

# LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELLE GRANDI AREE URBANE ITALIANE

## F. GALLUZZO

(APAT - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, Servizio CARG, Rilevamento Geologico e Analisi di Laboratorio)

---

### PREMESSA

La conoscenza geologica del territorio, sia superficiale che profonda, rappresenta un requisito fondamentale per una corretta politica di sviluppo e di programmazione ambientale e territoriale, soprattutto in un paese come l'Italia, industrializzato, densamente abitato e soggetto a rischi naturali, nonché con esigenze sempre maggiori di utilizzo delle georisorse.

In questo contesto, la cartografia geologica rappresenta uno strumento fondamentale per la conoscenza del territorio e quindi per la programmazione e pianificazione ad opera delle autorità nazionali e locali (ad es. per la predisposizione di piani regolatori, di piani di bacino, di piani paesistici, ecc.), per la previsione e prevenzione dei rischi naturali, per l'individuazione e il corretto sfruttamento delle georisorse, prima tra tutte l'acqua.

In Italia, dopo il completamento della carta geologica alla scala 1:100.000, a partire dagli anni '70 è cominciata la realizzazione di una carta geologica del territorio nazionale a scala di semi-dettaglio (1:50.000). Solo con la fine degli anni '80, però, è iniziato un vero progetto di cartografia geologica esteso a scala nazionale (Progetto CARG), coordinato dal Servizio Geologico Nazionale, ora Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia dell'APAT, e realizzato attraverso la collaborazione con le Regioni e Province Autonome, con i Dipartimenti universitari di Scienze della Terra e con vari istituti del CNR. Questo modello organizzativo è particolarmente adeguato al nostro Paese, per la propria complessità geologica e l'organizzazione amministrativa dello Stato.

Le Leggi 67/88, 305/89, 438/95 e 226/99 hanno messo a disposizione i finanziamenti necessari per la realizzazione di circa il 40% del totale dei fogli alla scala 1:50.000 che coprono il territorio nazionale. A questi finanziamenti statali vanno aggiunti i cofinanziamenti regionali.

Il Progetto CARG, realizzato secondo linee guida pubblicate negli anni '90 dal Servizio Geologico Nazionale, prevede il rilevamento dei dati alla scala 1:10.000, la loro informatizzazione ed organizzazione in una banca dati geologici alla scala 1:25.000 e la stampa dei fogli, con relativa nota illustrativa, alla scala 1:50.000.

### CONOSCENZA GEOLOGICA DELLE GRANDI AREE URBANE

I prodotti cartografici ed informatici derivanti dal Progetto CARG assumono una grande rilevanza nel caso di fogli geologici nei quali ricadono grandi centri abitati, in particolare le maggiori aree urbane. Per la corretta realizzazione di tali fogli, infatti, è necessario acquisire una gran mole di dati del sottosuolo, derivanti da pozzi, sondaggi, gallerie, indagini geofisiche, ecc., che permettono di avere un quadro generale non solo della situazione geologica di superficie ma anche di quella profonda.

Inoltre, data l'importanza sociale ed economica di tali aree, vengono generalmente approfonditi, a seconda delle esigenze e delle differenti realtà, gli studi idrogeologici, geotecnici, di subsidenza e, più in generale, di tutte quelle situazioni di particolare rilevanza dal punto di vista dei rischi naturali. Tali informazioni trovano posto nella banca dati e in appositi capitoli delle note illustrative.

E' evidente come la disponibilità di questi dati e la loro utilizzazione dovrebbe indirizzare un' oculata pianificazione urbana, volta a prevenire i danni connessi ai fenomeni naturali e, nel contempo, a migliorare la qualità della vita. Ad esempio: la ricostruzione della geometria delle falde acquifere permette di tutelarle meglio dall'inquinamento; la ricostruzione del cuneo salino nelle città costiere può evitare fenomeni di salinizzazione delle falde; la localizzazione delle cavità sotterranee, fenomeno questo particolarmente diffuso in città come Roma e Napoli, può evitare il verificarsi di crolli di edifici e infrastrutture; la valutazione e giusta considerazione dei rischi naturali (sismico, vulcanico, idrogeologico) e le misure conseguenti eviterebbero eventi luttuosi e danni economici rilevantissimi.

Attualmente, tutti i maggiori centri urbani italiani, ad eccezione di Firenze e Trieste, rientrano in fogli geologici in corso di realizzazione: Torino, Milano, Venezia, Genova, Bologna, Roma, Cagliari, Napoli, Bari, Palermo, Catania, Messina. Non si tratta di una casualità ma di una precisa scelta strategica del Servizio Geologico e delle Regioni interessate che concordemente hanno deciso di finalizzare una parte dei finanziamenti disponibili alla realizzazione di questi fogli geologici.

Come per tutti i fogli del Progetto CARG, i prodotti previsti consistono in:

- Carte geologiche alla scala 1:10.000 (che rimangono presso le regioni e province autonome), 1:25.000 e 1:50.000, corredate da legenda - nella quale vengono descritti i caratteri litologici e stratigrafici delle rocce affioranti -, da profili geologici e da schemi.

- Note illustrative, nelle quali vengono estesamente descritte, anche con l'ausilio di foto, grafici e tabelle, tutte le informazioni di carattere stratigrafico, tettonico, geomorfologico, applicativo, ecc. che solo graficamente e con apposita simbologia possono essere riportate sulle carte, insieme alle quali le note vengono pubblicate. Le note contengono anche un'ampia bibliografia che riassume le conoscenze geologiche, anche storiche, dell'area.

- Banca dati alla scala 1:25.000, nella quale viene inserita una gran mole di dati, sia puntuali che areali, che possono essere elaborati per molteplici usi.

La realizzazione della cartografia geologica e degli studi connessi nei centri urbani sopra elencati sono in differenti stati di realizzazione, a seconda dell'inizio delle attività.

E' in fase di allestimento per la stampa il foglio geologico n. 557 "*Cagliari*".

Sono in fase di rilevamento concluso i fogli geologici n. 128 "*Venezia*", n. 213 "*Genova*", n. 221 "*Bologna*", n. 374 "*Roma*", n. 601 "*Messina-Reggio Calabria*" e n. 634 "*Catania*".

Sono in corso di rilevamento i fogli geologici n. 155 "*Torino Ovest*", n. 156 "*Torino Est*", n. 118 "*Milano*", n. 438 "*Bari*", n. 447 "*Napoli*" e n. 595 "*Palermo*".

## **SINTESI DELLE CONOSCENZE**

Poiché i fogli geologici ancora in corso di rilevamento non permettono, allo stato attuale, di avere informazioni sufficienti per ricostruire un quadro generale delle caratteristiche e delle problematiche geologiche dei centri urbani in essi ricadenti, ci si concentrerà qui nell'operare una prima sintesi, volutamente molto generica, dei dati relativi alle città di Venezia, Genova, Bologna, Roma, Messina, Catania e Cagliari.

In base ai successivi stati di avanzamento, sarà possibile cominciare ad inquadrare la situazione anche degli altri centri urbani.

I dati qui presentati, anche se relativi solo ad alcune delle grandi città, permettono comunque di avere uno spettro abbastanza ampio di casistiche, con problematiche geologiche in prima approssimazione estendibili anche agli altri centri urbani.

Per ogni città è stata operata una sintesi delle informazioni e dei dati originali riportati, principalmente, sui fogli e sulle relative note illustrative. Queste ultime contengono sempre un'ampia bibliografia, utilizzata dagli Autori delle note per la redazione delle stesse.

## VENEZIA

Le aree urbane di Venezia e Mestre rientrano nei Fogli geologici alla scala 1:50.000 n. 127 "Mestre" e n. 128 "Venezia". Allo stato attuale è in corso di realizzazione il solo Foglio "Venezia", che include il centro storico e il settore settentrionale della Laguna di Venezia. Il Foglio è realizzato dalla Regione Veneto, con la collaborazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze Marine (ISMAR) di Venezia e della Provincia di Venezia. Tutte le informazioni di seguito riportate sono tratte dalle note illustrative del Foglio (in preparazione), redatte da Tosi et al., con contributi di: Carbognin L. & Teatini P. (subsidenza ed eustatismo), Iliceto V. (sismologia), Vitturi A., Bassan V. & Zambon G. (idrogeologia) e dall'ampia bibliografia in esse citata, cui si rimanda.

L'evoluzione nel tempo della Laguna di Venezia è legata all'interazione tra la dinamica fluviale e la dinamica costiera. In particolare, l'evoluzione del reticolo idrografico, oltre che da cause naturali, è stata fortemente condizionata, in tempi storici, dall'intervento antropico, attraverso la realizzazione di deviazioni, canali ed argini volti a salvaguardare la laguna da alluvioni e interrimenti. Soprattutto la deviazione dei corsi d'acqua prima del loro sbocco nella laguna ha comportato locali cambiamenti nella distribuzione degli ambienti, con sostituzione di aree paludose o di torbiere da parte di aree più strettamente lagunari. Anche la dinamica costiera è stata fortemente condizionata dall'intervento antropico - soprattutto a causa dell'urbanizzazione - oltre che dall'erosione, con notevole riduzione del lungo e potente sistema di dune che costituiva, fino al XX secolo, la principale difesa dalle mareggiate.

I terreni presenti nella Laguna di Venezia sono rappresentati da depositi sciolti, costituiti da sabbie, limi e argille, con frequenti intercalazioni torbose. Tale stratigrafia, che caratterizza anche tutta la bassa pianura veneta, condiziona la struttura idrogeologica dell'area, che vede un sistema multifalde differenziato costituito da sei acquiferi principali, confinati da orizzonti argillosi e localizzati a profondità variabili tra -55m e -340m. Il forte sfruttamento dei sei acquiferi fino alla fine degli anni '60 ha provocato gravi problemi di subsidenza; attualmente, l'emungimento delle falde avviene solo localmente, in modo limitato e in via provvisoria. Anche per questo, nella situazione attuale, non si segnalano problemi particolari di intrusione salina nei sei acquiferi considerati.

Il fenomeno dell'abbassamento relativo del suolo rispetto al livello del mare è ovviamente il problema principale di Venezia, soprattutto in considerazione del fatto che la città ha un'elevazione

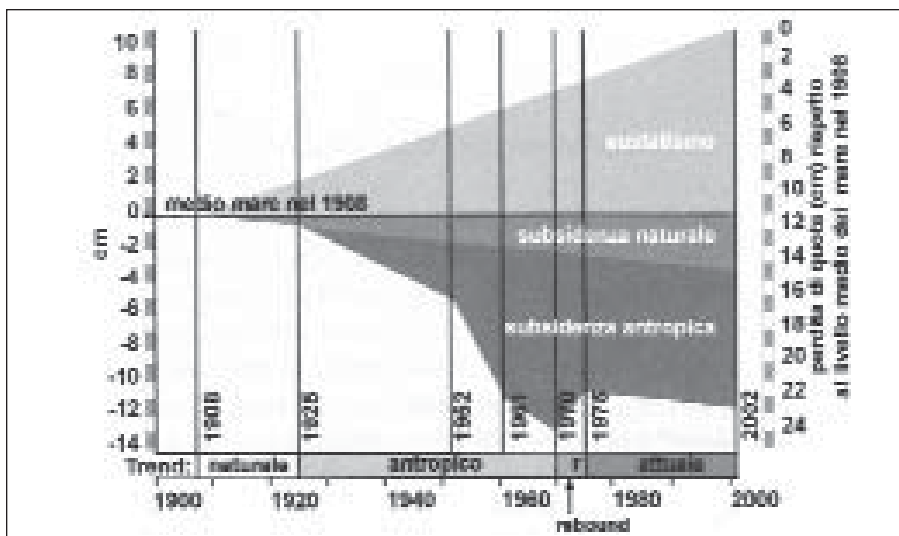


Fig. 1 – Rappresentazione grafica dei tre fenomeni che hanno concorso a ridurre l'altimetria veneziana durante il secolo scorso (aggiornata da Gatto & Carbognin, 1981)

ormai ridotta a pochi decimetri. L'abbassamento relativo del suolo, che nel secolo scorso è stato stimato complessivamente in 23 cm, è la conseguenza di tre concause: l'eustatismo e la subsidenza antropica e naturale (fig. 1). Tali fenomeni hanno provocato l'aumento della frequenza e dell'intensità dell'acqua alta nonché l'erosione dei litorali e dei bassi fondali lagunari. L'eustatismo è stato calcolato in circa 1 mm/anno per l'Adriatico settentrionale (con un valore complessivo di circa 10 cm nell'ultimo secolo), mentre la subsidenza naturale, dovuta al costipamento dei depositi, è valutata attualmente intorno a valori inferiori a 0,5 mm/anno (con un valore complessivo nell'ultimo secolo di circa 3 cm). Ben altri valori rispetto a quella naturale sono legati alla subsidenza antropica, causata dallo sfruttamento per usi essenzialmente industriali degli acquiferi sopra descritti, a cominciare dagli anni '30 e con un massimo durante il boom post-bellico e fino a tutti gli anni '60. Nel 1969 furono registrate velocità di subsidenza di 17 mm/anno a Porto Marghera, 14 mm/anno a Venezia e 10 mm/anno a Lido. Le misure restrittive adottate a partire dagli anni '70 hanno successivamente notevolmente ridotto il fenomeno della subsidenza antropica, che attualmente può considerarsi praticamente inesistente a Venezia ma che ha provocato danni irreparabili nei decenni precedenti (fig. 2).

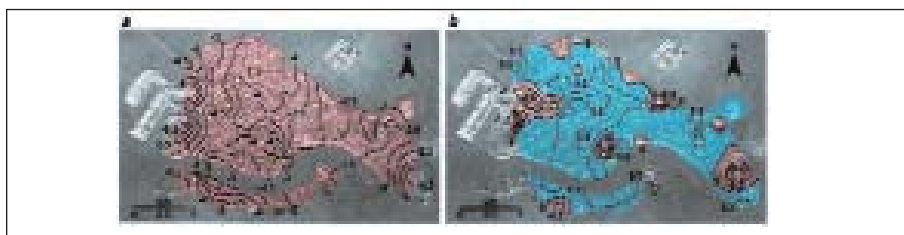


Fig. 2 - Velocità di spostamento (mm/anno) registrata a Venezia (a) tra il 1961 ed il 1969 e (b) tra il 1973 e il 1993. Valori negativi indicano abbassamento, positivi innalzamento (da Tosi et al., 2002)

Misure recenti confermano una sostanziale stabilità della parte centrale della laguna veneta, compreso il centro storico di Venezia, e abbassamenti di circa 3-4 mm/anno alle estremità lagunari per cause sia naturali che, nella zona settentrionale, antropiche (ripresa di estrazione di acqua dal sottosuolo) (fig. 3).

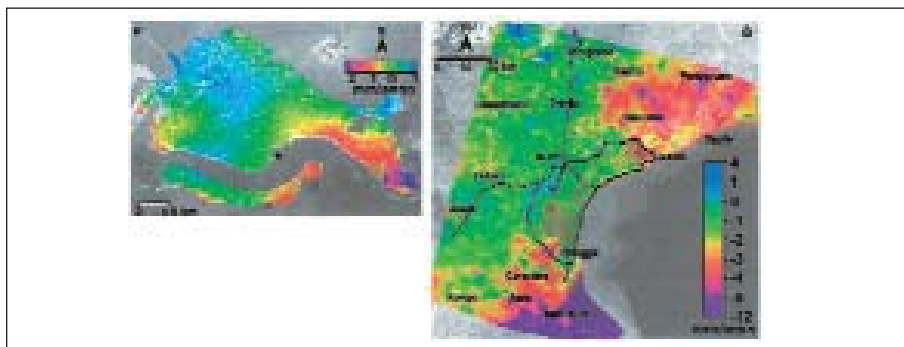


Fig. 3 - (a) mappa degli spostamenti di Venezia tra il 1992 ed il 1996 ottenuta con interferometria differenziale SAR (da Tosi et al., 2002); (b) spostamenti dell'area veneta tra il 1992 ed il 2000 ottenuti con il sistema di monitoraggio integrato (da Strozzi et al. 2003)

Dal punto di vista sismico, l'area urbana di Venezia risulta priva di sorgenti sismiche di rilievo, anche se, soprattutto in passato, alcuni sismi hanno avuto come epicentro proprio Venezia.

Importanti aree sismogenetiche sono poste però intorno a Venezia, che ha infatti risentito dell'effetto degli eventi sismici più intensi, ultimo dei quali è quello del Friuli del 1976.

Ulteriori informazioni su Venezia e, più in generale, sul territorio della Provincia di Venezia, si possono trovare in Dal Prà et al. (2000), Bassan & Vitturi (2003), Cargognin & Tosi (2003) e Bondesan & Meneghel (2004).

## GENOVA

La città di Genova è compresa nel Foglio geologico alla scala 1:50.000 n. 213/230 "*Genova*", in corso di realizzazione da parte della Regione Liguria attraverso l'Università di Genova. Tutti i dati riportati in seguito sono contenuti nelle note illustrative del foglio, in via di completamento con il coordinamento di Capponi G.

Dal punto di vista litologico, l'area urbana di Genova è caratterizzata da una notevole variabilità data da alternanze calcareo-marnose, marne, argilliti e argilloscisti e, nel settore occidentale, verso Pegli e Voltri, da metabasalti, serpentiniti, calcescisti, metagabbri e dolomie, di età variabile dal Triassico al Cretacico. Ben rappresentati sono anche i depositi pliocenici, costituiti da argille, marne e siltiti, e i depositi alluvionali quaternari, prevalentemente ghiaiosi, dei Torrenti Polcevera e Bisagno.

L'aspetto orografico è caratterizzato dalla vicinanza al mare dello spartiacque tirreno-padano. Le pendenze medie molto elevate dei versanti e delle porzioni medio-superiori degli alvei torrentizi comportano tempi di corrivazione ridottissimi e portate di piena molto accentuate, anche per la diffusione di litotipi a bassa permeabilità. Lo stesso centro storico di Genova ha alle spalle, a distanza di pochi chilometri, rilievi anche superiori ai 500 m. La situazione è aggravata dall'intensa urbanizzazione, che ha comportato la riduzione degli alvei, l'impermeabilizzazione del suolo e la presenza di strade che, per il loro andamento, diventano canali di raccolta delle acque meteoriche, accelerandone il deflusso superficiale. Né aiutano il clima, caratterizzato dalla relativa frequenza di eventi di pioggia di notevole intensità e di breve durata, e la diffusione dei fenomeni franosi, spesso innestati proprio dalle forti precipitazioni, i quali possono creare sbarramenti temporanei nei corsi d'acqua; il rilascio improvviso di grandi quantità di acqua con un forte trasporto solido può generare punte di piena con energia difficilmente prevedibile.

Da quanto appena detto, pare evidente come il problema principale di Genova, in termini di rischi naturali, sia quello delle alluvioni, causate sia dal Bisagno che dal Polcevera e, in misura minore, dallo Sturla. Tra le più grave che hanno colpito Genova in tempi recenti, si segnalano quelle del 1970, del 1987, del 1989 e del 1991. Difficili sono anche gli interventi idraulici per la mitigazione del rischio, da effettuare sia in città che a monte, data la situazione ormai compromessa.

## BOLOGNA

La città di Bologna è compresa nei Fogli geologici alla scala 1:50.000 n. 220 "*Casalecchio di Reno*" e n. 221 "*Bologna*", entrambi in corso di completamento da parte della Regione Emilia-Romagna. Tutte le informazioni di seguito riportate sono tratte dalle note illustrative (in preparazione) del Foglio "*Casalecchio di Reno*", ad opera di Martelli et al., e del Foglio "*Bologna*", ad opera di Amorosi et al., nonché da Artioli et al. (1999).

La città di Bologna sorge sui sedimenti alluvionali di due fiumi principali, Reno, ad ovest, e Savena, ad est, e di corsi minori tra essi compresi: Meloncello, Ravone, Valle Scura, Aposa, Fossa Cavallina, Grotte.

I depositi prevalenti sia in affioramento che nel sottosuolo sono costituiti da sedimenti grossolani (ghiaie e sabbie) e fini (limi e argille). I dati del sottosuolo (fig. 4) derivano da numerosi pozzi, sondaggi e penetrometrie (eseguiti anche nell'ambito della realizzazione dei fogli) che permettono di ricostruire una successione di cicli sedimentari prevalentemente alluvionali (depositi di piana, conoide e terrazzo), di età dal Pleistocene medio all'Attuale, aventi spessori che nel centro di Bologna raggiungono i 140-150 m. La distribuzione dei sedimenti varia late-

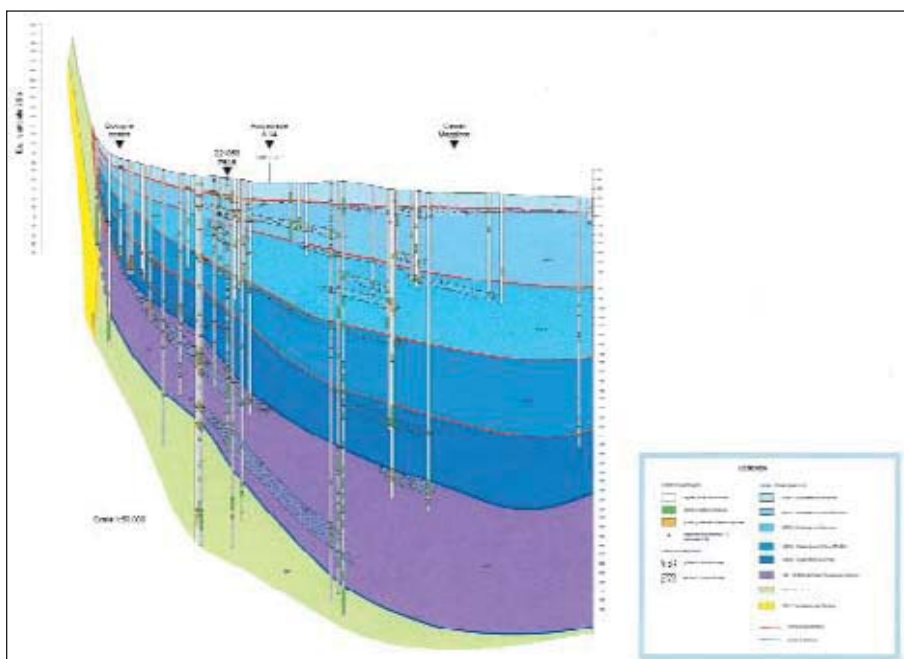


Fig. 4 - Sezione geologica con indicazione delle unità superficiali e del sottosuolo (da Amorosi et al., in preparazione)

ralmente e verticalmente, in funzione dell'evoluzione nel tempo del reticolo idrografico, ma la raccolta dei dati del sottosuolo operata dalla Regione Emilia-Romagna ha permesso di ricostruire le geometrie dei vari depositi, con notevoli vantaggi per svariati usi applicativi. In particolare, i dati del sottosuolo hanno permesso di ricostruire l'andamento in profondità di depositi ghiaiosi e sabbiosi particolarmente sviluppati in un determinato intervallo stratigrafico, consentendo la redazione di una carta del sottosuolo che sarà allegata al Foglio "Bologna", di estrema importanza soprattutto dal punto di vista idrogeologico.

Il substrato è dato da depositi sabbiosi (*sabbie di Imola*, del Pleistocene medio) di ambiente costiero, che, oltre a rappresentare la base della successione alluvionale, costituiscono, insieme a depositi marnoso-argillosi miocenici (*marna di Termina*), i primi rilievi collinari su cui poggiano le propaggini meridionali della città.

Da sottolineare che, almeno nel centro storico, assumono importanza dal punto di vista geoarcheologico i primi livelli del sottosuolo, formati a seguito della sovrapposizione dei diversi strati corrispondenti alle fasi abitative succedutesi dall'epoca romana. In alcuni casi, accumuli antropici hanno acquistato rilievo morfologico.

Dal punto di vista idrogeologico, le principali falde acquifere sono comprese nei depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi ubicati a profondità tra 50-80 m e 300-400 m. In fig. 5 è riportato l'andamento delle isofreatiche della falda più superficiale (profondità media 15 m). Il decorso temporale ha permesso di osservare un continuo e progressivo abbassamento delle falde lungo i conoidi dei Fiumi Reno e Savena, concentrato negli anni di maggiore pompaggio (anni '70 - metà '80), con medie di 1-2 m/anno e punte di 3-4 m/anno; è seguito un generalizzato rallentamento a partire dalla seconda metà degli anni '80 e solo negli ultimi anni si è avuta una parziale inversione di tendenza, in relazione alla diminuzione dei prelievi privati e alle politiche di controllo dei prelievi pubblici. Nel centro storico, invece, si può sostenere che negli ultimi 100 anni non si sono registrate variazioni significative nel livello e nella geometria della falda freatica.

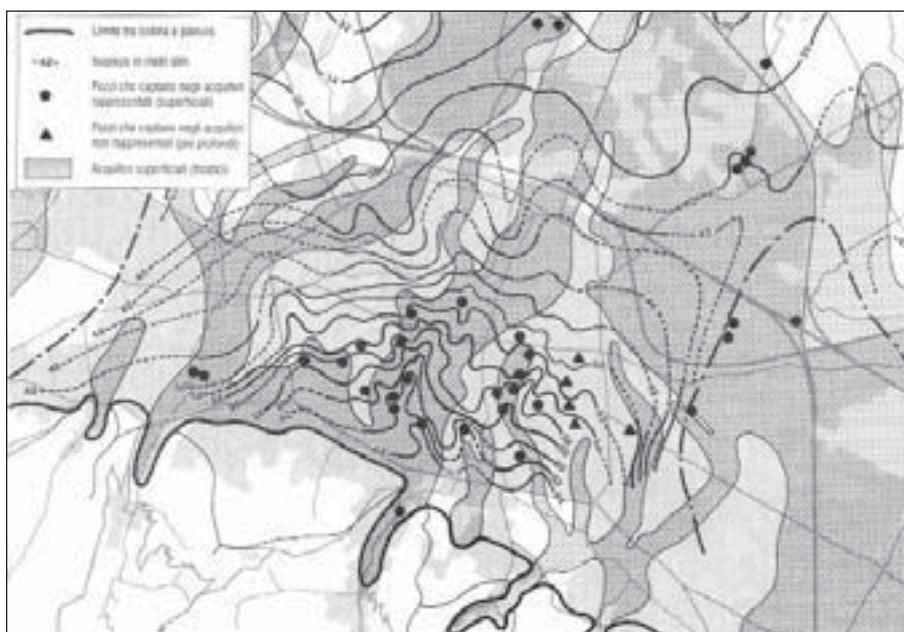


Fig. 5 - Sovrapposizione delle isofreatiche ai corpi di maggiore permeabilità. Le due linee tratto punto indicano un improvviso innalzamento del gradiente e la deformazione delle isolinee (da Artioli et al., 1999)

I principali fattori antropici che possono influenzare le caratteristiche idrodinamiche sono: impermeabilizzazione progressiva del suolo, che influenza le oscillazioni del livello della falda; il sistema irriguo e la presenza di bacini idrici, che influenzano le dinamiche di alimentazione; la posizione di aree depresse (cave, trincee, scavi, ecc.), che influenzano la morfologia della falda e le dinamiche di drenaggio.

Ovviamente conoscere con precisione dinamica e geometria delle falde permette anche di prevedere la localizzazione delle aree con potenziale maggiore concentrazione di inquinanti.

E' infine importante evidenziare le potenzialità che possono derivare dall'organizzazione dei dati del sottosuolo in una banca dati geologici, con la possibilità di elaborazioni anche tridimensionali in qualsiasi campo geapplicativo, da quello idrogeologico a quello geotecnico.

## ROMA

L'area urbana di Roma rientra quasi completamente nel Foglio geologico alla scala 1:50.000 n. 374 "Roma", in corso di completamento dall'Università degli Studi "Roma Tre". Le note illustrative del foglio (in preparazione) da cui sono tratti i dati qui riportati sono state redatte da Funciello & Giordano, con la collaborazione di Capelli G. & Mazza R. (idrogeologia), Bozzano F. & Lanzini M. (geotecnica) e Lanzini M. (rischi geologici). Tra gli altri lavori che hanno avuto come oggetto l'area di Roma degni di nota sono le monografie di AA.VV. (1995) e di Ventriglia (2002).

Morfologicamente l'area romana è una zona complessivamente pianeggiante, compresa tra la catena appenninica e il Mar Tirreno. Essa è costituita, in affioramento, da un substrato di depositi marini plio-pleistocenici, prevalentemente argillosi e sabbiosi; seguono depositi continentali (prevalentemente ghiaie, sabbie, argille e travertini) di ambiente che varia da spiaggia a fluvio-deltizio a francamente fluviale o fluvio-lacustre, e depositi vulcanici, collegati prevalentemente al Vulcano dei Colli Albani quelli in riva sinistra del Fiume Tevere e al vulcano Sabatino quelli in riva destra. Complessivamente, quindi, l'evoluzione geologica dell'area romana vede

il passaggio da un ambiente marino ad un ambiente continentale, con un'attività vulcanica molto intensa, iniziata circa 600.000 anni fa. Il deposito vulcanico più recente, emesso dal Vulcano dei Colli Albani, è stato recentemente datato circa 5000 anni. I Colli Albani rappresentano pertanto un vulcano quiescente.

Largamente diffusi sono infine i depositi alluvionali olocenici del Tevere e dei suoi affluenti, prevalentemente limo-argillosi, sabbiosi e sabbioso-limosi, e i riporti.

Dal punto di vista geotecnico, i depositi più scadenti sono quelli alluvionali olocenici, a causa dei cedimenti cui sono sottoposti sotto carico. Mentre nel centro storico di Roma tali cedimenti sono ormai esauriti, fenomeni di subsidenza sono ancora presenti nei settori a sud e a nord, urbanizzati negli ultimi 50-60 anni, prevalentemente a causa dell'incremento dei carichi superficiali.

Un discorso a parte meritano i riporti, dalle caratteristiche geotecniche varianti a seconda delle tipologie, che nel centro storico di Roma possono raggiungere spessori di circa 10 m (area Campo Marzio) (fig. 6) e che per questo hanno variato l'originaria morfologia. I riporti più antichi caratterizzano il centro storico e sono legati alle passate fasi urbanistiche, dall'epoca romana alla Roma dei papi (possono contenere resti di importanza archeologica). I riporti recenti

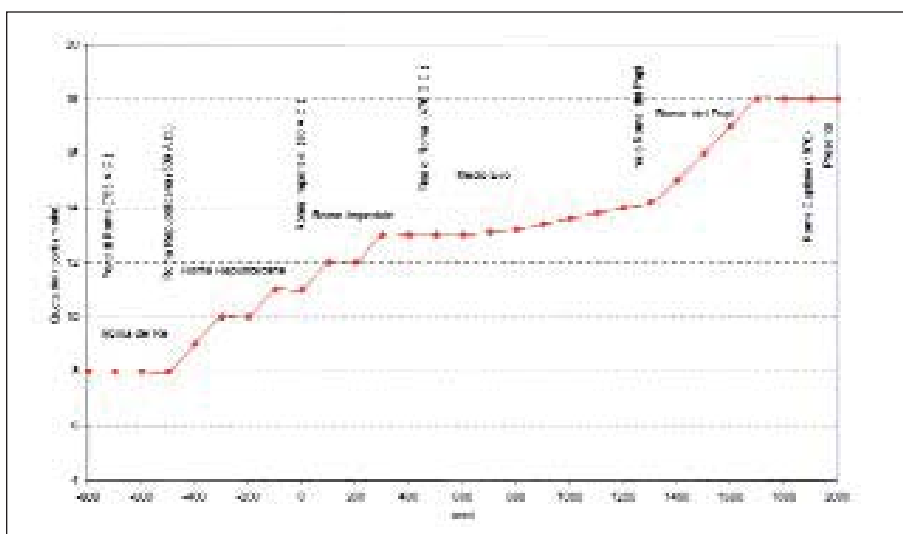


Fig. 6 - Modello dell'aumento dello spessore dei riporti nell'area di Campo Marzio (da Funicello et al., 2004)

sono legati, invece, agli interventi urbanistici recenti, a partire dall'unità d'Italia (colmamenti, modellamenti morfologici, rilevati, ecc.).

Dal punto di vista idrogeologico, gli acquiferi del territorio romano, limitati inferiormente dalle argille plioceniche, alimentano fortemente il reticolo idrografico, sia naturale che artificiale (fig. 7). Nel territorio di Roma, la circolazione idrica sotterranea è condizionata da motivi strutturali e dalle depressioni vallive del Tevere attuale e del paleo Tevere, con una potenzialità degli acquiferi molto inferiore in riva destra rispetto alla riva sinistra dove, tra l'altro, alimentavano perennemente le famose "marrane" della periferia romana. Inoltre, la presenza di discontinuità tettoniche permette la risalita di fluidi gassosi profondi che, miscelandosi con gli acquiferi superficiali, originano sorgenti utilizzate tutt'oggi per l'imbottigliamento di acque minerali. La risorsa idrica sotterranea dell'area romana risulta attualmente molto sfruttata per attività industriali, artigianali, agricole, sportive, servizi, ecc., con situazioni di criticità o attenzione soprattutto per gli acquiferi in riva sinistra. Localmente, la falda acquifera condiziona for-



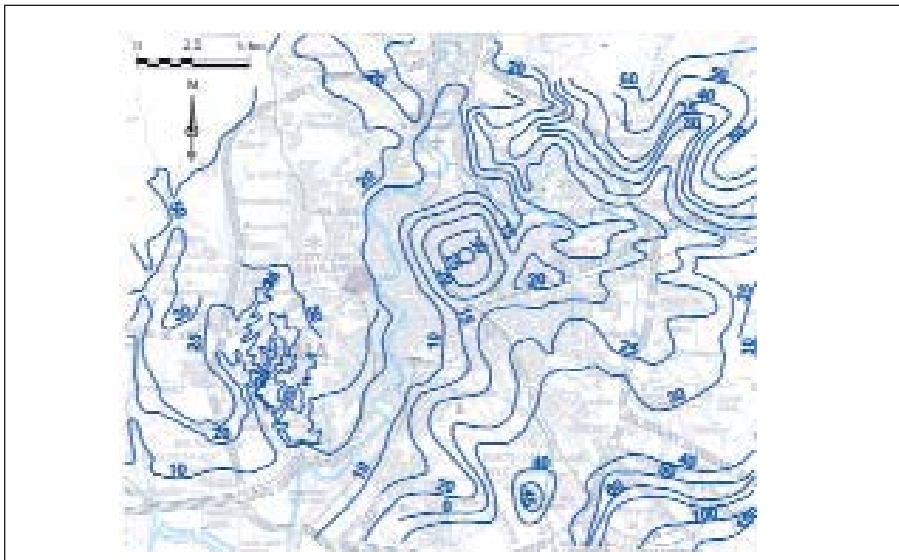


Fig. 7 - Carta delle isofreatiche nell'area del Foglio "Roma" (da Capelli & Mazza, in Funicello & Giordano, in preparazione)

temente anche il comportamento geotecnico di alcuni depositi, con cedimenti differenziali nelle opere di fondazione.

Dal punto di vista dei rischi, tranne alcune eccezioni l'area di Roma non presenta, attualmente, condizioni di rischio naturale significative. Condizioni critiche possono però esistere localmente a causa di interventi antropici, conseguenza del forte sviluppo urbanistico, effettuati scorrettamente se non in modo scriteriato.

Il rischio esondazione, cui Roma è stata spesso soggetta in passato con conseguenze disastrose, è stato notevolmente ridotto con la costruzione dei muraglioni lungo il Tevere subito dopo l'unità d'Italia e con la realizzazione di alcune dighe a nord della città (Corbara e Castel Giubileo) che controllano le fasi di piena più critiche.

Per quel che riguarda la franosità, i versanti costituiti da depositi plio-pleistocenici con discrete caratteristiche geotecniche assicurano, nel complesso, una buona stabilità, anche se alcuni dissesti si sono verificati nel tempo soprattutto lungo i versanti in destra idrografica. Maggiori condizioni di rischio sono legate, piuttosto, ad interventi urbanistici effettuati scorrettamente o senza i dovuti studi preliminari, con sbancamenti e riporti eccessivi non sostenuti da adeguate strutture portanti o con opere che non tengono conto delle condizioni di drenaggio.

Come già accennato, fenomeni di subsidenza dei terreni e cedimenti dei fabbricati interessano le zone dove affiorano le alluvioni oloceniche e recenti della valle tiberina e dei suoi maggiori affluenti, soprattutto se ad alto contenuto organico. Mentre nel centro storico è stato raggiunto un equilibrio geostatico e non si riscontrano più fenomeni di subsidenza, le aree a nord e a sud, fortemente urbanizzate nel corso del XX secolo, presentano una subsidenza di alcuni mm/anno.

Pericoli di crollo e voragini derivano dalla presenza di cavità ipogee, in alcune aree molto estese. Fin dall'epoca romana è stata diffusa l'estrazione di materiale da costruzione (pozzolana, tufo) attraverso cave in sotterraneo che possono costituire veri e propri reticoli, anche su più livelli. Diffuse sono poi le opere idrauliche (condotti, cisterne, opere di captazione) e le catacombe, di notevole importanza archeologica. Lo sviluppo urbanistico del XX secolo spesso non ha tenuto conto della presenza di tali cavità, a volte dimenticate, per cui la città si è espansa al di sopra di esse, determinando una potenziale situazione di rischio.

Infine, l'area urbana di Roma ha risentito spesso di terremoti da zone sismiche esterne, essen-

zialmente Appennino centrale e Colli Albani, con risentimenti fino al VII grado MCS (Mercalli-Carcani-Sieberg). Gli studi eseguiti sulla sismicità storica di Roma hanno evidenziato una stretta correlazione tra i danni subiti e la natura morfo-litologica e geotecnica dei terreni: i maggiori danni sono distribuiti nelle zone vallive e paleovallive della città, dove sono presenti spessori significativi di depositi alluvionali olocenici e recenti e nell'ambito delle quali si verificano fenomeni di amplificazione sismica per la differenza di competenza rispetto al *bed-rock* sepolto.

## MESSINA

La città di Messina è compresa nei Fogli geologici alla scala 1:50.000 n. 588 "Villa S. Giovanni" e n. 601 "Messina-Reggio Calabria". Dei due, solo il Foglio "Messina-Reggio Calabria" è in corso di realizzazione, da parte della Regione Siciliana che si avvale dell'Università di Catania. Le note illustrative da cui sono tratte tutte le informazioni qui riportate sono realizzate da Carbone & Lentini (in preparazione), con contributi di Barbano M.S. e Grasso D. (sismicità) e Ferrara V. (idrogeologia). Le note contengono un'ampia bibliografia.

Il settore della città qui considerato ne comprende la parte centro-meridionale. Essa poggia in buona parte su depositi alluvionali recenti e di piana litorale, costituiti prevalentemente da limi e sabbie, con livelli di ghiaie, talvolta terrazzati. Nel tratto terminale delle valli, i depositi alluvionali si collegano direttamente a quelli presenti lungo la costa i quali costituiscono una piana costiera che raggiunge 1 km di ampiezza. E' stata questa l'area di maggiore espansione urbanistica.

Sono presenti, nell'ambito del centro urbano e nelle aree circostanti, anche depositi marini terrazzati del Quaternario, costituiti da sabbie, limi e ghiaie, depositi plio-pleistocenici, costituiti da calcareniti, ghiaie e sabbie, e depositi miocenici, essenzialmente conglomerati e marne-argillose. Infine, affiorano rocce metamorfiche (paragneiss e micascisti) paleozoiche.

Il reticolo idrografico dell'area presenta caratteristiche tipiche delle zone di recente sollevamento, con corsi d'acqua a regime torrentizio denominati "fiumare". I deflussi sono modesti o assenti per diversi mesi dell'anno, mentre sono decisamente consistenti per brevi periodi della stagione piovosa; forti piene possono verificarsi in coincidenza di eventi meteorici intensi e concentrati. Il centro urbano di Messina qui discusso è interessato da quattro fiumare: Forra di S. Filippo, Forra di Gazzi, Forra Zàera e Forra Portaiegni.

Per quel che riguarda i dissesti, le litologie con maggior propensione risultano essere i micascisti e le marne argillose. Alcune frane interessano anche i rilievi della zona periferica della città, in particolare nella parte medio-alta dei corsi d'acqua.

Dal punto di vista idrogeologico, un problema particolare riguarda la vulnerabilità degli acquiferi dovuta a cause antropiche (attività industriali e manifatturiere, rifiuti urbani, fognature, ecc.). La maggior produzione di inquinanti riguarda la fascia costiera e in modo particolare quella su cui si estende la città di Messina, dove si registra una densità antropica molto elevata. Un'altro fenomeno negativo è dato dall'ingressione di acqua marina negli acquiferi, principalmente quelli alluvionali, a causa degli eccessivi prelievi dalle falde che ne hanno provocato l'abbassamento generalizzato. Tale fenomeno si accentua in occasione di scarse precipitazioni meteoriche nelle aree di alimentazione degli acquiferi. In fig. 8 è riportato l'andamento dell'intrusione salina negli acquiferi della fascia costiera messinese rilevata nella stagione asciutta del 1991, ricadente in un periodo di accentuata siccità durato un triennio (1989-1991). La figura evidenzia come le zone più sensibili al fenomeno siano quelle localizzate allo sbocco delle valli dei torrenti S. Filippo, Gazze e Zàera, dove si concentrano i maggiori prelievi di acqua. Ulteriori indagini hanno confermato come la suscettibilità degli acquiferi all'inquinamento sia estremamente elevata o elevata nelle zone a ridosso del litorale e da alta a media nell'immediato entroterra.

Come noto, l'area dello Stretto di Messina è una delle zone a più alta pericolosità dell'Italia dal punto di vista del rischio sismico, essendo stata colpita nel passato da molti terremoti distruttivi (magnitudo  $M = 6.4-7.3$ ). I danni più gravi subiti dalla città di Messina e dalle località circostanti sono legati alla sequenza dei terremoti del 1783 e al terremoto del 28 dicembre

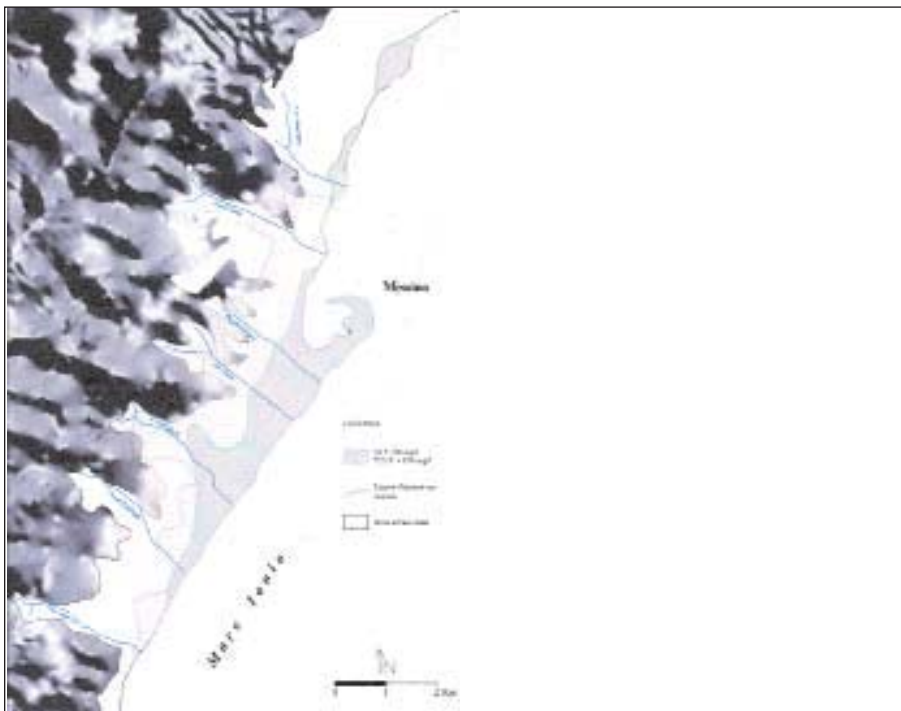


Fig. 8 - Andamento dell'intrusione salina nell'acquifero lungo la fascia costiera di Messina (settembre 1991). Limite definito dall'isolinea di valore 150 mg/l di cloruri (da Carbone & Lentini, in preparazione)

1908; danni minori sono stati provocati dai terremoti del novembre 1499, del febbraio 1509, del marzo 1638, del gennaio 1693, del novembre 1894 e del novembre 1978. Messina è stata colpita anche da *tsunami*, come in occasione del terremoto del 4 febbraio 1169, con epicentro a S di Catania, e del terremoto del 1908. In fig. 9 è riportata la storia sismica di Messina. Dati interessanti riguardano anche i tempi medi di ritorno. Mentre gli eventi di intensità X mostrano valori compresi tra 650 e 840 anni e quelli di intensità IX valori di 120 anni, decisamente più frequenti sono quelli di intensità media, che hanno un periodo di ritorno di 75 anni quelli di intensità VIII e di 28 anni quelli intensità VII. Questo fa sì che la città di Messina possa

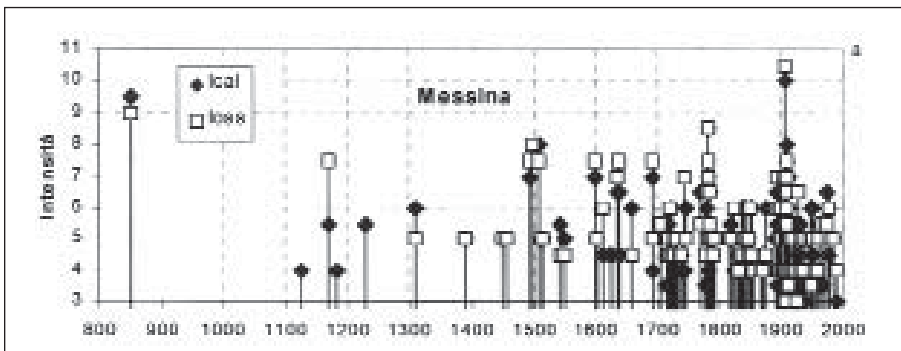


Fig. 9 - Storia sismica della città di Messina. loss rappresenta le intensità osservate, local le intensità calcolate al sito mediante una legge di attenuazione cubica delle intensità epicentrali tratte dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999)

essere interessata con una certa frequenza da eventi potenzialmente capaci di arrecare danneggiamenti più o meno gravi.

## CATANIA

La città di Catania rientra completamente nel Foglio geologico alla scala 1:50.000 n. 634 "Catania", realizzato dall'Università di Catania. Le relative note illustrative (in preparazione) da cui sono tratte tutte le informazioni di seguito riportate sono ad opera di Carbone & Lentini, con contributi di Longhitano S. & Zanini A. (morfodinamica costiera), Ferrara V. (idrogeologia), Barbano M.S. (sismicità) e Branca S. (rischio vulcanico). Nelle note è riportata un'ampia bibliografia.

L'attuale configurazione morfologica dell'area è il prodotto dell'interazione di vari processi, da quelli marini costieri e fluviali a quelli vulcanici; questi ultimi sono stati senz'altro più incisivi per la città a causa dell'emissione dei corpi lavici dell'Etna che, anche in tempi storici, hanno sensibilmente modificato la fisiografia del territorio.

I depositi su cui poggia il centro urbano di Catania sono costituiti prevalentemente da colate laviche (di composizione hawaiano-mugearitica e inquadrabili quindi nel gruppo delle rocce trachitiche) e secondariamente da piroclastiti, emesse a partire da 15.000 anni fa. Alla periferia nord affiorano anche lave più antiche. La colata lavica più recente che ha raggiunto Catania, giungendo fino al mare, è stata emessa durante l'eruzione del 1669.

Il substrato sedimentario, di ambiente marino e di età pleistocenica, è rappresentato da argille marnose e, alla periferia meridionale, anche da sabbie, cui si aggiungono depositi continentali terrazzati, anch'essi pleistocenici, costituiti da ghiaie, sabbie e limi di ambiente alluvionale. Al margine meridionale della città sono presenti anche i depositi alluvionali recenti (Pleistocene superiore – Olocene) del Fiume Simeto, che formano la Piana di Catania e che sono qui rappresentati essenzialmente da limi, e depositi di duna, costituiti da sabbie eoliche, che corrono parallelamente all'attuale spiaggia. Il sistema di dune, un tempo alte fino a 8 m, anche se attualmente preservato è stato comunque profondamente modificato in passato dall'attività antropica.

Soprattutto nell'area del porto sono diffusi anche i riporti antropici, per l'attività di interrimento, iniziata agli inizi del secolo scorso, che ha fatto avanzare di un centinaio di metri la linea delle acque del porto. Non di rado, la presenza non segnalata di terreni di riporto con caratteristiche geotecniche scadenti ha provocato cedimenti nelle fondazioni di edifici su questi costruiti.

Dal punto di vista della morfodinamica costiera, la costa del Golfo di Catania vede, nel settore settentrionale, la modellazione del fronte dei campi lavici ad opera del moto ondoso, mentre, nel tratto meridionale, l'attuale costa rappresenta il limite esterno dell'estesa piana alluvionale generata dal Fiume Simeto. Studi sulle variazioni della linea di costa ottenibili attraverso osservazioni degli ultimi due secoli mostrano l'influenza, per il settore settentrionale, essenzialmente delle colate laviche storiche derivanti dal versante SE dell'Etna e progradate verso il mare, mentre, per il settore meridionale, delle cicliche migrazioni della foce del Fiume Simeto e dei processi di progradazione del suo sistema deltizio.

Critica è attualmente la situazione del settore meridionale (fig. 10). I dati storici indicano che, almeno fino al 1950, la costa è avanzata verso est, come conseguenza della progressiva progradazione del sistema alluvionale e deltizio del Fiume Simeto il quale, anche in virtù di un regime pluviometrico superiore all'attuale, sicuramente aveva un maggiore carico solido. Dopo tale data, la costruzione di invasi artificiali nella parte alta del bacino, opere di canalizzazione, l'incontrollato prelievo di inerti in alveo e l'eccessivo sviluppo delle strutture ed attività antropiche hanno enormemente diminuito l'apporto solido alla costa, provocandone la sottoalimentazione ed il conseguente arretramento. La tendenza attuale indica che, senza interventi strutturali, nell'arco di un cinquantennio l'attuale fascia costiera potrebbe sparire completamente. Da sottolineare che il tratto di costa considerato comprende anche la Riserva Naturale Orientata Oasi del Simeto.

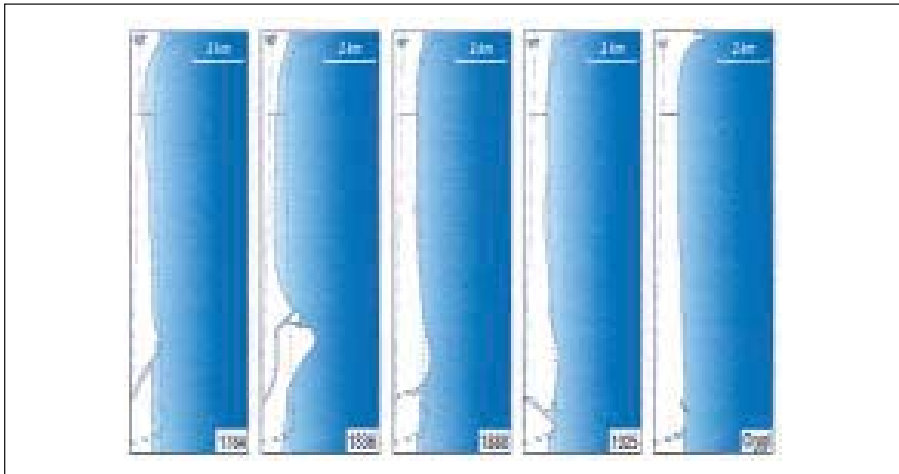


Fig. 10 - Principali variazioni della linea di costa del tratto costiero sabbioso della Plaia di Catania dal 1784 fino ad oggi (da Longhitano S. & Zanini A, in Carbone & Lentini, in preparazione)

La circolazione idrogeologica è caratterizzata dalla grande permeabilità delle colate laviche, accentuata localmente dalla presenza di tunnel lavici e da zone di fratturazione. Per questo è però notevole anche la vulnerabilità degli acquiferi, soprattutto nel caso di falde con superfici piezometriche vicine al piano campagna che possono essere raggiunte più facilmente dai reflui inquinanti. La distribuzione delle aree a differente grado di vulnerabilità dei corpi idrici sotterranei (fig. 11) evidenzia come il rischio da inquinamento sia maggiore in corrispondenza della costa ionica, a causa dell'alta intensità abitativa, soprattutto nelle aree di più recente espansione, spesso abusive e quindi senza una rete fognaria efficiente; possono contribuire ovviamente discariche, insediamenti produttivi ed attività agricole, in cui si fa largo uso di concimi, diserbanti e pesticidi. Le condizioni di pericolosità tendono ad attenuarsi all'aumentare della quota, per il ridursi degli insediamenti e delle attività produttive e per il parallelo aumento della profondità delle falde rispetto al piano campagna.

Dal punto di vista dei rischi, la città di Catania è soggetta sia al rischio sismico che a quello vulcanico.

Come Messina, anche Catania è una delle zone a più alta pericolosità sismica d'Italia, essendo stata colpita in passato da terremoti distruttivi di magnitudo  $M = 6.4-7.3$ . A Catania gli effetti maggiori sono legati all'attività delle faglie regionali che si sviluppano lungo la costa ionica siciliana e, in misura minore, dai terremoti nello Stretto di Messina e nelle aree più interne (fig. 12). Il terremoto del 4 febbraio 1169 ( $I = X-XI$ ) rase al suolo Catania (15.000 vittime) e provocò uno *tsunami* che colpì la foce del Simeto e, come abbiamo visto, Messina. Danni considerevoli provocò il terremoto del 1542 ( $I = VIII$ ) e la distruzione della città i terremoti del 9 gennaio ( $I = VIII$ ) e, soprattutto, dell'11 gennaio 1693 ( $I = X-XI$ ), con 11.000 morti su una popolazione di 23.000 abitanti. Danni più o meno gravi a Catania sono poi stati causati dai terremoti (in città di intensità  $I = VI-VIII$ ) del 1698, del 1818 e del 1848. La storia sismica della città è riportata in fig. 13.

Il periodo di ritorno medio per i terremoti di maggiore intensità è di 553 anni per quelli di intensità  $X$ , e di 254 anni per quelli di intensità  $IX$ , mentre per gli eventi di media intensità si hanno valori medi di 98 anni per quelli di  $I = VIII$  e di 41 anni per quelli di  $I = VII$ . Nel complesso, Catania ha una pericolosità inferiore rispetto a Messina, essendo meno frequenti i terremoti di media intensità. La pericolosità sismica di un'area, però, non deve essere calcolata solo in base all'intensità e alla frequenza dei sismi, ma anche in base alla vulnerabilità del territorio che, nel caso di Catania è notevole, con un centro storico ricostruito in parte sulle rovine del

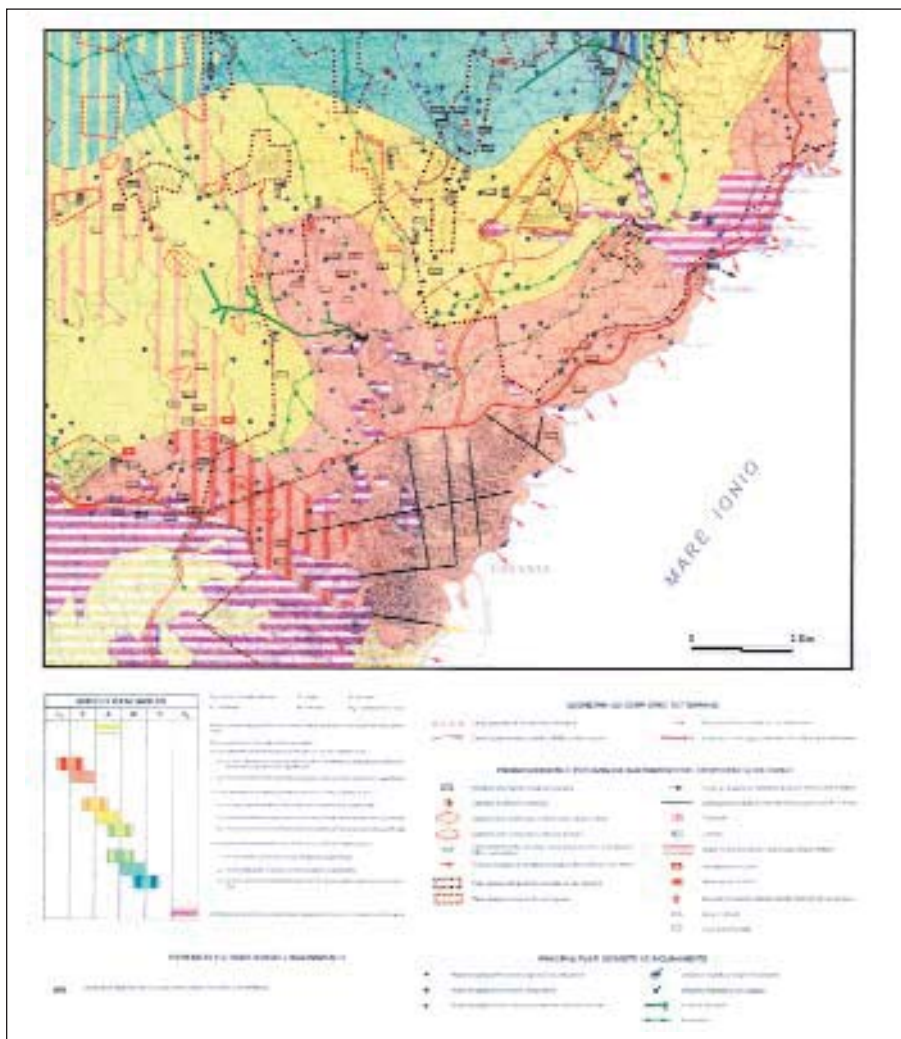


Fig. 11 - Vulnerabilità dell'acquifero vulcanico nel settore sud-orientale (da Ferrara, 1990)

terremoto del 1693 e con un'espansione urbanistica incontrollata, che ha avuto luogo senza piani regolatori e con un diffuso abusivismo edilizio.

Per quel che riguarda il rischio vulcanico, sono da prendere in considerazione soprattutto gli eventi eruttivi che sono caratterizzati dall'apertura di fessure eruttive a quote inferiori ai 1900 m. Infatti, considerando che la lunghezza media delle colate storiche è compresa tra 5 e 10 km, l'eventuale apertura di fessure nella parte alta del vulcano non comporterebbe seri rischi per i centri abitati che in quest'area si estendono fino ad una quota massima di 700 m. Durante l'attività eruttiva degli ultimi 2000 anni, l'apertura di fessure eruttive a quote inferiori ai 1800-1600 m ha generato colate laviche che hanno raggiunto la linea di costa. Catania è stata raggiunta dalle colate del 1381 e del 1669, generate da fessure localizzate rispettivamente a 460-360 m e 700 m, all'interno della fascia dei paesi dell'*hinterland* catanese. In particolare, l'evento del 1669 è il più distruttivo degli ultimi 2000 anni: è stato calcolato che in 122 giorni furono eruttati circa 100 milioni di metri cubi di lava, formando un campo lavico esteso 37,5 km<sup>2</sup> che raggiunse una lunghezza massima di 15 km.



Fig. 12 - Epicentri dei principali terremoti nel periodo 1125-1990 che hanno provocato danni o sono stati avvertiti a Catania (da Barbano M.S., in Carbone e Lentini, in preparazione)

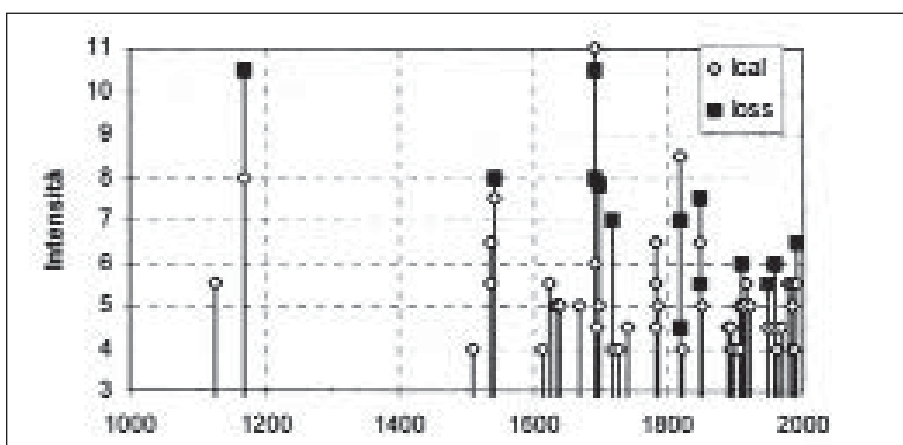


Fig. 13 - Storia sismica di Catania. loss rappresenta le intensità osservate, lcal le intensità calcolate al sito mediante una legge di attenuazione cubica delle intensità epicentrali tratte dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999)

Da tenere in considerazione sono anche le eruzioni di tipo esplosivo che, anche se di breve durata, possono avere un impatto sul territorio e la popolazione in base alla magnitudo dell'evento. Tra questo tipo di fenomenologie si possono citare gli eventi del 122 a.C., che provocò ingenti danni alle abitazioni e, più recentemente, le eruzioni del 2001 e soprattutto del 2002-2003 che, con l'abbondante ricaduta di materiale piroclastico per diversi mesi, causò notevoli danni alle aree coltivate e all'economia locale, per la conseguente chiusura dell'aeroporto. L'analisi dei dati permette di concludere che le eruzioni esplosive dell'Etna di medio-bassa intensità sono abbastanza frequenti, mentre occasionali sono quelle di intensità elevata.

## CAGLIARI

L'area urbana di Cagliari rientra quasi interamente nel Foglio geologico alla scala 1:50.000 n. 557 "*Cagliari*", in corso di realizzazione da parte della Regione Autonoma della Sardegna attraverso l'Università di Cagliari e la Progemisa S.p.A. Le relative note illustrative (in stampa), da cui sono tratte le seguenti informazioni, sono ad opera di Barca et al., con contributi di Congiu L., Di Gregorio F., Pischredda R. e Trogu A.

L'area urbana di Cagliari comprende un sistema morfologico collinare, collegato a sistemi morfologici costieri da una complessa idrografia che drena le aree circostanti. Molto articolato è il sistema costiero, con lagune, stagni, paludi e saline separati dal mare da cordoni litoranei, a costituire tra le più importanti zone umide del Mediterraneo. Tutta la dinamica del sistema è attualmente fortemente condizionata dall'intensa antropizzazione.

In particolare, risulta fortemente compromesso dagli insediamenti urbani e da opere di regimentazione il reticolo di drenaggio che assicurava il mantenimento del sistema di stagni costieri. L'intervento antropico ha fatto sì che il potenziale di deflusso delle acque si sia notevolmente ridotto, con gravi rischi di esondazione, almeno in alcune aree, in occasione di condizioni meteorologiche critiche.

Dal punto di vista litologico, il settore occidentale dell'area urbana è caratterizzato, in affioramento, da una discreta variabilità litologica (fig. 14 e 15). Sono ampiamente diffusi depositi miocenici costituiti da: argille ("*argille di Fangario*"), arenarie ("*arenarie di Pirri*"), marne e calcari marnosi ("*pietra Cantone*") e calcari ("*tramezzario*" e "*pietra forte*"), gli ultimi tre raggruppati nel Foglio nei "*calcari di Cagliari*". A parte la "*pietra forte*", caratterizzata da buone caratteristiche fisico-meccaniche, le altre unità vedono il loro comportamento variare a seconda dell'alterazione e/o del contenuto in acqua. Non si può pertanto definirne un comportamento standard. In questo settore, ampie aree sono coperte da coltri eluvio-colluviali, di spessore medio 1-2 m, e da terreni di riporto, con comportamento generalmente scadente. In affioramento, infine, in aree più limitate, sono da segnalare conglomerati e arenarie ("*panchina tirreniana*") del Pleistocene superiore, con un buon comportamento meccanico.

In tutta l'area urbana, e con assoluta prevalenza nei settori centrale e orientale, affiorano depositi alluvionali olocenici - essenzialmente ghiaie e sabbie - con un buon comportamento geomeccanico. Relativamente diffusi sono anche i depositi palustri, anch'essi olocenici, costituiti prevalentemente da limi e argille, con plasticità da media ad alta.

Nel settore centrale, intorno allo Stagno di Molentargius, sono ampiamente presenti depositi di spiaggia e dei cordoni litorali antichi (olocenici), costituiti prevalentemente da sabbie e ghiaie, e, lungo la costa (Spiaggia del Poetto e di Quartu), depositi di spiaggia attuali, prevalentemente sabbiosi. In particolare, la Spiaggia del Poetto, soggetta a forte erosione costiera, è stata interessata da lavori di ripascimento nel 2002 che, da un lato, hanno esteso l'arenile ma, dall'altro, hanno sensibilmente modificato le caratteristiche morfologiche, tessiture e cromatiche dei depositi sabbiosi originariamente medio-fini e quarzoso chiari.

Una caratteristica dell'area urbana di Cagliari è la ricchezza di cavità prevalentemente "artificiali" nel sottosuolo, realizzate dall'uomo nel corso dei secoli. Si va dalle necropoli di epoca punica, agli acquedotti di epoca romana, a gallerie, cisterne e pozzi di epoca medievale e, in epoca più recente, ad acquedotti e rifugi anti-aerei. Non mancano cave per l'estrazione di materiale da costruzione, attive fin dall'epoca punico-romana. Riempite spesso da materiale clastico incoerente o debolmente cementato, o da depositi antropici, tali cavità possono costituire un serio pericolo per le costruzioni sovrastanti, a causa delle condizioni di instabilità legate a cedimenti differenziali.

Per quel che riguarda l'assetto idrogeologico, l'acquifero principale è costituito dalle *arenarie di Pirri*. Acquiferi secondari sono costituiti dalle litologie più calcaree dei "*calcari di Cagliari*", dalla "*panchina tirreniana*" e dai depositi litoranei. Di notevole importanza sono state in passato le emergenze idriche naturali, ma l'intensa urbanizzazione ha drasticamente ridotto le potenzialità di ricarica degli acquiferi, almeno per quel che riguarda l'apporto meteorico. La forte contaminazione ne impedisce ormai l'utilizzazione per fini potabili, consentendone un uso



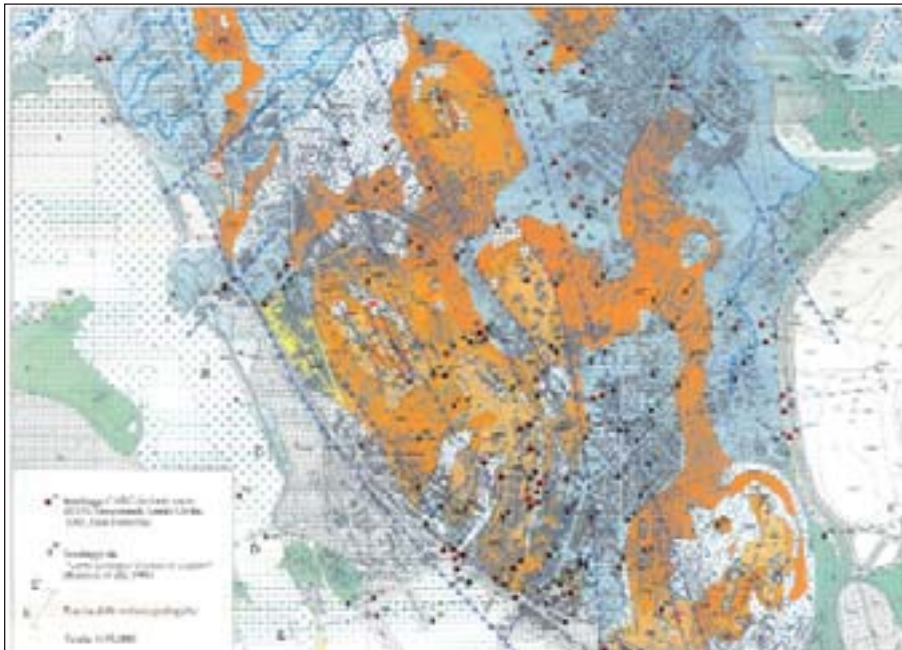


Fig. 14 - Carta geologica dell'area urbana di Cagliari (legenda geologica in fig. 15) (da Barca et al., in stampa)

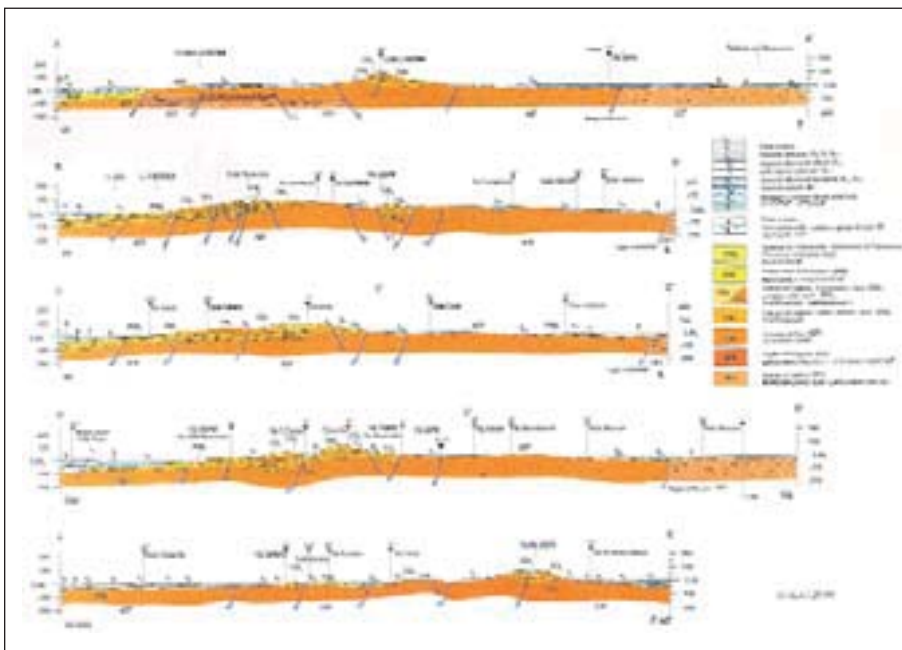


Fig. 15 - Sezioni geologiche dell'area urbana di Cagliari (da Barca et al., in stampa)

solo per fini industriali e per l'irrigazione. Ulteriori danni derivano dall'eccessiva attività di emungimento in prossimità delle coste, che ha provocato il richiamo di acque ad elevato contenuto salino.

Infine, sono da segnalare vari fenomeni di dissesto che hanno interessato il centro urbano di Cagliari, tra cui: frane di crollo o scoscendimenti (essenzialmente lungo costoni); collassi gravitativi, che come abbiamo visto sono legati alla presenza di cavità sotterranee; sifonamenti, soprattutto nei materiali di riporto; fenomeni di subsidenza, localmente dovuti ad abbassamenti artificiali della falda.

## **BIBLIOGRAFIA**

AA.VV. (1995) – La Geologia di Roma. Il Centro Storico (Funicello R. Ed.). Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, 50: 550 pagg.

Amorosi A., Martelli L. & Severi P. (in preparazione) - Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 221 BOLOGNA

Artioli G.P., Baldini U., De Nardo M.T., Farina M., Frassinetti G., Ortalli J., Montaguti M., Palumbo A., Pignone R., Tomassetti C. & Viel G. (1999) - Area metropolitana di Bologna: stato di avanzamento delle ricerche. In: Geologia delle grandi Aree Urbane. Progetto strategico CNR. Bologna, 4/5 novembre 1997: 3-48

Barca S., Melis E., Annino E. & Cincotti F. (in stampa) - Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 557 CAGLIARI: 240 pagg.

Bassan V. & Vitturi A. (2003) - Studio geoambientale del territorio provinciale di Venezia – parte centrale. Provincia di Venezia: 112 pagg.

Bondesan A. & Meneghel A. (2004) – Geomorfologia della Provincia di Venezia: 514 pagg.

Capponi G. (coordinatore) (in preparazione) - Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 213/230 GENOVA

Carbognin L. & Tosi L. (2003) – Il Progetto ISES per l'analisi dei processi di intrusione salina e subsidenza nei territori meridionali delle province di Padova e Venezia: 95 pagg.

Carbone S. & Lentini F. (in preparazione) - Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 601 MESSINA-REGGIO CALABRIA

Carbone S. & Lentini F. (in preparazione) - Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 634 CATANIA.

Dal Prà A., Gobbo L., Vitturi A. & Zangheri P. (2000) – Indagine idrogeologica del territorio provinciale di Venezia. Provincia di Venezia: 126 pagg.

Ferrara V. (1990) – Carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero vulcanico dell'Etna (alla scala 1:50.000). C.N.R.–G.N.D.C.I., S.EL.CA., Firenze.

Funicello R. & Giordano G. (in preparazione) - Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 374 ROMA

Funicello R., Giordano G., Adanti B., Giampaolo C. (2004) – The Seven Hills: Constitutions, Visible Traces and Geological Evidence: Itinerary, Profiles and Observations Points for the Shape of the City of Rome and its History. Field Guidebook to Excursion D05, 32<sup>nd</sup> International Geological Congress, Firenze 2004.

Gatto P. & Carbognin L. (1981) – The Lagoon of Venice – natural environmental trend and man-induced modification. Hydrological Sciences – Bulletin des Sciences Hydrologiques, 26: 379-391.

Gruppo di Lavoro CPTI (1999) – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. ING, GNDT, SGA, SSN, Bologna: 92 pagg.

Martelli L., Benini A., De Nardo M.T. & Severi P. (in preparazione) - Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 220 CASALECCHIO DI RENO

Strozzì T., Tosi L., Wegmuller U., Werner C. Teatini P. & Carbognin L. (2003) – Land subsidence monitoring service in the Lagoon of Venice. In: IGARSS 2003, International Geoscience and

Remote Sensing Symposium, IEEE, Inc., CD-ROM, 1: 212-214.

Tosi L., Carbognin L., Teatini P., Strozzi T. & Wegmuller U. (2002) – Evidences of the present relative land stability of Venice, Italy, from land, sea, and space observations. *Geophys. Res. Lett.*, 29 (12): 10.1029/2001GL013211, 2002. AGU.

Tosi L., Rizzetto F., Bonardi M., Donnici S., Serandrei Barbero R. & Toffoletto F. (in preparazione) – Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 128 VENEZIA  
Ventriglia U. (2002) – Geologia del territorio del Comune di Roma. Amministrazione provinciale di Roma: 809 pagg.



# L'ESPANSIONE DELLE AREE URBANE NEL DECENNIO 1990-2000: UN'ANALISI DEI DATI EUROPEI A CONFRONTO CON LA SITUAZIONE ITALIANA

**P.L. GALLOZZI, L. GUERRIERI**

(APAT - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, Servizio Istruttorie, Piani di Bacino, Raccolta Dati e Tecnologie del Sito)

---

## 1. PREMESSA

Nell'Unione Europea circa l'80% della popolazione vive in aree urbane ed è previsto l'incremento di un ulteriore 4% in 15 anni (EEA, 1999<sup>1</sup>).

L'elaborazione di strategie atte a governare il fenomeno dell'espansione urbana è quindi un obiettivo particolarmente importante, non solo su scala locale ma anche a livello comunitario. In questo contesto l'Agenzia Europea dell'Ambiente ha avviato alcuni progetti volti a quantificare e caratterizzare il fenomeno con criteri e modalità significative alla scala europea. Tra questi si inserisce il progetto "*Urban sprawl and green urban areas*" del Centro Tematico Europeo Ambiente Terrestre (ETC/TE), nell'ambito del quale l'APAT - Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia ha sviluppato uno studio sulla possibilità di ricavare indicatori significativi dai dati CORINE Land Cover<sup>2</sup>.

Nel presente contributo si riportano i principali risultati di questo studio da cui sono state tratte alcune valutazioni relative alla specifica situazione italiana.

## 2. CRITERI E METODOLOGIA DELLO STUDIO

### 2.1 Finalità

Lo scopo dello studio svolto da APAT era di definire, partendo da dati omogenei disponibili a scala europea, uno o più indicatori idonei a descrivere il fenomeno dell'espansione urbana e ad evidenziare le eventuali differenze (in termini di trend e caratteristiche) riscontrabili tra varie categorie di aree urbane e zone geografiche determinate.

### 2.2 Dati di base

Come dati di input si sono utilizzati i "*changes*" del CORINE Land Cover 2000 (CLC00) che rappresentano le porzioni di territorio per le quali la classe di copertura è variata rispetto alla situazione riportata dal CLC90<sup>3</sup>.

In particolare tra questi sono stati utilizzati i soli poligoni classificati come "*territori modellati*"

---

<sup>1</sup> EEA, 1999 – Environment in the European Union at the turn of the Century, European Environment Agency, Copenhagen.

<sup>2</sup> Il progetto CORINE Land Cover prevede la realizzazione di una carta della copertura del suolo, con una legenda unificata di 44 voci articolata su 3 livelli gerarchici; è basato sull'interpretazione di immagini satellitari ed è aggiornato con cadenza decennale.

<sup>3</sup> Maggiori informazioni sono disponibili sul sito dell'ETC/TE: <http://terrestrial.eionet.eu.int/CLC2000/changes>.

artificialmente" nel CLC00 ("urban" changes); in altre parole, per valutare l'espansione urbana sono state considerate significative solo le aree che nell'ultimo decennio hanno cambiato tipologia di copertura e che attualmente rientrano nelle classi 1.x.x: urbanizzate, industriali o commerciali, aree estrattive, discariche, cantieri e zone verdi artificiali non agricole.

Quando è stata avviata l'elaborazione dello studio, i dati relativi al CLC00 erano disponibili solo per alcuni degli Stati Membri. Per questo motivo l'area di studio (Figura 1) è limitata al territorio completo di 11 Stati (Repubblica Ceca, Estonia, Irlanda, Italia, Lituania, Lussemburgo,

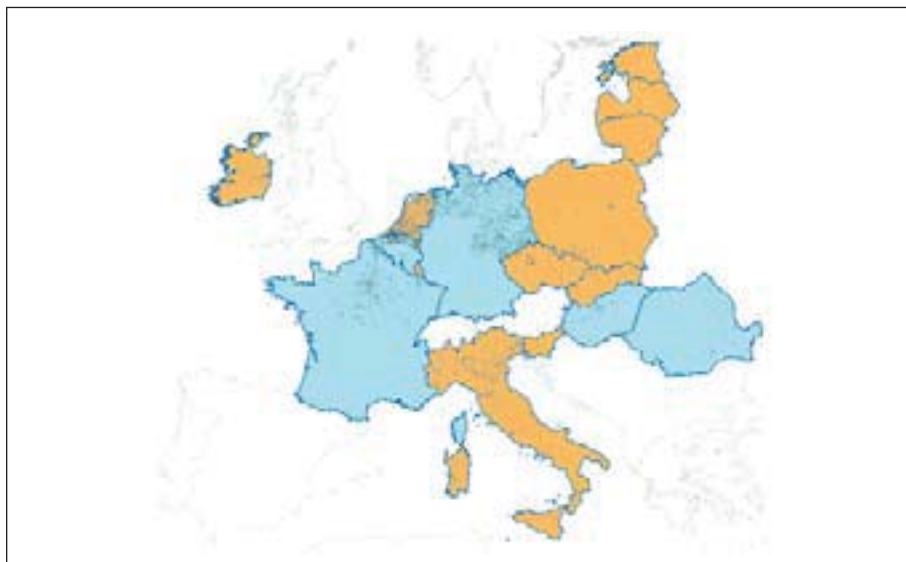


Figura 1 - Distribuzione degli "urban changes" utilizzati per lo studio: classi 1.x.x (territori modellati artificialmente) di nuova formazione. In arancio gli 11 Stati di cui era disponibile la banca dati completa; in celeste gli altri 5 di cui si è potuta utilizzare solo una copertura parziale.

Lettonia, Paesi Bassi, Polonia, Slovenia e Slovacchia) più una parte di altri 5, per i quali erano comunque disponibili dei dati parziali (Belgio, Germania, Francia, Ungheria e Romania).

### 2.3 Le aree urbane considerate

I perimetri delle "aree urbane" prese a riferimento per lo studio sono quelli delle "Urban Morphological Zones" definite dall'ETC/TE – EEA: un insieme di poligoni classificati urbani (o comunque connessi al tessuto urbano per funzioni ed utilizzo: commerciali, industriali, ricreativi etc.) tra loro contigui o non più distanti di 200 m<sup>4</sup>.

E' importante evidenziare che ciascuna UMZ (delimitata con procedure grafico-geometriche automatizzate) può estendersi oltre i limiti amministrativi di un comune e comprendere al suo interno più di un insediamento; per questo motivo le UMZ non vengono associate ai nomi delle singole città.

Con riferimento al numero di abitanti le UMZ sono raggruppate in tre categorie dimensionali:

- UMZ1 - grandi aree urbane, con più di 500.000 abitanti;
- UMZ2 - aree urbane intermedie, con popolazione compresa tra 100.000 e 500.000 abitanti;

<sup>4</sup> Per maggiori dettagli consultare il rapporto ETC/TE "Urban morphological zones", su <http://dataservice.eea.eu.int/dataservice>

- UMZ3 - piccole aree urbane, tra 50.000 e 100.000 abitanti.

L'assegnazione ad una determinata categoria, comunque, non tiene conto del numero "reale" di residenti censiti all'interno del poligono, in quanto le banche dati *geografiche* disponibili non contengono informazioni così dettagliate. La categoria risulta pertanto associata alla classe di appartenenza dell'insediamento di maggiori dimensioni (tra quelli censiti nelle banche dati GISCO<sup>5</sup>) il cui centroide ricade all'interno del perimetro della UMZ. Ne consegue che la categoria va intesa come orientativa in quanto una UMZ che comprenda, ad esempio, più insediamenti di categoria 100-500 mila abitanti sarà classificata come UMZ2 anche se *potrebbe* avere una popolazione reale superiore ai 500 mila.

L'analisi realizzata nel presente lavoro è stata svolta con riferimento alle modificazioni (i *changes CLCOO*) intervenute all'interno delle UMZ o, comunque, intersecate dal perimetro di queste. Per tenere conto e valutare anche gli effetti indotti dalle aree urbane sui territori immediatamente circostanti, l'analisi è stata svolta dapprima sui dati circoscritti alle sole UMZ (*core area*) e poi ripetuta ampliando le UMZ per una fascia di 5 km (*buffer zone*). Nella Tabella 1 è riportata, per ciascuna categoria di UMZ, la superficie complessiva e l'incidenza relativa che esse assumono nel territorio esaminato.

Tabella 1 - Superficie totale delle UMZ nell'area di studio (fonte: EEA)

UMZ size class (inhabitants)	core area		buffer zone	
	(HA)	%	(HA)	%
<b>UMZ1</b> (>500.000)	906.989	43	3.345.550	24
<b>UMZ2</b> (100.000 - 500.000)	815.014	38	5.818.949	41
<b>UMZ3</b> (50.000-100.000 )	407.330	19	4.913.107	35
<b>TOTAL</b>	<b>2.129.333</b>	<b>100</b>	<b>14.077.606</b>	<b>100</b>

## 2.4 Unità territoriali di riferimento: le NUTS3

Per effettuare delle analisi e comparazioni che risultassero significative su scala europea, era necessario determinare gli "indicatori" facendo riferimento a delle unità territoriali che, nelle diverse regioni esaminate, fossero riconosciute come omologhe.

Si è fatto quindi riferimento alla classificazione adottata in ambito GISCO (NUTS - Nomenclature of Territorial Units for Statistics<sup>6</sup>) che suddivide il territorio con un sistema gerarchico di unità regionali e locali. Nello studio svolto si è utilizzata l'unità regionale di maggior dettaglio (NUTS3) che, per l'Italia, corrisponde ai confini provinciali: tutti i dati quantitativi utilizzati per determinare gli indicatori sono stati quindi calcolati sui dati aggregati di ciascuna NUTS3.

La distribuzione geografica delle NUTS3 per le quali erano disponibili i dati dei *changes CLCOO* è riportata nella Figura 2 insieme con l'inviluppo complessivo delle UMZ (*buffer zone*).

<sup>5</sup> Geographic Information System of the European Commission; [http://euoils.jrc.it/gisco\\_dbm/dbm](http://euoils.jrc.it/gisco_dbm/dbm).

<sup>6</sup> [http://europa.eu.int/comm/eurostat/ramon/nuts/basicnuts\\_regions\\_it.html](http://europa.eu.int/comm/eurostat/ramon/nuts/basicnuts_regions_it.html).



Figura 2 - Distribuzione geografica delle NUTS3 e delle UMZ (buffer zone) utilizzate nello studio ETC/TE

## 2.5 Elaborazione dei dati e selezione degli indicatori

Come primo passo si è operata una classificazione dei *changes* per evidenziare i diversi processi di trasformazione che li hanno indotti. Si è adottata la metodologia "LEAC" (Land and Ecosystem Accounts<sup>7</sup>) che, per quanto riguarda le aree urbane, suddivide le variazioni di copertura del suolo (LCF – Land Cover Flow) in tre categorie:

- LCF1 (Urban land management) - rappresenta il riutilizzo di aree già urbane, ovvero la formazione di tessuto urbano continuo e discontinuo (classi 1.1.1 e 1.1.2) a partire da aree artificiali (1.x.x.) o dal verde urbano (classe 1.4.1).
- LCF2 (Urban sprawl) - quantifica l'espansione del tessuto urbano continuo e discontinuo a spese di aree agricole, forestali, etc. comunque non artificiali (aree diverse da 1.x.x.);
- LCF3 (Extension of economic sites and infrastructures) - valuta la componente dell'espansione urbana dovuta alle attività produttive industriali e commerciali (classe 1.2.1), ad attività estrattive (1.3.1), discariche (1.3.2) ed infrastrutture (1.2.2 per strade e ferrovie, 1.2.3 per i porti, 1.2.4 per gli aeroporti e 1.3.3 le aree in costruzione).

Il valore di ciascun LCF relativo ad una determinata unità territoriale può rappresentare un indicatore delle modalità di espansione delle aree urbane. Per ciascuna NUTS3 sono stati perciò calcolati i valori dei tre LCF, riferiti a sei diversi ambiti (le tre categorie di UMZ, sia per la *core area* sia per la *buffer zone*).

Per rappresentare in maniera maggiormente sintetica i risultati dello studio è però risultato opportuno definire un ulteriore indicatore, denominato "Total Land Consumption" (TLC), che

<sup>7</sup> Si tratta di una metodologia finalizzata ad individuare le implicazioni ambientali, sociali ed economiche legate alle trasformazioni di uso del suolo. E' stata sviluppata a partire dalla metà degli anni '90 con un progetto pilota di UNECE seguito da numerosi studi condotti da EUROSTAT. Nel presente studio si è fatto riferimento alle modalità di applicazione descritte in «*The Development of Land Cover Accounts and Environmental Indicators for the Coastal Zone of Europe: Final Report*» Eurostat - Barcellona 2003.



esprime la perdita complessiva di territorio (in ettari) connessa all'espansione urbana, ottenuto dalla somma dei tre LCF già richiamati:

$$TLC_{HA} = LCF1_{HA} + LCF2_{HA} + LCF3_{HA}$$

Per le sei situazioni analizzate (UMZ 1, 2 e 3, con e senza *buffer*), l'indicatore TLC espresso in valore assoluto ( $TLC_{HA}$ ) rappresenta l'area totale che in una NUTS3 è interessata dai fenomeni di espansione e trasformazione urbana. Espresso in questa forma l'indicatore consente di evidenziare gli ambiti geografici dove si concentra il maggiore consumo di territorio; risente però fortemente della distribuzione, numero ed ampiezza delle aree urbane contenute nelle diverse NUTS3 nonché, di conseguenza, della dimensione stessa dell'unità territoriale.

Per limitare l'influenza di questi fattori, e poter fare quindi comparazioni significative tra diverse categorie di UMZ, si è ritenuto opportuno esprimere l'indicatore TLC in forma relativa, normalizzando i valori assoluti ( $TLC_{HA}$ ) rispetto alla superficie delle aree urbane considerate:

$$TLC_{\%} = TLC_{HA} / HA_{UMZ}$$

dove  $TLC_{HA}$  è il valore *assoluto* dell'indicatore, calcolato con riferimento ad una generica categoria di UMZ, ed  $HA_{UMZ}$  è l'estensione totale che detta categoria assume nell'ambito territoriale considerato.

In questa seconda forma ( $TLC_{\%}$ ) l'indicatore esprime l'intensità relativa del *land consumption* ovvero l'incidenza che i fenomeni di espansione e trasformazione urbana assumono nel contesto locale.

### 3. L'ANDAMENTO DELL'INDICATORE "TLC" NEI PAESI DELL'UNIONE EUROPEA (CENNI)

I risultati del progetto "Urban sprawl and green urban areas" sono oggetto di un rapporto interno dell'ETC/TE (ETC/TE, 2005). Nel seguito si riportano alcuni dei dati maggiormente significativi sull'andamento dell'indicatore TLC nell'area esaminata, nonché alcune valutazioni di sintesi e considerazioni che si possono ricavare sulla distribuzione dei dati nei diversi Stati dell'Unione.

Per quanto riguarda l'andamento complessivo del fenomeno, le variazioni probabilmente più significative si riscontrano nei valori del  $TLC_{\%}$  che, come richiamato nei punti precedenti, definisce la percentuale delle aree urbane interessata dai fenomeni di espansione.

Nella Figura 3, Figura 4 e Figura 5 si riportano, rispettivamente per le tre categorie di aree urbane, le mappe realizzate utilizzando una rappresentazione in cinque classi delle NUTS3:

- $TLC_{\%} < 1\%$ : "*land consumption*" molto modesto
- $1\% < TLC_{\%} < 3\%$ : "*land consumption*" modesto;
- $3\% < TLC_{\%} < 5\%$ : "*land consumption*" moderato;
- $5\% < TLC_{\%} < 20\%$ : "*land consumption*" intenso;
- $TLC_{\%} > 20\%$ : "*land consumption*" molto intenso.

In ciascuna mappa sono classificate le sole NUTS3 che contengono (anche parzialmente) aree urbane della corrispondente categoria; tutte le altre sono "in bianco". I dati rappresentati sono quelli relativi alle UMZ circoscritte (*core area*). Risulta evidente, alla scala delle singole unità territoriali, una distribuzione molto variabile dei dati che, peraltro, non sembrano mostrare tendenze significative correlabili con gli ambiti nazionali.

Analizzando i dati aggregati per singolo stato, però, si riscontrano delle apprezzabili differenze nello sviluppo del fenomeno, sia in termini di valori assoluti ( $TLC_{HA}$ ) che normalizzati ( $TLC_{\%}$ ). In particolare per quest'ultimo parametro si riconoscono chiaramente due picchi in Irlanda e nei Paesi Bassi mentre la Lettonia non presenta affatto "*land consumption*" nelle aree urbane. Negli altri paesi il  $TLC_{\%}$  si attesta su valori generalmente inferiori al 5%. I dati in dettaglio sono riportati in Tabella 2 e rappresentati negli istogrammi di Figura 6.

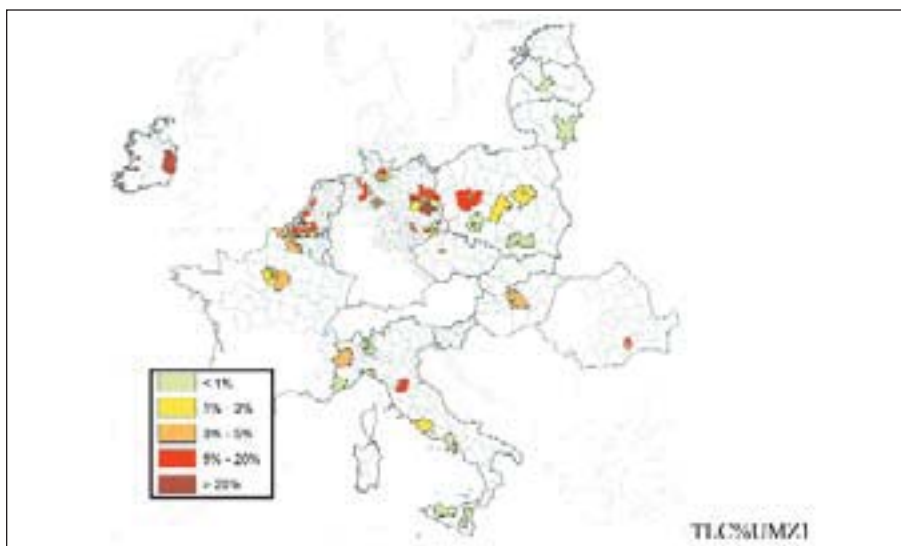


Figura 3 - Classificazione delle NUTS3 per intensità del land consumption nelle grandi aree urbane (UMZ1). Fonte: ETC/TE (2005)

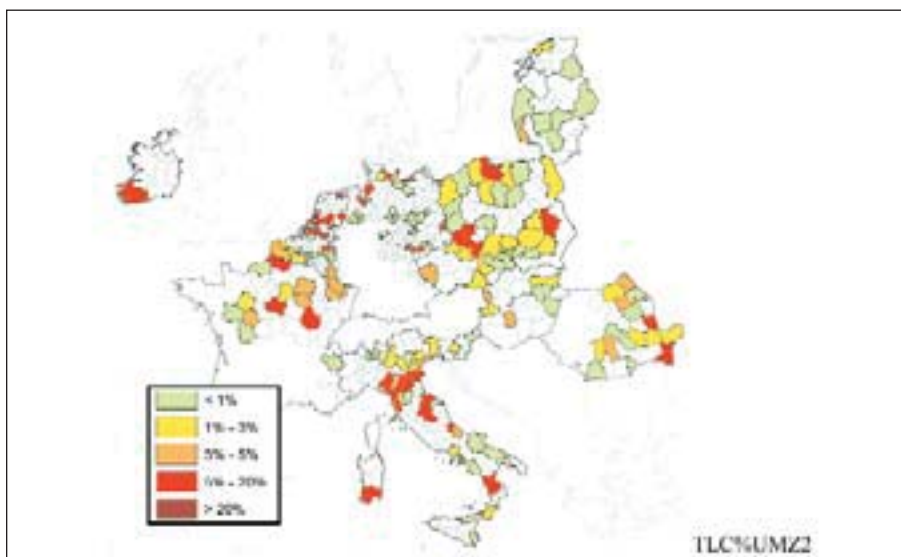


Figura 4 - Classificazione delle NUTS3 per intensità del land consumption nelle aree urbane intermedie (UMZ2). Fonte: ETC/TE (2005)

Ai fini di una più corretta interpretazione dei dati, nella Figura 7 si riporta anche l'analogo istogramma relativo alla superficie complessiva occupata dalle tre categorie di UMZ.

Va comunque sottolineato che all'origine delle differenze osservate, oltre alle caratteristiche dello sviluppo urbano nei diversi Stati, concorrono anche altri fattori tra i quali:

- la presenza di Stati con dati parziali e Stati con dati totali;
- la distribuzione non omogenea delle tre categorie di UMZ tra i singoli Stati (cfr. Figura 2 e Figura 7);
- eventuali disomogeneità nell'interpretazione dei dati di *remote sensing*, da cui sono state ricavate le banche dati del CORINE LandCover.

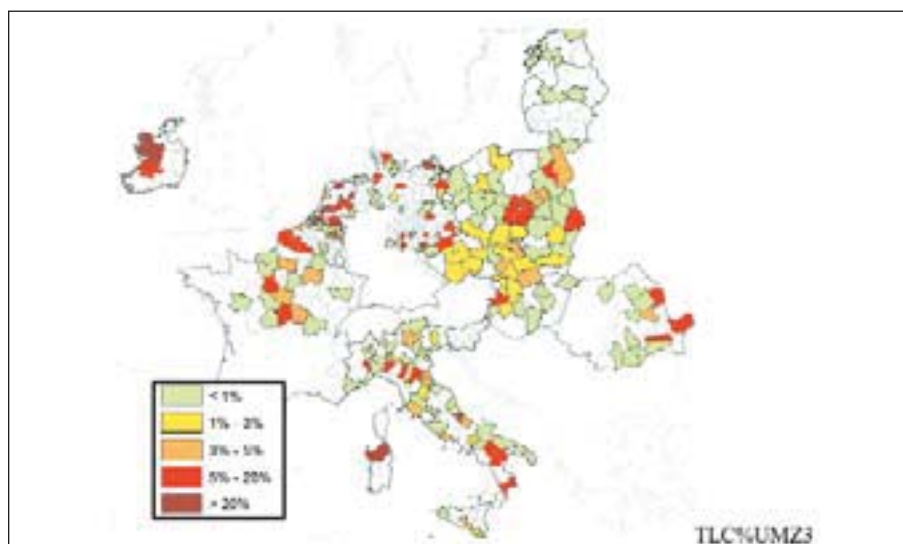


Figura 5 - Classificazione delle NUTS3 per intensità del land consumption nelle piccole aree urbane (UMZ). Fonte: ETC/TE (2005)

Tabella 2 - Superfici occupate dalle diverse classi di UMZ e relativi valori di  $TLC_{HA}$  di  $TLC_{\%}$ . Fonte: ETC/TE (2005)

COUNTRY	UMZ1 (>500.000)					
	CORE AREA			BUFFER ZONE		
	UMZ area (ha)	TLCha	TLC%	UMZ area (ha)	TLCha	TLC%
BE*	148.811	5.141	3,45	595.354	8.536	1,43
CZ	19.814	803	4,05	70.881	1.899	2,68
DE*	175.288	5.221	2,98	638.515	13.274	2,08
EE	-	-		-	-	
FR*	180.922	3.764	2,08	502.725	8.221	1,64
HU*	41.106	864	2,10	138.030	2.039	1,48
IE	22.720	3.148	13,86	65.096	6.465	9,93
IT	155.083	2.659	1,71	626.766	5.869	0,94
LT	10.879	58	0,53	55.485	595	1,07
LU	-	-		-	-	
LV	15.501	-	0,00	61.548	-	0,00
NL	33.831	4.389	12,97	147.370	10.015	6,80
PL	83.552	2.299	2,75	366.448	4.573	1,25
RO*	19.482	201	1,03	77.333	782	1,01
SI	-	-		-	-	
SK	-	-		-	-	

segue

UMZ2 (100.000 - 500.000)						
COUNTRY	CORE AREA			BUFFER ZONE		
	UMZ area (ha)	TLCha	TLC%	UMZ area (ha)	TLCha	TLC%
BE*	80.042	358	0,45	380.941	969	0,25
CZ	28.915	475	1,64	213.692	1.525	0,71
DE*	89.384	4.210	4,71	662.770	13.800	2,08
EE	14.381	270	1,88	73.823	865	1,17
FR*	137.925	4.224	3,06	893.970	8.113	0,91
HU*	14.754	210	1,43	118.678	625	0,53
IE	4.349	649	14,93	27.939	1.398	5,01
IT	150.322	4.598	3,06	1.246.912	11.950	0,96
LT	20.795	168	0,81	128.570	205	0,16
LU	4.314	191	4,43	39.065	476	1,22
LV	5.849	-	0,00	44.217	-	0,00
NL	59.191	8.496	14,35	394.236	22.586	5,73
PL	146.680	2.226	1,52	1.028.586	4.612	0,45
RO*	37.655	695	1,84	421.403	1.618	0,38
SI	8.799	181	2,05	74.308	357	0,48
SK	11.659	352	3,02	69.839	759	1,09
UMZ3 (50.000-100.000)						
COUNTRY	CORE AREA			BUFFER ZONE		
	UMZ area (ha)	TLCha	TLC%	UMZ area (ha)	TLCha	TLC%
BE*	37.581	1.219	3,24	235.154	2.573	1,09
CZ	23.606	891	3,77	319.777	5.423	1,70
DE*	66.736	3.621	5,43	700.134	9.603	1,37
EE	2.711	5	0,19	35.258	25	0,07
FR*	45.977	1.773	3,86	505.314	3.744	0,74
HU*	16.499	205	1,24	194.166	474	0,24
IE	4.027	834	20,71	38.683	1.944	5,02
IT	71.056	2.090	2,94	1.015.521	7.671	0,76
LT	3.846	-	0,00	42.910	-	0,00
LU	-	-	-	-	-	-
LV	1.815	-	0,00	21.178	-	0,00
NL	38.749	7.849	20,26	391.869	18.352	4,68
PL	56.912	1.386	2,43	884.457	3.386	0,38
RO*	21.498	475	2,21	318.729	592	0,19
SI	-	-	-	-	-	-
SK	16.317	373	2,28	209.955	776	0,37

(N.B. gli stati con dati parziali sono indicati con \*)

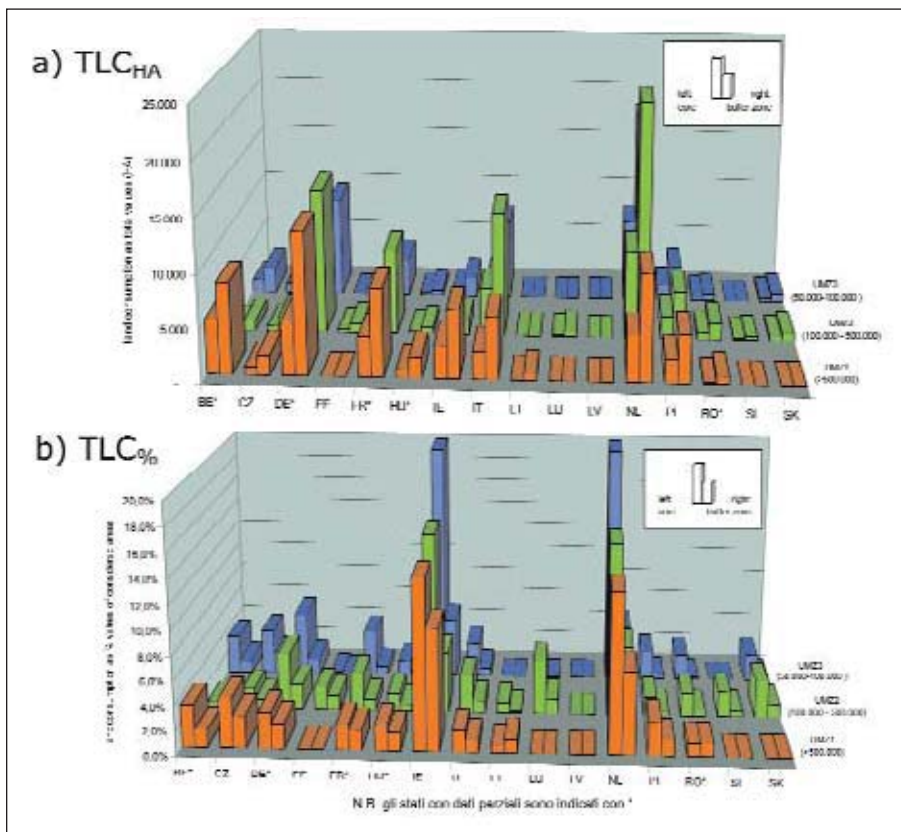


Figura 6 - Andamento del "land consumption" nelle aree urbane - dati aggregati a livello nazionale.

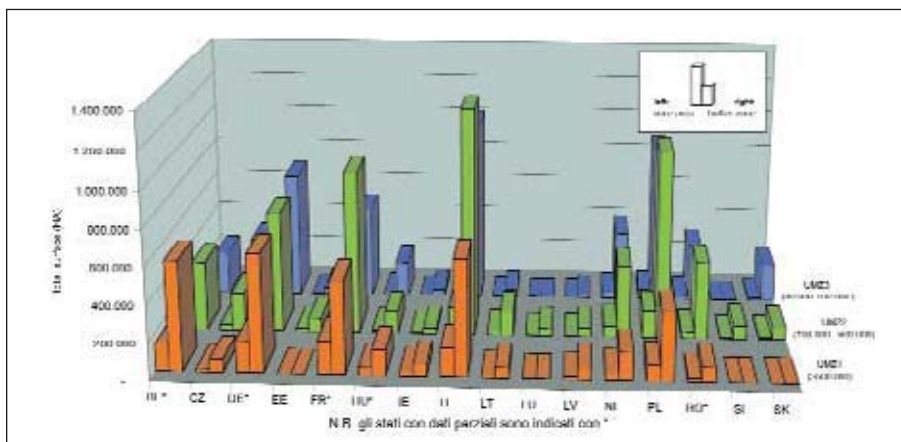


Figura 7 - Superfici totali occupate da ciascuna classe di aree urbane – dati aggregati a livello nazionale. Fonte: ETC/TE (2005)

#### 4. CARATTERI DISTINTIVI DELLE AREE URBANE ITALIANE RISPETTO AI TRENDS EUROPEI

All'interno di un contesto territoriale definito, l'analisi di come l'indicatore TLC varia per le diverse categorie di aree urbane, consente di definire alcuni tratti caratteristici del fenomeno dell'espansione urbana in quel determinato ambito.

La comparazione tra dati aggregati sul territorio italiano e sull'intero ambito di indagine (cfr. Figura 2) è stata pertanto utilizzata per evidenziare le caratteristiche "distintive" dell'espansione urbana che ha interessato il nostro territorio nazionale.

##### 4.1 Superficie occupata dalle tre classi di UMZ

L'estensione delle aree urbane considerate assume particolare rilevanza, anche ai fini della corretta valutazione dei successivi parametri.

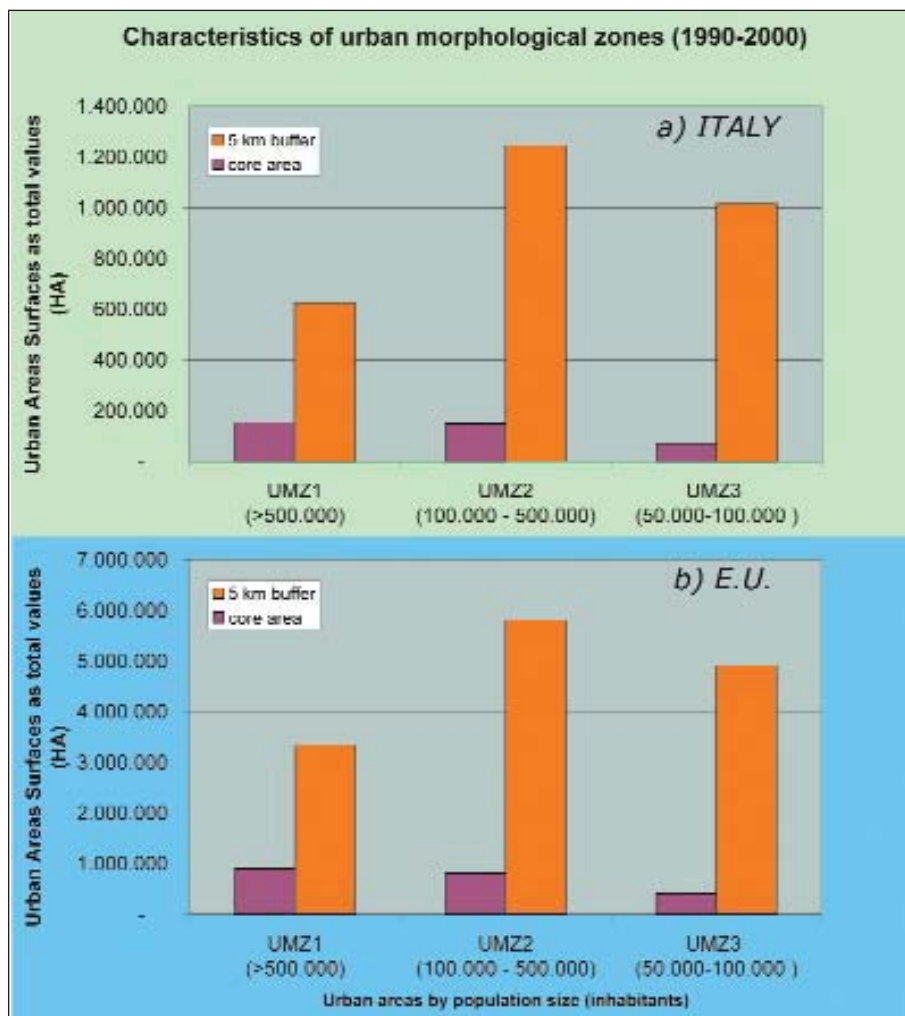


Figura 8 - Valori totali (in ettari) delle superfici occupate da ciascuna classe di UMZ (core area e buffer area) in Italia (a) ed in Europa (b).

In Figura 8 sono riportate le dimensioni complessive delle tre classi di aree urbane (UMZ1, UMZ2 e UMZ3), espresse in ettari, per i due set di dati. Si può osservare che la distribuzione è sostanzialmente analoga in entrambi i casi, con uno sviluppo delle *core area* quasi identico per le UMZ1 e le UMZ2, mentre le UMZ3 interessano una superficie decisamente inferiore (dell'ordine del 50%). Considerando le UMZ *ampliate* (buffer di 5 km) si osserva molto chiaramente che le UMZ2, seguite dalle UMZ3, divengono prevalenti rispetto alle UMZ1. Questo andamento si spiega facilmente con il numero molto più elevato di aree urbane di piccole e medie dimensioni, rispetto a quelle grandi.

#### 4.2 $TLC_{HA}$ (valori assoluti in ettari)

Le tendenze generali dell'indicatore  $TLC_{HA}$  in Italia e nell'intero territorio analizzato risultano apparentemente abbastanza confrontabili. E' tuttavia evidente che, in termini di consumo complessivo di territorio, le grandi aree urbane (UMZ1) in Italia svolgano un ruolo decisamente meno rilevante.

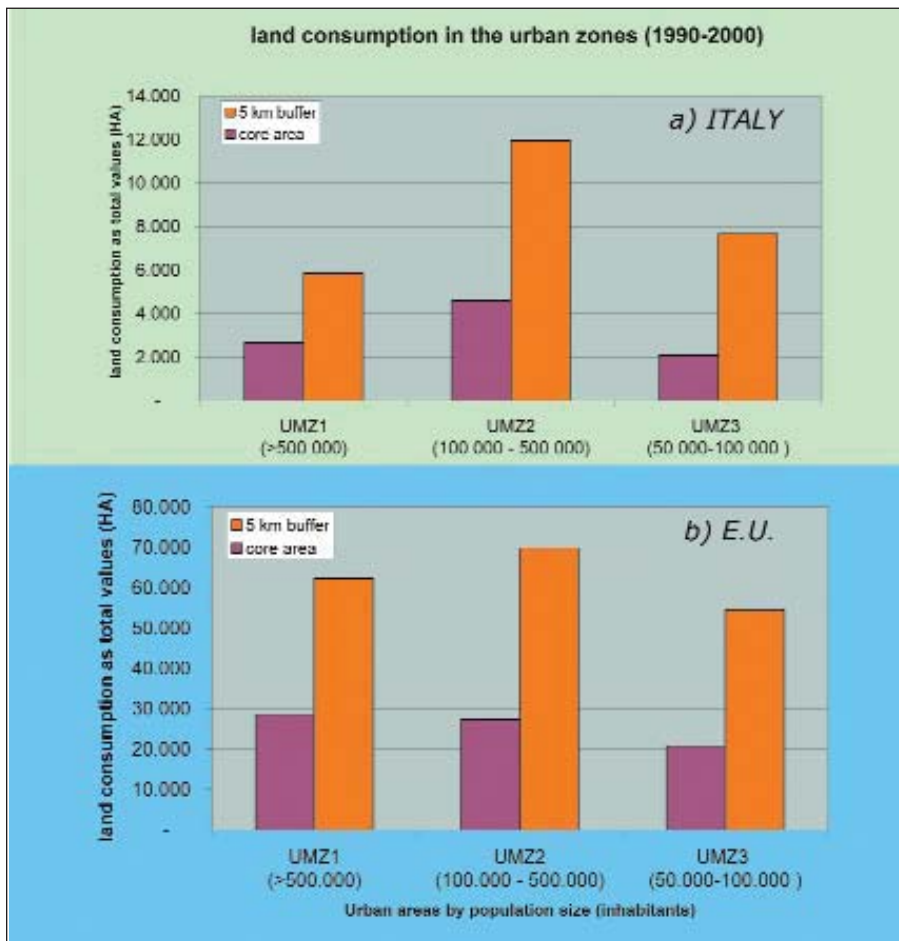


Figura 9 - Il  $TLC_{HA}$  (in ettari) relativo a ciascuna classe di UMZ (core area e buffer area) in Italia (a) e su tutto il territorio analizzato (b)

Nella Figura 9, infatti, è chiaramente visibile che in Italia i maggiori "consumi" sono dovuti alle aree urbane intermedie (UMZ2), sia con riferimento alla *core area* che alla *buffer area*, e che considerando quest'ultima anche le piccole città (UMZ3) hanno dato luogo ad un *land consumption* maggiore delle grandi.

Un altro aspetto interessante da evidenziare è l'incremento nei valori di  $TLC_{HA}$  passando dalle *core areas* alle *buffer areas*: mentre sull'intero territorio analizzato i valori di  $TLC_{HA}$  più o meno si raddoppiano, in Italia si ha un incremento analogo solamente per le grandi aree urbane, ma diviene pari a tre volte per quelle intermedie e si quadruplica per le aree urbane minori.

Si può pertanto concludere che, in termini di  $TLC_{HA}$ , il confronto con il trend europeo evidenzia per l'Italia il ruolo cruciale delle aree urbane intermedie (popolazione compresa tra 100.000 e 500.000 abitanti) ma anche delle aree urbane più piccole (tra 50.000 e 100.000 abitanti) che tendono ad espandersi soprattutto nelle aree periferiche.

### 4.3 $TLC_{\%}$ (valori normalizzati)

Come si è visto, i valori di  $TLC_{\%}$  consentono una valutazione dell'intensità del "*land consump-*

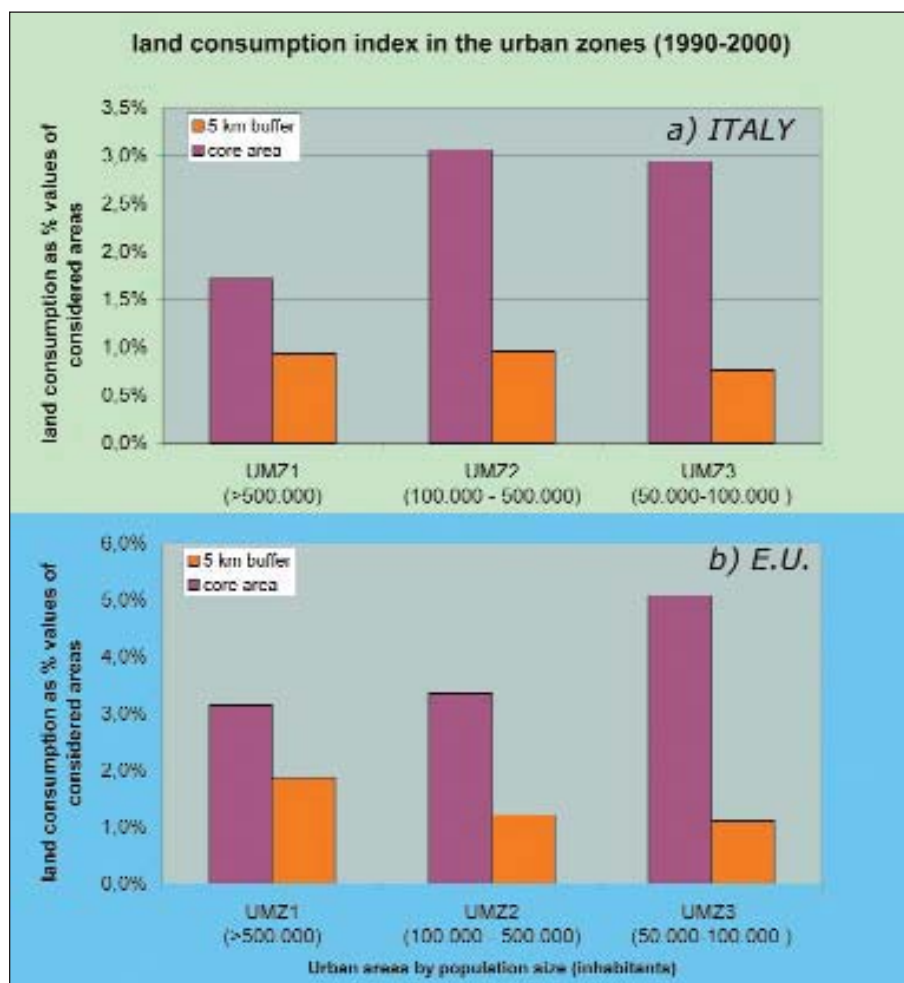


Figura 10 - Il  $TLC_{\%}$  relativo a ciascuna classe di UMZ (core area e buffer area) in Italia (a) e su tutto il territorio analizzato (b)



tion" per le diverse classi di aree urbane, quantificandola in rapporto alla loro estensione areale complessiva.

In questo caso il confronto con il dato complessivo sembra indicare una minore intensità dei fenomeni di espansione urbana verificatisi sul territorio italiano. Pur sottolineando che si tratta comunque di dati medi, è infatti evidente che per le grandi aree urbane i dati europei raggiungono valori doppi di quelli italiani e sono, comunque, più alti anche quelli relativi alle aree urbane minori. Nelle aree intermedie, invece, i valori di intensità sono del tutto analoghi e questo sembra confermare, nel contesto italiano, il ruolo cruciale dell'espansione dei centri intermedi.

#### 4.4 Le componenti dell'espansione urbana

Per definire le caratteristiche qualitative della dinamica urbana in Italia, è stata valutata l'incidenza relativa delle tre componenti dell'indicatore  $TLC_{\%}$  (cfr. paragrafo 2.5), confrontandola con gli analoghi dati ricavati per l'intero territorio esaminato.

Nei diagrammi triangolari di Figura 11 sono rappresentati i dati relativi alle tre componenti dell'indicatore  $TLC_{\%}$  per le *core areas* (a sinistra) e per le *buffer areas* (a destra).

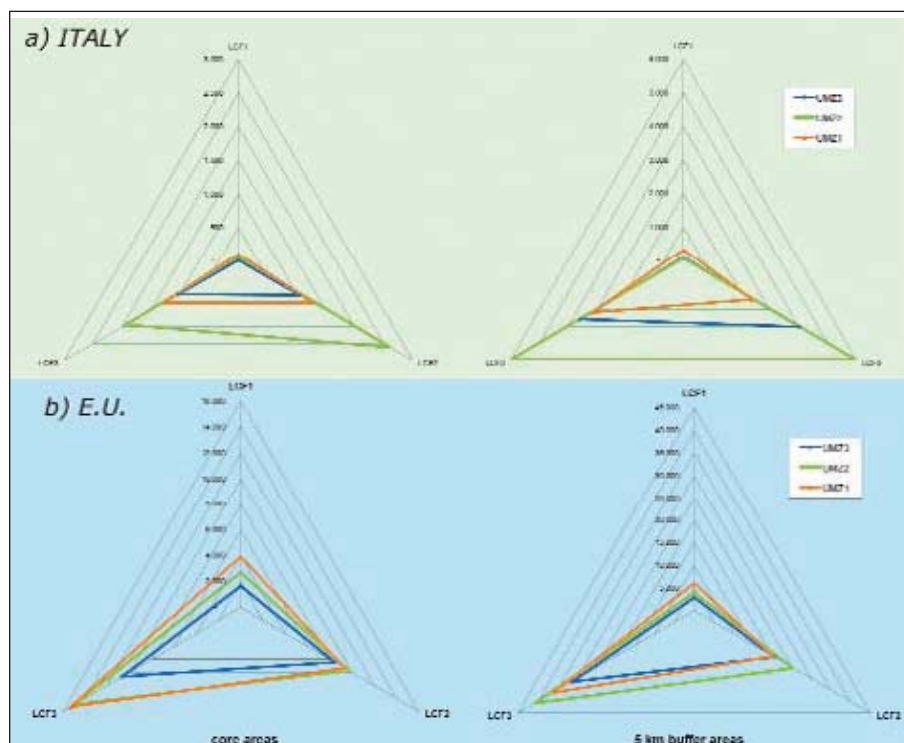


Figura 11 - Incidenza relativa delle tre componenti dell'indicatore  $TLC_{\%}$  in Italia (a) e in totale (b). Il diagramma a sinistra è relativo alle core areas mentre quello a destra riguarda le buffer areas

Dal confronto emerge che, mentre il dato europeo si caratterizza per un ruolo sempre prevalente della componente LCF3 (*Extension of economic sites and infrastructures*), in Italia questa ha una importanza più o meno equivalente alla componente LCF2 (*Urban sprawl*), che talvolta raggiunge valori anche superiori (*core areas* per le UMZ2).

Il ruolo della componente LCF1 (Urban land management) infine, già nettamente subalterno in generale, nel caso italiano diviene pressoché trascurabile.

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Uno studio condotto dal Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia, per conto dell'ETC/TE – Agenzia Europea per l'Ambiente, ha consentito di delineare la distribuzione dell'indicatore TLC (Total Land Consumption) in alcuni Stati dell'UE per il periodo 1990-2000, analizzandone le sue tre componenti definite dai Land Cover Flows (LCF) cosiddetti "urbani".

La metodologia utilizzata è basata sull'elaborazione delle banche dati del CORINE Land Cover e, pertanto, nell'interpretazione dei risultati si deve tener conto dei limiti e delle disomogeneità di distribuzione, completezza e qualità di tali dati. Ciononostante, l'indicatore TLC si è dimostrato un utile strumento per poter rappresentare, nelle sue due forme (valore assoluto e percentuale), la dinamica dell'espansione urbana, da un punto di vista sia qualitativo che quantitativo.

L'analisi è stata eseguita con riferimento a tre diverse categorie di aree urbane classificate in base al numero di abitanti in grandi (>500.000) intermedie (tra 100.000 e 500.000) e piccole aree urbane (tra 50.000 e 100.000).

Gli andamenti generali del TLC individuati dallo studio, oggetto di un Rapporto interno ETC/TE, sono stati confrontati con i corrispondenti valori relativi alla sola area italiana, al fine di evidenziare l'esistenza di caratteri distintivi propri dell'espansione urbana in Italia.

Da questo confronto è emerso fondamentalmente che:

- in Italia la perdita di territorio per fenomeni di espansione e trasformazione urbana è dovuta soprattutto alle aree urbane intermedie, a differenza del caso generale dove non si riscontra la prevalenza di una classe specifica. Inoltre l'intensità del *land consumption* in Italia risulta sensibilmente inferiore al dato generale, ad eccezione delle aree urbane intermedie per le quali i valori italiani e totali sono del tutto analoghi.
- mentre nei dati generali il *land consumption* risulta caratterizzato da una netta prevalenza della componente LCF3 (sviluppo di infrastrutture ed attività industriali o commerciali), per l'Italia il ruolo di questa componente è più o meno equivalente a quello di LCF2 (espansione del tessuto urbano). In entrambi i casi la componente LCF1 (trasformazione di tessuto urbano all'interno di aree già artificiali) ha un ruolo marginale, soprattutto in Italia dove risulta pressoché trascurabile.

Occorre infine sottolineare che quanto evidenziato è ricavato da un'analisi di valori complessivi, mentre una valutazione di dettaglio dei singoli casi locali richiede necessariamente il confronto e l'integrazione con gli indicatori socio-economici che determinano l'effettiva pressione sul territorio.

# 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 speci 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 scorri-

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.

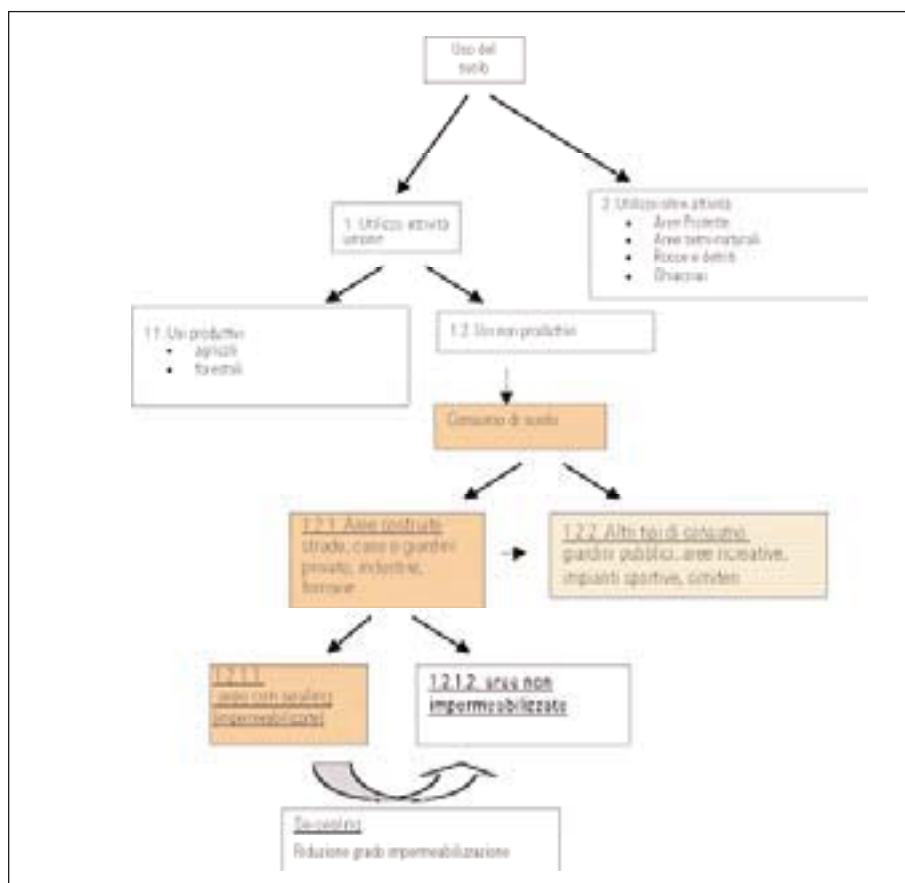


Figura 1 - Uso del suolo e suoi legami con il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo

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].

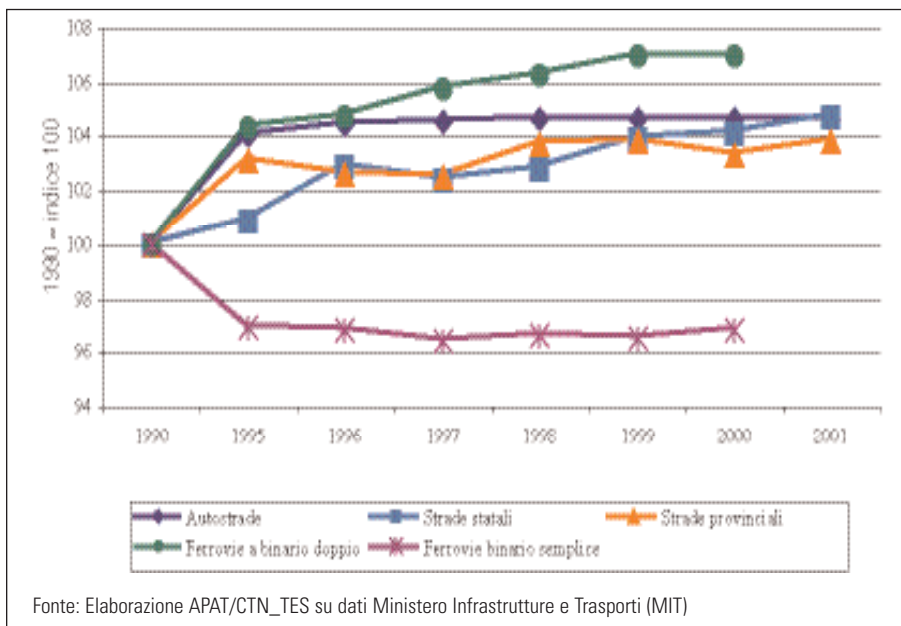


Figura 2 - Evoluzione della superficie occupata dalle reti di trasporto in Italia (rete ferroviaria, autostrade, strade statali e provinciali) dal 1990 (indice 100) al 2001

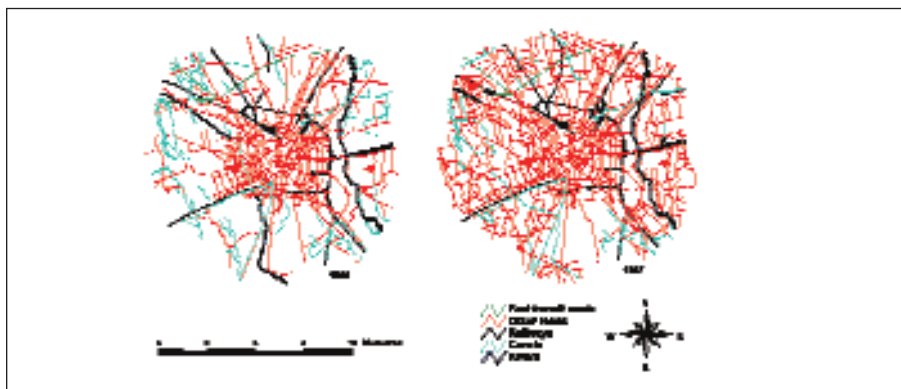


Figura 3 - Evoluzione della rete di trasporti in Milano tra il 1955 e il 1997 [10]

## 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".

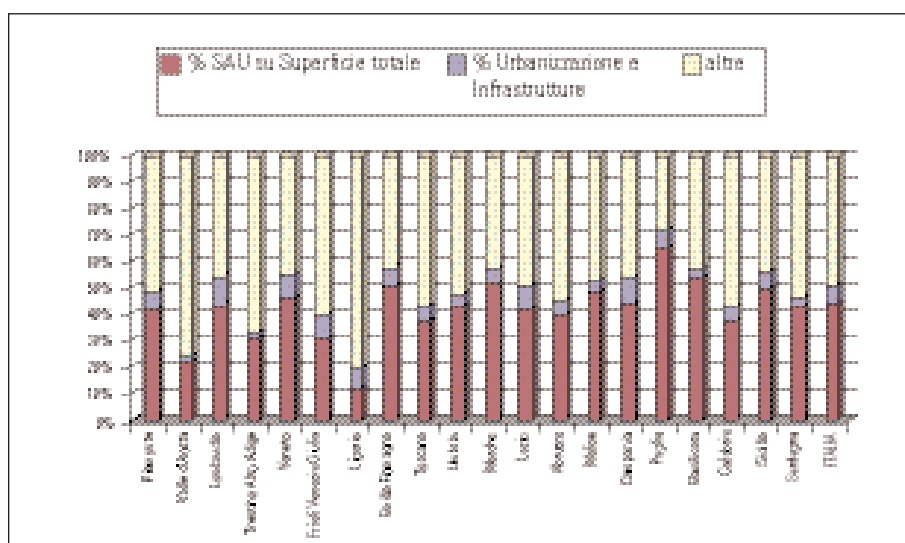


Figura 4 - Rappresentazione della superficie occupata dall'urbanizzato e dalle infrastrutture rispetto alla SAU e alle altre superfici



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

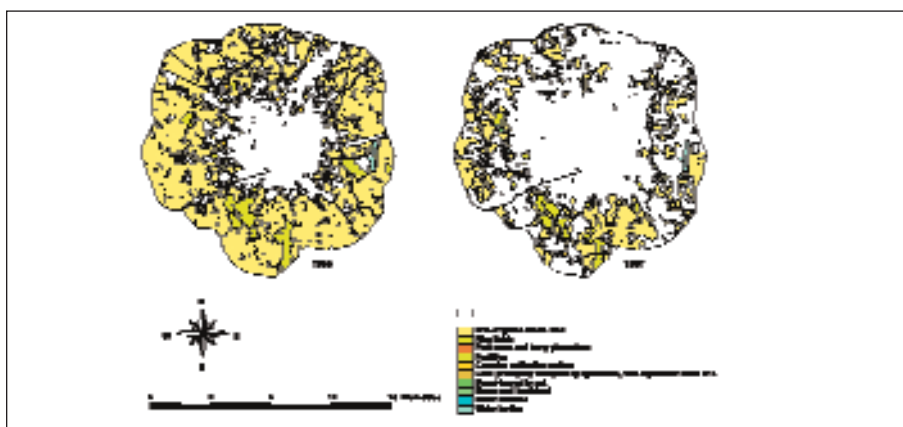


Figura 5 - Perdita di terreni naturali e agricoli a Milano tra il 1956 e il 1998 [10]

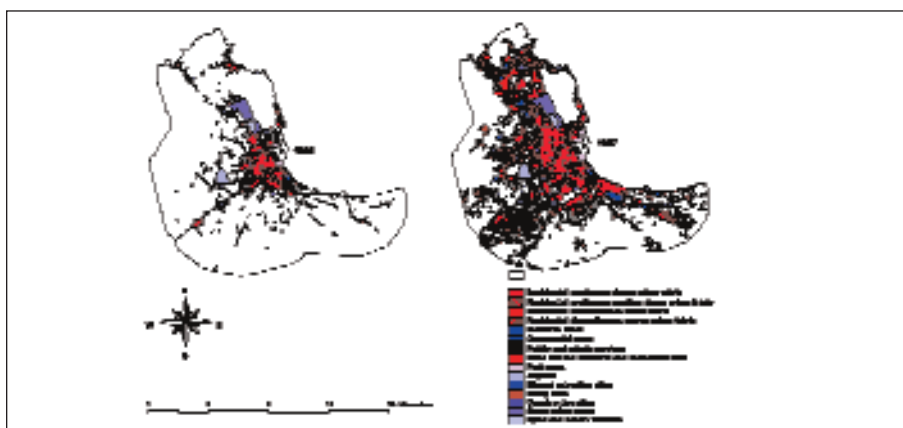


Figura 6 - Ampliamento dell'area urbana di Palermo tra il 1955 e il 1997 [10]

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."

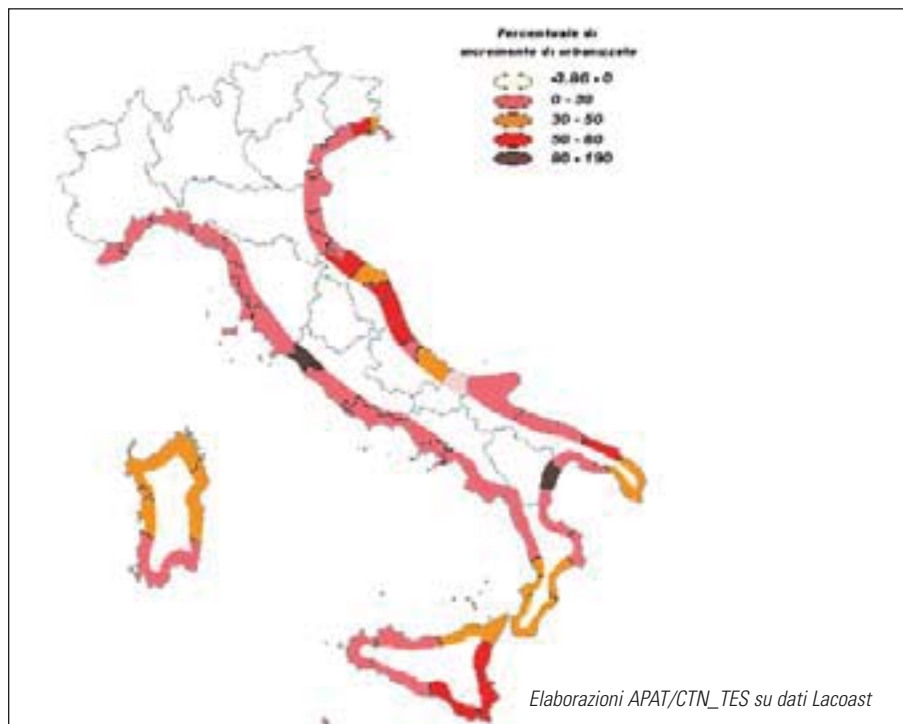


Figura 7 - Variazione delle superfici urbanizzate tra il 1975 e il 1992 nella fascia costiera di 10 km; rappresentazione a livello provinciale

## 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, aumentandone 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.



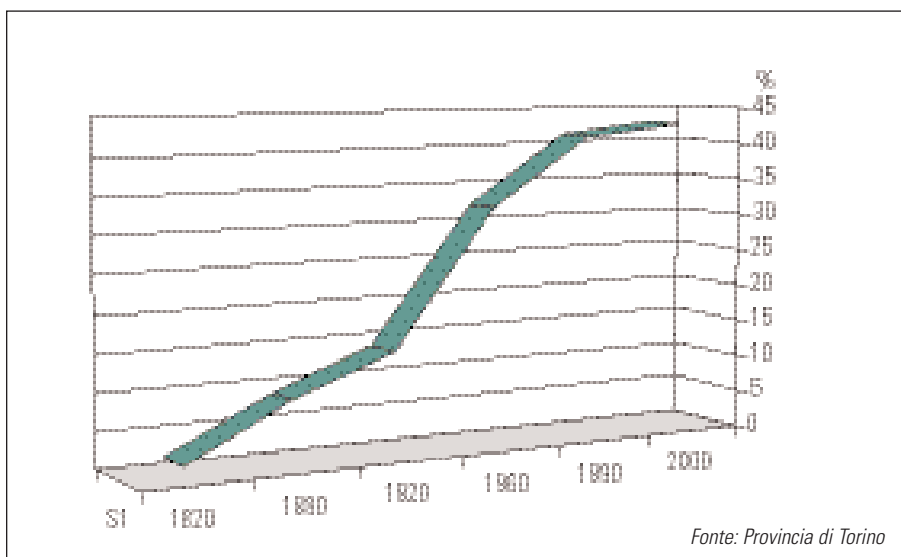


Figura 8 - Ambito Area Metropolitana Torinese - Superficie urbanizzata rispetto alla superficie comunale (%)

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.

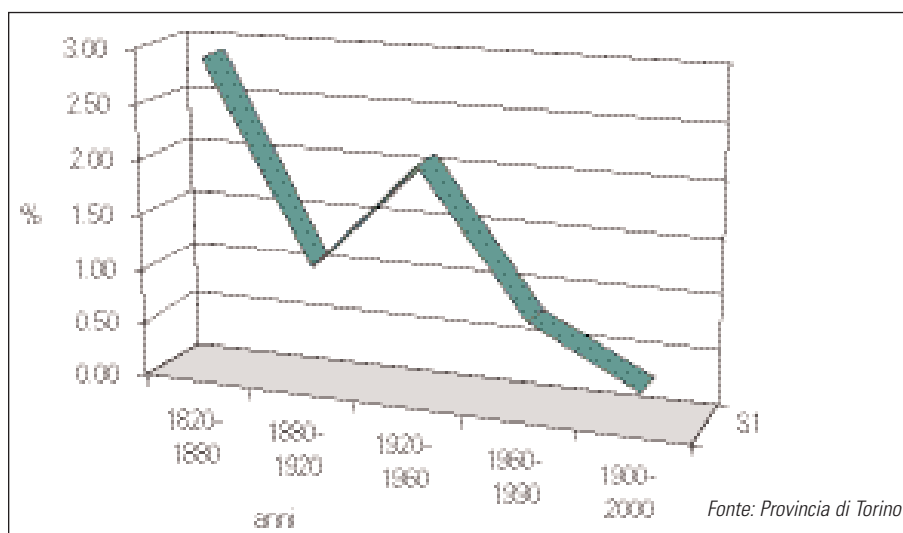


Figura 9 - Ambito Area Metropolitana Torinese - Tasso medio annuo di incremento dell'urbanizzazione (%)

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 *sprawl*, 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 sovrapposizione 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 colloidi, 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 colloidi 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>c</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

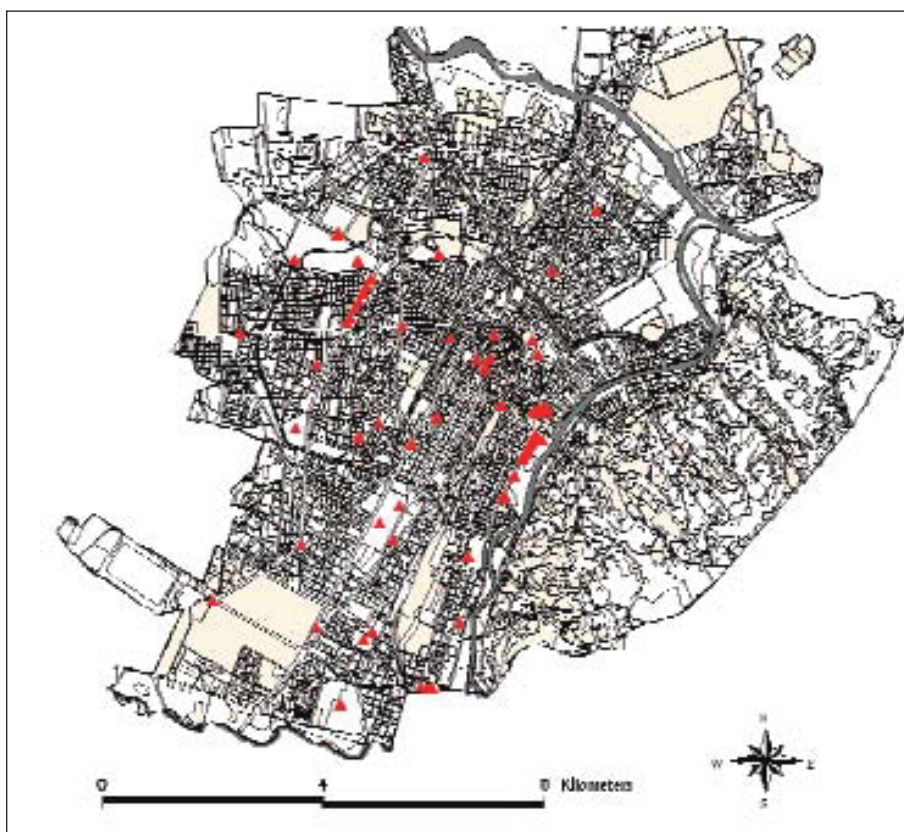


Figura 10 - Indicazione dei punti di prelievo dei campioni

## 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 - "Annuario 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