

BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

20

numero 2 anno 2020



BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

20

numero 2 anno 2020

**Public Spaces,
Nature-based
Infrastructures
and Common Goods**



BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

Via Toledo, 402
80134 Napoli
tel. + 39 081 2538659
fax + 39 081 2538649
e-mail info.bdc@unina.it
www.bdc.unina.it

Direttore responsabile: Luigi Fusco Girard
BDC - Bollettino del Centro Calza Bini - Università degli Studi di Napoli Federico II
Registrazione: Cancelleria del Tribunale di Napoli, n. 5144, 06.09.2000
BDC è pubblicato da FedOAPress (Federico II Open Access Press) e realizzato con Open Journal System

Print ISSN 1121-2918, electronic ISSN 2284-4732

Editor in chief

Luigi Fusco Girard, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Co-editors in chief

Maria Cerreta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Pasquale De Toro, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Associate editor

Francesca Ferretti, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Editorial board

Antonio Acierno, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Luigi Biggiero, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Francesco Bruno, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Vito Cappiello, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Mario Coletta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Teresa Colletta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Ileana Corbi, Department of Structures for Engineering and Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Livia D'Apuzzo, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Gianluigi de Martino, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Stefania De Medici, Department of Civil Engineering and Architecture, University of Catania, Catania, Italy
Francesco Forte, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Rosa Anna Genovese, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Fabrizio Mangoni di Santo Stefano, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Luca Pagano, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Stefania Palmentieri, Department of Political Sciences, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Luigi Picone, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Michelangelo Russo, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Salvatore Sessa, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Editorial staff

Mariarosaria Angrisano, **Martina Bosone**,
Antonia Gravagnuolo, **Silvia Iodice**,
Francesca Nocca, **Stefania Regalbutto**,
Interdepartmental Research Center in Urban Planning
Alberto Calza Bini, University of Naples Federico II,
Naples, Italy

Scientific committee

Roberto Banchini, Ministry of Cultural Heritage and Activities (MiBACT), Rome, Italy
Alfonso Barbarisi, School of Medicine, Second University of Naples (SUN), Naples, Italy
Eugenie L. Birch, School of Design, University of Pennsylvania, Philadelphia, United States of America
Roberto Camagni, Department of Building Environment Science and Technology (BEST), Polytechnic of Milan, Milan, Italy
Leonardo Casini, Research Centre for Appraisal and Land Economics (Ce.S.E.T.), Florence, Italy
Rocco Curto, Department of Architecture and Design, Polytechnic of Turin, Turin, Italy
Sasa Dobricic, University of Nova Gorica, Nova Gorica, Slovenia
Maja Fredotovic, Faculty of Economics, University of Split, Split, Croatia
Adriano Giannola, Department of Economics, Management and Institutions, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Christer Gustafsson, Department of Art History, Conservation, Uppsala University, Visby, Sweden
Emiko Kakiuchi, National Graduate Institute for Policy Studies, Tokyo, Japan
Karima Kourtit, Department of Spatial Economics, Free University, Amsterdam, The Netherlands
Mario Losasso, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Jean-Louis Luxen, Catholic University of Louvain, Belgium
Andrea Masullo, Greenaccord Onlus, Rome, Italy
Alfonso Morvillo, Institute for Service Industry Research (IRAT) - National Research Council of Italy (CNR), Naples, Italy
Giuseppe Munda, Department of Economics and Economic History, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Spain
Peter Nijkamp, Department of Spatial Economics, Free University, Amsterdam, The Netherlands
Christian Ost, ICHEC Brussels Management School, Ecaussinnes, Belgium
Donovan Rypkema, Heritage Strategies International, Washington D.C., United States of America
Ana Pereira Roders, Department of the Built Environment, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands
Joe Ravetz, School of Environment, Education and Development, University of Manchester, Manchester, United Kingdom
Paolo Stampacchia, Department of Economics, Management, Institutions, University of Naples Federico II, Naples, Italy
David Throsby, Department of Economics, Macquarie University, Sydney, Australia



Indice/Index

- 225 Editoriale
Luigi Fusco Girard
- 231 Assessing the balance between urban development and densification: consolidated practices and new challenges
Elisa Conticelli, Claudia De Luca, Simona Tondelli
- 241 Città e pandemie. Densità urbana e densificazione dopo il COVID-19
Alessandro Sgobbo
- 261 Reinventing wastescapes in port cities. A resilient and regenerative approach to plan Naples at the time of logistics
Marica Castigliano, Paolo De Martino, Libera Amenta, Michelangelo Russo
- 277 ValoreNapoli: la valutazione dei servizi ecosistemici culturali per un modello di città circolare
Maria Cerreta, Eugenio Muccio, Giuliano Poli
- 297 Strategie operative per la valorizzazione e la resilienza delle aree interne: il Progetto R.I.P.R.O.VA.RE
Adriana Galderisi, Pierfrancesco Fiore, Piergiuseppe Pontrandolfi
- 317 Riabitare il patrimonio urbano ed edilizio dei territori interni: spazio digitale per servizi sanitari efficienti
Antonella Mami, Elvira Nicolini

- 337 Il riuso delle emergenze architettoniche dei centri minori come strategia di recupero per le aree interne
Francesca Ciampa, Patrizio De Rosa
- 357 Consumo di suolo e sequestro di carbonio nella Regione Sardegna: uno studio basato sull'utilizzo del *Normalized difference vegetation index*
Maddalena Floris, Corrado Zoppi
- 375 Un approccio *Sentinel 2a based* a supporto della pianificazione ed il monitoraggio delle infrastrutture verdi
Michele Grimaldi, Emanuela Coppola
- 393 Processi di *Parametric e Computational Design* per la definizione di strategie di *regenerative climate adaptive design* per il distretto di Secondigliano
Eduardo Bassolino, Francesco Palma Iannotti

UN APPROCCIO SENTINEL 2A BASED A SUPPORTO DELLA PIANIFICAZIONE ED IL MONITORAGGIO DELLE INFRASTRUTTURE VERDI

Michele Grimaldi, Emanuela Coppola

Sommario

La realizzazione di infrastrutture verdi, intese come reti di spazi naturali e semi-naturali in grado di massimizzare tali servizi promuove un approccio integrato alla gestione del territorio. Attraverso il rafforzamento di tali infrastrutture, possono essere mantenuti o creati paesaggi di valore, che costituiscono la base dei servizi ecosistemici (SE) offerti dal suolo. Emerge la necessità di pianificare tali infrastrutture tenendo conto della variabilità spaziale e temporale dei SE offerti dai differenti tipi di uso del suolo. Nel presente lavoro si è proposta una metodologia spazialmente esplicita per il supporto alle attività di pianificazione e monitoraggio delle infrastrutture verdi, basata sull'ausilio di immagini satellitari Sentinel 2a derivate dal Programma Copernicus. La metodologia, testata sul territorio della Catalogna (Spagna), ha mostrato le potenzialità dell'utilizzo di indici di vegetazione, integrati in un *spatial decision support system*, per orientare la pianificazione di Infrastrutture verdi alla scala territoriale ed urbanistica, e monitorare lo "stato di salute" delle infrastrutture verdi.

Parole chiave: pianificazione delle infrastrutture verdi, servizi ecosistemici, sentinel 2a, Gis

A SENTINEL 2A BASED APPROACH TO SUPPORT THE PLANNING AND MONITORING OF GREEN INFRASTRUCTURES

Abstract

The green infrastructure intended as networks of natural and semi-natural spaces capable of maximizing these services promotes an integrated approach to land management. By strengthening the green infrastructures, valuable landscapes can be maintained or created, which form the basis of ecosystem services (SE) offered by the soil. There is a need to plan the green infrastructures taking into account the spatial and temporal variability of the SEs offered by the different types of land use. This work proposes a spatially explicit methodology for supporting the planning and monitoring of green infrastructures, based on the use of Sentinel 2a satellite images derived from the Copernicus Program. The methodology, tested on the Region of Catalonia (Spain), showed the potential of using about vegetation indices, integrated into a *spatial decision support system*, to guide the planning of green infrastructures at the territorial and urban scale, and to monitor the "state of health" of green infrastructure.

Keywords: green infrastructure planning, ecosystem services, sentinel 2a, Gis

1. Introduzione

Le infrastrutture verdi (GI) sono definite dall'omonima strategia dell'UE come "una rete di aree naturali e seminaturali pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici" (EU, 2016). Ne fanno parte gli spazi verdi (o blu, nel caso degli ecosistemi acquatici), in un contesto rurale e urbano, e altri elementi fisici in aree sulla terraferma (incluse le aree costiere) e marine. L'obiettivo 2 della strategia dell'UE a favore della biodiversità per il 2020 recita: "Entro il 2020 preservare e valorizzare gli ecosistemi e i relativi servizi mediante l'infrastruttura verde e il ripristino di almeno il 15 % degli ecosistemi degradati".

Il pieno raggiungimento di tale obiettivo, unitamente al ripristino della rete Natura 2000 a uno stato di conservazione soddisfacente, genera un più ampio ventaglio di benefici derivanti dai servizi ecosistemici (SE) intesi come quei benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Essi si articolano in 4 macrocategorie. La prima fa riferimento ai *servizi di approvvigionamento*, ovvero alla fornitura di beni, quali cibo, acqua, legname, fibre, combustibile e altre materie prime, ma anche materiali genetici e specie ornamentali. La seconda attiene ai *servizi di regolazione*, ovvero a quei servizi che concorrono alla regolazione degli effetti dei cambiamenti climatici, della qualità dell'aria e delle acque (Sgobbo, 2020), alla formazione del suolo, l'impollinazione, mitigano i rischi naturali quali erosione, infestanti ecc. la terza, considera i benefici non materiali quali l'eredità e l'identità culturale, l'arricchimento spirituale e intellettuale e i valori estetici e ricreativi sintetizzabili nei così detti *servizi culturali*. Infine, la classe dei *servizi di supporto* che comprende la creazione di habitat e la conservazione della biodiversità.

Il documento del *Riesame dei progressi compiuti nell'attuazione della strategia dell'UE per le infrastrutture verdi* (COM, 2019), analizza i progressi compiuti e le sfide incontrate a livello di UE e di singolo Stato membro nell'attuazione dei quattro assi di intervento prioritari della strategia. Il documento trae inoltre alcuni insegnamenti e formula alcuni suggerimenti utili per la futura attuazione della strategia.

In particolare, il documento esplicita che sono stati compiuti sforzi per integrare le infrastrutture verdi sia nella politica regionale dell'UE che nell'ambito della politica urbana dell'UE. Nello specifico con riferimento alla politica regionale dell'UE, i regolamenti per il Fondo europeo di sviluppo regionale (FESR) e il Fondo di coesione 2014-2020, stabiliscono che lo sviluppo sostenibile, ivi inclusi gli obblighi in materia di tutela dell'ambiente e la biodiversità, sia promosso orizzontalmente. Nei suoi orientamenti destinati agli Stati membri la Commissione ha evidenziato che le infrastrutture verdi e l'adattamento basato sugli ecosistemi sono un'alternativa efficace sotto il profilo dei costi o una misura complementare alle infrastrutture grigie e al cambiamento dell'uso intensivo dei suoli.

Le strategie macroregionali dell'UE sono piattaforme utili per elaborare e attuare progetti incentrati sulle infrastrutture verdi, e per riunire i paesi (UE ed extra UE), le regioni e i portatori d'interessi. Le infrastrutture verdi possono diventare la struttura portante, strutturale e funzionale, per lo sviluppo sostenibile di tali regioni. Un buon esempio è l'adozione della dichiarazione congiunta ministeriale sulle infrastrutture verdi alpine dell'ottobre 2017, nell'ambito della strategia macroregionale dell'UE per la regione alpina. Le infrastrutture verdi sono state promosse anche nell'ambito della politica urbana dell'UE. Nel 2017, nel quadro dell'agenda urbana per l'UE sull'uso sostenibile dei suoli e sulle

soluzioni basate sulla natura è stato avviato un partenariato; è inoltre previsto un invito a presentare proposte nell'ambito delle Azioni urbane innovative, che offrono finanziamenti alle città per testare soluzioni innovative su argomenti specifici nel quadro dello sviluppo urbano sostenibile. Inoltre, le infrastrutture verdi sono state inserite nei criteri di aggiudicazione dei premi *Capitale verde europea e Foglia verde europea*.

Le conoscenze sulle infrastrutture verdi urbane stanno migliorando anche grazie al sostegno del progetto (Zulian *et.al*, 2018) e ai progetti *Horizon 2020* riguardanti soluzioni basate sulla natura nelle aree urbane. Diverse iniziative avviate da città europee si occupano di infrastrutture verdi a livello locale e a livello urbano.

Da tale quadro emerge che la realizzazione di infrastrutture verdi promuove un approccio integrato alla gestione del territorio. Infatti, attraverso il rafforzamento delle infrastrutture verdi, possono essere mantenuti o creati paesaggi di valore, che costituiscono la base dei servizi ecosistemici su un livello di paesaggio più ampio. Questo è un discorso che caratterizza sia le infrastrutture verdi in ambito territoriale (Coppola et alii 2019; Moccia 2013) che le infrastrutture sostenibili urbane (Coppola 2016; Sgobbo 2018; Sgobbo 2020) in ambito urbano.

In tale senso, il compito della pianificazione è quello di trovare i punti di criticità e ricostruire questi legami soprattutto alla luce dell'importanza che la matrice agraria e gli spazi permeabili o potenzialmente tali, assumono nel massimizzare i SE. Ciò può avvenire solo un'adeguata pianificazione sia in ambito territoriale vasto (piani metropolitani e provinciali) che in ambito comunale (piani urbanistici comunali).

Emerge dunque la necessità di definire di individuare idonee modalità di pianificazione delle infrastrutture verdi. Occorre un approccio sistemico, multidimensionale ed integrato che tenga conto delle dimensioni spazio e tempo. Tale approccio può essere oggi supportato dalla progressiva produzione sistematica di dati satellitari e mappature derivate dal programma di osservazione della Terra dell'Unione europea *Copernicus*. Ciò consente una concreta possibilità di monitoraggio della dimensione funzionale dei land system e delle reali condizioni del suolo e degli ecosistemi.

Il goal del lavoro è la costruzione di uno spatial decision support system a supporto della pianificazione delle infrastrutture verdi e per la successiva fase di monitoraggio.

Nello specifico la metodologia si basa su un approccio *Sentinel 2a based* integrato in ambiente Gis, per il disegno delle GI a partire da *indici di vegetazione* opportunamente spazializzati. Tale sistema consente di valutare la variabilità spaziale e temporale dei SE ed orientare la pianificazione di Infrastrutture verdi alla scala territoriale ed urbanistica. Inoltre, supporta le attività di monitoraggio del loro *stato di salute* essendo tali infrastrutture di fatto costituite da materiali *vivi*.

2. Telerilevamento ed indici di vegetazione

Il Telerilevamento (Gomasca, 1997), è la tecnica che si occupa del rilevamento a distanza di caratteristiche fisiche o morfologiche di un oggetto o di un sistema di oggetti. Generalmente si basa sulla rivelazione mediante uno o più sensori delle onde elettromagnetiche emesse, diffuse o trasmesse da un dato sistema e consente di acquisire informazioni quantitative su fenomeni che si svolgono a distanza. L'analisi di immagini satellitari consente un sistematico ed efficiente processo di controllo nel tempo delle risorse naturali, ambientali mediante la costruzione di *indici di vegetazione*.

Tali indici, sono in generale definiti come una semplice combinazione algebrica dei valori spettrali misurati a due o più specifiche lunghezze d'onda, e che permettono di ridurre l'informazione multispettrale a un singolo parametro correlato allo stato fisiologico e sanitario della coltura. Il valore risultante rispecchia il contributo della vegetazione in funzione della risposta spettrale di un'area, minimizzando il contributo di altri fattori come il suolo o le condizioni di illuminazione. Esistono molteplici indici di Vegetazione (Weier e Herring, 2000), tra questi, quello più utilizzato per studi vegetazionali e preso in considerazione nel presente lavoro è l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). L'NDVI descrive il livello di vigoria della coltura e si calcola come il rapporto tra la differenza e la somma delle radiazioni riflesse nel vicino infrarosso (NIR) e nel rosso (RED):

$$\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

L'indice ha una forte correlazione con la densità della vegetazione (indice di crescita) (Altobelli *et.al* 2006) e con la resa delle colture. I vantaggi dell'ausilio di tale indice sono, la capacità di stimare le variazioni degli ecosistemi (Alatorre *et al.* 2016), la generazione di serie storiche e la sua comparazione anche se generato da diversi satelliti (Brown *et al.* 2006). L'interpretazione dei valori di NDVI varia a seconda del range di appartenenza, che oscilla tra -1 e 1 (Tab. 1). L'intervallo compreso tra -1 e 0,1 fa riferimento a valori tipici di aree non coltivate, come corsi d'acqua e zone antropiche. I valori compresi nell'intervallo tra 0,1 e 1 individuano diverse situazioni agronomiche, indipendentemente dalla coltura.

Tab. 1 – Classificazione del range di variazione dei valori dell'NDVI

valori	Classi di uso del suolo
-1 - 0,1	Suolo nudo o nuvole
0,1 - 0,2	Copertura vegetale quasi assente
0,2 - 0,3	Copertura vegetale molto bassa
0,3 - 0,4	Copertura vegetale bassa con vigoria bassa o copertura vegetale molto bassa con vigoria alta
0,4 - 0,5	Copertura vegetale medio-bassa con vigoria bassa o copertura vegetale molto bassa con vigoria alta
0,5 - 0,6	Copertura vegetale media con vigoria bassa o copertura vegetale medio-bassa con vigoria alta
0,6 - 0,7	Copertura vegetale medio-alta con vigoria bassa o copertura vegetale media con vigoria alta
0,7 - 0,8	Copertura vegetale alta con vigoria alta
0,8 - 0,9	Copertura vegetale molto alta con vigoria molto alta
0,9 - 1	Copertura vegetale totale con vigoria molto alta

Fonte: elaborato da Montandon L.M, Small E.E., 2008.

3. Il Progetto Copernicus e le immagini Sentinel 2a

Copernicus è il programma di osservazione della Terra dell'Unione europea, dedicato a monitorare il nostro pianeta e il suo ambiente a beneficio di tutti i cittadini europei. Offre servizi di informazione basati sull'osservazione satellitare della Terra e dati in situ (non spaziali). Copernicus si basa su una rete globale di migliaia di sensori che riproducono immagini della Terra il più dettagliate possibili. Gli sviluppi tecnologici, specialmente per quanto riguarda la disponibilità e l'accessibilità dei dati, hanno fatto di Copernicus il maggior fornitore di dati spaziali al mondo, con una produzione attuale di 12 terabyte al giorno (Corte dei Conti Europea, 2020). La stragrande maggioranza dei dati e delle informazioni provenienti dall'infrastruttura spaziale e dai servizi di Copernicus è disponibile e accessibile ai cittadini e alle organizzazioni di tutto il mondo in modalità libera, completa e gratuita. È possibile accedere ai dati e ai servizi di informazione di Copernicus tramite i *Data and Information Access Services* (servizi di accesso a dati e informazioni) o le piattaforme tradizionali di accesso ai dati. L'ESA (Ente Spaziale Europeo) ha in sviluppo una serie di missioni chiamate Sentinel, specificatamente per il programma Copernicus. Ogni missione Sentinel è basata su una costellazione di due satelliti, in modo da avere tempo di rivisita e copertura planetaria ottimale. Queste missioni hanno a bordo diverse tipologie di tecnologie come ad esempio strumenti di tipo radar o multispettrali per il monitoraggio e lo studio di oceani, terre emerse e atmosfera.

La missione Sentinel-2 comprende una costellazione di due satelliti (Sentinel 2A e Sentinel 2B) orbitanti polari posti nella stessa orbita sincrona solare, disposti in sequenza a 180 ° l'uno rispetto all'altro. Mira a monitorare la variabilità delle condizioni della superficie terrestre e la sua ampia larghezza dell'andana (290 km) e il tempo di revisione elevato (10 giorni all'equatore con un satellite e 5 giorni con 2 satelliti in condizioni libere da nuvole che si traducono in 2-3 giorni a metà latitudine) sosterrà il monitoraggio dei cambiamenti della superficie terrestre.

Gli obiettivi della missione Sentinel-2 sono di fornire:

- acquisizioni globali sistematiche di immagini multispettrali ad alta risoluzione associate a un'alta frequenza di visita;
- continuità delle immagini multispettrali fornite dalla serie di satelliti SPOT e dallo strumento USGS LANDSAT Thematic Mapper;
- dati di osservazione per la prossima generazione di prodotti operativi, come mappe di copertura del suolo, mappe di rilevamento del cambiamento del suolo e variabili geofisiche.

Le bande spettrali di Sentinel-2 forniranno dati per la classificazione della copertura / cambiamento del suolo, la correzione atmosferica e la separazione nuvola / neve.

Il sensore multispettrale (MSI) a bordo del Sentinel 2 è stato progettato per avere alte prestazioni nella misura, ed è schematizzato in 13 bande spettrali dal VNIR fino allo SWIR con risoluzione geometrica a 10-20 e 60 metri (Tab. 2). I dati acquisiti, la copertura della missione e i frequenti tempi di rivisita portano alla generazione di geo-informazioni alla scala locale, regionale, nazionale e internazionale.

La missione Sentinel garantisce immagini Sentinel 2A/2B con un elevato livello di dettaglio e con frequenza costante di rivisitazione. Questo consente di ottenere una metodologia di analisi multi-temporale, ossia visioni d'insieme del territorio nazionale in maniera periodica e costante.

Tab. 2 – Caratteristiche delle bande del sensore multispettrale (MSI) a bordo del Sentinel 2

Banda	Centro della lunghezza d'onda (nm)	Larghezza di banda (nm)	Risoluzione spaziale (m)
1	443	20	60
2	490	65	10
3	560	35	10
4	665	30	10
5	705	15	20
6	740	15	20
7	783	20	20
8	842	115	10
8a	865	20	20
9	945	20	60
10	1380	30	60
11	1610	90	20
12	2190	180	20

Fonte: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial>

Questi obiettivi di alto livello, determinati previa consultazione con gli utenti, garantiranno che Sentinel 2 offra un contributo significativo ai temi di Copernicus come i cambiamenti climatici, il monitoraggio del territorio, la gestione delle emergenze e la sicurezza.

4. Metodologia

La maggior parte delle recenti ricerche sulle GI (Maes *et.al*, 2015) si concentra principalmente su due questioni: i servizi ecosistemici e il trattamento della connettività ecologica. Tuttavia, si registra un limite, ovvero la non esplicitazione del ruolo che possono svolgere i paesaggi multifunzionali agrari. In accordo con l'approccio della pianificazione ecologica, la matrice territoriale costituisce la base spazio-temporale, risultante dal mezzo fisico, delle loro relazioni funzionali e delle trasformazioni che l'attività umana introduce nel sistema e che si esprime nelle specifiche configurazioni del paesaggio.

Pertanto, è importante sottolineare il fatto che l'efficacia delle GI non si trova a un livello così elevato nell'entità spaziale delle patch centrali e dei corridoi (Fasolino *et.al* 2015), ma nella sua capacità di interconnettere diversi elementi della matrice territoriale. Elementi che sono importanti, per le questioni ambientali e paesaggistiche, al fine di garantire i corrispondenti processi e flussi ecologici, ambientali e economici. Per il raggiungimento dell'obiettivo è stata sviluppata una metodologia basata sull'impiego di immagini *Sentinel 2a* e sull'ausilio di analisi spaziale implementate in ambiente GIS (Grimaldi *et.al* 2016). Essa si compone di 3 macro-fasi, ciascuna articolata in successivi step.

La *macro-fase 1*, prevede la selezione e la delimitazione spaziale degli elementi funzionali per la formalizzazione di GI, basati sulla massimizzazione dei servizi ecosistemici prodotti. Lo *Step 1* di tale macro-fase prevede la valorizzazione di una scala di valutazione a punteggio per ciascuna tipologia di Servizi Ecosistemici (ES) prodotti dall'*i*-esima classe di uso del suolo, classificato secondo la tassonomia corine land cover (CLC) (Koschke *et.al*, 2012; de Groot R. *et.al*, 2012). I differenti valori trovati in letteratura per ogni tipologia di ES, relativi a ciascun tipo di copertura del suolo, sono stati innanzitutto normalizzati, riconducendo i punteggi alle seguenti 5 classi:

- 0 = nessuna capacità;
- 1 = bassa capacità;
- 2 = capacità rilevante;
- 3 = capacità media;
- 4 = alta capacità;
- 5 = capacità molto elevata.

Successivamente si costruito un indice di prestazione ISE per ciascun uso del suolo, ottenuto come media tra il punteggio del SE integrità ecologica e la media dei punteggi relativi agli altri punteggi. Si è scelto di costruire un indice che massimizzi la prestazione rispetto alla capacità di concorrere alla integrità ecologica, poiché l'infrastruttura verde che si intende costruire ha come obiettivo principale, quello di concorrere alla costruzione della rete ecologica e massimizzare anche l'offerta di tutti i restanti servizi ecosistemici.

Lo *Step 2* prevede la costruzione della mappa di valutazione dei SE, ottenuta dalla spazializzazione dell'ISE per ciascuna patch delle differenti classi di uso del suolo che compongono l'area di studio.

La *Macro-fase 2*, prevede la correzione della mappa di valutazione dei SE, mediante l'ausilio di indici di vegetazione (NDVI), calcolati sulla base delle immagini *Sentinel 2a*.

Lo *Step 1* di tale macro-fase prevede la costruzione della mappa dell'indice NDVI con riferimento alla serie storica opportunamente individuata.

Lo *Step 2* prevede, a partire dalla mappa dell'NDVI, mediante la tecnica delle statistiche zonali, la costruzione del coefficiente correttivo da applicare a ciascuna patch della mappa di valutazione SE.

La *Macro-fase 3* infine, prevede il disegno dell'infrastruttura verde, secondo l'approccio della permeabilità per il movimento delle specie bersaglio (Gurrutxaga M. 2010).

Questo approccio, per il miglioramento della connettività spaziale e territoriale, è basato sulla tecnica della *cost distance* e consiste nel modellare un itinerario che richiede la minima quantità di movimento per un gruppo di target specie e habitat studiati.

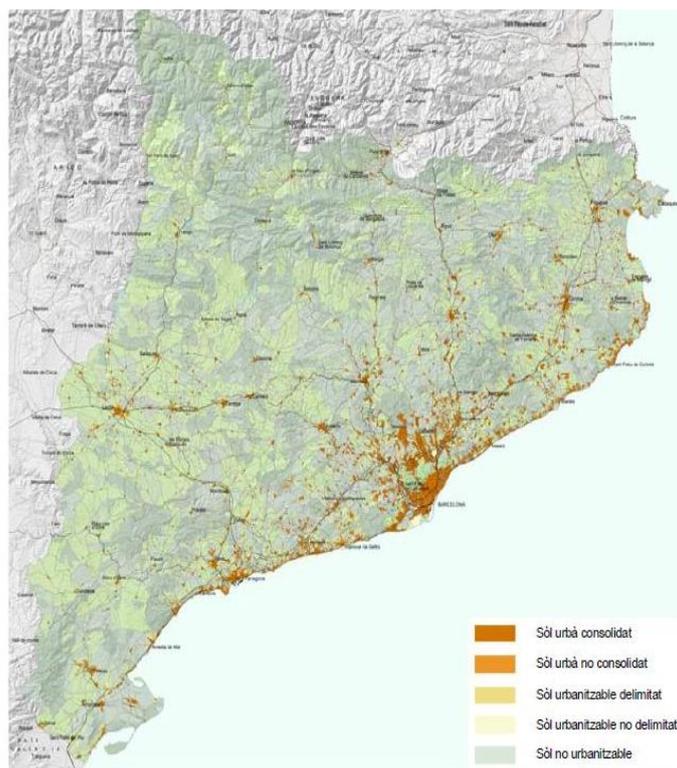
Con riferimento a tale macro-fase lo *step 1* consiste nella selezione dei core patch da connettere (Crofts R. 2004). Lo *step 2* prevede la definizione della matrice di permeabilità a partire dall'inverso della mappa di valutazione SE corretta. Lo *step 3* infine, prevede il disegno della rete e la sua caratterizzazione quantitativa, secondo attraverso un insieme di metriche del paesaggio (Foltête *et.al*, 2012)), con riferimento alla schematizzazione a grafo della rete.

5. Caso studio

È stata considerata come area di studio la regione della Catalogna (Spagna). Il territorio in esame si articola in 42 entità territoriali, copre una superficie di oltre 32.000 chilometri quadrati e conta una popolazione di 7.543.825 abitanti. La connettività del paesaggio è

alterata dai cambiamenti nella copertura del suolo compresa la frammentazione degli habitat. Si possono osservare gravi processi di frammentazione causati dall'urbanizzazione (Fig. 1).

Fig. 1 – Inquadramento dell'area studio

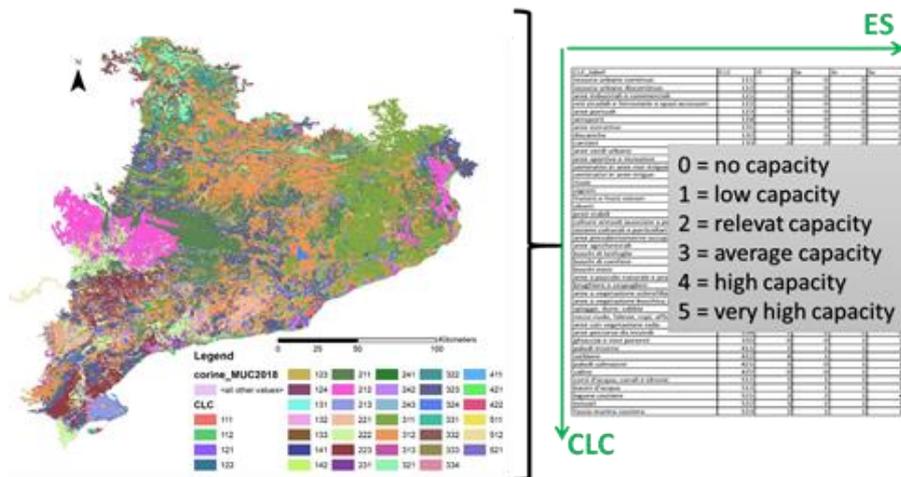


Fonte: Departament de Territoris i Sostenibilitat - Generalitat de Catalunya

Con riferimento alla prima macro-fase, il primo step prevede la creazione di un *geodatabase* (geoDB) sufficientemente dettagliato per essere utilizzato a scala sovra-comunale. Tutti i dati raccolti devono essere adatti (scala e risoluzione) per l'intera mappatura delle GI e le informazioni devono essere utili al processo decisionale. Convergono nel GeoDB dati su informazioni topografiche, insediamenti umani, strade, aree naturali protette, idrografia e in generale dati sulla copertura del suolo. Dalla analisi della letteratura sono stati trovati i valori rappresentativi dei *j*-ES riferiti a ciascuno degli *i* usi del suolo CLC. Successivamente tali valori sono stati omogeneizzati riconducendo la valutazione alle 5 classi ed è stato costruito il relativo ISE. Spazializzando tale indice rispetto alla mappa degli usi del suolo, secondo la tassonomia CLC, si ottiene la factor-map

definita scenario 0 (Fig. 2). Tale mappa di fatto restituisce la valutazione della massimizzazione del SE espressi da ciascuna patch costitutiva del mosaico territoriale dell'area studio.

Fig. 2 – Factor map rappresentativa della spazializzazione dell'ISE

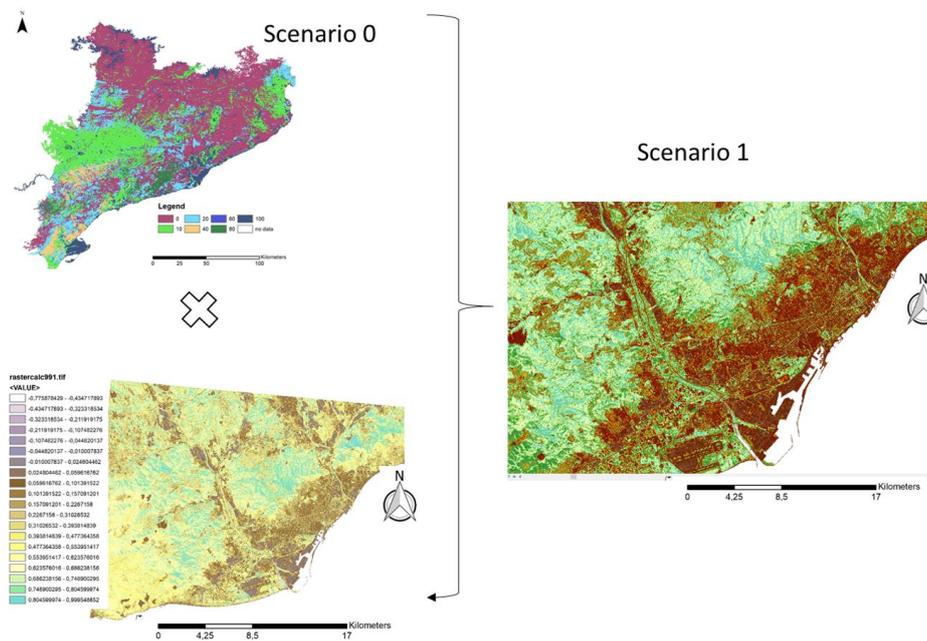


Fonte: elaborazione dell'autore

La seconda macro-fase ha previsto la correzione della mappa dello scenario 0 mediante l'utilizzo dell'indice NDVI. Dal portale *Copernicus Open Access Hub* sono state acquisite le immagini dal sensore Sentinel 2a tra il 1/12/2016 e il 30/06/2019 ricoprendo un arco temporale di tre anni. Sono state scelte 2 immagini per anno, una per la stagione fredda (dicembre-gennaio) una per la stagione calda (maggio-giugno). La scelta del set temporale di immagini è stata condizionata dalla disponibilità delle immagini satellitari e dalla copertura nuvolosa (ostacolo insormontabile per il telerilevamento ottico passivo) Tuttavia è accettabile considerare l'intervallo temporale scelto su base annua. In quanto la variabilità mensile non è per forza considerata come conseguenza agli impatti ma può essere dovuta a fenomeni attribuibili alla dinamica vegetazionale. Per la costruzione delle immagini si è ricorso al software *Sentinel Application Platform* (SNAP), prodotto da ESA. La prima operazione è stata la funzione *band maths*, che ci ha successivamente permesso di implementare la formula dell'indice tramite la funzione *edit expression*, e una volta calcolato, il file è stato esportato come prodotto geotiff. La figura seguente (Fig.3) evidenzia la necessità di provvedere alla correzione della mappa di valutazione SE (scenario 0) poiché gli usi del suolo che offrono SE sono "materiali vivi" e dunque non omogenei. Si è deciso pertanto di correggere i punteggi attribuiti a ciascuno scenario attraverso un coefficiente che tenga conto della variabilità dell'NDVI all'interno di ciascuna patch. Innanzitutto, si è fatta la media dei valori riferiti al set temporale

individuato. Successivamente, attraverso statistiche zonali si è fatta la media dei valori NDVI per ciascuna patch. Infine, mediante operazione di map algebra con lo scenario 0, si ottiene la mappa corretta (scenario 1), rappresentativa della distribuzione dell'ISE opportunamente pesato rispetto al valore derivato dagli NDVI, riferito al range (0-1) (Fig.3).

Fig. 3 – Schematizzazione della fase di map-algebra per la costruzione dello Scenario 1

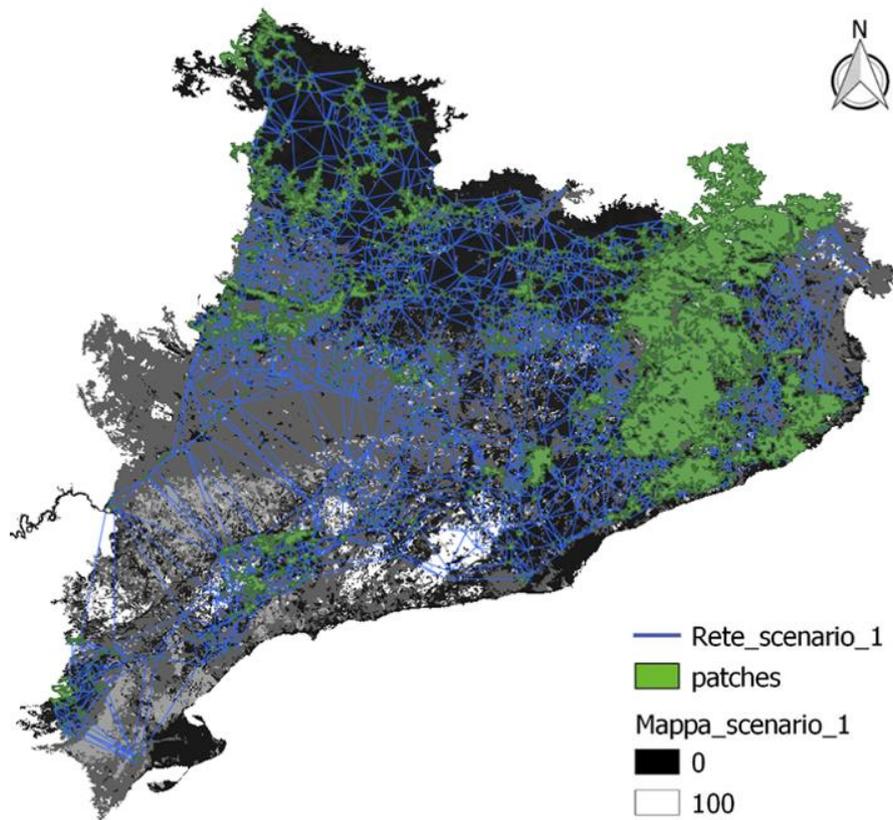


Fonte: elaborazione dell'autore

La macro-fase 3 ha previsto la costruzione della infrastruttura verde. Si è ricorso al metodo della *cost-distance* (Siljander *et.al* 2015). In particolare, si è provveduto inizialmente alla selezione dei core patch da connettere identificati nelle differenti tipologie di colture boschive di cui alla tassonomia della CLC. Successivamente si è costruita la matrice di permeabilità associando, ai restanti usi del suolo non ricompresi nella macro-classe dell'uso urbanizzato, i valori di resistenza ottenuti dall'inverso del valore dell'ISE corretto che esprime la massimizzazione del servizio di integrità ecologica unitamente agli altri SE, per ciascuna tipologia di uso del suolo. Con riferimento a tale macro-fase lo step 1 consiste nella selezione dei core patch da connettere. Lo step 2 prevede la definizione della matrice di permeabilità a partire dall'inverso della mappa di valutazione SE corretta.

Lo step 3 infine, prevede l'individuazione della GI e la sua caratterizzazione quantitativa, secondo attraverso un insieme di metriche del paesaggio (Foltête *et.al*, 2012), con riferimento alla schematizzazione a grafo della rete costitutiva della GI (Fig.4).

Fig. 4 – Individuazione della GI



Fonte: elaborazione dell'autore

La rete ottenuta, in accordo con i postulati dell'ecologia del paesaggio, è costituita da una serie di elementi che lavorano insieme per favorire i processi ecologici che vanno dalla scala locale a quella regionale. Questa caratterizzazione è stata ottenuta in coerenza alla proposta generale del documento *Fondamenti scientifici e tecnici per la strategia spagnola sulle infrastrutture verdi e connettività ecologica e ripristino* (Valladares *et.al* 2017).

6. Discussione dei risultati

Per validare la necessità della correzione, si è analizzata la variazione tra la rete costruita rispetto allo Scenario 1 e la rete costruita rispetto allo scenario 0, ricorrendo alla loro schematizzazione a grafo (Fig. 5). Per valutare tali variazioni si sono utilizzate metriche di *landscape*, per la caratterizzazione dei nodi e degli archi che costituiscono la rete (Bunn. *et.al*, 2000). Si è fatto riferimento alle metriche globali che analizzano la rete nel suo complesso. In particolare, sono state selezionate le metriche afferenti alle seguenti classi. Le *weighted metrics* (metriche pesate), basate su criteri di distanza e capacità di patch. Le *area metrics* (metriche d'area) basate principalmente sul criterio dell'area. Ed infine le *topological metrics* (metriche topologiche) derivate dalla teoria dei grafi (Tab. 3).

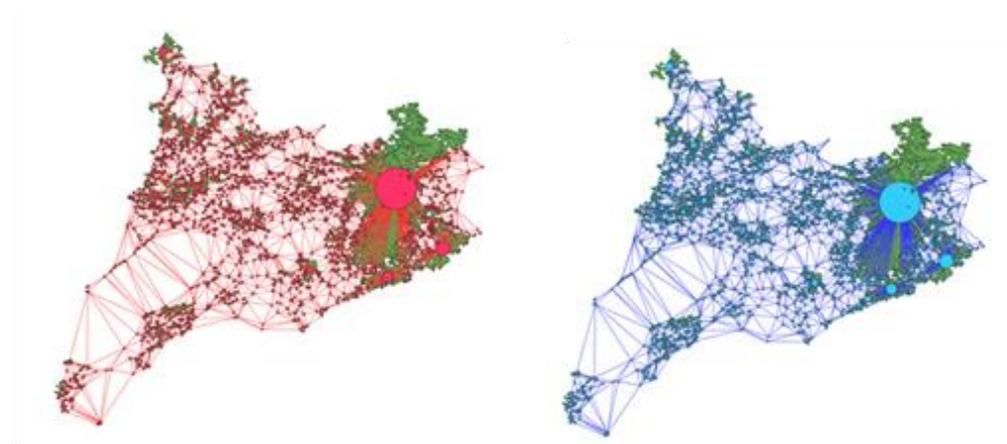
Tab. 3 – Metriche selezionate per la caratterizzazione della Rete

Anno	Popolazione residente	Variazione assoluta	Range
PC	$\frac{1}{A^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i^\beta a_j^\beta e^{-a d_{ij}}$	La somma dei prodotti della capacità di tutte le coppie di patch pesate per la loro probabilità di interazione diviso il quadrato dell'area studio	[0,1]
F	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_j^\beta e^{-a d_{ij}}$	Somma delle potenziali dispersioni di tutte le Patch con i diverso da J	[0-Atot habitat]
MSC	$\frac{1}{nc} \sum_{k=1}^{nc} ac_k$	La media delle capacità delle k patch	[min -SLC]
SLC	$\max\{ac_k\}$	Dimensione della patch più rilevante in termini di connessione nella rete	[min-max]
GD	$GD = \max_{ij} d_{ij}$	La distanza più grande tra due patch	[0, +]
CCP	$\sum_{k=1}^{nc} \left(\frac{ac_k}{\sum_t ac_t} \right)^2$	Probabilità che due punti casuali sul grafo appartengano alla stessa patch	[min-max]
ECS	$\frac{1}{\sum_k ac_k} \sum_{k=1}^{nc} ac_k^2$	Dimensione media pesata sull'area della patch	[min-max]
IIC	$\frac{1}{A^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i a_j}{1 + n_{ij}}$	Indici integrale di connettività tra le coppie di patch	[0, 1]
H	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{n_{ij}}$	Indice di Hanry, somma dell'inverso del numero di collegamenti tra tutte le coppie di patch	[min-max]

Fonte: elaborazione dell'autore sulla base dell'analisi della letteratura

I risultati riportati in tabella (Tab.4) mostrano come l'incidenza del fattore correttivo introdotto all'ISE siano significativamente non trascurabili. Infatti, si registra che la probabilità di connettività, descrittiva della somma dei prodotti delle capacità di tutte le coppie (PC), per lo scenario 0, risulta sovrastimata rispetto allo Scenario 1. Analoga significativa variazione si verifica per le metriche, dimensione di un componente (ECS), possibilità di connessione tra tutte le coppie di patch (IIC) e la somma dell'inverso del numero di collegamenti tra tutte le coppie di patch (H). Viceversa, si registra una sottostima per la somma delle potenziali dispersioni di tutte le patch (F), mentre una sostanziale invarianza si registra solo per le metriche SLC, MSC e CCP.

Fig. 5 – Schematizzazione delle Reti relative ai due scenari



a) Grafo relativo alla rete-scenario 0

b) Grafo relativo alla rete-scenario 1

Fonte: elaborazione dell'autore

Tab. 4 – Quantificazione delle metriche globali relative ai due scenari

Metriche globali	Grafo-Scenario 0	Grafo-Scenario 1	Variazione percentuale
PC	0,004	0,003	-27,292%
F	1,90E+26	3,34E+26	75,647%
MSC	959.574	-3.366	-0,35%
SLC	961.106	-897	-0,09%
GD	15462,504	16941,402	9,564%
CCP	1,00	1,00	0%
ECS	3,39E+14	2,58E+14	-23,905%
IIC	0,004	0,002	-42,447%
H	7725,969	24408,115	215,923%

Fonte: elaborazione dell'autore

7. Conclusioni e sviluppi futuri

L'applicazione ha messo in evidenza le potenzialità della metodologia. Nello specifico l'ausilio delle immagini acquisite dal sensore Sentinel 2a, anche se fortemente influenzata dalle condizioni meteorologiche locali, costituisce un valido strumento (totalmente privo di costi per la pubblica amministrazione) per supportare attività di monitoraggio ad una scala urbanistica, in considerazione della risoluzione spaziale e temporale, poiché è stato stimato che Sentinel-2 fornirà in media un'immagine senza nuvole al mese.

Iterando l'applicazione diacronica della rete, costruita secondo la modalità dello scenario 1, in relazione ai differenti istanti indicati nella applicazione, è possibile monitorare l'evoluzione della rete e dunque intervenire con efficacia per mantenere le funzionalità della GI. Ciò consente di orientare efficacemente le risorse per la pianificazione delle GI, massimizzando le performance degli interventi previsti e finanziati dai fondi strutturali europei. Inoltre, in modalità ex-post il sistema consentirebbe di verificare l'efficacia delle risorse investite, derivanti dal *Piano operativo Ambiente 2014-2020* del Ministero dell'Ambiente che ha individuato tra i 4 sotto piani, un piano di interventi dedicato alle infrastrutture verdi ed ai servizi ecosistemici funzionali alla riduzione dei rischi connessi ai cambiamenti climatici.

Inoltre, emerge come, affinché le GI possano coprire simultaneamente la fornitura di un ampio spettro di ecosistemi servizi e migliorare la tutela e connettività ecologica e territoriale di paesaggi inseriti nel territorio matrice, occorra rafforzare l'utilizzo sostenibile del suolo agricolo in un'ottica multifunzionale. Questo perché per implementare le GI nei paesaggi agricoli occorrono pratiche agricole affidabili e flessibili e che siano efficacemente comunicate agli agricoltori. Tale forma partecipativa garantirebbe un migliore coordinamento e cooperazione a livello paesaggistico con il risultato di ottenere una migliore efficacia delle GI (Schmidt e Hauck, 2018).

È dunque necessario invertire il ruolo secondario assegnato all'agricoltura sia nell'applicazione del concetto di GI che nella pratica urbanistica in generale. Occorre rafforzare il ruolo dei paesaggi agricoli tradizionali che compongono la matrice territoriale in cui le GI sono integrate (Roc *et.al*, 2020) e comprendere la matrice territoriale come sistema socio-ecologico per migliorare la gestione dei processi e delle relazioni sociali ed ecologiche. Ciò garantirebbe i servizi ecosistemici e paesaggistici, dell'intero sistema. Inoltre, la metodologia si presta a supportare la creazione di linee guida specifiche per promuovere un'agricoltura economicamente valida e sostenibile dal punto di vista ambientale, soprattutto nelle aree periurbane sotto pressione dall'espansione urbana incontrollata.

Infine, occorre promuovere nuovi quadri di governo del territorio che vadano oltre la protezione della biodiversità di parchi e riserve naturali ufficialmente istituiti, promuovendo uno sviluppo delle GI veramente olistico, in grado di preservare il patrimonio naturale, culturale e paesaggistico nel suo insieme. Tali quadri devono in primis favorire la pianificazione multi-scala per evitare che i confini amministrativi comunali diventino una barriera al funzionamento biofisico degli ecosistemi (Feria *et.al*, 2017), ma anche favorire il ricorso ad un approccio multi-stakeholder per migliorare la governance e la partecipazione attiva con l'obiettivo di evitare una disconnessione dagli interessi della popolazione locale e far fronte alle specifiche richieste (Wilker *et.al* 2016).

Infine, il sistema di supporto alle decisioni proposto si presta a supportare la costruzione di un piano di monitoraggio. Tale attività di monitoraggio, basata su informazioni desunte

dall'applicazione della metodologia proposta, può sicuramente supportare le indagini in situ, soprattutto al fine di indirizzare le limitate risorse economiche a disposizione degli enti preposti al controllo, i Comuni per la scala urbana, la Provincia per quella territoriale. Tali indagini, a loro volta possono aiutare la calibrazione dei dati telerilevati, fornendo valori di riferimento necessari, poiché non si può prescindere dalla “verità a terra” quando si opera nel campo del telerilevamento ambientale.

7. Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato sviluppato nell'ambito delle attività tecnico-scientifiche del *Rural Innovation Lab* finanziato dal PSR Regione Campania 2014-2020 - GAL Colline Salernitane s.c.a.r.l.” MISURA 19 - Sottomisura 19.4 – Tipologia di Intervento 19.4.1. Si ringrazia il Prof. Isidoro Fasolino dell'Università di Salerno e componente del direttivo INU Campania, per il contributo fornito alla revisione critica del lavoro.

Riferimenti bibliografici

- Altobelli A, Bressan E., Feoli E., Ganis P., Martini F. (2006). *Digital representation of spatial variation of multivariate landscape data*. *Community Ecology* 7 (2): 181-188.
- Alatorre L., et.al. (2016). “Temporal changes of NDVI for qualitative environmental assessment of mangroves: Shrimp farming impact on the health decline of the arid mangroves in the Gulf of California (1990–2010)”. *Journal of Arid Environments*. 125.
- Brown G. (2006), “Mapping landscape values and development preferences: a method for tourism and residential development planning”. *Int. J. Tourism Res.*, 8: 101-113.
- Bunn, A. G., Urban, D. L., and Keitt, T. H. (2000). Landscape connectivity: a conservation application of graph theory. *Journal of Environmental Management*, vol. 59(4) pp.265-278.
- Coppola E. (2016), *Infrastrutture sostenibili*, INU edizioni, Roma.
- Coppola E., Roupheal Y., De Pascale S., Moccia F. D., Cirillo C. (2019), “Ameliorating a Complex Urban Ecosystem Through Instrumental use of Softscape Buffers: Proposal for a Green Infrastructure Network in the Metropolitan Area of Naples”, in *Frontiers in Plant Science - section Crop and Product Physiology*, DOI: 10.3389/FPLS.2019.00410
- Corte dei Conti Europea (2020), *L'uso delle nuove tecnologie di produzione e trattamento delle immagini per monitorare la politica agricola comune: i progressi registrati sono, nel complesso, costanti, ma più lenti per il monitoraggio ambientale e del clima*. Relazione Speciale, Corte dei Conti Europea.
- Commissione Europea (2019), *relazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni*. COM (2019) 236 final, Bruxelles.
- Crofts R. (2004), “Linking protected areas to the wider world: A review of approaches”. *J. Environ. Policy Plan*, vol 6, pp.143-156.
- 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., Pieter van Beukering P. (2012), “Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units”, *Ecosystem Services*, vol 1, pp.50-61.

- European Union (2016), *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*. Urban Ecosystems 4th Report.
- Fasolino I., Gerundo R., Griamldi M. (2015) “Un approccio GIS-based per la costruzione della rete ecologica alla scala locale”. In GIS DAY 2014 - *Il Gis per il governo e la gestione del territorio* pp.199-207, Ariccia (RM) Aracne.
- Grimaldi M., Lodato I., Signorelli D. (2016) “Analisi spaziale delle interferenze alla continuità ecologica. Un approccio multi-sorgente in ambiente GIS” In GIS DAY 2014 - *Il Gis per il governo e la gestione del territorio* pp.199-207, Ariccia (RM) Aracne
- Feria J.M., Santiago J. (2017), “Nature and the city. Prospects for the Integration of green infrastructure in Spanish metropolitan plans”. *Boletín De La Asoc. De Geógrafos Españoles*, vol 74, pp.539-544.
- Foltête J.C., Clauzel C., Vuidel G. (2012), “A software tool dedicated to the modelling of landscape networks”, *Environmental Modelling & Software*, vol 38, pp.316-327.
- Gomasasca M.A. (1997), *Introduzione a telerilevamento e GIS per la Gestione delle Risorse Agricole e Ambientali*. Edizioni Associazione Italiana di Telerilevamento.
- Gurrutxaga M., Lozano P.J., Del Barri, G. (2010), “GIS-based approach for incorporating the connectivity of ecological networks into regional planning”. *J. Nat. Conserv.*, vol 18, pp. 318-326.
- Koschke L., Fürst C., Frank S., Makeschin F. (2012), “A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning”. *Ecological Indicators*, vol 21, pp.54-66.
- Maes J.; Lopes A.L.; Baranzelli C.; Zulian G.; Batista e Silva F.; Vandecasteele I.; Hiederer R.; Liqueste C.; Paracchini M.L.; Mubareka S.; et al. (2015), “More green infrastructure is required to maintain ecosystem services under current trends in land-use change in Europe”. *Landsc. Ecol.*, vol 30, pp. 517–534.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Moccia F D (2013), “Ecological restoration methodology”, in Moccia F.D., Palestino M.F., *Planning Stormwater Resilient Urban Open Spaces*, Clean, Napoli, p. 12-17.
- Montandon L.M, Small E.E. (2008), “The impact of soil reflectance on the quantification of the green vegetation fraction from NDVI”, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 112, 4, pp. 1835-1845.
- Roc P.; La Rota-Aguilera M.J., Giocoli A., Cirera, J., Coll F., Pons M., Pino, J., Pili S., Serrano T., Villalba G., et al. (2020), “Assessing the sustainability of contrasting land use scenarios through the socioecological integrated analysis (SIA) of the metropolitan green infrastructure in Barcelona”. *Landsc. Urban Plan. J.*, vol 203.
- Schmidt J., Hauck J. (2018), “Implementing green infrastructure policy in agricultural landscapes Scenarios for Saxony-Anhalt, Germany”. *Reg. Environ. Chang.* vol 18, pp. 899-911.
- Sgobbo, A. (2018). *Water Sensitive Urban Planning. Approach and opportunities in Mediterranean metropolitan areas*. Roma: INU Edizioni.
- Sgobbo A. (2018), *Water Sensitive Urban Planning. Approach and opportunities in Mediterranean metropolitan areas*, INU Edizioni
- Sgobbo, A. (2020). *Sustainable Planning: The Carrying Capacity Approach*. In Bevilacqua C., Calabrò F., Della Spina L. (Eds.), *New Metropolitan Perspectives*. NMP 2020. Smart Innovation, Systems and Technologies, 178. Cham, CH: Springer.

- Sgobbo, A. (2020). Inspiring & Training Energy-Spatial Socioeconomic Sustainability. SMC - Sustainable Mediterranean Construction, 12, 138-143.
- Siljander M., Venäläinen E., Goerlandt F., Pellikka P. (2015), “GIS-based cost distance modelling to support strategic maritime search and rescue planning: A feasibility study”, *Applied Geography*, vol 57, pp. 54-70.
- Zulian G., Stange E., Woods H., Carvalho L., Dick J., Andrews C., Baró F., Vizcaino P., Barton D. N., Nowel M., Rusch G. M., Autunes P., Fernandes J., Ferraz D., Ferreira dos Santos R., Aszalós R., Arany I., Czúcz B., Viinikka A. (2018) “Practical application of spatial ecosystem service models to aid decision support”, *Ecosystem Services*, vol 29, parte C, pp. 465-480
- Valladares F.; Gil P.; Forner A. (2017), *Bases Científico-Técnicas Para La Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y de La Conectividad y Restauración Ecológicas*; Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente: Madrid, Spain,
- Weier, J. and Herring, D. (2000), *Measuring Vegetation (NDVI & EVI)*. NASA Earth Observatory, Washington DC.
- Wilker J., Rusche K., Ryma, C. (2016) “Improving participation in green infrastructure planning”. *Plan. Pract. Res.* vol 31, pp. 229-249.

Michele Grimaldi

Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno
Via Giovanni Paolo II, 84084 Fisciano (Italy)
Tel.: +39-089-964169; fax: +39-089-964124; email: migrimaldi@unisa.it

Emanuela Coppola

Dipartimento di Architettura, Università di Napoli Federico II
Via Forno Vecchio, 36 Napoli (Italy)
Tel.: +39-081-2538810; fax: +39-081-5705056; email: ecoppola@unina.it

