

# BAF Index e mappatura del consumo di suolo a Padova: quantificazione e simulazione di scenari alternativi

Francesca Peroni<sup>(a)</sup>, Stefano Brugnaro<sup>(b)</sup>, Marco Sozzi<sup>(c)</sup>, Edoardo Crescini<sup>(d)</sup>,  
Salvatore Pappalardo<sup>(e)</sup>, Daniele Codato<sup>(f)</sup>, Federico Gianoli<sup>(g)</sup>, Alberto  
Lanzavecchia<sup>(h)</sup>, Massimo De Marchi<sup>(i)</sup>

<sup>(a)</sup> Master GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, Università degli Studi di Padova, Via Loredan, 20 - 35131 Padova, +39 340 8714078, [arch.francescaperoni@gmail.com](mailto:arch.francescaperoni@gmail.com)

<sup>(b)</sup> Master GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, Università degli Studi di Padova

<sup>(c)</sup> Dipartimento Territorio e Sistemi AgroForestali (TESAF), Università degli Studi di Padova

<sup>(d)</sup> Dipartimento di Biologia (DB), Università degli Studi di Padova

<sup>(e)</sup> Master GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova

<sup>(f)</sup> Master GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova

<sup>(g)</sup> Master GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova

<sup>(h)</sup> Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali "Marco Fano" (dSEA), Università degli Studi di Padova

<sup>(i)</sup> Master GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova

## Introduzione

Il consumo di suolo è un fenomeno che riguarda la copertura del suolo naturale o seminaturale con materiali impermeabili come asfalto e cemento. Il fenomeno si riferisce ad un incremento della copertura artificiale di terreno (*land cover*) (ISPRA, 2016) che origina gravi processi degradativi che limitano o inibiscono totalmente le funzionalità del suolo (FAO, 2015). È un processo legato prevalentemente alla costruzione di nuovi edifici, all'espansione delle città e all'infrastrutturazione del territorio (ISPRA, 2016). Il consumo di suolo è un fenomeno mondiale; in particolare la media dell'Unione Europea di suolo occupato artificialmente si aggira intorno al 4,3% e l'Italia risulta essere al 5° posto, dopo Paesi Bassi, Belgio, Lussemburgo e Germania (EUROSTAT, 2016). Pur con una velocità ridotta rispetto agli anni 2000, infatti, il consumo di suolo continua a coprire irreversibilmente parti del territorio italiano. A livello nazionale il suolo consumato è passato dal 2,7% del 1950 al 7,6% del 2016 intaccando 23.039 km<sup>2</sup> di superficie (ISPRA, 2017). L'area più colpita è il Settentrione e la Regione del Veneto si colloca al 2° posto tra le regioni con maggior suolo consumato, presentando valori superiori al 12%). A livello comunale le percentuali sono generalmente molto più elevate del resto del territorio, raggiungendo la soglia del 50% della superficie amministrata (CRCS, 2016). I numeri confermano questa tendenza anche per il Comune di Padova, con il 49,20 % di superficie territoriale consumata (ISPRA, 2017).

Solo negli ultimi anni il quadro normativo si sta indirizzando verso la salvaguardia della risorsa ambientale suolo, ma, sia a livello europeo sia a

livello italiano, la legislazione è in fase di *stand-by*. La proposta di Direttiva Quadro sul suolo del 2006 è stata ritirata nel 2014, mentre il D.lgs sul "Contenimento del consumo di suolo e riuso del suolo edificato" è in attesa di approvazione al Senato. La Regione del Veneto ha invece appena approvato la L.R. n.14 del 2017 "Disposizioni per il contenimento del consumo di suolo e modifiche della legge regionale 23 aprile 2004, n. 11 "Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio". La principale strategia proposta dalla nuova legge si focalizza sui limiti quantitativi all'occupazione di terreno, attraverso il finanziamento di processi di rigenerazione urbana (ri-uso e riqualificazione) (ISPRA, 2016). Tale strategia è in continuità con gli "Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo" (CE, 2012) e dell'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (UN, 2015), ma trascura il valore e le funzionalità ecosistemiche dei suoli. Il suolo fornisce "servizi ambientali" primari e secondari al territorio ed alle comunità locali, noti come Servizi Ecosistemici (SE) (MA, 2005) e definiti come "i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano". Il depauperamento del suolo produce tuttavia la drastica riduzione di tali servizi che non trovano ripristino attraverso soli processi di limitazione di suolo consumato. La Strategia dell'UE per la biodiversità fino al 2020 (CE, 2011) riconosce esplicitamente il nesso fra conservazione della biodiversità, tutela degli ecosistemi e dei relativi servizi, e benessere umano, prevedendo un miglioramento dello stato di conservazione degli habitat, la valorizzazione degli ecosistemi e i relativi servizi mediante la creazione e il rafforzamento di una infrastruttura verde e il ripristino di almeno il 15% degli ecosistemi degradati. Pertanto la Commissione Europea (CE) (2012) suggerisce un'azione articolata delle misure da adottare per affrontare l'impermeabilizzazione dei suoli, tra cui l'attuazione di misure di mitigazione e compensazione che apportino un miglioramento della qualità dei SE.

Gli obiettivi generali del presente studio intendono quantificare al giorno d'oggi, mediante analisi spaziale, il suolo consumato nel quartiere San Lazzaro del Comune di Padova (figg. 1-3) e simulare uno scenario alternativo che tenti di mitigare l'effetto dei suoli impermeabilizzati. Il quartiere si estende su un'area di circa 350 ettari ed è localizzato nella fascia orientale del Comune di Padova. In essa persiste un tessuto urbano molto complesso e variegato, caratterizzato dalla presenza della zona industriale nord di Padova (ZIP) nella parte sud, di un'ampia fascia lasciata ad incolto nella zona più a nord e di una piccola zona residenziale nella parte centrale. San Lazzaro è racchiuso in una rete infrastrutturale molto vasta: a nord è delimitato dalla ferrovia Milano-Venezia, a est dal tracciato dell'autostrada A4 Torino-Trieste e dal tracciato della tangenziale di Padova, che taglia l'intero quartiere da nord a sud. Infine il lato ovest è delimitato dalla rete viaria che conduce all'autostrada e successivamente alla zona industriale. La ZIP nord, costruita tra la fine degli anni '50 e metà degli anni '70 del '900, è rimasta da allora pressoché invariata, andando, nei decenni successivi, a saturare e impermeabilizzare sempre di più le poche aree rimaste libere.



Figura 1 - Localizzazione del Comune di Padova nella Regione Veneto



Figura 2 - Localizzazione del quartiere San Lazzaro nel Comune di Padova



Figura 3 - Il quartiere San Lazzaro

### Materiali e metodi

Il calcolo del consumo di suolo è stato ottenuto mediante l'applicazione dell'Indice *Biotope Area Factor* (BAF) in ambiente GIS. L'indice BAF è stato sviluppato per i contesti urbani ed è stato utilizzato per la prima volta dalla municipalità di Berlino nel 1994, al fine di misurare la permeabilità complessiva delle aree in esame e di migliorare la presenza di vegetazione in ambiente costruito (Landschaft Planen & Bauen et al., 1990; Ingegnoli, 2015).

L'indice considera 9 tipologie di superficie, associando loro un coefficiente in una scala da 1 (totale permeabilità) a 0 (impermeabilità assoluta). 1 equivale quindi ad un suolo con destinazione "a verde" o a destinazione "agricola", come ad esempio parchi urbani, campi agricoli o giardini delle abitazioni, 0 equivale a tutte le superfici a permeabilità nulla, come edifici o strade. Le classi intermedie dell'indice tengono in considerazione anche le aree vegetate che hanno più o meno connessione con il suolo sottostante.

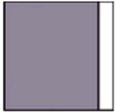
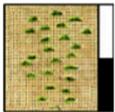
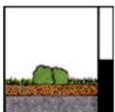
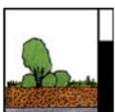
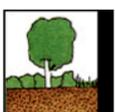
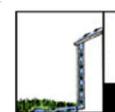
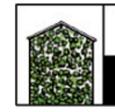
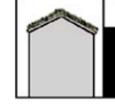
Weighting factor / per m <sup>2</sup> of surface type	Description of surface types
 <p>Sealed surfaces <b>0.0</b></p>	Surface is impermeable to air and water and has no plant growth (e.g., concrete, asphalt, slabs with a solid subbase)
 <p>Partially sealed surfaces <b>0.3</b></p>	Surface is permeable to water and air; as a rule, no plant growth (e.g., clinker brick, mosaic paving, slabs with a sand or gravel subbase)
 <p>Semi-open surfaces <b>0.5</b></p>	Surface is permeable to water and air; infiltration; plant growth (e.g., gravel with grass coverage, wood-block paving, honeycomb brick with grass)
 <p>Surfaces with vegetation, unconnected to soil below <b>0.5</b></p>	Surfaces with vegetation on cellar covers or underground garages with less than 80 cm of soil covering
 <p>Surfaces with vegetation, unconnected to soil below <b>0.7</b></p>	Surfaces with vegetation that have no connection to soil below but with more than 80 cm of soil covering
 <p>Surfaces with vegetation, connected to soil below <b>1.0</b></p>	Vegetation connected to soil below, available for development of flora and fauna
 <p>Rainwater infiltration per m<sup>2</sup> of roof area <b>0.2</b></p>	Rainwater infiltration for replenishment of groundwater; infiltration over surfaces with existing vegetation
 <p>Vertical greenery up to a maximum of 10 m in height <b>0.5</b></p>	Greenery covering walls and outer walls with no windows; the actual height, up to 10 m, is taken into account
 <p>Greenery on rooftop <b>0.7</b></p>	Extensive and intensive coverage of rooftop with greenery

Figura 4 - Tipologie di superfici e coefficienti di permeabilità

L'Indice BAF esprime il rapporto tra la somma delle superfici ecologicamente efficaci e la superficie totale dell'area. La formula per calcolarlo è la seguente:

$$\text{BAF} = \frac{\text{ecologically-effective surface areas}}{\text{total land area}} \quad [1]$$

Il calcolo del consumo di suolo si è quindi articolato in 4 fasi: 1) estrazione delle superfici da ortofoto (Regione del Veneto, 2015) mediante *visual analysis* in ambiente GIS, in base all'uso del suolo; 2) attribuzione dei coefficienti di BAF alle *features* estratte nella prima mappatura; 3) normalizzazione delle classi di uso del suolo su aree unitarie esagonali di 1000 mq e *grid analysis*; 4) calcolo dell'Indice BAF medio per l'area di studio, mediante l'applicazione della formula [1] che esprime la sommatoria delle superfici ecologicamente efficaci (con valori superiori a 0) sull'area totale del quartiere San Lazzaro.

La *visual analysis* è stata eseguita in ambiente GIS mediante fotointerpretazione di ortofoto a banda singola e multispettrale (VIS e NIR), al fine di stimare e modellizzare la permeabilità dei suoli del complesso tessuto urbano. Sono state utilizzate ortofoto del 2015 (periodo estivo), volo REVEN della Regione del Veneto, ad altissima risoluzione (0.2 m/pixel) che ha consentito un'estrazione delle *features* oggetto di studio ad una scala variabile compresa tra 1:2.000 e 1:1.000, spingendosi nei casi richiesti fino ad una scala 1:500. È stata stabilita una *minimum mapping unit* (MMU) di 6 mq che ha consentito l'estrazione e l'analisi di piccole aree permeabili diffuse nell'area di interesse.

La simulazione di scenario alternativo è stata sviluppata tenendo in considerazione il carattere prevalentemente industriale del quartiere San Lazzaro e avanzando l'ipotesi di adattare i tetti dei capannoni industriali in sistemi vegetati (*rooftop greening*). L'operazione eseguita è stata quella di sostituire ai coefficienti BAF delle *features* relative agli edifici industriali, che presentavano valori uguali a 0, con il coefficiente BAF corrispondente ai tetti verdi, ovvero 0,7 (figura 4). Successivamente il calcolo è proseguito tramite normalizzazione su *grid analysis* e calcolo dell'Indice BAF.

## Risultati e discussione

Nell'analisi cartografica in figura 5 viene evidenziata la distribuzione delle aree permeabili e impermeabili del quartiere San Lazzaro per l'anno 2015. Nel quadrante settentrionale sono distribuite la maggior parte delle aree permeabili, con coefficiente BAF 1, a sud quelle impermeabili con coefficiente BAF 0. La zona centrale, corrispondente al tessuto residenziale, mostra valori tra 0,3 e 0,5, e in alcuni casi 0,7, poiché sono stati mediati al suo interno i valori degli edifici, con BAF 0 e quelli dei giardini con BAF 1. Per l'anno 2015, l'applicazione della formula [1] restituisce per l'intera area un Indice BAF finale di 0,35. La simulazione spaziale dello scenario alternativo *rooftop greening* (figura 6), mostra, invece, una drastica riduzione delle superfici con coefficiente BAF 0 ed aumento di quelle a BAF 0,7, corrispondenti alle superfici in cui è stata simulata l'introduzione dei tetti verdi. Le aree a coefficiente BAF 1 (aree verdi o coltivate) non sono invece alterate. Il valore finale di Indice BAF per lo scenario *rooftop greening*, ottenuto dall'applicazione della formula [1], è di 0,5.

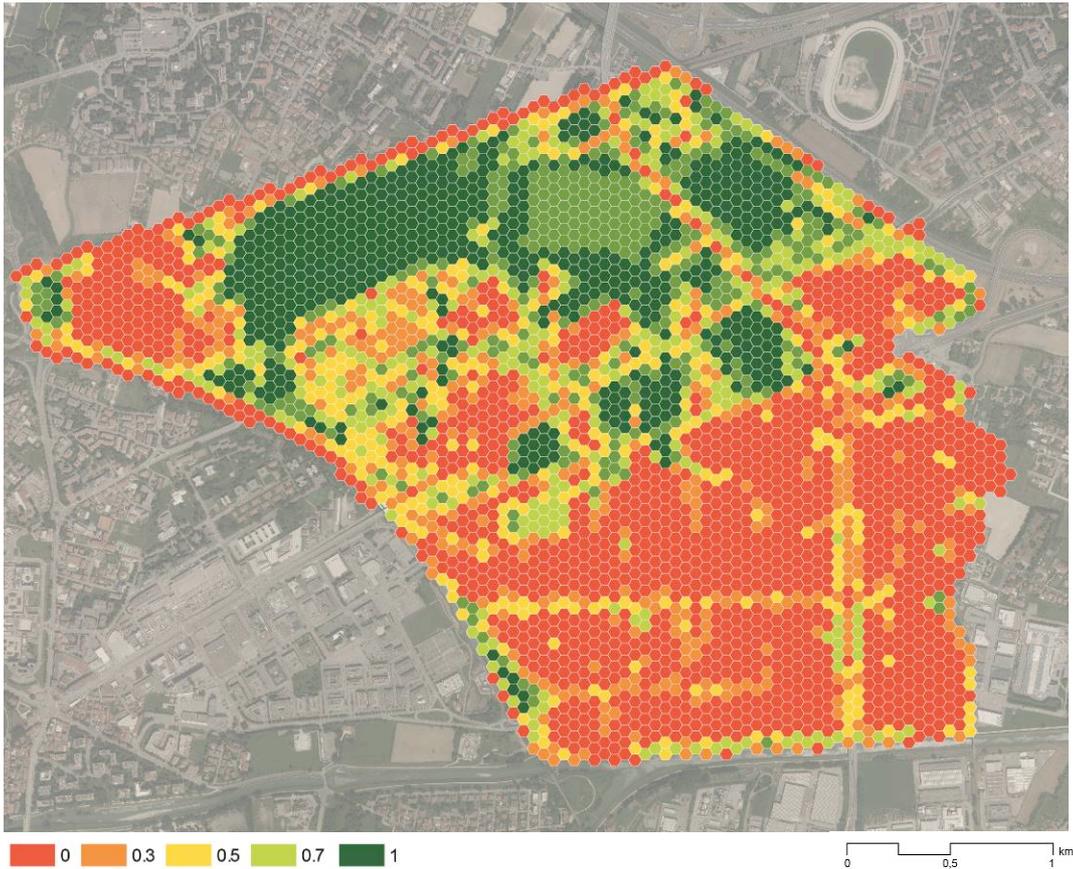


Figura 5 - Indice BAF nel quartiere San Lazzaro, anno 2015

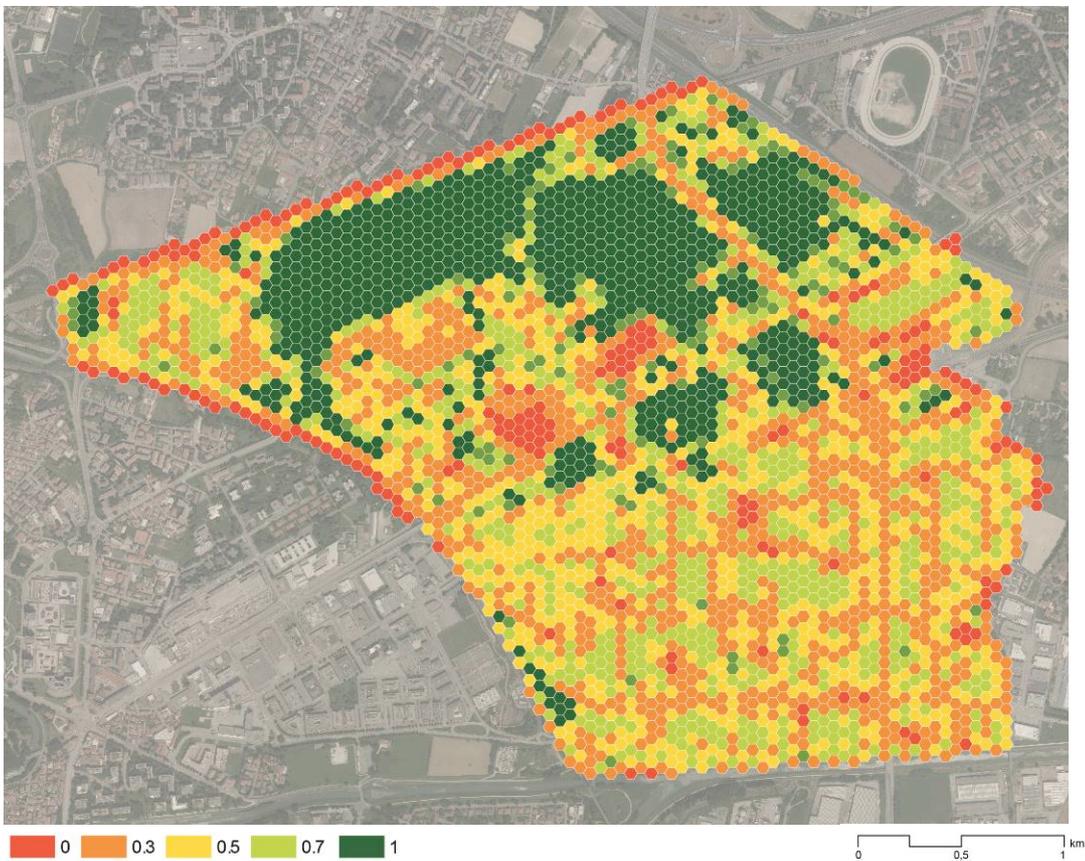


Figura 6 - Indice BAF del quartiere San Lazzaro, scenario rooftop greening

L'applicazione dell'Indice BAF ha permesso di visualizzare e quantificare quale sia lo stato di impermeabilizzazione dei suoli nell'area di studio San Lazzaro. Il primo risultato ottenuto (figura 5) ha evidenziato come l'area sia già fortemente impermeabilizzata poiché più del 60% delle superfici (figura 6) risulta essere coperta da materiali che non permettono il corretto svolgimento delle funzioni del suolo, impedendone infiltrazione dell'acqua piovana e modificando i flussi di drenaggio. Osservando l'immagine si osserva come l'area impermeabilizzata sia totalmente concentrata nel quadrante meridionale, in corrispondenza della ZIP nord, mentre quella permeabile, che corrisponde al 31% del totale, sia concentrata nel quadrante settentrionale. Per oltre 200 ha la zona industriale di San Lazzaro non presenta superfici atte a mitigare il fenomeno del consumo di suolo. Lo scenario *rooftop greening* mostra un miglioramento dell'Indice BAF di 0,15 punti: le aree a coefficiente BAF 1 (aree verdi o coltivate) non diminuiscono, le superfici a coefficiente BAF 0,7 si attestano al 21% mentre quelle a coefficiente BAF 0 calano di circa 20 punti percentuali (figura 7).



Figura 6 - Percentuali di ciascuna classe BAF per l'anno 2015: in rosso le superfici con coefficiente BAF 0, in giallo le superfici con BAF 0,5, in verde chiaro quelle con BAF 0,7 e in verde scuro quelle con BAF 1



Figura 7 - Percentuali di ciascuna classe BAF per lo scenario rooftop greening: in rosso le superfici con coefficiente BAF 0, in giallo le superfici con BAF 0,5, in verde chiaro quelle con BAF 0,7 e in verde scuro quelle con BAF 1

Lo scenario *rooftop greening*, basandosi sulle indicazioni fornite dallo stesso Indice BAF (nelle cui 9 classi tiene in considerazione i tetti verdi e gli assegna un coefficiente BAF di 0,7), propone delle strategie di mitigazione senza attuare l'eliminazione degli edifici costruiti, ma adattandoli alle nuove esigenze. Risulta quindi essere un esempio di miglioramento della qualità dell'area di studio, attraverso un'ipotesi di riqualificazione architettonica e urbana.

## Conclusioni

L'indice ambientale BAF è uno strumento efficace in grado di restituire il livello di impermeabilizzazione dei suoli. Consente il monitoraggio del consumo di suolo nelle aree urbanizzate e permette di ottenere un quadro conoscitivo del fenomeno. Può essere applicato anche su porzioni di territorio limitate come per il caso studio San Lazzaro, che presenta una superficie di 350 ha. Osservare ad una scala così dettagliata il quartiere, attraverso la *visual analysis* e, successivamente, attraverso l'applicazione dell'Indice BAF, ha inoltre consentito di elaborare uno scenario specifico per l'area. Il risultato ottenuto dall'analisi cartografica per l'anno 2015 mostra che l'area soggetta a

maggiori problematiche è dislocata nel quadrante meridionale. Lo scenario *rooftop greening* è proposto per migliorare la situazione di San Lazzaro non solo per quanto concerne la permeabilità complessiva delle superfici, ma anche per quanto riguarda la qualità dell'aria e in generale la qualità ambientale del quartiere. Infatti, come affermato nei *Millennium Ecosystem Assessment* (2005), una superficie impermeabilizzata non è in grado di fornire Servizi Ecosistemici all'uomo e all'ambiente circostante, mentre una superficie permeabile, può, ad esempio, essere di beneficio al microclima, riducendo l'effetto isola di calore, alla biodiversità e alla qualità dell'aria.

Una delle possibili traiettorie d'indagine prevede di estendere ed ampliare l'analisi per l'estrazione delle superfici permeabili a grandissima scala su tutta l'area del Comune di Padova, per meglio comprendere la problematica del fenomeno e fornire un supporto tecnico ai *policymakers*.

### **Riferimenti bibliografici**

Landschaft Planen & Bauen, Becker Giseke Mohren Richard, (1990), *The Biotope Area Factor as an Ecological Parameter*, Senate Department for Urban Development and the Environment, Berlino, [www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/index\\_en.shtml](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml), (consultato il 26/06/2017)

Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and human well-being: synthesis*, World Resources Institute, Washington, D.C. (USA)

Commissione Europea CE (2011), *Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse*, COM(2011) 571, Bruxelles

Commissione Europea (CE) (2011), *Strategia sulla biodiversità fino al 2020. COM (2011) 244 def.* - Non pubblicata nella Gazzetta ufficiale

Commissione Europea CE (2012), *Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing*, SWD (2012) 101 final/2

UN (2012), *The future we want. Outcome document of the United Nations Conference on Sustainable Development*, Rio de Janeiro

Ingegnoli V., (2015), *Landscape Bionomics Biological-Integrated Landscape Ecology*, Springer, Milano

FAO and ITPS (2015), *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report*, Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy

ISPRA (2016), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, Edizione 2016, Roma

Eurostat, 2016, *Land cover and land use (LUCAS) statistics*.

[http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Land\\_cover\\_and\\_land\\_use\\_\(LUCAS\)\\_statistics#Further\\_Eurostat\\_information](http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Land_cover_and_land_use_(LUCAS)_statistics#Further_Eurostat_information) (consultato il 26/06/2017)

CRCS (2016), *Nuove sfide per il suolo*, Rapporto 2016, INU Edizioni, Roma

Legge Regionale 06 giugno 2017, n. 14, *Disposizioni per il contenimento del consumo di suolo e modifiche della legge regionale 23 aprile 2004, n. 11*

*"Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio"*

ISPRA (2017), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e Servizi Ecosistemici*, Edizione 2017, Roma