanno sottovalutate attività quali lo smaltimento di rifiuti, che nelle aree urbane sono particolarmente rilevanti. Le pratiche agronomiche che possono conservarne la fertilità sono scarse; il suolo può essere sovente rimaneggiato o mescolato a materiali estranei; infine, viene progressivamente impermeabilizzato dall'espansione delle aree urbane. Come risultato i suoli urbani possono avere caratteristiche chimiche e fisiche molto variabili poiché risentono dei rimaneggiamenti e dei rimescolamenti degli strati superficiali e della eventuale presenza di materiali vari di origine antropica.

D'altra parte la prossimità con l'uomo acuisce il potenziale danno alla biosfera che dal suolo può derivare, considerato che circa l'80% della popolazione europea vive in aree urbane. In primo luogo il notevole carico di inquinanti può diminuire la capacità del suolo di immagazzinarli o degradarli, favorendo il loro passaggio alla falda o alle piante. Si pensi poi alla frequentazione delle aree verdi, all'uso delle aree dedicate al gioco dei bambini, alle aree verdi delle scuole: sono occasioni di inalazione e ingestione di particelle di suolo che possono trasportare inquinanti. Non va inoltre sottovalutato il contributo che il suolo può dare al particolato atmosferico, specie se le condizioni chimico-fisiche (scarsa quantità di sostanza organica, scarsa struttura, compattazione,...) lo rendono incline all'erosione eolica. La progressiva impermeabilizzazione altera i flussi idrici facendo confluire sul suolo scoperto acque ed elementi in esse contenuti in quantità superiori al normale, accentuando la lisciviazione dei contaminanti verso la falda. La funzione ecologica fondamentale di ecosistema tamponato viene indebolita dalla ridotta superficie di suolo scoperto, su cui si concentrano i fattori di pressione. Inoltre, la scarsa fertilità pregiudica la qualità delle aree verdi le quali sono fondamentali per la qualità della vita urbana.

E' infine da sottolineare come le trasformazioni urbanistiche, e in particolare la deindustrializzazione, che ha lasciato libere vaste zone spesso molto contaminate, hanno posto notevoli problemi di ripristino delle qualità del suolo. Qualità che assume particolare rilevanza perché non si tratta soltanto di qualità agronomica, né solamente di qualità ambientale ma anche di quella qualità paesaggistica e ricreativa di grande importanza sociale e culturale.

Nella città di Torino [23] sono stati campionati 70 siti (profondità 0-20 cm) - parchi, alberate o aiuole spartitraffico - in diverse località della parte pianeggiante (figura 8.10). I suoli sono stati analizzati presso i laboratori del Settore Chimica Agraria del DiVaPRA dell'Università di Torino. Questo lavoro fa parte di una più ampia ricerca, condotta in ambito Europeo (progetto URBSOIL) che fornirà dati relativi a circa 250 siti nella città di Torino.

I suoli urbani si presentano con un pH decisamente più elevato rispetto a quello delle aree circostanti (tabella 6). Mentre la pianura su cui si trova Torino ha un pH media di 5.6, in città si riscontra un valore di 7.2. Si ritiene che ciò sia dovuto alle aggiunte di detriti di costruzioni - cemento, intonaci, mattoni - che vengono normalmente incorporati al suolo e che possono innalzarne il pH. I valori di carbonio organico sono generalmente bassi, se si considera che l'apporto della biomassa vegetale è ben minore che in campo agricolo.

Per ciò che riguarda la granulometria delle particelle, si osserva che i suoli di Torino sono generalmente sabbiosi, con un basso contenuto di argilla.

In generale, tuttavia, si deve notare come l'intervento dell'uomo renda le caratteristiche dei suoli urbani molto variabili, come osservato in altre città di analoghe dimensioni.

Altrettanto variabili sono i contenuti in metalli pesanti (tabella 7). Se confrontati con le leggi vigenti (DM 471/99) molte alcune concentrazioni sono al di sopra dei limiti di legge. Il Piombo e lo Zinco, che derivano più che altro dal traffico veicolare, sono in media al di sopra dei limiti legislativi, in linea con gli enormi flussi di traffico di una città come Torino. Il rame, che ha varie origini industriali, non sembra invece destare particolari preoccupazioni. Va precisato che il contenuto totale (*pseudo-totale*) non sempre riflette la reale pericolosità ambientale di un elemento che potrebbe trovarsi - è questo il caso del piombo - in forme chimiche non immediatamente bio-disponibili.

Diversa la situazione di Cromo e Nichel che sono presenti nei suoli piemontesi di pianura in quantità elevate a causa della matrice litologica che, per la presenza di rocce ultramafiche, può aumentarne la concentrazione nei depositi alluvionali. I suoli di Torino non fanno eccezione benché si debba considerare che vi sia un certo apporto antropico.

Tabella 6 - Statistica descrittiva delle principali proprietà dei suoli campionati nella città di Torino

	<b>pH CaCl<sub>2</sub></b>	<b>Sabbia %</b>	<b>Limo %</b>	<b>Argilla %</b>	<b>C<sub>org</sub> %</b>	<b>CSC cmol<sub>e</sub>/kg</b>
Media	7.2	70	21	9	1.6	11.3
Mediana	7.4	71	19	9	1.4	10.4
Max	7.8	89	43	17	4.8	26.3
Min	4.7	44	6	4	0.3	4.7
Deviazione Standard	0.6	8.1	8.1	3.2	0.9	4.1
Numero siti	70	70	70	70	70	70

C<sub>org</sub>: carbonio organico; CSC: capacità di scambio cationico

Tabella 7 - Parametri della distribuzione di alcuni metalli pesanti nei suoli della Città di Torino

	<b>Cr mg/kg</b>	<b>Cu mg/kg</b>	<b>Ni mg/kg</b>	<b>Pb mg/kg</b>	<b>Zn mg/kg</b>
Media	191	90	209	149	183
Mediana	157	76	175	117	149
Max	870	283	790	870	545
Min	67	34	103	31	78
Deviazione Standard	132.4	47.9	117.9	120.6	97.3
Numero siti	70	70	70	70	70

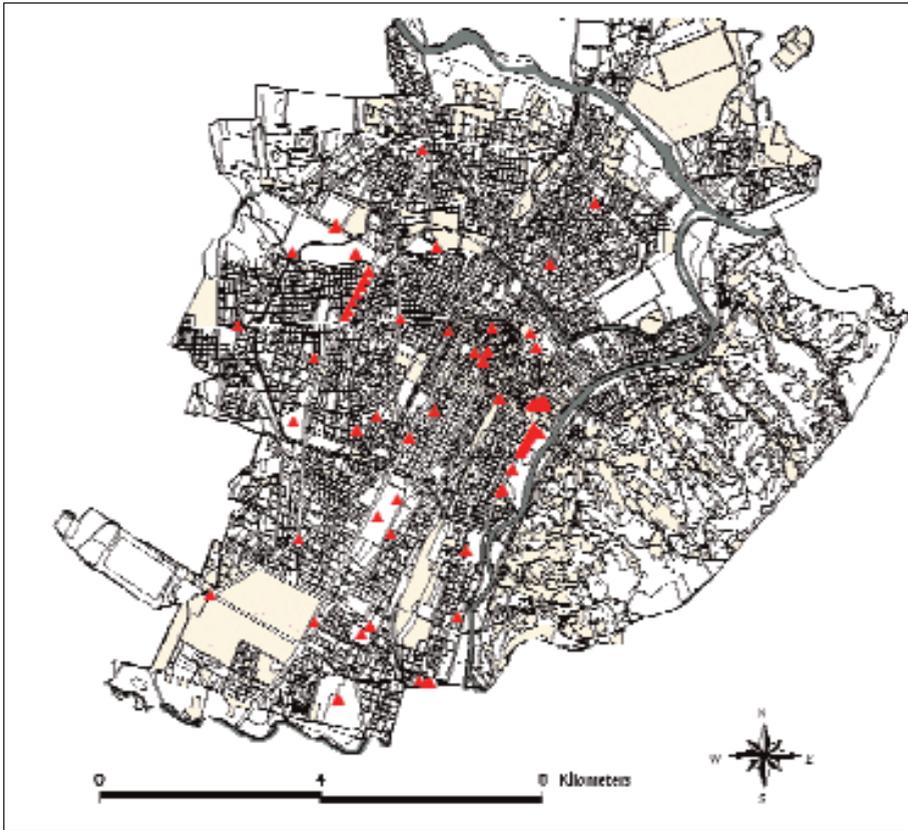


Figura 10 - Indicazione dei punti di prelievo dei campioni

## REFERENZE

1. Arpa Campania – 2003 - "Primo Atlante ambientale della Campania 2003 – Sintesi della Seconda relazione sullo stato dell'ambiente"
2. Arpa Friuli Venezia Giulia – 2001 - "Rapporto sullo stato dell'ambiente 2001"
3. Arpa Liguria - "Relazione sullo stato dell'ambiente 1999-2000-2001 in Liguria"
4. Arpa Lombardia – 2003 - "Rapporto sullo stato dell'ambiente in Lombardia: segnali ambientali 2003"
5. Arpa Piemonte – 2003 - "Rapporto sullo stato dell'ambiente 2003"
6. APAT – 2003 - "Anuario dei dati ambientali 2003"
7. Dosch, F. and Beckmann, G., 2000. - Der Flächenverbrauch in Deutschland hat sich intensiviert. In: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
8. European Environment Agency – EEA – 2002 - "Environmental Signals 2002 – Benchmarking the millennium" - Environmental Assessment Report n. 9
9. European Environment Agency – EEA – 2002 - "Proceedings of the Technical Workshop on Indicators for Soil Sealing" - Technical Report n. 80 - 2002
10. European Environment Agency – EEA – 2002 - "Towards an urban Atlas" - Environmental issue report n. 30 - 2002
11. European Environment Agency – EEA – 2003 - "Europe's environment: the third asses-

- sment" - Environmental Assessment Report n. 10
12. PIK (Postdam Institute for Climate Impact Research) – 2000 - "Proceedings of the European conference on advances in flood research" - Postdam, November 2000 – PIK Report 65 - PIK
  13. Regione Piemonte – 2003 - "Trasformazioni territoriali in Piemonte (prime metodologie di analisi)" - Quaderni della Pianificazione – Regione Piemonte – 13 aprile 2003
  14. Regione Toscana – 2001 - "Segnali ambientali in Toscana 2001: indicatori ambientali e politiche pubbliche"
  15. Umweltbundesamt, UBA 2001. - Versiegelt Österreich Der Flächenverbrauch und seine Eignung als Indikator für Umweltbeeinträchtigungen.
  16. UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) – 2000 - "Meeting of the Parties to the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes" - The Hague, Netherlands, 23-25 March 2000
  17. European Environment Agency – EEA – 2001 - "Towards spatial and territorial indicators using land cover data" - Technical Report n. 59 – 2001
  18. Regione Siciliana – 2002 - "Relazione sullo stato dell'ambiente in Sicilia 2002"
  19. Regione Calabria – 2000 - "Primo rapporto sullo stato dell'ambiente in Calabria"
  20. Mariani L., Paolillo P.L. e Rasio R. - 2001 - "Climi e suoli lombardi" - Rubbettino, Soveria Mannelli, 2001
  21. Comitato di sviluppo spaziale della UE – 1994 - "Documento di Lipsia"
  22. Craul P. J., 1992, "Urban soil in Landscape Design" - John Wiley & Sons, USA, 1992
  23. Arpa Piemonte, 2004 - Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Piemonte 2004

