

IMPERMEABILIZZAZIONE E CONSUMO DEI SUOLI NELLE AREE URBANE

R. BARBERIS*, A. DI FABIO**, M. DI LEGINIO**, F. GIORDANO***,
L. GUERRIERI**, I. LEONI***, M. MUNAFÒ****, S. VITI***

* ARPA Piemonte - Area Rischio Industriale e Sviluppo Economico Compatibile

** APAT - Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Istruttorie, Piani di Bacino e raccolta dati

*** APAT - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia ambientale, Servizio Tutela delle Risorse naturali e Bilancio ambientale

**** APAT - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia ambientale, Servizio SINAnet - Gestione Dati

ABSTRACT

Negli ultimi 50 anni il paesaggio urbano ha subito un'espansione accelerata che non ha previsto un'attenta valutazione per quella che è la "vocazionalità del suolo". Lo sviluppo delle superfici impermeabilizzate è largamente attribuibile a strategie di pianificazione territoriale che non hanno tenuto in considerazione la perdita irreversibile del suolo, gli effetti ambientali collegati, la qualità della risorsa sacrificata e l'esistenza di strumenti capaci di valutarla.

Il risultato della diffusa competizione tra i diversi usi del suolo ha generato impatti ambientali quali la progressiva perdita di terreni fertili e/o di forte valenza naturalistica, 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.

Questo contributo si propone di valutare il fenomeno dell'impermeabilizzazione dei suoli da un punto di vista quantitativo. Nelle 24 aree urbane le superfici impermeabilizzate sono risultate pari, in media, all'8,5% del territorio provinciale a fronte di una media nazionale del 6,7%.

Ove possibile si è anche tentato di valutare la risorsa suolo dal punto di vista qualitativo attraverso metodologie che, tramite l'utilizzo di cartografie tematiche e tecniche di analisi spaziali, possono fornire strumenti al servizio della pianificazione territoriale.

1. INTRODUZIONE

In molte aree dell'Europa e dell'Italia il suolo è soggetto a processi degradativi gravi e talvolta irreversibili, che sono il risultato della domanda crescente e, spesso, poco sostenibile da parte di quasi tutti i settori economici, della concentrazione della popolazione e delle attività in aree localizzate, dell'impatto dei cambiamenti climatici e delle variazioni di uso del suolo (Barberis et al., 2001).

L'evoluzione delle principali dinamiche di cambiamento di copertura ed uso del suolo sul territorio nazionale, soprattutto nell'ultimo decennio (1990-2000), evidenzia una progressiva diminuzione della superficie destinata ad aree agricole, spesso particolarmente fertili, a favore di aree artificiali e di territori boscati ed ambienti semi-naturali.

In particolare, i territori boscati e gli ambienti naturali o semi-naturali hanno conquistato quasi 60.000 ettari, mentre le aree agricole sono diminuite di oltre 140.000 ettari di cui circa 80.000 ettari sono stati "artificializzati" a favore di nuove aree residenziali, industriali e commerciali nonché di servizi, aree estrattive, strade, ferrovie, ecc. (Maricchiolo et al., in stampa).

Rispetto alla situazione del 1990 l'evoluzione maggiore in termini relativi è avvenuta a favore di superfici artificiali che nel decennio 1990-2000 sono aumentate di oltre il 6%. Nell'ambito delle aree artificiali, pur essendo il residenziale ad avere l'espansione maggiore (più di 500 km²), sono le zone industriali, commerciali ed infrastrutturali ad avere avuto l'espansione per-

centuale maggiore e pari al 10,68% (Maricchiolo et al., 2005).

L'impatto diretto dei cambiamenti a favore delle aree artificiali consiste prima di tutto nella distruzione o alterazione irreversibile di suoli, conseguente perlopiù all'urbanizzazione, alla realizzazione e potenziamento delle infrastrutture di trasporto, all'apertura di cave. Questi fenomeni vengono compresi nel termine generale di *impermeabilizzazione dei suoli* o *soil sealing*.

Con il termine soil sealing si indica qui la separazione che si instaura tra il suolo e gli altri compartimenti dell'ecosistema, come la biosfera, l'atmosfera, l'idrosfera, l'antroposfera e altre parti della pedosfera per effetto di strati di materiale parzialmente o totalmente impermeabili (EC, 2004).

Non si tratta, in senso assoluto, del processo più esteso, poiché altri fenomeni come l'erosione o la diminuzione della sostanza organica interessano superfici ancora più vaste, ma la continua sottrazione di terreno è sicuramente il più irreversibile tra i processi di degradazione. L'impermeabilizzazione dei suoli dovuta all'incremento dell'urbanizzazione ed alle nuove infrastrutture è la causa più importante del degrado del suolo, non solo sul territorio nazionale ma anche nella maggior parte dei paesi industrializzati e densamente abitati dell'Europa occidentale e settentrionale, quali in particolare, Belgio con oltre il 20% di superficie urbanizzata al 2000, Germania con l'8,1%, Francia con il 4,8% dove l'incremento dell'impermeabilizzazione è avvenuto soprattutto a spese di aree agricole, confermando la tendenza rilevata in Italia.

Il maggiore impatto dell'impermeabilizzazione dei suoli si ha sul flusso delle acque. L'incapacità delle aree impermeabilizzate di assorbire per filtrazione una parte delle acque, aumenta notevolmente lo scorrimento 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, ed incidendo sulla capacità di ricarica delle falde acquifere.

Ulteriori impatti sono rappresentati dalla compromissione delle funzioni ecologiche del suolo, quali lo stoccaggio di carbonio e la funzione di habitat per il biota del suolo, l'aumento della frammentazione degli habitat e l'interruzione dei corridoi migratori per le specie selvatiche. Tutto ciò pone l'impermeabilizzazione dei suoli in netto contrasto con le politiche di sviluppo sostenibile.

Nel centro delle grandi città, inoltre, la maggiore concentrazione di aree edificate e le pavimentazioni stradali, unite alle caratteristiche termiche di alcuni materiali, quale il cemento, determinano un assorbimento del 10% in più di energia solare rispetto ad una corrispondente area coperta da vegetazione. Le città sono quindi delle vere e proprie isole di calore in cui si verificano anche fenomeni meteorologici atipici come la maggiore frequenza dei temporali.

Il presente lavoro riguarda, in particolare, la valutazione del fenomeno dell'impermeabilizzazione ed il consumo dei suoli nei 24 comuni e nelle rispettive province indicate in questo *III Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano* e l'analisi della sua evoluzione nel periodo 1990-2000.

Viene inoltre proposto uno studio sulla capacità d'uso dei suoli (*land capability*) per le province di Milano, Brescia e Torino volto a stimare la potenzialità agronomica della risorsa persa, fornendo informazioni utili anche per le azioni di tutela degli ambiti agricoli di pregio e validi strumenti di controllo affinché la crescita delle città avvenga nella direzione dei suoli a minor fertilità (Barberis, 2005). A completamento di tutto il lavoro è stato predisposto anche un quadro normativo a livello europeo, nazionale e regionale ed un'analisi degli strumenti di pianificazione urbanistica in merito alla tematica indagata per 21 dei comuni in studio.

2. RIFERIMENTI PROGRAMMATICI E NORMATIVI SULL'IMPERMEABILIZZAZIONE DEI SUOLI

L'analisi dei riferimenti normativi deve partire dalla ricognizione delle linee programmatiche dettate dall'Unione Europea che ha affrontato il problema del controllo dell'impermeabilizzazione dei suoli sia nel suo principale documento strategico per le politiche ambientali, il Sesto

programma di azione per l'ambiente¹, che nella Strategia tematica di riferimento per le politiche sull'ambiente urbano² e nella Strategia tematica per la protezione del suolo³.

Il Sesto programma di azione per l'ambiente, utile nella sua sinteticità per dare un quadro d'insieme delle politiche in atto e di quelle programmate dalla UE, focalizza l'attenzione sul ruolo della pianificazione, soprattutto quella di scala locale o regionale, nel determinare il carattere e l'intensità dell'uso del territorio e nel regolare attività che spesso hanno un notevole impatto sulle condizioni ambientali. Ciò è valido anche per la problematica dell'impermeabilizzazione, che risente soprattutto delle scelte operate su scala urbana attraverso gli strumenti di pianificazione urbanistica. Lo strumento offerto dalla UE per valutare preventivamente e controllare le ricadute ambientali degli strumenti di pianificazione è la Valutazione Ambientale Strategica. Essa viene applicata in primo luogo ai progetti sostenuti dai Fondi strutturali e di coesione. In base alla Direttiva 2001/42/CE⁴, inoltre, la VAS si applica a tutti i piani e programmi che possano avere effetti significativi sull'ambiente, ma è nella competenza degli stati membri decidere a quali piani previsti dalle legislazioni nazionali si applichi tale procedura⁵. Nel nostro paese alcune regioni hanno stabilito di applicare la VAS anche ai piani urbanistici⁶. Tra i piani analizzati in questo contributo, la valutazione ambientale (ValSAT) è stata applicata al PRG di Bologna.

Lo stesso Sesto programma suggerisce un altro metodo, di tipo volontario, per migliorare la sostenibilità delle politiche di pianificazione territoriale, quello della divulgazione di buone pratiche di pianificazione sostenibile, anche attraverso siti web. Anche questo è uno strumento che può essere applicato al tema dell'impermeabilizzazione, attraverso lo scambio di esperienze tra amministrazioni che abbiano già inserito nei propri strumenti di pianificazione prescrizioni volte al contenimento della copertura del suolo.

La Strategia tematica sull'ambiente urbano cita esplicitamente la riduzione dell'impermeabilizzazione tra gli obiettivi di una pianificazione territoriale sostenibile, in stretta connessione con gli obiettivi di prevenzione della proliferazione urbana e promozione della biodiversità. Tale previsione è importante anche sotto il profilo delle misure finanziarie che la Commissione stanziava a supporto delle proprie politiche ambientali. Il programma LIFE, infatti, (che dopo il 2006 continuerà con il nome LIFE+) finanzia progetti rivolti al raggiungimento degli obiettivi fissati dal Sesto programma e dalle Strategie tematiche.

La Strategia sull'ambiente urbano si integrerà poi con la Strategia tematica per la protezione del suolo. Già il documento preliminare all'emanazione della strategia tematica, adottato nel 2002, aveva considerato l'impermeabilizzazione una delle otto principali minacce per i suoli in Europa, lamentando la scarsità di normative specifiche, soprattutto negli stati meridionali. Si tratta infatti di una problematica più avvertita in Europa centrale e settentrionale, in cui non mancano esempi di legislazioni efficaci, come la legge tedesca per la protezione e il ripristino delle funzioni sostenibili del suolo. La Strategia per la protezione del suolo riconosce che, pur esistendo numerose regolamentazioni di settore che, indirettamente, tutelano il suolo (ad esempio la normativa agricola, quella sulle acque, ecc.) la loro applicazione non è sufficiente ad assicurare un'adeguata protezione di questa risorsa. Per questo l'Unione Europea compirà

¹ COM (2001) 31 Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta – Sesto programma di azione per l'ambiente.

² COM (2005) 718 Strategia tematica sull'ambiente urbano.

³ COM (2006) 231 Strategia tematica per la protezione del suolo.

⁴ Direttiva 2001/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 giugno 2001, concernente la valutazione di determinati piani e programmi sull'ambiente.

⁵ In Italia la VAS è attualmente disciplinata dal D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale (GU n. 88 del 14-4-2006 – Suppl. Ordinario n. 96).

⁶ LR Lombardia 12/2005, art. 4; LR Veneto 11/2004, art. 4; LR Campania 16/2004, art. 47; LR Friuli Venezia Giulia 11/2005, art. 3; LR Emilia Romagna 20/2000, art. 5.

ulteriori sforzi per aumentare la tutela del suolo, nei limiti delle proprie competenze, seguendo quattro direttrici strategiche: adozione di una legislazione quadro; integrazione della protezione del suolo nella formulazione e nell'attuazione delle politiche nazionali e comunitarie; sostegno alla ricerca; sensibilizzazione. La Direttiva quadro⁷, pubblicata nel settembre 2006 contestualmente alla nuova Strategia tematica, intende quindi essere il riferimento coerente e giuridicamente vincolante per l'uso sostenibile del suolo e la sua protezione dai principali fattori di degrado. Tra questi, l'impermeabilizzazione è presa in esame dall'art. 5, che impone a tutti gli Stati membri di adottare le misure opportune per limitare tale fenomeno o, qualora non sia possibile, per attenuarne gli effetti, in particolare con il ricorso a prodotti e tecniche di edificazione che consentano di mantenere il maggior numero possibile di tali funzioni.

In Italia il governo del territorio è materia di legislazione concorrente tra Stato e regioni⁸. La normativa nazionale detta le linee generali di indirizzo della pianificazione territoriale e urbanistica, ma trascura gli aspetti ambientali legati all'impermeabilizzazione dei suoli. Le scelte legate a questo tema sono contenute negli atti legislativi e pianificatori emanati a livello locale. Per questo un'analisi della normativa deve muoversi in particolare tra il livello regionale e quello comunale, attraverso l'analisi di misure specifiche presenti negli strumenti di pianificazione urbanistica (per cui vedi *infra*, par. 4). Negli ultimi anni le regioni Emilia Romagna, Umbria e Toscana hanno emanato delle leggi dirette a migliorare la qualità dell'ambiente urbano. In questo contesto, hanno ritenuto indispensabile inserire il controllo dell'impermeabilizzazione tra i parametri che devono guidare l'espansione e la trasformazione del tessuto urbano.

La Regione Emilia Romagna, nella LR 20/2000⁹, persegue questo obiettivo introducendo il concetto di "dotazioni ecologiche ed ambientali del territorio" (art. A-25), costituite dall'insieme degli spazi, delle opere e degli interventi che concorrono, insieme alle infrastrutture per l'urbanizzazione degli insediamenti, a migliorare la qualità dell'ambiente urbano, mitigandone gli impatti negativi. La pianificazione urbanistica deve determinare il fabbisogno di dotazioni ecologiche e ambientali e dei requisiti prestazionali che le stesse devono soddisfare e deve individuare le aree più idonee per la loro localizzazione. Tra le varie tipologie di dotazioni ambientali vi sono quelle rivolte al mantenimento della permeabilità dei suoli, nell'ottica della tutela dell'equilibrio idrogeologico e della funzionalità della rete idraulica superficiale. La LR 1/2005¹⁰ della Regione Toscana declina la qualità urbana in tre dimensioni: qualità ambientale, edilizia e di accessibilità. Tutti gli interventi di trasformazione del territorio devono rispettare questi requisiti al fine di prevenire e risolvere i fenomeni di degrado (art.37). Rilevante è che, per il soddisfacimento dei requisiti di qualità ambientale, deve essere valutata la qualità e quantità degli interventi realizzati per il contenimento dell'impermeabilizzazione. La legge rinvia a regolamenti e istruzioni tecniche la specificazione dei parametri che devono essere adottati dai comuni per valutare l'effettivo rispetto delle prescrizioni di qualità. La LR 1/2004 della Regione Umbria¹¹, infine, si occupa di permeabilità dei suoli nell'ambito della promozione di requisiti di sostenibilità ambientale in edilizia. La legge favorisce l'adozione di tecniche edilizie sostenibili (art. 43) e demanda alla Giunta l'emanazione di atti per definire metodologie, criteri e tecniche che garantiscano la sostenibilità degli interventi di trasformazione del territorio garantendo, tra l'altro, il mantenimento della permeabilità dei suoli urbani con l'individuazione di rapporti tra superfici permeabili e non permeabili.

⁷ COM (2006) 232 Direttiva quadro per la protezione del suolo

⁸ Ex art.117 Cost.

⁹ Legge Regionale n. 20 del 24-03-2000 Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio.

¹⁰ Legge Regionale n. 1 del 03-01-2005 Norme per il governo del territorio.

¹¹ Legge Regionale n. 1 del 18-02-2004 Norme per l'attività edilizia.

3. LO STATO E IL TREND DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE E DEL CONSUMO DEI SUOLI

3.1 Valutazione delle superfici impermeabilizzate e del consumo di suolo nelle 24 aree urbane

Per le 24 aree urbane oggetto di studio è stata valutata l'entità del territorio impermeabilizzato in termini percentuali sulla superficie totale. La stima è stata realizzata sulle aree comunali, su quelle provinciali e su aree circolari omogenee. L'individuazione di tali aree omogenee (aree buffer) permette di rendere confrontabili, in quanto riferite ad una stessa superficie territoriale, le valutazioni del fenomeno del *soil sealing* tra le diverse realtà. Le aree buffer hanno come punto centrale il centro della città, identificato nella sede del municipio, e raggio pari a 30 km. Tale estensione spaziale ha permesso di circoscrivere i territori comunali delle città studiate e di analizzare circa la metà del totale dei territori provinciali.

Le superfici comunali, provinciali e circolari (figura 1) così definite sono quindi state utilizzate come aree di controllo all'interno delle quali stimare il grado di impermeabilizzazione del suolo. Per ciascuna area sono state calcolate le percentuali di copertura del suolo utilizzando la base dati digitale CORINE Land Cover 2000 (Maricchiolo et al., 2005) che, nonostante il livello di dettaglio che non permette un'elevata accuratezza dei dati¹² su tali estensioni territoriali, garantisce l'omogeneità della valutazione a livello nazionale e un possibile confronto a livello europeo¹³.

I vari tipi di copertura del suolo sono stati successivamente tradotti in un grado di impermeabilizzazione sulla base della metodologia utilizzata per la produzione della "Carta nazionale dell'impermeabilizzazione dei suoli" (Romano e Munafò, 2005). Dai calcoli sono state escluse le aree di mare, mentre sono state considerate le lagune, gli estuari e le acque superficiali interne, tutte aventi percentuale d'impermeabilizzazione pari a zero.

Figura 1: Le aree buffer delle 24 città utilizzate per la valutazione del grado di impermeabilizzazione dei suoli.

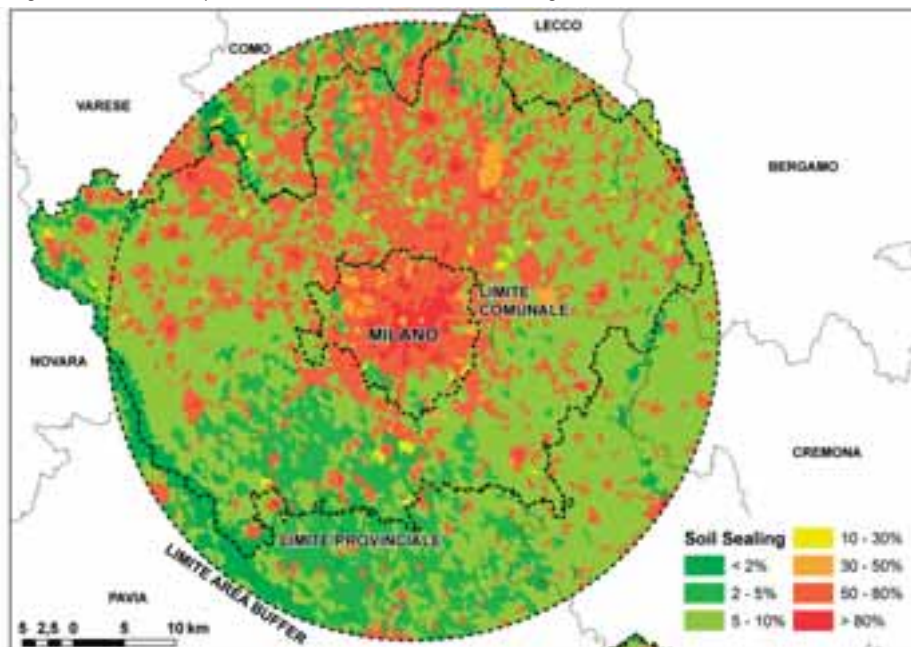


A titolo di esempio, in figura 2 è presentata la carta del grado di impermeabilizzazione del suolo relativa alla città di Milano. Il grado di impermeabilizzazione, variabile da 0 a 100%, è rappresentato tramite sette classi. La metodologia descritta ha permesso di realizzare tali carte di impermeabilizzazione per le 24 aree urbane oggetto di studio. Queste carte permettono di rappresentare spazialmente la distribuzione delle superfici impermeabilizzate e mostrano anche le notevoli differenze tra le città.

¹² I dati CORINE Land Cover sono a scala 1:100.000 e una minima unità cartografata pari a 25 ha (banche dati CLC2000 e CLC90) e 5 ha (banca dati dei cambiamenti).

¹³ Sono 33 i paesi europei aderenti al progetto I&CLC2000 (Maricchiolo et al., 2005).

Figura 2: Carta dell'impermeabilizzazione dei suoli (soil sealing) di Milano.



Fonte: elaborazione APAT da Carta nazionale dell'impermeabilizzazione dei suoli (Romano e Munafò, 2005) e CORINE Land Cover 2000 (www.clc2000.sinanet.apat.it).

Una valutazione sintetica del fenomeno del *soil sealing* è possibile attraverso la definizione degli indicatori seguenti:

- A. superficie impermeabile/superficie totale (%);
- B. variazione della superficie impermeabile tra il 1990 e il 2000 (% rispetto al 1990);
- C. superficie impermeabile procapite (m^2 /abitante).

Tali indicatori sono stati elaborati sull'area comunale, provinciale e buffer per le 24 città analizzate (tabella 1.a).

Come si evince dalla tabella 1.a le province di Napoli (24,9%) e di Milano (24,6%) mostrano i valori più elevati di superficie impermeabilizzata rispetto alla superficie totale. Tali valori evidenziano un'estensione della superficie impermeabilizzata pari a tre volte il valore medio calcolato per le 24 province oggetto di studio. Viceversa lo stesso indicatore per le province di Genova (5,9%), Parma (5,3%) e Cagliari (5,7%) fa registrare i valori più bassi rispetto alla tendenza media nelle 24 province analizzate.

Per quanto riguarda la variazione della superficie impermeabile tra il 1990 ed il 2000 (% rispetto al 1990) le province di Prato, Bologna, Torino e Livorno mostrano i valori più elevati mentre per le province di Genova e di Foggia tale incremento è trascurabile¹⁴.

Infine relativamente all'ultimo indicatore analizzato, le città di Foggia (633), Cagliari (515), Parma (471) e Taranto (411) mostrano i valori più elevati di superficie impermeabile procapite (m^2 /abitante), che si discostano notevolmente dalla media delle 24 province. Al contrario a Napoli, Milano, Genova e Trieste, la superficie impermeabile per ogni cittadino è inferiore ai $150 m^2$.

¹⁴ A causa del livello di dettaglio geometrico dei dati CORINE i valori ottenuti tendono a sottostimare il fenomeno dell'espansione delle superfici impermeabilizzate tra il 1990 e il 2000.

Tabella 1.a: L'impermeabilizzazione dei suoli (*soil sealing*) nelle 24 aree urbane

	A impermeabile/superficie totale			B variazione della superficie impermeabile		C superficie impermeabile procapite (m ² /abitante)
Anno di riferimento	2000			1990-2000		2000
Area di riferimento	Comune	Provincia	Buffer*	Provincia	Buffer*	Provincia
Torino	46,1%	6,8%	12,0%	4,4%	3,7%	215
Milano	48,5%	24,6%	20,9%	1,3%	1,4%	132
Brescia	31,1%	7,3%	10,6%	1,8%	2,2%	322
Verona	19,3%	9,8%	10,2%	1,7%	1,6%	371
Venezia	11,1%	9,9%	11,7%	2,8%	2,7%	301
Padova	32,6%	11,5%	11,9%	3,6%	2,7%	292
Trieste	24,7%	15,6%	13,7%	2,6%	1,8%	134
Genova	17,6%	5,9%	6,0%	0,0%	0,0%	121
Parma	12,8%	5,3%	8,7%	3,2%	3,8%	471
Modena	16,1%	8,2%	10,6%	2,8%	4,0%	353
Bologna	28,6%	7,7%	8,8%	5,1%	4,9%	313
Firenze	34,4%	6,9%	9,1%	3,0%	4,4%	259
Prato	22,1%	10,4%	9,2%	6,3%	4,9%	169
Livorno	19,7%	8,4%	9,9%	4,1%	2,8%	312
Roma	22,1%	11,7%	17,1%	2,1%	2,3%	169
Napoli	52,4%	24,9%	23,2%	1,4%	1,7%	95
Foggia	9,5%	6,1%	7,1%	0,0%	0,0%	633
Bari	38,4%	9,6%	13,0%	0,2%	0,3%	315
Taranto	24,0%	9,9%	10,8%	0,5%	0,7%	411
R.Calabria	10,4%	6,0%	7,3%	2,8%	1,7%	336
Palermo	37,6%	7,5%	12,9%	0,8%	0,7%	302
Messina	17,3%	7,0%	9,2%	0,5%	1,1%	344
Catania	26,4%	9,3%	13,6%	0,5%	0,3%	314
Cagliari	23,8%	5,7%	8,3%	3,6%	5,0%	517
Media (24 città)		8,5%				248
Italia		6,7%				

* Area circolare di raggio pari a 30 km

Fonte: elaborazione APAT da Carta nazionale dell'impermeabilizzazione dei suoli (Romano e Munafò, 2005) e CORINE Land Cover 2000 (www.clc2000.sinanet.apat.it)

L'indicatore relativo alla superficie impermeabilizzata procapite, soprattutto in quanto riferito al territorio provinciale, è fortemente influenzato dalla densità abitativa e rappresenta solo parzialmente la tipologia di sviluppo delle unità abitative in senso verticale, tipico delle grandi città, rispetto allo sviluppo orizzontale tipico dell'urban sprawl; nonostante ciò, l'indicatore evidenzia come i valori di consumo procapite siano particolarmente elevati anche in aree (Parma, Foggia, Modena) caratterizzate da un basso rapporto tra superficie impermeabile e superficie totale. I dati necessitano di una lettura critica. Ad esempio, per quanto riguarda la città di Messina, l'analisi basata sulla distanza dal centro città ha finito per inglobare anche Reggio Calabria (e viceversa). La stessa situazione si ha tra Prato e Firenze. In tal modo, ai fini di questa elaborazione le città possono essere considerate come un'unica area metropolitana. Per quanto riguar-

da la città di Venezia, la laguna è stata considerata come area permeabile. Questa non è però l'unica scelta possibile in quanto la laguna potrebbe essere equiparata al mare portando a valori di impermeabilizzazione molto superiori. Per la città di Trieste sono stati elaborati dati sul solo territorio italiano, sebbene l'applicazione del concetto di area metropolitana avrebbe potuto anche suggerire l'analisi degli adiacenti territori sloveni.

La metodologia presentata permette di valutare in modo semplice il grado di impermeabilizzazione delle aree urbane. I dati d'ingresso utilizzati sono disponibili in modo omogeneo sull'intero territorio nazionale e permettono quindi delle comparazioni attendibili. Uno dei punti che si è dimostrato essere più problematico è la definizione di un'area metropolitana su cui calcolare un indice di impermeabilizzazione media confrontabile tra le varie città. La definizione dell'area di studio dipende, inoltre, dalla problematica ambientale in analisi. A questo scopo non sembra indicato assumere i limiti comunali, né quelli provinciali, in quanto tali unità amministrative sono estremamente eterogenee in termini di estensione.

Per la valutazione del consumo di suolo (*land take*) si è adottata la metodologia "LEAC" (Land and Ecosystem Accounts) che, per quanto riguarda le aree urbane, suddivide le variazioni di copertura del suolo (LCF - Land Cover Flow) in tre categorie (Eurostat, 2003):

- LCF₁ (Urban land management) che rappresenta il riutilizzo di aree già urbane;
- LCF₂ (Urban sprawl) che quantifica l'espansione del tessuto urbano continuo e discontinuo a spese di aree non artificiali;
- LCF₃ (Extension of economic sites and infrastructures) che valuta la componente dell'espansione urbana dovuta alle attività produttive industriali e commerciali, ad attività estrattive, discariche ed infrastrutture.

I risultati dell'applicazione di questa metodologia a scala nazionale sono stati illustrati in un contributo nel II Rapporto APAT sulla qualità dell'ambiente urbano (Gallozzi e Guerrieri, 2005) L'indicatore utilizzato (D) rappresenta la variazione percentuale (tra il 1990 e il 2000) di tali aree rispetto alla superficie urbanizzata del 1990 del territorio provinciale (tabella 1.b).

Tabella 1.b: Il consumo dei suoli (land take) nelle 24 aree urbane tra il 1990 e il 2000 con riferimento alla superficie provinciale.

Provincia	D consumo del suolo	Provincia	D consumo del suolo
Torino	9,7%	Livorno	10,7%
Genova	0,0%	Roma	4,6%
Milano	1,7%	Napoli	2,3%
Brescia	4,1%	Foggia	0,0%
Verona	4,3%	Bari	0,7%
Venezia	5,6%	Taranto	1,9%
Padova	7,8%	R. Calabria	10,6%
Trieste	3,6%	Palermo	2,7%
Parma	16,0%	Messina	1,1%
Modena	7,8%	Catania	1,5%
Bologna	15,8%	Cagliari	15,6%
Firenze	10,8%	Media	5,4%
Prato	9,9%		

Fonte: elaborazione APAT da CORINE Land Cover 2000 (www.clc2000.sinanet.apat.it).

I dati in tabella 1.b evidenziano l'entità del fenomeno del consumo di suolo nelle aree urbane. Lo sviluppo urbano procede a ritmi elevati e, in media, nelle 24 città analizzate si è avuta un'espansione delle aree urbanizzate di oltre il 5% nel decennio 1990-2000. La situazione assume caratteristiche differenti sul territorio nazionale: in ben sei province (Parma, Bologna, Firenze, Livorno, Reggio Calabria e Cagliari) la superficie urbanizzata cresce, in dieci anni, di oltre il 10%, mentre in sette delle province analizzate (Genova, Milano, Foggia, Bari, Taranto, Messina, Catania) tale incremento è inferiore al 2%. Anche in questo caso è utile ricordare, tuttavia, i limiti geometrici dei dati utilizzati (CORINE Land Cover) che non considerano i cambiamenti di copertura del territorio inferiori ai cinque ettari.

3.2 Valutazione della qualità della risorsa suolo consumata: capacità d'uso e valore naturalistico dei suoli

Un'analisi quantitativa dell'impermeabilizzazione e del consumo dei suoli dovrebbe necessariamente essere seguita da una valutazione di tipo qualitativo che consenta di evidenziare la qualità del suolo perso.

In questa sezione vengono illustrati alcuni esempi in aree campione in cui i dati relativi al consumo di suolo (*land take*) vengono incrociati con strati informativi indicativi della qualità dei suoli (capacità d'uso e valore naturalistico).

Le metodologie proprie della valutazione del territorio (*land evaluation*) hanno come scopo quello di raccogliere e tradurre in una forma semplice e fruibile, nonché più economica, il maggior numero possibile delle informazioni ottenibili dall'analisi multidisciplinare del territorio.

Questa valutazione territoriale, di tipo indiretto, si basa sul principio che alcune proprietà importanti dei suoli o del territorio, che possano essere dedotte dall'esame delle caratteristiche dei suoli stessi, sono quelle con maggior peso nella riuscita o meno di un certo utilizzo del territorio.

Nell'ambito dei procedimenti della *land evaluation* un metodo è quello dell'analisi della capacità d'uso dei suoli (*Land Capability Classification*, LCC), finalizzata a valutarne le potenzialità produttive per utilizzazioni di tipo agro-silvo-pastorale sulla base di una gestione sostenibile, cioè conservativa della risorsa suolo. La cartografia relativa a questa valutazione è uno strumento indispensabile alla pianificazione del territorio in quanto consente di operare le scelte più conformi alle caratteristiche dei suoli e dell'ambiente in cui sono inseriti. I suoli vengono classificati essenzialmente allo scopo di metterne in evidenza i rischi di degradazione derivanti da usi inappropriati.

Tale interpretazione viene effettuata sia in base alle caratteristiche intrinseche del suolo (profondità, pietrosità, fertilità), che a quelle dell'ambiente (pendenza, rischio di erosione, inondabilità, limitazioni climatiche), ed ha come obiettivo l'individuazione dei suoli agronomicamente più pregiati, e quindi più adatti all'attività agricola, consentendo in sede di pianificazione territoriale, se possibile e conveniente, di preservarli da altri usi.

Il sistema prevede la ripartizione dei suoli in 8 classi di capacità con limitazioni d'uso crescenti. Le prime 4 classi sono compatibili con l'uso sia agricolo che forestale e zootecnico; le classi dalla quinta alla settima escludono l'uso agricolo intensivo, mentre nelle aree appartenenti all'ultima classe, l'ottava, non è possibile alcuna forma di utilizzazione produttiva.

Altro strumento importante per migliorare le condizioni di uso della risorsa suolo è rappresentato dalla carta del valore naturalistico dei suoli. Tale cartografia propone una valutazione dell'interesse scientifico che le risorse pedologiche hanno dal punto di vista della loro valenza naturalistica o perchè caratterizzate da processi pedogenetici tipici di ambienti di formazione particolari. L'interpretazione del valore naturalistico dei suoli integra conoscenze pedologiche con conoscenze geomorfologiche, naturalistiche, floristiche, paesaggistiche, geografiche, ecc. e propone strategie comuni per la conservazione, la valorizzazione e la fruizione.

I casi studio hanno riguardato le province di Milano, Brescia e Torino, tutte aree caratterizzate da una millenaria attività agricola e soggette ad un'intensa attività di trasformazione a fini urbani.

Relativamente alle province di Milano e Brescia, le cartografie relative alla capacità d'uso dei suoli ed al valore naturalistico, basate sulla Cartografia Tecnica Regionale, sono state realizzate tramite fotointerpretazione del volo aereo 1994 ed attraverso l'elaborazione di informazioni scaturite dall'analisi della cartografia storica e dei dati del Sistema Informativo Pedologico (Regione Lombardia, 2000). I dati relativi alla capacità d'uso dei suoli, forniti dalla Regione Lombardia con una legenda che prevede una suddivisione in sottoclassi, sono stati per semplicità considerati a livello di classe principale di appartenenza, con numeri da I a VIII che indicano l'incremento dei fattori limitanti e la diminuzione delle scelte possibili ai fini economici. Per quanto riguarda gli aspetti inerenti il valore naturalistico, la legenda suddivide le aree con valore naturalistico alto, alto/moderato, moderato, moderato/basso, basso/moderato e basso (vedi tabelle 2, 3, 4, 5).

Tabella 2: Suddivisione in classi di land capability (provincia di Milano).

CLASSE	ESTENSIONE (IN ETTARI)	PERCENTUALE RISPETTO AL TERRITORIO PROVINCIALE
Urbanizzato	68.940	34,8%
I	4.736	2,4%
II	22.005	11,1%
III	73.292	37%
IV	27.328	13,8%
V e VI	1.650	0,9%

Fonte: Regione Lombardia - Direzione Territorio e Urbanistica - U.O. Infrastruttura per l'informazione territoriale.

Tabella 3: Suddivisione in classi di valore naturalistico (provincia di Milano).

VALORE	ESTENSIONE (IN ETTARI)	PERCENTUALE RISPETTO AL TERRITORIO PROVINCIALE
Urbanizzato	68.940	34,8%
Alto	8.718	4,4%
Alto/Moderato	1.729	0,8%
Moderato	14.692	7,4%
Moderato/Basso	15.516	7,8%
Basso/Moderato	4.785	2,4%
Basso	85.298	43%

Fonte: Regione Lombardia - Direzione Territorio e Urbanistica - U.O. Infrastruttura per l'informazione territoriale.

Tabella 4: Suddivisione in classi di land capability (fascia pianeggiante della provincia di Brescia).

CLASSE	ESTENSIONE (IN ETTARI)	PERCENTUALE RISPETTO ALLA FASCIA PIANEGGIANTE DEL TERRITORIO PROVINCIALE
Urbanizzato	40.630	20,1%
I	6.312	3,1%
II	77.365	38,3%
III	52.772	26,1%
IV	17.323	8,6%
V, VI	2.358	1,7%
VII	7.701	3,8%

Fonte: Regione Lombardia - Direzione Territorio e Urbanistica - U.O. Infrastruttura per l'informazione territoriale.

Tabella 5: Suddivisione in classi di valore naturalistico (fascia pianeggiante della provincia di Brescia).

VALORE	ESTENSIONE (IN ETTARI)	PERCENTUALE RISPETTO AL TERRITORIO PROVINCIALE
Urbanizzato	40.630	20,1%
Alto	1.045	0,5%
Moderato	11.234	5,6%
Moderato/Basso	840	0,4%
Basso/Moderato	3.821	1,9%
Basso	144.532	71,5%

Fonte: Regione Lombardia - Direzione Territorio e Urbanistica - U.O. Infrastruttura per l'informazione territoriale.

Relativamente alla provincia di Torino, è stata considerata una banca dati sulla capacità d'uso dei suoli effettuata a livello regionale (Regione Piemonte; <http://www.regione.piemonte.it>) costruita sulla base dei rilevamenti effettuati negli anni 1977-1978. La metodologia adottata fa sempre riferimento al Soil Conservation Service del Dip. dell'Agricoltura americano (USDA, 1961). La scala di riferimento è 1:100.000 e la legenda, seppur molto simile nella sostanza a quella proposta dalla regione Lombardia, inserisce una classe per i corpi idrici e non distingue le aree urbanizzate presenti sul territorio. Per ovviare a questo inconveniente è stato scelto di intersecare il livello 1.x.x del CLC 90¹⁵ con lo strato informativo relativo alla LCC della provincia di Torino (vedi tabella 6) operando, successivamente, la stessa analisi spaziale effettuata sulle province di Milano e Brescia.

Tabella 6: Suddivisione in classi di land capability (provincia di Torino).

CLASSI	ESTENSIONE (IN ETTARI)	PERCENTUALE RISPETTO AL TERRITORIO PROVINCIALE
"Superfici artificiali"	41.243	6%
I	68.959	10%
II	84.481	12,3%
III	63.577	9,3%
IV	92.292	13,5%
V	64.097	9,3%
VI	174.643	25,5%
VII	61.070	8,9%
VIII	31.783	4,6%
IX	3.193	0,4%

Fonte: Regione Piemonte e CORINE Land Cover 1990.

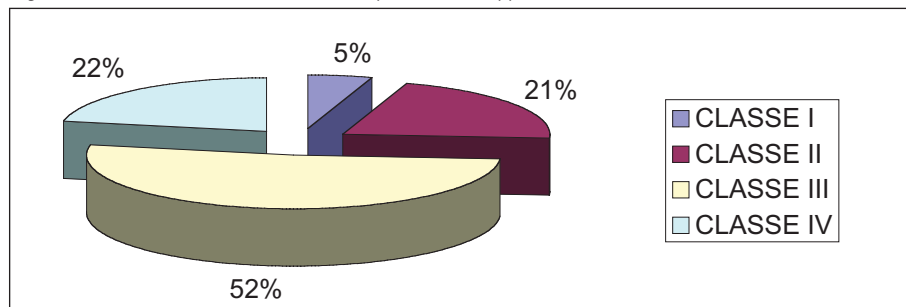
Provincia di Milano

In provincia di Milano, i risultati dell'analisi mettono in evidenza che il consumo di suolo, verificatosi negli anni 1994-2000, è avvenuto totalmente a discapito delle classi a minor limitazione d'uso (classi I-IV, di cui la classe III è quella maggiormente rappresentata, vedi figura 3), nonostante il margine di incertezza dovuto alla differenza di scala dei due tematismi (1:100.000 per il CLC e 1:25.000 per la carta della *Land Capability*). Tuttavia, è bene sottolineare come, nella provincia di Milano, siano scarsamente rappresentate le classi a maggior

¹⁵ Territori modellati artificialmente.

limitazione d'uso; non sono infatti presenti la VII e la VIII, mentre la somma delle aree ricadenti nelle classi V e VI non raggiunge l'1% dell'intero territorio provinciale (vedi tabella 2).

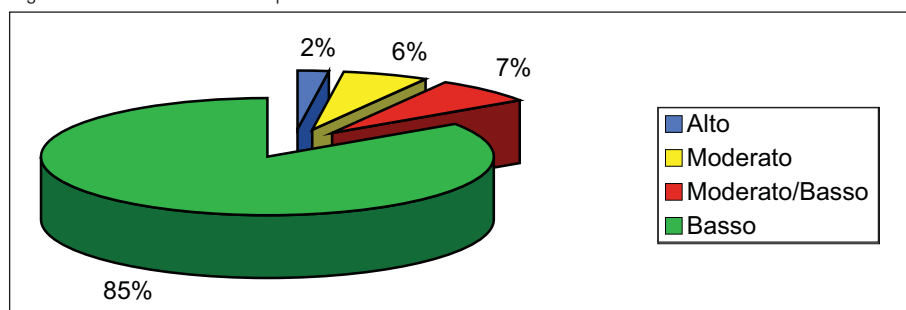
Figura 3: Percentuale di suolo consumato per classi di appartenenza (Provincia di Milano).



Fonte: Elaborazione APAT su dati Regione Lombardia e CORINE Land Cover 1990-2000.

Anche per quanto riguarda il secondo tematismo il metodo si è basato sostanzialmente sull'intersezione, mediante tecniche GIS, dei dati riguardanti il valore naturalistico dei suoli con il *layer* relativo ai cambiamenti 1990-2000, circoscritti solamente alle nuove "superfici artificiali" (*land take*). In questo caso i risultati appaiono abbastanza in linea con la disponibilità di suoli: la classe con valore naturalistico "basso", oltre ad essere quella maggiormente rappresentata a livello provinciale (vedi tabella 3), è anche la tipologia di suolo più frequentemente "consumata" a vantaggio di nuove superfici artificiali che, come già detto in precedenza, riguardano esclusivamente tessuti urbani discontinui, unità industriali o commerciali, luoghi di estrazione mineraria e discariche (vedi figura 4).

Figura 4: Percentuale di suolo perso in funzione del valore naturalistico.



Fonte: Elaborazione APAT su dati Regione Lombardia e CORINE Land Cover 1990-2000.

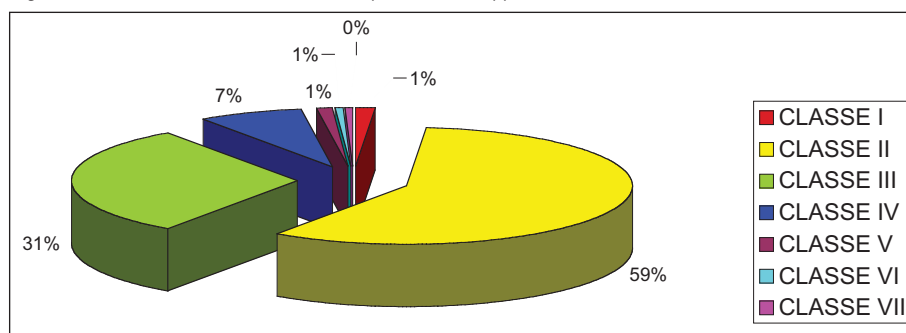
Provincia di Brescia

Per la provincia di Brescia, i dati di partenza relativi alla capacità d'uso coprono soltanto la fascia pianeggiante e parte della zona collinare del territorio provinciale (vedi tabella 4). In queste aree è sicuramente maggiore la competizione d'uso del suolo contrariamente alle zone più acclivi dei versanti e nelle fasce di media montagna dove è invece più incisivo il problema inverso, costituito dalla marginalizzazione e dal continuo abbandono di aree agricole.

Le trasformazioni verso la classe 1.x.x nel 1990-2000 derivanti dal *CORINE Land Cover*, risultano comunque localizzate e in questa porzione di territorio. Come nella provincia di Milano, tali variazioni hanno interessato principalmente aree ad uso agricolo convertite a tessuti urba-

ni discontinui, unità industriali o commerciali e luoghi di estrazione mineraria. In sintonia con quelle che sono le disponibilità del suolo, anche in questo caso la perdita della risorsa ricavabile dall'intersezione dei due livelli informativi – *Land Capability Classification* e cambiamenti CLC – avviene a spese delle classi maggiormente rappresentate nella carta della capacità d'uso dei suoli (vedi figura 5).

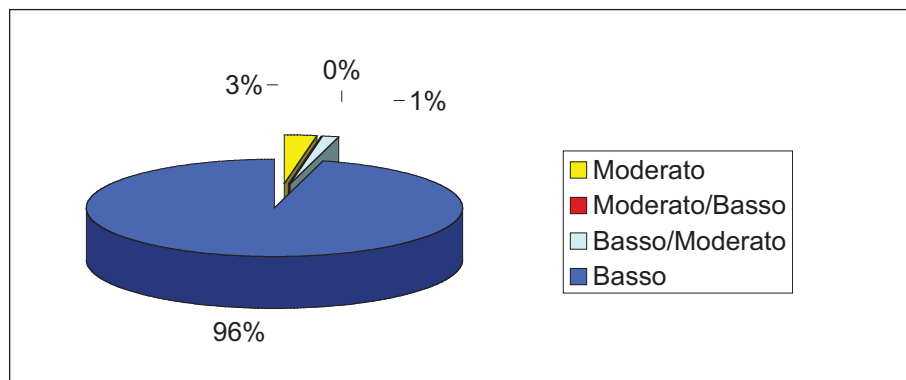
Figura 5: Percentuali di suolo consumato per classi di appartenenza (Provincia di Brescia).



Fonte: Elaborazione APAT su dati Regione Lombardia, Infrastruttura per l'Informazione Territoriale e CORINE Land Cover 1990-2000.

Per la cartografia relativa al valore naturalistico l'intersezione dei due strati informativi mette in evidenza come la perdita maggiore avvenga per i suoli considerati a "bassa" valenza naturalistica in maniera del tutto conforme alla loro rappresentatività sul territorio (vedi figura 6).

Figura 6: Percentuale di suolo perso in funzione del valore naturalistico (Provincia di Brescia).

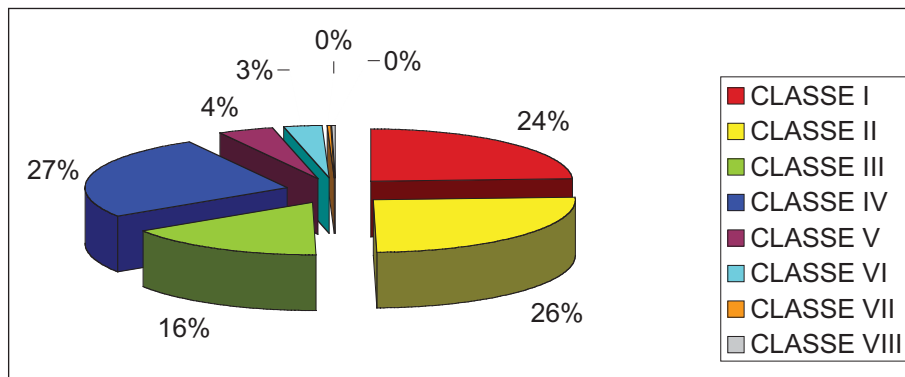


Fonte: Elaborazione APAT su dati Regione Lombardia e CORINE Land Cover 1990-2000.

Provincia di Torino

Anche relativamente alla provincia di Torino, i risultati ottenuti mostrano una forte tendenza al consumo dei suoli maggiormente produttivi; dalla figura 7 si può osservare che oltre l'80% dei suoli persi nella provincia torinese a favore di nuove infrastrutture (si tratta, in prevalenza, di tessuti urbani discontinui e unità commerciali e industriali) appartiene infatti alle prime 4 classi.

Figura 7: Percentuali di suolo consumato per classi di appartenenza (Provincia di Torino).



Fonte : Elaborazione APAT su dati Regione Piemonte e CORINE Land Cover 1990-2000.

4. ANALISI DELLE MISURE CONTENUTE NEI PIANI URBANISTICI DELLE 24 CITTÀ PER LA TUTELA DEL SUOLO DALL'IMPERMEABILIZZAZIONE

La pianificazione degli usi del suolo può essere affrontata a diverse scale territoriali. A livello provinciale e di area vasta assumono un valore centrale i Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale (PTCP)¹⁶ che determinano gli indirizzi generali di assetto del territorio, in attuazione della legislazione e dei programmi regionali. Il ruolo che la pianificazione provinciale può svolgere per la tutela del suolo è da considerarsi strategico anche alla luce dell'art. 57 del D. Lgs. 112/1998, nel quale si stabilisce che le regioni possono prevedere che i PTCP assumano il valore e gli effetti dei piani di tutela nei settori della protezione della natura, della tutela dell'ambiente, delle acque e della difesa del suolo e della tutela delle bellezze naturali. Ai fini della tutela del suolo i PTCP devono integrarsi con i Piani di bacino distrettuali¹⁷ che hanno un ruolo sia conoscitivo¹⁸ che prescrittivo¹⁹ per la prevenzione dei fenomeni di impermeabilizzazione.

A livello urbano invece le scelte di uso del territorio spettano alla pianificazione urbanistica comunale, che deve tener conto delle scelte operate dai piani precedentemente elencati. Visto l'oggetto del presente Rapporto, si è scelto di focalizzare l'analisi sulle potenzialità di quest'ultima categoria di piani per la tutela dei suoli dall'impermeabilizzazione e sulle scelte concretamente operate dalla pianificazione urbanistica delle 24 città oggetto del Rapporto 2006. A questo fine sono state analizzate sia le norme tecniche di attuazione dei piani urbanistici generali (che assumono denominazioni diverse nelle varie regioni) sia i regolamenti edilizi²⁰. Tali piani presentano un'attenzione molto variabile al fenomeno (in parte a causa del fatto che sono stati approvati in periodi molto lontani tra loro).

¹⁶ Istituiti ai sensi dell'art. 15 della L. 142/1990, ora art. 20 del D. Lgs 267/2000 Testo Unico degli Enti Locali.

¹⁷ Regolati ora dall'art. 65 e seguenti del D. Lgs. 152/2006 Norme in materia ambientale (in precedenza art. 17 L. 183/89).

¹⁸ Tra i contenuti necessari del Piano vi sono il quadro conoscitivo organizzato ed aggiornato del sistema fisico, delle utilizzazioni del territorio previste dagli strumenti urbanistici comunali ed intercomunali (art. 65, lett. a) e l'individuazione e la quantificazione delle situazioni, in atto e potenziali, di degrado del sistema fisico (lett. b).

¹⁹ I Piani devono indicare le zone da assoggettare a speciali vincoli e prescrizioni in rapporto alle specifiche condizioni idrogeologiche, ai fini della conservazione del suolo, della tutela dell'ambiente e della prevenzione contro presumibili effetti dannosi di interventi antropici (lett. n).

²⁰ Nella versione estesa di questo contributo, consultabile nel CD allegato, è riportato l'elenco dei piani consultati. Non è stato possibile reperire i piani dei Comuni di Genova, Foggia e Messina.

In questi piani è stata ricercata in particolare la presenza di:

- indici specifici riferiti all'impermeabilizzazione,
- misure dirette al controllo dell'estensione delle aree impermeabilizzate,
- misure dirette al controllo delle tipologie di aree trasformate,
- misure di riduzione dell'impermeabilizzazione e di mitigazione degli effetti.

Non sono molti i PRG che inseriscono il richiamo allo sviluppo sostenibile tra i valori base del piano. Tra questi, costituiscono un esempio il PRG di Roma e quello di Brescia, che dedicano una particolare attenzione al problema dell'impermeabilizzazione, tenendone conto nella stessa impostazione strategica del piano. Il PRG di Roma²¹ intende costituire un nuovo modello di piano sostenibile²², volto a conservare le risorse ambientali del territorio urbano. La limitazione dell'impermeabilizzazione rientra sia nella strategia di tutela della risorsa suolo, che prevede l'arresto del consumo di suolo extraurbano, sia nelle azioni per la rigenerazione della risorsa acqua, tra le quali vi è "la massimizzazione della permeabilità naturale nei nuovi interventi e misure di ripermabilizzazione delle aree urbane più impermeabili"²³. Anche il PRG di Brescia si preoccupa di non permettere l'impegno di aree libere, prevedendo interventi strategici di riqualificazione piuttosto che di espansione, e cercando di mantenere e rafforzare le aree verdi esistenti all'interno della città²⁴. La sostenibilità generale del piano è basata sul "progetto ambientale", che ha l'obiettivo di conservare le risorse naturali, recuperare quelle degradate e compensare gli effetti ambientali negativi degli interventi ineludibili. Nel progetto, la permeabilità dei suoli viene perseguita attraverso piccoli interventi diffusi di mitigazione e di controllo e attraverso il più generale progetto di suolo, che delinea gli spazi aperti pubblici, definendone anche gli standard di permeabilità. Infine, va menzionata l'importante scelta del Piano Strutturale Comunale (PSC) di Parma, che ha l'obiettivo di raggiungere complessivamente una presenza del verde in città tale da garantire la permeabilità di almeno la metà della superficie urbana.

Per quanto riguarda invece la verifica della presenza di indici specifici riferiti all'impermeabilizzazione, vi sono stati diversi riscontri positivi. Sono 8 le città (Milano, Brescia, Padova, Parma, Modena, Bologna, Firenze, Roma) che hanno inserito all'interno dei parametri urbanistici vincolanti il rispetto di indici riconducibili al controllo dell'impermeabilizzazione ed alla tutela delle funzioni del suolo. Occorre precisare però che gli indici individuati sono piuttosto eterogenei, sia per le modalità con cui sono ottenuti, sia per la definizione di "area permeabile" fornita²⁵.

Nel caso di Milano viene definita "superficie filtrante" la superficie non costruita sia fuori terra che nel sottosuolo sistemata a verde o ricoperta da materiali permeabili. I valori che devono essere rispettati sono generalmente del 10-20% per arrivare al 30% negli insediamenti industriali.

²¹ Per una sua approfondita analisi si rinvia al contributo ad esso dedicato.

²² Relazione al nuovo Piano Regolatore, Delibera di Adozione del Consiglio Comunale n.33 del 19/20 marzo 2003.

²³ Per valutare l'estensione delle aree impermeabilizzate e la necessità di misure al riguardo sono state elaborate la *Carta della permeabilità dei suoli urbani edificati*, con cinque categorie di permeabilità individuate sulla base del rapporto di copertura dell'edificio sul lotto e della presenza di grandi aree impermeabilizzate, una carta finalizzata ad individuare le parti di città che necessitano di interventi di ripermabilizzazione, una volta verificate le condizioni del sottosuolo evidenziate nella carta successiva e la *Carta della permeabilità del sottosuolo*, dove vengono evidenziate tre classi di permeabilità naturale, sulla base delle carte geologiche. Le due carte, insieme ad altre, sono state utilizzate per definire i contenuti della Carta della Rete Ecologica.

²⁴ Relazione illustrativa al PRG 2002-2004.

²⁵ Si riporta di seguito una breve sintesi delle previsioni dei vari piani relativi agli indici di permeabilità. Nella versione in formato elettronico del Rapporto sono riportate le tabelle analitiche dei valori previsti per le varie zone.

Il PRG di Brescia fissa dei valori minimi per l'estensione del verde permeabile (non interessato da costruzioni nel sottosuolo). Tali valori vanno dal 15% per le aree centrali a densità medio alta al 35% per le aree residenziali. Per le attrezzature ed i servizi tecnologici ci si attesta su valori del 15-20%. Il Piano ha un importante elemento di chiarezza (non presente negli altri) poiché dà una definizione quantitativa di cosa si intende per area permeabile, semipermeabile e pavimentata (art.111). In base a questo articolo è considerata area permeabile quella che è in grado di assorbire direttamente le acque meteoriche per almeno il 70%, semipermeabile quella per cui questo valore è del 70%-50% e pavimentata quella che assorbe meno del 50%. Il PRG di Padova fissa un indice di permeabilità fondiaria dato dal rapporto, espresso in percentuale, tra la superficie permeabile (in grado di assorbire naturalmente ed in profondità le acque meteoriche) e la superficie fondiaria. Il piano stabilisce un indice generale (IPt (mq/mq) > 0,40 St) e degli indici specifici per le varie zone: 0,3-0,4 per le zone residenziali, 0,4 per le attrezzature di interesse comune, 0,7 per i parcheggi, 0,9 per il verde pubblico.

Il Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE) di Parma indica dei valori minimi di superficie permeabile da assicurare all'interno dei lotti. Occorre però considerare che il terreno è considerato permeabile anche se coperto da materiali di varia natura, purché non rendano necessario il collettamento delle acque meteoriche nella fognatura ed anche in presenza di autorimesse interrato, purché vi sia uno strato di almeno 50 cm di terra sistemata a verde. I valori sono fissati per le zone produttive (15-50% del lotto a seconda degli usi) e per alcune zone destinate a verde privato (75%).

Il RUE del Comune di Modena definisce la superficie permeabile di un lotto come la porzione inedificata della sua superficie fondiaria che viene lasciata in permanenza priva di pavimentazioni o di altri manufatti che impediscano alle acque meteoriche di raggiungere naturalmente e direttamente la falda acquifera. I valori sono fissati per quattro categorie di aree: residenziali (30% della superficie del lotto), di riqualificazione (20% della superficie del lotto), produttive (30% della superficie fondiaria), parcheggi (50% della loro estensione).

Il PRG di Bologna garantisce la superficie permeabile minima da rispettare all'interno dei singoli lotti in diverse zone urbanistiche. I valori indicati sono del 30% per le zone di degrado urbanistico-edilizio) e del 40% per i nuclei edilizi esistenti, le zone di tutela paesistica, le zone residenziali di completamento, le zone già assoggettate a intervento urbanistico preventivo, le zone di rispetto ambientale.

Nel nuovo PRG di Roma, l'indice è dato dal rapporto minimo ammissibile tra la superficie permeabile e la superficie territoriale o fondiaria. Il PRG vincola al rispetto di valori minimi di questo indice sia in caso di trasformazioni edilizie nelle aree ricadenti nella città consolidata e nella città da ristrutturare sia in caso di nuove urbanizzazioni nelle aree ricadenti nella città della trasformazione, con valori del 30% nelle aree residenziali e del 20% nelle aree di concentrazione edilizia. Valori molto più alti (80%) sono previsti nelle aree ricadenti nella rete ecologica. Sono poi indicati dei valori minimi per le aree con specifiche funzioni: ad es. per i servizi pubblici sono previsti valori del 30%-40% e per il verde pubblico del 75-90%.

Nella tabella 15²⁶ viene presentato un quadro delle misure per il controllo dell'impermeabilizzazione per varie tipologie di intervento, anche in assenza dell'indicazione di precisi valori di estensione relativa della superficie permeabile. Gli interventi presi in considerazione sono: realizzazione di parcheggi, strade, sistemazione del verde pubblico e privato. Molti dei piani considerati contengono norme di questo tipo. Alcuni piani inseriscono previsioni di portata generale volte al contenimento dell'impermeabilizzazione per tutti "i nuovi spazi pubblici e le aree di pertinenza per interventi di nuovo impianto e ristrutturazione urbanistica" (Reg. urbanistico di Livorno, art. 48), salvo particolari esigenze statiche o pericoli di contaminazione.

Anche nel caso della realizzazione di parcheggi è necessaria una mediazione tra le esigenze di tutela della permeabilità e prevenzione della contaminazione del suolo. Per questo in alcuni

²⁶ Presente nella versione estesa di questo contributo, nell'allegato CD.

casi è richiesto che l'intera superficie dei parcheggi sia semipermeabile (Reg. urbanistico di Prato, art. 58) in altri tale previsione è riservata ai parcheggi destinati ad un uso saltuario (NTA del PRG di Brescia, art. 107) mentre per i parcheggi più grandi è obbligatorio un sistema di raccolta e sedimentazione delle acque di prima pioggia. La tutela della permeabilità è invece scarsamente presa in considerazione nella realizzazione di strade. Ad esempio il RUE di Parma prevede che le strade poderali ed interpoderali abbiano un manto stradale permeabile. Altri esempi riguardano i viali di comunicazione all'interno di parchi e riserve.

Un tema importante, ma trascurato, è quello del controllo delle tipologie di aree trasformate. Come si è detto nel paragrafo 3.2, sarebbe necessario programmare gli interventi solo dopo aver verificato la "qualità" delle aree interessate. Nei piani esaminati risultano essere state tenute in considerazione, in base alla legislazione vigente, solo le zone di rispetto ambientale (ad esempio le aree a rischio idrogeologico) ma non le potenzialità ecologiche dei suoli.

Infine, è stata verificata la presenza di misure di compensazione degli effetti e di riduzione dell'impermeabilizzazione, sebbene la loro efficacia sia contestata, poiché l'impermeabilizzazione viene considerata un fenomeno irreversibile. Un esempio di compensazione è nel PRG di Brescia, che stabilisce che le aree produttive devono garantire una dotazione di aree verdi di compensazione e mitigazione degli effetti sul microclima prodotti dalle aree impermeabilizzate. Di riduzione dell'impermeabilizzazione si può invece parlare per tutti quei piani che stabiliscono dei valori massimi di superficie impermeabilizzata anche nelle aree soggette a trasformazione edilizia. È il caso del PRG di Roma e del Reg. edilizio di Firenze che stabilisce l'obbligo di ridurre l'impermeabilizzazione dei suoli fino a rientrare nei valori massimi stabiliti²⁷ per tutti gli interventi di nuova costruzione o di ristrutturazione urbanistica nonché per la realizzazione di sistemazioni esterne, parcheggi, viabilità e simili. In questi casi gli interventi concreti di riduzione delle superfici permeabili vengono regolati all'interno dei piani urbanistici attuativi, lì dove si fissano le norme per la riqualificazione delle aree degradate o comunque già urbanizzate.

5. CONCLUSIONI

Nelle città considerate in questo volume le superfici impermeabilizzate sono pari, in media, all'8,5% del territorio provinciale a fronte di una media nazionale del 6,7%. I valori più elevati si riscontrano nelle province di Milano e Napoli, ove superano il 20%.

La superficie impermeabile procapite mostra una chiave di lettura diversa in cui Napoli, Milano, Genova e Trieste hanno meno di 150 m² di area impermeabile per ogni cittadino mentre province con livelli di sviluppo urbano inferiore, ma con bassa densità di popolazione, superano i 500 m² procapite.

L'espansione delle aree urbanizzate nel decennio 1990-2000 è mediamente del 5% nelle maggiori aree urbane ma arriva a superare il 15% a Bologna, Parma e Cagliari mostrando, in tutta la sua evidenza, il preoccupante fenomeno del consumo di suolo e dello *urban sprawl*.

La disponibilità di informazioni di tipo qualitativo sulla risorsa suolo rende possibile analizzare i costi, in termini di perdita della risorsa stessa, relativi all'espansione urbana sul territorio. Questa informazione è fondamentale, per la pianificazione territoriale, al fine di ridurre al minimo la perdita di suoli di qualità elevata. È auspicabile che questa conoscenza venga estesa a tutto il territorio, non tanto come informazione di base per politiche di livello nazionale (infatti il livello amministrativo più idoneo, in materia di pianificazione, è quello locale), quanto per il fatto che è fondamentale ottenere dati standardizzati necessari per i *reporting* ambientali richiesti dall'Unione Europea.

²⁷ Art. 4 comma 10 della Delibera C. 21 giugno 1994, n°230 recante provvedimenti sul rischio idraulico, ai sensi della L.R. 74/84 "Adozione di prescrizione e vincoli. Approvazione di direttive".

È fondamentale che la pianificazione sia fondata su un monitoraggio periodico del *soil sealing*, che consenta di individuare le aree dove questo assume livelli di criticità.

Il monitoraggio del *soil sealing* assume una rilevanza particolare anche nell'ambito del rischio idrogeologico alla scala del bacino idrografico. Per tale motivo è necessario includere le informazioni relative al *soil sealing* contenute nei PTCP anche nei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) elaborati dalle Autorità di Bacino. In tal modo sarà possibile individuare, tra le aree ove tale rischio è elevato (R3) o molto elevato (R4), quelle maggiormente esposte ad un incremento recente nell'impermeabilizzazione dei suoli e, di conseguenza, più probabilmente soggette a fenomeni di dissesto.

La pianificazione territoriale ed urbanistica ha il compito di rendere compatibili i cambiamenti di uso del suolo richiesti dalle esigenze di sviluppo del sistema produttivo e di soddisfacimento dei bisogni abitativi con la tutela delle funzioni ambientali del suolo. I piani che possono contenere prescrizioni utili a questo scopo sono numerosi, ed operano a varie scale territoriali. I più importanti sono i Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale (PTCP), che determinano gli indirizzi generali di assetto del territorio, i Piani di bacino distrettuali e i Piani urbanistici comunali. Un'efficace tutela dei suoli può derivare solo da un'effettiva integrazione tra i contenuti di questi diversi piani e dal grado in cui prendono in considerazione le esigenze di limitazione dell'impermeabilizzazione dei suoli nel momento della formulazione delle scelte di assetto del territorio. Un contributo a questo scopo può venire dalla sottoposizione dei piani elencati alle procedure della Valutazione Ambientale Strategica, inserendo tra i parametri di valutazione anche la tutela dei suoli dall'impermeabilizzazione.

Dall'analisi effettuata è infatti emerso che, pur ponendosi obiettivi generali di tutela ambientale, solo in alcuni casi i piani prendono in considerazione misure per il contenimento del *soil sealing*. Tra le misure che possono dimostrarsi efficaci per il contenimento di questo fenomeno, in ambito urbano, vi sono l'aumento della densità edilizia, la costruzione verso l'interno dei centri abitati, la riconversione di aree dismesse, la ristrutturazione di vecchi edifici. Ad ogni modo, più in generale, l'inserimento di indici riconducibili al controllo dell'impermeabilizzazione ed alla tutela delle funzioni del suolo, quali parametri urbanistici vincolanti in ogni caso di trasformazione di questo, può dimostrarsi uno degli strumenti di programmazione e salvaguardia più efficaci.

BIBLIOGRAFIA

- R. Barberis, G. Alessio, G. Fabietti, F. Regis, C. Roagna, 2001. *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte - 2001, Cap. 5 Suolo*. ARPA Piemonte, Area Ricerca e Studi.
- EC, 2004. *Final report of the European Commission, directorate general environment, task group 5 on soil sealing, soil in urban areas, Land use and Land Use Planning*, European Commission, Essen.
- EEA, 2002. *Environmental signals 2002, Benchmarking the millennium* - Environmental assessment report No 9, Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg
- EEA, (2001) - *Proceedings of the Technical Workshop on Indicators for Soil Sealing*. Copenhagen, 26 to 27 March 2001, 62 pp.
- Eurostat, 2003. *The Development of Land Cover Accounts and Environmental Indicators for the Coastal Zone of Europe: Final Report*
- P.L. Gallozzi, L. Guerrieri, 2005: "Espansione delle aree urbane nel decennio 1990-2000: un'analisi dei dati europei a confronto con la situazione italiana" in *Qualità dell'ambiente urbano*. Il Rapporto APAT. Pag. 689-702
- R. Maldoi, S. Brenna. *Metodi di analisi dei suoli per la valorizzazione dell'ambiente rurale della pianura lombarda*, 2003
- C. Maricchiolo, M. Munafò, A. Pugliese, V. Sambucini, in stampa (per il Libro Bianco Stato del Suolo in Italia). *Il progetto CORINE Land Cover 2000*, APAT.

C. Maricchiolo, V. Sambucini, A. Pugliese, M. Munafò, G. Cecchi, E. Rusco, 2005. *La realizzazione in Italia del progetto europeo CORINE LAND COVER 2000*. Rapporto APAT 61/2005.

L. Romano, M. Munafò, 2005. *Carta nazionale dell'impermeabilizzazione dei suoli*, Atti della 9ª Conferenza Nazionale ASITA.

Regione Lombardia, 2000 - Infrastruttura per l'Informazione Territoriale. *Basi informative dei suoli*

Regione Lombardia - Sistema Informativo Territoriale. *Repertorio Cartografico e Banche dati Territoriali*

Regione Piemonte - Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente (IPLA), 1982. *La capacità d'uso dei suoli del Piemonte ai fini agricoli e forestali*

Regione Piemonte - Territorio e Ambiente (<http://www.regione.piemonte.it>) - *Carta della capacità d'uso dei suoli*.

USDA - Soil Conservation Service. *Land capability classification*, 1961

S. Vacca - *La valutazione dei caratteri del territorio nella pianificazione. Metodi ed applicazioni*, 1993

L'ESPANSIONE URBANA IN PROSSIMITÀ DI FAGLIE CAPACI: ANALISI A SCALA NAZIONALE E SU AREE CAMPIONE

L. GUERRIERI, A.M. BLUMETTI, E. BRUSTIA, A.M. CAPUTO, S. PODDIGHE & VITTORI E.

APAT Dipartimento Difesa del Suolo

ABSTRACT

Il territorio italiano è interessato da un gran numero di faglie "capaci", ovvero faglie in grado di dislocare in maniera significativa la superficie topografica. In passato, la scarsa conoscenza della loro distribuzione sul territorio unitamente all'assenza di misure urbanistiche specifiche, hanno consentito lo sviluppo dell'urbanizzazione anche nelle zone attraversate da faglie capaci. I recenti progressi nel campo della sismotettonica e paleosismologia nonché la disponibilità di informazioni relative all'espansione delle aree urbane rendono oggi possibile valutare dove il fenomeno dell'espansione urbana in prossimità di faglie capaci sia stato più intenso.

In questo contributo viene introdotto un indicatore finalizzato a caratterizzare questo fenomeno a scala nazionale, su singole aree urbane e su aree campione, consentendo di valutare il ruolo avuto dall'espansione urbana più recente in questo processo. I risultati evidenziano l'opportunità di introdurre nella pianificazione urbanistica misure specifiche per le aree attraversate da faglie capaci.

1. INTRODUZIONE

Con il termine "faglia capace" si intende "una faglia attiva ritenuta in grado di produrre fagliazione in superficie (cioè di muoversi durante forti terremoti) in un prossimo futuro" (IAEA, 1991). La riattivazione di una faglia capace determina pertanto una dislocazione/deformazione della superficie terrestre e di tutto ciò che è stato costruito sopra di essa.

Negli anni passati la pericolosità legata alla fagliazione in superficie veniva considerata solamente nell'ambito di studi di *siting* per le centrali nucleari e, eventualmente, per impianti ad alto rischio ed opere di importanza strategica. Le procedure per affrontare questo problema in maniera rigorosa sono state standardizzate da apposite linee guida (IAEA, 2003).

È evidente che la presenza di faglie capaci rappresenta un problema per qualsiasi tipo di urbanizzato (edifici, infrastrutture, etc.) e la soluzione migliore per proteggersi da questa eventualità sarebbe quella di pianificare l'espansione urbanistica ad una distanza di rispetto dalle faglie. Tuttavia, la scarsa conoscenza della distribuzione delle faglie capaci unitamente alla mancanza di misure limitative hanno determinato, anche in Italia, la situazione odierna caratterizzata da uno sviluppo significativo dell'urbanizzazione in corrispondenza di faglie capaci.

In questi ultimi anni in Italia gli studi di sismotettonica e paleosismicità (Galadini *et al.*, 2000 e relativa bibliografia) hanno apportato un notevole contributo alla conoscenza della distribuzione delle faglie capaci (es. ITHACA). Anche le informazioni relative alla copertura urbana sono ormai fornite ad intervalli regolari (es. CORINE Land Cover) nonché sempre più accurate e complete. L'incrocio di queste banche dati consente oggi di comprendere dove il fenomeno dell'espansione dell'urbanizzato in aree prossime alle faglie capaci sia stato più intenso, nonché di definire quali tipologie di urbanizzato siano state maggiormente coinvolte in tale processo.

In questo lavoro si introduce un indicatore finalizzato a caratterizzare questo fenomeno a diverse scale di dettaglio (nazionale, regionale, singole aree urbane e aree campione). I risultati di queste elaborazioni sono stati quindi discussi criticamente e interpretati con l'obiettivo di trarre indicazioni per una pianificazione maggiormente compatibile con la problematica esaminata.

2. QUADRO NORMATIVO

In Italia la normativa considera la presenza delle faglie capaci solamente nella progettazione di particolari tipi di opere quali quelle di importanza strategica e/o ad alto rischio. Solo in questo caso la normativa prevede l'applicazione di indagini geologiche specifiche finalizzate all'individuazione di strutture tettoniche in grado di produrre dislocazioni significative in superficie. Qualora tali indagini individuino la presenza di una faglia capace, gli effetti di tali dislocazioni sull'opera devono essere attentamente valutati e, conseguentemente, considerate soluzioni progettuali alternative fino anche alla delocalizzazione dell'opera stessa.

Non esiste invece alcuno strumento normativo finalizzato a regolamentare la pianificazione territoriale in prossimità delle faglie capaci, ovvero a introdurre vincoli di edificabilità.

Altri paesi hanno invece introdotto specifiche norme a riguardo. È il caso dell'"Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act", introdotto dallo Stato della California (USA) nel 1972 a seguito del terremoto di San Fernando del 1971 e finalizzata a regolamentare la pianificazione territoriale all'interno di una fascia di rispetto dalle faglie capaci ("una faglia che ha avuto una rottura superficiale negli ultimi 11.000 anni"), la cui larghezza standard è fissata pari ad un quarto di miglio (circa 400 m).

Prima di autorizzare un progetto, le Amministrazioni Locali devono richiedere una indagine geologica ad hoc al fine di dimostrare che le costruzioni proposte non vengano costruite entro le fasce di rispetto. Se viene rilevata la presenza di una faglia capace, è vietato edificare al di sopra della faglia e l'edificio deve sorgere ad una distanza generalmente di 50 piedi da essa.

3. METODOLOGIA

3.1 Banche dati

Come detto in introduzione, la banca dati ITHACA (*Italian Hazard from Capable faults*) fornisce informazioni relative alle faglie capaci presenti sull'intero territorio italiano. Una prima versione è stata pubblicata dall'ANPA (ora APAT) nel 2000 (MICHETTI *et al.*, 2000), sulla base delle conoscenze sismotettoniche e paleosismologiche note in letteratura. Questa banca dati è in costante aggiornamento (VITTORI, 2004; DI MANNA *et al.*, 2006) ed è disponibile per consultazione al sito <http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA/>. In questo lavoro è stata considerata la versione aggiornata a giugno 2006.

Relativamente all'uso del suolo, o meglio alla sua copertura, le uniche banche dati omogenee a livello nazionale sono quelle del CORINE Land Cover, relativamente al 1990 e al 2000 (disponibili al sito http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanetclc2000/clc2000/progetto_corine.asp). Queste banche dati sono costruite sulla base dell'interpretazione di immagini da satellite, alla scala 1:100.000 (minima unità cartografabile 25 ha). Sempre relativamente alla copertura urbana sono state utilizzate banche dati regionali alla scala 1:25.000. Infine, su specifiche aree campione sono state realizzate apposite coperture urbane sempre alla scala 1:25.000 in base a interpretazione di foto aeree.

3.2 L'indicatore CFUI

Con l'obiettivo di individuare dove il fenomeno dell'urbanizzazione in corrispondenza di faglie capaci è più intenso, è stato elaborato un apposito indicatore denominato CFUI (Capable Fault in Urban areas Index).

Relativamente ad un istante T per una determinata area, l'indicatore CFUI si definisce come il rapporto

$$CFUI_{x,T} = \frac{\text{Superficie urbanizzata all'istante T ad una distanza inferiore a X m dalla faglia}}{\text{Totale superficie urbanizzata all'istante T}}$$

In linea generale, l'indice CFUI fornisce, per una determinata area e in un certo momento (p.es. l'anno cui si riferisce la copertura urbana), una stima percentuale indicativa di quale aliquota dell'urbanizzato totale sia stata realizzata in prossimità (a meno di X m) della faglia capace. Quando sono disponibili più banche dati di *land cover* alla stessa risoluzione relative a momenti diversi T1 e T2, è anche possibile riferire l'indicatore ad un periodo di tempo, considerando quale aliquota dell'espansione urbana occorsa tra T1 e T2 sia prossima alle faglie capaci.

$$CFUI_{X,T1-T2} = \frac{\text{Espansione urbana T1-T2 ad una distanza inferiore a X m dalla faglia}}{\text{Totale espansione urbana T1-T2}}$$

Tale indicatore può venir calcolato a diversi livelli di dettaglio ed è fortemente condizionato dalla presenza o meno di faglie capaci. Tuttavia, a parità di condizioni al contorno, può mettere in luce situazioni in cui lo sviluppo urbano sia più o meno prossimo alle faglie capaci. Tali differenze possono essere spiegate con diverse caratteristiche territoriali (p.es. conformazione del territorio, minori spazi disponibili) ma anche con una pianificazione dell'espansione urbana più o meno compatibile.

Quando sono disponibili informazioni relative alla tipologia di urbanizzato (p.es. tessuto urbano continuo/discontinuo, attività produttive, infrastrutture) è possibile evidenziare quale tipologia abbia maggiormente caratterizzato l'espansione in prossimità di faglie capaci.

Poiché l'accuratezza dei risultati dipende dalla risoluzione dei dati di partenza, sono state effettuate diverse elaborazioni dell'indicatore CFUI, a scale differenti considerando dati di *land cover* differenti.

3.3 Ampiezza della fascia di rispetto

Relativamente all'area italiana, le faglie capaci più diffuse sono di tipo diretto, quali ad esempio quelle che controllano i bacini intermontani attivi lungo la dorsale appenninica centro-meridionale. In questo caso, oltre alla faglia principale occorre considerare possibili deformazioni superficiali nell'*hanging wall*, in una fascia estesa alcune centinaia di metri ove tipicamente si generano faglie sintetiche secondarie più o meno parallele a quella principale. I rigetti attesi possono variare da alcuni centimetri fino ad oltre un metro.

Faglie capaci di tipo inverso sono comunque presenti nel territorio italiano, quali ad esempio quelle associate alla compressione attiva lungo i margini meridionali e settentrionali della pianura padana. La deformazione superficiale associata a questa tipologia di faglie è del tipo *fault-propagation folds*, che determinano sollevamenti locali lungo fasce di deformazioni di ampiezza più o meno variabili. Nel caso specifico dei margini dell'avanfossa padanica, i dati attualmente disponibili suggeriscono dislocazioni comunque molto contenute dell'ordine di qualche centimetro.

Faglie capaci trascorrenti sono presenti in determinati settori quali ad esempio la zona del Gargano. L'effetto in superficie consiste in dislocazioni orizzontali anche di diverse decine di centimetri. Locali componenti transpressive e transtensive possono dar luogo a strutture a fiore (*flower structures*) e a piccoli bacini di *pull-a-part*.

Infine, debbono essere considerate a parte le faglie capaci in ambiente vulcano-tettonico quali quelle presenti in Sicilia Orientale. Infatti, gli ipocentri dei terremoti associati al movimento di queste faglie sono assai poco profondi. Pertanto, l'entità delle deformazioni superficiali lungo queste faglie è significativa anche in corrispondenza di eventi sismici di magnitudo non elevata. In base a queste considerazioni, l'ampiezza X della fascia di rispetto attorno alla faglia capace dovrebbe essere valutata, in funzione non solo della risoluzione dei dati considerati ma soprattutto delle caratteristiche della deformazione attesa in corrispondenza di ciascuna faglia.

In questo lavoro è stata considerata una fascia di rispetto standard ampia 200 m su entrambi i lati della faglia. Pur risultando evidenti i limiti di questa standardizzazione che in molti casi è poco rispondente alla reale distribuzione della deformazione in superficie associata alla faglia

capace, si ritiene che essa possa stimare in prima approssimazione l'entità del fenomeno dell'urbanizzazione in prossimità di fasce capaci e indicare dove tale fenomeno è stato più intenso, che è poi l'obiettivo di questo lavoro.

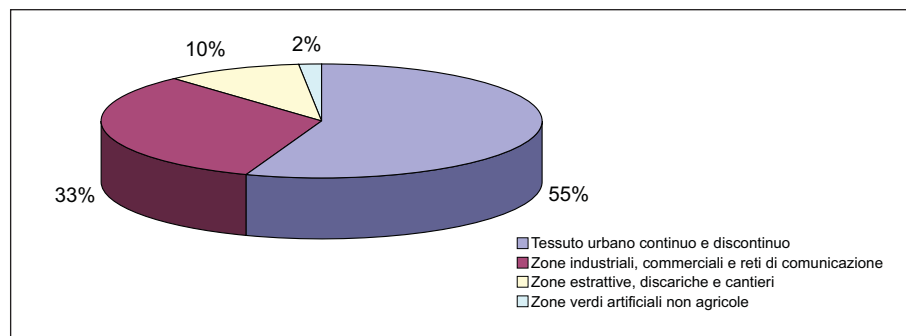
4. ELABORAZIONI A SCALA NAZIONALE

4.1 Elaborazioni a scala regionale

Di seguito vengono presentati i risultati dell'analisi volta a stimare l'indicatore CFU_{200} attraverso l'incrocio della ITHACA (aggiornata a giugno 2006) con le coperture urbane ricavabili dalle banche dati CORINE 1990 e 2000.

In base ai dati CORINE risulta che in Italia l'espansione delle aree urbane totale nel periodo 1990-2000 ha consumato circa 856 kmq. Di queste, poco più di 23 kmq (pari a circa il 2,7 %) ricadono all'interno della fascia di rispetto di 200 m attorno alle fasce capaci. In Figura 1 è rappresentata la distribuzione qualitativa di tale espansione: si osserva che, in termini di estensione areale, poco più di metà dell'urbanizzato è legato all'espansione del tessuto urbano propriamente detto (55%), mentre un altro terzo si riferisce ad aree industriali, commerciali e reti di comunicazioni (33%). Il resto è dovuto ad attività estrattive, discariche e cantieri (10%) e in minima parte (2%) ad aree verdi artificiali non agricole.

Figura 1: Distribuzione qualitativa dell'espansione urbana tra il 1990 e il 2000 a scala nazionale.

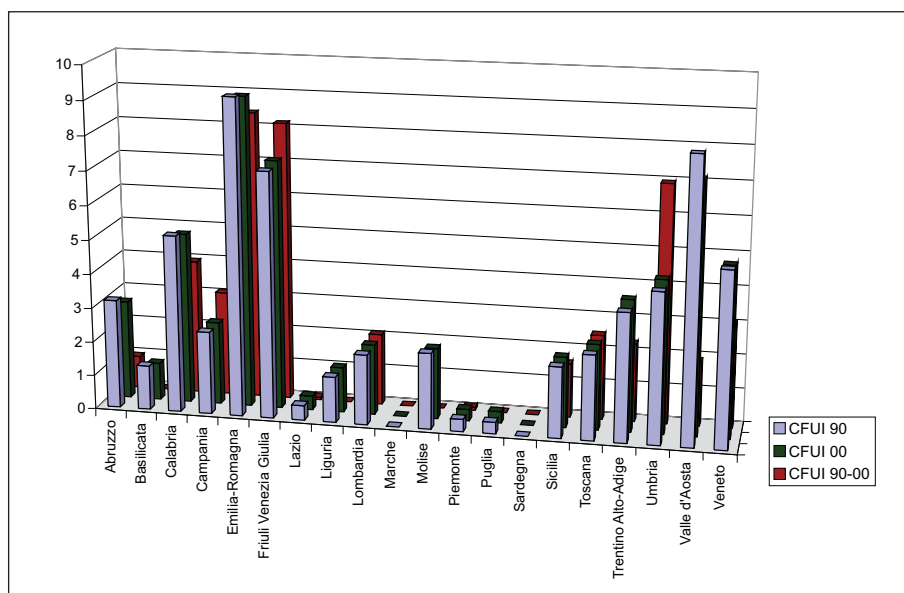


In Tabella 1 e Figura 2 sono sintetizzati i risultati dell'analisi a scala regionale, con elaborazione dell'indicatore CFU_{200} relativa al 1990 al 2000 e al periodo 1990-2000.

Tabella 1: Aree urbane totali, entro 200m e indicatore CFUI₂₀₀ calcolato per ciascuna regione, relativamente al 1990, al 2000 e al periodo 1990-2000.

Regione	Area urbana totale (m ²)	Area urbana < 200 m (m ²)	CFUI ₂₀₀	Area urbana totale (m ²)	Area urbana < 200 m (m ²)	CFUI ₂₀₀	Area urbana totale (m ²)	Area urbana < 200 m (m ²)	CFUI ₂₀₀
Abruzzo	233161783	7428387	3,19	268866905	7758580	2,89	34930823	331109	0,95
Basilicata	121333391	1569872	1,29	144547362	1569873	1,09	20197123	0	0,00
Calabria	395473644	20517563	5,19	458809701	22919533	5,00	63958364	2523801	3,95
Campania	791535291	19182580	2,42	828390417	20129325	2,43	31084730	951637	3,06
Emilia-Romagna	893132793	82374751	9,22	1026762924	93112717	9,07	105784192	8904545	8,42
Friuli Venezia Giulia	488045078	35024883	7,18	532277629	38706603	7,27	37377404	3045994	8,15
Lazio	897417500	3888965	0,43	955986075	3922492	0,41	49254022	33586	0,07
Liguria	250214968	3347665	1,34	252815464	3347667	1,32	801127	0	0,00
Lombardia	2380332769	48889240	2,05	2431049581	50032481	2,06	54501529	1139391	2,09
Marche	371125214	0	0,00	372807400	0	0,00	6702210	0	0,00
Molise	49013226	1090909	2,23	52432254	1090909	2,08	3502189	0	0,00
Piemonte	968653770	3502410	0,36	1065842116	3637885	0,34	90707470	82419	0,09
Puglia	845189607	2907940	0,34	858469420	2907939	0,34	12697958	0	0,00
Sardegna	537444823	0	0,00	655515590	0	0,00	122098721	0	0,00
Sicilia	1225855560	25503213	2,08	1254559004	25950261	2,07	23745671	376004	1,58
Toscana	812467902	20191106	2,49	912043211	22799210	2,50	89163671	2211652	2,48
Trentino Alto-Adige	254351499	9539025	3,75	287271762	11043141	3,84	19371360	444197	2,29
Umbria	242936329	10655244	4,39	259906778	11616681	4,47	13850386	962562	6,95
Valle d'Aosta	37153556	3053631	8,22	44363287	3248330	7,32	10145090	193146	1,90
Veneto	1315420689	67102045	5,10	1382081372	68864008	4,98	66510313	2033095	3,06
TOTALE	13110259391	365769428	2,79	14044798253	392657636	2,80	856384353	23233138	2,71
	1990			2000			1990-2000		

Figura 2: L'indicatore CFUI₂₀₀ calcolato per ciascuna regione, relativamente al 1990, al 2000 e al periodo 1990-2000.



La distribuzione dell'indicatore CFUI₂₀₀ per regioni evidenzia due picchi principali in Emilia-Romagna e in Friuli-Venezia-Giulia. Anche in Valle d'Aosta l'indicatore CFUI è elevato ma comunque riferibile ad un'espansione urbana precedente al 1990. Viceversa, in Umbria il fenomeno sembra essere stato particolarmente intenso nel decennio 1990-2000.

In altre 11 regioni (Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Liguria, Lombardia, Molise, Sicilia, Toscana, Trentino Alto-Adige, Veneto) l'indicatore CFUI è superiore all'1%, benchè in alcuni casi (Basilicata, Liguria, Molise) si riferisca essenzialmente ad un periodo precedente al 1990. Nelle restanti regioni l'indicatore è inferiore all'1% (Lazio, Piemonte, Puglia) o nullo (Marche, Sardegna).

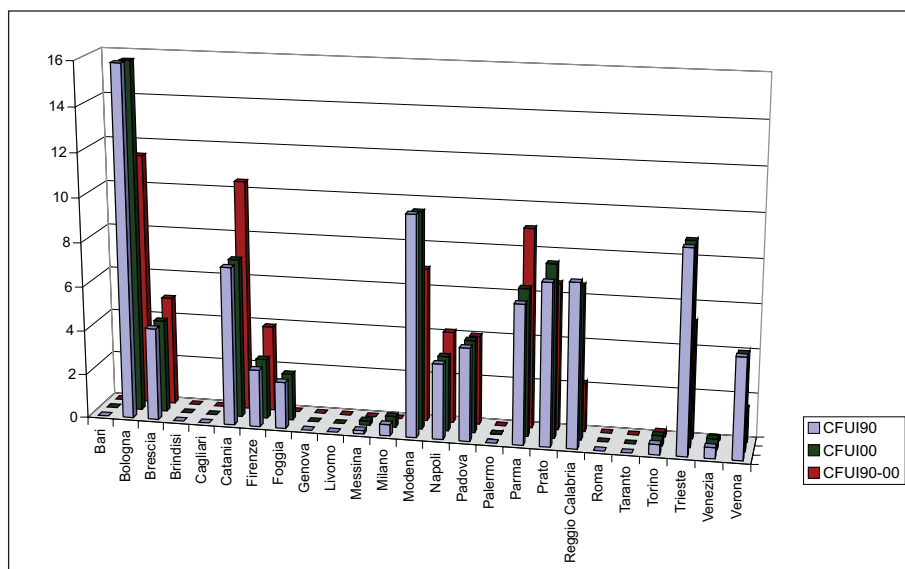
4.2 L'indicatore CFUI₂₀₀ nelle 24 aree urbane

In Tab. 2 e Figura 3 sono stati riportati i risultati delle elaborazioni dell'indicatore CFUI₂₀₀ nel territorio provinciale relativo alle 24 aree urbane considerate nel presente volume.

Tabella 2: Aree urbane totali, entro 200m e indicatore CFUI₂₀₀ calcolato per ciascuna delle 24 aree urbane, relativamente al 1990, al 2000 e al periodo 1990-2000.

Province	Area urbana totale (m ²)	Area urbana < 200 m (m ²)	CFUI ₂₀₀	Area urbana totale (m ²)	Area urbana < 200 m (m ²)	CFUI ₂₀₀	Area urbana totale (m ²)	Area urbana < 200 m (m ²)	CFUI ₉₀₋₀₀
Bari	244652580	0	0	248615124	0	0	1873410	0	0,00
Bologna	164426647	26172587	15,9	196842305	31174769	15,84	27897869	3179338	11,40
Brescia	348034087	14543094	4,2	363495510	15253532	4,20	14450903	710439	4,92
Brindisi	88705632	0	0	89691593	0	0	987969	0	0,00
Cagliari	236225969	0	0	273659906	0	0	37810563	0	0,00
Catania	236125299	16913345	7,16	240015248	17289349	7,20	3602168	376004	10,44
Firenze	157461735	4083255	2,59	176632050	4802785	2,72	17916291	693901	3,87
Foggia	134665496	2842348	2,11	134665496	2842348	2,11	0	0	0,00
Genova	118195601	0	0	119169729	0	0	0	0	0,00
Livorno	80475621	0	0	92190371	0	0	9683737	0	0,00
Messina	180561063	274616	0,15	185998441	348901	0,19	1983370	0	0,00
Milano	653442878	3281946	0,50	673132279	3281946	0,49	11714473	0	0,00
Modena	143809836	14301651	9,94	155108363	15157378	9,77	12198858	845593	6,93
Napoli	325432248	11081304	3,41	335027885	11316204	3,38	7830991	323414	4,13
Padova	205048052	8601804	4,20	221804376	9259939	4,17	16371123	658134	4,02
Palermo	234760711	20639	0,01	241990381	20639	0,01	6466966	0	0,00
Parma	90642605	5696803	6,28	105640286	7019139	6,64	14703667	1322336	8,99
Prato	40600388	2969133	7,31	45262685	3529993	7,80	4390041	290507	6,62
Reggio Calabria	99952638	7373819	7,38	110385252	7619049	6,90	10657784	232340	2,18
Roma	591576209	0	0	622048883	0	0	29617674	0	0,00
Taranto	146808020	0	0	149929544	0	0	2819923	0	0,00
Torino	391609046	1836827	0,47	434900924	1971282	0,45	40372261	82419	0,20
Trieste	43397065	3962934	9,13	45596526	4167492	9,14	1587569	83030	5,23
Venezia	208667358	1045699	0,50	222821136	1063400	0,48	14035890	17701	0,13
Verona	245948373	11226730	4,56	259696111	11282697	4,34	11237856	173404	1,54
	1990			2000			1990-2000		

Figura 3: L'indicatore CFUI₂₀₀ calcolato per ciascuna delle 24 aree urbane, relativamente al 1990, al 2000 e al periodo 1990-2000.



Quest'analisi ha evidenziato che l'indicatore CFUI è particolarmente elevato nelle aree urbane dell'Emilia-Romagna, confermando i dati regionali.

In particolare, a Bologna e Modena questa situazione è dovuta soprattutto all'urbanizzazione pre-1990, come anche a Trieste e a Reggio-Calabria. A Prato, Parma e a Catania questo fenomeno è invece imputabile prevalentemente al periodo 1990-2000.

Il fenomeno è significativo anche nelle province di, Brescia, Verona, Padova, Napoli, Firenze e Foggia. Nelle rimanenti aree urbane l'indicatore CFUI₂₀₀ mostra valori molto bassi se non nulli, evidenziando che l'espansione urbana ha interessato solo marginalmente, se non per nulla, le zone attraversate da faglie capaci.

5. ANALISI DI DETTAGLIO SU AREE CAMPIONE

Le analisi a livello nazionale hanno evidenziato dove l'espansione urbana tra il 1990 e il 2000 ha interessato in maniera significativa zone attraversate da faglie capaci, con particolare riferimento alle 24 aree urbane su cui viene focalizzata l'attenzione in questo volume.

In questa sezione vengono illustrati studi di dettaglio su aree campione con l'obiettivo di:

- validare i risultati ottenuti a scala nazionale con coperture urbane di maggior dettaglio (1:25.000) rispetto al CORINE Land Cover (1:100.000).
- analizzare in dettaglio porzioni del territorio in cui la deformazione in superficie associata alla riattivazione di faglie capaci può essere assai differente.

Sono state selezionate alcune aree campione (ubicazione in Figura 4) tra le aree ove il fenomeno è risultato più intenso:

- 1) Aree urbane di Bologna e Reggio-Emilia, ove le deformazioni superficiali sono dovute a riattivazioni di faglie capaci di tipo inverso;
- 2) Foglio 348 "Antrodoco" e area urbana dell'Aquila, caratterizzate fondamentalmente da dislocazioni di faglie capaci di tipo normale, come tipicamente avviene in Appennino centrale.
- 3) Area di Catania e versante orientale dell'Etna, indicativa di faglie capaci in ambiente vulcano-tettonico.

Figura 4: Ubicazione delle aree campione ove sono stati eseguiti studi di dettaglio.



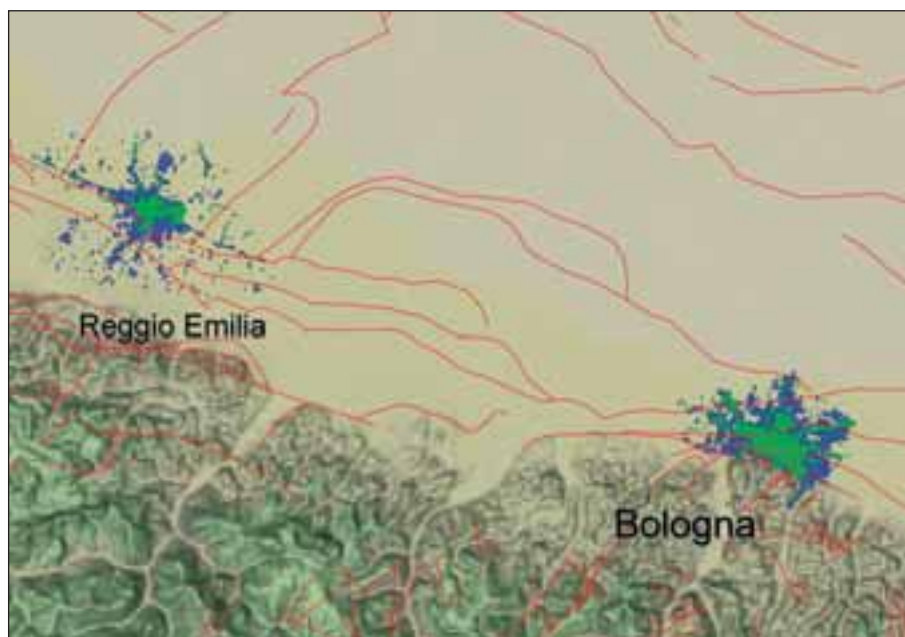
Anche in questi studi di dettaglio è stata considerata una fascia di rispetto di larghezza pari a 200 m su entrambi i lati della faglia.

5.1 Aree urbane di Bologna e Reggio-Emilia (periodo 1954-1994)

Le città di Bologna e Reggio Emilia sono localizzate al margine meridionale della pianura padana a breve distanza dai rilievi dell'Appennino settentrionale.

Le faglie capaci che attraversano le due aree urbane (Figura 5) sono di tipo inverso, legate alle spinte compressive al contatto tra l'orogeno appenninico e l'avanfossa padanica (BOCCALETTI *et al.*, 2003). La riattivazione di queste faglie, generalmente accompagnata da sismicità di media energia, può determinare in superficie locali sollevamenti della superficie topografica e, seppur raramente, dislocazioni di modesta entità.

Figura 5: Le aree urbane di Reggio Emilia e Bologna nel 1954 (in verde) e nel 1994 (in blu). Le linee rosse indicano le faglie capaci da ITHACA.

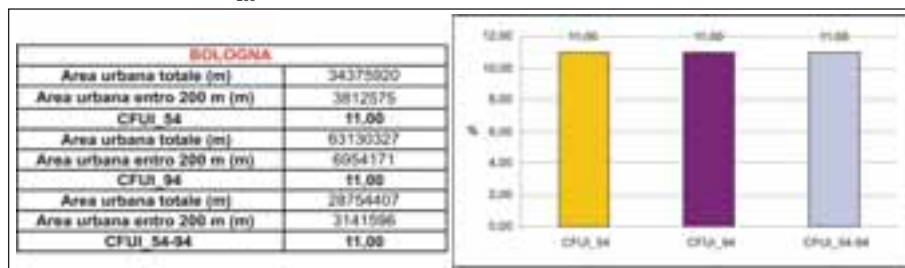


Per la definizione delle coperture relative alle aree urbane sono state interpretate le foto aeree del volo Italia (1954). È stata inoltre utilizzata la copertura delle aree urbane alla scala 1:25.000 così come risulta nella Carta Uso del Suolo (1994) della Regione Emilia-Romagna (disponibile all'indirizzo <http://www.regione.emilia-romagna.it/carto/reper/defaulta.htm>).

Le faglie capaci che attraversano il comune di Bologna sono localizzate nella parte centro-settentrionale dell'abitato e già dagli anni '50 il tessuto urbano era attraversato da queste strutture. Successivamente al 1954 lo sviluppo urbano è proseguito omogeneamente anche nelle zone ricadenti all'interno delle fasce di rispetto, interessate prevalentemente da tessuto urbano continuo, discontinuo e verde urbano.

Infatti, nel 1954 la superficie urbanizzata entro 200 m dalle faglie capaci era dell'11% ed è rimasta pressoché invariata nel 1994. Questo significa che l'espansione urbana tra il 1954 e il 1994 nel comune di Bologna ha interessato, proporzionalmente, sia la parte esterna che quella interna alla fascia di rispetto (Figura 6).

Figura 6: L'indicatore CFU_{200} nel comune di Bologna tra il 1954 e il 1994.

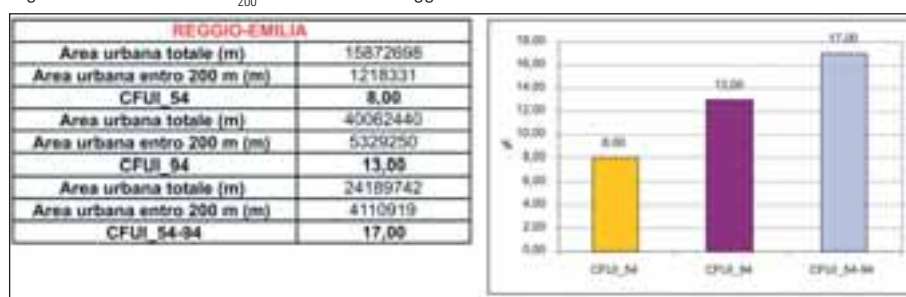


Il comune di Reggio Emilia è attraversato da faglie capaci nelle porzioni di periferia cittadina, zone che sono state interessate ampiamente dallo sviluppo urbano più recente.

Nel 1954 la superficie urbanizzata all'interno della fascia di rispetto era dell'8%, mentre nel 1994 è cresciuta sino al 13% (Figura 7). Si è calcolato quindi un indice $CFUI_{200}$, nell'arco di tempo considerato, del 17%.

La tipologia presente all'interno della fascia di rispetto è caratterizzata principalmente da tessuto urbano discontinuo e continuo (79%).

Figura 7: L'indicatore $CFUI_{200}$ nel comune di Reggio-Emilia tra il 1954 e il 1994.



5.2 Foglio Antrodoco (periodo 1954-1995) e L'Aquila (periodo 1954-2000)

L'area del Foglio Antrodoco ricade in un settore della catena appenninica al contatto tra il dominio pelagico umbro-marchigiano e il dominio di piattaforma carbonatica laziale-abruzzese.

Le faglie capaci incluse nella banca dati ITHACA sono di tipo normale, legate all'attività estensionale tuttora presente in questo settore della catena appenninica. La riattivazione di questo tipo di faglie si accompagna ad eventi sismici di magnitudo fino a 6.5-7.0, producendo dislocazioni superficiali di diverse decine di centimetri fino anche al metro.

Figura 8: Le aree urbanizzate del Foglio Antrodoco nel 1954 (in verde) e nel 1995 (in blue) in relazione alla faglia capaci e alla relativa fascia di rispetto ampia 200 m.

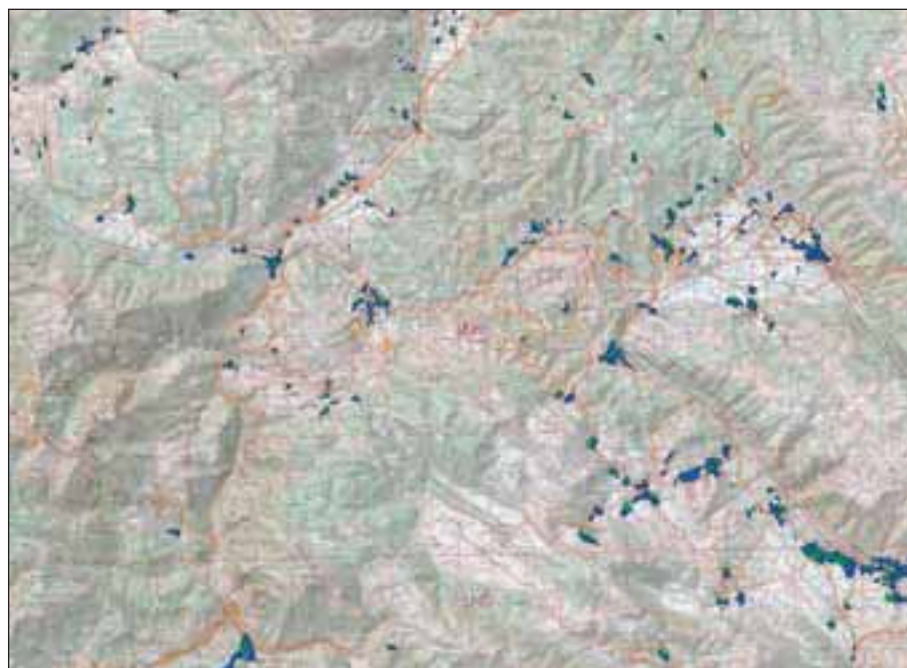


Figura 11: L'indicatore $CFUI_{200}$ nell'area di L'Aquila tra il 1954 e il 2000.



5.3 Area etnea (periodo 1954-2000)

L'assetto tettonico dell'area etnea è comunemente interpretato come il risultato dell'interazione tra l'attività tettonica regionale e processi locali legati all'attività vulcanica (Lo GIUDICE & RASÀ, 1992; AZZARO, 2004).

L'area esaminata è delimitata verso nord dalle faglie Pernicana e Fiumefreddo e verso sud dalla faglie di Tre Castagni e Tre Mestieri-Nicolosi. Questo settore è in lento scivolamento verso il bacino ionico (*lateral spreading*), probabilmente in risposta ai movimenti tettonici lungo la scarpata Ibleo-Maltese e alle periodiche pulsazioni della camera magmatica dell'Etna.

Figura 12: Schema geologico del versante orientale dell'Etna: sono evidenziate le faglie capaci cosismiche (in rosso), asismiche (in blu), cosismiche e asismiche (in verde). DA BLUMETTI *et al.* (2006).



Le rotture superficiali si verificano in corrispondenza di faglie capaci ben conosciute e vincolate (Figura 12). Alcune di queste strutture si muovono in corrispondenza di eventi sismici, altre invece si deformano in modo asismico (*creep*), producendo in ogni caso rotture in superficie significative, potenzialmente in grado di interferire con le infrastrutture (es. VULNERA database, BLUMETTI *et al.*, 2006).

Per definire le coperture relative alle aree urbanizzate sono stati utilizzati il volo Italia (1954) e le ortofoto Terraltaly (2000).

Nel 1954, la superficie urbanizzata all'interno delle fasce di rispetto, costituita per la maggior parte da tessuto urbano continuo (62%), ha un valore dell'indicatore $CFUI_{200}$ del 25,78%, dato che indica un'urbanizzazione assai intensa all'interno delle fasce di rispetto (Figura 13). Nel 2000, il valore del $CFUI_{200}$ risulta pari a

8,22%, che pur restando significativo in generale, evidenzia una notevole diminuzione dell'incidenza dell'urbanizzato in prossimità di faglie capaci.

Ciò è chiaramente confermato anche dal CFUI₂₀₀ riferito all'espansione urbana tra il 1954 e il 2000 (Figura 14), caratterizzata prevalentemente da tessuto urbano continuo (55%) e discontinuo (35%), che risulta pari a 0,72%, evidenziando che le nuove aree urbane hanno interessato per la quasi totalità zone distanti dalle faglie capaci.

Figura 13: L'indicatore CFUI₂₀₀ nell'area etnea tra il 1954 e il 2000.

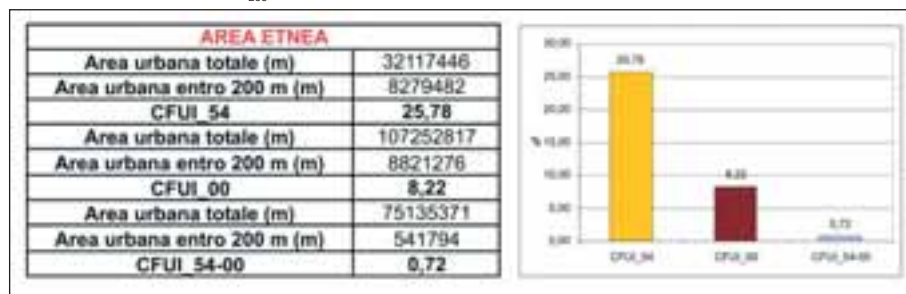
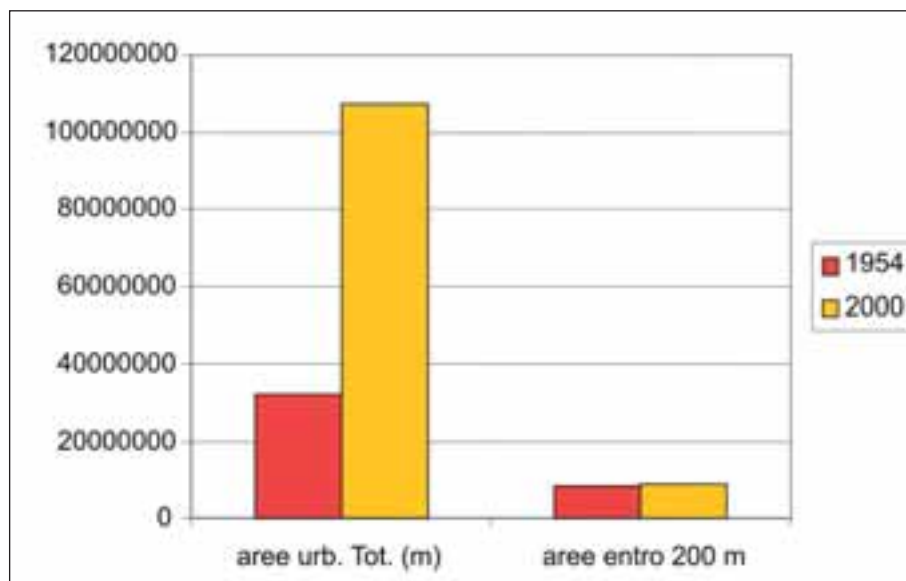


Figura 14: Espansione urbana totale e entro 200 metri dalle faglie capaci, tra il 1954 e il 2000.



6. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Lo studio a scala nazionale ha evidenziato che nel periodo 1990-2000 circa il 2,7 % dell'espansione urbana (poco più di 23 kmq) ha interessato aree a distanza minore di 200 m da faglie capaci.

Relativamente alle 24 aree urbane esaminate, in base ai dati CORINE 1990 e 2000, il fenomeno è particolarmente diffuso (CFUI > 5%) nelle città di Bologna, Modena, Trieste, Catania, Prato, Reggio-Calabria e Parma. Tra queste, solamente per le città di Prato e Parma questo fenomeno è imputabile all'espansione urbana recente (1990-2000) mentre nelle altre città si tratta di aree urbanizzate in un periodo precedente.

Sulla base dell'entità delle potenziali deformazioni in superficie, occorre fare alcune conside-

razioni: nelle città dell'Emilia-Romagna (Bologna, Modena, Parma), pur essendo il fenomeno maggiormente diffuso, l'entità delle dislocazioni in superficie è molto modesta (max centimetrica). Le faglie capaci che interessano Reggio-Calabria (dirette), sono invece in grado di produrre dislocazioni maggiori (decimetriche fino anche al metro). Anche a Catania, riattivazioni delle faglie in ambiente vulcano-tettonico sul versante orientale dell'Etna possono produrre dislocazioni superficiali di notevole entità (decimetriche fino al metro) come documentato anche recentemente (BLUMETTI *et al.*, 2006).

Relativamente alle faglie che interessano l'area urbana di Prato (diretta) e Trieste (dirette e inverse) non si hanno informazioni specifiche in merito all'entità della dislocazione attesa che, in ogni caso, non dovrebbe essere superiore a pochi decimetri.

Gli studi sulle aree campione hanno consentito di focalizzare l'attenzione su settori peculiari con un dettaglio superiore a quello fornito dai dati CORINE. I risultati hanno consentito di confermare nei comuni di Bologna e Reggio-Emilia che il fenomeno è particolarmente intenso. Nei due casi dell'Appennino Centrale, le faglie capaci (dirette) esaminate sono in grado di produrre dislocazioni significative, di entità decimetrica fino al metro. Tuttavia, mentre nell'area del Foglio Antrodoco l'urbanizzazione in prossimità delle faglie capaci è soprattutto "antica" (precedente al 1954) a L'Aquila è stata soprattutto l'espansione urbana "recente" (successiva al 1954) ad aver occupato aree prossime a faglie capaci.

Anche in Sicilia Orientale i dati di dettaglio hanno messo in evidenza che l'urbanizzazione "storica" ha attraversato diffusamente faglie capaci (25,78% delle aree urbane a meno di 200 metri nel 1954) mentre l'espansione urbana più recente si è attestata quasi esclusivamente ad una distanza di rispetto dalle faglie capaci.

Le analisi svolte hanno pertanto confermato che l'indicatore CFUI è in grado di individuare dove il fenomeno dell'espansione urbana in prossimità di faglie capaci è stato più intenso e di valutare il ruolo avuto dall'espansione urbana più recente in questo processo.

In questo senso, si ritiene che questo indicatore possa fornire una prima indicazione che consenta di tener conto del problema della presenza delle faglie capaci nella pianificazione del territorio. In prospettiva, è auspicabile che, in analogia con altri paesi ove il fenomeno della fagliazione superficiale è significativo, vengano introdotte nella normativa che regola la pianificazione delle aree urbane, specifiche misure finalizzate a limitarne l'espansione in corrispondenza di faglie capaci.

D'altra parte, è evidente che questo indicatore non è in grado di fornire da solo una valutazione della pericolosità (*hazard*) dovuta alla fagliazione superficiale, ma andrebbe integrato con informazioni che tengano conto del diverso potenziale di dislocazione associato a ciascuna struttura, della reale ampiezza della fascia di deformazione attorno alla faglia, nonché delle caratteristiche del costruito esposto al rischio. Questo tipo di analisi devono essere necessariamente condotte a livello locale e sono difficilmente sintetizzabili in un indicatore omnicomprensivo confrontabile a scala nazionale.

BIBLIOGRAFIA

AZZARO R., 2004 - Seismicity and active tectonics in the Etna region: constraints for a sesmo-tectonic model. Mt. Etna: Volcano Laboratory. Geophysical Monograph Series, 143. American Geophysical Union. 10.1029/143GM13, 205-220.

BLUMETTI A.M., DI MANNA P., FERRELI L., FIORENZA D., SERAFINI R., VITTORI E., VASILE F., BADALAMENTI F. & BRANCATO A. (2006) - Vulnerability of water supply network by capable faults in the Etna region (VULNERA- FCE PROJECT). 5th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Barcelona Giugno 2006, 440-442.

BLUMETTI A.M. & GUERRIERI L. (in stampa) - Fault-generated mountain fronts and the identifica-

tion of fault segments: implications for seismic hazard assessment. Boll. Soc. Geol. It., Spec. Issue. "Geomorfologia Sismica", 23° Convegno CNR-GNGTS, Novembre 2004, Roma.

BOCCALETTI M., BONINI M., CORTI G., GASPERINI P., MARTELLI L., PICCARDI L., TANINI & VANNUCCI G. (2003) - Carta sismotettonica della regione Emilia-Romagna. Scala 1:250.000. Regione Emilia-Romagna.

GALADINI F., MELETTI C., REBEZ A. (1999) - Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999). CNR, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 2000, 397 pp.

DI MANNA P., BLUMETTI A.M., FIORENZA D., FERRELLI L., GIARDINA F., MICHETTI A.M., SERVA L., & VITTORI E. (2006) - ITHACA (versione 2006): new data on capable faults in Italy, 5th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Barcelona, giugno 2006, 452-454.

IAEA (2003) - Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Guide N° NS-G-3.3. 31 pp.

LO GIUDICE E. & RASÀ R. (1992) - Very shallow earthquakes and brittle deformation in active volcanic areas: the etnean regio as example. Tectonophysics 2002, 257-268.

MICHETTI A.M., SERVA L. & VITTORI E. (2000) - ITHACA - Italy Hazard from Capable faults. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brasile, luglio 2000, abstract + CD.

VITTORI E. (2004) - The map of active faults of Italy. 32nd International Geological Congress, Firenze, agosto 2004. Abstract Volume.

