ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

RAPPORTI

Il consumo di suolo in Italia

Edizione 2015

218 / 2015

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Il consumo di suolo in Italia

Edizione 2015

Rapporti 218/2015

2015
International
Year of Soils

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo Rapporto.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Rapporti 218/2015
ISBN 978-88-448-0703-0

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Autori: Michele Munafò, Francesca Assennato, Luca Congedo, Tania Luti, Ines Marinosci, Gianluca Monti, Nicola Riitano, Lorenzo Sallustio, Andrea Strollo, Ilaria Tombolini, Marco Marchetti
Contributi: Marco Di Leginio, Giovanni Finocchiaro, Fiorenzo Fumanti, Alessandra Galosi, Anna Luise, Astrid Raudner, Alessandro Trigila, Carlotta Ciocci, Andrea De Toni, Alessandra Ferrara, Luca Salvati

Elaborazione dati e cartografia: Fotointerpretazione per l'aggiornamento dei dati di monitoraggio del consumo di suolo 2013/2014 a cura di ISPRA, con il supporto di CURSA – Consorzio Universitario per le ricerche socioeconomiche e ambientali e Università del Molise – Lab. Naturale resources and Environmental Planning del Dipartimento di Bioscienze e Territorio. Fotointerpretazione delle reti comunali di monitoraggio del consumo di suolo a cura di ISPRA/ARPA/APPA. Produzione della cartografia nazionale del consumo di suolo relativa al 2012 a cura di ISPRA, con il supporto di Planetek Italia. Elaborazione indicatori a cura di ISPRA.
Ringraziamenti: Commissione Europea (DG Environment, DG for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs), Agenzia Europea dell'Ambiente, FAO, Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali, Istat, AGEA, SIN, CRA-INEA, Istituto nazionale di urbanistica, Centro di ricerche sul consumo di suolo, ForestLab Centre, CSIG dell'Università del Molise, Forum Salviamo il Paesaggio, Slow Food Italia, Giovanni Capobianco ed Emanuele Conte (Università del Molise), Lorenzo Fattorini e Maria Chiara Pagliarella (Università di Siena), Paolo Pileri e Stefano Salata (Politecnico di Milano).
Coordinamento tecnico-scientifico
ISPRA – Michele Munafò
michele.munafo@isprambiente.it
http://www.consumosuolo.isprambiente.it
Elaborazione grafica
ISPRA
Grafica di copertina: Franco Iozzoli
Foto: Paolo Orlandi e Franco Iozzoli
Coordinamento tipografico
ISPRA - Daria Mazzella
Amministrazione
ISPRA - Olimpia Girolamo
Distribuzione
ISPRA - Michelina Porcarelli
Stampa
TMB stampa srl – Roma

Finito di stampare nel mese di maggio 2015

PRESENTAZIONE

Il suolo è una risorsa fondamentale per l'uomo. Per sua natura al centro di un sistema di relazioni tra uomo e cicli naturali che assicurano il sostentamento della vita, è non solo riserva di biodiversità, ma anche base per la produzione agricola e zootecnica, per lo sviluppo urbano e degli insediamenti produttivi, per la mobilità di merci e persone, per il benessere ed il godimento dei valori estetici. Tuttavia è ormai noto che, soprattutto a causa delle attività antropiche e di scelte di uso poco sostenibili, il consumo di suolo avanza e continua a generare la perdita irreversibile di preziose risorse ambientali e funzioni ecosistemiche, influendo negativamente sull'equilibrio del territorio, sui fenomeni di dissesto, erosione e contaminazione, sui processi di desertificazione, sulle dinamiche di trasformazione e sulla bellezza del paesaggio. Ciò porta ad una elevata sottrazione della biodiversità e della produttività e compromette la disponibilità di risorse fondamentali per lo stesso sviluppo della nostra società.

Negli ultimi anni stanno crescendo le iniziative volte alla riduzione del consumo di suolo, tuttavia continua anche l'espansione delle aree artificiali, spesso caratterizzate da processi di sprawl e di diffusione urbana, con una evidente frammentazione del paesaggio che spinge i processi di consumo dei suoli agricoli e naturali. Ogni giorno il nostro territorio viene silenziosamente occupato da nuovi quartieri residenziali, spesso a bassa densità, ville, seconde case, alberghi, capannoni industriali, magazzini, centri direzionali e commerciali, spazi espositivi, strade, autostrade, parcheggi, serre, cave, discariche, continuando a trasformare la "campagna" in "città", e la città per come la conosciamo in Italia in un continuum di antropizzazione diffusa e indistinta.

Il nostro paese ha un livello di consumo di suolo tra i più alti in Europa, nonostante le peculiarità del territorio italiano dovute alle caratteristiche orografiche e ambientali, che dovrebbero (o avrebbero dovuto) evitare l'espansione urbana in zone ad elevata fragilità ambientale e territoriale. La limitazione del consumo del suolo è, quindi, unitamente alla messa in sicurezza del territorio, una direzione strategica per l'Italia: la ripresa dello sviluppo del paese non può procedere senza proteggere il territorio dalla minaccia del dissesto idrogeologico e della desertificazione, senza protezione per gli usi agricoli e, soprattutto, senza tutela e valorizzazione delle risorse territoriali e culturali, che costituiscono il cuore della qualità ambientale indispensabile per il nostro benessere e per mantenere la bellezza di un paesaggio noto in tutto il mondo. Questo non è in contrapposizione con la auspicata ripresa del settore edilizio, al contrario si pone come il motore per la edilizia di qualità, efficiente nei consumi energetici e nell'uso delle risorse ambientali (incluso il suolo), favorendo la necessaria riqualificazione e rigenerazione urbana, oltre al riuso delle aree contaminate o dismesse, riducendo il consumo di nuovo suolo.

Le conseguenze sociali, economiche e ambientali che l'eccessivo consumo del suolo continua a produrre sono ormai note a livello scientifico e politico, per questo ISPRA continua a seguire l'evoluzione della problematica sia rispetto alla sua evoluzione storica, sia indagandone cause ed effetti con il suo Rapporto sul consumo di suolo in Italia. A causa della frammentazione delle fonti informative e delle competenze, assicurare un quadro conoscitivo di riferimento per la definizione e la valutazione delle politiche a livello nazionale, regionale e comunale è una sfida complessa. Questa è la seconda edizione del Rapporto e conferma e consolida l'azione di ISPRA, che svolge il suo ruolo di coordinamento dell'intero Sistema nazionale di protezione ambientale, con il monitoraggio e il lavoro di raccolta e di validazione dei dati di fotointerpretazione prodotti anche dalle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Regioni e delle Province Autonome, e restituisce all'intero territorio la migliore conoscenza disponibile sul fenomeno del consumo di suolo.

L'importante novità dell'edizione di quest'anno, è la pubblicazione della prima carta nazionale ad altissima risoluzione sul consumo di suolo. Per la prima volta, in Italia, è possibile avere un quadro omogeneo ed estremamente accurato, dell'intero territorio nazionale, che permette la valutazione del fenomeno del consumo di suolo anche a scala locale. È un risultato che non si sarebbe mai ottenuto senza il contributo fondamentale di tutte quelle informazioni e cartografie rese disponibili da una gran parte delle amministrazioni centrali (si pensi ai Ministeri competenti, all'AGEA, all'Istat) e, soprattutto, regionali. Ma è un risultato che, senza il contributo fondamentale della Commissione europea, dell'Agenzia Spaziale Europea e dell'Agenzia Europea per l'Ambiente, con lo sviluppo del programma Copernicus, non sarebbe mai stato possibile. È un lavoro che ISPRA mette a disposizione dell'intero sistema Paese. I dati sono liberamente accessibili, rendendo più agevole il loro progressivo miglioramento e aggiornamento, con il possibile contributo di altre amministrazioni, così come di associazioni e di privati. Questo strato ad altissima risoluzione è un importante progresso per il monitoraggio ambientale, poiché definisce una mappatura delle aree di consumo di suolo con un dettaglio spaziale senza precedenti. La cartografia è quindi adatta per il monitoraggio del consumo di suolo anche a scala locale ed è, quindi, auspicabile che anche le amministrazioni locali possano contribuire al processo di miglioramento e di aggiornamento di questo quadro di analisi e di valutazione dello stato del nostro territorio.

Una ulteriore novità nasce dalla consapevolezza che i fenomeni di espansione delle città determinano effetti ambientali e sociali la cui rilevanza in termini di qualità ambientale, di integrità del paesaggio e di consumo di risorse naturali dipende fortemente dalla modalità e dalle forme con la quale si realizza la trasformazione e si distribuisce sul territorio. Processi di diffusione, dispersione urbana e di frammentazione descrivono la tendenza in atto dagli anni '90 e tutt'ora presente a consumare risorse e sottrarre qualità attraverso la creazione di centri urbani di dimensione medio-piccola all'esterno dei principali poli metropolitani, la crescita di zone di margine con insediamenti dispersi intorno ai centri, la saldatura di zone di insediamento a bassa densità in un continuum che annulla i limiti tra territorio urbano e rurale, la frammentazione del paesaggio e la mancanza di identità dei nuclei urbanizzati sparsi e senza coesione.

L'urbanizzazione diffusa e dispersa produce non solo perdita di paesaggi, suoli e relativi servizi ecosistemici, ma è anche un modello insediativo energivoro e predisponente alla diffusione del sistema di mobilità privata. È per questo che, in questo rapporto, viene approfondita la conoscenza delle diverse forme di urbanizzazione e della tipologia insediativa presenti nei diversi contesti territoriali, elementi cruciali sia per la definizione di misure efficaci per la limitazione del consumo di suolo e per frenare la distruzione del paesaggio, sia per dare maggiore solidità alle misure volte ad assicurare la sostenibilità delle trasformazioni dell'uso del suolo, verso forme urbane più compatte e semi-dense, con il riuso di aree dismesse o già urbanizzate.

Naturalmente le informazioni e le conoscenze sul consumo di suolo non possono riferirsi solo a ciò che si vede sulla superficie del suolo, ma vanno integrate con le altre informazioni relative alla natura e alla qualità del suolo stesso e del sottosuolo, all'atmosfera in termini di dinamiche meteorologiche e climatiche, al ciclo delle acque e agli equilibri delle coste.

L'azione conoscitiva sul consumo di suolo si confronta e si integra, dunque, con gli altri prodotti e linee di ricerca consolidate dell'ISPRA, quali le analisi dei fenomeni di dissesto idrogeologico, le aree urbane, le aree verdi e le reti ecologiche, la sostenibilità delle infrastrutture, ma si apre anche a nuove linee di sviluppo. In questo secondo rapporto sono presentate, da una parte, l'analisi delle forme dell'urbanizzazione, che si propone di portare in evidenza i caratteri essenziali utili alla valutazione delle cause e degli effetti del consumo di suolo nelle aree urbane italiane, dall'altra una linea di approfondimento dello studio del consumo di suolo e della sostenibilità delle trasformazioni territoriali attraverso l'approccio ecosistemico.

In particolare, la valutazione dei servizi ecosistemici che la natura offre all'uomo, appare un efficace strumento per riconfigurare le modalità di governo del territorio in una direzione più sostenibile e consente di leggere in modo più ampio e consapevole il fenomeno del consumo di suolo attraverso strumenti di valutazione rispetto agli scenari di uso del suolo. In questa direzione si stanno moltiplicando gli sforzi di miglioramento di molte realtà locali, pertanto appare opportuna una azione a livello nazionale per assicurare una migliore base conoscitiva dal livello globale a quello locale, fornendo strumenti conoscitivi adeguati e per mettere a sistema le esperienze.

Gli insediamenti urbani, inoltre, mostrano vulnerabilità anche intrinseche in quanto strutturati su sistemi artificiali non resilienti, spesso scarsamente dotati di autonoma capacità di risposta, che possono anche amplificare i rischi per la salute associati agli aumenti di temperatura o agli eventi meteorologici estremi. Nelle aree urbane l'alta concentrazione di persone ed edifici in una zona relativamente piccola fa sì che anche un evento relativamente contenuto nel tempo e nello spazio (pioggia intensa, ondata di calore, etc.) o la presenza di fattori di rischio (maggiore tossicità dell'inquinamento atmosferico, aumento quantità di pollini e/o di insetti potenziali vettori di malattie infettive come le zanzare, danni diretti ad infrastrutture e beni) possano influenzare un gran numero di persone.

Per tutte queste ragioni, il consolidamento delle valutazioni sul consumo di suolo avviene attraverso l'integrazione tra le reti di monitoraggio puntuale e informazioni di tipo diverso, così come rivolgendo l'attenzione a valutazioni non solo del "quanto" si consuma, ma anche del "come" e del "perché", al fine di favorire la migliore base informativa disponibile per le scelte di governo del territorio e delle città, assicurando un elevato livello di informazione disponibile per le valutazioni a supporto delle politiche pubbliche e consentendo di fondare la valutazione del consumo di suolo sulle più avanzate tecnologie e sulla sempre migliore integrazione delle fonti.

In altri termini, l'Italia è oggi in grado di assicurare un monitoraggio accurato e omogeno di questo fenomeno complesso, permettendo di valutare il percorso verso l'obiettivo del futuro azzeramento del consumo netto di suolo, condiviso a livello europeo. Restano, tuttavia, da affrontare i problemi di definizione e di riconoscimento a livello nazionale di questo obiettivo e, soprattutto, delle politiche e degli strumenti necessari per il suo raggiungimento, sia attraverso il disegno di legge del Governo che prosegue il suo cammino in Parlamento e che speriamo che venga varato al più presto, sia mettendo a sistema il patrimonio di norme regionali che va sviluppandosi. È necessario assicurare che il fenomeno sia trattato con la necessaria trasversalità da tutte le politiche territoriali e ambientali, aspetto che probabilmente rappresenta la sfida più grande. Questo Rapporto, che assicura gli elementi informativi necessari alla tutela di un bene comune, è un passo significativo in tale direzione e dimostra che, in Italia, esiste un sistema pubblico reattivo alle esigenze del territorio e capace di supportare la gestione del territorio verso una dimensione più sostenibile.

Prof. Bernardo De Bernardinis

INDICE

1. INTRODUZIONE 1

1.1 Il suolo 1

1.2 Le funzioni del suolo e i servizi ecosistemici 1

1.3 Le minacce 2

1.4 Copertura, uso e consumo di suolo 2

1.5 L'impermeabilizzazione del suolo 4

1.6 L'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici 5

1.7 Gli orientamenti comunitari 7

1.8 Limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo 8

1.9 Disegno di legge sul contenimento del consumo del suolo e riuso del suolo edificato. 9

2. IL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA 10

2.1 Le stime del consumo di suolo a livello nazionale 10

2.2 Le stime del consumo di suolo a livello regionale 12

2.3 Le stime del consumo di suolo a livello provinciale e comunale 14

2.4 Consumo di suolo "effettivo" 20

2.5 Un indicatore di disturbo ecologico causato dal consumo di suolo 21

2.6 Le tipologie di consumo 22

2.7 La geografia del consumo di suolo 23

2.7.1 La fascia costiera 23

2.7.2 Consumo di suolo per classi altimetriche e di pendenza 25

2.7.3 Le aree protette e i corpi idrici 27

2.7.4 Consumo di suolo nelle aree a pericolosità idraulica 27

2.8 Il confronto con gli altri paesi europei 29

3. L'USO DEL SUOLO E IL TERRITORIO URBANIZZATO 30

3.1 Uso del suolo 30

3.2 Le aree urbane e la densità di urbanizzazione 31

4. FORME DI URBANIZZAZIONE E TIPOLOGIA INSEDIATIVA 35

4.1 La valutazione delle forme di espansione urbana 35

4.2 Il consumo di suolo e la crescita demografica 35

4.3 Il paesaggio urbano e le forme dello sprawl 36

4.4 Interpretazione delle forme insediative 44

4.5 Analisi del paesaggio: composizione e configurazione spaziale 47

4.6 Un primo confronto tra le capitali europee 51
5. METODOLOGIA DI MISURA E FONTI INFORMATIVE 52
5.1 Strumenti per il monitoraggio del consumo di suolo 52
5.2 La rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo 52
5.3 L'Inventario dell'uso del suolo in Italia 53
5.4 I servizi Copernicus per il monitoraggio del territorio ad alta risoluzione 54
5.5 La carta nazionale di copertura del suolo ad alta risoluzione 56
5.6 La carta nazionale del consumo di suolo ad altissima risoluzione 57
5.7 Acquisizione dei dati e metodologia di stima per la rete di monitoraggio 58
5.8 Validazione 60
5.9 La scala di studio 62
5.10 L'analisi spaziale 65
5.11 Caratteristiche e limiti delle fonti informative utilizzate 67
CONCLUSIONI 69
BIBLIOGRAFIA 71
APPENDICE - TAVOLE CARTOGRAFICHE 74

1. INTRODUZIONE

1.1 Il suolo

Il suolo è una risorsa di fatto non rinnovabile, visti i tempi estremamente lunghi necessari per la formazione di nuovo suolo, ma fondamentale non solo per la produzione alimentare e per le attività umane, ma anche come riserva di biodiversità, supporto per la chiusura dei cicli degli elementi nutritivi e per l'equilibrio della biosfera. È un sottile mezzo poroso e biologicamente attivo, risultato di complessi e continui fenomeni di interazione tra le attività umane e i processi chimici e fisici che avvengono nella zona di contatto tra atmosfera, idrosfera, litosfera e biosfera (APAT, 2008; ISPRA, 2013a).
Come correttamente indicato dalla Strategia tematica per la protezione del suolo, adottata dalla Commissione Europea nel 2006, per suolo si deve intendere lo strato superiore della crosta terrestre, costituito da particelle minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi, che rappresenta l'interfaccia tra terra, aria e acqua e ospita gran parte della biosfera.
Il deterioramento del suolo ha ripercussioni dirette sulla qualità delle acque e dell'aria, sulla biodiversità e sui cambiamenti climatici, ma può anche incidere sulla salute dei cittadini e mettere in pericolo la sicurezza dei prodotti destinati all'alimentazione umana e animale (Commissione Europea, 2006).
La risorsa suolo deve essere, quindi, protetta e utilizzata nel modo idoneo, in relazione alle sue intrinseche proprietà, affinché possa continuare a svolgere la propria insostituibile ed efficiente funzione sul pianeta (ISPRA, 2013a) e perché elemento fondamentale dell'ambiente, dell'ecosistema e del paesaggio, tutelati dalla nostra Costituzione[1] (Leone *et al*., 2013).

1.2 Le funzioni del suolo e i servizi ecosistemici

Insieme con aria e acqua, il suolo è essenziale per l'esistenza delle specie presenti sul nostro pianeta; svolge la funzione di buffer, filtro e reagente consentendo la trasformazione dei soluti che vi passano e regolando i cicli nutrizionali indispensabili per la vegetazione; è coinvolto nel ciclo dell'acqua; funge da piattaforma e da supporto per i processi e gli elementi naturali e artificiali; contribuisce alla resilienza dei sistemi socio-ecologici; fornisce importanti materie prime e ha, inoltre, una funzione culturale e storica. Nonostante ciò è troppo spesso percepito solo come supporto alla produzione agricola e come base fisica sulla quale sviluppare le attività umane (Fumanti, 2009; ISPRA, 2013a).
Un suolo in condizioni naturali, insieme all'intera biosfera, fornisce al genere umano i servizi ecosistemici necessari al proprio sostentamento (Blum, 2005; Commissione Europea, 2006; APAT, 2008; Haygarth e Ritz, 2009; Turbé *et al.*, 2010):

- servizi di approvvigionamento (prodotti alimentari e biomassa, materie prime, etc.);
- servizi di regolazione (regolazione del clima, cattura e stoccaggio del carbonio, controllo dell'erosione e dei nutrienti, regolazione della qualità dell'acqua, protezione e mitigazione dei fenomeni idrologici estremi, etc.);
- servizi di supporto (supporto fisico, decomposizione e mineralizzazione di materia organica, habitat delle specie, riserva genetica, conservazione della biodiversità, etc.);
- servizi culturali (servizi ricreativi e culturali, funzioni etiche e spirituali, paesaggio, patrimonio naturale, etc.).

La maggior parte, quindi, dei servizi resi dal suolo non coperto artificialmente ha un'utilità diretta e indiretta per l'uomo e appare cruciale, nell'ambito delle politiche di gestione e di pianificazione del territorio, valutare le ricadute delle diverse scelte di pianificazione territoriale e urbanistica, attraverso la stima dei costi e benefici associabili a diversi scenari di uso del suolo, e/o a politiche di tutela e indirizzi propri degli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica (cfr. paragrafo 1.7).
Per l'importanza che rivestono sotto il profilo socioeconomico e ambientale, tutte queste funzioni devono pertanto essere tutelate (Commissione Europea, 2006). Infatti, le scorrette pratiche agricole, zootecniche e forestali, le dinamiche insediative, le variazioni d'uso e gli effetti locali dei cambiamenti ambientali globali possono originare gravi processi degradativi che limitano o inibiscono totalmente la

[1] Art. 9: "La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione"; art. 44: "Al fine di conseguire il razionale sfruttamento del suolo e di stabilire equi rapporti sociali, la legge impone obblighi e vincoli alla proprietà terriera privata, fissa limiti alla sua estensione secondo le regioni e le zone agrarie, promuove ed impone la bonifica delle terre […]"; art. 117: "[…] Lo Stato ha legislazione esclusiva nelle seguenti materie: […] tutela dell'ambiente, dell'ecosistema e dei beni culturali […]".

funzionalità del suolo e che spesso diventano evidenti solo quando sono irreversibili, o in uno stato talmente avanzato da renderne estremamente oneroso e economicamente poco vantaggioso il ripristino.

1.3 Le minacce

Il suolo subisce una serie di processi di degrado ed è sottoposto a diverse tipologie di minacce (Commissione Europea, 2006; 2012a):

- l'erosione, ovvero la rimozione di particelle di suolo ad opera di agenti atmosferici (vento, acqua, ghiaccio) o per effetto di movimenti gravitativi o di organismi viventi (bioerosione);
- la diminuzione di materia organica;
- la contaminazione locale o diffusa;
- l'impermeabilizzazione (*sealing*), ovvero la copertura permanente di parte del terreno e del relativo suolo con materiale artificiale non permeabile;
- la compattazione, causata da eccessive pressioni meccaniche, conseguenti all'utilizzo di macchinari pesanti o al sovrapascolamento;
- la perdita della biodiversità;
- la salinizzazione, ovvero l'accumulo nel suolo di sali solubili in seguito ad eventi naturali o all'azione dell'uomo;
- le frane e le alluvioni;
- la desertificazione, ultima fase del degrado del suolo.

1.4 Copertura, uso e consumo di suolo

Il consumo di suolo deve essere inteso come un fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale. Il fenomeno si riferisce, quindi, a un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative. Un processo prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici, capannoni e insediamenti, all'espansione delle città, alla densificazione o alla conversione di terreno entro un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio.

Il concetto di consumo di suolo deve, quindi, essere definito come una variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) *a una copertura artificiale del suolo* (suolo consumato).

La copertura del suolo è un concetto collegato ma distinto dall'uso del suolo. Per *copertura del suolo (Land Cover)* si intende la copertura biofisica della superficie terrestre, comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007/2/CE[2]. L'impermeabilizzazione del suolo costituisce la forma più evidente di copertura artificiale. Le altre forme di copertura artificiale del suolo vanno dalla perdita totale della "risorsa suolo" attraverso l'asportazione per escavazione (comprese le attività estrattive a cielo aperto), alla perdita parziale, più o meno rimediabile, della funzionalità della risorsa a causa di fenomeni quali la contaminazione e la compattazione dovuti alla presenza di impianti industriali, infrastrutture, manufatti, depositi permanenti di materiale o passaggio di mezzi di trasporto.

L'*uso del suolo (Land Use)* è, invece, un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e costituisce quindi una descrizione di come il suolo venga impiegato in attività antropiche. La direttiva 2007/2/CE lo definisce come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro (ad esempio ad uso residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo, ricreativo).

La rappresentazione più tipica del consumo di suolo è, quindi, data dal crescente insieme di aree coperte da edifici, capannoni, strade asfaltate o sterrate, aree estrattive, discariche, cantieri, cortili, piazzali e altre aree pavimentate o in terra battuta, serre e altre coperture permanenti, aeroporti e porti, aree e campi sportivi impermeabili, ferrovie ed altre infrastrutture, pannelli fotovoltaici e tutte le altre aree impermeabilizzate, non necessariamente urbane. Tale definizione si estende, pertanto, anche in ambiti rurali e naturali ed esclude, invece, le aree aperte naturali e seminaturali in ambito urbano (ISPRA, 2013b).

Il consumo di suolo *netto* è valutato attraverso il bilancio tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuti a interventi di recupero, demolizione, de-impermeabilizzazione,

[2] Direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007 che istituisce un'Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (Inspire) http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:it:pdf

rinaturalizzazione o altro (Commissione Europea, 2012b). Tuttavia, i processi di rigenerazione dei suoli sono rari, complessi e richiedono notevoli apporti di energia e tempi lunghi per ripristinare le condizioni intrinseche del suolo prima della sua impermeabilizzazione (Pileri, 2007).

Figura 1.1 - Esempio di consumo di suolo agricolo: l'area di EXPO 2015 a Milano negli anni 2001 (in alto) e 2014 (in basso).

Esistono, quindi, differenze sia metodologiche che semantiche nei concetti di uso e copertura del suolo, che rendono più idoneo l'utilizzo di sistemi di monitoraggio della copertura per il supporto alle valutazioni di trasformazione delle aree urbane e periurbane, mentre per la pianificazione agricola e forestale risultano preferibili sistemi basati sul concetto di uso del suolo. Per la valutazione delle aree artificiali, infatti, un importante ruolo è rivestito dagli elementi di tipo lineare e puntuale (strade, strade asfaltate e piazzali), che sono più facilmente intercettati dai sistemi di classificazione delle coperture, a causa della difficoltà di raggiungimento dei parametri dimensionali minimi previsti dalla classificazione d'uso. L'utilizzo di un sistema di classificazione in grado di identificare questo tipo di oggetti riveste una notevole importanza per la pianificazione di un territorio densamente segnato dalla rete infrastrutturale di trasporto come quello italiano. Altrettanto importante è la lettura incrociata dei dati di uso e copertura. Nel caso delle superfici urbane, ad esempio, se è vero che l'uso del suolo esprime la quantità di territorio interessato da agglomerati di edifici, infrastrutture ed opere accessorie, è altrettanto vero che dal punto di vista ecologico–funzionale, è la copertura del suolo ad avere una maggiore importanza, basti pensare al deflusso idrico.
Riguardo alla crescita urbana, la lettura combinata delle stime di uso e copertura del suolo si rivela strumento efficace per l'analisi dei processi urbani. Difatti agli insediamenti compatti possono essere associati alti valori di coperture artificiali ed impermeabilizzate (*Land Cover*) e valori relativamente bassi di urbanizzato *(Land Use)*. In modo analogo, ad insediamenti diffusi e frammentati corrispondono bassi valori di copertura artificiale rispetto all'uso del suolo urbanizzato.
Questo tipo di analisi è fondamentale per comprendere cause e impatti dell'espansione delle aree urbanizzate e artificiali, con un'urbanizzazione diffusa che copre aree sempre più vaste del territorio nazionale, annullando, di fatto, la distinzione fra città e campagna e rappresentando, ormai, un elemento caratteristico, influenzandone il paesaggio, di pianure, fondovalle, zone peri-urbane e fasce costiere (Indovina, 2005; Pileri, 2007; UN-HABITAT, 2009).

1.5 L'impermeabilizzazione del suolo

La progressiva espansione delle aree urbanizzate e le sempre più diffuse dinamiche insediative dello sprawl urbano comportano una forte accelerazione del processo di impermeabilizzazione del suolo, comunemente chiamato cementificazione. La copertura permanente con materiali artificiali (quali asfalto o calcestruzzo) per la costruzione, ad esempio, di edifici e strade, riguarda solo una parte dell'area di insediamento, poiché altre componenti di tale area, come i giardini, i parchi urbani e altri spazi verdi non rappresentano una superficie impermeabile. Il fenomeno comprende, tuttavia, anche la costruzione di insediamenti sparsi in zone rurali, la diffusione di manufatti, opere e coperture presenti in aree agricole e naturali, oltre l'area tradizionale di insediamento urbano.
L'impermeabilizzazione rappresenta la principale causa di degrado del suolo in Europa, in quanto comporta un rischio accresciuto di inondazioni, contribuisce al riscaldamento globale, minaccia la biodiversità, suscita particolare preoccupazione allorché vengono ad essere ricoperti terreni agricoli fertili e aree naturali e seminaturali, contribuisce insieme alla diffusione urbana alla progressiva e sistematica distruzione del paesaggio, soprattutto rurale (Antrop, 2004; Pileri e Granata, 2012). È probabilmente l'uso più impattante che si può fare della risorsa suolo poiché ne determina la perdita totale o una compromissione della sua funzionalità tale da limitare/inibire anche il suo insostituibile ruolo nel ciclo degli elementi nutritivi (APAT, 2008; Gardi *et al*., 2013).
Le funzioni produttive dei suoli sono, pertanto, inevitabilmente perse, così come la loro possibilità di assorbire CO_2, di fornire supporto e sostentamento per la componente biotica dell'ecosistema, di garantire la biodiversità o la fruizione sociale. Nel territorio si incrementa anche la frammentazione degli habitat, con la possibile interruzione dei corridoi migratori per le specie selvatiche (EEA, 2006).
Nelle aree urbane il clima diventa più caldo e secco a causa della minore traspirazione vegetale ed evaporazione e delle più ampie superfici con un alto coefficiente di rifrazione del calore. Soprattutto in climi aridi come quello mediterraneo, la perdita di copertura vegetale e la diminuzione dell'evapotraspirazione, in sinergia con il calore prodotto dal condizionamento dell'aria e dal traffico e con l'assorbimento di energia solare da parte di superfici scure in asfalto o calcestruzzo, contribuiscono ai cambiamenti climatici locali, causando l'effetto "isola di calore" (Commissione Europea, 2012b).
L'impermeabilizzazione deve essere, per tali ragioni, intesa come un costo ambientale, risultato di una diffusione indiscriminata delle tipologie artificiali di uso del suolo che porta al degrado delle funzioni

ecosistemiche e all'alterazione dell'equilibrio ecologico (Scalenghe e Ajmone Marsan, 2009; Commissione Europea, 2011a).
C'è da considerare, inoltre, che l'espansione urbana riguarda spesso i terreni più fertili, ad esempio quelli delle pianure alluvionali, dove maggiore è la perdita di capacità della produzione agricola e dove la rimozione, per la costruzione di edifici o infrastrutture, di suoli agricoli gestibili tramite misure di agricoltura conservativa, ci priva ancora di più del suo potenziale per la fissazione naturale di carbonio, influendo quindi sul clima. Normalmente, la fissazione di carbonio avviene tramite la crescita vegetativa e l'accumulo di materia organica; su scala globale il serbatoio non-fossile di carbonio nel suolo ammonta a circa 1.500 miliardi di tonnellate (più del carbonio contenuto nell'atmosfera e nelle piante sommati assieme) quasi tutte entro il primo metro di suolo (Commissione Europea, 2013). Si stima che il comparto suolo-vegetazione catturi circa il 20% delle emissioni annuali di anidride carbonica prodotte dall'uomo. Si può essere portati erroneamente a credere che l'impermeabilizzazione blocchi il rilascio di carbonio in atmosfera come CO_2 e che, quindi, possa avere anche un contributo positivo nei confronti dei cambiamenti climatici. In realtà, nel corso di attività edilizie, rimuovendo lo strato superficiale del terreno, dove è concentrata la maggior parte della sostanza organica, parte dello stock di carbonio organico viene rilasciata come gas serra a causa della mineralizzazione, vanificando l'azione millenaria dei processi naturali, responsabili della formazione del suolo. Tali interventi antropici spesso implicano anche una più o meno intensa deforestazione andando così a diminuire significativamente gli stock di carbonio presenti nella vegetazione, senza considerare il ruolo fondamentale che hanno gli spazi verdi nell'assorbimento di CO_2 e nella riduzione dell'impronta di carbonio da parte dell'uomo (Gardi *et al*., 2013).
Un suolo compromesso dall'espansione delle superfici artificiali e impermeabilizzato, con una ridotta vegetazione e con presenza di superfici compattate non è più in grado di trattenere una buona parte delle acque di precipitazione atmosferica e di contribuire, pertanto, a regolare il deflusso superficiale. Il dilavamento dei suoli e delle superfici artificiali da parte delle acque di scorrimento superficiale determina anche un incremento del carico solido e del contenuto in sostanze inquinanti, provocando un forte impatto sulla qualità delle acque superficiali e sulla vita acquatica (Johnson, 2001; Commissione Europea, 2004; EEA, 2006; ISPRA, 2013a).
La forte pressione sulle risorse idriche può causare cambiamenti nello stato ambientale dei bacini di raccolta delle acque, alterando gli ecosistemi e i servizi che essi offrono. La riduzione di zone umide, pozzi naturali e terreni permeabili, combinata con l'espansione delle città nelle piane alluvionali e costiere, spesso posizionate lungo le coste o le rive dei fiumi, aumenta fortemente il rischio di inondazioni, anche in considerazione dei possibili effetti dei cambiamenti climatici. La capacità del suolo di immagazzinare acqua e l'assorbimento di pioggia nel suolo viene ridotta e, in molti casi, impedita completamente, con una serie di effetti sul ciclo idrogeologico. Le precipitazioni che si infiltrano nei suoli, infatti, fanno aumentare in misura significativa il tempo necessario per raggiungere i fiumi, riducendo il flusso di picco e quindi il rischio di alluvione. Una maggiore infiltrazione idrica riduce la dipendenza da depositi artificiali per la raccolta dei carichi di picco delle precipitazioni e migliora, di conseguenza, anche la qualità delle acque (Hough, 2004).

1.6 L'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici

Le raccomandazioni internazionali per garantire un uso più sostenibile delle risorse naturali (a partire da quelle contenute nell'Agenda 21 definita a Rio nel 1992, poi gli obiettivi sulla biodiversità adottati dalle Nazioni Unite, i cosiddetti Aichi Target, fino alle indicazioni contenute in "*The Future we want*", alla base della nuova impostazione degli obiettivi di sviluppo post 2015, ora Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, in via di negoziazione e da approvare entro settembre 2015) indicano nella tutela del capitale naturale uno dei cardini per la sostenibilità della vita dell'uomo sulla terra. La valutazione dei benefici offerti da questo capitale, attraverso la identificazione degli ecosistemi e dei servizi che producono, è una delle sfide che la conoscenza scientifica e la pratica gestionale hanno di fronte nei prossimi anni. Al centro dell'attenzione vi sono dunque i servizi ecosistemici definiti come i benefici (o contributi) che l'uomo ottiene, direttamente o indirettamente, dagli ecosistemi (Costanza *et al*., 1997). Come richiamato dal Rapporto sullo stato dell'ambiente europeo (EEA, 2010) nelle aree dove viene mantenuta una buona qualità degli ecosistemi e valorizzati quindi i servizi ecosistemici, il territorio e la comunità umana che vi risiede sono più resilienti e meno vulnerabili.

Nel cercare di fornire metodologie per la valutazione dei servizi ecosistemici, alcuni ricercatori si sono soffermati sulla valutabilità in termini economici (es. Costanza *et al*., 1997, 2014; de Groot *et al*., 2012), altri al contrario si sono concentrati sugli aspetti non valutabili con valore monetario (es. Kandziora *et al*., 2013), altri infine hanno seguito la strada di valutazioni attraverso indicatori aggregati o valutazioni di tipo termodinamico e biofisico. Mentre alcuni approcci proposti sono utili a scala globale e sono in grado di rappresentare i principali trend su alcuni servizi ecosistemici (ad es. la regolazione del clima), viene sempre più affermata la necessità di un contestuale approccio basato sull'analisi degli specifici contesti locali, utile a meglio interpretare la multifunzionalità degli ecosistemi (Potschin e Haines-Young, 2012) ovvero a meglio caratterizzare alcuni servizi in particolare (ad es. esperienze estetiche e spirituali) i cui aspetti significativi possono essere meglio catturati nella scala locale (Dick *et al.,* 2014).
Al fine di fornire strumenti utilizzabili per la valutazione dei servizi ecosistemici, sono stati avviati diversi grandi progetti internazionali a partire dagli studi come il *Millennium Ecosystem Assessment* promosso dall'UNEP e pubblicato nel 2005 e il TEEB - *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, iniziativa globale partita nel2008 che mira a definire l'attribuzione di valori monetari a tali servizi, operazioni di partenariato come la *Ecosystem Services Partnership* (ESP) e strutture intergovernative come l'*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (IPBES) avviata nel 2012, insieme ad alcune esperienze a carattere nazionale. Da parte dell'Unione Europea è stato avviato un lavoro rivolto sia alla classificazione che alla capacità di mappatura dei servizi ecosistemici europei con il programma MAES del JRC che mira alla definizione di una atlante e con la proposta di schema di classificazione *Common International Classification of Ecosystem Services* - CICES dell'AEA.
Sulla base dello sviluppo scientifico recente, emerge che la diffusione della valutazione dei servizi ecosistemici è ancora limitata nella pratica locale (Steiner, 2014) e trasferire l'avanzamento metodologico di questo approccio innovativo e pervasivo nella realtà del processo decisionale locale è ancora una sfida (Ruckelshaus, *et al*., 2014). Tuttavia, la maggiore accessibilità di nuovi strumenti di valutazione, condivisi e gratuiti e una maggiore disponibilità di dati e informazioni potrebbero consentire nel prossimo futuro una diffusione delle valutazioni attraverso i servizi ecosistemici anche alla scala locale a costi accettabili (Bagstad, 2013).
Nei principali schemi di valutazione sopra richiamati, i servizi forniti dal suolo e dalle aree libere vengono generalmente ricondotti a servizi di supporto forniti dalla struttura biofisica e dai processi che avvengono nel suolo, che si aggiungono ai servizi di approvvigionamento (es. per la produzione di cibo e materie prime), a servizi di regolazione (es. per la regolazione del ciclo idrologico) ed infine ai servizi di tipo culturale (es. ricreativo, paesaggistico, etico e spirituale). Non è invece ancora riconosciuta una categoria di servizi a sé al territorio, di cui il suolo è una delle componenti.
Questa lacuna rende difficile il rapporto con la pianificazione territoriale e contribuisce alla scarsa applicabilità alla scala locale. Una pianificazione del territorio che integri nei propri processi di decisione una valutazione dei benefici ambientali assicurati dal suolo libero, può garantire alla collettività, di conseguenza, una riduzione consistente del consumo di suolo, ma anche, in molti casi, un risparmio complessivo. La valutazione ecosistemica è, a tal fine, un efficace strumento per assicurare la base conoscitiva necessaria ai decisori dal livello globale a quello locale, dove le amministrazioni locali, sede delle principali decisioni che influenzano il consumo di suolo, si trovano spesso ad affrontare la questione dell'erosione dei servizi ecosistemici con poca consapevolezza e con strumenti conoscitivi inadeguati (Maes *et al*., 2012; Salvati *et al*., 2012).
In questo contesto, e con specifica attenzione ai servizi ecosistemici forniti dal suolo, si inserisce il lavoro di ricerca di ISPRA che, nell'ambito del progetto LIFE+ SAM4CP, coordinato dalla Città metropolitana di Torino, vedrà coinvolti alcuni comuni impegnati nella revisione dei propri strumenti di pianificazione. L'obiettivo del progetto è fornire un quadro di riferimento utile al pianificatore e all'amministratore nella scelta della opzione metodologica sui servizi ecosistemici più adatta al caso specifico. Questo risponde alla esigenza condivisa di rafforzare le capacità del decisore e del pianificatore locale nell'uso di questi approcci e strumenti, per superare la resistenza rispetto alla integrazione di temi ecosistemici, troppo spesso considerati ancora oggi come accessori della pianificazione territoriale. In questo progetto ISPRA ha la responsabilità di una azione dedicata alla analisi e selezione delle metodologie di valutazione dei servizi ecosistemici per la componente biofisica, sia in termini di modellistica direttamente utilizzabile che in termini di capacità di aprire a nuovi modi di affrontare il tema dello sviluppo urbano e della pianificazione territoriale. La componente economica

della valutazione dei servizi ecosistemici è oggetto di una successiva azione condotta dal Politecnico di Torino. L'obiettivo è valutare e quantificare sette dei principali servizi ecosistemici resi dal suolo libero (immagazzinamento di carbonio, biodiversità, impollinazione, conservazione dei nutrienti, erosione, produzione di legname e produzione agricola) per comprendere come i benefici prodotti potrebbero variare in base ai cambiamenti di uso del suolo.

1.7 Gli orientamenti comunitari

La protezione ambientale è senz'altro una delle priorità delle politiche attuate in sede di Unione Europea e, con le politiche sociali ed economiche, rappresenta il fulcro intorno a cui ruotano le politiche di sviluppo sostenibile. Gli strumenti utilizzati a livello europeo hanno fatto il più delle volte riferimento all'emanazione di "strategie tematiche" rese vincolanti da specifiche Direttive e finalizzate a stabilire misure di cooperazione e linee direttive, rivolte agli Stati membri e alle autorità locali, per consentirne il miglioramento e la gestione ambientale secondo i principi dello sviluppo sostenibile.
Per quanto riguarda il suolo, nel 2002 la Commissione europea aveva prodotto un primo documento, la Comunicazione COM (2002) 179 dal titolo "Verso una strategia tematica per la protezione del suolo" e nel settembre 2006 ha proposto una nuova Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio, che avrebbe dovuto definire il quadro complessivo per la protezione del suolo e adottare la Strategia tematica per la protezione e l'uso sostenibile del suolo. Tale strategia pone l'accento sul prevenire l'ulteriore degrado del suolo e mantenerne le funzioni, sottolineando la necessità di porre in essere buone pratiche per ridurre gli effetti negativi del consumo di suolo e, in particolare, della sua forma più evidente e irreversibile: l'impermeabilizzazione (Commissione Europea, 2006).
L'importanza di una buona gestione del territorio e, in particolare, dei suoli è stata ribadita dalla Commissione Europea nel 2011, con la Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (Commissione Europea, 2011b), nella quale si propone il traguardo di un incremento dell'occupazione netta di terreno pari a zero da raggiungere, in Europa, entro il 2050.
Obiettivo rafforzato in seguito dal legislatore europeo con l'approvazione del Settimo Programma di Azione Ambientale, denominato "Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta", (Parlamento europeo e Consiglio, 2013) che ripropone l'obiettivo precedente, richiedendo inoltre che, entro il 2020, le politiche dell'Unione debbano tenere conto dei loro impatti diretti e indiretti sull'uso del territorio. Da un punto di vista formale è importante sottolineare che il Settimo Programma Ambientale dell'EU, siglato il 20 novembre 2013 ma entrato in vigore nel gennaio 2014, prende la forma di una Decisione del Parlamento europeo e del Consiglio e ha quindi una natura normativa, a differenza della Tabella di marcia del 2011 della Commissione, che si limitava a delineare delle pur importanti priorità politiche. La Decisione non ha di per sé valore cogente ma la sua adozione tramite l'ordinario processo legislativo a livello europeo, ossia da parte del Parlamento europeo e del Consiglio, su proposta della Commissione, ne rafforza l'importanza. Nel Programma, si sanciscono i principi in materia di ambiente, facendo riferimento anche alle conclusioni della conferenza dell'ONU sullo sviluppo sostenibile tenutasi a Rio de Janeiro nel giugno del 2012, il cosiddetto Rio+20, ovvero vent'anni dopo il primo Summit dell'ambiente (*The future we want*). Tra gli obiettivi prioritari da perseguire entro il 2020 sono indicati la protezione, la conservazione e il miglioramento delle risorse naturali, incluso il suolo: al fine di ridurre le pressioni, i governi nazionali dovranno intervenire per garantire che le decisioni relative all'uso del territorio, a tutti i livelli di pertinenza tengano debitamente conto degli impatti ambientali, sociali ed economici che generano degrado del suolo. Inoltre, viene esplicitamente dichiarata l'importanza di invertire questi processi e raggiungere l'obiettivo di un "*land degradation neutral world*"[3] attraverso una migliore gestione del territorio. Si tratta di una consapevolezza che inserisce le politiche europee in una dinamica più ampia a livello globale, anche in vista dell'aumento della popolazione planetaria e dei cambiamenti climatici, fenomeni che inevitabilmente influenzeranno la gestione del territorio e renderanno ancora più preziosa la risorsa suolo negli anni a venire: in Europa come in Italia.
In precedenza, la Commissione aveva ritenuto utile anche indicare le priorità di azione e le modalità che potrebbero essere usate per raggiungere l'obiettivo dell'occupazione netta di terreno pari a zero entro il 2050 e, nel 2012, ha pubblicato le linee guida per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo (Commissione Europea, 2012b).

[3] "The Future We Want", paragrafo 205, http://www.uncsd2012.org/content/documents/727The%20Future%20We%20Want%2019%20June%201230pm.pdf

L'approccio proposto è quello di privilegiare politiche e azioni finalizzate, nell'ordine, a limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo, da definire dettagliatamente negli Stati membri e da attuare a livello nazionale, regionale e locale (si veda il paragrafo successivo).
Nel maggio 2014 invece la Commissione ritira la proposta della Direttiva Quadro sul Suolo del 2006, che avrebbe trasformato la Strategia tematica per la protezione del suolo in norme vincolanti per gli Stati Membri. La Commissione ha però dichiarato di voler mantenere il proprio impegno sulla questione, valutando le diverse opzioni possibili e, intanto, delegando al Settimo Programma di Azione Ambientale le sfide da affrontare per il perseguimento degli obiettivi sulla protezione del suolo.
Dopo solo un mese dal ritiro della proposta di Direttiva Quadro sul Suolo, il 19 giugno 2014, la Commissione Europea ha organizzato a Bruxelles la conferenza *Land as a resource*, in cui è evidenziata quanto importante sia una buona gestione dell'utilizzo dei terreni soprattutto in vista di un aumento della popolazione a livello mondiale. *Land as a resource* vuol dire che dobbiamo riconoscere che il territorio è una risorsa limitata che non è sempre utilizzata nel modo più efficiente in Europa. Ci sono compromessi sui terreni che spesso non sono valutati nella loro pienezza e che possono portare a decisioni che in seguito si sono manifestate dannose per uno sviluppo equilibrato e sostenibile. Il lavoro su questa iniziativa non ha intenzione di interferire con scelte territoriali che sono per lo più una competenza nazionale e locale, ma vi è la necessità di valutare il ruolo che le politiche dell'UE hanno in tali decisioni locali e nazionali. L'obiettivo è quello di aprire un dibattito a livello europeo per incoraggiare la gestione sostenibile ed efficiente del suolo. La conferenza di Bruxelles è stata anche il primo passo verso una nuova Comunicazione che la Commissione Europea sta preparando per la seconda metà del 2015.
Esistono anche una serie di iniziative a livello globale, inquadrabili soprattutto nella cooperazione internazionale a carattere tecnico-scientifico (Luise *et al*., 2015), che hanno l'obiettivo di promuovere azioni mirate alla gestione sostenibile dei suoli stessi e di stimolare politiche di protezione attiva.
Infine si segnala che, durante la 68° Assemblea Generale delle Nazioni Unite, il 2015 viene proclamato l'Anno Internazionale dei Suoli (IYS). Si vuole così sancire il principio *Healthy soils for a healthy life* e sottolineare l'importanza della risorsa suolo per il benessere della popolazione, la sicurezza del cibo e le funzioni ecosistemiche.

1.8 Limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo

Limitare l'impermeabilizzazione del suolo significa impedire la conversione di aree verdi e la conseguente copertura artificiale del loro strato superficiale o di parte di esso. Andrebbero, perciò, promosse le attività di riutilizzo di aree già costruite, compresi i siti industriali dismessi. Questo vuol dire che occorre investire sul patrimonio edilizio esistente, incentivare il riuso dei suoli già compromessi e la rigenerazione urbana, assicurare un monitoraggio delle aree urbane già esistenti e non utilizzate, tutelare tutte le aree non edificate e non impermeabilizzate, anche in ambito urbano, e non solo le aree agricole. In diversi Paesi europei sono stati già fissati obiettivi da utilizzarsi come strumenti a fini di controllo e per stimolare progressi futuri. La creazione di incentivi all'affitto di case non occupate ha altresì contribuito a limitare l'impermeabilizzazione del suolo (Commissione Europea, 2012b).
Laddove si è verificata o è previsto che si verifichi un'impermeabilizzazione dovrebbero essere adottate misure di mitigazione tese a mantenere alcune delle funzioni del suolo e ridurre gli effetti negativi diretti o indiretti significativi sull'ambiente e sul benessere umano. Tali misure comprendono, ad esempio, la valutazione e il rispetto della qualità del suolo nei processi di pianificazione, con l'indirizzo del nuovo sviluppo verso suoli di minore qualità, l'impiego di opportuni materiali permeabili al posto del cemento o dell'asfalto, il sostegno alle infrastrutture verdi e un ricorso sempre maggiore a sistemi naturali di raccolta delle acque (Commissione Europea, 2012b).
Qualora le misure di mitigazione adottate in loco siano ritenute insufficienti[4], dovrebbero essere prese in considerazione misure di compensazione ecologica, considerando tuttavia che è impossibile compensare completamente gli effetti dell'impermeabilizzazione. L'obiettivo della compensazione dovrebbe essere piuttosto quello di sostenere o ripristinare la capacità generale dei suoli di una determinata zona affinché possano mantenere dei servizi ecosistemici e assolvere le loro funzioni, o quanto meno gran parte di esse. In altri termini, si ripristina la funzionalità naturale altrove per compensare quella persa in loco. L'impermeabilizzazione del suolo può essere soggetta, infine, al

[4] Si ricorda che, tecnicamente, nessun impatto può essere considerato completamente annullato con le misure mitigative (Pileri, 2007).

versamento di una tassa dipendente dalla qualità del suolo consumato e dalla superficie impermeabilizzata. È vero che questo potrebbe essere considerato un sistema che limita l'impermeabilizzazione piuttosto che compensarla, tuttavia le tasse non possono realisticamente essere talmente alte da scoraggiare del tutto l'occupazione di terreno. Se le risorse servono a sostenere progetti di recupero, di bonifica o di ripristino, è lecito considerarlo un sistema di compensazione (Commissione Europea, 2012b).

1.9 Disegno di legge sul contenimento del consumo del suolo e riuso del suolo edificato

La poca efficacia degli impegni dettati dalla cornice internazionale, globale e europea, non ha dato un'adeguata spinta propulsiva agli strumenti nazionali che, peraltro, ne sono l'effettiva realizzazione. Senza impegni effettivi, senza azioni e attività a livello locale, la tutela internazionale indebolisce la sua ragione di esistere, così come senza un indirizzo e una visione di intenti comune a livello globale la protezione dell'ambiente, e in questo caso del suolo, rischierebbe di risultare squilibrata e disomogenea per una dimensione che non riconosce i confini politico-amministrativi.
Nel nostro Paese, poi, la legislazione vigente relativa alla cosiddetta "*difesa del suolo*" (D.lgs. 152/06) è incentrata sulla protezione del territorio dai fenomeni di dissesto geologico-idraulico più che sulla conservazione della risorsa suolo.
Nello stesso tempo, tuttavia, si assiste a una crescente consapevolezza dell'importanza ambientale dei suoli e del territorio, della necessità di contrastarne il progressivo degrado, assicurando il ripristino delle funzioni ecosistemiche che esso garantisce. Negli ultimi anni sono state predisposte e avanzate numerose proposte per la gestione sostenibile e la salvaguardia dei suoli italiani, tra cui molte finalizzate al contenimento del consumo di suolo, tutelando le aree agricole e naturali e incentivando il riuso e la rigenerazione di aree già urbanizzate.
In particolare è in fase avanzata di discussione presso le commissioni riunite Agricoltura e Ambiente della Camera il disegno di legge in materia di contenimento del consumo del suolo e riuso del suolo edificato (C. 2039 Governo), in cui sono considerati alcuni degli indirizzi e dei principi espressi in tema di consumo di suolo a livello comunitario. Il testo impone l'adeguamento della pianificazione territoriale, urbanistica e paesaggistica vigente alla regolamentazione proposta. In particolare consente il consumo di suolo esclusivamente nei casi in cui non esistano alternative consistenti nel riuso delle aree già urbanizzate e nella rigenerazione delle stesse, riconoscendo gli obiettivi stabiliti dall'Unione europea circa il traguardo del consumo netto di suolo pari a zero da raggiungere entro il 2050. Gli strumenti previsti nell'articolato prevedono l'obbligo di priorità al riuso in ambiente urbano con incentivi per interventi di rigenerazione. La riqualificazione degli insediamenti funzionali all'attività agricola, trova ampio spazio nella legge con una serie di misure elencate sotto il nome di compendi agricoli neorurali periurbani. È promossa inoltre la compensazione ecologica, definita come l'insieme di misure dirette a recuperare, ripristinare o migliorare le funzioni del suolo già impermeabilizzato attraverso la deimpermeabilizzazione e il ripristino delle condizioni di naturalità del suolo.
Un aspetto importante all'interno della legge è la gestione della componente di monitoraggio del consumo di suolo, al fine della realizzazione di un quadro conoscitivo affidabile e facilmente aggiornabile. Il testo attualmente in discussione prevede che il monitoraggio sulla riduzione del consumo di suolo e sull'attuazione della legge venga svolto avvalendosi dell'ISPRA e del Consiglio per la ricerca in agricoltura e per l'analisi dell'economia agraria.
Negli ultimi anni, inoltre, alcune Regioni hanno emanato leggi dirette a migliorare la qualità dell'ambiente urbano e hanno ritenuto indispensabile inserire il controllo dell'impermeabilizzazione e la riduzione del consumo di suolo tra i parametri che devono guidare l'espansione e la trasformazione del tessuto urbano.

2. IL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA

2.1 Le stime del consumo di suolo a livello nazionale

Il quadro conoscitivo sul consumo di suolo nel nostro Paese è disponibile grazie ai dati aggiornati della rete di monitoraggio del consumo di suolo, a cura di ISPRA con la collaborazione delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Regioni e delle Province autonome (si veda il paragrafo 5.2 per maggiori dettagli). Il sistema è stato integrato con l'aggiunta di nuovi punti di monitoraggio di livello comunale e con la rete dell'Inventario Nazionale dell'uso delle terre d'Italia (si veda il paragrafo 5.3), al fine di migliorare ulteriormente l'accuratezza delle stime. Inoltre, grazie anche alle nuove immagini aeree disponibili con maggiore risoluzione è stato possibile ridurre gli errori di omissione e di commissione durante il processo di fotointerpretazione.

Il consumo di suolo in Italia continua a crescere in modo significativo, pur segnando un rallentamento negli ultimi anni: *tra il 2008 e il 2013 il fenomeno ha riguardato mediamente 55 ettari al giorno, con una velocità compresa tra i 6 e i 7 metri quadrati di territorio che, nell'ultimo periodo, sono stati irreversibilmente persi ogni secondo*.

Un consumo di suolo che continua a coprire, quindi, ininterrottamente, notte e giorno, aree naturali e agricole con asfalto e cemento, edifici e capannoni, servizi e strade, a causa di nuove infrastrutture, di insediamenti commerciali, produttivi e di servizio e dell'espansione di aree urbane, spesso a bassa densità.

I dati mostrano come a livello nazionale il suolo consumato sia passato dal 2,7% degli anni '50[5] al 7,0% stimato per il 2014, con un incremento di 4,3 punti percentuali[6]. In termini assoluti, si stima che il consumo di suolo abbia intaccato ormai circa 21.000 chilometri quadrati del nostro territorio (Tabella 2.1).

Tabella 2.1 - Stima del suolo consumato a livello nazionale, in percentuale sulla superficie nazionale e in chilometri quadrati[7]. Fonte: ISPRA.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2008	2013	2014[8]
Suolo consumato (%)	2,7%	5,1%	5,7%	5,8%	6,4%	6,6%	6,9%	7,0
Suolo consumato[9] (km^2)	8.100	15.300	17.100	17.600	19.400	19.800	20.800	21.000

Tabella 2.2 - Stima del suolo consumato (%) a livello ripartizionale. Fonte: ISPRA.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2008	2013
Nord-ovest	3,7%	6,2%	6,8%	7,0%	7,4%	7,6%	8,4%
Nord-est	2,7%	5,3%	6,1%	6,3%	6,8%	7,0%	7,2%
Centro	2,1%	4,7%	5,6%	5,7%	6,3%	6,4%	6,6%
Mezzogiorno	2,5%	4,6%	5,0%	5,2%	5,8%	6,0%	6,2%

L'area più colpita risulta essere il Settentrione (Tabella 2.2), con una differenziazione del pattern di crescita tra est ed ovest: se fino al 2008 il Nord-Est aveva velocità di crescita maggiore, negli ultimi anni, nelle regioni del Nord-Ovest, il trend del consumo di suolo mostra un'accelerazione, mentre il Triveneto e l'Emilia Romagna seguono, nel complesso, l'andamento generale del fenomeno, con una certa tendenza al rallentamento della velocità di trasformazione. Inoltre, se negli anni '50 il Centro e il

[5] La stima relativa agli anni '50 viene effettuata utilizzando la cartografia dell'Istituto Geografico Militare a scala 1:25.000 a diverse date, mediamente l'anno di riferimento per i punti di campionamento è il 1956.

[6] L'aggiornamento di quest'anno ha previsto anche un miglioramento della metodologia di analisi e un infittimento della rete di monitoraggio, consentendo di migliorare anche le stime relative agli anni precedenti (si veda il capitolo 5 per maggiori dettagli e per l'analisi dei limiti fiduciali delle stime).

[7] Se non indicato diversamente, le tabelle e le figure di questo rapporto sono di fonte ISPRA.

[8] I dati relativi al 2014 sono delle stime preliminari ottenute sulla base di un sottocampione dei punti di monitoraggio. Per alcune aree del territorio nazionale, dove le ortofoto di maggior dettaglio non erano disponibili per gli anni 2013 e 2014, sono state utilizzate immagini a minor risoluzione che non hanno consentito, in alcuni casi, di osservare le trasformazioni minori. È possibile, quindi, che in questi casi ci possa essere una leggera sottostima dei dati riferiti agli ultimi due anni.

[9] I valori in chilometri quadrati sono arrotondati alle centinaia.

Sud Italia mostrano percentuali di suolo consumato simili, successivamente il Centro si distacca con valori in netta crescita, raggiungendo i valori medi nazionali che, nel complesso, hanno un andamento piuttosto omogeneo (Figura 2.1).

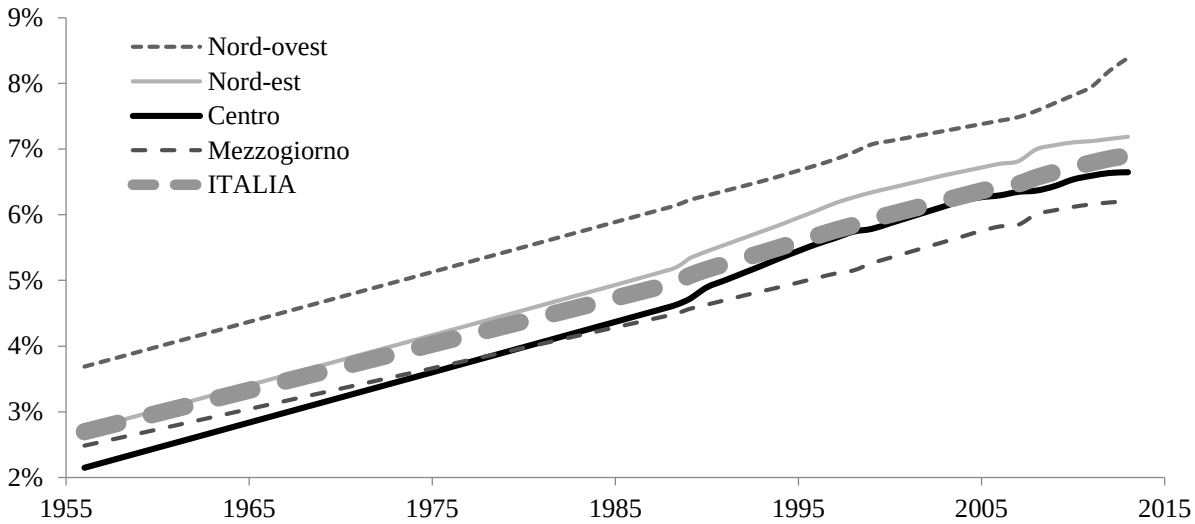

Figura 2.1 - Andamento del consumo di suolo a livello nazionale e ripartizionale, espresso in percentuale di suolo consumato sulla superficie territoriale tra gli anni '50 e il 2014. Fonte: ISPRA.

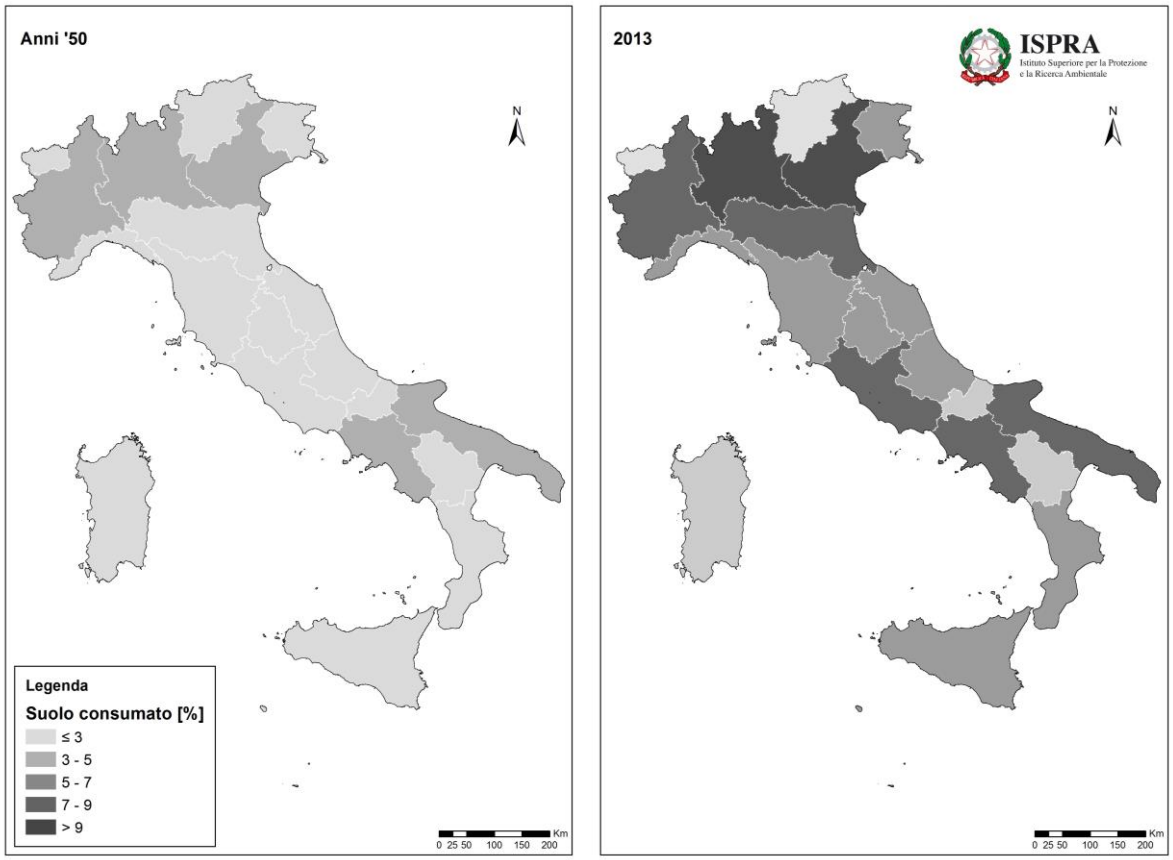

Figura 2.2 - Stima del suolo consumato a livello regionale negli anni '50 e nel 2013. Fonte: ISPRA.

2.2 Le stime del consumo di suolo a livello regionale

Nel 2013, in 15 regioni viene superato il 5% di suolo consumato, con il valore percentuale più elevato in Lombardia e in Veneto (intorno al 10%) e in Campania, Puglia, Emilia Romagna, Lazio e Piemonte dove troviamo valori compresi tra il 7 e il 9% (Tabella 2.3, Figura 2.2, Figura 2.3).

Tabella 2.3 - Stima del suolo consumato in percentuale sulla superficie regionale a livello regionale, per anno. Per ogni regione e per ogni anno si riportano i valori minimi e massimi dell'intervallo di confidenza. Fonte: ISPRA.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2008	2013
Piemonte	2,2-3,9	4,4-6,3	4,7-6,7	4,8-6,8	5,0-7,0	5,1-7,1	5,9-8,2
Valle d'Aosta	1,1-2,3	1,7-3,0	1,8-3,1	1,8-3,1	2,0-3,4	2,0-3,4	2,2-3,7
Lombardia	3,9-5,8	6,8-9,0	7,5-9,9	7,7-10,1	8,5-11,0	8,8-11,3	9,6-12,2
Trentino-Alto Adige	0,9-2,0	1,5-2,7	1,6-2,8	1,6-2,9	1,8-3,1	1,8-3,1	1,8-3,2
Veneto	3,0-4,8	5,0-7,1	6,2-8,3	6,5-8,7	7,7-10,1	8,3-10,8	8,6-11,1
Friuli-Venezia Giulia	2,2-3,8	4,4-6,3	5,0-7,0	5,1-7,1	5,5-7,5	5,6-7,7	5,8-7,9
Liguria	2,0-3,5	4,2-6,1	5,0-7,0	5,2-7,2	5,6-7,7	5,6-7,7	5,9-8,0
Emilia Romagna	1,8-3,0	5,7-7,7	6,4-8,4	6,6-8,7	6,7-8,8	6,8-8,8	6,9-8,9
Toscana	1,6-3,0	3,7-5,5	4,5-6,4	4,5-6,5	5,1-7,2	5,2-7,2	5,3-7,4
Umbria	1,1-2,3	2,6-4,2	3,1-4,8	3,2-4,9	4,2-6,2	4,2-6,2	4,3-6,3
Marche	1,9-3,5	3,9-5,8	4,6-6,6	4,8-6,8	5,1-7,3	5,3-7,4	5,7-7,9
Lazio	1,3-2,4	4,5-6,3	5,5-7,4	5,9-7,9	6,1-8,0	6,1-8,1	6,4-8,4
Abruzzo	1,0-2,2	2,7-4,3	3,2-4,9	3,3-5,0	3,6-5,5	4,0-5,8	4,2-6,1
Molise	1,3-2,7	2,2-3,7	2,4-4,0	2,5-4,1	2,7-4,3	2,8-4,5	3,0-4,7
Campania	3,5-5,4	6,0-8,2	6,5-8,7	6,6-8,8	7,2-9,5	7,5-9,8	7,8-10,2
Puglia	2,6-4,3	5,3-7,2	6,0-8,0	6,3-8,4	7,1-9,3	7,3-9,6	7,4-9,7
Basilicata	1,5-3,0	2,2-3,7	2,6-4,1	2,7-4,3	3,3-5,1	3,4-5,2	3,6-5,3
Calabria	1,6-3,1	3,1-4,8	3,4-5,2	3,4-5,2	3,9-5,7	4,3-6,1	4,5-6,4
Sicilia	1,4-2,8	4,5-6,5	4,9-6,9	5,0-7,0	5,5-7,7	5,5-7,7	5,8-7,9
Sardegna	1,1-2,3	2,0-3,3	2,3-3,7	2,4-3,8	3,2-4,8	3,3-5,0	3,4-5,0

In base alla diversa estensione territoriale delle regioni italiane, alle caratteristiche della rete di monitoraggio e all'errore di stima associato alla variabile oggetto di studio, la stima del suolo consumato viene fornita attraverso un intervallo che racchiude il valore vero con una confidenza del 95%.

Anche in questo caso, le stime riferite agli ultimi anni sono da ritenersi preliminari a causa della non completa disponibilità dei dati di base necessari per la fotointerpretazione a livello sub-nazionale. L'aggiornamento di quest'anno ha previsto anche un miglioramento della metodologia di analisi e un infittimento della rete di monitoraggio, consentendo di migliorare anche le stime relative agli anni precedenti (cfr. capitolo 5).

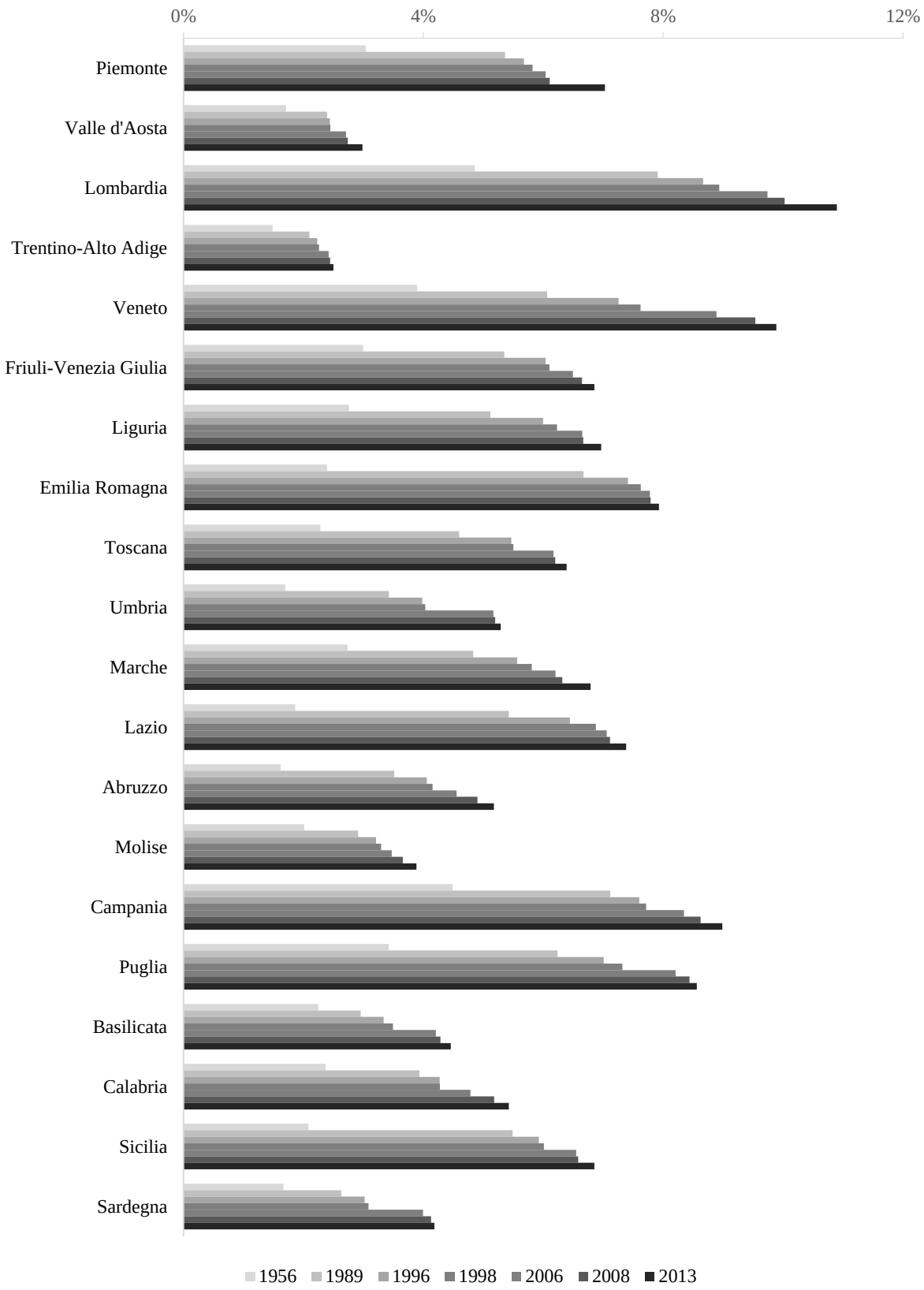

Figura 2.3 - Andamento del suolo consumato nelle regioni italiane tra gli anni ’50 e il 2013 (percentuale sul territorio regionale). Fonte: ISPRA.

2.3 Le stime del consumo di suolo a livello provinciale e comunale

A livello provinciale e comunale sono disponibili i dati *Copernicus*[10] e, da quest'anno, la cartografia ad altissima risoluzione realizzata da ISPRA (si veda il paragrafo 5.6 per maggiori dettagli sui dati), che assicura la spazializzazione dei dati della rete di monitoraggio del consumo di suolo e la possibilità di avere, per la prima volta in Italia, un quadro completo, accurato e omogeneo, anche a scala locale, sull'intero territorio nazionale.

L'elevata risoluzione (5 metri) della cartografia prodotta e resa disponibile da ISPRA[11], riferita all'anno 2012, ha permesso di valutare la superficie consumata e la percentuale di consumo di suolo sul territorio di tutti comuni italiani, anche se le analisi, come quelle dei paragrafi seguenti che utilizzano la nuova cartografia, risentono di una parziale sottostima di circa un punto percentuale a scala nazionale, dovuta all'impiego di un metodo cartografico, rispetto alle analisi campionarie utilizzate a livello nazionale e regionale (per maggiori dettagli sulla metodologia si veda il capitolo 5).

A livello provinciale, la provincia di Monza e della Brianza, risulta quella con la percentuale più alta di suolo consumato rispetto al territorio amministrato, con quasi il 35%. Seguono Napoli e Milano, con percentuali comprese tra il 25 e il 30%, quindi Varese e Trieste, che sfiorano il 20% (cfr. Figura 2.4, Figura 2.5, Tabella 2.4 e, in appendice, le tavole cartografiche a livello provinciale e comunale).

In termini assoluti, le province di Roma e Torino superano, entrambe abbondantemente, i 50.000 ettari di suolo consumato (57.000 per Roma, 54.000 Torino), Brescia e Milano seguono con valori superiori ai 40.000 ettari, mentre Napoli, Verona, Cuneo, Lecce, Padova, Treviso, Salerno, Bari e Venezia hanno valori compresi tra i 30.000 e i 35.000 ettari.

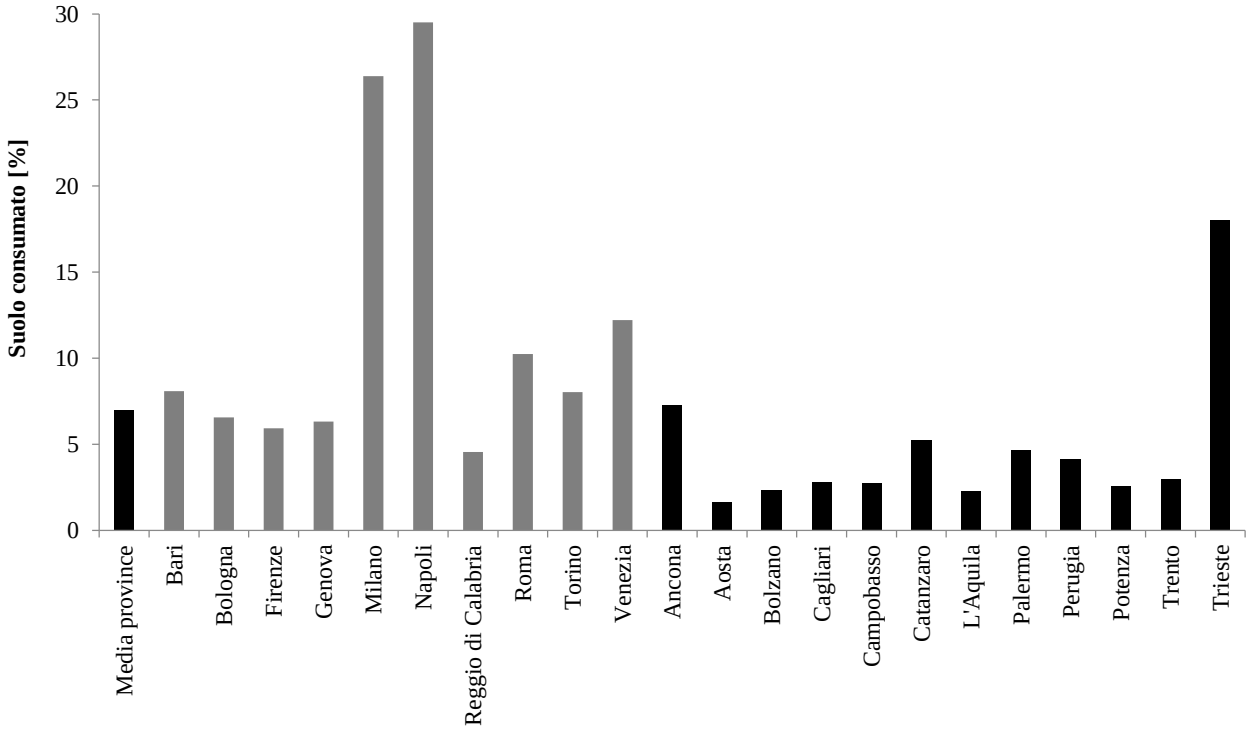

Figura 2.4 - Superficie di suolo consumato a livello provinciale espressa in percentuale del territorio amministrato per le città metropolitane (in grigio) e per gli altri capoluoghi di regione, comprese le province autonome (in nero), anno 2012. Si veda anche la tavola 2 in appendice. Fonte: ISPRA.

[10] *Copernicus* (già noto come GMES - *Global Monitoring for Environment and Security*) è il programma europeo finalizzato alla realizzazione di un sistema per l'osservazione della terra in grado di rendere disponibili alcuni servizi informativi e cartografie in diversi settori (*Emergency, Security, Marine, Climate Change, Atmosphere, Land*; EEA, 2013).

[11] La cartografia e tutti i dati elaborati a scala comunale, provinciale, regionale e nazionale sono disponibili, in formato aperto, sul sito www.consumosuolo.isprambiente.it

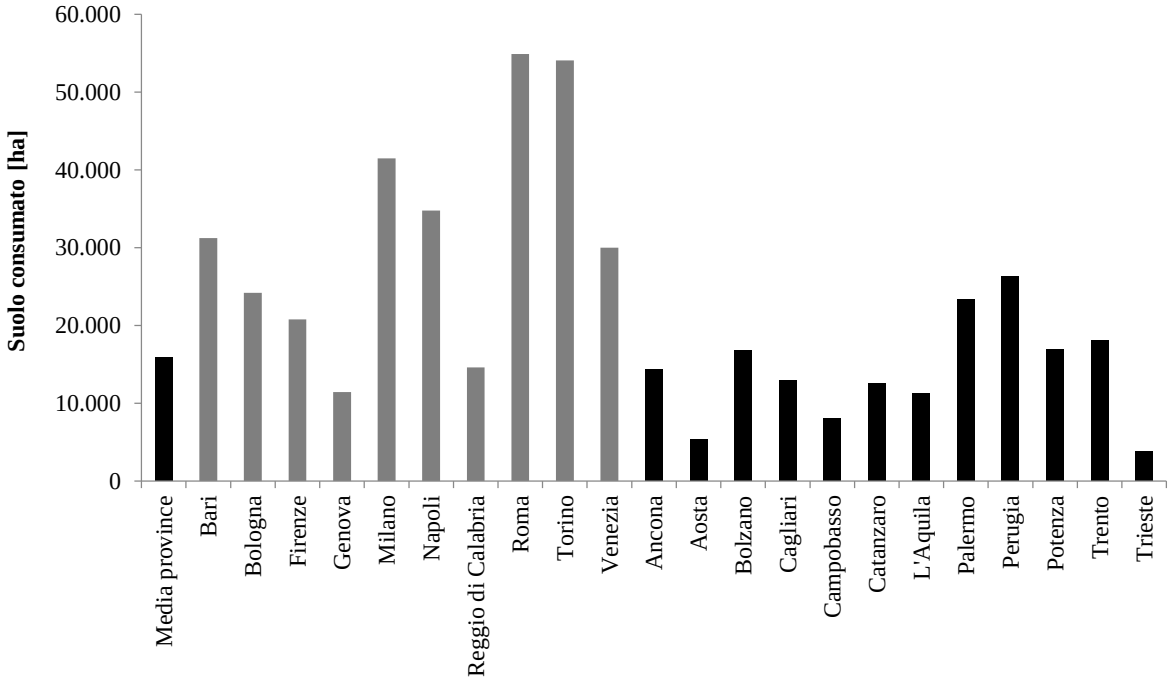

Figura 2.5 - Superficie di suolo consumato a livello provinciale espressa in ettari per le città metropolitane (in grigio) e per gli altri capoluoghi di regione, comprese le province autonome (in nero), anno 2012. Si veda anche la tavola 4 in appendice. Fonte: ISPRA.

Tabella 2.4 - Stima del suolo consumato a livello provinciale (2012). Si vedano anche le tavole 2 e 4 in appendice. Fonte: ISPRA.

Provincia	Suolo consumato [ha]	Suolo consumato [%]	Suolo non consumato [%]	Area non classificata [%]
Torino	54.081	8,0	92,0	1,4
Vercelli	10.260	5,0	95,0	0,9
Novara	14.160	10,6	89,4	0,0
Cuneo	33.562	5,1	94,9	4,6
Asti	11.610	7,7	92,3	0,0
Alessandria	22.701	6,4	93,6	0,0
Aosta	5.358	1,6	98,4	0,3
Imperia	5.416	4,9	95,1	4,0
Savona	8.177	5,3	94,7	0,2
Genova	11.428	6,3	93,7	1,3
La Spezia	5.436	6,2	93,8	0,8
Varese	21.561	18,0	82,0	0,3
Como	13.382	10,7	89,3	2,1
Sondrio	7.559	2,4	97,6	2,7
Milano	41.484	26,4	73,6	0,2
Bergamo	28.854	10,5	89,5	0,0
Brescia	44.438	9,3	90,7	0,4
Pavia	20.986	7,1	92,9	0,0
Cremona	16.275	9,2	90,8	0,1
Mantova	21.313	9,1	90,9	0,0
Bolzano	16.771	2,3	97,7	3,3
Trento	18.047	3,0	97,0	1,8
Verona	34.481	11,1	88,9	0,0
Vicenza	26.108	9,7	90,3	1,0
Belluno	7.257	2,0	98,0	0,3
Treviso	31.968	12,9	87,1	0,0
Venezia	30.003	12,2	87,8	0,6
Padova	32.486	15,2	84,8	0,5
Rovigo	12.109	6,7	93,3	0,8
Udine	27.308	5,6	94,4	0,5
Gorizia	5.363	11,5	88,5	0,0
Trieste	3.832	18,0	82,0	0,0
Piacenza	18.231	7,1	92,9	0,0
Parma	23.447	6,8	93,2	0,1
Reggio nell'Emilia	21.939	9,6	90,4	0,1
Modena	24.167	9,0	91,0	0,0
Bologna	24.210	6,6	93,4	0,3
Ferrara	15.168	5,8	94,2	0,3
Ravenna	14.723	7,9	92,1	0,0
Forlì-Cesena	13.535	5,7	94,3	0,0
Pesaro e Urbino	13.270	5,2	94,8	0,2
Ancona	14.331	7,3	92,7	0,0
Macerata	12.670	4,6	95,4	0,0
Ascoli Piceno	5.882	4,8	95,2	0,0
Massa Carrara	6.897	6,0	94,0	0,1
Lucca	12.753	7,2	92,8	0,1
Pistoia	7.917	8,2	91,8	0,0
Firenze	20.767	5,9	94,1	0,4
Livorno	9.918	8,2	91,8	0,3
Pisa	13.557	5,6	94,4	0,1
Arezzo	14.556	4,5	95,5	0,0
Siena	13.091	3,4	96,6	0,0
Grosseto	11.659	2,6	97,4	0,1
Perugia	26.247	4,1	95,9	0,0
Terni	7.449	3,5	96,5	0,0

Provincia	Suolo consumato [ha]	Suolo consumato [%]	Suolo non consumato [%]	Area non classificata [%]
Viterbo	12.061	3,3	96,7	0,0
Rieti	5.808	2,1	97,9	0,0
Roma	57.009	10,6	89,4	0,0
Latina	18.118	8,1	91,9	0,3
Frosinone	17.071	5,3	94,7	0,0
Caserta	21.235	8,0	92,0	0,3
Benevento	10.795	5,2	94,8	0,7
Napoli	34.794	29,5	70,5	0,0
Avellino	15.341	5,5	94,5	0,0
Salerno	31.430	6,4	93,6	0,1
L'Aquila	11.271	2,3	97,7	1,0
Teramo	9.775	5,0	95,0	0,0
Pescara	6.225	5,1	94,9	0,0
Chieti	11.756	4,5	95,5	0,1
Campobasso	8.060	2,8	97,2	0,7
Foggia	21.830	3,1	96,9	0,0
Bari	31.243	8,1	91,9	0,0
Taranto	19.387	7,9	92,1	0,0
Brindisi	15.510	8,3	91,7	0,0
Lecce	33.285	11,9	88,1	0,0
Potenza	16.939	2,6	97,4	0,0
Matera	5.916	1,7	98,3	0,0
Cosenza	21.674	3,3	96,7	1,7
Catanzaro	12.571	5,2	94,8	0,6
Reggio di Calabria	14.610	4,6	95,4	0,0
Trapani	15.475	6,5	93,5	3,9
Palermo	23.324	4,7	95,3	0,7
Messina	15.728	4,8	95,2	0,4
Agrigento	15.825	5,2	94,8	0,2
Caltanissetta	8.278	3,9	96,1	0,0
Enna	6.048	2,4	97,6	0,1
Catania	22.627	6,3	93,7	0,0
Ragusa	15.504	9,5	90,5	0,0
Siracusa	14.111	6,6	93,4	0,0
Sassari	11.991	2,8	97,2	0,3
Nuoro	7.327	1,9	98,1	0,3
Cagliari	12.919	2,8	97,2	0,0
Pordenone	15.807	7,0	93,0	0,4
Isernia	3.456	2,3	97,7	0,9
Oristano	8.099	2,7	97,3	0,0
Biella	7.680	8,4	91,6	0,0
Lecco	8.489	10,5	89,5	0,3
Lodi	8.020	10,2	89,8	0,0
Rimini	8.798	10,3	89,7	1,1
Prato	4.497	12,3	87,7	0,2
Crotone	4.503	2,6	97,4	0,0
Vibo Valentia	4.994	4,3	95,7	0,0
Verbano-Cusio-Ossola	6.795	3,3	96,7	9,2
Olbia-Tempio	8.595	2,5	97,5	0,3
Ogliastra	2.781	1,5	98,5	0,1
Medio Campidano	3.347	2,2	97,8	0,1
Carbonia-Iglesias	3.968	2,6	97,4	0,0
Monza e della Brianza	14.058	34,7	65,3	0,0
Fermo	5.218	6,0	94,0	0,0
Barletta-Andria-Trani	8.996	5,8	94,2	0,0

A livello comunale, i maggiori valori di superficie consumata si riscontrano a Roma (quasi 30.000 ettari) e nei principali comuni capoluoghi di provincia (dopo Roma: Milano, Torino, Napoli, Venezia, Palermo, Ravenna, Parma, Genova, Verona, Catania, Taranto, Bari, Ferrara e Reggio nell'Emilia, tutti con oltre 4.000 ettari di suolo consumato). L'analisi ha messo in evidenza valori elevati anche in alcuni comuni che non sono capoluogo, come Vittoria e Marsala (in Sicilia, con oltre 3.000 ettari), Modica, Fiumicino, Gela, Licata, Cerignola, Aprilia e Martina Franca (oltre 2.500 ettari; Figura 2.6).
Nei grafici che rappresentano gli indicatori a livello comunale, vengono riportate anche le medie dei valori riferite alla zona altimetrica, alla ripartizione, al numero degli abitanti residenti e alla classificazione eseguita dal Dipartimento per lo Sviluppo e la Coesione Economica (DPS) del Ministero dello Sviluppo Economico[12], che suddivide i comuni in sei classi:

1. polo;
2. polo intercomunale;
3. cintura;
4. area intermedia;
5. area periferiche;
6. area ultraperiferica.

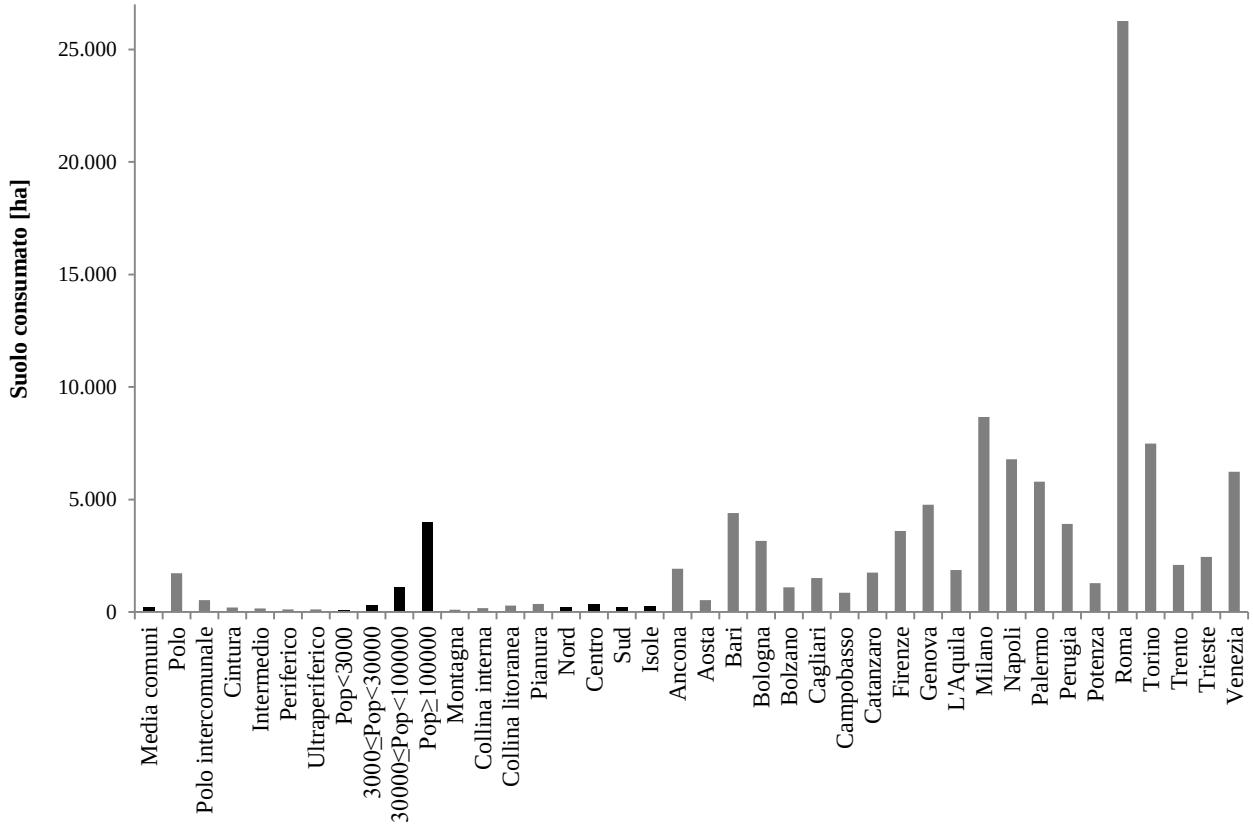

Figura 2.6 - Suolo consumato a livello comunale (ettari), anno 2012. Si veda anche la tavola 3 in appendice. Fonte: ISPRA.

In termini percentuali è interessante rilevare come vari comuni delle province di Napoli, Caserta, Milano e Torino superino il 50%, e talvolta il 60%, di territorio consumato, mostrando la tendenza di questi comuni a consumare suolo con dinamiche che molto spesso si ricollegano ai processi di urbanizzazione dei rispettivi capoluoghi di provincia, con le caratteristiche tipiche di un'unica area metropolitana (Figura 2.7). Il record assoluto va al piccolo comune di Casavatore, in provincia di Napoli, con oltre

[12] La metodologia usata si divide in due fasi principali: la prima riguarda l'individuazione dei poli studiando la molteplicità dei servizi primari offerti (scuole, servizi bancari e finanziari, strutture sanitarie, ecc.); nella seconda parte sono stati suddivisi i restanti comuni in base alla distanza dai poli, attraverso un indicatore che esprime l'accessibilità calcolata in termini di minuti di percorrenza rispetto al polo più prossimo. Mettendo a confronto i tempi di percorrenza e quindi le varie fasce individuate con determinate soglie di popolazione e di superficie comunale (fonte: http://www.dps.tesoro.it).

l’85% di suolo sigillato. Dei dieci comuni con la maggiore percentuale di suolo consumato, nove sono nel Napoletano (Tabella 2.5).

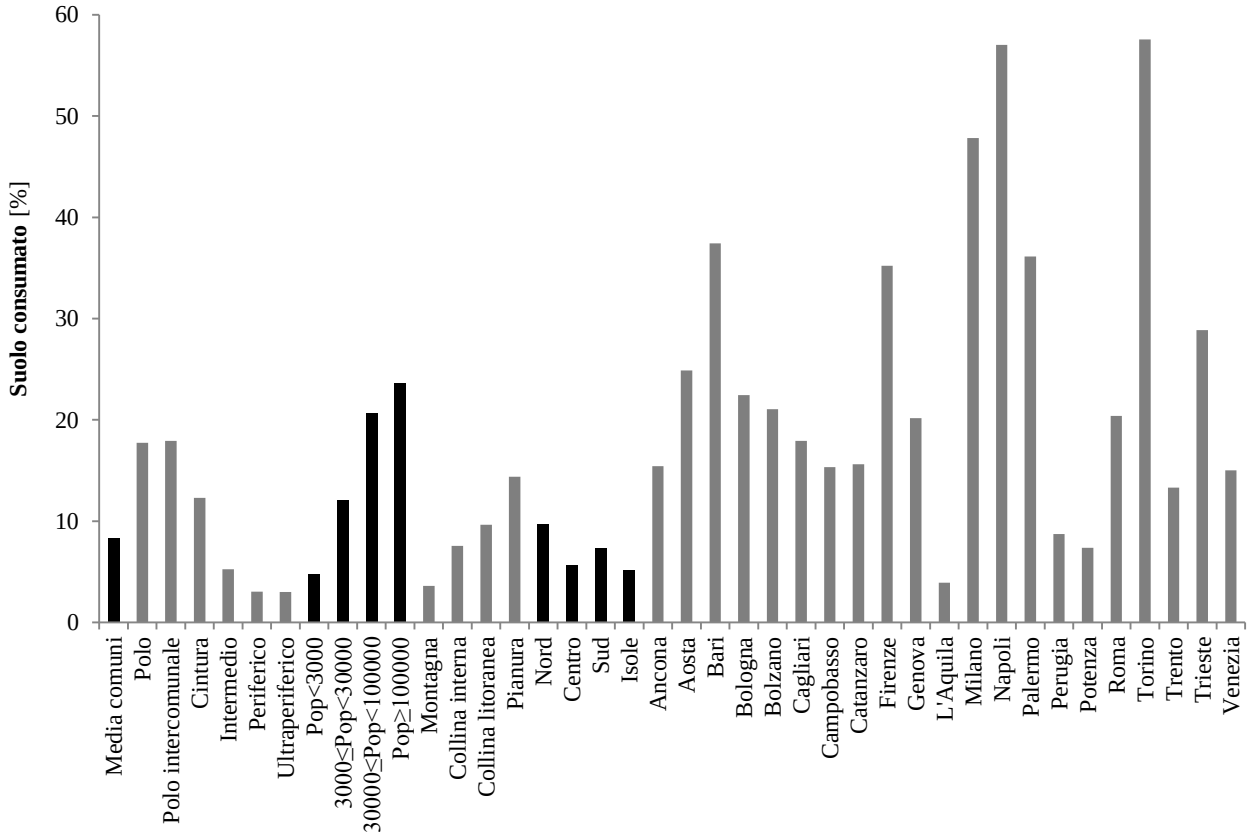

Figura 2.7 - Suolo consumato a livello comunale (%), anno 2012. Si veda anche la tavola 1 in appendice. Fonte: ISPRA.

Tabella 2.5 - Stima del suolo consumato (%) a livello comunale per i 20 comuni con i valori più alti (2012). Fonte: ISPRA.

	Comune	Provincia	Suolo consumato [%]
1.	Casavatore	Napoli	85,4
2.	Arzano	Napoli	78,9
3.	Melito di Napoli	Napoli	76,0
4.	Cardito	Napoli	67,9
5.	Frattaminore	Napoli	66,9
6.	Torre Annunziata	Napoli	65,2
7.	Lissone	Monza e Brianza	64,0
8.	Casoria	Napoli	63,1
9.	Portici	Napoli	62,3
10.	San Giorgio a Cremano	Napoli	60,1
11.	Aversa	Caserta	60,0
12.	Mugnano di Napoli	Napoli	59,1
13.	Lallio	Bergamo	59,1
14.	Frattamaggiore	Napoli	59,1
15.	Curti	Caserta	59,0
16.	Sant'Antimo	Napoli	58,1
17.	Fiera di Primiero	Trento	57,9
18.	Torino	Torino	57,6
19.	Napoli	Napoli	57,0
20.	Sesto San Giovanni	Milano	56,8

In generale, i risultati ottenuti per i principali comuni e per i poli principali e intercomunali evidenziano percentuali generalmente molto più elevate del resto del territorio, confermando la drammatica situazione di alcune delle nostre città, dove lo spazio comunale è stato consumato con percentuali che superano anche il 50% della superficie amministrata.
I risultati ottenuti con i nuovi dati cartografici ISPRA, non sono direttamente confrontabili con le stime campionarie ricavate per i principali comuni italiani grazie a un infittimento dei punti di monitoraggio e approfondimenti specifici riportati nell'ambito del Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, a causa delle diverse metodologie impiegate (ISPRA, 2014). I dati ottenuti con la cartografia, come già anticipato, hanno un errore di stima che, in generale, porta a valori più bassi rispetto al metodo campionario (si veda il capitolo 5 per maggiori dettagli).
Va comunque evidenziato che i valori in percentuale della rilevazione, nel caso dei comuni, risultano poco significativi se non confrontati con i valori assoluti della superficie consumata. Questo perché il rapporto tra area urbana e perimetro amministrativo è soggetto a notevoli variazioni nelle singole realtà locali. Ci sono comuni che hanno un'estensione territoriale molto ampia rispetto all'area urbanizzata (come Roma e Potenza) e altri in cui la città, al contrario, ha superato i limiti amministrativi comunali (come Milano, Napoli e Torino). Nel primo caso, a valori elevati di superficie impermeabilizzata in termini assoluti, possono corrispondere basse percentuali dovute alla presenza di ampie aree agricole o naturali che circondano la città; nel secondo, viceversa, gli spazi aperti residui all'interno della superficie amministrata hanno un'estensione ridotta, e le percentuali di suolo consumato sono più alte.

2.4 Consumo di suolo "effettivo"

Le stime e le dinamiche del consumo di suolo convergono tutte nel descrivere un processo di impermeabilizzazione che insiste principalmente sulle zone pianeggianti e di bassa collina. Le aree naturali e seminaturali minacciate sono quasi totalmente situate nelle zone costiere, nelle pianure e nei fondovalle montani. Alla luce di queste considerazioni si rende necessaria una stima di suolo consumato "effettivo", che tenga conto della concreta possibilità di un suolo ad essere degradato, individuando cioè quelle aree che per caratteristiche geomorfologiche o perché occupate da corpi idrici, possono considerarsi protette naturalmente dalla minaccia antropica. Al fine di restituire il valore percentuale del suolo consumato effettivo, sono state sottratte alla superficie totale le seguenti aree, secondo variabili altimetriche e di pendenza ricavate dal modello digitale del terreno:

- aree a quota maggiore di 600 metri;
- aree con pendenza elevata (> 10%).

Dal totale consumabile sono state sottratte anche le superfici classificate come corpi idrici e aree umide, ricavate dalla cartografia *Copernicus* ad alta risoluzione (per maggiori dettagli si veda il capitolo 5).
Le percentuali a livello regionale sono riportate in tabella 2.6. Si può constatare un generale incremento del suolo consumato, che nelle regioni più montuose tende spesso a raddoppiare la percentuale di consumo di suolo rispetto alla tabella 2.3. Tra le regioni spiccano quindi Liguria e Lombardia per percentuale di suolo "effettivo" consumato.
A livello nazionale si è ottenuta una percentuale di suolo "effettivo" consumato del 10,8% che è particolarmente allarmante considerando il consumo di suolo nazionale stimato nel capitolo 2.1, pari a circa il 7%.
È inoltre interessante notare che, a livello nazionale, circa il 2,5% delle superfici considerate non consumabili risulta comunque essere consumato. Ciò può essere dovuto, in parte, alla risoluzione dei dati altimetrici utilizzati (20 m), ma sicuramente dipende dalle peculiarità costruttive di edifici e infrastrutture che hanno permesso lo sviluppo anche in aree, a volte, poco adeguate.

Tabella 2.6 - Stima del suolo consumato "effettivo" (%) a livello regionale (2012). Fonte: ISPRA.

Regione	Consumo effettivo [%]
Piemonte	11,3
Valle D'Aosta	30,6
Lombardia	16,3
Trentino-Alto Adige	19,4
Veneto	14,7
Friuli Venezia Giulia	12,5
Liguria	22,8
Emilia-Romagna	11,0
Toscana	9,9
Umbria	8,7
Marche	12,6
Lazio	10,4
Abruzzo	11,8
Molise	4,7
Campania	17,3
Puglia	7,6
Basilicata	3,1
Calabria	8,8
Sicilia	9,5
Sardegna	4,4
Italia	10,8

2.5 Un indicatore di disturbo ecologico causato dal consumo di suolo

Una corretta valutazione dell'impatto dell'impermeabilizzazione dei suoli non può prescindere dall'esaminare gli effetti della stessa nell'intorno della superficie di sedime. Sebbene una quota importante degli effetti possa essere considerata diretta, e valutabile attraverso gli impatti diretti sugli ecosistemi e sulla biodiversità, non sono da trascurare gli effetti indiretti e di disturbo, che interessano alcuni importanti servizi ecosistemici di regolazione climatica ed idrogeologica. Limitando l'analisi alla dimensione orizzontale della superficie terrestre, si è scelto di stimare la superficie effettivamente disturbata dalla presenza di coperture impermeabili, considerando una distanza di 100 m. Tale misura, che si traduce operativamente in un buffer sulle aree costruite, è stata scelta per generalizzare la questione degli impatti senza assegnare pesi specifici ai comparti ambientali coinvolti, e coerentemente con il buffer utilizzato in fase di processamento delle metriche del paesaggio.
La superficie effettivamente coinvolta è risultata essere il 54,9% della superficie nazionale che, sotto le precedenti ipotesi, è un preoccupante indicatore della portata del disturbo del consumo di suolo.
La tabella 2.7 riporta la percentuale di suolo disturbato a livello regionale, in cui spiccano Puglia, Emilia Romagna, e Campania con oltre il 60% di superficie disturbata.
Considerati i limiti della scala nazionale e del singolo tematismo adottato, la valutazione del disturbo nell'intorno delle superfici trasformate potrebbe rivelarsi un'informazione di supporto importante per la pianificazione, affiancata da strumenti già introdotti in questo Rapporto che riescano a valutare gli effetti sulla configurazione e distribuzione spaziale delle componenti ambientali.

Tabella 2.7 - Percentuale di superficie del territorio alterata direttamente o indirettamente dal consumo di suolo a livello regionale (2012). Fonte: ISPRA.

Regione	Superficie alterata dal consumo di suolo [%]
Piemonte	56,6
Valle D'Aosta	22,9
Lombardia	58,6
Trentino-Alto Adige	41,0
Veneto	60,3
Friuli Venezia Giulia	52,7
Liguria	56,0
Emilia-Romagna	65,3
Toscana	56,4
Umbria	50,9
Marche	59,2
Lazio	56,4
Abruzzo	42,0
Molise	46,2
Campania	63,7
Puglia	68,9
Basilicata	42,1
Calabria	45,8
Sicilia	59,8
Sardegna	41,9
Italia	54,9

2.6 Le tipologie di consumo

Diverse sono le tipologie di copertura artificiale che devono essere considerate causa di consumo di suolo, ma sono poche quelle principali, in cui si concentra la gran parte della superficie persa (Tabella 2.8).

Le infrastrutture di trasporto rappresentano circa il 41% del totale del suolo consumato. Di queste, il contributo più significativo viene dalle strade asfaltate (10% in ambito urbano, 11,6% in ambito rurale e 2,9% in ambito naturale) e dalle strade sterrate (15,5%, prevalentemente in aree agricole).

Le aree coperte da edifici costituiscono il 30% del totale del suolo consumato e si collocano prevalentemente in aree urbane a bassa densità (11,5%) e in ambito rurale (11,1%). Gli edifici in zone residenziali compatte rappresentano solo il 2,5% del totale del suolo consumato.

Le altre superfici asfaltate, impermeabilizzate o fortemente compattate o scavate, come parcheggi, piazzali, cantieri, discariche, aree estrattive e serre permanenti, costituiscono complessivamente il 28,7% del suolo consumato. Tra queste è significativa la crescita, tra il 2008 e il 2013, delle superfici destinate all'installazione di pannelli fotovoltaici a terra, nonostante i valori ottenuti siano soggetti a un'elevata incertezza nelle stime per percentuali così basse.

Tabella 2.8 - Percentuale di superficie per tipologia di suolo consumato sul totale del suolo consumato in Italia, anno 2008 e 2013. Fonte: ISPRA.

Tipologia di copertura artificiale	Superfici complessive in percentuale sul totale del suolo consumato	
	2008	2013
Edificio in zone residenziali a tessuto continuo	2,6	2,5
Edificio in zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	11,6	11,5
Edificio in zone industriali, commerciali, infrastrutturali e altre aree artificiali	3,4	3,5
Edificio in ambito prevalentemente rurale	11,0	11,1
Edificio in ambito prevalentemente naturale	1,4	1,4
Strade asfaltate in ambito urbano	10,1	10,0
Strade asfaltate in ambito prevalentemente rurale	11,5	11,6
Strade asfaltate in ambito prevalentemente naturale	2,9	2,9
Strade sterrate in ambito urbano	0,8	0,6
Strade sterrate in ambito prevalentemente rurale	11,9	11,3
Strade sterrate in ambito prevalentemente naturale	3,6	3,6
Piazzali, parcheggi, cortili e altre aree pavimentate o in terra battuta	12,8	13,1
Serre permanenti	1,9	2,0
Aeroporti e porti (aree impermeabili)	0,4	0,4
Aree e campi sportivi impermeabili (compresi i campi di calcio)	1,4	1,4
Sede ferroviaria	0,9	0,9
Altre aree impermeabili	7,7	7,9
Campi fotovoltaici a terra	0,1	0,5
Aree estrattive non rinaturalizzate, discariche, cantieri	4,0	3,8

Il nuovo consumo di suolo ha inciso prevalentemente sulle aree agricole e, in particolare, quasi il 60%, tra il 2008 e il 2013 è avvenuto a discapito di aree coltivate (in gran parte seminativi). Il 22% ha riguardato aree aperte urbane e il 19% del consumo di suolo ha distrutto, per sempre, aree naturali, vegetate o non (Tabella 2.9).

Tabella 2.9 - Percentuale di superficie per tipologia di copertura persa a causa del consumo di suolo in Italia tra il 2008 e il 2013. Fonte: ISPRA.

Tipologia di copertura agricola o naturale	Superfici perse nel periodo 2008-2013 in percentuale sul totale dei cambiamenti	
Alberi/arbusti in aree urbane	5%	22%
Altre aree permeabili in ambito urbano	17%	
Alberi/arbusti in aree agricole	8%	59%
Seminativi	48%	
Altre aree permeabili in ambito agricolo	3%	
Alberi/arbusti in aree naturali	5%	19%
Pascoli/ prati /vegetazione erbacea	5%	
Rocce/suolo nudo/spiagge/dune	2%	
Altre aree permeabili in ambito naturale	7%	

2.7 La geografia del consumo di suolo

2.7.1 La fascia costiera

Il consumo di suolo nella fascia costiera è stato stimato utilizzando la cartografia ad altissima risoluzione prodotta da ISPRA ed è stato elaborato per diverse "zone" definite dalla distanza dalla linea di costa: 0-300 metri, 300-1000 metri, 1-10 chilometri, oltre 10 chilometri.

I valori percentuali del suolo consumato tendono a crescere avvicinandosi alla costa. Nella figura e nella tabella seguenti si riportano i dati al livello regionale. Tra le regioni con valori più alti entro i 300 metri dalla linea di costa si evidenziano Marche e Liguria con oltre il 40% di suolo consumato, e Campania

con circa il 31%. Tra i 300 e i 1000 metri si segnalano invece Abruzzo, Emilia-Romagna e Campania con oltre il 26% di consumato. Nella fascia tra 1 e 10 chilometri troviamo ancora la Campania con circa il 14% di consumato, e Veneto e Friuli Venezia Giulia con oltre il 10% di consumato (Tabella 2.10, Figura 2.8).

Tabella 2.10 - Percentuale di suolo consumato rispetto alla distanza dalla linea di costa al livello regionale, escluse le regioni che non sono bagnate dal mare (2012). Fonte: ISPRA.

Regione	Entro 300m	Tra 300 e 1000m	Tra 1 e 10km	Oltre 10km
Veneto	8,7	8,4	10,8	10,4
Friuli Venezia Giulia	11,6	11,3	10,4	6,5
Liguria	40,4	24,3	6,4	2,5
Emilia-Romagna	29,4	26,2	9,7	7,6
Toscana	17,3	12,9	6,9	4,8
Marche	40,7	25,9	9,6	4,3
Lazio	26,2	17,3	8,5	5,9
Abruzzo	30,1	26,8	8,3	2,8
Molise	14,9	12,5	3,4	2,5
Campania	30,9	26,1	13,6	6,9
Puglia	25,4	18,2	8,3	5,4
Basilicata	4,2	3,1	2,4	2,3
Calabria	24,4	16,1	3,8	2,7
Sicilia	24,5	20,3	7,9	3,1
Sardegna	7,2	6,0	3,3	1,8

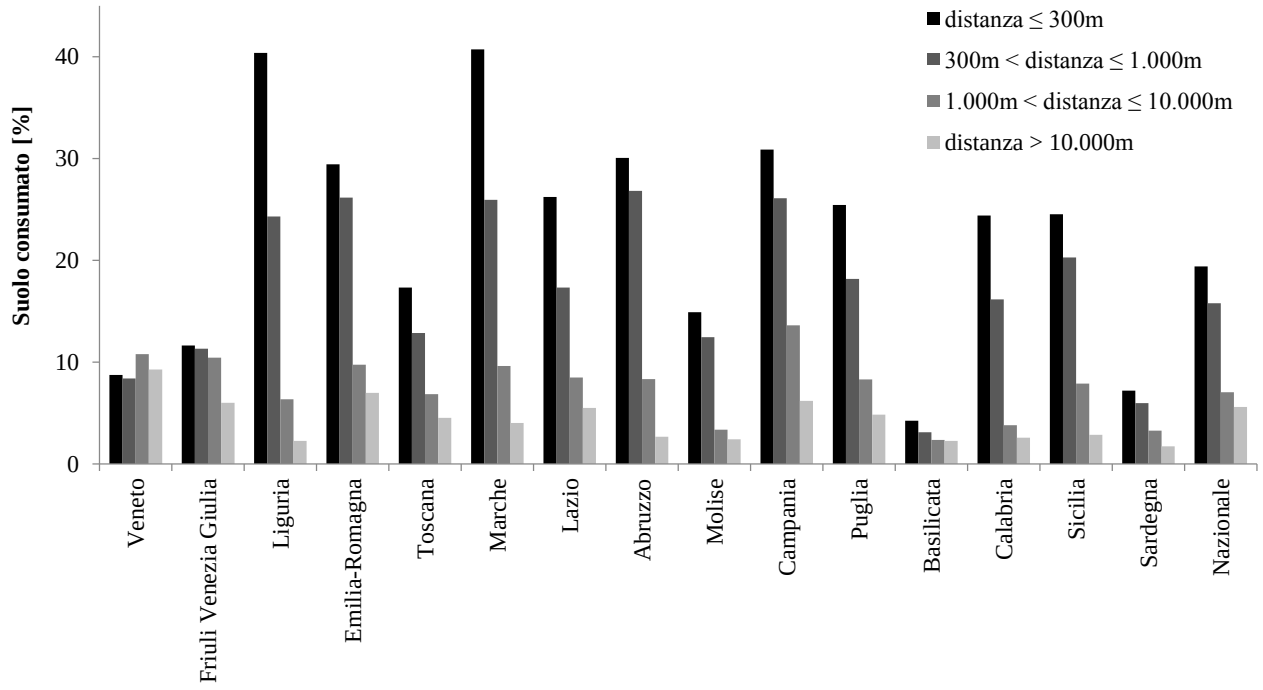

Figura 2.8 - Percentuale di suolo consumato rispetto alla distanza dalla linea di costa al livello regionale, escluse le regioni che non sono bagnate dal mare (2012). Fonte: ISPRA.

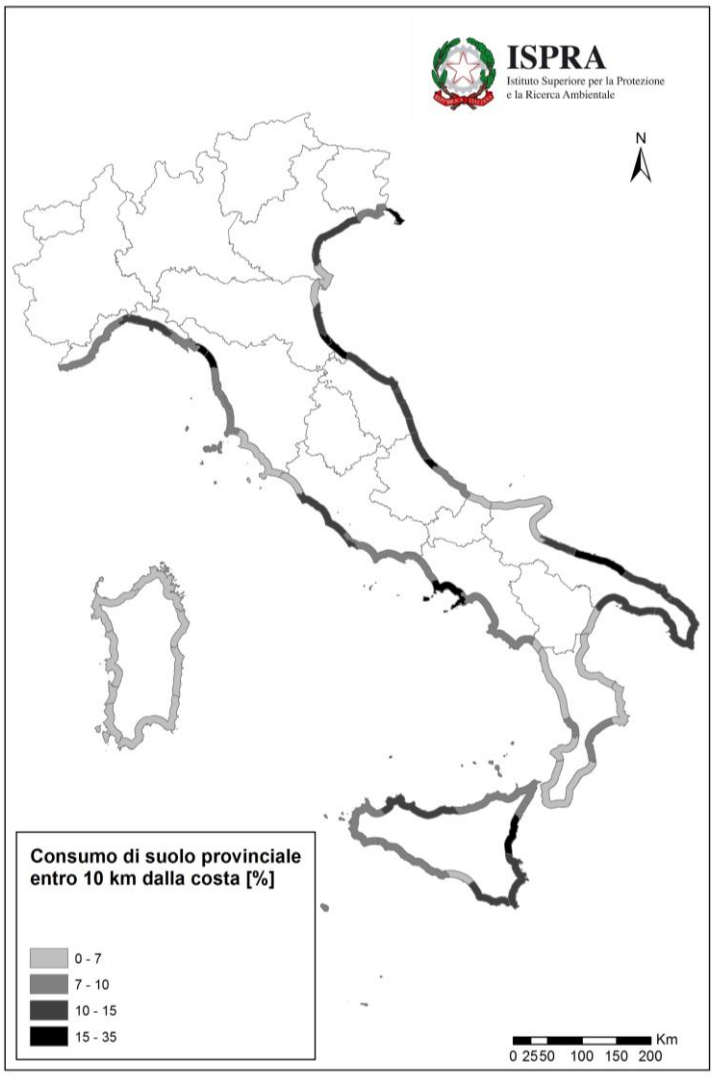

Figura 2.9 - Percentuale di suolo consumato sulla superficie provinciale compresa nella fascia costiera di 10 km nel 2012. Fonte: ISPRA.

2.7.2 Consumo di suolo per classi altimetriche e di pendenza

Il consumo di suolo per classi altimetriche e di pendenza è stato calcolato utilizzando la nuova cartografia ad altissima risoluzione prodotta da ISPRA e il modello digitale del terreno riportante le quote e le pendenze medie[13].

Nella figura e nella tabella seguenti si riportano i risultati al livello regionale.

Al livello nazionale, il 9,3% del territorio a quota inferiore ai 300 metri s.l.m. è consumato, tra 300 e 600 metri il 4,2%, mentre oltre i 600 metri solo l'1,7% è consumato.

Al livello regionale, sotto i 300 metri si segnalano la Lombardia e Veneto con rispettivamente 207.452 ettari di suolo consumato, pari al 15% della superficie regionale a bassa quota, e 161.141 ettari, pari al 13%.

Tra 300 e 600 metri Piemonte e Sicilia hanno i maggiori valori con 46.575 ettari (8,8%) e 32.929 ettari (3,7%) di suolo consumato rispettivamente. Oltre i 600 m abbiamo il Trentino-Alto Adige con 21.134 ettari (1,8%) e ancora il Piemonte con 18.110 ettari (1,8%) di consumato.

Per quanto riguarda la pendenza, più di 1.300.000 ettari sono consumati nel territorio nazionale con pendenza media inferiore al 10%, mentre oltre il 10% di pendenza sono consumati circa 418.000 ettari.

Al livello regionale, Liguria e Campania hanno i valori percentuali più elevati di suolo consumato tra 0

[13] I valori di altitudine e pendenza utilizzati risentono della minore risoluzione del modello digitale del terreno (DTM) utilizzato, pari a 20 metri, rispetto alla cartografia ISPRA sul consumo di suolo (risoluzione 5 metri) e sono, pertanto, indicativi della quota e della pendenza media in un'area di 400 metri quadrati in prossimità delle aree di suolo consumato.

e 10% di pendenza (19,3% e 15,9% rispettivamente). Oltre il 10% di pendenza troviamo percentuali maggiori di consumato ancora in Liguria (con 3,7%) e Campania (con 4,0%).

Tabella 2.11 - Suolo consumato in relazione all'altimetria al livello regionale (2012). Fonte: ISPRA.

Regione	Percentuale tra 0 e 300m di quota	Consumato tra 0 e 300m di quota [ha]	Percentuale tra 300m e 600m di quota	Consumato tra 300m e 600m di quota [ha]	Percentuale oltre 600m di quota	Consumato oltre 600m di quota [ha]
Piemonte	10,2	96.512	8,8	46.575	1,8	18.110
Valle D'Aosta	30,8	20	19,0	1.656	1,2	3.692
Lombardia	15,0	207.452	11,9	27.042	1,6	11.857
Trentino-Alto Adige	17,6	7.777	8,1	5.920	1,8	21.134
Veneto	13,0	161.141	5,0	6.144	1,5	6.883
Friuli Venezia Giulia	11,4	46.725	4,0	3.017	0,9	2.564
Liguria	14,4	22.011	3,2	5.945	1,3	2.514
Emilia-Romagna	9,9	139.986	3,4	13.093	2,5	11.149
Toscana	7,2	87.417	3,1	20.906	1,7	7.281
Umbria	7,4	18.495	3,3	12.229	1,3	2.952
Marche	8,4	38.383	3,6	10.245	1,4	2.746
Lazio	9,2	84.982	4,5	18.445	1,2	4.544
Abruzzo	7,8	21.516	3,9	6.598	1,7	10.901
Molise	3,0	3.097	2,7	3.747	2,3	4.672
Campania	14,7	83.565	5,4	21.799	2,1	8.207
Puglia	7,9	109.827	4,0	18.604	1,9	1.785
Basilicata	1,9	4.887	2,6	8.086	2,3	9.887
Calabria	6,1	37.522	3,7	12.856	1,5	7.993
Sicilia	8,4	88.872	3,7	32.930	2,4	15.101
Sardegna	3,5	43.723	1,5	11.039	1,0	4.305
Italia	**9,3**	**1.303.909**	**4,2**	**286.877**	**1,7**	**158.277**

Tabella 2.12 - Suolo consumato in relazione alla pendenza al livello regionale (2012). Fonte: ISPRA.

Regione	Percentuale di consumato tra 0 e 10% di pendenza	Consumato tra 0 e 10% di pendenza [ha]	Percentuale di consumato oltre 10% di pendenza	Consumato oltre 10% di pendenza [ha]
Piemonte	11,0	124.262	2,7	36.935
Valle D'Aosta	10,9	1.810	1,2	3.558
Lombardia	15,2	215.539	3,2	30.812
Trentino-Alto Adige	12,7	13.997	1,7	20.834
Veneto	13,3	159.593	2,3	14.575
Friuli Venezia Giulia	11,5	45.908	1,7	6.398
Liguria	19,3	13.421	3,7	17.048
Emilia-Romagna	10,6	136.967	2,9	27.260
Toscana	9,6	78.497	2,5	37.107
Umbria	7,8	21.193	2,2	12.482
Marche	12,2	31.344	2,9	20.031
Lazio	9,7	80.226	3,1	27.746
Abruzzo	9,0	24.594	1,8	14.420
Molise	4,7	5.805	1,8	5.711
Campania	15,9	79.161	4,0	34.410
Puglia	7,4	121.718	2,8	8.499
Basilicata	3,5	10.434	1,7	12.425
Calabria	7,8	33.353	2,3	25.019
Sicilia	9,1	90.933	2,9	45.970
Sardegna	4,0	41.405	1,3	17.662
Italia	**10,1**	**1.330.162**	**2,5**	**418.903**

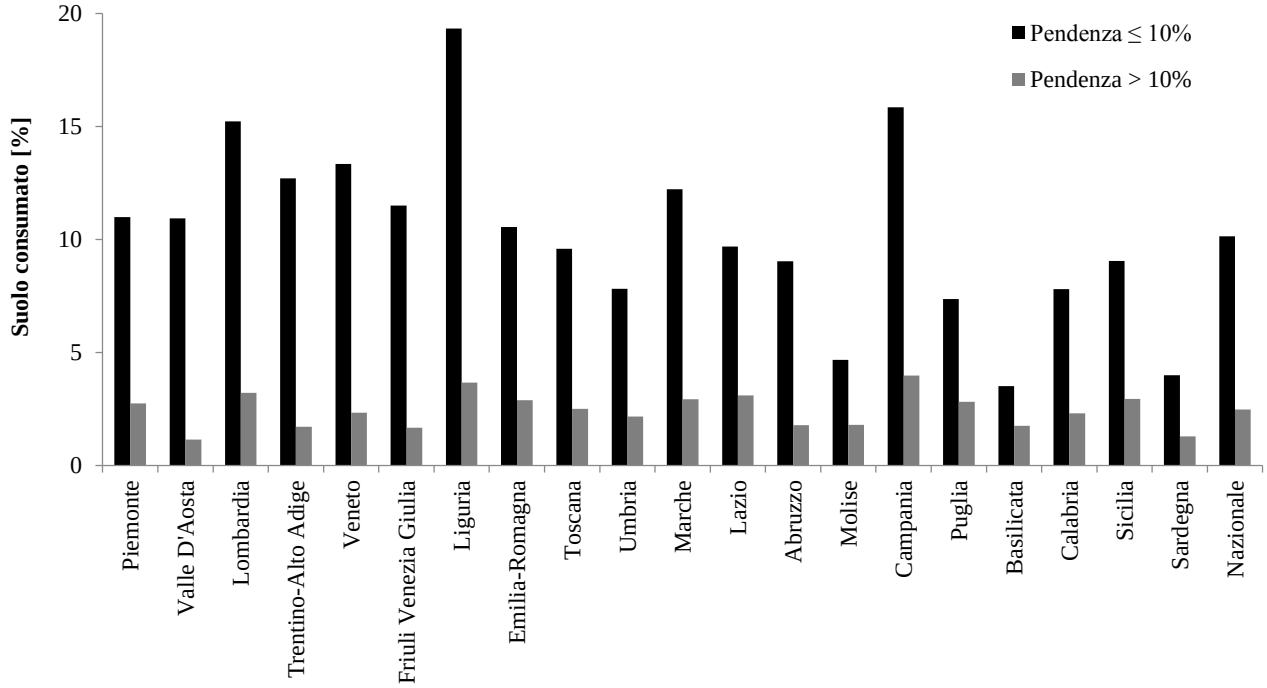

Figura 2.10 - Percentuale di suolo consumato in relazione alla pendenza al livello regionale (2012). Fonte: ISPRA.

2.7.3 Le aree protette e i corpi idrici

Il consumo di suolo nelle aree protette è stato derivato dalla sovrapposizione tra la cartografia ad altissima risoluzione prodotta da ISPRA e la cartografia dell'Elenco Ufficiale delle Aree Protette Italiane (EUAP). Al livello nazionale oltre 34.000 ettari sono suolo consumato all'interno di aree protette (l'1,5% della superficie delle aree protette è impermeabilizzato o ha una copertura artificiale).

Inoltre, è stato calcolato il consumo di suolo in una fascia di 150 metri di distanza dai corpi idrici permanenti (laghi e fiumi), utilizzando i dati *Copernicus* ad alta risoluzione riferiti al 2012 (*Permanet Water Bodies;* Tabella 2.13). Al livello regionale, oltre il 19% del suolo entro i 150 metri è consumato in Liguria, l'8% in Trentino Alto Adige. L'alto livello di impermeabilizzazione del suolo è in gran parte dovuto all'orografia del terreno di queste Regioni, entrambe montuose, che ha favorito l'espansione urbana lungo il corso dei corpi idrici e nei fondovalle, che sono zone a pendenza minore del resto del territorio. I fenomeni di esondazione hanno quindi un particolare impatto in queste zone (si veda anche il paragrafo 2.7.4 sulla pericolosità idraulica).

2.7.4 Consumo di suolo nelle aree a pericolosità idraulica

La carta nazionale del consumo di suolo è stata confrontata con la mosaicatura ISPRA delle aree a pericolosità idraulica media (P2) con tempi di ritorno fra 100 e 200 anni (alluvioni poco frequenti) redatte dalle Autorità di Bacino, Regioni e Province Autonome ai sensi del D.lgs. 49/2010 (recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE) al fine di stimare le superfici costruite potenzialmente esposte (Trigila e Iadanza, 2015).

A livello nazionale abbiamo circa il 9% di suolo consumato in aree a pericolosità idraulica, percentuale superiore, quindi, alla media dell'intero territorio (Tabella 2.14).

La stessa tabella 2.14 mostra come in molte regioni vi sia un'alta percentuale di suolo consumato in aree a pericolosità idraulica, tra cui spicca la Liguria con circa il 30% di superfici consumate (da notare che la Liguria ha ottenuto anche la percentuale più elevata di suolo consumato entro i 150 metri dai corpi idrici). L'Emilia Romagna ha comunque il più alto valore di superfici consumate in aree a pericolo idraulico, con oltre 100.000 ettari.

Tabella 2.13 - Suolo consumato in relazione alla distanza dai corpi idrici al livello regionale (2012). Fonte: ISPRA.

Regione	Percentuale di consumato entro 150m da corpi idrici permanenti	Percentuale di consumato oltre 150m da corpi idrici permanenti
Piemonte	7,2	6,5
Valle D'Aosta	6,3	1,4
Lombardia	6,0	10,8
Trentino-Alto Adige	8,0	2,5
Veneto	6,9	9,8
Friuli Venezia Giulia	4,7	6,8
Liguria	19,2	5,6
Emilia-Romagna	5,9	7,4
Toscana	5,4	5,0
Umbria	3,1	4,0
Marche	5,3	5,5
Lazio	4,2	6,3
Abruzzo	4,1	3,6
Molise	2,3	2,6
Campania	5,7	8,4
Puglia	3,0	6,7
Basilicata	1,7	2,3
Calabria	3,3	3,9
Sicilia	2,5	5,5
Sardegna	2,2	2,5
Italia	**5,2**	**6,2**

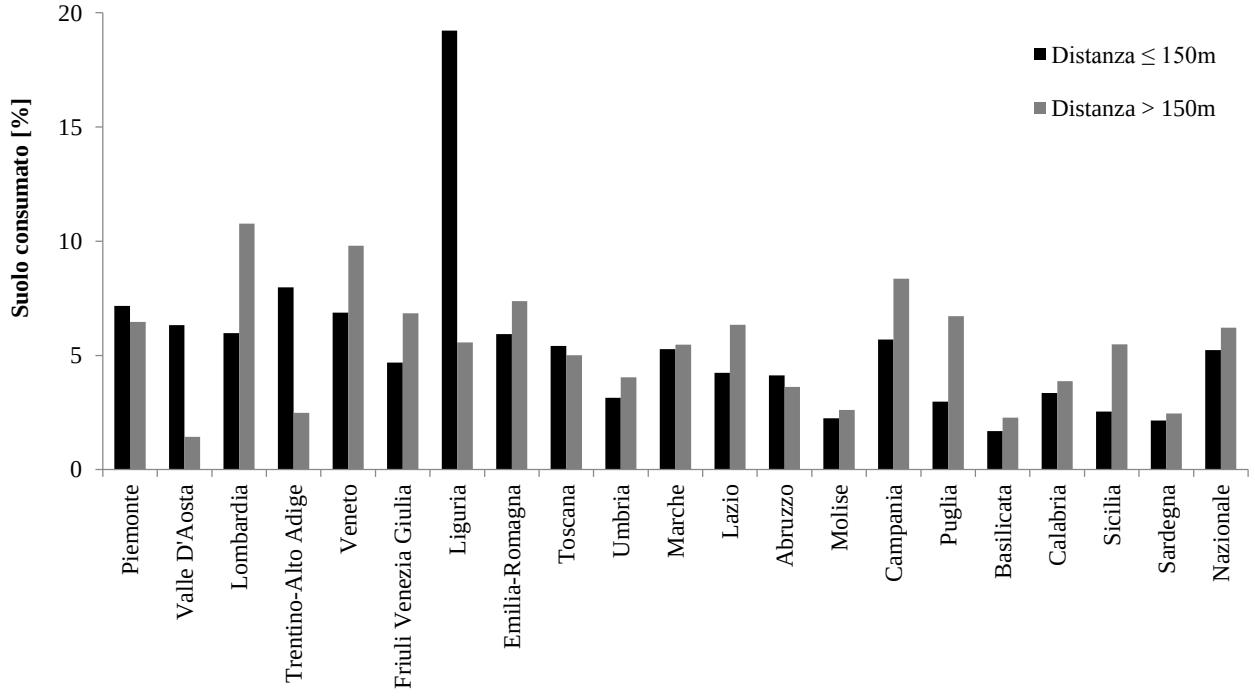

Figura 2.11 - Percentuale di suolo consumato a livello regionale in base alla distanza dai corpi idrici permanenti (2012). Fonte: ISPRA.

Tabella 2.14 - Suolo consumato all'interno delle aree a pericolosità idraulica al livello regionale (2012). Fonte: ISPRA.

Regione	Suolo consumato in aree a pericolosità idraulica [ha]	Suolo consumato in aree a pericolosità idraulica [%]
Piemonte	11.122	6,0
Valle D'Aosta	845	3,7
Lombardia	8.988	4,6
Trentino-Alto Adige	737	10,0
Veneto	14.941	9,6
Friuli Venezia Giulia	4.817	8,9
Liguria	3.348	30,1
Emilia-Romagna	101.537	11,0
Toscana	25.598	11,2
Umbria	1.774	5,5
Marche	2.398	13,0
Lazio	3.441	7,0
Abruzzo	1.092	8,2
Molise	564	4,2
Campania	5.874	9,2
Puglia	4.471	5,8
Basilicata	342	1,3
Calabria	2.861	5,2
Sicilia	2.268	6,2
Sardegna	2.600	3,9
Italia	199.618	8,9

2.8 Il confronto con gli altri paesi europei

Un quadro omogeneo della situazione a livello europeo non è disponibile sulla base di dati omogenei sufficientemente dettagliati. I dati *Copernicus* ad alta risoluzione relativi al 2012 sono ancora in fase di completamento in alcuni paesi europei. Sulla base dei dati *Corine Land Cover* che, tuttavia, hanno una risoluzione non sufficiente per una stima accurata del fenomeno del consumo di suolo dovuto all'urbanizzazione (cfr. capitolo 5), l'Italia ha una percentuale di superficie ad uso artificiale maggiore della media comunitaria. Le analisi dell'Agenzia Europea dell'Ambiente sui dati *Corine* mostrano che i cambiamenti tra il 2000 e il 2006 rappresentano l'1,3% della superficie dei 36 paesi studiati, pari a 68.353 km^2 su 5,42 milioni di km^2 (EEA, 2010). Il tasso di cambiamento annuale in Europa è diminuito rispetto al periodo 1990-2000 ma con differenze sostanziali tra i vari Paesi. La superficie artificiale del suolo è cresciuta del 3,4% tra il 2000 e il 2006. Benché nell'Unione Europea le aree urbane coprano solo il 4% della superficie (il 5% in Italia), la loro dispersione comporta che almeno un quarto del territorio sia direttamente coinvolto da un uso "urbano". Inoltre, le aree peri-urbane a bassa densità sono aumentate, tra il 2000 e il 2006, quattro volte più velocemente delle aree urbane compatte ad alta densità, mostrando una tendenza crescente alla dispersione urbana in Europa (EEA, 2010; ISPRA, 2013d).
L'indagine LUCAS (*Land Use and Cover Area frame Survey*) di Eurostat consente di comparare, seppure con alcuni limiti di significatività statistica, le caratteristiche generali di copertura del suolo nei diversi Paesi europei, attualmente a livello solamente nazionale. La quota di territorio con copertura artificiale in Italia è stimata pari al 7,8% del totale, contro il 4,6% della media dell'Unione Europea. L'Italia si colloca così al quinto posto di questa classifica dopo Malta (32,9%), il Belgio (13,4%), i Paesi Bassi (12,2%), il Lussemburgo (11,9%), e di poco sopra a Germania, Danimarca e Regno Unito (7,7%, 7,1% e 6,5%, rispettivamente; Istat, 2013a; Eurostat, 2013).

3. L'USO DEL SUOLO E IL TERRITORIO URBANIZZATO

3.1 Uso del suolo

Oltre ai dati relativi all'arco temporale 1990-2008, già riportati nell'edizione 2014 del Rapporto, in questa occasione vengono presentati i dati dell'aggiornamento all'anno 2013 su un sottocampione dei punti dell'Inventario dell'uso del suolo in Italia (IUTI)[14]. A causa della riduzione delle unità campionarie censite, gli errori relativi alle stime di superficie risultano maggiori e le stime stesse presentano lievi scostamenti se comparate con quelle dell'intera popolazione, come osservabile dai dati relativi all'anno 2008 riportati in tabella 3.1, dove ad esempio si evidenzia uno scostamento di circa 75.000 ettari tra il dato relativo alla popolazione e quello del sottocampione. L'analisi dei dati provenienti dal sottocampione è tuttavia molto utile al fine di rilevare eventuali variazioni di tendenza o intensità nei cambiamenti occorsi durante l'ultimo periodo di rilevazione.
I dati IUTI confermano le tendenze rilevate già per il periodo 1990-2008, con l'espansione del bosco e della superficie urbanizzata soprattutto a carico delle superfici agricole. In modo particolare, sono i terreni seminativi non irrigui a subire le maggiori perdite (circa 128.000 ettari), nella pianura e bassa collina a favore delle superfici urbane come dimostrato da Marchetti *et al.* (2014), nell'alta collina a favore delle superfici forestali in seguito a fenomeni di abbandono delle attività agricole e conseguente ricolonizzazione da parte di arbusti ed alberi. Oltre ai terreni agricoli, preoccupante è l'aggiornamento del dato relativo ai prati e pascoli, la cui contrazione risulta addirittura essere aumentata rispetto al periodo precedente, in virtù dei circa 15.800 ettari persi annualmente da questa classe d'uso del suolo. L'espansione delle superfici urbanizzate sembra, tuttavia, essere cresciuta ad una velocità leggermente inferiore nel periodo 2008-2013, con un tasso di incremento annuo dello 0,06% rispetto allo 0,08% del periodo precedente, corrispondenti a circa 19.400 e 23.400 ettari all'anno rispettivamente. Tra l'altro, da notare che l'incremento della superficie urbana nel periodo 2008-2013 risulta praticamente identico a quello della superficie forestale, avendo entrambe guadagnato circa 100.000 ettari.
Il processo insediativo risulta particolarmente preoccupante lungo la costa dove è stata calcolata un'incidenza del 35,7% nella fascia distante 300 metri dalla costa, dato pari a circa 5 volte quello medio nazionale (Sallustio *et al*., 2013). Tuttavia il consumo di suolo interessa, seppur in maniera minore, anche le zone montane (Sallustio *et al*., *in press*) e non risparmia le aree protette. In particolare nei Parchi Nazionali, l'analisi dei dati IUTI mostra che seppur la superficie urbanizzata al 2008 sia nettamente inferiore alla media nazionale (1% rispetto al 7,1%), l'aumento dell'uso urbano del suolo risulta comunque non trascurabile (3.500 ettari in più rispetto al 1990, per un incremento relativo del 20%, non troppo distante dal 30% stimato a livello nazionale; Marchetti *et al*., 2013)
Da rilevare, inoltre, l'aumento della superficie degli impianti di arboricoltura (soprattutto da frutto), importante sia per gli aspetti economici collegati a tale attività, sia nell'ottica della contabilità dei crediti di carbonio per il Protocollo di Kyoto.

Tabella 3.1 - Distribuzione percentuale delle classi di uso del suolo a livello nazionale[15].

	1990	2008 (popolazione)	2008 (sottocampione)	2013
Bosco	30,3	32,0	31,6	31,9
Seminativi e altre colture agrarie	37,5	33,3	33,9	33,5
Arboricoltura da frutto	8,9	10,3	9,9	10,0
Arboricoltura da legno	0,4	0,5	0,6	0,6
Praterie, pascoli e incolti erbacei	7,3	6,2	5,9	5,7
Altre terre boscate	6,2	6,6	6,3	6,2
Zone umide e acque	1,7	1,7	2,0	1,9
Urbano	5,5	7,1	6,9	7,2
Zone improduttive o con vegetazione rada o assente	2,2	2,2	3,0	3,0

[14] Il sottocampione è pari all'1% (13.372 punti di campionamento) dell'intera popolazione. Per ulteriori dettagli relativi alla metodologia utilizzata per la realizzazione dell'inventario si rimanda al paragrafo 5.3.
[15] Dati relativi al 1990 e al 2008 sono da Marchetti *et al.* (2012), i dati 2013 sono elaborazioni ISPRA con il supporto di CURSA – Consorzio Universitario per le ricerche socioeconomiche e ambientali e Università del Molise – Lab. Naturale resources and Environmental Planning del Dipartimento di Bioscienze e Territorio.

Secondo IUTI tra il 1990 e il 2008 l'espansione delle aree urbane netta è stata pari a quasi 500.000 ettari, passando dal 5,5% della superficie nazionale al 7,1%, con un incremento di 1,6 punti percentuali.
Le aree urbanizzate sono molto estese nel Nord-ovest che, con il 9,5% della superficie territoriale, si attestano nettamente sopra la media del paese (di 7,1%); seguono il Nord-est con l'8,5%, e il Centro con il 7,6%; sotto la media sono il Sud con 6,1% e le Isole con il 5%.
In rapporto alla superficie territoriale le regioni con il più alto incremento di aree urbane risultano il Veneto, il Lazio e la Lombardia (Tabella 3.2).

Tabella 3.2 - Superficie delle aree urbane stimata per ciascuna Regione al 1990 e al 2008 (Marchetti *et al*., 2013).

Regione/Provincia	1990 Superficie (ha)	2008 Superficie (ha)	Diff. Superficie (ha)	1990 Superficie (%)	2008 Superficie (%)
Abruzzo	35.796	47.779	11.982	3,3	4,4
Basilicata	18.025	25.874	7.850	1,8	2,6
Bolzano	13.300	16.025	2.725	1,8	2,2
Calabria	50.283	67.152	16.869	3,3	4,5
Campania	95.247	122.828	27.581	7,0	9,0
Emilia Romagna	147.959	195.287	47.328	6,7	8,8
Friuli Venezia Giulia	56.721	69.514	12.793	7,2	8,9
Lazio	152.926	206.044	53.118	8,9	12,0
Liguria	29.912	34.710	4.798	5,5	6,4
Lombardia	257.859	329.884	72.026	10,8	13,8
Marche	44.456	59.150	14.694	4,6	6,1
Molise	9.656	12.883	3.227	2,2	2,9
Piemonte	145.631	181.727	36.096	5,7	7,2
Puglia	94.001	124.826	30.825	4,9	6,4
Sardegna	60.450	80.592	20.142	2,5	3,3
Sicilia	107.973	135.503	27.531	4,2	5,2
Toscana	106.178	135.821	29.643	4,6	5,9
Trento	15.830	19.875	4.045	2,6	3,2
Umbria	30.712	42.542	11.830	3,6	5,0
Valle D'Aosta	5.070	6.144	1.074	1,6	1,9
Veneto	166.026	226.745	60.719	9,0	12,3
Italia	1.644.010	2.140.903	496.893	5,5	7,1

3.2 Le aree urbane e la densità di urbanizzazione

La stima delle densità degli insediamenti riveste un ruolo chiave nel contesto della pianificazione urbana, in particolare nel contesto dell'*urban shrinkage* (Haase *et al*., 2014), attualmente considerato un fenomeno di notevole importanza specialmente in Europa essendo legato al progressivo abbandono, spopolamento e disuso dei centri cittadini in favore di nuovo consumo di suolo nelle zone periferiche e periurbane (Kabisch e Haase, 2011). La disponibilità di spazi non ancora impermeabilizzati in area urbana (*terrain vague*) e periubana (*vacant lands/derelict lands*), offre in effetti un grande potenziale per la progettazione di spazi verdi e progetti di ri-uso e recupero degli spazi abbandonati (Haase *et al*., 2014) quali potenziali fornitori di importanti servizi ecosistemici, tra i quali lo stoccaggio e il sequestro del carbonio, la mitigazione dei flussi idrici e delle ondate di piena ed il mantenimento della biodiversità nei contesti urbani (Strohbach *et al*., 2009). L'obiettivo ultimo è quello di implementare concetti ecologici nella pianificazione urbana grazie, ad esempio, alla valutazione dei servizi ecosistemici, al fine di promuovere la sostenibilità ed aumentare la resilienza delle aree urbane stesse, migliorando di conseguenza il benessere e le condizioni di vita dei suoi abitanti in primis (TEEB, 2010). Obiettivo non banale se si pensa che secondo le stime dell'EEA, attualmente circa il 78% della popolazione europea vive in aree urbane.
Esistono diversi modi per analizzare la struttura di una città, la maggior parte dei quali considera come area urbana quella parte di territorio ricadente all'interno del limite amministrativo comunale. Se questo approccio permette di calcolare una serie di parametri e indicatori mantenendo un riferimento costante

nel tempo, viceversa rende problematica la comparazione di strutture urbane simili nello stesso periodo. In alcuni casi le stesse metriche perdono il loro significato se misurate rispetto ad un limite artificiale come può essere considerato un limite amministrativo. Un classico esempio viene fornito dal caso di due grandi città come Milano e Roma. Nel primo caso il territorio urbanizzato si espande anche oltre i limiti amministrativi e pertanto lo studio dei processi che avvengono nelle zone periferiche dovrebbe considerare un territorio più ampio di quello comunale, nel caso di Roma tutta l'area urbanizzata è compresa ampiamente all'interno del comune, pertanto lo studio degli stessi considera un'area adeguata al calcolo dei diversi indicatori.
La problematica relativa all'utilizzo dei limiti amministrativi per analizzare l'ambiente urbano è stato affrontato ed è tuttora oggetto di studi e discussione anche in ambito europeo (*Urban Atlas*, *Urban Audit* o UMZ[16]).
In questo rapporto, al fine di meglio identificare le aree urbanizzate e rappresentare il territorio rispetto alla densità di urbanizzazione e non soltanto con i dati relativi all'impermeabilizzazione e all'artificializzazione del suolo, vengono identificate tre classi di densità, elaborate a partire dalla cartografia *Copernicus* ad alta risoluzione sul grado di impermeabilizzazione (si veda il capitolo 5 per la descrizione dei dati e per gli aspetti metodologici):

1. le aree prevalentemente naturali, non costruite o costruite a bassissima densità di edificazione (ad esempio singoli manufatti o piccole infrastrutture), ovvero tutte le zone dove il valore medio di artificializzazione in un'area circostante di raggio pari a 600 metri è compreso nell'intervallo 0-8% della superficie complessiva;
2. le aree urbanizzate a bassa densità, dove il valore è compreso nell'intervallo 8-35%;
3. le aree prevalentemente artificiali e costruite ad alta densità di urbanizzazione, dove il valore è compreso nell'intervallo 35-100%.

Come si evidenzia negli esempi riportati nelle tavole 15 e 16 riportate in appendice, il limite delle aree urbanizzate, in alcuni casi, è immediatamente leggibile e direttamente associato al livello di artificializzazione del territorio, come nel caso delle città compatte. Al contrario vi sono aree dove un'urbanizzazione dispersa rende più difficile l'identificazione di un confine urbano/non urbano con il solo riferimento del valore continuo dell'impermeabilizzazione del suolo. La classificazione proposta, quindi, definendo i limiti delle aree ad alta e a media densità, facilita l'identificazione del confine dell'urbanizzato.
Per meglio comprendere il significato delle aree a bassa e alta densità vengono di seguito discussi alcuni esempi riferiti ai comuni capoluoghi di regione e alle aree metropolitane
Nella figura 3.1 vengono mostrate le percentuali di aree naturali, di aree a bassa densità e di aree ad alta densità per comune e per provincia.
A livello comunale, Milano, Torino e Napoli presentano i valori più elevati di alta densità, intorno al 70%, che indicano un territorio coperto in prevalenza da un tessuto urbano continuo; in queste stesse città i valori di bassa densità si attestano intorno al 20% per Napoli e Milano e al 16% per Torino, per un totale di superficie urbanizzata (somma delle aree ad alta densità e a bassa densità) pari a circa il 90%. Tali valori sono riferiti, come già specificato, ai limiti amministrativi. Se si confrontano questi valori con quelli assoluti, espressi in ettari (Figura 3.2), troviamo che Roma, comprendendo un territorio molto vasto, ha una superficie urbanizzata di circa 70.000 ettari distribuiti uniformemente tra alta e bassa densità, mentre Milano, Torino e Napoli hanno valori assoluti decisamente più bassi, tra gli 11.000 e i 17.000 ettari. Ciò evidenzia che a valori elevati di superficie costruita in termini assoluti, potrebbero corrispondere basse percentuali di territorio urbanizzato.

[16] UMZ_v15_2006 Urban Morphological Zones 2006 (EEA) http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-morphological-zones-2006-umz2006-f3v0
Urban Audit database (Eurostat) http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/region_cities/introduction
Urban Atlas (EEA) http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas

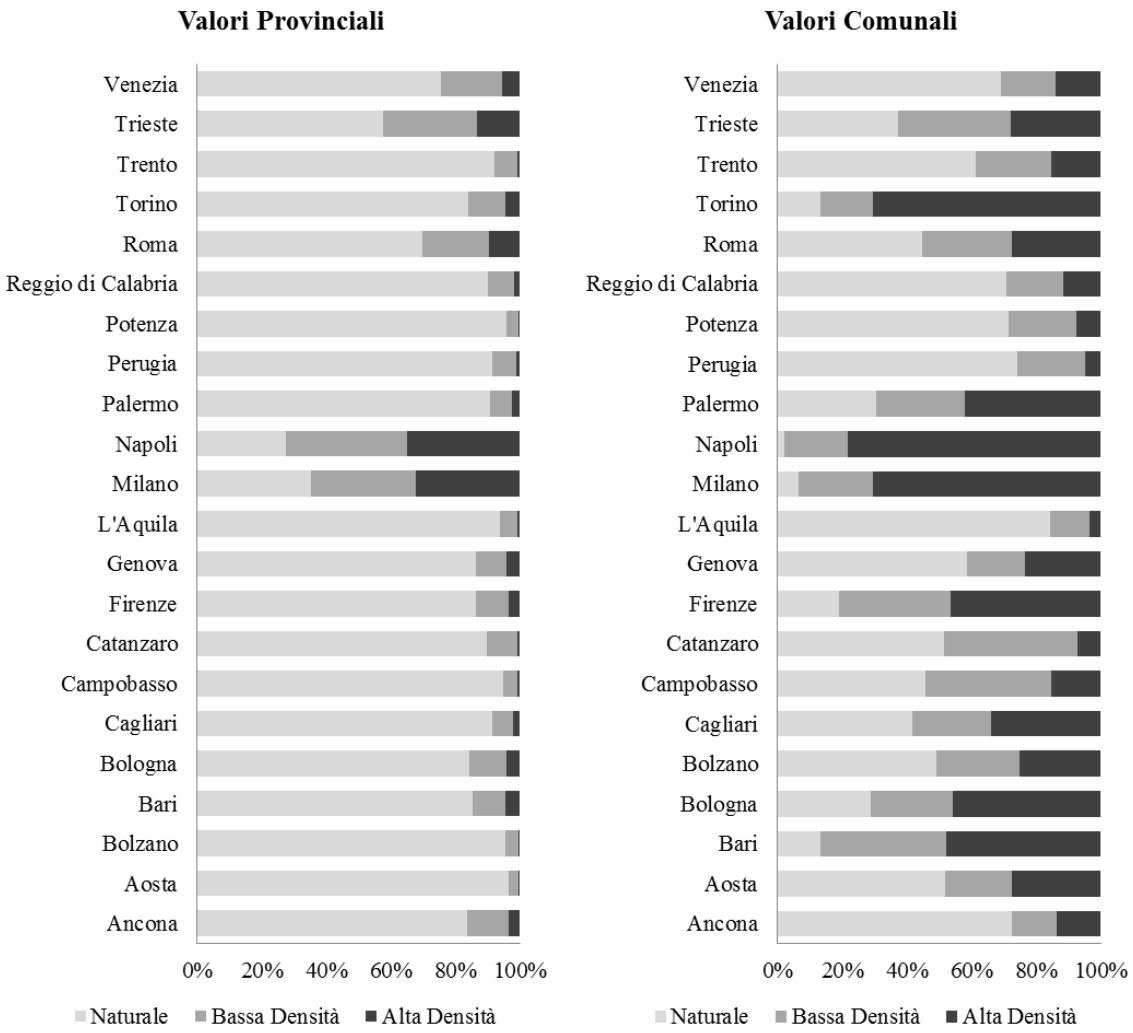

Figura 3.1 - Confronto tra i valori, a livello provinciale e comunale delle percentuali sulla superficie amministrativa delle aree prevalentemente naturali, non costruite o costruite a bassissima densità di edificazione; delle aree urbanizzate a bassa densità; delle aree prevalentemente artificiali e costruite ad alta densità di urbanizzazione (2012). Fonte: ISPRA.

Esaminando i dati su scala provinciale, troviamo che le province di Milano e Napoli presentano i valori più alti di territorio urbanizzato, mentre nel caso di Torino la provincia è ampiamente rappresentata da territorio in prevalenza naturale (85% circa) e il territorio urbanizzato copre circa il 16% dell'area provinciale. Anche in questo caso va sottolineato che la superficie provinciale di Torino è più di tre volte l'estensione delle province di Milano e Napoli, per cui, in valori percentuali, l'area urbanizzata risulta ridotta.

Focalizzando l'attenzione sui valori di bassa densità, che denotano meglio il fenomeno della dispersione, si nota, a livello comunale che Catanzaro, Bari, Campobasso, Trieste e Firenze mostrano i valori più alti, ossia intorno al 30%, con valori di alta densità che variano dal 7% di Catanzaro a oltre il 45% di Firenze e Bari. A livello provinciale si osservano le più alte percentuali di aree a bassa densità nella provincia di Milano, Napoli e Trieste.

Per avere un quadro d'insieme è stato anche considerato l'urbanizzato nelle aree classificate come "prevalentemente naturali", espresso come percentuale di superficie coperta da aree costruite[17]. A livello nazionale abbiamo circa il 2,5% delle aree classificate come prevalentemente naturali comunque coperto da superfici artificiali. Questo valore ci permette di individuare la presenza delle aree costruite non

[17] Come suggerito dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2011), tutti i pixel con grado di impermeabilizzazione maggiore o uguale al 30% sono classificati come superficie costruita (*built-up area*). Su tali aree cosi classificate e perimetrate è, dunque, possibile effettuare una valutazione della quota % di costruito che dà una dimensione della densità di edificazione.

compresa nel totale dell'area urbanizzata, ed è generalmente basso poiché, in tali aree, la presenza di suolo impermeabilizzato è più marginale, ma comunque, assolutamente non trascurabile.

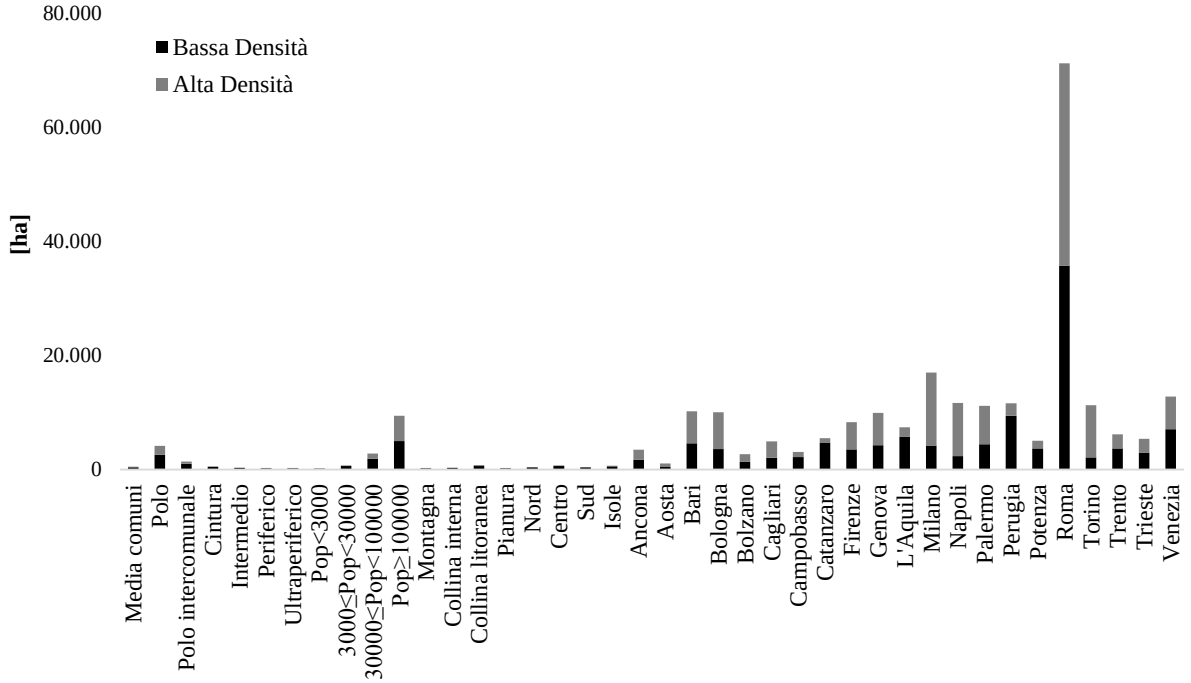

Figura 3.2 - Valori, a livello comunale delle superfici in ettari delle classi di bassa e alta densità (2012). Fonte: ISPRA.

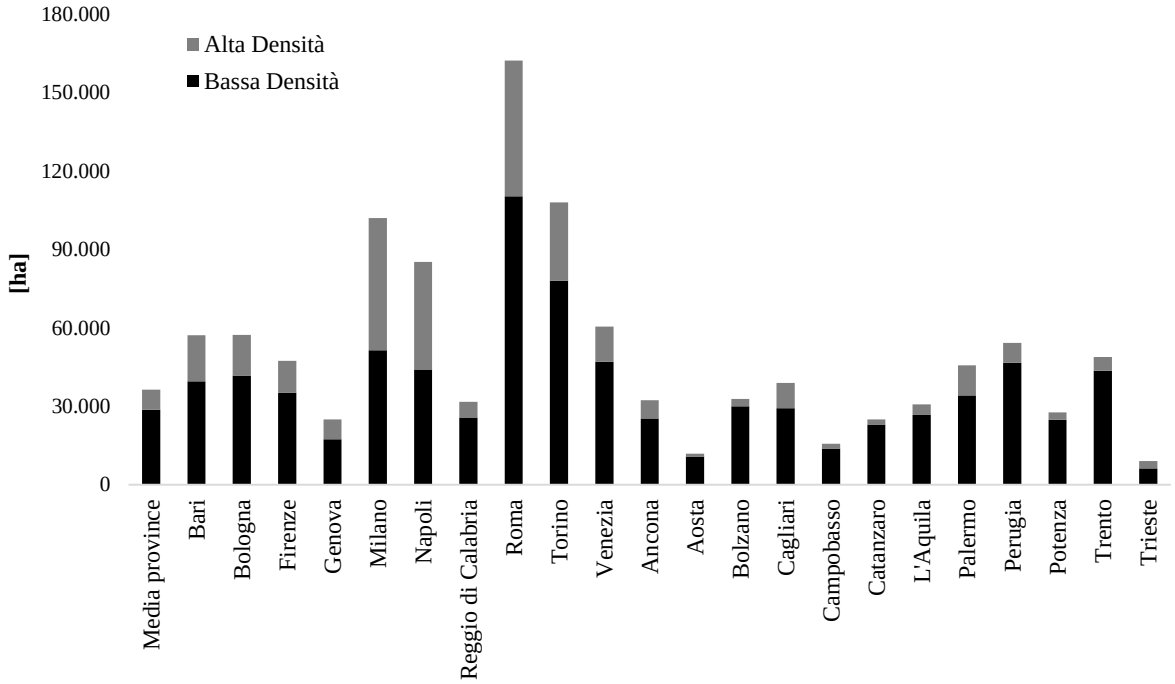

Figura 3.3 - Valori, a livello provinciale delle superfici in ettari delle classi di bassa e alta densità (2012). Fonte: ISPRA.

4. FORME DI URBANIZZAZIONE E TIPOLOGIA INSEDIATIVA

4.1 La valutazione delle forme di espansione urbana

I fenomeni di espansione delle città determinano effetti ambientali e sociali la cui rilevanza in termini di qualità ambientale, di integrità del paesaggio e di consumo di risorse naturali dipende fortemente dalla modalità con la quale si realizza la trasformazione.
Processi di diffusione, dispersione urbana e di frammentazione descrivono la tendenza in atto dagli anni '90 e tutt'ora presente a consumare risorse e a sottrarre qualità attraverso: la creazione di centri urbani di dimensione medio-piccola all'esterno dei principali poli metropolitani; la crescita di zone di margine con insediamenti dispersi intorno ai centri; la saldatura di zone di insediamento a bassa densità in un continuum che annulla i limiti tra territorio urbano e rurale; la frammentazione del paesaggio e la mancanza di identità dei nuclei urbanizzati sparsi e senza coesione.
L'urbanizzazione diffusa e dispersa produce non solo perdita di paesaggi, suoli e relativi servizi ecosistemici, ma è anche un modello insediativo energivoro e predisponente alla diffusione del sistema di mobilità privata. In definitiva le forme di urbanizzazione sono uno dei fattori determinanti della sostenibilità ambientale e della resilienza urbana, poiché determinano le forme con le quali si organizzano le funzionalità delle città stesse, in termini di accessibilità dei servizi urbani e di capacità di trasformazione e di adattamento alle diverse domande sociali e ai cambiamenti ambientali prodotti dal cambiamento climatico.
Approfondire la conoscenza delle diverse forme di urbanizzazione e della tipologia insediativa presenti nei diversi contesti territoriali, diviene dunque cruciale sia per la definizione di misure efficaci per la limitazione del consumo di suolo e per frenare la distruzione del paesaggio, sia, più in generale, per dare maggiore robustezza alle misure per la sostenibilità della *governance* territoriale. Nei prossimi anni, infatti, si dovranno confrontare con queste dinamiche tutte le misure che saranno predisposte per il contenimento dei tassi di consumo delle aree ad elevata vocazione agricola, di rigenerazione e riqualificazione dei centri storici, di trasformazione verso forme urbane più compatte e semi-dense, di riuso di aree dismesse o già urbanizzate.
L'analisi delle forme di urbanizzazione e delle tipologie insediative avviata negli ultimi anni ha portato alla identificazione di alcuni efficaci indicatori che vengono utilizzati in questo Rapporto per descrivere i fenomeni ed analizzarne le caratteristiche. Lo sviluppo metodologico disponibile fornisce numerosi indici per rappresentare i fenomeni di trasformazione territoriale, tuttavia allo stato attuale nessuno di questi è in grado da solo di esaurire la necessità descrittiva delle forme, delle dinamiche e delle determinanti. Di conseguenza si propone un approccio che prevede l'utilizzo congiunto di diversi indicatori con un confronto di misure riferite ad aspetti diversi dello stesso fenomeno.
Gli indicatori utilizzati sono sviluppati a partire dall'elaborazione dei dati satellitari ad alta risoluzione con riferimento ai limiti amministrativi comunali e provinciali.

4.2 Il consumo di suolo e la crescita demografica

Tra i principali driver dei processi di urbanizzazione e delle trasformazioni insediative, oltre alle dinamiche economiche e finanziarie, certamente ci sono le dinamiche demografiche, che rappresentano l'andamento di crescita/decrescita della popolazione e la trasformazione della struttura della società e delle sue esigenze.
In passato la dinamica demografica era positivamente (e stabilmente) correlata con l'urbanizzazione ed era utilizzata, perciò, per descrivere gli stadi di sviluppo dei sistemi urbani. Negli ultimi decenni, al contrario, il legame tra demografia e processi di urbanizzazione non è più univoco e le città sono cresciute anche in presenza di stabilizzazione, in alcuni casi di decrescita, della popolazione residente.
Di conseguenza analizzare in confronto gli andamenti demografici con quelli dell'urbanizzazione diventa ancora più importante per poter identificare di volta in volta quali siano i driver principali del fenomeno nei diversi contesti ed agire con misure adeguate su questi.
Il tasso di consumo di suolo in Italia confrontato con la crescita demografica mostra una crescita consistente nel corso degli anni fino al 2013, con un valore di suolo consumato pro-capite che passa dai 167 metri quadrati del 1950 per ogni italiano, a quasi 350 metri quadrati nel 2013. Nell'ultimo anno, i dati preliminari del 2014, mostrerebbero una prima inversione di tendenza, con una leggera decrescita del valore pro-capite, prevalentemente a causa degli effetti della ripresa della crescita demografica,

dovuta in gran parte alla componente migratoria, e del rallentamento del consumo di suolo, arrivando a un valore di 345 metri quadrati pro-capite nel 2014 (Tabella 4.1)[18].

Tabella 4.1 - Stima del suolo consumato per residente a livello nazionale, per anno. Fonte: ISPRA.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2008	2013	2014
Superficie consumata pro-capite (m^2/ab.)	167	270	301	309	334	338	349	345

A livello comunale, sono i piccoli comuni, dove la densità abitativa è minore, ad avere valori mediamente più alti di suolo consumato pro-capite. La media degli abitanti dei 20 comuni con suolo consumato pro-capite maggiore è inferiore a 200[19].
Per meglio evidenziare il rapporto tra le dinamiche del consumo di suolo e della popolazione in Italia, si considera il rapporto tra nuovo consumo di suolo e nuovi abitanti, che è variato molto nei diversi periodi. A livello nazionale, possiamo verificare come tale rapporto fosse inferiore ai 1.000 metri quadrati per ogni nuovo abitante fino al 1989. Negli anni '90 il valore cresce fino a oltre 9.000 metri quadrati, dovuto a un elevato consumo di suolo a fronte di una certa stabilità della popolazione (un incremento di poco più di 250.000 abitanti nel decennio), mentre scende nuovamente al valore di 1.255 tra il 1998 e il 2008, poiché un incremento significativo della popolazione (1,7 milioni di abitanti in più nel decennio) è corrisposto a un incremento stabile del consumo di suolo. Negli ultimi anni il rapporto decresce ancora, ma più lentamente, dovuto a un rallentamento del consumo di suolo rispetto agli anni precedenti ma, soprattutto, da una consistente crescita della popolazione, ed attualmente ogni nuovo cittadino italiano "consuma" circa 1.000 metri quadrati di suolo (Tabella 4.2).

Tabella 4.2 - Stima del rapporto tra nuovo consumo di suolo e nuovi abitanti a livello nazionale, per intervallo temporale. Fonte: ISPRA.

	Anni '50 1989	1989 1998	1998 2008	2008 2013
Rapporto tra nuovo consumo di suolo e nuovi abitanti (m^2/ab.)	909	9.138	1.255	978

L'analisi dei valori pro-capite a livello comunale, mostra che nelle città italiane vi è una grande variazione nella dotazione di suolo libero. Se, infatti, la "dotazione" di suolo non consumato per un cittadino italiano nel 2014 è costituita in media da 4.600 metri quadrati pro-capite, analizzando i valori alla scala comunale, emerge che le 10 città con minore dotazione di suolo libero sono tutte nella provincia di Napoli, dove i comuni di Casavatore, Melito di Napoli e Arzano hanno addirittura valori inferiori ai 30 metri quadrati per abitante.
Al contrario i comuni con maggiore dotazione sono nelle regioni Piemonte e Valle d'Aosta, in aree prevalentemente montane e poco abitate, con valori che superano anche i 700.000 metri quadrati di suolo non consumato per abitante. Il record appartiene al piccolo comune di Argentera (Cuneo), dove i 79 residenti hanno a disposizione quasi un chilometro quadrato ciascuno di suolo naturale (ma hanno comunque la "responsabilità" di oltre 7.000 metri quadrati pro-capite di suolo consumato).
Questa grande variabilità rende opportuna una analisi delle forme e dei diversi effetti sul territorio che il consumo di suolo produce.

4.3 Il paesaggio urbano e le forme dello sprawl

L'espansione delle superfici impermeabilizzate, si manifesta nella frangia urbana e peri-urbana di molte importanti città come una commistione di tipologie di uso del suolo diversificate (EEA, 2006).
L'analisi del margine urbano, la cui forma è determinata dalle dinamiche di insediamento, è di particolare interesse nella interpretazione del fenomeno. Sono diverse, infatti, le conseguenze prodotte sul paesaggio urbano dai diversi fenomeni. Si va dalla creazione di nuovi quartieri o aree residenziali

[18] I dati demografici sono riferiti alla popolazione residente al 1° gennaio e i dati degli anni intermedi derivano dalla ricostruzione intercensuaria della popolazione (http://demo.istat.it/).
[19] Anche in questo caso, i dati completi a livello nazionale, regionale, provinciale e comunale, sono disponibili sul sito www.consumosuolo.isprambiente.it.

che mantengono le principali caratteristiche del nucleo urbano (Indovina, 2005; Munafò *et al*., 2011) all'insediamento diffuso a bassa densità dal centro urbano verso l'esterno, conosciuto come *urban sprawl*, che produce una forma di semplificazione del paesaggio che perde le sue peculiarità e si banalizza.
L'urbanizzazione a bassa densità, pur rappresentando un contributo notevole al consumo di suolo complessivo, è comunque caratterizzata dalla copresenza di costruzioni e di aree verdi, che garantiscono una parziale persistenza delle caratteristiche naturali dei suoli interessati, almeno per le porzioni sulle quali non insistono direttamente i manufatti edificati. Queste capacità residuali non sono sufficienti tuttavia ad evitare la compromissione delle aree di frangia periurbana. Mentre gli impatti su queste aree dovuti agli ampliamenti urbani "compatti" sono relativamente contenuti, nel caso dello sprawl una parte consistente delle superfici del margine urbano viene sottratta di fatto all'originaria destinazione d'uso, a causa della frammentazione e trasformazione degli spazi, di cui risulta compromessa tanto la produttività e la valenza agricola quanto le caratteristiche naturali (Duany *et al*., 2000; Terzi e Bolen, 2009; Frondoni *et al*., 2011).
A questi fenomeni di espansione si associano comunque costi pubblici e privati associati alla mobilità e alla fornitura e alla gestione delle opere di urbanizzazione primaria e secondaria, che sono maggiori per gli insediamenti diffusi (Salzano, 2007). Oltre a questi, è necessario tenere conto che la diffusione e la dispersione insediativa producono deterioramento del territorio anche laddove non lo impermeabilizzano completamente, poiché la frammentazione che si determina rende gli spazi non sigillati interclusi difficilmente recuperabili e di minore qualità ambientale. A dispersione e frammentazione si associa dunque anche una forte riduzione del valore in biodiversità delle aree interessate poiché la distribuzione spaziale e la quantità di suolo non consumato influenza sia la qualità complessiva, sia la capacità residua di connessione degli ecosistemi e la disponibilità dei servizi ecosistemici nelle unità territoriali.
Nel corso degli ultimi sessant'anni, nel nostro Paese, si è assistito a un aumento dei fenomeni dello *sprawl* e della cosiddetta "post-metropolizzazione" (Soja, 2000), con un incremento più marcato del consumo di suolo proprio nelle aree di margine e nei paesaggi suburbani. È proprio nella fascia compresa tra i 5 e i 10 chilometri di distanza dai centri urbani maggiori che si concentra l'artificializzazione del territorio, con un andamento tra i diversi anni che evidenzia una crescita progressiva con velocità maggiori (si confronti la maggiore distanza tra le curve per i vari anni nella figura 4.1).

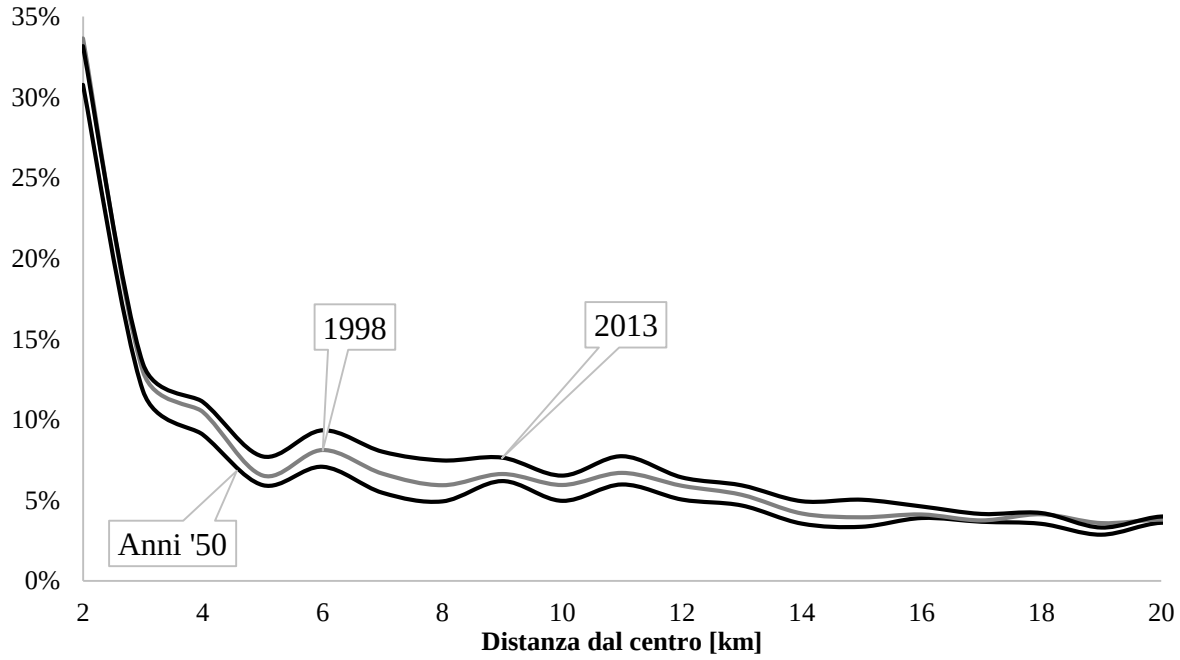

Figura 4.1 – Andamento della percentuale di suolo consumato (gradiente di densità) in funzione della distanza dai centri urbani (analisi fatta per tutti i capoluoghi di provincia) per gli anni '50, il 1998 e il 2013. Fonte: ISPRA.

Nella valutazione dello sprawl urbano è, dunque, molto importante l'analisi sul fronte di trasformazione delle città, ovvero i margini[20]. In questo caso sono disponibili diversi indicatori, tra cui l'*Edge Density* (ED), che ne descrive la densità attraverso il rapporto tra la somma totale dei perimetri dei poligoni delle aree costruite e la superficie comunale indagata, indicatori di diffusione quali il *Largest Class Patch Index* (LCPI) e il *Remaining Mean Patch Size* (RMPS) e di dispersione quale l'IDU, di seguito descritti. Gli indicatori sono costruiti mediante una analisi dei poligoni corrispondenti alle diverse tipologie di copertura del suolo, con l'applicazione di metriche dedicate allo studio della struttura del paesaggio a livello comunale (Botequilha Leitao e Ahern, 2002; EEA-FOEN, 2011; Schwarz, 2010).
La cartografia ad alta risoluzione sulle aree costruite è la base informativa sulla quale sono elaborati gli indicatori descritti nel seguito relativi all'analisi della densità di urbanizzazione (indice di dispersione - IDU), alla frammentazione del paesaggio in termini di densità dei margini del costruito (*Edge Density* - ED), di diffusione urbana (*Largest Class Patch Index* - LCPI, *Residual Mean Patch Size* - RMPS).

Tabella 4.3 - Indicatori di diffusione e del paesaggio urbano a livello comunale e provinciale.

Indicatore	Descrizione e significato
LCPI ***(Largest Class Patch Index)***	Ampiezza percentuale del poligono di area costruita di dimensioni maggiori. È un indicatore di compattezza.
RMPS ***(Residual Mean Patch Size)***	Ampiezza media dei poligoni residui, escluso quello maggiore. Fornisce la dimensione della diffusione delle città attorno al nucleo centrale.
ED ***(Edge Density)***	Rapporto tra la somma totale dei perimetri dei poligoni delle aree costruite e la loro superficie. Descrive la frammentazione del paesaggio in termini di densità dei margini del costruito.
IDU ***(Indice Di Dispersione Urbana)***	Rapporto tra aree ad alta densità e aree ad alta e bassa densità. Descrive la dispersione attraverso la variazione di densità di urbanizzazione.

Le *Landscape Metrics* (O'Neill *et al*., 1988), provenienti dall'ecologia del paesaggio, tradizionalmente hanno riguardato l'analisi dei cambiamenti indotti dall'azione antropica sulle coperture del suolo naturali e seminaturali. L'informazione sintetica riguardante la composizione e configurazione della struttura del paesaggio si è recentemente dimostrata valida anche per la caratterizzazione e classificazione morfologica delle espansioni urbane (Wu, Shen, Sun, & Tueller, 2002). In quest'ottica, lo studio delle forme e dei margini della città si presenta come analisi di un sistema complesso, con configurazioni spaziali irregolari che risentono anche dei diversi livelli amministrativi e con una variabilità dei risultati che risente della scala di studio, peraltro già rilevata per coperture riguardanti variabili ecologiche (Wu et *al.*, 2002). Gli indicatori sono stati quindi elaborati a livello regionale, provinciale e comunale e, dal loro confronto, sono tratte considerazioni sulla scala di valutazione.
Nelle elaborazioni degli indicatori, basati sull'analisi dei dati delle aree costruite, è stato necessario escludere gli elementi puntuali di disturbo, che seppur concorrenti all'impermeabilizzazione del suolo, non appartengono realisticamente ai nuclei di aree urbane ma corrispondono a costruzioni isolate o lineari (si veda il capitolo 5 per approfondimenti sulla metodologia utilizzata). Il peso di tali elementi puntuali è, infatti, rilevante nel calcolo degli indicatori LCPI e RMPS. Si è, pertanto, riclassificato il valore di consumo di suolo assegnando a ciascun punto la media dei valori del grado di impermeabilizzazione che si trovano entro un raggio di 100m.
L'analisi dei valori risultanti, presi singolarmente è illustrata di seguito, con lo scopo di comprendere i legami che intercorrono tra gli indicatori e le configurazioni spaziali reali delle città italiane. Le tavole cartografiche a livello comunale e provinciale sono riportate in appendice.
La lettura combinata, invece, secondo criteri di analisi multivariata, sarà trattata nel paragrafo successivo con una proposta di classificazione morfologica. Vi sono infatti situazioni molto differenziate, da comuni altamente costruiti con una area urbana centrale molto estesa e con un residuo non rilevante di urbanizzazione diffusa polverizzata, di estensione complessiva limitata (tra cui Napoli, Torino, Milano), a comuni il cui territorio è mediamente costruito sempre con una grande area urbana principale e con un residuo scarsamente rilevante di urbanizzazione diffusa (es. Latina, Sassari). Inoltre vi sono comuni pur

[20] Anche se spesso legata a fenomeni di sprawl, non sempre l'analisi dei margini urbani è efficace e andrebbe accompagnata sempre da una valutazione integrata con altri indicatori (ad esempio di densità abitativa).

a carattere monocentrico in cui l'area urbana maggiore copre una bassa percentuale dell'area sigillata complessiva del comune (Padova, Monza, Milano, Napoli e Torino) ed altri in cui il resto del territorio è caratterizzato da urbanizzazione dispersa (es. Frosinone, Treviso).
I valori degli indicatori sono riportati nei grafici secondo diversi gruppi e riportando valori medi per categorie di ripartizione geografica (nord-centro-sud–isole), altimetrica, per classi di popolazione, per classi funzionali (polo, polo intercomunale, cintura, intermedio, periferico e ultraperiferico)[21] nonché per le 21 città capoluogo di regione.
Il LCPI, definito indicatore di compattezza, assume valori maggiori nelle città con un centro urbano di dimensioni elevate, mentre valori inferiori si associano ad aree con un maggiore grado di diffusione dell'urbanizzato. L'analisi (Figura 4.2) presenta, a livello comunale un range di variazione particolarmente esteso, dal 9,9% (Sabaudia) a un massimo del 100% (valore riscontrato per 340 comuni). La distribuzione dei valori può essere schematizzata con una suddivisione in 3 blocchi che ne aiuta la lettura. Sono 1.930 i comuni che restituiscono valori percentuali sopra il 90% di LCPI, mentre quelli con LCPI inferiore al 50% sono 2.095. Le aree identificate tra i valori del 50% e del 90% sono 3.943. Nel primo gruppo ricadono essenzialmente le città con superficie comunale occupata da elevate di suolo consumato, per i quali un'ulteriore classificazione di dettaglio è illustrata nel capitolo seguente. La maggior parte dei comuni italiani di grandi dimensioni (sopra i 100.000 abitanti) è generalmente caratterizzata da aree urbanizzate ancora piuttosto compatte (LCPI intorno all'80%), mentre al contrario risultano più frammentate le urbanizzazioni in aree collinari, medie e soprattutto costiere, e i comuni di livello intermedio, prevalentemente nelle zone centrali della penisola. Il dato a livello provinciale mostra il picco massimo nella provincia di Napoli e alti valori a Milano e Trieste (Figura 4.3).

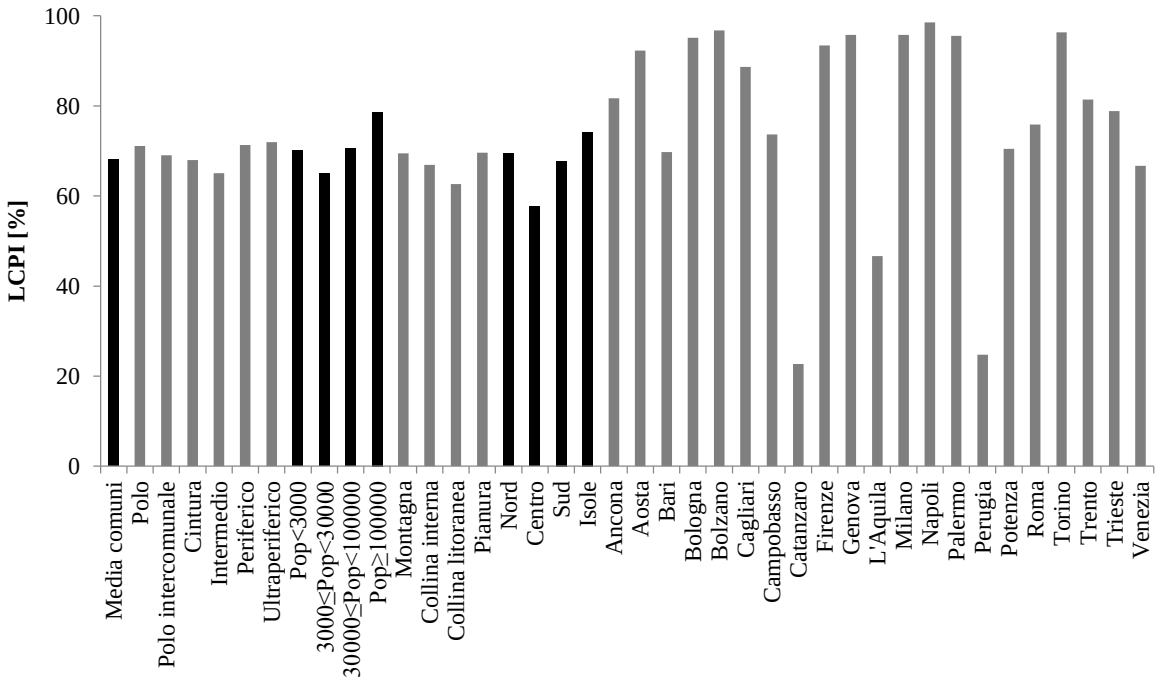

Figura 4.2 - Valori di LCPI (*Largest Class Patch Index*) per comune (2012). È un indicatore della compattezza della città. Il valore è più elevato per aree urbane monocentriche con un centro urbano di dimensioni elevate e/o compatte. Valori inferiori si riscontrano in aree con un maggiore grado di diffusione urbana. Si veda anche la tavola 9 in appendice. Fonte: ISPRA.

[21] Classificazione proposta dal Dipartimento per lo Sviluppo e la Coesione Economica (DPS) del Ministero dello Sviluppo Economico

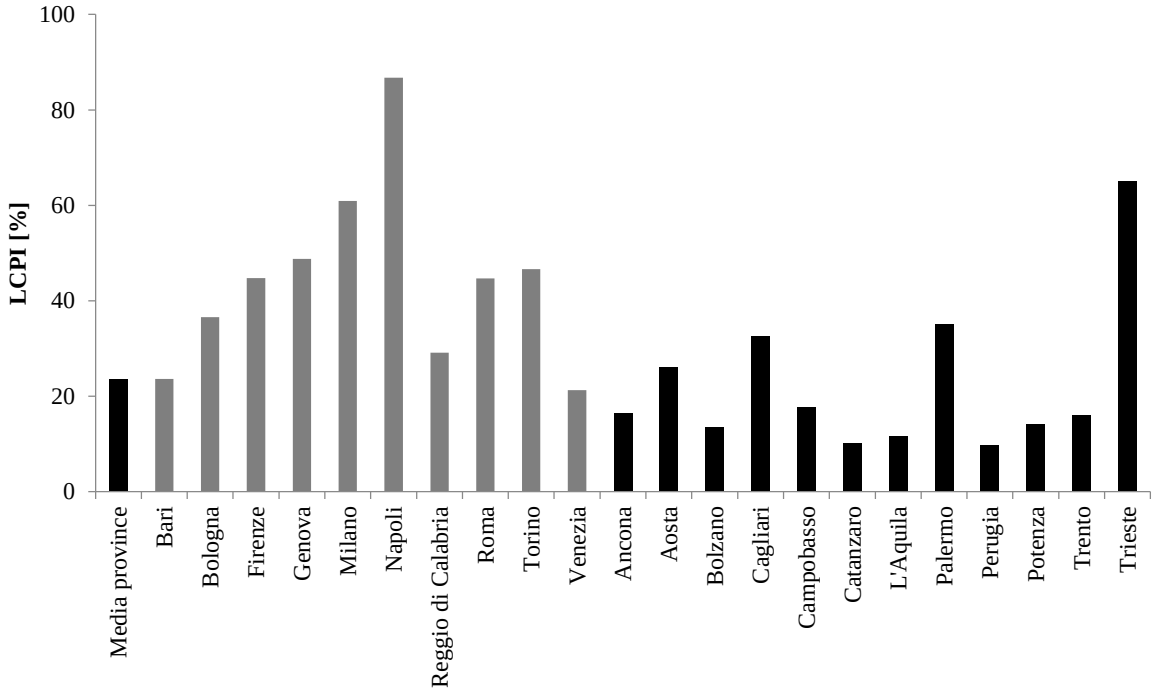

Figura 4.3 - Valori di LCPI (*Largest Class Patch Index*) per provincia (2012). Si veda anche la tavola 10 in appendice. Fonte: ISPRA.

L'ampiezza media dei poligoni residui (RMPS), che risente notevolmente della scala di studio, è valutata in ettari e fornisce la dimensione della diffusione delle città italiane attorno al nucleo centrale. Valori elevati di RMPS possono corrispondere a condizioni di urbanizzazione caratterizzate da policentricità o comunque alla presenza di aree di urbanizzazione meno frammentata anche non connessi al centro principale. L'analisi dei capoluoghi di regione mostra valori elevati (oltre i 12 ettari) per Bari, Catanzaro, L'Aquila, Perugia e Venezia che sembrerebbero caratterizzate da minore diffusione o policentricità a livello comunale, ma la valutazione deve essere necessariamente fatta caso per caso, distinguendo tra i fattori che determinano situazioni decisamente differenti quali, ad esempio, Venezia e Perugia (Figura 4.4). A livello provinciale, Milano risulta avere il maggiore valore di RMPS (circa 30 ettari), a fronte di un valore del solo comune sotto i 6 ettari. Questo valore è conseguente con la presenza nella stessa provincia di più aree urbane compatte, ancora non del tutto saldate tra loro (Figura 4.5). La media dei comuni italiani al contrario presenta valori di RMPS molto più bassi, che caratterizzano sia le aree urbane compatte sia quelle completamente diffuse, dunque per una comprensione del fenomeno, è necessario valutare questo indicatore unitamente agli altri presentati e, in particolare, all'LCPI, come illustrato nel paragrafo seguente.

Per quanto concerne la dispersione del territorio si ricorre all'utilizzo di un terzo indicatore, l'ED, strettamente legato alle caratteristiche morfologiche dei confini urbani, che risente, oltre alla presenza di aree urbane frammentate, anche degli eventuali vincoli naturali altimetrici e di pendenza, come testimonia il picco di distribuzione dei comuni nella fascia altimetrica di montagna. Tale indicatore indica la frammentarietà dei margini urbani e, passando da aree urbane con forma compatta o con confini regolari ad altre con confini più frastagliati, assume valori sempre maggiori.

Per le aree urbane italiane, l'ED presenta un range di variazione di valori piuttosto ampio, con un valore medio di circa 600 m/ha. Come ci si aspetta, le grandi città (con la maggiore superficie edificata anche compatta) sono caratterizzate da valori di ED più bassi.

L'analisi dei dati (Figura 4.6) evidenzia una presenza di aree disperse e frammentate con maggiore frequenza nel centro e nel sud del Paese, prevalentemente in aree urbane intermedie, periferiche e ultraperiferiche. Le principali aree urbane, come evidenziano i dati dei capoluoghi di provincia, tendono, al contrario, ad avere margini più compatti, con l'eccezione di Catanzaro che riporta valori di ED più alti degli altri capoluoghi ma pur sempre inferiore alla media nazionale. Il dato provinciale (Figura 4.7) mostra che alti valori di dispersione urbana sono associabili alle province di Aosta, Bolzano e Trento al nord, e di L'Aquila, Campobasso, Potenza e Catanzaro al centro sud.

L'indice di dispersione urbana, illustrato nelle figure 4.8 e 4.9, caratterizza le aree urbane con prevalenza di tessuti urbani a bassa densità, con valori più bassi nelle superfici urbanizzate più raccolte e compatte. Attraverso questo indice, che esprime il rapporto tra la superficie urbanizzata discontinua e la superficie urbanizzata totale, può essere rappresentata la dispersione territoriale, carattere opposto alla compattezza (EEA, 2006; ESPON, 2011). I valori minori si presentano per le province di Milano e Napoli, caratterizzate da centri urbani compatti all'interno del limite comunale, mentre valori più alti (valore superiore alla media dei comuni di classe Polo intercomunale), analogamente a quanto indicato dall'altro indicatore ED, si presentano per L'Aquila, Campobasso, Potenza e Catanzaro, cui si aggiunge Perugia. Queste sono le città in cui i processi di espansione della superficie urbanizzata a bassa densità hanno interessato il territorio comunale in maniera importante. Valori crescenti si riscontrano all'aumentare della distanza dai poli centrali, restituendo valori di picco nelle aree di montagna, ultraperiferiche e con popolazione contenuta al di sotto dei 3.000 abitanti.
In conclusione si deve notare come aspetto di interesse per la valutazione nazionale, che per tutti e quattro gli indicatori si registra la scarsa rispondenza al variare della latitudine e delle ripartizioni territoriali.

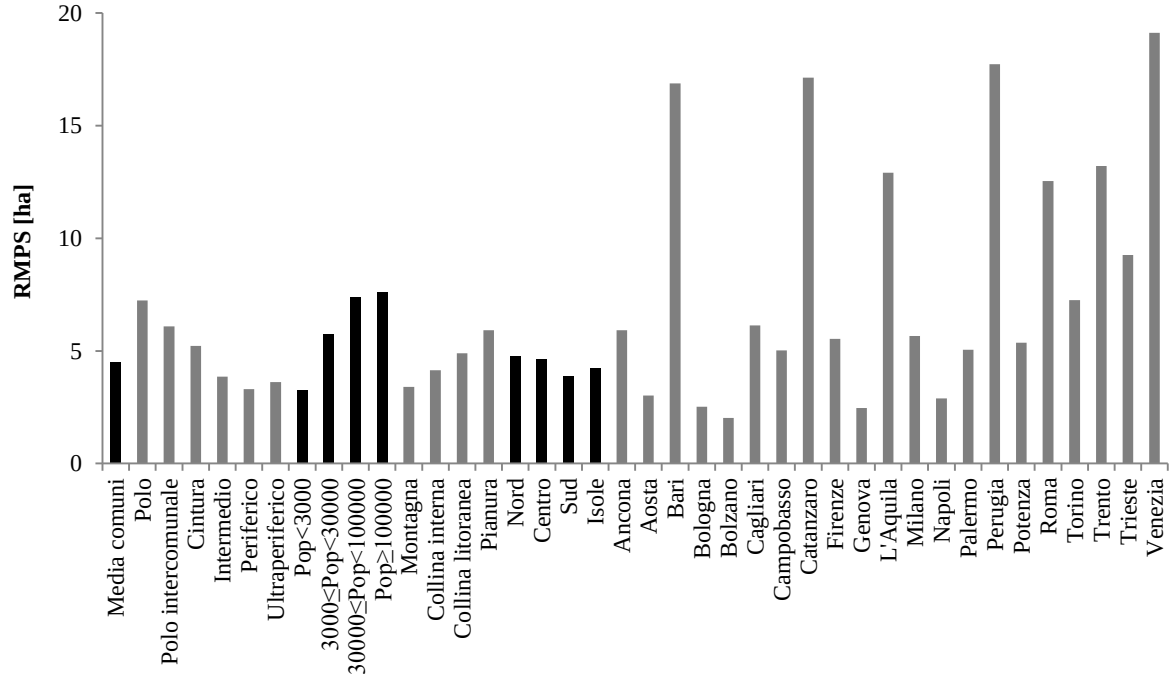

Figura 4.4 - Valori di RMPS (*Residual Mean Patch Size*) per comune (2012). È un indicatore della diffusione del tessuto urbano periferico, essendo calcolato come il valore medio della dimensione delle aree urbanizzate escludendo il poligono urbano più esteso. Per una corretta lettura dei dati è utile confrontare i valori con una misura di densità per valutare la consistenza sul territorio di aree più o meno disperse. Si veda anche la tavola 11 in appendice. Fonte: ISPRA.

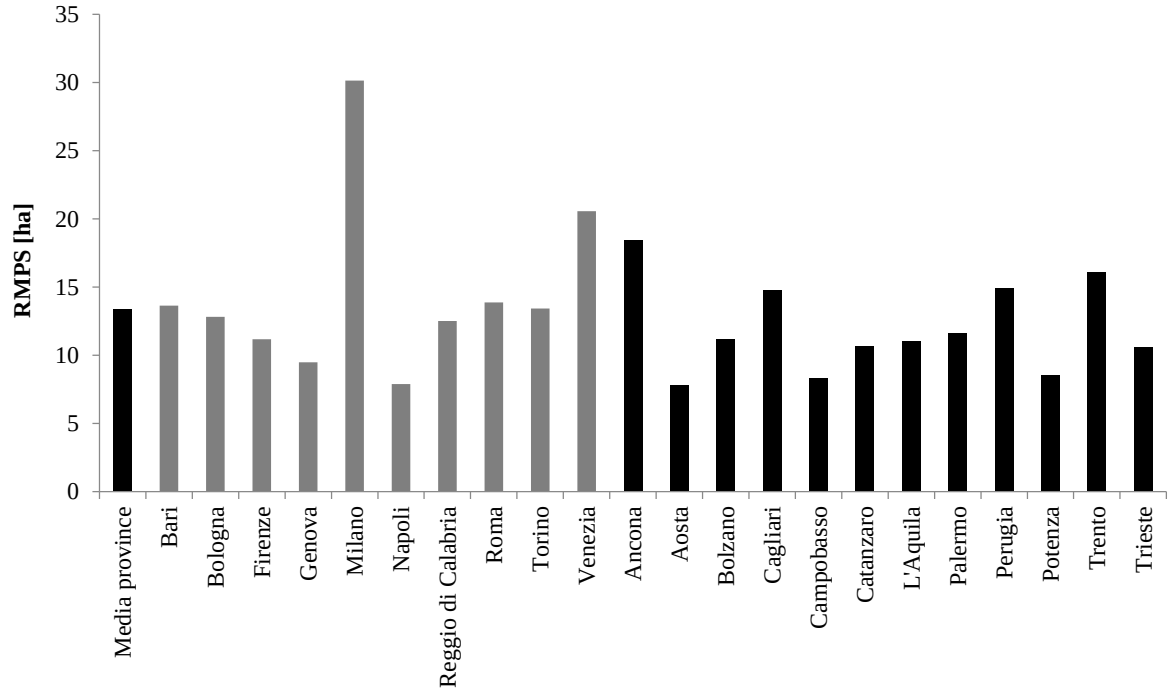

Figura 4.5 - Valori di RMPS (*Residual Mean Patch Size*) per provincia (2012). Si veda anche la tavola 12 in appendice. Fonte: ISPRA.

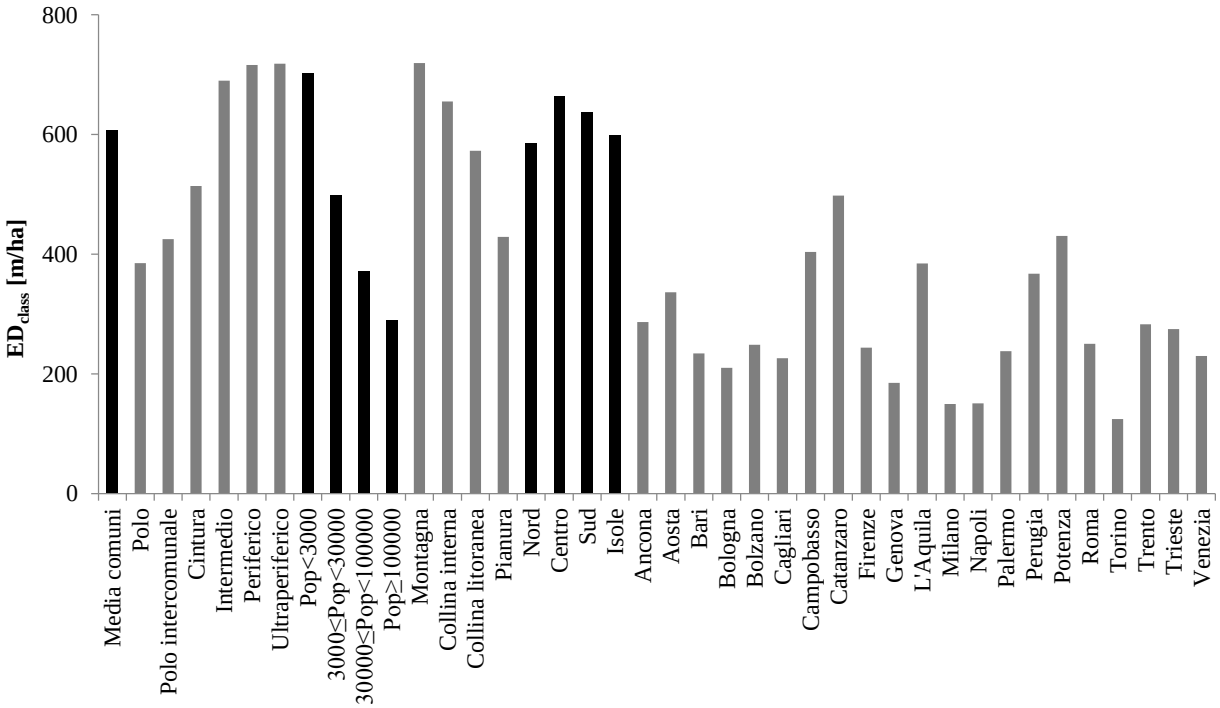

Figura 4.6 - Valori di ED (*Edge Density*) per comune (2012). Tale indicatore aumenta con la maggiore frammentazione dei margini urbani e con la dispersione insediativa. Passando da aree urbane con forma compatta a poligoni con confini più frastagliati l'ED assume valori sempre maggiori, mentre invece per confini regolari l'ED assume valori più bassi. Si veda anche la tavola 7 in appendice. Fonte: ISPRA.

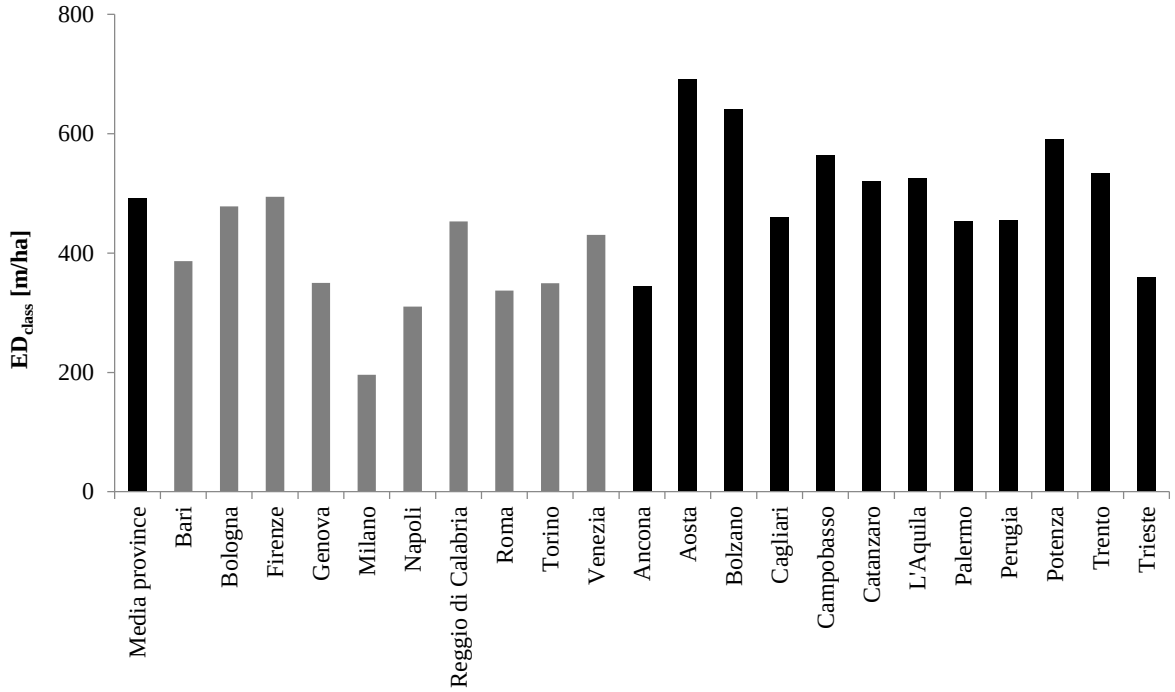

Figura 4.7 - Valori di ED (*Edge Density*) per provincia (2012). Si veda anche la tavola 8 in appendice. Fonte: ISPRA.

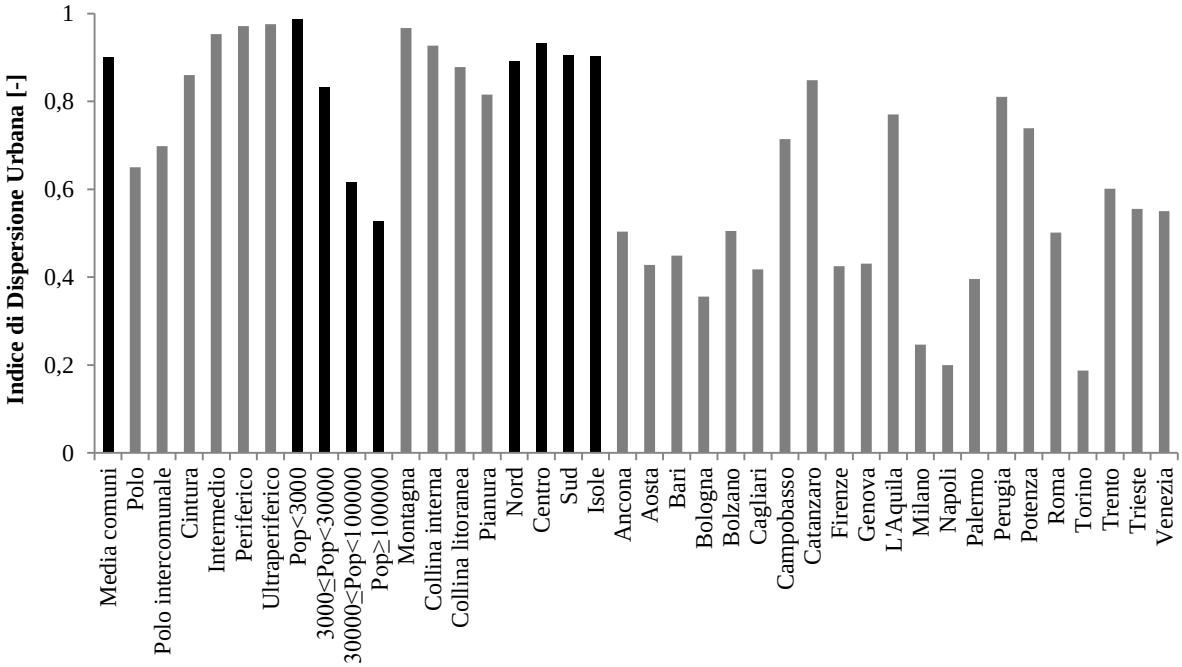

Figura 4.8 - Valori dell'Indice di Dispersione Urbana per comune (2012). Al crescere di questo indice si identificano aree urbane con prevalenza di tessuti urbani a bassa densità, mentre valori più bassi si riscontrano per superfici urbanizzate più raccolte e compatte. Fonte: ISPRA.

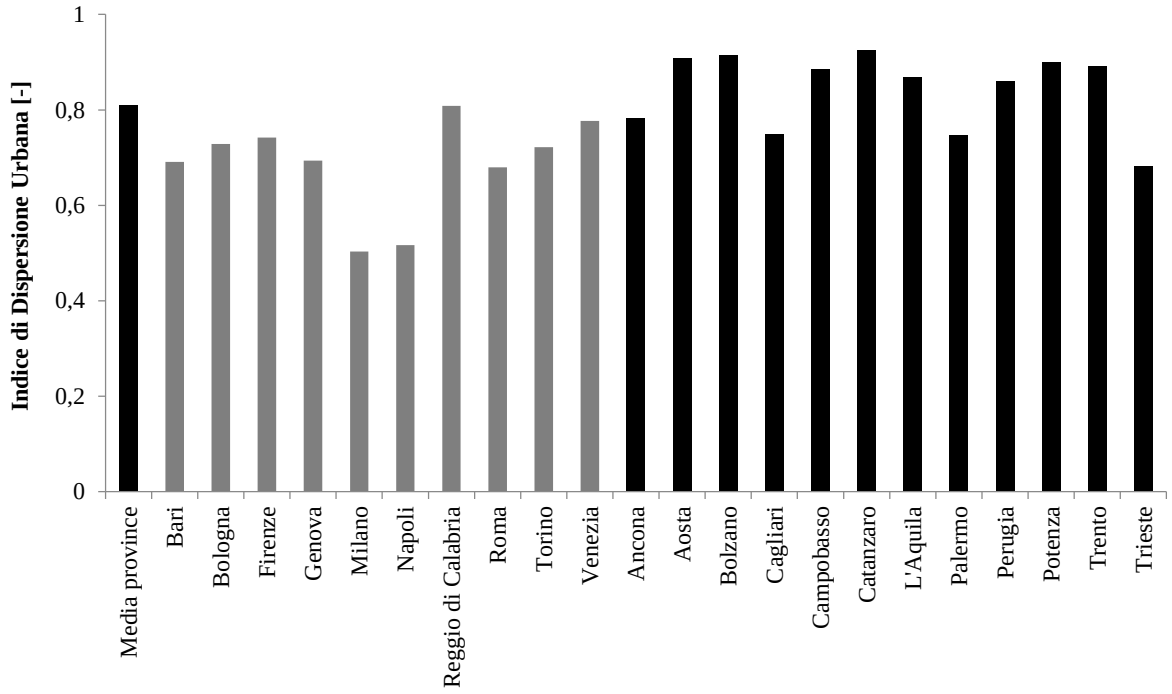

Figura 4.9 - Valori dell'Indice di Dispersione Urbana per provincia (2012). Fonte: ISPRA.

4.4 Interpretazione delle forme insediative

Nessun indicatore proposto in letteratura preso singolarmente può essere considerato esaustivo riguardo alla capacità descrittiva delle forme, delle dinamiche e delle determinanti delle tipologie insediative ed essere sufficiente per discriminare in maniera netta i fattori che determinano lo sprawl. Un'altra questione rilevante per l'analisi dei fenomeni, anche in questo caso, riguarda il limite fisico dell'edificato nell'ambito del territorio comunale, distinguendo il limite amministrativo comunale dalle aree effettivamente urbanizzate.

Al fine di poter definire un quadro d'insieme dei diversi processi di urbanizzazione che determinano l'evoluzione morfologica delle città e supportare l'identificazione delle priorità per comprendere e affrontare il problema del consumo di suolo e rappresentare efficacemente la criticità del fenomeno nei diversi ambiti territoriali, è stato sviluppato un approccio di analisi che prevede la classificazione delle città in base alle caratteristiche del paesaggio descritte dagli indicatori citati (si veda la metodologia nel paragrafo 5.10).

Le aree urbane sono state dunque classificate in cinque classi (Figura 4.10):

1. comuni con un tessuto urbano prevalentemente monocentrico compatto con due sottoclassi:
    a. aree urbane compatte che coprono o superano i confini dell'intera superficie comunale (monocentrica satura),
    b. aree urbane compatte che occupano solo una porzione della superficie e sono interamente o prevalentemente incluse nel confine comunale (monocentrica);
2. comuni con un tessuto urbano prevalentemente monocentrico con tendenza alla dispersione nei margini urbani (monocentrica dispersa);
3. comuni con un tessuto urbano di tipo diffuso (diffusa);
4. comuni con un tessuto urbano di tipo policentrico (policentrica).

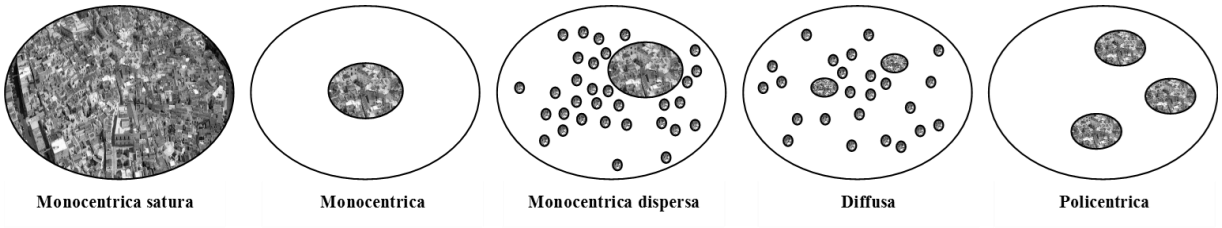

Figura 4.10 - Schematizzazione delle diverse forme insediative utilizzate per la classificazione delle aree urbane.

I comuni che hanno una struttura urbana monocentrica con significativa dispersione delle aree edificate all'esterno del nucleo urbano principale (Monocentriche disperse) e i comuni caratterizzati da un tessuto urbano di tipo diffuso (Diffuse) rappresentano le situazioni a maggiore rischio per gli effetti negativi della frammentazione. Una elevata criticità è rappresentata anche dalle aree urbane che superano il confine comunale, classificate come monocentriche sature, che nel nostro paese sono Milano, Torino, Napoli, Padova e Monza.
Come evidenzia la distribuzione dei comuni tra le classi (Figura 4.11, Tavola 14) la maggior parte dei comuni sia del Nord che del Centro Sud si classifica tra le città monocentriche disperse, quali ad esempio Campobasso, Reggio nell'Emilia, Udine.
Molte anche le città monocentriche compatte, che oltre a quelle sature già citate sono rappresentate da importanti centri urbani quali Catania, Cagliari, Firenze, Genova, Pescara, Bologna, etc.
Sono meno diffuse le città policentriche, che sono comunque rappresentate da una ventina di comuni tra i capoluoghi di provincia. Tra queste, con policentrismo dovuto a diversi fattori quali la morfologia del territorio o della costa ovvero dalla presenza di espansioni industriali o infrastrutturali, ovvero ancora per la forma delle urbanizzazioni successive, figurano Venezia, Bari, Taranto, Pordenone, Perugia, Catanzaro.
Infine, vi sono i comuni caratterizzati da una urbanizzazione decisamente diffusa, tra i quali si annoverano Trapani, Fermo, Latina, Ferrara, Lucca, Benevento. Da notare che a questa classe appartengono molti dei capoluoghi di provincia e delle città maggiori della regione Sardegna (Sassari, Iglesias, Olbia, Carbonia) e della regione Toscana (Arezzo, Grosseto, Lucca, Pisa e Siena).
Come evidenziato da queste prime analisi, la schematizzazione proposta aiuta ad analizzare la complessità dei fenomeni di trasformazione e le differenti forme di criticità che l'urbanizzazione pone alla sostenibilità del territorio. È auspicabile che valutazioni di questo tipo, unitamente alla valutazione complessiva degli effetti ambientali, sociali ed economici della perdita di qualità del territorio possano in futuro informare sia le politiche nazionali che i programmi di sviluppo territoriale, al fine di orientare le risorse disponibili verso le cause e le maggiori criticità.

Figura 4.11 - Distribuzione dei comuni capoluoghi di provincia nella classi di tipologia di tessuto urbano. La cartografia e alcuni esempi sono riportati in appendice (Tavole 14, 15 e 16). Fonte: ISPRA.

4.5 Analisi del paesaggio: composizione e configurazione spaziale

Lo studio del mosaico ambientale, così come descritto dalla carta nazionale di copertura del suolo ad alta risoluzione realizzata da ISPRA, (cfr. paragrafo 5.5), è condotto attraverso l'elaborazione di specifiche metriche riguardanti la frammentazione, la configurazione spaziale e l'eterogeneità del paesaggio.

Le metriche sono state selezionate escludendo le elaborazioni con elevato grado di correlazione, al fine di evitare informazioni ridondanti, frequenti in questo tipo di analisi (Bogaert, 2005), e restituire un quadro sintetico informativo del paesaggio italiano a scala provinciale.

Gli indicatori utilizzati sono volti a caratterizzare il livello di omogeneità (MPA) e di complessità (MSI) del paesaggio, l'eterogeneità e la diversità delle forme presenti (PLADJ, SHDI) nonché la frammentazione delle unità di paesaggio (PD). Dalla combinazione delle informazioni si ottengono le condizioni attuali dei paesaggi italiani, con alcune limitazioni dovute al livello di dettaglio tematico della classificazione utilizzata dalla cartografia *Copernicus*.

Tabella 4.4 - Selezione degli indicatori utilizzati per l'analisi del paesaggio a livello provinciale.

Indicatore	Descrizione e significato
MPA (*Mean Patch Area*)	Area media delle singole aree con unica classe di copertura (*patch*), assume valori crescenti all'aumentare dell'omogeneità del paesaggio.
PD (*Patch Density*)	Valore crescente all'aumentare del numero di *patch* nell'unità di area considerata e, quindi, crescente all'aumentare della frammentazione di un paesaggio.
PLADJ (*Percentage of Like Adjancencies*)	Percentuale delle adiacenze tra singoli elementi unitari della carta (*pixel*) di classe differente, valori crescenti sono rappresentativi di maggiore eterogeneità di un paesaggio.
SHDI (*Shannon Diversity Index*)	Indicatore che combina l'abbondanza di una classe rispetto alle altre con l'omogeneità del paesaggio. Per una classe specifica misura la sua rarità nel paesaggio, calcolato su tutte le classi, come nel presente rapporto, misura il grado di diversità del paesaggio.
MSI (*Mean Shape Index*)	Indice medio della forma delle patch. È un indicatore di forma che assume valori prossimi a 1 per superfici regolari (prossime a forme circolari o quadrate), aumenta proporzionalmente in base alla complessità delle forme delle *patch*.

Da un'analisi dei risultati per i cinque indicatori selezionati, calcolati a livello provinciale, emerge un'interessante ricostruzione numerica del paesaggio italiano.

Il paesaggio italiano si presenta mediamente non omogeneo (come dimostra il valore relativamente basso dell'indicatore MPA, intorno al 15% per la media provinciale), con un generale livello alto di "disaggregazione" (come rappresentato dall'indicatore PLADJ a oltre il 90%) e con superfici piuttosto regolari (come evidenzia l'indicatore MSI mediamente sotto il 1,5%). L'elevata variabilità a livello provinciale dei valori degli indicatori MPA e SHDI tuttavia mostra che le condizioni sono molto diverse tra una provincia e l'altra. Vi sono alcune province con elevati livelli di omogeneità, quali Ancona, Cagliari, Campobasso, Perugia e Potenza. Per queste province, che hanno vaste aree omogenee, è congruentemente basso anche il valore di frammentazione, come evidenziato dai valori dell'indicatore PD di frammentazione e dell'indicatore SHDI del grado di diversità. Le aree nelle quali il paesaggio è più frammentato, con il valore maggiore PD e minore di MPA, risultano la provincia di Napoli e di Trieste, che tuttavia si differenziano per il valore dell'SHDI, che le caratterizza la prima come provincia con una alta variabilità interna del paesaggio, al contrario della provincia di Trieste che risulta allineata alla media nazionale.

Considerando, ad esempio, le province di Campobasso e Potenza, si vede come comunque la configurazione e distribuzione spaziale delle *patch* risenta della morfologia locale, trattandosi di aree di montagna, in termini di MSI elevato tuttavia con una eterogeneità spaziale limitata, come rivelano i valori di MPA e SHDI. Dal grafico della PD emergono i valori, ben al di sopra dei valori provinciali di Trieste e Napoli, per le quali l'interpretazione delle metriche del paesaggio, in questo contesto, ci restituisce paesaggi frammentati e diffusi, qualità riscontrate anche nell'indicatore PLADJ per il quale le città assumono i valori minori, che segnala la tendenza alla formazione di cluster di classi e per certi

versi indica un'inversa proporzionalità con la frammentazione. La coppia di valori è anche la più bassa nel caso della MPA, in questo caso, viste le dimensioni limitate delle due province la considerazione che emerge è un elevato numero di *patch*, conseguente di un'elevata frammentazione. Un'analisi complessiva delle aree metropolitane rivela la tendenza delle metriche a stabilizzarsi attorno a valori medi. Tali risultati si possono giustificare con la predominanza della classe di urbanizzato dotata di configurazione spaziale più regolare e meno frammentata rispetto a classi naturali e seminaturali, ma anche con l'elevata superfice di indagine, che si traduce in una numerosità di elemento di influenza notevole dei risultati a queste scale di studio.

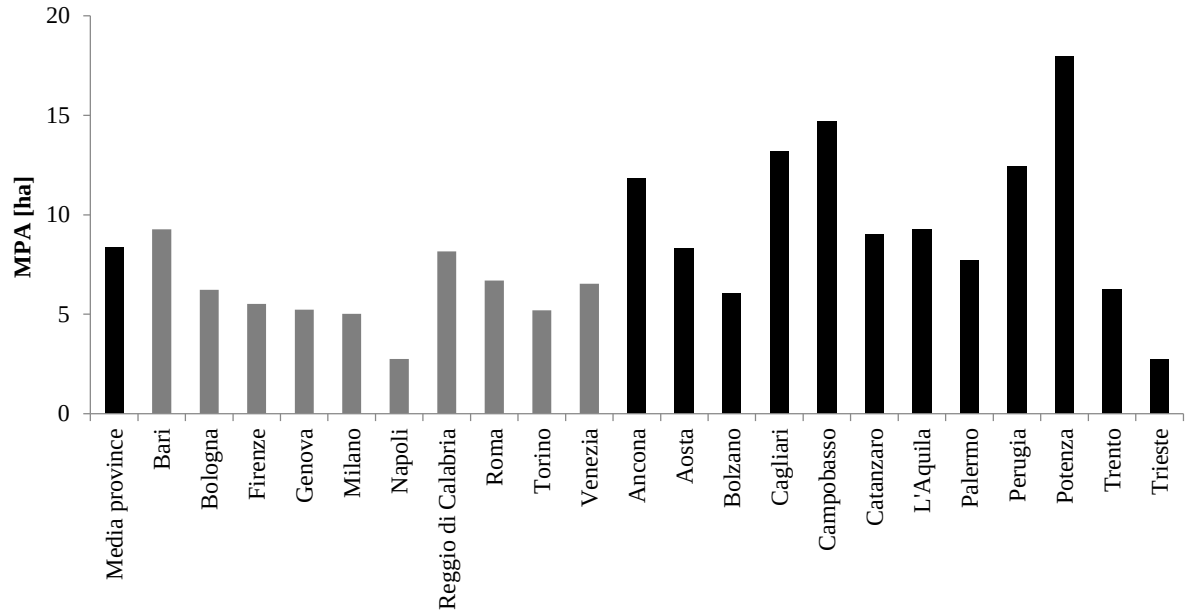

Figura 4.12 - Valori di MPA (*Mean Patch Area*) della carta nazionale di copertura del suolo ad alta risoluzione, per provincia. Assume valori crescenti all'aumentare dell'omogeneità del paesaggio. Fonte: ISPRA.

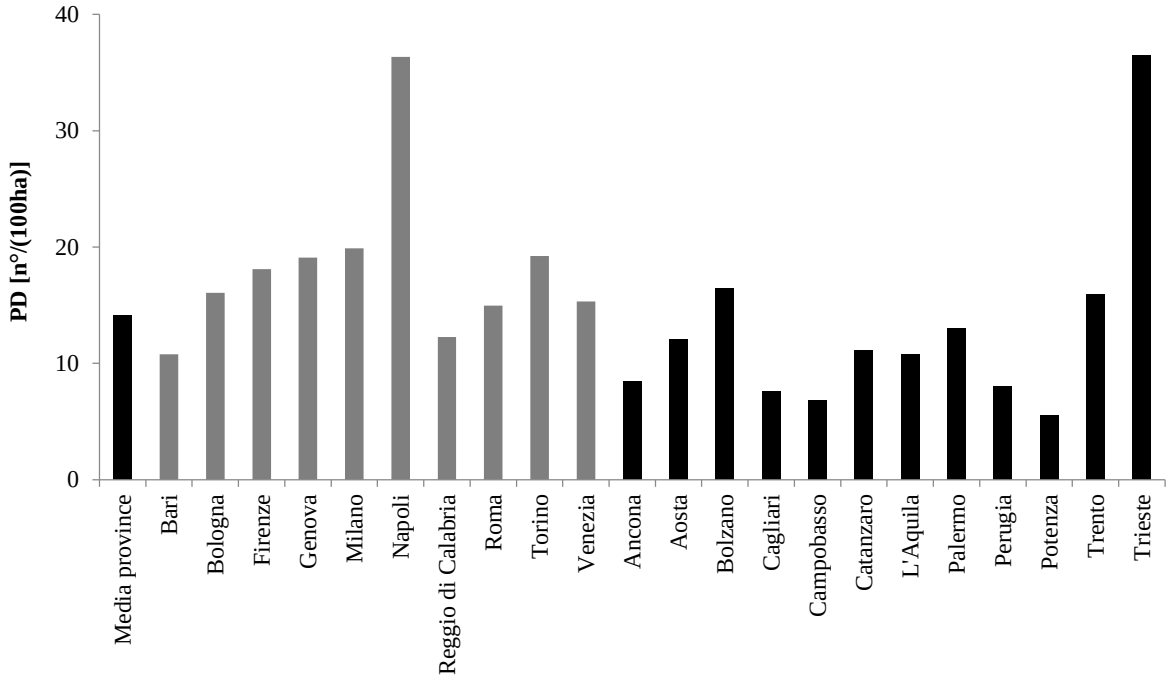

Figura 4.13 - Valori di PD (*Patch Density*) della carta nazionale di copertura del suolo ad alta risoluzione, per provincia. Valori più elevati si riscontrano in aree con maggiore frammentazione di un paesaggio. Fonte: ISPRA.

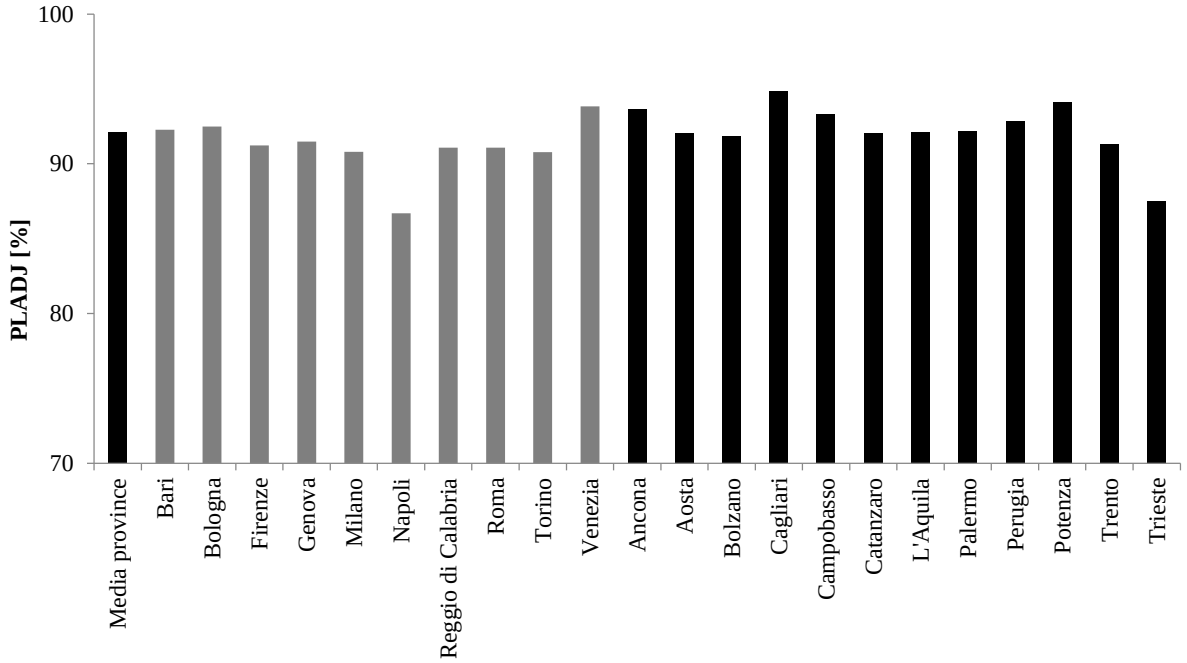

Figura 4.14 - Valori di PLADJ (*Percentage of Like Adjancencies*) della carta nazionale di copertura del suolo ad alta risoluzione, per provincia. Un valore minore sta ad indicare una disaggregazione massima tra le classi, mentre invece per valori crescenti si va verso un maggiore grado di aggregazione tra le classi. Valori crescenti sono rappresentativi di una tendenza delle classi a trovarsi in clusters a parità di superfici interessate, in questo caso si può parlare di inversa proporzionalità con la frammentazione. Fonte: ISPRA.

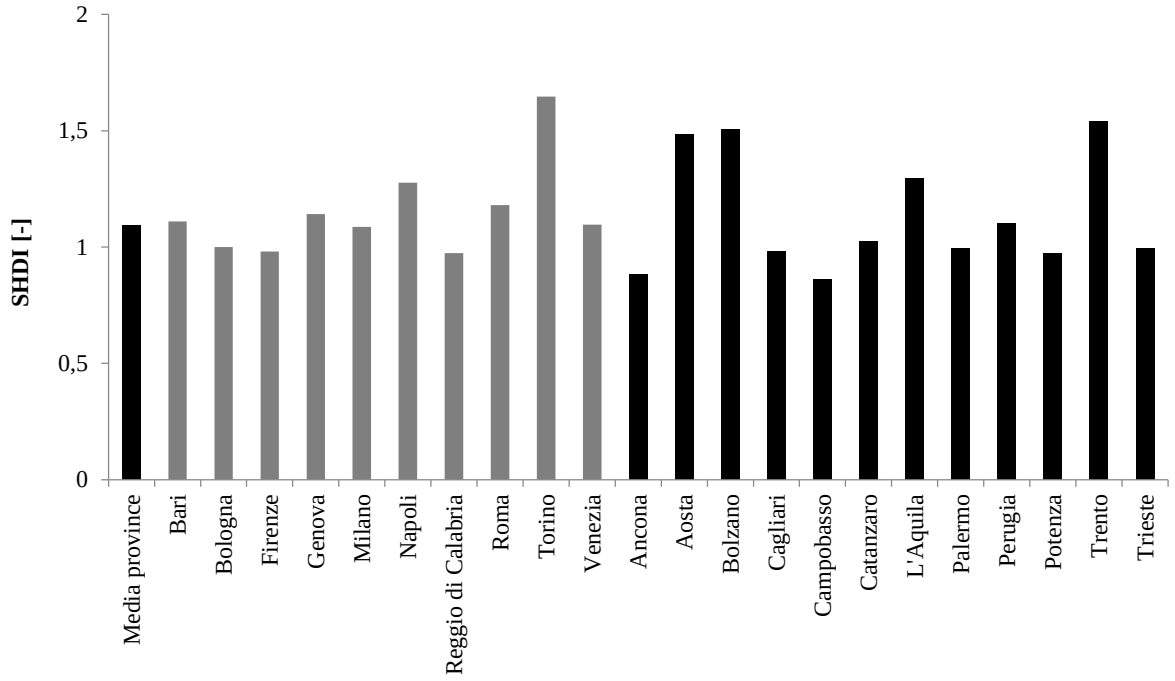

Figura 4.15 - Valori di SHDI (*Shannon Diversity Index*) della carta nazionale di copertura del suolo ad alta risoluzione, per provincia. È un indicatore della diversità, valori bassi si riscontrano in paesaggi in cui è nulla, o comunque bassa, la diversità tra le *patch*. Crescendo indica un aumento della varietà del paesaggio all'interno del territorio considerato. Fonte: ISPRA.

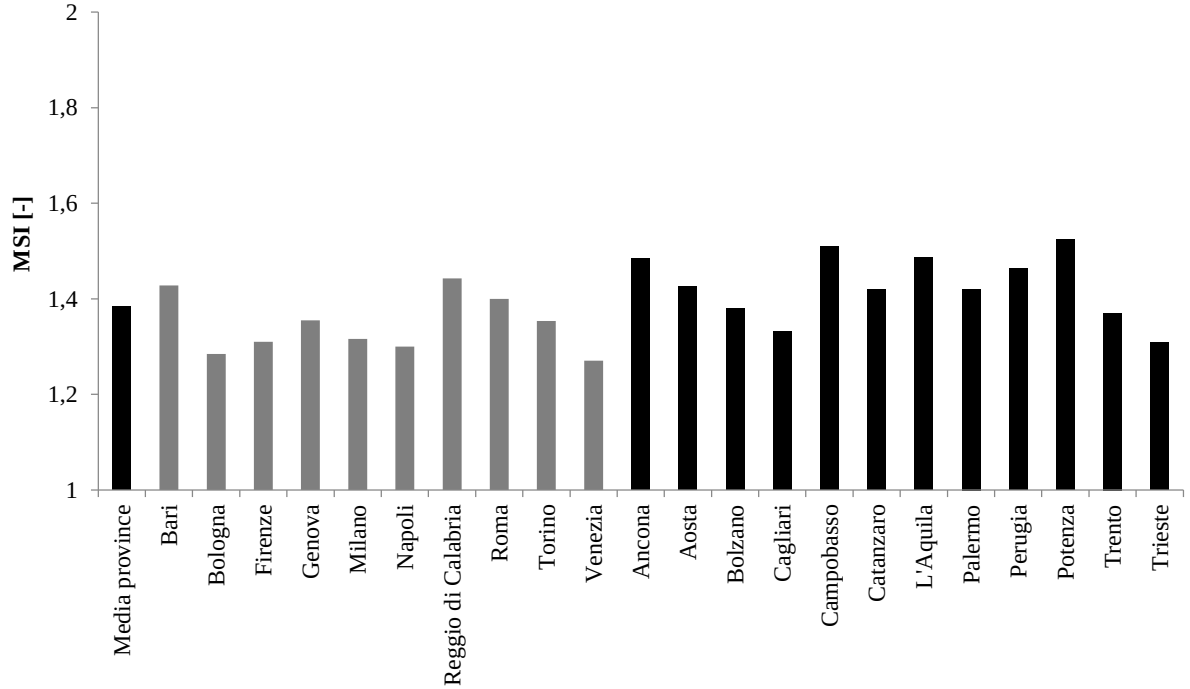

Figura 4.16 - Valori di MSI (*Mean Shape Index*) della carta nazionale di copertura del suolo ad alta risoluzione, per provincia. È un indicatore di forma che assume valori prossimi a 1 per superfici regolari (prossime a forme circolari o quadrate), aumenta proporzionalmente in base alla complessità del paesaggio. Fonte: ISPRA.

4.6 Un primo confronto tra le capitali europee

L'indice di dispersione, definito come il rapporto tra aree a bassa densità e aree urbanizzate (somma delle aree a bassa densità e aree ad alta densità; cfr. paragrafo 4.3), può essere impiegato per un primo confronto tra le diverse aree urbane a livello europeo. Nella figura seguente sono riportati i valori dell'indice di dispersione per alcune capitali europee, inclusa Roma. La metodologia di analisi e di elaborazione dei dati è omogenea e permette di confrontare i dati fra le diverse città, ma è diversa la definizione delle classi di urbanizzato denso e diffuso rispetto a quella utilizzata per i dati 2012 in questo rapporto. Pertanto i valori di Roma nel grafico seguente sono diversi da quelli riportati in figura 4.8, ma sono confrontabili con quelli delle altre capitali. Nel merito dei dati, sebbene in ambito nazionale l'indice di dispersione della città di Roma non risulti particolarmente elevato, e rientri tra i valori medi dei principali comuni italiani, in un contesto europeo tale valore diventa il più alto fra le città considerate, evidenziando la maggiore tendenza alla dispersione e alla diffusione insediativa della nostra Capitale rispetto alle altre città.

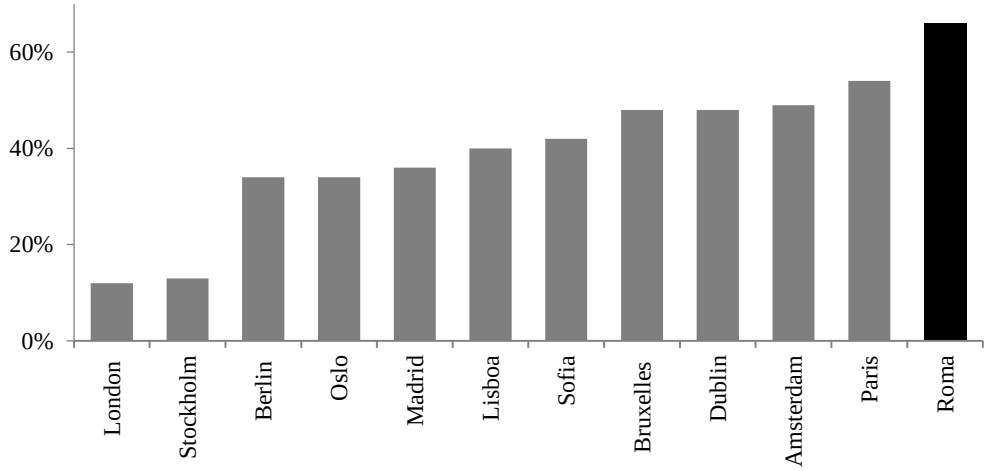

Figura 4.17 - Indice di dispersione urbana, un confronto tra le principali capitali europee (Elaborazione ISPRA su dati *Copernicus*, 2009).

5. METODOLOGIA DI MISURA E FONTI INFORMATIVE

5.1 Strumenti per il monitoraggio del consumo di suolo

Per il monitoraggio del consumo di suolo è fondamentale porre la dovuta attenzione alle fonti informative e agli strumenti in grado di assicurare la base conoscitiva necessaria a valutare la consistenza e le tendenze del fenomeno nello spazio e nel tempo. Per questo sono necessari, infatti, tecniche e strumenti di lettura di processi spaziali e di analisi geografica e devono essere altrettanto evidenti i limiti metodologici e conoscitivi dei diversi approcci, anche al fine di una corretta lettura dei dati disponibili. Molto spesso si assiste ad errate interpretazioni dei fenomeni in atto a causa, ad esempio, della non conoscenza delle modalità di acquisizione dei dati, dell'accuratezza dei risultati o del sistema di classificazione utilizzato.
A tal fine, le informazioni sulla copertura e sull'uso del suolo costituiscono una base informativa strategica per la lettura e la rappresentazione del territorio e per lo studio dei processi che lo modificano periodicamente.
Il monitoraggio dei cambiamenti di copertura o di uso del suolo può basarsi su due approcci, quali quello cartografico e quello inventariale. Semplificando si può affermare che mentre il primo risulta particolarmente utile grazie alla possibilità di avere dati spazializzati ed utilizzabili come input per modelli ed applicativi che, ad esempio, permettono la valutazione e la mappatura dei servizi ecosistemici, il secondo risulta più affidabile dal punto di vista statistico e consente una maggiore versatilità d'utilizzo, facilità e velocità di aggiornamento dei dati.
L'analisi delle dinamiche evolutive del territorio che si basa sullo studio diacronico delle carte di uso e di copertura del suolo e sulla valutazione dei cambiamenti intercorsi col passare degli anni permette, attraverso la lettura della cartografia elaborata in periodi diversi, di valutare la progressiva trasformazione del territorio. Tuttavia, tali basi di dati sono caratterizzate da alcuni elementi concettuali e semantici fondamentali, tra cui il sistema di rilievo del dato, il sistema di classificazione e la legenda[22], che devono essere tenuti in considerazione nel momento in cui si voglia impiegarli per una stima accurata del consumo di suolo (Munafò *et al.*, 2010b; CRCS, 2012).
Ci possono essere, infatti, differenze significative nei risultati ottenuti nel momento in cui si utilizzino fonti informative che fanno uso di sistemi di rilievo (telerilevamento/fotointerpretazione, rilievo diretto sul terreno, etc.) e di classificazione diversi e che, come spesso accade, definiscono in maniera differente il concetto di area omogenea o di uso/copertura prevalente, introducendo classi miste o sistemi di classificazione mista di uso e di copertura del suolo. Gran parte delle basi di dati utilizzate, inoltre, nascono per rispondere ad esigenze specifiche (ad esempio: controlli in agricoltura, pianificazione territoriale, valutazione ambientale, basi statistiche) che hanno necessità di definire sistemi di classificazione poco adatti alla valutazione del consumo di suolo (ISPRA, 2013b).
Per tali ragioni, un sistema di monitoraggio adeguato deve basarsi su un'efficace integrazione di diverse fonti, sia cartografiche, sia campionarie.

5.2 La rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo

I limiti delle fonti informative all'epoca disponibili (si veda il paragrafo 5.11), la mancanza di aggiornamenti frequenti e la non completa omogeneità e disponibilità delle diverse fonti informative hanno portato, nel 2005, allo sviluppo della *rete di monitoraggio del consumo di suolo*, ad opera di ISPRA e del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA/APPA). Il sistema permette, attualmente, di ricostruire l'andamento del consumo di suolo in Italia dal secondo dopoguerra ad oggi, mediante una metodologia di campionamento stratificato, che unisce la fotointerpretazione di ortofoto e carte topografiche storiche con dati telerilevati ad alta risoluzione. Questa indagine campionaria viene attualmente integrata con altre cartografie, necessarie sia per garantirne la validazione, sia per assicurare una maggiore e più coerente spazializzazione dei dati, partecipando direttamente e attivamente, in particolare, all'iniziativa *Copernicus*, che ha permesso di ottenere, negli ultimi anni, delle cartografie estremamente più dettagliate del Corine Land Cover, precedentemente utilizzato.
Tale rete di monitoraggio rappresenta il riferimento ufficiale a livello nazionale per le informazioni statistiche derivanti dal monitoraggio del consumo di suolo in quanto presente, all'interno del

[22] Intesa come applicazione di un sistema di classificazione a un'area specifica.

Programma Statistico Nazionale 2014-2016, come specifica indagine[23]. ISPRA è titolare di tale indagine che vede anche il contributo dell'Istat per gli aspetti metodologici-tecnici.
Il consumo di suolo viene valutato affiancando a banche dati cartografiche ad alta e ad altissima risoluzione realizzate in ambito *Copernicus*, un monitoraggio su base puntuale che permette di superare il limite della minima unità cartografabile e di arrivare a stime più affidabili e accurate.
In particolare, si riescono in tal modo a considerare tutte le superfici artificiali disperse sul territorio che spesso hanno una dimensione, singolarmente, molto piccola. L'utilizzo congiunto di un metodo campionario statistico ha perciò consentito di registrare anche i micro-cambiamenti, di derivare indicatori affidabili, di valutarne l'accuratezza e di stimare gli errori.
L'indagine ISPRA rappresenta così la più significativa collezione di dati a livello nazionale che ricostruisce l'andamento del consumo di suolo in Italia dagli anni '50 ad oggi. La metodologia di rilevazione sviluppata, l'unica dedicata specificamente al tema del consumo di suolo, è in grado di integrare le diverse fonti di dati con dati di osservazione della terra a livello europeo, utilizzando analisi cartografiche e aero-fotogrammetriche.
Per il rapporto di quest'anno, il sistema è stato integrato con l'aggiunta di nuovi punti di monitoraggio di livello comunale e con la rete dell'Inventario Nazionale dell'uso delle terre d'Italia (si veda il paragrafo successivo), al fine di migliorare ulteriormente l'accuratezza delle stime. Inoltre, grazie anche alle nuove immagini aeree disponibili con migliore risoluzione è stato possibile ridurre gli errori di omissione e di commissione durante il processo di fotointerpretazione e sono stati rivisti nuovamente anche alcuni punti di monitoraggio di livello nazionale e regionale già fotointerpretati.

5.3 L'Inventario dell'uso del suolo in Italia

L'Inventario dell'uso del suolo in Italia (IUTI) nasce con il fine di istituire un registro nazionale dei serbatoi di carbonio, con un sistema di classificazione campionario dell'intero territorio nazionale nelle sei categorie di uso/copertura del suolo previste dal sistema di contabilità dei gas a effetto serra introdotto da GPG-LULUCF (*Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*), secondo le linee guida codificate da IPCC (*Intergovernamental Panel on Climate Change*) per incentivare la creazione di database degli usi del suolo ed armonizzare quelli già esistenti, nate in seguito alla Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC). La classificazione di IUTI, è ulteriormente suddivisa in altre classi, al fine di rilevare le porzioni di territorio che presentano i requisiti per essere inserite nella contabilità del Protocollo di Kyoto (Marchetti *et al*., 2012).
IUTI si basa sull'attribuzione della classe d'uso del suolo a circa 1.206.000 punti di campionamento, mediante interpretazione di immagini ortofotografiche e ha il vantaggio di poter rappresentare una possibile base di riferimento per approfondimenti tematici, come avvenuto, ad esempio, nel caso dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi di Carbonio (De Natale, 2004).
I punti sono localizzati secondo uno schema di campionamento stratificato per tasselli (*tesselated stratified sampling*), noto anche come campionamento sistematico non allineato, che, oltre ad assicurare una distribuzione spaziale omogenea dei punti sul territorio, presenta proprietà statistiche preferibili rispetto a quelle del campionamento casuale semplice e del campionamento sistematico allineato (Barabesi e Franceschi, 2011). Il punto di sondaggio è posizionato in modo casuale all'interno di una maglia a celle quadrate di 0,5 km di lato. Il sistema di classificazione gerarchico utilizzato si basa sulle 6 categorie d'uso delle terre definite per GPG- LULUCF (*Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*) (Penman *et al*., 2003), integrata con sottocategorie di secondo e terzo livello, per un totale di 9 classi (cfr. paragrafo 3.1). Per ulteriori approfondimenti metodologici e per la valutazione delle stime di superficie e degli errori standard per le singole classi si rimanda a Marchetti *et al*. (2012) e Corona *et al*. (2012). L'analisi dei cambiamenti è condotta successivamente con la costruzione delle matrici di transizione note anche come *cross tabulation matrix*, basate sul metodo dei flussi (Pontius *et al*., 2004).
Nel corso del 2014 la disponibilità di ortofoto delle annate 2012-2014 per l'intera superficie nazionale ha consentito l'aggiornamento dell'inventario. Tale operazione è stata condotta su un campione dell'1% del totale dei punti di sondaggio. L'estrazione del campione è stata effettuata grazie all'applicazione di algoritmi di *clustering k-means* con approccio *k-medoids* (clustering partizionale). Questo metodo

[23] Programma Statistico Nazionale (PSN) 2014-2016, Statistiche da indagine - APA-00046 - Monitoraggio del consumo del suolo e del soil sealing.

consente di minimizzare l'errore quadratico medio e la distanza tra punti di un cluster, generando gruppi con numerosità interna pressoché identica e permette di contenere molto i costi consentendo così un monitoraggio continuo ed affidabile dei cambiamenti in atto. La popolazione è stata inizialmente aggregata in pochi clusters contenenti un numero elevato di punti; successivamente ogni cluster a sua volta è stato suddiviso in 50 cluster di dimensioni e numerosità inferiori. Procedendo per affinamenti e iterando la procedura si è giunti a ripartire la popolazione di punti in 13.373 raggruppamenti (ognuno composto da circa 90-100 unità elementari). È stato quindi estratto un punto in maniera casuale da ciascuno dei cluster precedentemente creati, ottenendo così il campione di 13.373 punti rappresentativi della popolazione originaria, su cui è stata condotta la procedura di fotointerpretazione a video per l'attribuzione della classe d'uso del suolo.

5.4 I servizi Copernicus per il monitoraggio del territorio ad alta risoluzione

Copernicus, noto in precedenza come GMES - *Global Monitoring for Environment and Security*, è un programma europeo di osservazione della Terra che ha come obiettivo principale la protezione dell'ambiente, la protezione civile e la sicurezza civile. Si tratta di un sistema complesso di raccolta di informazioni da molteplici fonti quali satelliti di osservazione e sensori di terra, mare e aerei che vengono integrate tra loro. *Copernicus* ha tra i suoi obiettivi anche quello di garantire all'Europa una sostanziale indipendenza nel rilevamento e nella gestione dei dati sullo stato di salute del pianeta.
I servizi *core* del *Copernicus* coprono sei aree tematiche (suolo, mare, atmosfera, cambiamenti climatici, gestione delle emergenze, sicurezza) e sono applicati in numerosi campi, tra cui la protezione dell'ambiente, la gestione delle aree urbane, la pianificazione regionale e locale, l'agricoltura, la gestione forestale, la silvicoltura, la pesca, la salute, i trasporti, i cambiamenti climatici, lo sviluppo sostenibile, la protezione civile e il turismo.
I servizi già operativi riguardano la gestione delle emergenze e il monitoraggio del territorio. Il programma *Copernicus* fornisce, in tale ambito, anche un supporto per la valutazione del fenomeno del consumo di suolo, curata da ISPRA e dal Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente. I servizi di monitoraggio dell'atmosfera e dell'ambiente marino saranno attivati entro il 2015, a questi seguiranno il servizio di monitoraggio dei cambiamenti climatici e il servizio per la sicurezza. ISPRA, in collaborazione con altre istituzioni, assicura la fornitura di dati e informazioni ambientali, inoltre rappresenta l'Italia sia nel Comitato *Copernicus*, insieme al MIUR e all'Agenzia Spaziale Italiana - ASI, sia nello *User Forum* e coordina il Forum Nazionale degli Utenti *Copernicus*, preposto alla raccolta dei requisiti degli utenti finali e intermedi.
Nell'ambito del programma *Copernicus*, come parte della componente *Land* di responsabilità dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA), sono stati realizzati gli *High Resolution Layers* (HRL, strati ad alta risoluzione) riferiti all'anno 2012 per 39 paesi europei, tra cui l'Italia. Gli HRL sono mappe di copertura del suolo finalizzate al monitoraggio della copertura del suolo in Europa con elevata risoluzione spaziale per i principali temi ambientali: impermeabilizzazione del suolo e aree costruite, foreste, prati permanenti, zone umide, corpi idrici permanenti. Questi strati sono di fondamentale importanza per la pianificazione ambientale, in particolare nell'ambito della valutazione dei servizi ecosistemici del sistema suolo (Verburg *et al*., 2013).
Gli HRL 2012 sono stati realizzati da vari produttori seguendo metodologie semi-automatiche. L'EEA ha richiesto per questi prodotti (definiti HRL intermedi) un processo di validazione e, in modo opzionale, una successiva fase di miglioramento finalizzata ad aumentare l'accuratezza tematica degli HRL.
Ogni Stato membro ha così avuto la possibilità di verificare e migliorare i rispettivi HRL usando l'esperienza e i dati di riferimento nazionali. L'EEA ha pubblicato due linee guida rispettivamente per la verifica ed il miglioramento degli HRL. Tuttavia, agli Stati è permesso di modificare e migliorare le metodologie in base alle proprie necessità e peculiarità ambientali.
In Italia, la verifica ed il miglioramento sono state effettuate da ISPRA.
La verifica è il processo di valutazione dell'accuratezza, che può essere realizzato in vari modi e, nel caso la verifica degli HRL mostrasse una bassa accuratezza tematica o gravi errori in aree specifiche, il processo di miglioramento ha cercato di correggere gli errori, modificando l'HRL intermedio in maniera manuale o preferibilmente automatica.
Per il miglioramento degli HRL in Italia si è favorito l'uso di dati nazionali e regionali, selezionando la cartografia disponibile di copertura e uso del suolo compatibile con le definizioni dei vari HRL.

Figura 5.1 - Diagramma della procedura di verifica e miglioramento dei servizi *Copernicus* per il monitoraggio del territorio ad alta risoluzione.

Tra i diversi HRL, lo strato ad alta risoluzione sull'impermeabilizzazione del suolo ha l'obiettivo di classificare il livello di impermeabilizzazione dovuto allo sviluppo urbano e infrastrutturale.
La tabella seguente mostra gli elementi che sono inclusi ed esclusi nella definizione di questo HRL.

Tabella 5.1 - definizione degli elementi compresi ed esclusi dal "Grado di impermeabilizzazione" (EEA, 2012a).

Elementi inclusi	Elementi esclusi
Aree abitative	Miniere, cave, produzione di torba
Aree di trasporto (aeroporti, porti, stazioni ferroviarie, parcheggi)	Discariche
Aree industriali e commerciali	Cantieri senza evidenti costruzioni
Parchi ricreativi (escludendo aree totalmente verdi associate con questi)	Superfici erbacee usate per
Cantieri con evidenti strutture costruite	qualsiasi sport
Singole abitazioni (laddove identificabili)	Suolo nudo, roccia, aree con
Altre superfici impermeabili che sono parte di categorie miste come ad	vegetazione rada
esempio orti urbani, cimiteri, aree sportive (infrastrutture visibili),	Sabbia, cave di sabbia
campeggi (strade ed infrastrutture), escludendo le aree verdi associate	Ghiacciai, neve, acqua
con questi.	Sedi ferroviarie
Strade e ferrovie associate con altre superfici impermeabili	
Bordi pavimentati di corpi idrici	

Oltre al grado di impermeabilizzazione e alle aree costruite derivate dalla riclassificazione del grado di impermeabilizzazione, sono stati prodotti altri 4 strati (raster) corrispondenti alle seguenti classi tematiche di copertura del suolo (EEA, 2013):

- Bosco (tipo e densità di copertura arborea - *Forest*);
- Parti permanenti (*Grassland*);
- Zone umide (*Wetland*);
- Corpi idrici permanenti (*Permanent Water Bodies*).

Queste cartografie hanno una risoluzione di 20 metri, che è significativamente maggiore rispetto ad altri prodotti consolidati come il *Corine Land Cover* (CLC).
Al momento, il grado di impermeabilizzazione è l'unico HRL ad avere una serie storica, essendo stato prodotto anche per il 2006 e 2009.
È previsto un aggiornamento frequente e periodico degli HRL ogni 3 anni; in particolare, il prossimo aggiornamento è previsto per il 2015.
Durante le attività di verifica degli strati sono stati evidenziati alcuni errori di commissione in prossimità di strade sterrate e cave; in generale sono stati rilevati alcuni errori di omissione nelle aree periferiche delle città e in piccoli paesi, ma sono state evidenziate particolari criticità per lo strato dei prati permanenti.
Le varie procedure di miglioramento applicate agli HRL intermedi ha permesso di ridurre il numero di aree omesse e commesse. In particolare, per quanto riguarda lo strato sul grado di impermeabilizzazione, sono stati corretti circa 2.700 ettari di errori di commissione, e circa 200.000 ettari di errori di omissione. Lo strato sulla densità di copertura arborea è stato migliorato di circa 190.000 ettari per gli errori di commissione e circa 370.000 ettari per gli errori di omissione. Lo strato sul tipo di bosco è stato corretto di circa 156.000 ettari per gli errori di commissione, mentre per gli errori di omissione sono stati corretti circa 600.000 e 246.000 ettari di latifoglie e conifere rispettivamente. Relativamente allo strato dei prati permanenti, circa 417.000 ettari di errori di commissione sono stati corretti, e 368.000 ha di errori di omissione. Lo strato sulle zone umide è stato particolarmente migliorato nell'area della laguna di Venezia, correggendo 89.200 ettari di errori di commissione e di 82.900 ettari di omissione. Infine i corpi idrici permanenti sono stati migliorati di circa 222.500 ettari per gli errori di commissione e 94.700 ettari per gli errori di omissione.

5.5 La carta nazionale di copertura del suolo ad alta risoluzione

Gli strati HRL migliorati sono stati integrati, a cura di ISPRA, al fine di realizzare, per l'Italia, un'unica cartografia nazionale rappresentate la copertura del suolo ad alta risoluzione.
Considerando le caratteristiche tematiche degli HRL, l'integrazione è stata effettuata imponendo alcune condizioni e riclassificazioni degli strati originali.
In particolare, lo strato sul grado di impermeabilizzazione è stato convertito in una classificazione binaria del costruito (cioè 0 = non costruito, 1 = costruito) ponendo un valore limite del 30% (Maucha *et al*, 2011) sul grado di impermeabilizzazione (cioè 0-29% = non costruito, 30-100% = costruito). Inoltre, è stato utilizzato il layer del tipo di foresta per la distinzione tra conifere e latifoglie, senza includere informazioni sulla densità arborea.
Quindi è stata definita la legenda con le classi ed i codici riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.2 - Legenda della carta nazionale di copertura del suolo ad alta risoluzione.

Codice	Classe	Descrizione
0	Altro	Classe non corrispondente a nessuna delle altre classi di copertura definite
1	Costruito	Aree costruite, corrispondenti ai valori del grado di impermeabilizzazione > 29%
2	Foresta di latifoglie	Aree coperte da latifoglie corrispondenti alla classe 1 dell'HRL Tipo di Foresta
3	Foresta di conifere	Aree coperte da conifere corrispondenti alla classe 2 dell'HRL Tipo di Foresta
4	Praterie	Aree coperte da prati corrispondenti alla classe 1 dell'HRL Praterie
5	Zone umide	Aree coperte da zone umide corrispondenti alla classe 1 dell'HRL Zone umide
6	Corpi idrici permanenti	Aree coperte da corpi idrici corrispondenti alla classe 1 dell'HRL Corpi Idrici Permanenti
254	Non classificato	Aree non classificate per mancanza di dati

Tramite alcuni calcoli raster, gli HRL sono stati elaborati secondo la precedente legenda ed integrati in un unico strato in cui ad ogni pixel è assegnata una classe di copertura. La tavola 5, in appendice, mostra il risultato di questa operazione.

Si può notare che le aree classificate come "altro" corrispondano in gran parte alle aree agricole (ad esempio la Pianura Padana) e alle aree di suolo nudo.
Questo ulteriore strato ad alta risoluzione che integra i vari HRL assume quindi un notevole valore informativo che può trovare grandi applicazioni nel monitoraggio ambientale e nella pianificazione territoriale. Un esempio di utilizzo dal punto di vista scientifico è il calcolo di indicatori del paesaggio (*Landscape Metrics*) al livello regionale e comunale, che consentono di descrivere le caratteristiche del paesaggio come la forma e la struttura (si veda il capitolo 4 per l'applicazione al territorio nazionale).

5.6 La carta nazionale del consumo di suolo ad altissima risoluzione

Nell'ambito delle attività legate al programma *Copernicus*, come specifico e aggiuntivo prodotto per il nostro Paese, ISPRA ha realizzato, nel 2015, uno strato ad altissima risoluzione che identifica le aree impermeabilizzate e le aree a copertura artificiale per l'intero territorio italiano, secondo il sistema di classificazione al primo livello della Rete di monitoraggio del consumo di suolo.
Tali dati rappresentano, quindi, la prima cartografia nazionale ad altissima risoluzione sul consumo di suolo, che riporta tutti gli elementi classificati come suolo consumato: edificato; strade asfaltate e sterrate; piazzali, parcheggi, cortili e altre aree pavimentate o in terra battuta; serre permanenti; aeroporti e porti; aree e campi sportivi impermeabili; sedi ferroviarie; campi fotovoltaici a terra; aree estrattive non rinaturalizzate, discariche, cantieri.
La cartografia è stata realizzata[24] utilizzando immagini RapidEye[25] (risoluzione 5 metri) riferite agli anni 2011 e 2012.
Il processo di classificazione semi-automatico è basato sul riconoscimento delle aree impermeabili e artificiali; inoltre sono stati utilizzati dati ancillari al livello regionale (compatibili con la risoluzione geometrica dello strato, come database topografici e CTR vettoriali) e l'informazione vettoriale da *OpenStreetMap* per migliorare l'identificazione delle strade.
I dati sono liberamente consultabili e scaricabili sul sito di ISPRA[26], anche in considerazione del loro progressivo miglioramento e aggiornamento, con il possibile contributo di altre amministrazioni, così come di associazioni e di privati.
È utile evidenziare le differenze rispetto al sistema di classificazione degli HRL *Copernicus*; in particolare le sedi ferroviarie, le aree estrattive e le discariche, sono incluse come aree di suolo consumato nello strato a 5 metri, mentre escluse dallo strato *Copernicus* sul grado di impermeabilizzazione.
La nuova carta nazionale ad altissima risoluzione sul consumo di suolo non identifica, quindi, il grado di impermeabilizzazione, bensì classifica il territorio italiano secondo la legenda riportata in tabella seguente.

Tabella 5.3 - Legenda della carta nazionale ad altissima risoluzione sul consumo di suolo.

Valori	Descrizione
0	Suolo non consumato
1	Suolo consumato
2	Aree non classificate per mancanza di dati
3	Aree al di fuori dei limiti nazionali

Questo strato ad altissima risoluzione è un importante progresso per il monitoraggio ambientale, poiché definisce una mappatura delle aree impermeabilizzate al livello nazionale con un dettaglio spaziale senza precedenti. La migliore risoluzione spaziale consente di stimare le superfici impermeabilizzate in modo più preciso rispetto allo strato *Copernicus* (20 metri di risoluzione); la cartografia è quindi adatta per il monitoraggio del consumo di suolo anche a scala locale (es. comunale). È auspicabile inoltre che le amministrazioni locali possano contribuire al processo di miglioramento e aggiornamento di questo strato cartografico in modo da valutare anche l'evoluzione del consumo di suolo nel tempo.

[24] La fase di produzione della cartografia nazionale è avvenuta con il supporto di Planetek Italia.
[25] RapidEye è una costellazione di 5 satelliti che acquisiscono immagini multispettrali (5 bande tra cui il visibile, la banda Red Edge, e l'infrarosso vicino). Le immagini sono fornite dall'ESA (per maggiori informazioni https://earth.esa.int/web/guest/missions/3rd-party-missions/current-missions/rapideye).
[26] Per maggiori informazioni si veda: http://www.consumosuolo.isprambiente.it.

5.7 Acquisizione dei dati e metodologia di stima per la rete di monitoraggio

La metodologia si articola in tre fasi principali: fotointerpretazione, integrazione con i dati di osservazione della terra, elaborazione degli indicatori. Nella fase di fotointerpretazione sono stati monitorati circa 190.000 punti di una rete stratificata a tre livelli (nazionale, regionale e comunale), distribuiti sull'intero territorio italiano. Questo monitoraggio di tipo puntuale ha consentito di superare il limite della minima unità cartografata tipica delle cartografie tematiche, che non avrebbe permesso di considerare superfici artificiali inferiori a queste minime unità di rilevazione, superfici tra l'altro molto diffuse nel nostro territorio (Salvati *et al.*, 2012; Romano e Zullo, 2013). Per l'inserimento, la modifica e l'implementazione dei dati derivanti dalla fotointerpretazione, è stato utilizzato un applicativo web che ha facilitato sia le attività di acquisizione, sia il controllo e la validazione delle informazioni raccolte.
L'analisi cartografica e aero-fotogrammetrica è stata basata sui diversi anni di rilevazione della serie storica disponibile per il periodo compreso tra gli anni '50 ed oggi, utilizzando la cartografia dell'Istituto Geografico Militare a scala 1:25.000 databile tra il 1938 e il 1990 (mediamente l'anno di riferimento è il 1956 e nel testo ci si riferisce, per tali motivi, agli anni '50), le ortofoto in bianco e nero del 1988-1993 e 1994-1997 distribuite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), le ortofoto a colori del 1998-2001 e 2004-2007 distribuite sempre dal MATTM. Sono state utilizzate, infine, le ortofoto a colori del periodo 2008-2014, consultate in base alla disponibilità dei dati MATTM, delle regioni, di AGEA, dell'ESA o tramite altri servizi di rete e immagini satellitari (Landsat, RapidEye).
In una fase successiva, è stato effettuato un confronto tra i dati puntuali e lo strato informativo europeo ad alta risoluzione spaziale realizzato nell'ambito del programma *Copernicus* per l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) utilizzando immagini satellitari relative all'anno 2006, 2009 e 2012, aventi una risoluzione spaziale pari a 20 metri e con la cartografia ISPRA del consumo di suolo ad altissima risoluzione.
L'acquisizione dei dati di monitoraggio e, di conseguenza, alcune elaborazioni (tra cui, ad esempio, la percentuale di suolo consumato per tipologia di copertura artificiale) sono state effettuate con il livello tematico illustrato nella tabella seguente (secondo livello del sistema di classificazione).

Tabella 5.4 - Sistema di classificazione utilizzato per la valutazione del consumo di suolo.

Suolo consumato	Suolo non consumato
Edifici, capannoni	Alberi o arbusti in aree urbane
Strade asfaltate	Alberi o arbusti in aree agricole
Strade sterrate	Alberi o arbusti in aree naturali
Piazzali, parcheggi, cortili e altre aree pavimentate o in terra battuta	Seminativi
	Pascoli, prati, vegetazione erbacea
Sede ferroviaria	Corpi idrici
Aeroporti e porti (solo le banchine, le piste, le aree di movimentazione merci e mezzi e le altre aree impermeabili)	Alvei di fiumi asciutti
	Zone umide
Aree e campi sportivi impermeabili	Rocce, suolo nudo, spiagge, dune
Serre permanenti	Ghiacciai e superfici innevate permanenti
Campi fotovoltaici a terra	Aree sportive permeabili
Aree estrattive non rinaturalizzate, discariche, cantieri	Altre aree permeabili in ambito urbano
Altre aree impermeabili	Altre aree permeabili in ambito agricolo
	Altre aree permeabili in ambito naturale

Per il calcolo degli indicatori sintetici del consumo di suolo è stato adottato un metodo di classificazione binaria, identificando con il codice "0" le aree "non consumate" e con "1" le aree "consumate", sia per i punti della rete di monitoraggio, sia per le cartografie a 20 e a 5 metri di risoluzione. Il tasso di consumo di suolo è stato calcolato come percentuale della superficie consumata sul totale della superficie territoriale per anno e per periodo di studio. È stato inoltre calcolato un tasso di consumo di suolo pro-capite dividendo la superficie di suolo consumato in metri quadrati per la popolazione residente nell'ambito territoriale definito, attraverso l'uso dei dati censuari in serie storica. Tali elaborazioni sono state effettuate utilizzando come dominio spaziale l'ambito municipale per via della più ampia

disponibilità di dati ancillari (ad esempio, popolazione residente ai censimenti decennali effettuati in Italia lungo l'intero periodo di studio di questo lavoro).
Per una migliore interpretazione dei risultati, sono stati calcolati gli intervalli di confidenza (tabella 5.5) associati alle percentuali del consumo di suolo a livello regionale e nazionale.

Tabella 5.5 - Intervalli di confidenza al 95% a livello regionale e nazionale, per anno.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2008	2013
Piemonte	±0,81%	±0,98%	±0,98%	±0,99%	±1,01%	±1,01%	±1,14%
Valle d'Aosta	±0,61%	±0,66%	±0,66%	±0,66%	±0,70%	±0,70%	±0,74%
Lombardia	±0,98%	±1,14%	±1,19%	±1,21%	±1,26%	±1,26%	±1,33%
Trentino-Alto Adige	±0,56%	±0,60%	±0,62%	±0,62%	±0,64%	±0,64%	±0,65%
Veneto	±0,92%	±1,03%	±1,09%	±1,11%	±1,20%	±1,21%	±1,24%
Friuli-Venezia Giulia	±0,79%	±0,93%	±0,99%	±1,00%	±1,03%	±1,04%	±1,05%
Liguria	±0,78%	±0,96%	±0,99%	±1,01%	±1,04%	±1,04%	±1,06%
Emilia Romagna	±0,64%	±0,98%	±1,03%	±1,05%	±1,05%	±1,02%	±1,00%
Toscana	±0,71%	±0,91%	±0,95%	±0,95%	±1,02%	±1,03%	±1,05%
Umbria	±0,62%	±0,81%	±0,87%	±0,87%	±0,98%	±0,96%	±0,99%
Marche	±0,79%	±0,95%	±1,01%	±1,03%	±1,06%	±1,07%	±1,11%
Lazio	±0,58%	±0,91%	±0,96%	±1,00%	±0,98%	±0,98%	±1,00%
Abruzzo	±0,61%	±0,81%	±0,86%	±0,87%	±0,91%	±0,92%	±0,94%
Molise	±0,68%	±0,75%	±0,78%	±0,79%	±0,81%	±0,82%	±0,85%
Campania	±0,96%	±1,08%	±1,11%	±1,12%	±1,16%	±1,16%	±1,18%
Puglia	±0,83%	±0,98%	±1,04%	±1,06%	±1,12%	±1,13%	±1,12%
Basilicata	±0,71%	±0,74%	±0,78%	±0,79%	±0,87%	±0,88%	±0,89%
Calabria	±0,73%	±0,85%	±0,89%	±0,89%	±0,93%	±0,93%	±0,95%
Sicilia	±0,68%	±1,00%	±1,02%	±1,02%	±1,07%	±1,07%	±1,09%
Sardegna	±0,60%	±0,67%	±0,72%	±0,73%	±0,83%	±0,83%	±0,83%
Italia	**±0,19%**	**±0,23%**	**±0,24%**	**±0,25%**	**±0,26%**	**±0,26%**	**±0,27%**

Tali intervalli di confidenza sono stati stimati considerando il fatto che la rete di monitoraggio utilizzata rappresenta un campionamento stratificato non proporzionale, i cui strati sono identificati con le reti parziali utilizzate (nazionale, regionale e comunale). La stima della media deriva dunque dalla ponderazione dei valori per ogni strato tenendo conto delle dimensioni dello strato nell'universo. Se W_i è il peso dell'*i*-esimo strato dell'universo, inteso come superficie territoriale di riferimento (regionale o nazionale), la stima della media avviene con la seguente formula (Blalock, 1984):

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^{k} W_i \, \bar{X}_i$$

in cui le $\bar{X}_i$ sono le medie ricavate dal campione per ciascuno dei *k* strati, ovvero il suolo consumato in ogni strato.
La stima della varianza della media è la seguente:

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}}{}^2 = \sum_{i=1}^{k} W_i^2 \, \hat{\sigma}_{\bar{X}_i}{}^2$$

in cui $\hat{\sigma}_{\bar{X}_i}{}^2$ indica una stima della varianza della media all'interno di ogni *i*-esimo strato ed è ricavata da:

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}_i}{}^2 = \frac{p_i^c (1 - p_i^c)}{n_i}$$

in cui p_i^c rappresenta la frazione di campioni in cui si è avuto un consumo di suolo nello strato e n_i la numerosità campionaria nello strato.
La stima dell'errore viene quindi ottenuta da:

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{X}}{}^2}$$

mentre l'intervallo di confidenza al 95% è dato da:

$$\theta = \bar{X} \pm 1{,}96 \cdot \hat{\sigma}_{\bar{X}}$$

5.8 Validazione

Le informazioni raccolte sono state confermate o eventualmente corrette nella fase di validazione. Per verificare il grado di corrispondenza dei dati derivanti dalla fotointerpretazione con quelli della validazione, si è proceduto con la valutazione dell'accuratezza. Tale procedura è consistita in primo luogo nella selezione di un sottocampione, quindi nella costruzione di una matrice le cui intestazioni delle colonne sono rappresentate dai dati reali o di riferimento (cioè validati), e le righe dai valori attribuiti prima della validazione (sulla base del primo livello di classificazione: punti non classificati, suolo non consumato, suolo consumato). Poiché tale metodo si basa sulla corrispondenza dei valori, sulla diagonale principale ricadono i punti correttamente classificati, mentre gli altri elementi sono errori di classificazione. Da queste, sono stati derivati gli indici di accuratezza globale, accuratezza per l'utilizzatore e accuratezza per il produttore.
L'accuratezza globale definisce la percentuale di accuratezza di una classificazione rispetto alla verità:

$$Accuratezza\ globale = N/Tot$$

dove:

- *N = numero di punti correttamente classificati (somma della diagonale principale della matrice d'errore);*
- *Tot = totale dei punti.*

L'accuratezza dell'utilizzatore definisce quanti punti attribuiti nella classificazione alla classe *i* sono nella realtà in quella classe:

$$UA = a_{ii}/R_i$$

dove:

- *UA = User Accuracy o accuratezza dell'utilizzatore;*
- a_{ii} *= numero di punti correttamente classificati della classe i;*
- R_i *= totale della riga i, ovvero la totalità dei punti appartenenti alla classe i prima della validazione.*

L'accuratezza dal punto di vista del produttore definisce quanti punti appartenenti nella realtà alla classe *i* sono effettivamente classificati in quella classe:

$$PA = a_{ii}/C_i$$

dove:

- *PA = Producer Accuracy o accuratezza del produttore;*
- a_{ii} *= numero di punti correttamente classificati della classe i;*
- C_i *= totale della colonna i, ovvero la totalità dei punti appartenenti alla classe i sulla base dei dati reali o di riferimento.*

Il grado di accuratezza ottenuto ci ha permesso di confermare la validazione delle informazioni raccolte, che sono risultate coerenti con i dati reali o di riferimento.
L'accuratezza globale a scala nazionale è risultata pari complessivamente al 99%. Complessivamente l'accuratezza è risultata molto buona anche a livello regionale. In riferimento a quella globale, è risultata pari mediamente al 98% per tutti gli anni considerati, con l'eccezione del periodo 1988-93, in cui è risultata pari al 96% (Tabella 5.6).

Tabella 5.6 - Matrici di errore e valori percentuali dell'accuratezza globale (Acc. Globale %), dell'utilizzatore (UA %) e del produttore (PA %) a livello nazionale.

				Acc. globale %	UA %	PA %
				% (N/Tot)	% (a_{ii}/R_i)	% (a_{ii}/C_i)
Complessiva	657	22	7	99%	96%	98%
	11	3260	20		99%	99%
	1	0	211		100%	89%
1950-1980	0	0	0	99%		
	0	572	3		99%	100%
	0	0	18		100%	86%
1988-93	2	2	1	99%	40%	100%
	0	556	2		100%	100%
	0	0	32		100%	91%
1994-97	0	0	0	99%		
	0	552	5		99%	100%
	0	0	37		100%	88%
1998-2001	0	0	0	99%		
	0	553	5		99%	100%
	0	0	37		100%	88%
2004-2007	0	0	0	99%		
	0	548	3		99%	100%
	0	0	42		100%	93%
2008-2010	286	8	2	98%	97%	98%
	4	279	0		99%	97%
	1	0	25		96%	93%
2011-2013	369	12	4	96%	96%	98%
	7	200	2		96%	94%
	0	0	20		100%	77%

La validazione dello strato ad altissima risoluzione del consumo di suolo è stata effettuata confrontando questo strato con i punti della rete di monitoraggio del consumo di suolo nazionale e regionale.
Considerando la risoluzione geometrica dello strato ad altissima risoluzione (5 metri) è stata eseguita un'operazione di "*shrink*" sulla classe 0 che consente di eliminare gli errori dovuti alla coregistrazione delle immagini satellitari dal computo dell'accuratezza. L'operazione di *shrink* è stata applicata al raster ad altissima risoluzione definendo il numero di pixel di bordo da "espandere" per la classe 1 delle aree consumate. Al fine di considerare quanto influisca l'instabilità geometrica sulla valutazione dell'accuratezza, lo *shrink* è stato eseguito due volte selezionado 1 e 2 pixel di bordo rispettivamente.
L'operazione di incrocio è stata eseguita tramite il comando "*Extract value*" che per ogni punto della rete consente di aggiungere agli attributi il valore del raster su cui ricade il punto.
Il confronto ha permesso di stimare l'accuratezza globale, dell'utilizzatore (UA %) e del produttore (PA %) al livello nazionale, riportate nella tabella seguente.

Tabella 5.7 - Valori percentuali dell'accuratezza globale (Acc. globale %), dell'utilizzatore (UA %) e del produttore (PA %) a livello nazionale dello strato ad altissima risoluzione dell'impermeabilizzazione del suolo.

	Acc. globale %	UA %	PA %
Verifica con 1 pixel di shrink	97,0	78,3	80,4
Verifica con 2 pixel di shrink	97,3	79,0	84,0

La verifica di accuratezza ha confermato un'eccellente accuratezza globale, e accuratezze del produttore e utilizzatore superiori o molto prossime all'80%, che è il valore ottimale per questo genere di classificazioni.
Questi valori di accuratezza sono inoltre destinati a migliorare in quanto il dato sarà aggiornato e migliorato nel corso del tempo.

5.9 La scala di studio

Con la realizzazione della nuova cartografia ad altissima risoluzione realizzata quest'anno da ISPRA, la banca dati a disposizione per la valutazione integrata del consumo di suolo si amplia e si rende necessaria quindi una riflessione sulla sensibilità dei dati alla variazione di scala e di risoluzione. Da un confronto sul suolo consumato in percentuale a livello regionale risultano evidenti i valori più elevati ottenuti con la stima derivata dalla rete di monitoraggio rispetto agli strati ad alta (20 metri) e ad altissima risoluzione (5 metri). Una parziale giustificazione proviene dalle differenti inclusioni di categorie di superfici impermeabili all'interno delle tre differenti fonti informative. La metodologia campionaria in particolare, risulta sovrastimare la superficie consumata percentuale, evidenziando la capacità di "cattura" degli elementi isolati, puntuali e lineari, che per motivi di risoluzioni sfuggono agli strati in formato raster. Contestualmente lo strato ad alta risoluzione di Copernicus rivela il limite dell'esclusione dalle categorie impermeabili delle sedi ferroviarie, delle aree estrattive e delle discariche, comunque complessivamente di superfici marginali, rispetto allo strato ad altissima risoluzione, oltre alla netta variazione di classificazione dovuta all'utilizzo di dati ancillari mediamente più accurati. Le stime dello strato a 5 metri si inseriscono mediamente tra le restanti due, un dato che convalida la scelta di integrazione del metodo campionario e cartografico tematico e, soprattutto, l'importanza dell'aumento della risoluzione, con il passaggio ai 5 metri. È a tale variazione di scala che si deve, in larga parte, anche la maggiore accuratezza della stima che, infatti, si avvicina generalmente a quella ottenuta con il metodo campionario, Quest'ultimo, lavorando comunque puntualmente a una risoluzione pari a quella delle ortofoto di base (0,5/1 metro), permette di non trascurare l'importante contributo di elementi artificiali di piccola o piccolissima dimensione e delle infrastrutture minori (ad esempio le strade sterrate in aree rurali).

Le differenze maggiori si registrano in Puglia, le minori per Lombardia e Trentino-Alto Adige. Il distacco nelle regioni sopracitate può attribuirsi, in parte alla connotazione morfologia delle tipologie insediative, così come si evince dall'analisi delle metriche per livelli di scala superiore, in parte alla diversa tipologia dei dati ancillari disponibili.

La scala di studio influisce inoltre sul calcolo delle metriche, imponendo il limite inferiore attraverso la dimensione minima delle *patch* ed il limite superiore attraverso la definizione dell'estensione delle aree di studio. Sebbene per le elaborazioni di questo rapporto si sia scelto di fissare la scala di indagine a 20m, dovrà essere tenuto in considerazione il passaggio allo strato ad altissima risoluzione in termini quantitativi e qualitativi.

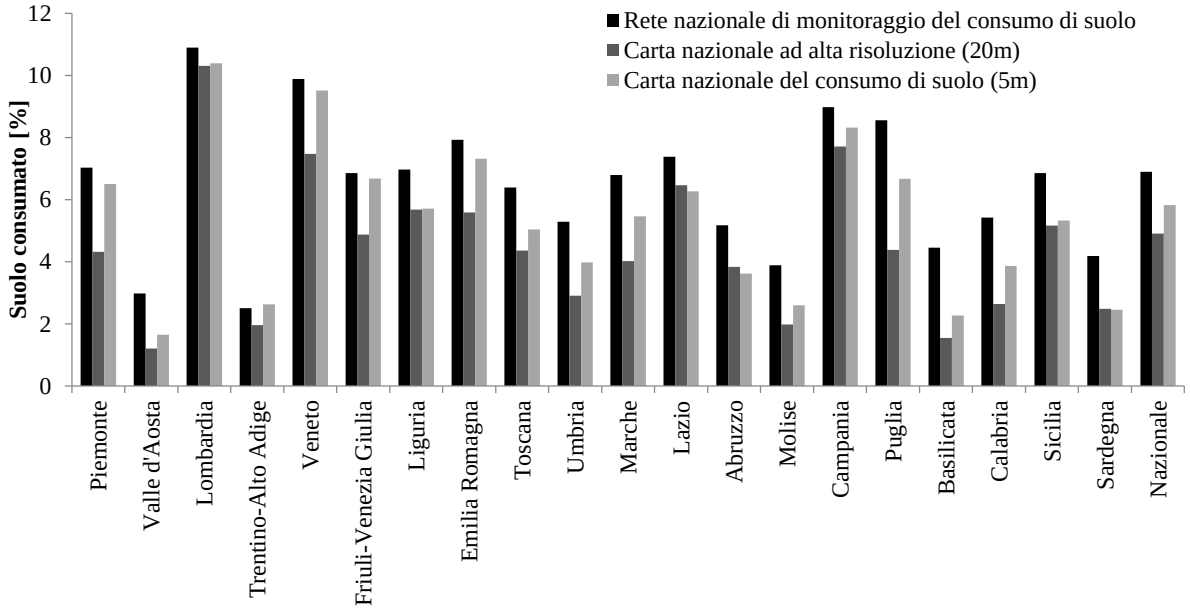

Figura 5.2 - Percentuali di suolo consumato a livello regionale stimate con la rete di monitoraggio e con le carte a 20 e a 5 metri di risoluzione. Fonte: ISPRA.

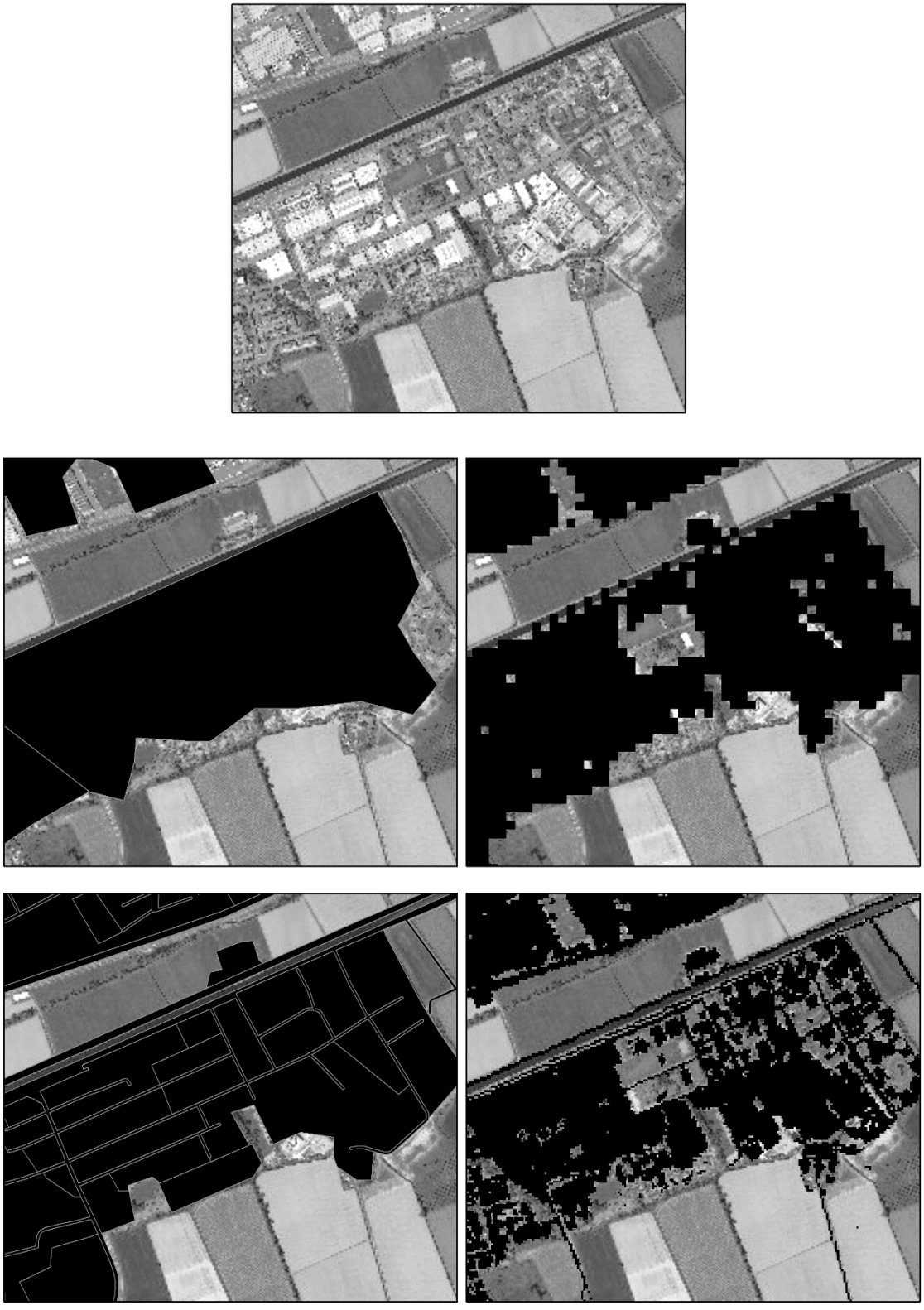

Figura 5.3 - Confronto tra la cartografia *Corine Land Cover* a scala 1:100.000 (in alto a sinistra), *Urban Atlas* a scala 1:10.000 (in basso a sinistra), gli strati *Copernicus* ad alta risoluzione (in alto a destra) e la nuova carta nazionale del consumo di suolo ad altissima risoluzione prodotta da ISPRA (in basso a destra). Le aree artificiali sono riportate in nero.

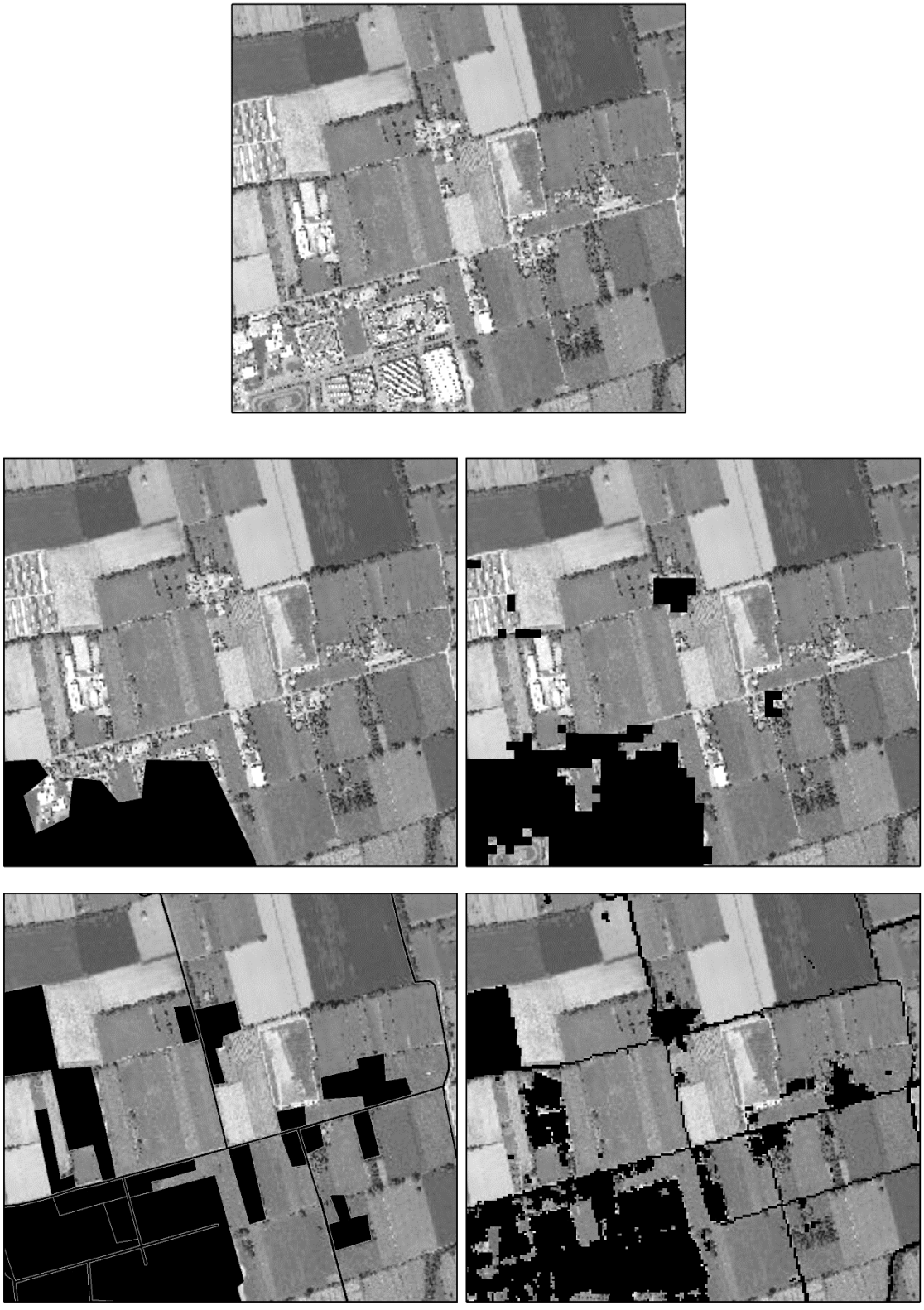

Figura 5.4 - Confronto tra la cartografia *Corine Land Cover* a scala 1:100.000 (in alto a sinistra), *Urban Atlas* a scala 1:10.000 (in basso a sinistra), gli strati *Copernicus* ad alta risoluzione (in alto a destra) e la nuova carta nazionale del consumo di suolo ad altissima risoluzione prodotta da ISPRA (in basso a destra). Le aree artificiali sono riportate in nero.

5.10 L'analisi spaziale

Al fine di calcolare gli indicatori riportati nei capitoli precedenti, sono stati applicati metodi GIS di analisi spaziale.

Per il calcolo del suolo consumato in funzione della distanza dalla linea di costa è stato creato un raster calcolando la distanza euclidea dallo strato vettoriale della linea di costa italiana. Lo strato di riferimento è la classificazione del suolo consumato ad altissima risoluzione (5 metri) prodotto da ISPRA. Successivamente il raster della distanza dalla costa è stato riclassificato nelle classi: 0-300m, 300-1000m, 1km-10km, oltre 10km. Quindi tramite un'operazione di incrocio ("combine") tra la distanza dalla costa riclassificata, lo strato ad altissima risoluzione del consumo di suolo, e lo strato dei limiti amministrativi comunali (Istat), è stato possibile calcolare le superfici consumate per zona di fascia costiera e per comune.

Per il calcolo del consumato in relazione alle classi altimetriche e pendenza, è stato elaborato il raster della pendenza dal DTM. Successivamente il raster della pendenza è stato riclassificato in due classi: inferiore o uguale al 10% e superiore al 10% e, quindi, nelle classi di quota: 0-300m, 300m-600m, oltre 600m.

Infine, tramite un'operazione di incrocio ("combine") tra i vari raster riclassificati, lo strato ad altissima risoluzione del consumo di suolo, e lo strato dei limiti amministrativi comunali, è stato possibile calcolare le superfici consumate per classi altimetriche e di pendenza.

In maniera similare, per calcolare la superficie consumata all'interno delle aree protette, è stata effettuata un'operazione di incrocio ("combine") tra il raster delle aree protette, lo strato ad altissima risoluzione del consumo di suolo, e lo strato dei limiti amministrativi comunali.

Nel caso del consumo di suolo in aree a pericolosità idraulica, l'operazione di incrocio ("*combine*") è stata effettuata tra il dato della pericolosità idraulica (originariamente vettoriale, convertito in raster con pixel 5 m), lo strato ad altissima risoluzione del consumo di suolo, e lo strato dei limiti amministrativi comunali. Quindi sono state calcolate le statistiche a livello regionale e nazionale delle superfici consumate all'interno delle aree a pericolosità idraulica.

Per quanto riguarda il calcolo del suolo consumato entro i 150 metri dai corpi idrici è stato utilizzato il dato ad alta risoluzione (HRL) dei corpi idrici del 2012 prodotto nell'ambito *Copernicus* relativo ai corpi idrici permanenti (si veda il paragrafo 5.4). Dopo aver creato un buffer di 150 metri dai pixel classificati come corpi idrici nell'HRL, anche in questo caso è stato operato un incrocio ("combine") tra quest'ultimo raster, lo strato ad altissima risoluzione del consumo di suolo, e lo strato dei limiti amministrativi comunali.

Per l'identificazione della densità delle aree urbanizzate, sulla base dei dati *Copernicus* ad alta risoluzione, riferiti all'anno 2012, è stata effettuata un'elaborazione statistica con strumenti GIS di *focal statistics* assegnando ad ogni pixel il valore medio di tutti i pixel presenti in un'area circolare di raggio pari a 600 metri, riclassificandola poi in tre classi (0-8; 8-35; 35-100), i cui limiti sono stati definiti attraverso una comparazione con i dati Urban Atlas sono:

- aree ad alta densità;
- aree a bassa densità;
- aree in prevalenza naturali o seminaturali.

In questo modo si ottengono valori discreti del livello di urbanizzazione anziché un dato continuo quale quello *Copernicus* a 20 metri, considerando per ogni classe di densità un valore medio delle superfici impermeabilizzate presenti in un'area di raggio pari a 600 metri. Il risultato finale è una rappresentazione più efficace delle aree urbanizzate.

Sulla base delle classi di densità così individuate, è stato calcolato l'indice di dispersione come rapporto tra le aree a bassa densità e le aree urbanizzate (sia a bassa, sia ad alta densità) ricadenti all'interno dei limiti comunali. Poiché i valori fanno riferimento all'area urbanizzata e non alla superficie comunale, questi indicatori forniscono una indicazione che risente meno dell'influenza dei limiti amministrativi e risultano pertanto utili per confrontare modelli di urbanizzazione nelle varie città. La delimitazione dell'area presa in esame costituisce un aspetto fondamentale da considerare poiché influenza in maniera determinante il confronto dei diversi indicatori.

Nell'elaborazione del consumo di suolo "effettivo" è stato necessario combinare le diverse variabili considerate (altitudine, pendenza, corpi idrici e aree umide) al fine di stimare il consumo di suolo escludendo aree a pendenza elevata, in zone umide o occupate da corpi idrici come fiumi e laghi. I dati

utilizzati sono stati: DTM con risoluzione 20 m (per il calcolo della pendenze e dell'altitudine), gli HRL dei corpi idrici permanenti e le zone umide (con risoluzione 20 m), e lo strato ad altissima risoluzione del consumo di suolo (risoluzione 5 m). Dall'incrocio di questi dati sono state elaborate le statistiche a livello nazionale e regionale.
Il calcolo delle superfici di territorio alterato dal consumo di suolo è stato effettuato tramite un'operazione di buffer di 100m su raster (operazione "*expand*"). Il raster ottenuto da questa elaborazione è stato quindi incrociato con i limiti amministrativi per elaborare le stime a livello regionale e nazionale.
Utilizzando come base informativa lo strato ad alta risoluzione HRL Imperviousness con risoluzione di 20m ed elaborazioni successive su foglio di calcolo, sono state calcolate, attraverso il software FRAGSTATS (McGarigal, 1995) le landscape metrics o le variabili necessarie per la restituzione degli indicatori seguenti:

LCPI *(Largest Class Patch Index)* $= \frac{\max_{j=1\rightarrow n}(a_{cj})}{A_c}\ (100)$

RMPS (*Residual Mean Patch Size*) $= \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{rj}}{n_c}\ (\frac{1}{10'000})$

ED (*Edge Density*) $= \frac{\sum_{j=1}^{n} l_{cj}}{A_c}\ (10'000)$

IDU (*Indice di Dispersione Urbana*) $= \frac{S_{bd}}{S_{ad}+S_{bd}}$

dove:
a_{cj} = area della j-esima *patch* della classe consumata
A_c = superficie totale consumata
a_{rj} = area residuale di consumato (esclusa la *patch* di consumato maggiore)
n_c = numero di *patch* di consumato
l_{ck} = lunghezza in metri della *patch* k-esima di consumato
10'000 = Fattore di conversione da metri quadrati a ettari
S_{ad} = Superficie dell'area urbanizzata ad alta densità
S_{bd} = Superficie dell'area urbanizzata a bassa densità

Preliminarmente si è resa necessaria la scelta di alcuni parametri per la definizione delle *patch* della classe di consumato, e per il calcolo delle *patch* sulla carta nazionale di copertura del suolo. La *8 cell neighborhood rule*, è la regola di adiacenza delle celle omogenee per il riconoscimento delle *patch* che considera facenti parte della stessa *patch* tutte le celle con un vertice in comune. Le immagini di input, in formato tiff, sono state tagliate con i confini amministrativi Istat riferiti all'anno 2011, in base ai 3 livelli amministrativi per facilitare le operazioni di calcolo con il software FRAGSTATS.
Per la valutazione delle forme insediative, al fine di suddividere le città all'interno delle 5 classi definite (si veda il paragrafo 4.4) sono presi in considerazione tre indici, uno (LCPI) come discriminante della compattezza delle città, un secondo (l'ED) per rappresentare la tendenza all'espansione dei margini urbani e infine uno (l'RMPS) per la descrizione dell'area residuale al di fuori del centro urbano maggiore.
A partire dai valori di questi indici per i comuni italiani, in continuità con quanto già proposto per le principali città (ISPRA, 2014) sono state identificate delle soglie nei valori degli indici che aiutano a discriminare l'appartenenza di una città a una classe piuttosto che a un'altra.
La prima suddivisione riguarda la compattezza, per suddividere le città in due macrogruppi:

- comuni caratterizzati generalmente da un "grosso" nucleo centrale edificato e quindi tendenzialmente città monocentriche - Classi 1 (a e b) e 2;
- comuni con un valore inferiore al 70%, con tendenza policentrica o all'urbanizzazione diffusa - Classi 3 e 4.

La suddivisione è operata attraverso l'indicatore LCPI, con un valore soglia di 70%.
Il secondo aspetto da caratterizzare è la forma delle aree di margine e residuali al di fuori del centro o dei centri principali. A tal fine sono utilizzati due indicatori differenti a seconda della natura tendenzialmente monocentrica o policentrica delle città.

Per le città di tipo monocentrico (Classi 1 e 2) con LCPI>70 % si analizza l'eventuale tendenza alla dispersione attraverso l'indice ED, in base al quale si possono ulteriormente distinguere le due classi rispetto ad un valore soglia di 250 m/ha[27]:

- comuni aventi valori di ED inferiori a 250 m/ha, caratterizzati da processi di monocentrismo di tipo compatto, con una tendenza alla dispersione inferiore alla media (classe 1 con 1a - aree urbane compatte che coprono o superano i confini dell'intera superficie comunale e 1b – aree urbane compatte che occupano solo una porzione della superficie e interamente incluse nel confine);
- comuni aventi valori di ED superiori a 250 m/ha, caratterizzati da processi di monocentrismo accompagnati da dispersione e frammentazione (Classe 2).

Per quanto riguarda invece l'analisi delle città aventi valori di LCPI inferiori al 70%, è stato considerato come discriminante l'indice RMPS, applicando un valore soglia di 9 ettari, che individua altri due sottogruppi:

- comuni aventi valori medi delle aree costruite (escludendo il centro edificato di massima estensione) inferiori a 9 ettari, caratterizzati da una tendenza a un'urbanizzazione diffusa; (classe 3);
- comuni con valori dello stesso indicatore superiori a 9 ettari, caratterizzati da processi di urbanizzazione prevalentemente di tipo policentrico. (Classe 4).

5.11 Caratteristiche e limiti delle fonti informative utilizzate

Nel nostro Paese, storicamente, le banche dati relative alla copertura e all'uso del suolo presentavano, e spesso lo fanno tuttora, alcune criticità dovute a dati disomogenei a livello interregionale e alla carenza di serie storiche complete e affidabili, soprattutto a livello regionale e locale. Tali criticità, unite ad una mancanza a livello nazionale di un quadro unitario che racchiude le conoscenze, sia in termini di tecniche di acquisizione, sia di metodologie di lettura dei dati, porta il più delle volte ad analisi e interpretazioni dei fenomeni e dei processi territoriali non sempre semplici e coerenti. La presenza di fonti di dati molto differenti tra loro nelle caratteristiche principali è spesso dovuta al fatto che i dati stessi sono stati raccolti con obiettivi e finalità diverse e sono destinati ad un tipo di utenza specifica. Ogni fonte di dati, infatti, sottolinea ed enfatizza determinati aspetti di copertura o di uso del suolo e fornisce informazioni fortemente legate alle esigenze e aspettative dei produttori e degli utilizzatori finali della specifica banca dati cartografica. Conseguenza di ciò è l'esistenza di diversi sistemi di classificazione e nomenclature, risoluzioni spaziali e temporali, qualità e precisione finale.
A inizio 2015, per affrontare la questione e per definire le regole tecniche sui dati territoriali relativi a questi temi, è stato istituito un gruppo di lavoro "Uso del suolo" interistituzionale, con il coordinamento di ISPRA e del Centro Interregionale per i Sistemi informatici, geografici e statistici (CISIS). Nel frattempo, i dati di uso e di copertura del suolo impiegati per la valutazione del fenomeno del consumo di suolo, per le motivazioni riportate sopra, hanno integrato i dati regionali, quando disponibili, solo al fine della produzione e del miglioramento, a cura di ISPRA, delle cartografie nazionali ad alta e ad altissima risoluzione; mentre le stime nazionali hanno utilizzato la rete di monitoraggio ISPRA-ARPA-APPA.
Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche principali delle fonti informative sul consumo di suolo utilizzate in questo rapporto. La tabella evidenzia le caratteristiche di base fondamentali per assicurare stime accurate ed omogenee e, in particolare, la scala di riferimento, la minima unità cartografata o di rilevazione, l'accuratezza tematica, la classificazione utilizzata per la copertura artificiale del territorio, la disponibilità di serie storiche, etc., differenziando i diversi approcci che derivano dall'impiego di cartografia vettoriale o raster, di indagine campionaria, di uso o di copertura del suolo.

[27] La soglia proposta a 250 differisce da quella precedentemente applicata per le sole grandi città (ISPRA, 2014) poiché nell'analisi di tutti i comuni è necessario tenere conto delle grandi differenze tra piccoli comuni e aree metropolitane.

Tabella 5.8 - Caratteristiche principali delle fonti informative utilizzate per la valutazione del consumo e dell'uso del suolo, delle aree urbanizzate e delle forme insediative.

Nome	Fonte	Copertura	Minima unità di rilevazione (MMU)	Scala nominale vettoriale / risoluzione raster / n. campioni	Accuratezza tematica	Tipo di classificazione	Serie storica
CORINE Land Cover	EEA/ ISPRA	Europea	5 ha per i cambiamenti e 25 ha per la copertura	Vettoriale 1:100.000	>85%	44 classi miste di uso e copertura al III livello con approfondimenti al IV livello	1990-2000-2006-2012
Rete di monitoraggio del consumo del suolo	ISPRA/ ARPA/ APPA	Nazionale	1 m^2	Campionamento 190.000	>98%	25 classi di copertura	1956-1988-1996-1998-2006-2008-2013-2014
Inventario dell'uso delle terre d'Italia	MATTM/ ISPRA	Nazionale	5.000 m^2	Campionamento 1.200.000 Sottocampione 13.000	>95%	Uso del suolo	1990-2000-2008
Copernicus HRL Imperviousness, Forest, Permanent grassland, Wetlands, Permanent Water Bodies	EEA/ ISPRA	Europea	400 m^2	Raster 20 m	>85%	% soil sealing (0-100), Built-up e altre 4 classi	2006-2009[28]-2012
Carta nazionale di copertura del suolo ad alta risoluzione	ISPRA	Nazionale	400 m^2	Raster 20 m	>85%	7 classi	2012
Carta nazionale del consumo di suolo ad altissima risoluzione	ISPRA	Nazionale	25 m^2	Raster 5 m	>85%	2 classi	2012

La cartografia *Corine Land Cover*, in Italia realizzata da ISPRA, ha rappresentato per anni l'unica mappatura completa del territorio nazionale omogenea e confrontabile anche a livello europeo. I dati sono, tuttavia, poco utilizzabili per analisi di dettaglio sul consumo di suolo per via della scala, dell'unità minima cartografata di 25 ha e del sistema di classificazione utilizzato. Per tali motivi, il *Corine Land Cover* sottostima le classi di superficie artificiale e, in particolare, quelle che sono maggiormente frammentate, come ad esempio le case sparse. Ed è proprio per superare i limiti della cartografia *Corine Land Cover* che ISPRA ha sviluppato, con la collaborazione del sistema delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Regioni e delle Province Autonome (ARPA/APPA), la rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo, che rappresenta ad oggi l'unica indagine a scala nazionale rivolta specificamente al monitoraggio e alla valutazione del consumo del suolo, da quest'anno integrata, per fornire una migliore rappresentazione anche a scala locale, con la nuova carta nazionale del consumo di suolo ad altissima risoluzione. La metodologia di tipo statistico campionario garantisce una quantificazione del fenomeno attraverso una misura dell'effettivo suolo che si è consumato, consente di ottenere una maggiore precisione della stima e permette di valutare l'errore e i limiti fiduciali.
Con riferimento ai dati HRL *Copernicus*, essi hanno una risoluzione di 20 metri che è ben maggiore del *Corine Land Cover*. Dalla loro elaborazione ed integrazione, ISPRA ha prodotto la carta nazionale di copertura del suolo, mentre lo strato HRL *Imperviousness* è presente sia come raster con cella di 20 metri, sia, per l'Italia, con cella di 5 metri. Il primo presenta una classificazione espressa come grado di impermeabilizzazione e non considera come suolo consumato le sedi ferroviarie, le aree estrattive e le discariche; lo strato ad altissima risoluzione è classificato in aree di suolo consumato e considera le sedi ferroviarie, le aree estrattive, le discariche ed è coerente con il sistema di classificazione della rete di monitoraggio.

[28] Il 2006 e il 2009 sono disponibili solo per l'*Impreviousness*.

CONCLUSIONI

La seconda edizione del rapporto sul consumo di suolo in Italia, oltre a fornire un quadro aggiornato e a migliorare ulteriormente l'accuratezza delle stime, grazie anche all'integrazione di nuove informazioni cartografiche a maggiore risoluzione, ha permesso di approfondire alcuni aspetti che caratterizzano le dinamiche di espansione urbana e di trasformazione del paesaggio a scala nazionale e locale.

I nuovi dati, rilasciati in formato aperto e liberamente accessibili sulla pagina web dedicata[29], permettono, infatti, per la prima volta nel nostro Paese, di avere una mappa completa, accurata e omogenea, in grado di fornire una rappresentazione del fenomeno del consumo del suolo, dello stato del processo di artificializzazione del territorio e delle diverse forme insediative. È uno strumento che l'Istituto mette a disposizione dell'intera comunità nazionale. Una base di riferimento che necessiterà di successivi affinamenti e, soprattutto, di futuri aggiornamenti che dovranno, auspicabilmente, coinvolgere i diversi livelli istituzionali che saranno coinvolti dal quadro normativo in evoluzione in materia di monitoraggio e di valutazione delle trasformazioni del territorio e dell'ambiente.

I dati mostrano come la progressiva espansione delle infrastrutture e delle aree urbanizzate, in particolare di quelle a bassa densità, continua a causare un forte incremento delle superfici artificiali e dell'impermeabilizzazione del suolo. *Il consumo di suolo cresce ancora in modo significativo, pur segnando un rallentamento negli ultimi anni*. Tali dinamiche insediative non sono giustificate da analoghi aumenti di popolazione e di attività economiche. Il territorio e il paesaggio vengono quotidianamente invasi da nuovi quartieri, ville, seconde case, alberghi, capannoni industriali, magazzini, centri direzionali e commerciali, strade, autostrade, parcheggi, serre, cave e discariche, comportando la perdita di aree agricole e naturali ad alto valore ambientale, con un uso del suolo non sempre adeguatamente governato da strumenti di pianificazione del territorio e da politiche efficaci di gestione del patrimonio naturale.

Le attività di ISPRA e del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente sono oggi in grado di attuare un monitoraggio continuo del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo nel nostro Paese e di garantire la disponibilità di un quadro conoscitivo di riferimento per la definizione e la valutazione delle politiche a livello nazionale, regionale e comunale, grazie allo sviluppo della rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo e alla predisposizione di specifica cartografia a sempre maggiore risoluzione per l'intero territorio. L'aumento della risoluzione a 5 metri della cartografia sul consumo di suolo, appena realizzata, ha consentito, così, di migliorare la mappatura e la conoscenza del fenomeno in Italia.

Sono informazioni che vanno a rappresentare l'ossatura dell'indagine nazionale per il monitoraggio del consumo di suolo, prevista dall'attuale Programma Statistico Nazionale come riferimento ufficiale in Italia, sotto la responsabilità di ISPRA, ma con la partecipazione di Istat per gli aspetti tecnico-metodologici in campo statistico e con il fondamentale contributo e la collaborazione istituzionale di altre amministrazioni comunitarie (Commissione Europea, Agenzia Europea per l'Ambiente, Agenzia Spaziale Europea), centrali (quali Istat, AGEA, ASI, INEA, CFS, CRA, AgID), regionali e locali.

Inoltre, la definizione di metodologie di analisi e la diffusione dei dati per la valutazione delle forme di urbanizzazione, della tipologia insediativa e del fenomeno dello *sprawl* sull'intero territorio nazionale, con la predisposizione di una banca dati di indicatori a livello comunale, ha permesso di descrivere le diverse caratteristiche (e i relativi impatti) che il consumo di suolo assume nel nostro territorio.

I dati proposti mostrano la gravità della progressiva erosione della risorsa suolo a fini edificatori e infrastrutturali con la progressiva trasformazione di città compatte in insediamenti diffusi, caratterizzati da bassa densità abitativa e con pesanti ripercussioni sul paesaggio e sull'ambiente. Sono cambiamenti praticamente irreversibili nella gran parte dei casi, che incidono sulle funzioni del suolo e riguardano spesso terreni agricoli fertili. La diffusione urbana, inoltre, frammenta e causa il deterioramento del territorio anche laddove questo non venga direttamente investito da coperture artificiali, rendendo gli spazi interclusi difficilmente recuperabili.

I dati confermano anche una mutata distribuzione spaziale del consumo di suolo che riflette specifiche traiettorie di uso: da una parte fenomeni quali la diffusione, la dispersione, la decentralizzazione urbana e l'intensificazione agricola, che riguardano soprattutto le aree costiere mediterranee e la pianura padana, e, dall'altra, l'abbandono delle terre, soprattutto in aree marginali, e la frammentazione delle

[29] www.conusmosuolo.isprambiente.it

aree naturali. Unito alle particolari condizioni climatiche, alla presenza di suoli con marcata tendenza all'erosione o salinizzazione, allo sfruttamento delle risorse idriche (fattori tipici del bacino del Mediterraneo), l'impatto di questi processi sulla qualità del suolo è preoccupante e incide negativamente sullo sviluppo sostenibile delle nostre terre, soprattutto nelle aree meno resilienti, in cui i legami tra biodiversità, paesaggio, fattori sociali e attività economiche sono più forti. I risultati indicano, inoltre, la presenza di una porzione non indifferente di suolo consumato nelle aree rurali e naturali, ulteriore motivo per sperare in una rapida approvazione della proposta legislativa, attualmente in discussione, finalizzata alla limitazione del consumo di suolo.
È un consumo di suolo che continua a erodere funzioni ecosistemiche fondamentali. Nell'ambito delle attività di valutazione dei servizi ecosistemici, l'Istituto ha effettuato, ad esempio, una prima stima della variazione dello stock di carbonio, dovuta alle trasformazioni di uso del suolo. I risultati ottenuti mostrano che, nel quinquennio 2008-2013, sono state così emesse 5 milioni di tonnellate di carbonio, un rilascio pari allo 0,22% dell'intero stock immagazzinato nel suolo e nella biomassa vegetale nel 2008. Senza considerare gli effetti della dispersione insediativa, che provoca un ulteriore aumento delle emissioni di carbonio (sotto forma di CO_2), dovuto all'inevitabile dipendenza dai mezzi di trasporto, in particolare dalle autovetture.
Allo stato attuale è necessario riconoscere che un sistema di monitoraggio, quale quello avviato da ISPRA e dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, condiviso e omogeneo a livello nazionale, è un elemento fondamentale; permette infatti di aumentare le informazioni disponibili e la conoscenza del fenomeno, risultando così base essenziale di una politica di salvaguardia del nostro territorio e del nostro paesaggio. A tal fine il sistema di monitoraggio dovrà sempre più integrarsi a livello regionale e considerare gli aspetti relativi alla qualità del suolo e alla possibile erosione del capitale naturale. L'obiettivo è quello di esprimere e quantificare l'impatto delle perdite di suolo e del degrado a scala locale anche in termini di erosione dei paesaggi rurali, perdita di servizi ecosistemici e vulnerabilità al cambiamento climatico e, infine, di fornire ai responsabili delle decisioni a livello locale informazioni specifiche per la definizione e l'implementazione di misure con lo scopo di limitare, mitigare o compensare l'impermeabilizzazione del suolo. Molto importanti saranno i prossimi anni, nell'ottica dell'applicazione di politiche e di strumenti che contribuiscano al contenimento dei tassi di crescita, soprattutto nelle aree peri-urbane e pianeggianti a elevata vocazione agricola. Una politica di questo tipo comporterebbe degli indiscussi vantaggi per il patrimonio naturale e, allo stesso tempo, la pubblica amministrazione godrebbe di una sostanziale riduzione delle spese imputabili alla dispersione urbana (fra le quali la fornitura di infrastrutture e servizi pubblici, la raccolta dei rifiuti, etc.).
Il governo della crescita sostenibile degli insediamenti umani, il recupero dei centri storici, forme urbane più compatte e semi-dense, il riuso di aree dismesse o già urbanizzate, anche attraverso interventi di rigenerazione e riqualificazione, rappresentano possibili risposte a un tema particolarmente sentito a tutti i livelli di *governance* territoriale.

BIBLIOGRAFIA

Antrop M. (2004), Landscape Change and Urbanization Process in Europe, Landscape and Urban Planning, 67: 9-26.

APAT (2008), Il suolo, la radice della vita, APAT, Roma
http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/pubblicazioni-di-pregio/il-suolo-la-radice-della-vita

Bagstad, K. J., Semmens, D. J., Waage, S. & Winthrop, R. A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation. Ecosystem Services 5, 27 – 39

Barabesi L., Franceschi S. (2011), Sampling properties of spatial total estimators under tessellation stratified designs. Environmetrics, 22: 271- 278. - doi: 10.1002/env.1046

Blalock H.M. jr (1984), Statistica per la ricerca sociale, Il Mulino, Bologna.

Blum W.E.H. (2005), Functions of Soil for Society and the Environment; Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 2005-4: 75-79.

Bogaert J., (2005). Metriche del paesaggio: definizioni e utilizzo. Estimo e Territorio 9: 8-14.

Territorio 9: 8-14.Botequilha Leitao A., Ahern J. (2002), Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. Landscape and Urban Planning, 59: 65-93.

Bouma J. (2001), The role of soil science in the land use negotiation process. Soil use and management 17(1): 1-6.

Bruegmann R. (2005), Sprawl: A compact History, University of Chicago Press, Chicago.

Catalàn B., Sauri D., Serra P. (2008), Urban sprawl in the Mediterranean? Patterns of growth and change in the Barcelona Metropolitan Region 1993–2000. Landscape and Urban Planning 85(3-4): 174-184.

Commissione Europea (2004), Towards a thematic strategy on the urban environment. COM (2004) 60 final.

Commissione Europea (2006), Strategia tematica per la protezione del suolo, COM(2006) 231. Bruxelles, 22.9.2006
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0231:FIN:IT:PDF

Commissione Europea (2011a), Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects. Technical Report 2011-050
http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/sealing/Soil%20sealing%20-%20Final%20Report.pdf

Commissione Europea (2011b), Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse, COM(2011) 571. Bruxelles, 20.9.2011.
http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm

Commissione Europea (2012a), Attuazione della strategia tematica per la protezione del suolo e attività in corso, COM(2012) 46. Bruxelles, 13.2.2012.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012DC0046:EN:NOT

Commissione Europea (2012b), Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo. Bruxelles, 15.5.2012, SWD (2012) 101
http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_it.pdf

Commissione Europea (2013), Superfici impermeabili, costi nascosti. Alla ricerca di alternative all'occupazione e all'impermeabilizzazione dei suoli. Lussemburgo
http://bookshop.europa.eu/en/hard-surfaces-hidden-costs-pbKH0113236/

Corona P., Barbati A., Tomao A., Bertani R., Valentini R., Marchetti M., Fattorini L., Perugini L. (2012)- Land use inventory as framework for environmental accounting: an application in Italy. iForest, 5: 204- 209.

Costanza R., D'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B, Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., Van Den Belt M., (1997), "The values of the world's ecosystem services and natural capital", in Nature, 387 (pag.253-260)

Costanza, R., Groot, R. de, Sutton, P., Ploeg, S. van der, Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S., Turner, R.K., (2014), "Changes in the global value of ecosystem services" in Global Environmental Change 26: 152–158.

Couch C., Petschel-Held G., Leontidou L. (2007), Urban Sprawl In Europe: Landscapes, Land-use Change and Policy, Blackwell, London.

CRCS (2012). Rapporto 2012. Centro di Ricerca sui Consumi di Suolo. INU Edizioni, Milano.

De Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L.C., ten Brink, P., van Beukering, P., (2012). "Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units" in Ecosystem Services 1: 50–61.

De Natale F. (2004), La prima fase del campionamento inventariale, procedure e risultati. In: Atti del Convegno "Incontro con le Amministrazioni Regionali. Obiettivi, metodologie e stato di avanzamento del progetto INFC". Roma, 9 novembre 2004. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Corpo Forestale dello Stato

Dick, J., Maes, J., Smith, R.I., Paracchini, M.L., Zulian, G., (2014). "Cross-scale analysis of ecosystem services identified and assessed at local and European level". Ecological Indicators 38: 20-30.

Duany A., Plater-Zyberk E., Speck J. (2000), Suburban Nation: The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream, New York, North Point Press.

EEA (2006), Urban sprawl in Europe – the ignored challenge (Report no. 10), European Environmental Agency, Copenhagen.

EEA (2010), European Environment - State and Outlook 2010, European Environmental Agency, Copenhagen.

EEA (2011), Mapping Guide for a European Urban Atlas, European Environmental Agency, Copenhagen, http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas

EEA (2013), GIO land (GMES/Copernicus initial operations land) High Resolution Layers (HRLs) - summary of product specifications, European Environment Agency, Copenhagen.

EEA-FOEN (2011), Landscape fragmentation in Europe. Joint EEA-FOEN report. Copenhagen.

ESPON (2011), ESPON Climate: Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies. Final Report Annex 4: Case Study Mediterranean Coast of Spain. Tech. rep. Dortmund: ESPON & IRPUD ESPON.

Eurostat (2013), LUCAS Primary data 2012, http://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas/overview

Frisch G.J. (2006), Politiche per il contenimento del consumo di suolo in Europa. In: M.C. Gibelli e E. Salzano (a cura di), No Sprawl, Alinea editrice, Firenze.
Frondoni R., Mollo B., Capotorti G. (2011), A landscape analysis of land cover change in the Municipality of Rome (Italy): spatio-temporal characteristics and ecological implications of land cover transitions from 1954 to 2001. Landscape and Urban planning 100(1-2): 117-128.
Fumanti F. (2009), Il suolo e le acque meteoriche. In: Focus su "Il suolo, il sottosuolo e la città" - V Rapporto ISPRA Qualità dell'ambiente urbano.
Gardi C., Dall'Olio N., Salata S. (2013), L'insostenibile consumo di suolo, Edicom Edizioni, Monfalcone.
Haase D, Haase A, Rink D. (2014) Conceptualizing the nexus between urban shrinkage and ecosystem services. Landscape and Urban Planning; 132: 159-169. doi: 10.1016/j.landurbplan.2014.09.003
Haygarth P.M., Ritz K. (2009), The Future of Soils and Land Use in the UK: Soil Systems for the Provision of Land-Based Ecosystem Services. Land Use Policy, 26/1: 5187-5197.
Hough M. (2004), Cities and Natural Process, Routledge, London.
Indovina F. (2005), Governare la città con l'urbanistica. Guida agli strumenti di pianificazione urbana e del territorio, Maggioli, Rimini.
ISPRA (2013a), Annuario dei dati ambientali, Tematiche in primo piano, ISPRA, Roma.
ISPRA (2013b), Il monitoraggio del consumo di suolo in Italia, Ideambiente 62: 20-31, ISPRA, http://www.isprambiente.gov.it/files/ideambiente/ideambiente_62.pdf
ISPRA (2013c), Qualità dell'ambiente urbano - IX Rapporto, edizione 2013, ISPRA, Roma, http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/qualita-dellambiente-urbano-ix-rapporto.-edizione-2013
ISPRA (2013d), Annuario dei dati ambientali, edizione 2012, ISPRA, Roma, http://annuario.isprambiente.it
ISPRA (2014), Audizione dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) presso la Commissione Agricoltura, congiuntamente con la Commissione Ambiente, della Camera sul consumo di suolo, Audizione, Roma, 27/2/2014.
ISPRA (2014a), Annuario dei dati ambientali, edizione 2014, ISPRA, Roma, http://annuario.isprambiente.it.
ISPRA (2014b), Qualità dell'ambiente urbano - X Rapporto, edizione 2014, ISPRA, Roma
Istat (2013a), Esame delle abbinate proposte di legge C. 902 Bordo e C. 947 Catania, in materia di valorizzazione delle aree agricole e di contenimento del consumo del suolo, Audizione, Roma, 17/12/2013.
Istat (2013b), La popolazione straniera residente in Italia - bilancio demografico, Istat, Roma.
Johnson M.P. (2001), Environmental impacts of urban sprawl: a survey of the literature and proposed research agenda, Environment and Planning 33(4): 717-735.
Kabisch, N., & Haase, D. (2011). Diversifying European agglomerations: Evidence ofurban population trends for the 21st century. Population, Space and Place, 17,236–253.
Kandziora, M., Burkhard, B., Müller, F., (2013). Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators - A theoretical matrix exercise. Ecological Indicators 28 (54 – 78).
Kasanko M., Barredo J.I., Lavalle C., McCormick N., Demicheli L., Sagris V. (2006), Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas, Landscape and Urban Planning 77(1–2): 111–130.
Leone A., Maddalena P., Montanari T., Settis S. (2013), Costituzione incompiuta. Arte, paesaggio, ambiente, Einaudi, Torino.
Leontidou L. (1990), The Mediterranean City in Transition, Cambridge University Press, Cambridge.
Luise A., Di Leginio M., Fumanti F. (2015), Strumenti internazionali per la gestione sostenibile del suolo, Atti del convegno "Recuperiamo terreno", Milano, 6 maggio 2015, ISPRA.
Maes, J., Egoh, N., Willemen, L., Liquete, C., Vihervaara, P., Schägner, J.P., Grizzetti, B., Drakou, E.G., La Notte, A., Zulian, G., Bouraoui, F., Paracchini, M.L., Braat, L., Bidoglio, G. (2012), "Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union", in Ecosystem Services, Volume 1, Issue 1 (pag.31-39)
Marchetti M., Bertani R., Corona P., Valentini R. (2012), Cambiamenti di copertura forestale e dell'uso del suolo nell'inventario dell'uso delle terre in Italia, Forest@ 9: 170-184.
Marchetti M., Ottaviano M., Pazzagli R., Sallustio L. (2013), Consumo di suolo e analisi dei cambiamenti del paesaggio nei Parchi Nazionali d'Italia. Territorio, 66: 121- 131.
Marchetti M., Lasserre B., Pazzagli R., Sallustio L. (2014). Rural areas and urbanization: analysis of a change. Scienze del territorio (2): 239-258. ISSN 2284-242X. Doi: http://dx.doi.org/10.13128/Scienze_Territorio-14333
Maucha G., Büttner G., Kosztra B. (2011). European Validation of GMES FTS Soil Sealing Enhancement Data 31st EARSeL Symposium and 35th General Assembly 2011, EARSeL, 223-238.
McGarigal K., Cushman S.A., Ene E. (2012), FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. University of Massachusetts, Amherst.
Munafò M., Norero C., Sabbi A., Salvati L. (2010a), Soil sealing in the growing city: a survey in Rome, Italy. Scottish Geographical Journal 126(3): 153-161.
Munafò M., Salvucci G., Zitti M., Salvati L. (2010b), Proposta per una metodologia di stima dell'impermeabilizzazione del suolo in Italia, Rivista di statistica ufficiale 2-3: 59-72.
Munafò M., Strollo A., Zitti M., Salvati L. (2011), Soil sealing e urban sprawl nei territori in transizione: una prospettiva italiana. Rivista Geografica Italiana 118(2): 269-296.
Munafò M., De Pasquale V., Iasillo D., Barbieri V. (2012), Validazione della mappa europea delle aree impermeabili ad alta risoluzione a livello locale. In: Atti 16a Conferenza Nazionale ASITA. p. 1013-1019, Vicenza (Italy), 6-9 Novembre 2012.
Munafò M., Salvati L., Zitti M. (2013), Estimating soil sealing rate at national level – Italy as case study, Ecological Indicators XXVI: 137-140.
Munafò M., Tombolini I. (2014), Il Consumo di suolo in Italia. Edizione 2014. Rapporti 195/2014, ISPRA Roma. http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/il-consumo-di-suolo-in-italia.

O'Neill, R. V., Krummel, J. R., Gardner, R. H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D. L., Graham, R. L. (1988), Indices of landscape pattern. Landscape Ecology, 1(3), 153–162. doi:10.1007/BF00162741.

Parlamento europeo e Consiglio (2013), Decisione n. 1386/2013/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 novembre 2013 su un programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 «Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta», GUUE, L 354, 28.12.2013, pagg. 171-200. http://ec.europa.eu/environment/newprg/index.htm

Penman J., Gytarsky M., Hiraushi T., Krug T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (2003)- LUCF Sector good practice guidance - Chapter 3: Annex 3A.1 Biomass Default Tables for Section 3.2 Forest land good practice guidance for land use. Land-use change and forestry. The institute for global environmental strategies for the IPCC and the intergovernmental panel on climate change, Hayama, Kanagawa, Japan, pp. 21.

Pileri P. (2007), Compensazione ecologica preventiva. Principi, strumenti e casi. Carocci Editore, Roma.

Pileri P., Maggi M. (2010), Sustainable planning? First results in land uptakes in rural, natural and protected areas: the Lombardia case study (Italy), Journal of Land Use Science, 5: 2, 105-122.

Pileri P., Giudici D., Tomasini L. (2011), Suoli D.O.C. Effetti dell'uso e del consumo di suolo in Franciacorta e nella Pianura bresciana, http://www.pianurasostenibile.org/bin/suolo_pubblicazione.html.

Pileri P., Granata E. (2012), Amor Loci. Suolo, ambiente, cultura civile, Libreria Cortina, Milano.

Polyzos S., Christopoulou O., Minetos D., Leal Filho W. (2008), An overview of urban-rural land use interactions in Greece. International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology 7: 276–296.

Pontius R. G., Shusas E., and McEachern M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. Agriculture, Ecosystems & Environment, 101(2-3), 251–268. doi:10.1016/j.agee.2003.09.008

Potschin, M., Haines-Young, R., 2013. Landscapes, sustainability and the place-based analysis of ecosystem services. Landscape Ecology 28, 1053–1065.

Romano B., Zullo F. (2013), Models of Urban Land Use in Europe: Assessment Tools and Criticalities, International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems, 4(3): 80-97.

Ruckelshaus, M., McKenzie, E., Tallis, H., Guerry, A., Daily, G., Kareiva, P., Polasky, S., Ricketts, T., Bhagabati, N., Wood, S.A., Bernhardt, J., (2013). Notes from the field: Lessons learned from using ecosystem service approaches to inform real-world decisions. Ecological Economics.

Sallustio L., Vizzarri M., Marchetti M. (2013). Trasformazioni territoriali recenti ed effetti sugli ecosistemi e sul paesaggio italiano. Territori (18): 46-53

Sallustio L., Palombo C., Tognetti R., Lasserre B., Marchetti M. (in press). Social and ecological changes in the Italian mountain: recent evolution in land use change. L'Italia Forestale e Montana.

Salvati L., Munafò M., Morelli V.G., Sabbi A. (2012), Low-density Settlements and Land Use Changes in a Mediterranean Urban Region, Landscape and Urban Planning 105(1-2): 43-52.

Salzano E. (2007), Lo sprawl: il danno emergente e il lucro cessante. Eddyburg.it, http://www.eddyburg.it.

Scalenghe R., Ajmone Marsan F. (2009), The Anthropogenic Sealing of Soils in Urban Areas, Landscape and Urban Planning 90(1-2): 1-10.

Schwarz N. (2010), Urban form revisited. Selecting indicators for characterising European cities, Landscape and Urban Planning, 96: 29-47.

Settis, S. (2010). Paesaggio Costituzione cemento, Einaudi, Torino.

Soja E.W. (2000). Postmetropolis: Critical Studies of Cities and Regions, Malden, MA, Blackwell Publisher.

Steiner, F. (2014). Frontiers in urban ecological design and planning research, Landscape and Urban Planning, 125**:** 304-311.

Strohbach M., Haase D., e Kabisch N. (2009). Birds and the city – Urban biodiversity,land-use and socioeconomics. Ecology and Society, 14(2), 31. http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art31/

TEEB (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity. http://www.teebweb.org

Terzi F., Bolen F. (2009), Urban sprawl measurement of Istanbul. European Planning Studies 17(10): 1559-1570.

Trigila A., Iadanza C. (2015), Rapporto di sintesi sul dissesto idrogeologico in Italia 2014. RT/SUO-IST 014/2015 ISPRA. http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/suolo-e-territorio/dissesto-idrogeologico/sintesi_dissesto_idrogeolo gico_ispra_2014.pdf.

Turbé A., De Toni A., Benito P., Lavelle P., Lavelle P., Ruiz N., Van der Putten W.H., Labouze E., Mudgal S. (2010). Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Technical Report European Commission (DG Environment) 2010-049, http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/biodiversity_report.pdf.

UN-HABITAT (2009), Planning Sustainable Cities: Global Report on Human Settlements. Earthscan, London.

Verburg P. H.; Erb K.-H.; Mertz O., Espindola G., (2013). Land System Science: between global challenges and local realities Current Opinion in Environmental Sustainability, 5, 433-437.

Wu, J., Shen, W., Sun, W., & Tueller, P. T. (2002). Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics. Landscape Ecology, 17(8): 761-782.

APPENDICE - TAVOLE CARTOGRAFICHE

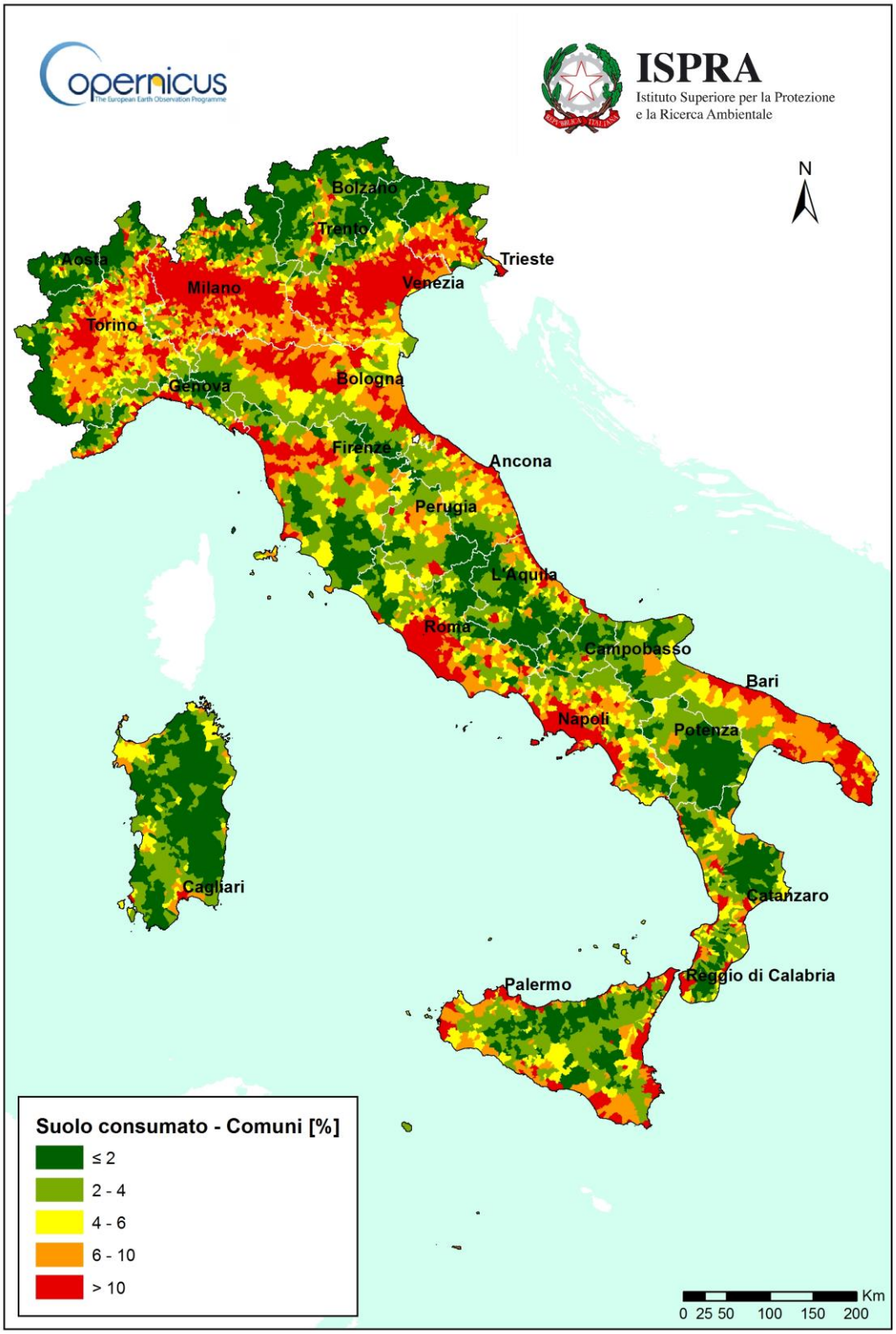

Tavola 1 - Suolo consumato in percentuale per comune (2012). Fonte: ISPRA.

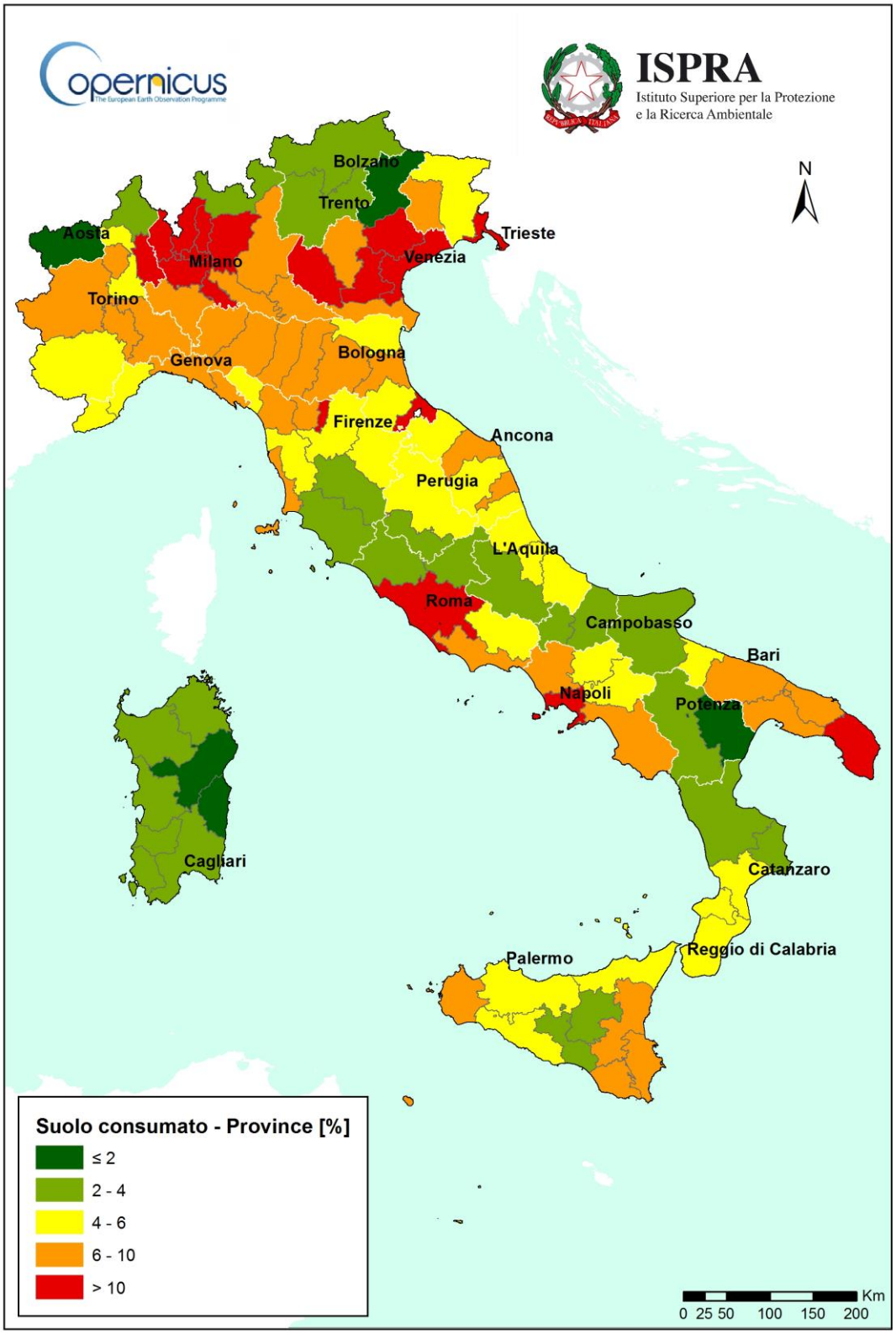

Tavola 2 - Suolo consumato in percentuale per provincia (2012). Fonte: ISPRA.

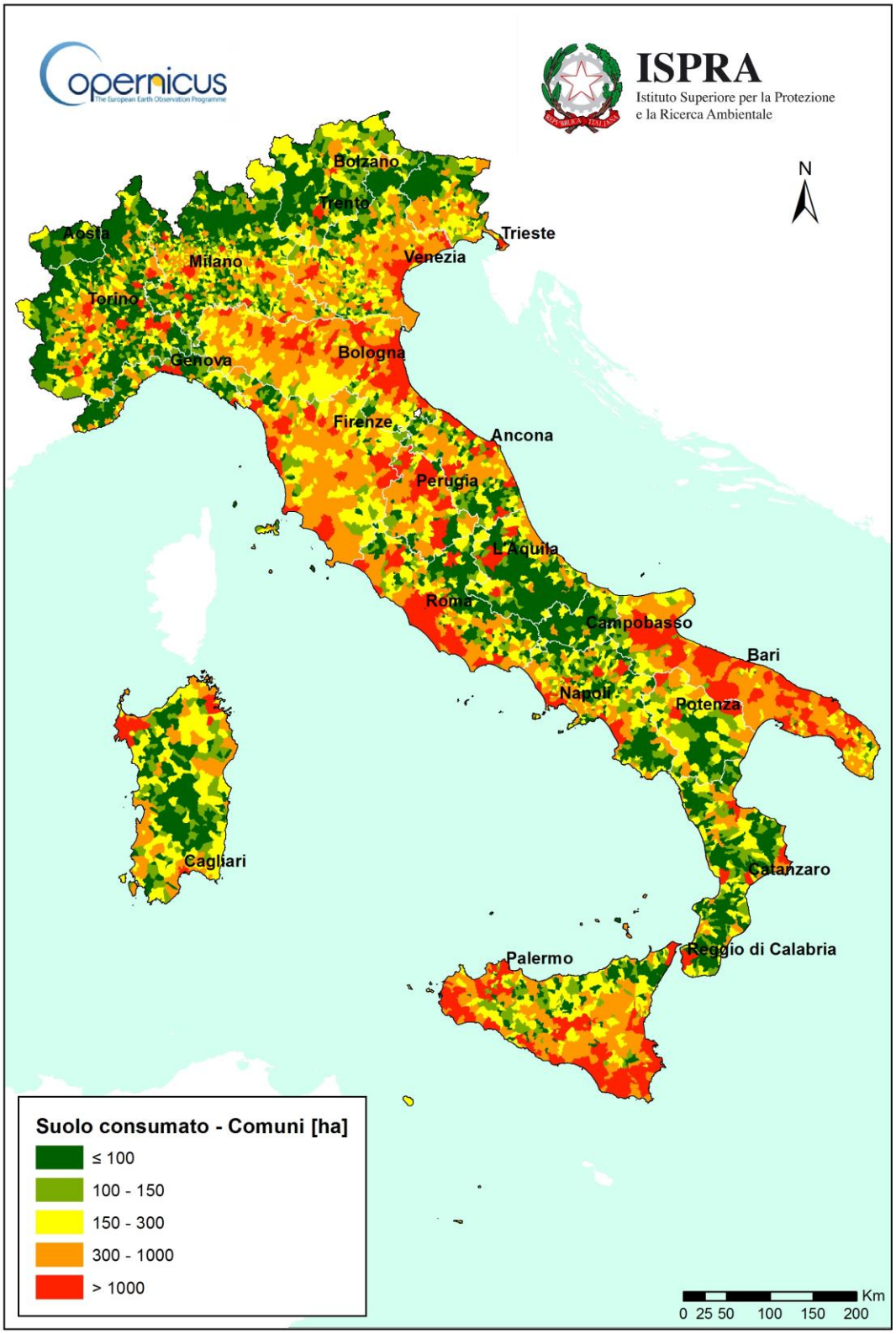

Tavola 3 - Suolo consumato in ettari per comune (2012). Fonte: ISPRA.

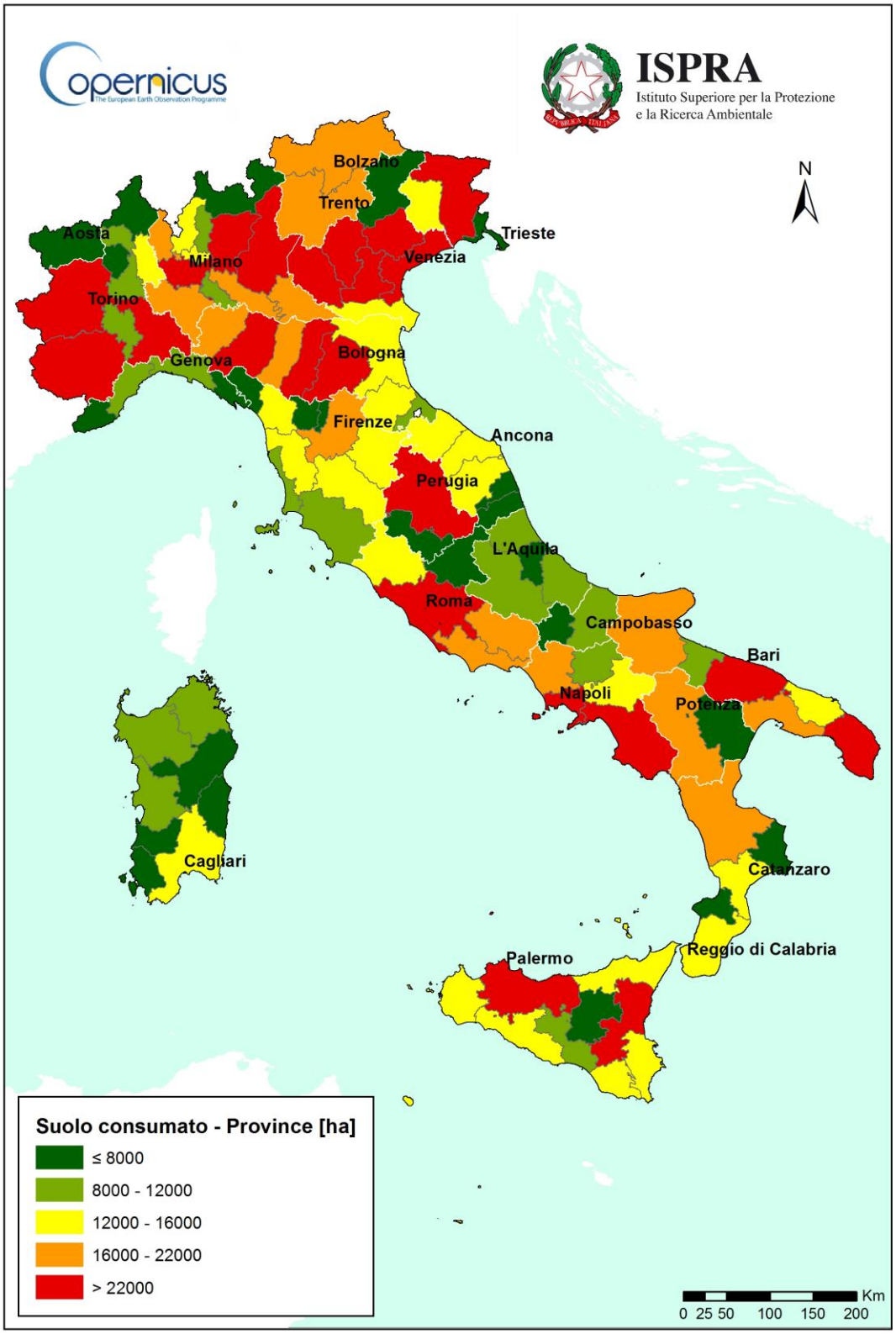

Tavola 4 - Suolo consumato in ettari per provincia (2012). Fonte: ISPRA.

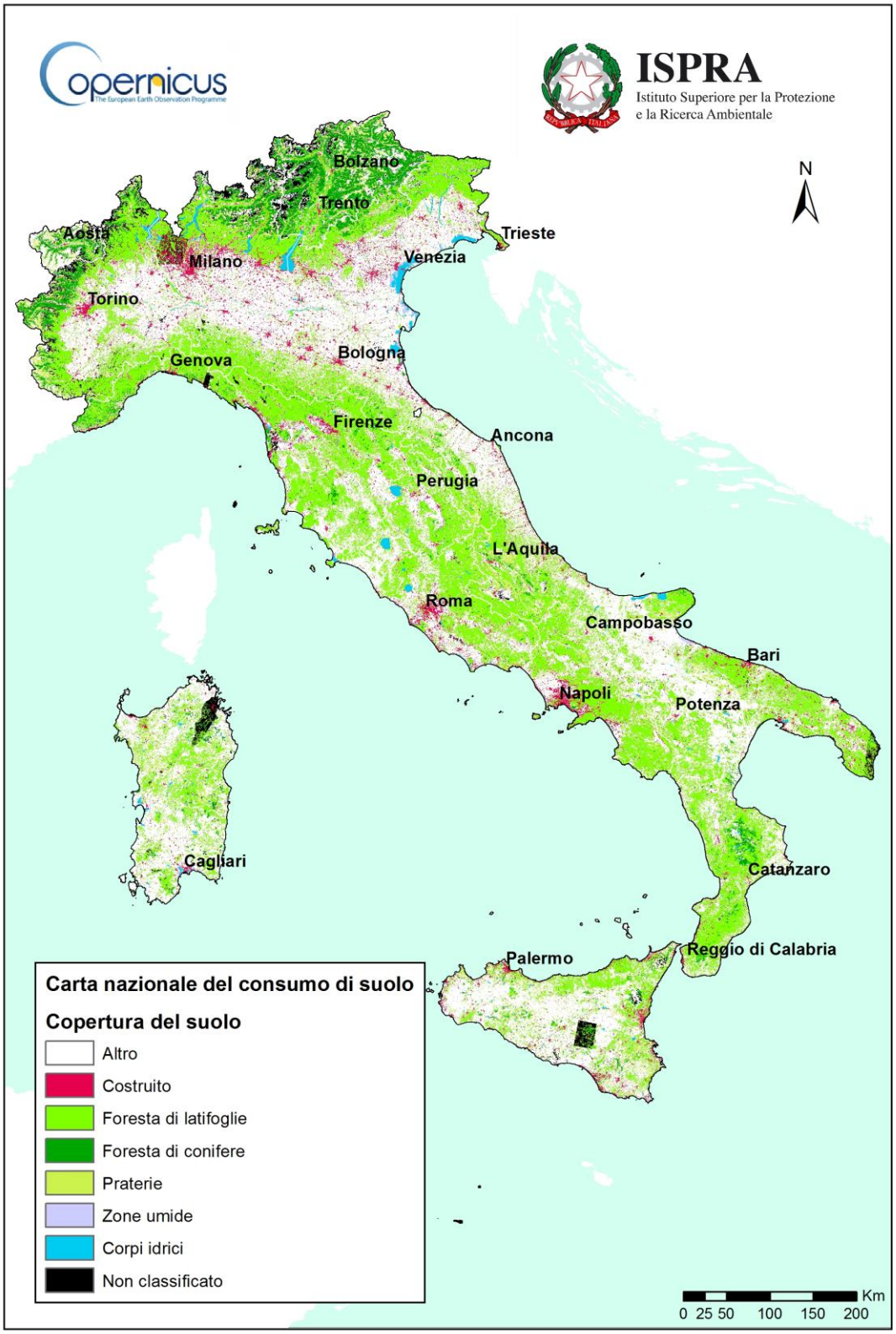

Tavola 5 - Carta nazionale di copertura del suolo ad alta risoluzione. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati *Copernicus*.

Tavola 6 - Carta nazionale del consumo di suolo ad altissima risoluzione. Fonte: ISPRA.

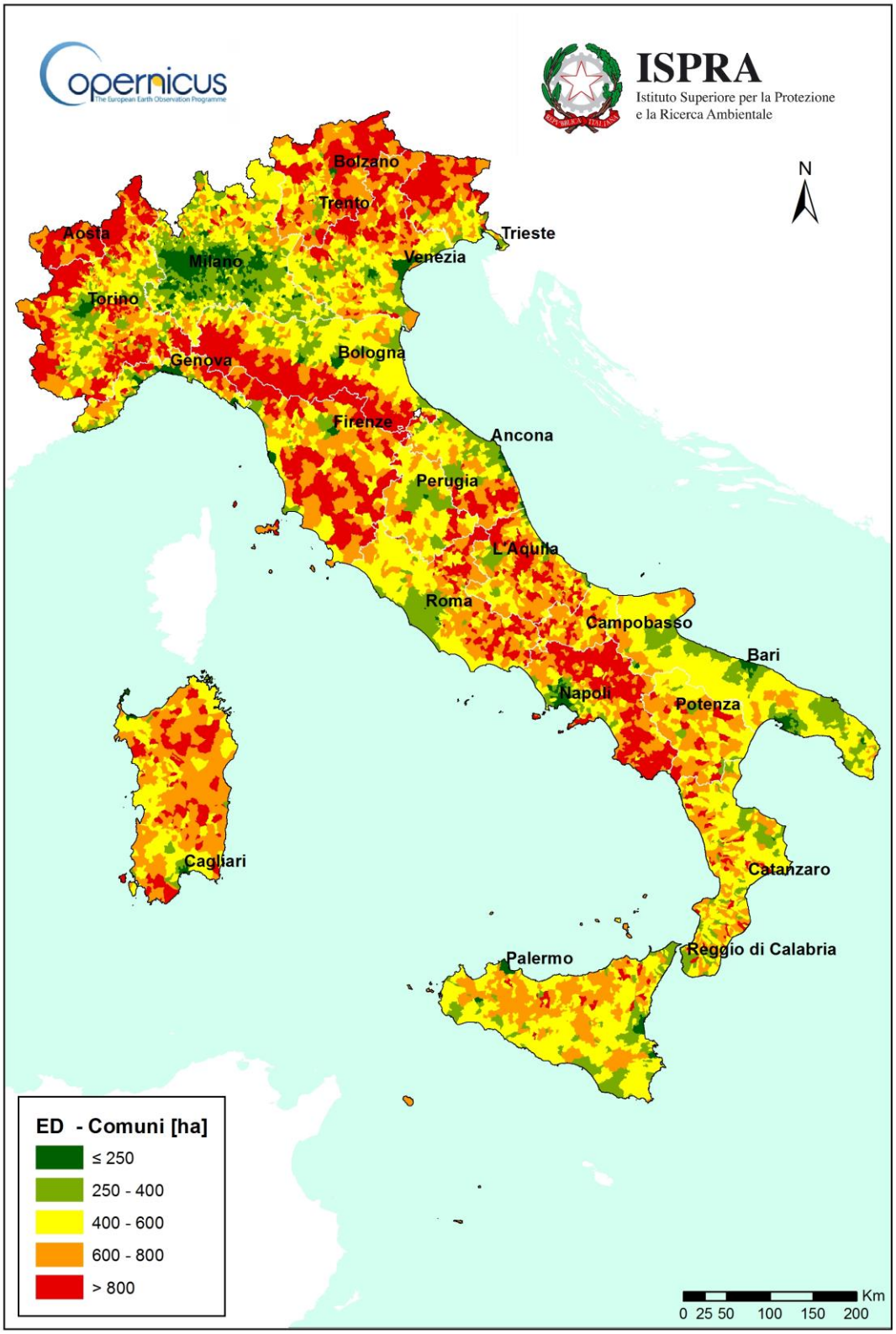

Tavola 7 - Dispersione urbana (densità dei margini urbani). Valori di ED *(Edge Density)* per comune (2012). Tale indicatore aumenta con la maggiore frammentazione dei margini urbani e con la dispersione insediativa. Fonte: ISPRA.

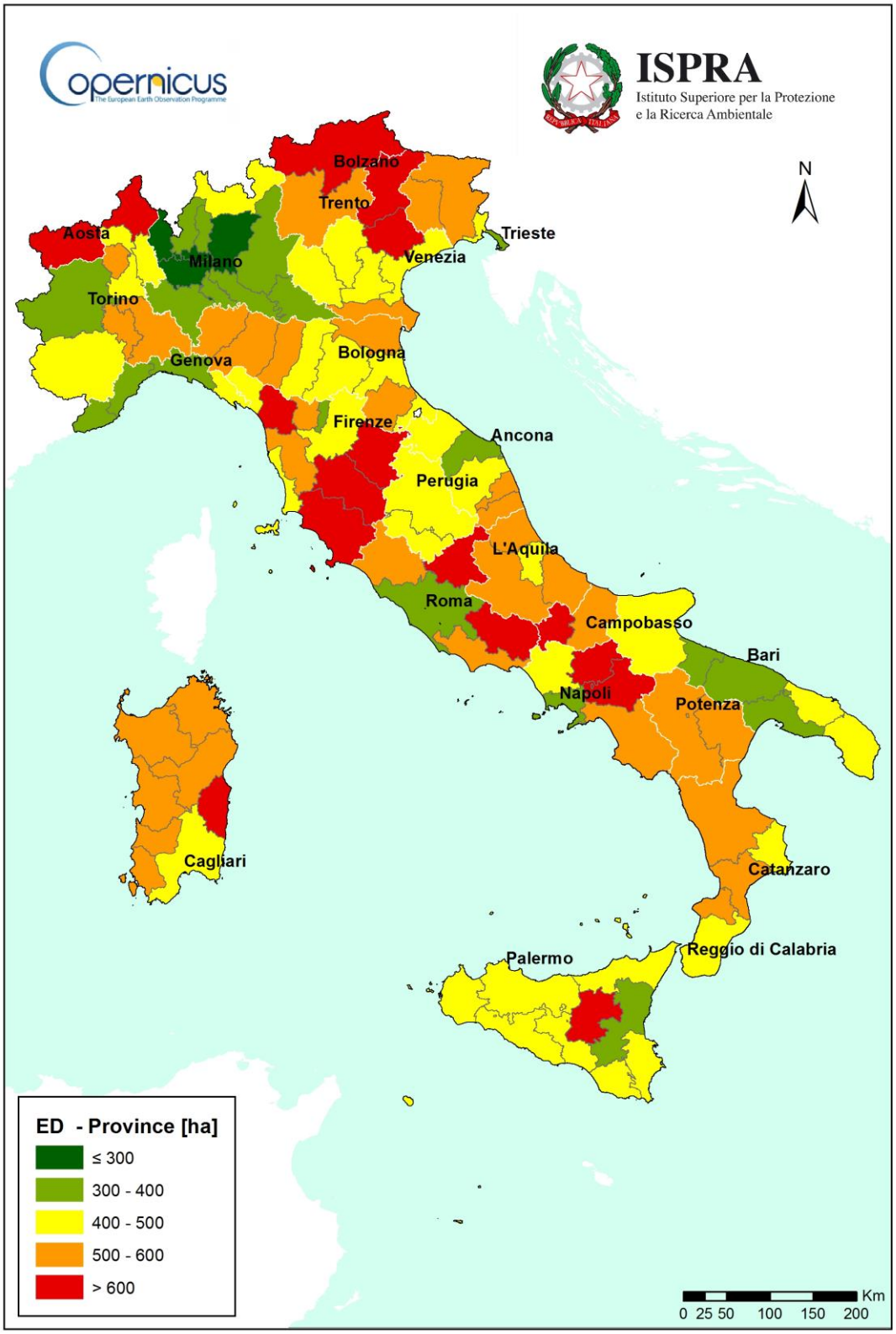

Tavola 8 - Dispersione urbana (densità dei margini urbani). Valori di ED *(Edge Density)* per provincia (2012). Tale indicatore aumenta con la maggiore frammentazione dei margini urbani e con la dispersione insediativa. Fonte: ISPRA.

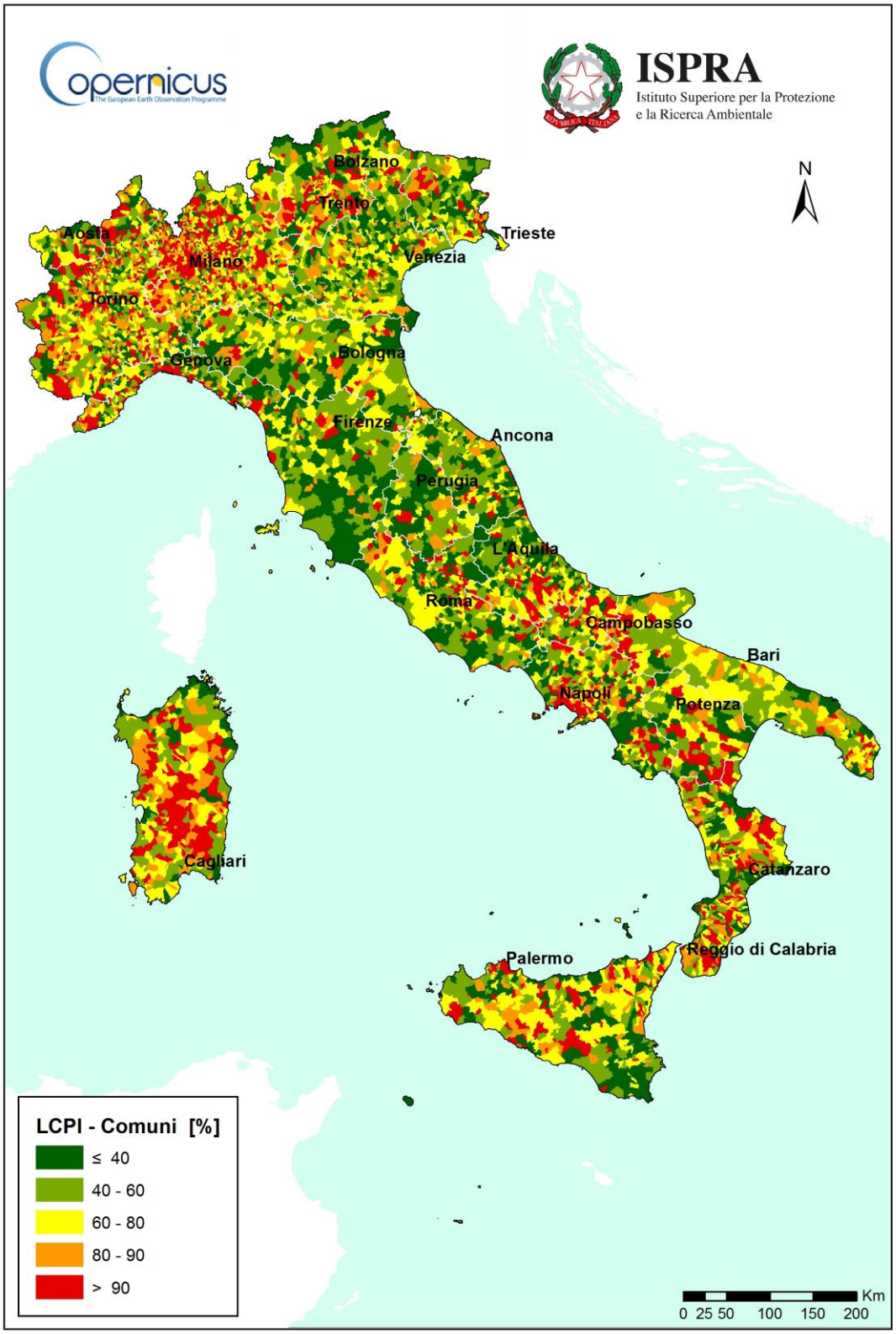

Tavola 9 - Compattezza del tessuto insediativo. Valori di LCPI (*Largest Class Patch Index*) per comune (2012). Il valore è più elevato per aree urbane monocentriche e/o compatte. Fonte: ISPRA.

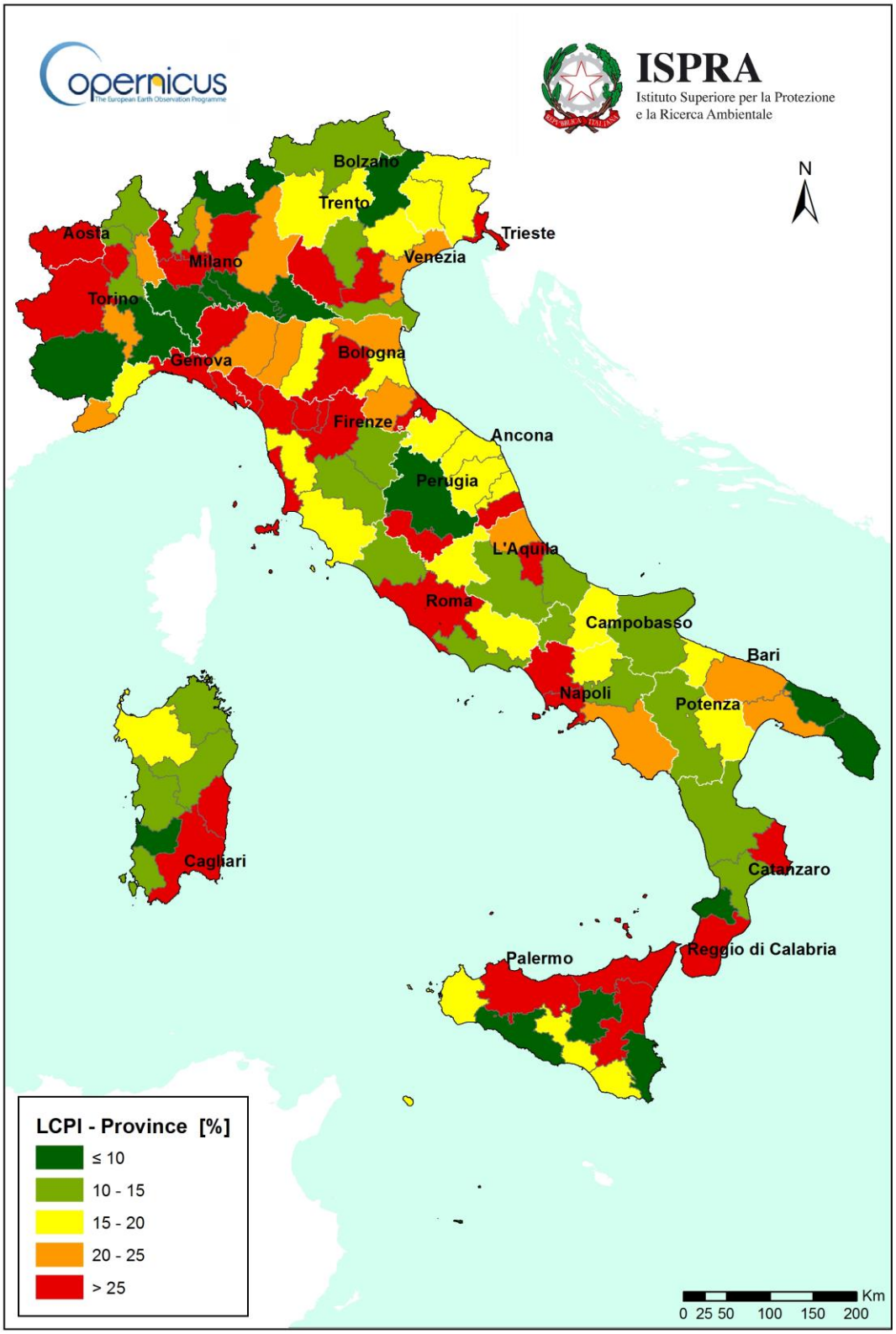

Tavola 10 - Compattezza del tessuto insediativo. Valori di LCPI (*Largest Class Patch Index*) per provincia (2012). Il valore è più elevato per aree urbane monocentriche e/o compatte. Fonte: ISPRA.

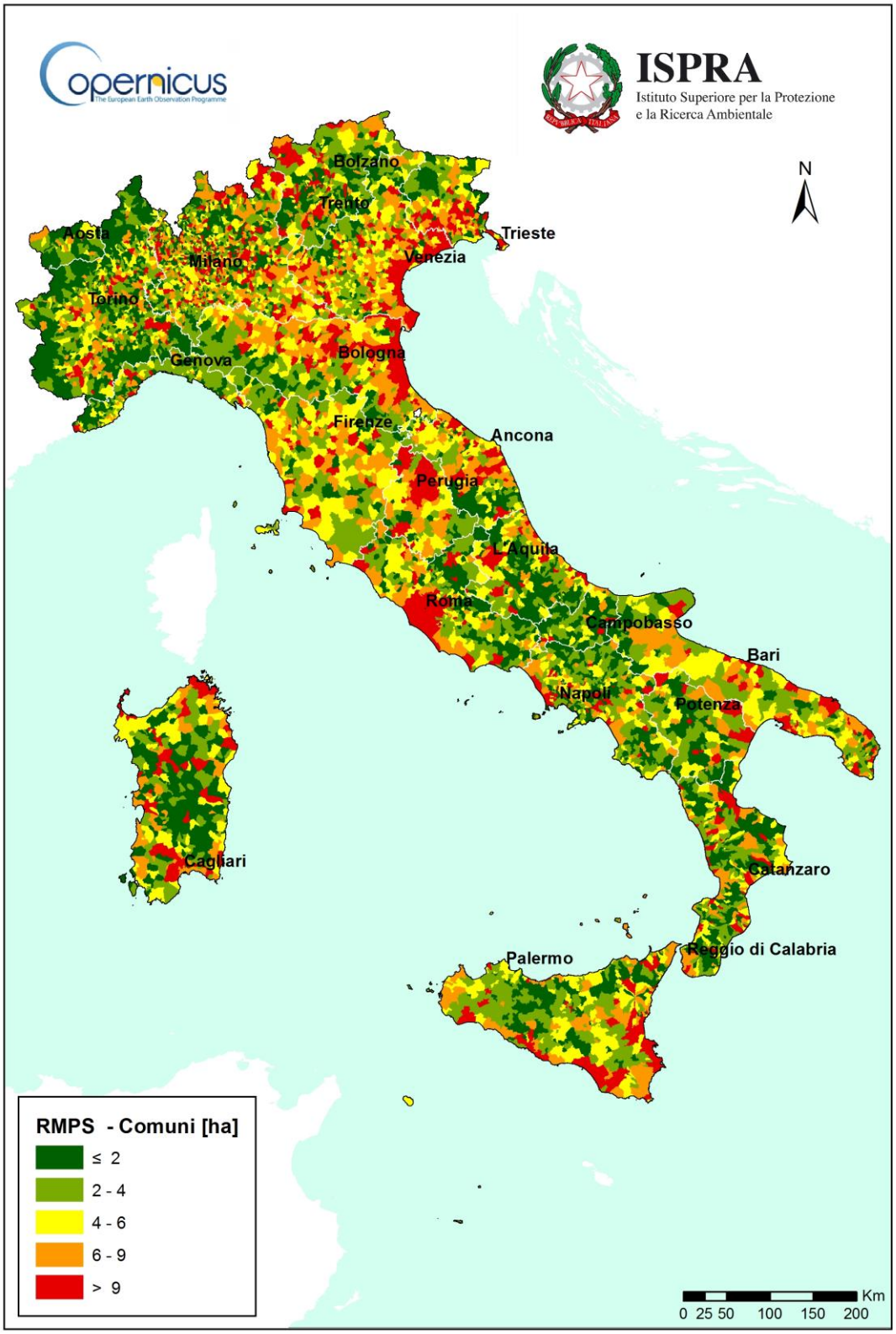

Tavola 11 - Diffusione urbana. Valori di RMPS (*Residual Mean Patch Size*) per comune (2012). È un indicatore della diffusione del tessuto urbano periferico, essendo calcolato come il valore medio della dimensione delle aree urbanizzate escludendo il poligono urbano più esteso. Fonte: ISPRA.

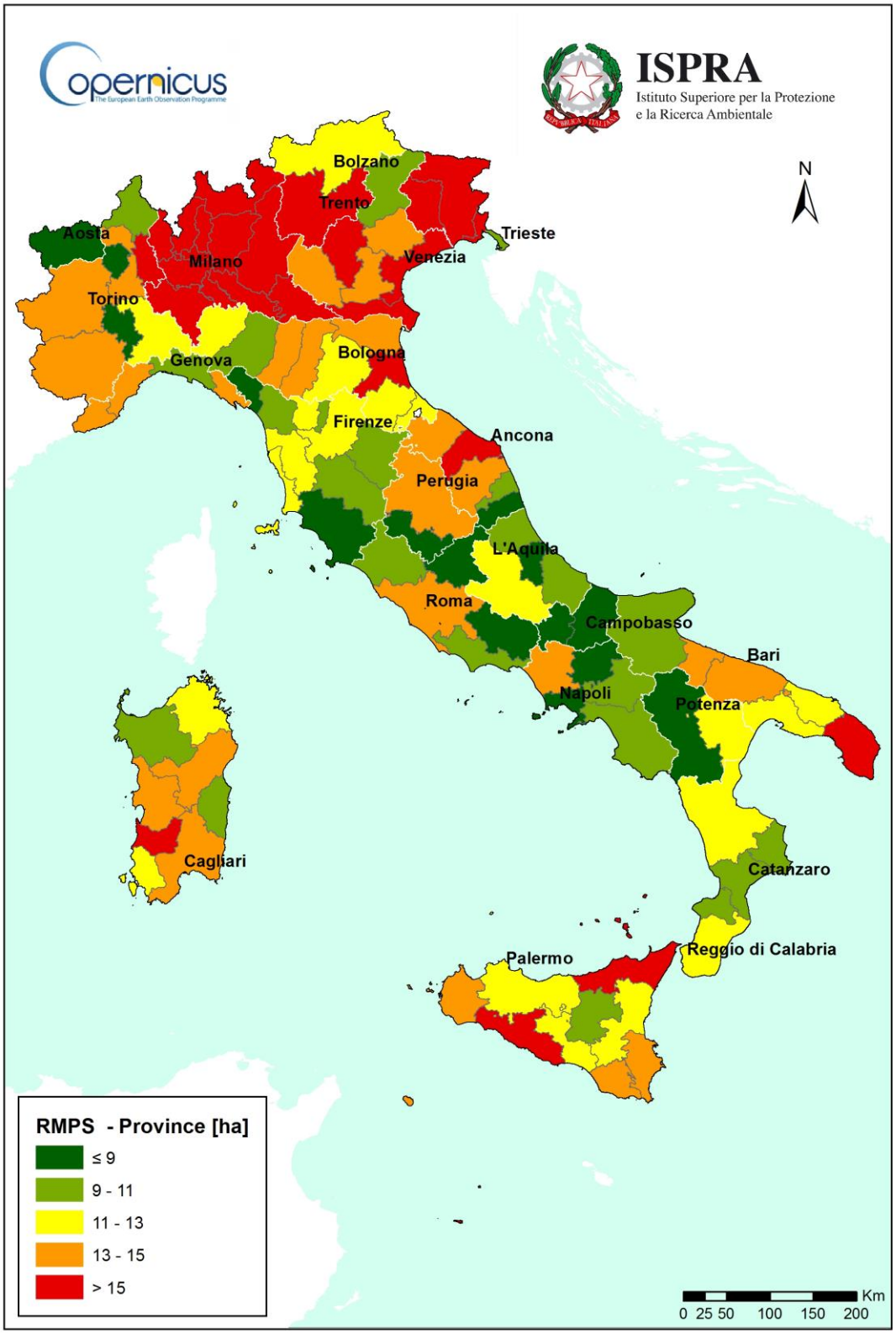

Tavola 12 - Diffusione urbana. Valori di RMPS (*Residual Mean Patch Size*) per provincia (2012). È un indicatore della diffusione del tessuto urbano periferico, essendo calcolato come il valore medio della dimensione delle aree urbanizzate escludendo il poligono urbano più esteso. Fonte: ISPRA.

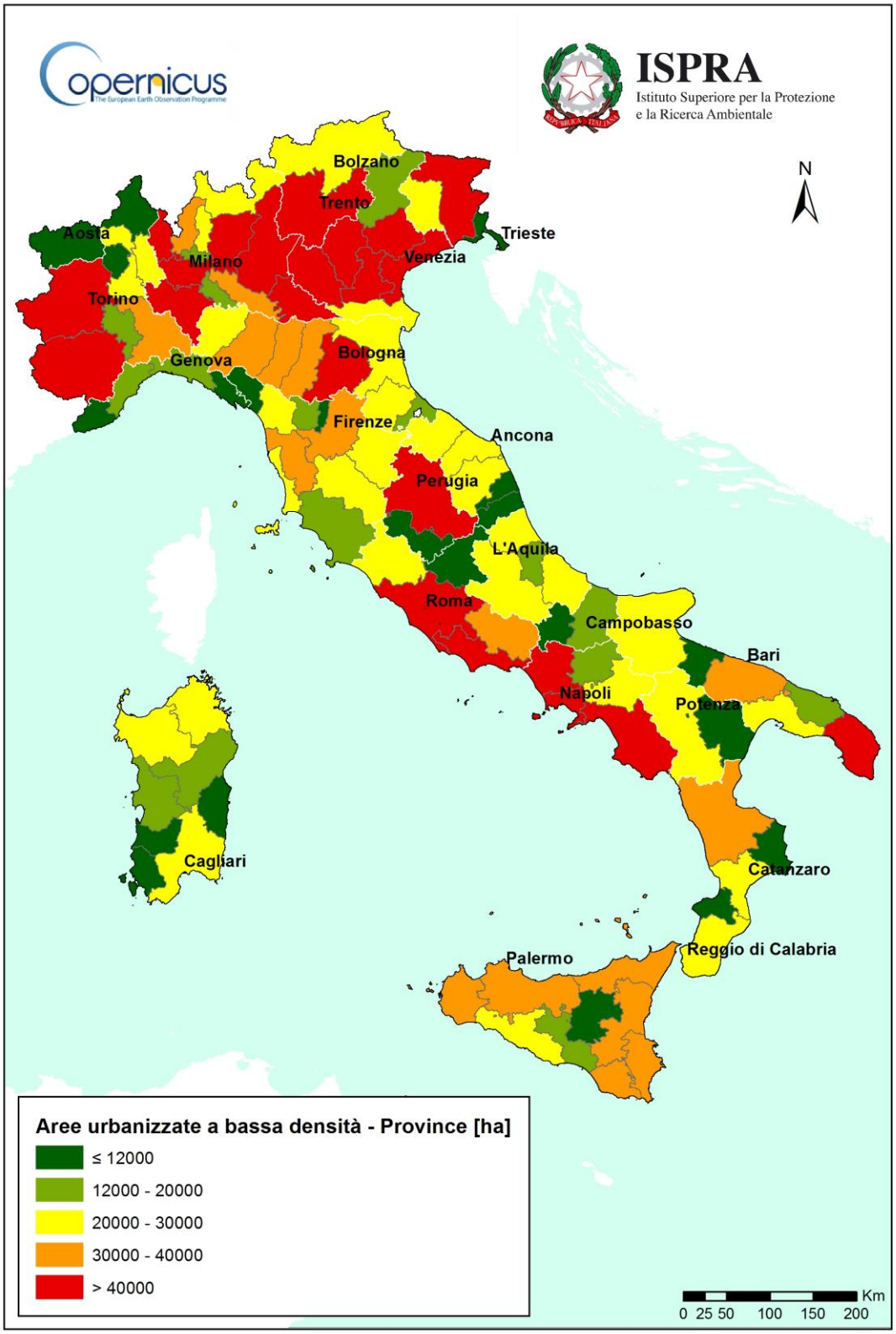

Tavola 13 - Diffusione urbana. Superficie urbana a bassa densità in ettari, per provincia (2012). Fonte: ISPRA.

Tavola 14 - Classificazione delle diverse forme insediative e dei tessuti urbanizzati, per comune (2012). Fonte: ISPRA.

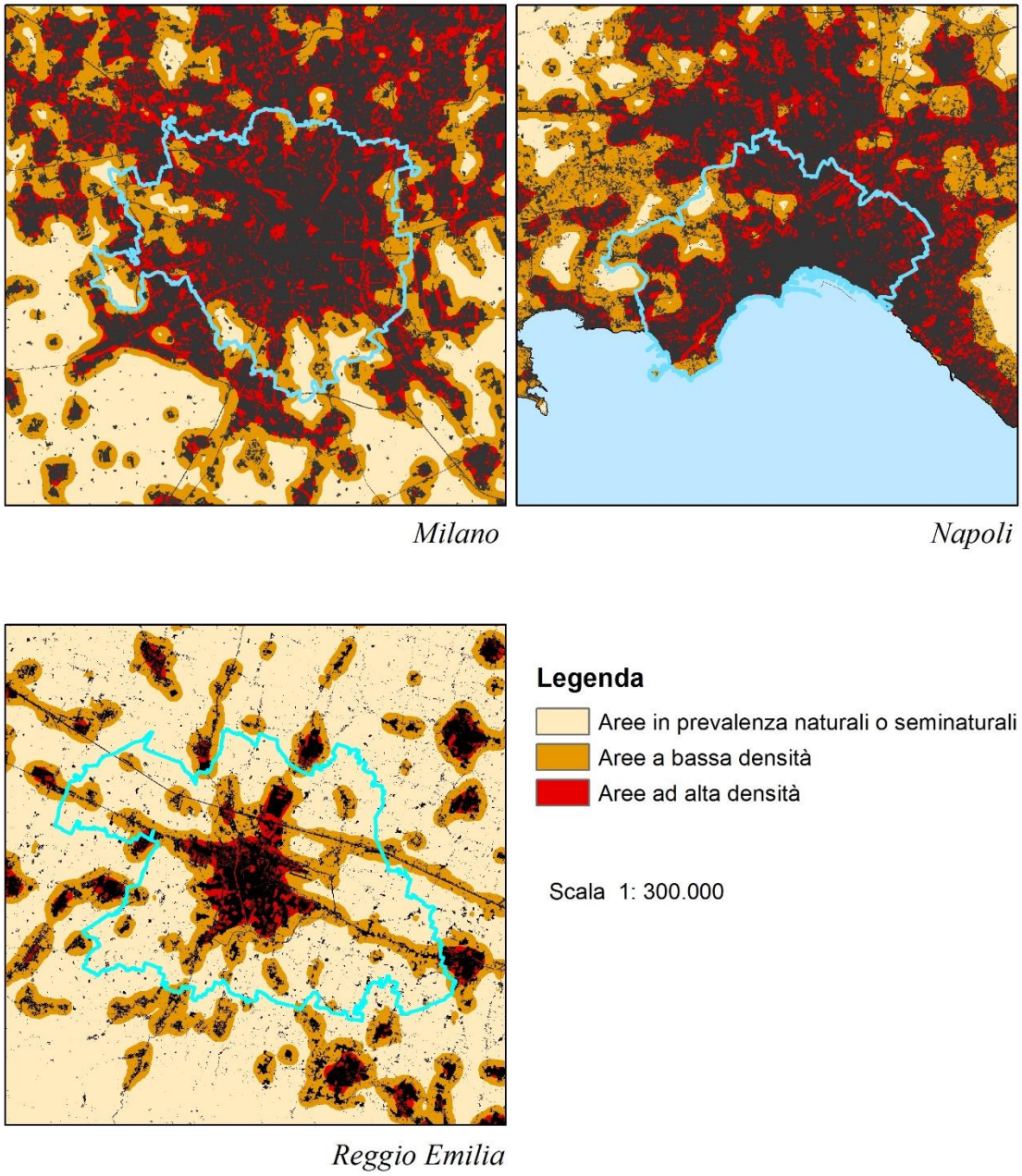

Tavola 15 - Ripartizione del territorio comunale (limite amministrativo in azzurro) in funzione della densità di urbanizzazione. In nero il suolo consumato. Alcuni esempi (2012). Fonte: ISPRA.

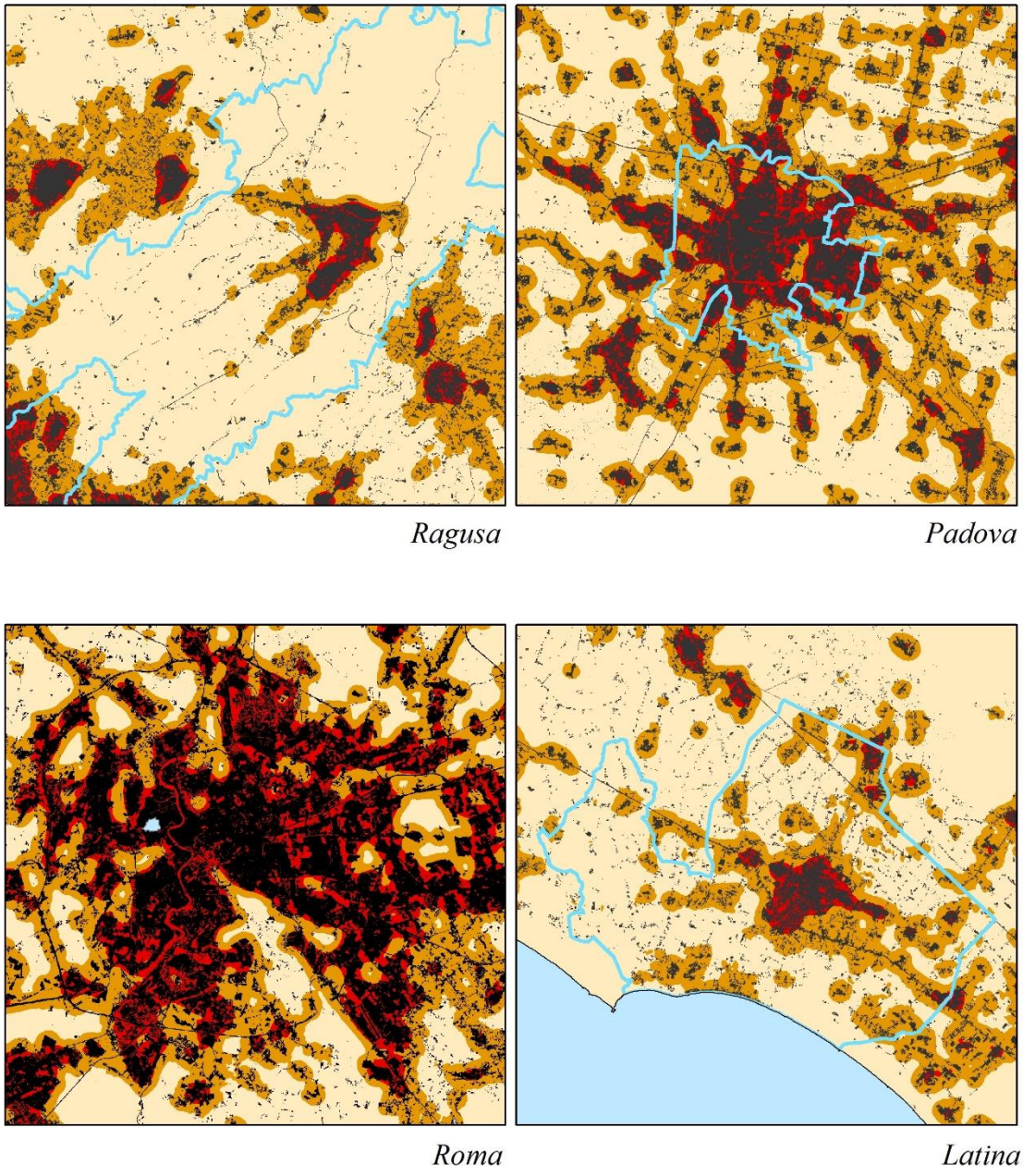

Tavola 16 - Ripartizione del territorio comunale (limite amministrativo in azzurro) in funzione della densità di urbanizzazione. In nero il suolo consumato. Alcuni esempi (2012). Fonte: ISPRA.

RAPPORTI
218 / 2015