

LE INFRASTRUTTURE VERDI MULTIFUNZIONALI COME MEZZO PER INTEGRARE LA TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ NELLA PIANIFICAZIONE PAESAGGISTICA. UN CASO DI STUDIO DALLA REGIONE SARDEGNA

Sabrina Lai¹, Federica Leone²

SOMMARIO

Le Infrastrutture verdi (IV) vengono definite dalla Commissione Europea come reti di aree naturali e semi-naturali, capaci di fornire servizi ecosistemici, e che necessitano di essere pianificate a livello strategico per garantire la connessione fra gli ecosistemi. Il concetto di IV è quindi fortemente connesso alla tematica della tutela della biodiversità; di conseguenza, l'identificazione spaziale delle IV e la loro gestione rappresentano un tema chiave nella pianificazione territoriale a diversi livelli di scala.

Partendo dal lavoro svolto da Arcidiacono *et al.* (2016), il contributo sviluppa una metodologia per l'identificazione di una possibile IV multifunzionale in relazione a quattro valori che sintetizzano la molteplicità di aspetti che caratterizzano il paesaggio, applicandola a un caso di studio della città metropolitana di Cagliari. Il primo, valore conservazionistico, considera la presenza di habitat di interesse comunitario, particolarmente rappresentati e tutelati nei siti della rete Natura 2000; il secondo, valore naturale, tiene conto della capacità della biodiversità di produrre servizi ecosistemici; il terzo, valore ricreativo, stima la percezione umana del paesaggio; infine, il quarto, patrimonio antropico, esprime le interazioni tra fattori antropici e naturali. La sovrapposizione delle mappature dei quattro valori considerati può essere utilizzata per supportare politiche territoriali, ambientali e paesaggistiche anche in altri contesti europei alla scala locale e regionale.

¹ Università di Cagliari, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR), via Marengo 2, 09123, Cagliari, e-mail: sabrinalai@unica.it.

² Università di Cagliari, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR), via Marengo 2, 09123, Cagliari, e-mail: federicaleone@unica.it. (corresponding author).

1. Introduzione

Il concetto di Infrastruttura verde (IV) ha assunto sempre maggiore enfasi all'interno del dibattito internazionale (Garmendia *et al.*, 2016). Il concetto di IV è utilizzato in diverse discipline, ragion per cui svariate definizioni sono state formulate (Benedict e McMahon, 2002; Madureira *et al.*, 2011); pur in presenza di un quadro così variegato, un riferimento concettuale fondamentale è costituito dalla Comunicazione della Commissione Europea (2013) "Infrastrutture verdi: Rafforzare il capitale naturale in Europa". In tale documento la Commissione Europea getta le basi per una nuova visione, nella quale le IV rappresentano uno strumento capace di fornire benefici ecologici, economici e sociali, e che, contrapponendosi alle cosiddette infrastrutture grigie, utilizzino soluzioni naturali considerate multifunzionali e più sostenibili economicamente e socialmente. In particolare, le IV vengono definite come "...una rete di aree naturali e semi-naturali pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici" (Commissione Europea, 2013, p. 3). Questa definizione include tre importanti concetti quali: l'idea di una rete di aree, la componente della pianificazione e gestione di tali aree e il concetto di servizi ecosistemici; di conseguenza, le IV integrano le nozioni di connettività ecologica, conservazione della biodiversità e multifunzionalità degli ecosistemi (Liquete *et al.*, 2015).

Da questo punto di vista, le IV esercitano un ruolo fondamentale nella conservazione della biodiversità (Kettunen *et al.*, 2014), facilmente rintracciabile nella Strategia dell'Unione Europea per la biodiversità fino al 2020 (Commissione Europea, 2011). In particolare, l'obiettivo 2 prevede che entro il 2020 gli ecosistemi e i suoi servizi siano preservati e valorizzati attraverso le IV e pone come target il ripristino di almeno il 15% degli ecosistemi degradati. Inoltre, secondo Garmendia *et al.* (2016) il concetto di IV è fortemente connesso al tema della tutela della biodiversità per tre ragioni. Innanzitutto, il concetto di IV focalizza l'attenzione sull'identificazione e conservazione di aree naturali e semi-naturali all'interno di paesaggi più o meno antropizzati. In secondo luogo, comporta la realizzazione di connessioni ecologiche tra aree diverse, consentendo lo spostamento, almeno potenziale, di specie tra habitat che sarebbero altrimenti isolati o, comunque, tra loro disconnessi. Infine, spiega l'importanza degli habitat in un linguaggio facilmente comprensibile dagli attori che controllano i processi di piano, tra cui gli stessi pianificatori.

L'identificazione e la mappatura delle IV rappresenta quindi un aspetto problematico e una questione ancora aperta nella pianificazione territoriale. L'inclusione delle IV nelle politiche pianificatorie, come strumento a supporto delle decisioni inerenti alla conservazione, protezione e riqualificazione del paesaggio costruito e non, comporterebbe innumerevoli benefici tra cui la capacità di fornire informazioni sul potenziale del territorio (Wickham *et al.*, 2010) e di combinare funzioni ecologiche, sociali e culturali (Spanò *et al.*, 2017). A nostro avviso, le IV potrebbero rappresentare un efficace strumento per favorire l'integrazione della conservazione della biodiversità nella pianificazione territoriale, obiettivo incluso nell'articolo 10 della Direttiva Habitat (92/43/CEE), il quale stabilisce che gli Stati membri si impegnino a promuovere la gestione di tutte le componenti del paesaggio essenziali per la mitigazione, la distribuzione e lo scambio genetico di specie floristiche e faunistiche.

Sulla base di questo quadro concettuale, il nostro contributo intende sviluppare una metodologia a supporto delle decisioni, integrando quella proposta da Arcidiacono *et al.* (2016) che definiscono spazialmente una possibile IV per la Regione Lombardia tenendo conto dell'uso multifunzionale del capitale naturale in termini di valore naturale, valore ricreativo e del patrimonio antropico. La nostra metodologia prevede l'inclusione di un quarto valore, il valore conservazionistico, il quale non è finalizzato a promuovere l'approccio conservazionistico a discapito di quello ecosistemico, ma a rimarcare l'importanza dell'inclusione nelle IV degli habitat di interesse comunitario, definiti dalla Direttiva Habitat come aree naturali e semi-naturali (articolo 1, lettere "b" e "c") e pertanto ricadenti tra quelle "aree naturali e semi-naturali" che sono parte integrante di una IV, per sua stessa definizione. La metodologia così sviluppata è applicata al caso di studio della città metropolitana di Cagliari, nella zona meridionale della Sardegna.

Il contributo è articolato in sei sezioni. La seconda affronta e discute le principali teorie e problematiche inerenti il concetto di multifunzionalità applicato alle IV. La terza presenta il caso di studio e la quarta

descrive in maniera dettagliata la metodologia utilizzata. I risultati delle nostre analisi vengono presentati e discussi nella quinta sezione. Il paragrafo conclusivo riporta le considerazioni finali e i futuri sviluppi della ricerca.

2. Il concetto di multifunzionalità nelle IV

Il concetto di multifunzionalità è considerato, congiuntamente al concetto di connettività, come un elemento chiave della pianificazione delle IV (Hansen e Pauleit, 2014).

La Commissione Europea (2012) definisce il concetto di multifunzionalità applicato alle IV come la capacità di una singola area di esercitare diverse funzioni e di fornire svariati benefici. Tali funzioni possono essere di tipo ambientale, come la tutela della biodiversità, sociale, come la fornitura di spazi verdi, o economico, come la creazione di nuovi posti di lavoro. Il concetto di multifunzionalità nelle IV consiste quindi nell'integrare, dal punto di vista spaziale, una serie di funzioni, tra cui quelle ambientali, economiche, culturali e estetiche (Madureira e Andresen, 2014). La multifunzionalità nelle IV mira a connettere o combinare diverse funzioni e quindi a usare lo spazio in maniera più efficace (Ahern, 2011); l'uso simultaneo potrebbe, infatti, comportare dei conflitti se non opportunamente gestito (Ioja *et al.*, 2014).

Sebbene il concetto di multifunzionalità stia acquisendo una crescente popolarità, negli ultimi anni due principali problematiche sono state riscontrate in letteratura. La prima riguarda la convinzione secondo cui la definizione di una IV sia un modo per promuovere il concetto di multifunzionalità senza il bisogno di scegliere tra le funzioni in quanto si suppone che le IV abbiano la capacità di fornirle tutte (Commissione Europea, 2012) o di possederle tutte (Horwood, 2011). In realtà, si è sempre più consapevoli del fatto che alcune funzioni possono entrare in conflitto tra loro e che non tutte possano essere esercitate simultaneamente (Madureira e Andresen, 2014). Il problema dei conflitti potenziali tra funzioni non è quindi una semplice questione tecnica, in quanto può avere degli effetti negativi sulla stessa tutela della biodiversità (Garmendia *et al.*, 2016). Un secondo aspetto problematico, non oggetto di questo contributo, riguarda la mancanza di modelli integrati che possano valutare le sinergie e i trade-off tra le differenti funzioni (Madureira e Andresen, 2014; Meerow e Newell, 2017).

Partendo da questo quadro concettuale, il nostro contributo intende sviluppare una metodologia a supporto delle decisioni, basandosi su quattro valori (valore conservazionistico, valore naturale, valore ricreativo e patrimonio antropico) che sintetizzano il carattere multifunzionale del paesaggio.

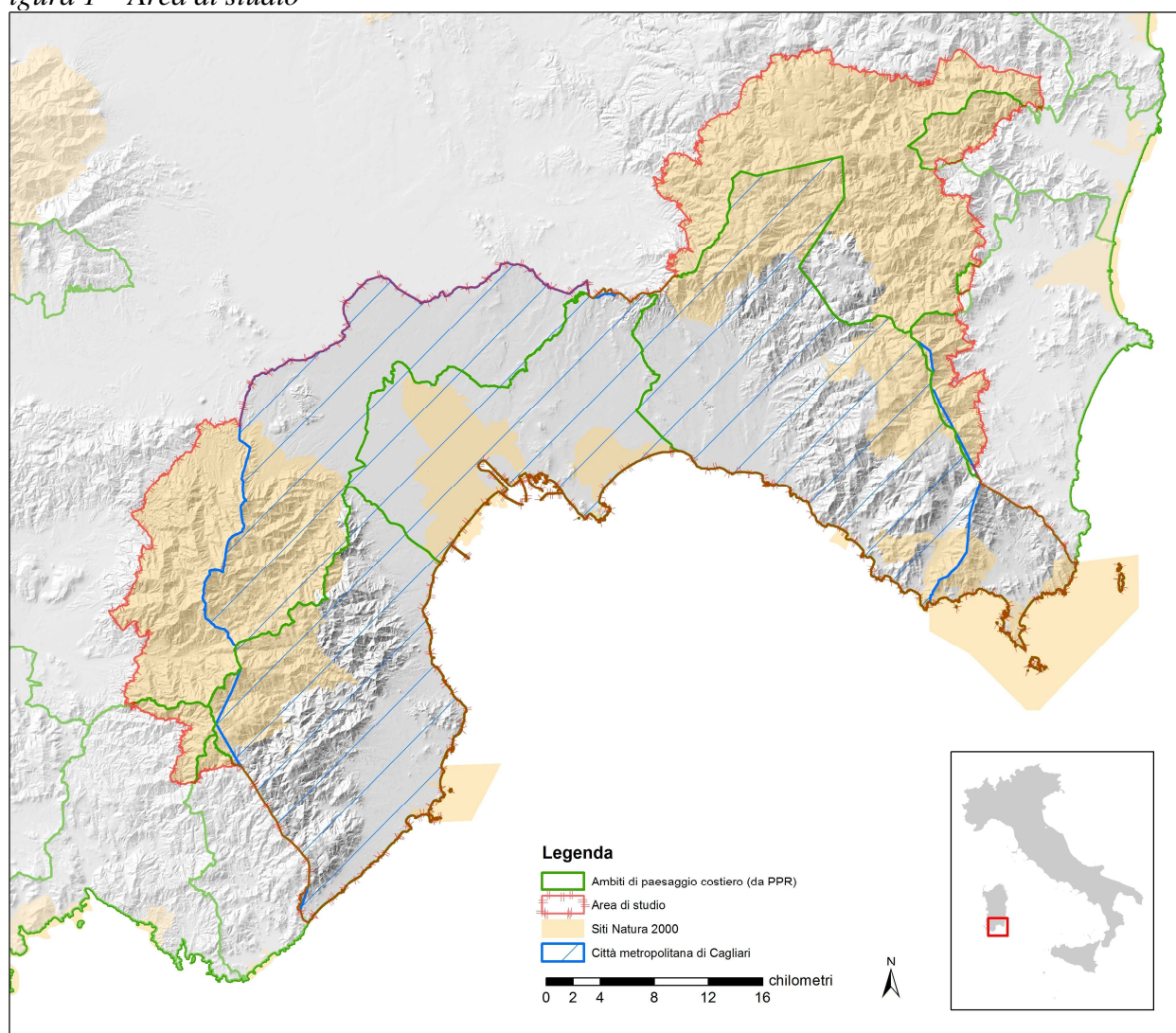
Il valore conservazionistico tiene conto della presenza di habitat naturali di interesse comunitario. Tali habitat sono definiti dall'articolo 1 della Direttiva Habitat come “gli habitat che...: i) rischiano di scomparire nella loro area di ripartizione naturale; ovvero ii) hanno un'area di ripartizione naturale ridotta a seguito della loro regressione o per il fatto che la loro area è intrinsecamente ristretta; ovvero iii) costituiscono esempi notevoli di caratteristiche tipiche di una o più delle nove regioni biogeografiche seguenti: alpina, atlantica, del Mar Nero, boreale, continentale, macaronesica, mediterranea, panonica e steppica”. In particolare, gli habitat naturali di interesse comunitario vengono elencati nell'Allegato I della stessa Direttiva.

Il valore naturale considera il concetto di biodiversità nella sua accezione più ampia rispetto a quella più conservativa presente nella Direttiva Habitat, secondo la quale alla valutazione della qualità della biodiversità concorrono la sua integrità ecologica, gli attuali livelli delle funzioni degli ecosistemi e la sua capacità di fornire servizi ecosistemici nonostante la presenza di pressioni che minacciano gli habitat. In particolare, il concetto di servizi ecosistemici, ossia quei beni e servizi forniti dagli ecosistemi a sostegno della vita e del benessere del genere umano, incontra le critiche di alcuni ecologisti e ambientalisti in merito ad una eccessiva enfasi verso la capacità della biodiversità di soddisfare i bisogni delle persone che andrebbe a oscurare il valore intrinseco della biodiversità stessa, comportando una mercificazione della natura (Gómez-Baggethun *et al.*, 2010; Peterson *et al.*, 2010).

Il valore ricreativo tiene conto dei servizi ricreativi, ossia quei servizi ecosistemici facenti parte dei cosiddetti servizi culturali (Millennium Ecosystem Assessment, 2003) e che cercano di quantificare l'attrattività che i paesaggi e gli habitat naturali esercitano sulle persone nella scelta di utilizzo del proprio

tempo libero. Il valore ricreativo influenza positivamente la qualità della vita e il benessere delle comunità e può, inoltre, produrre ripercussioni dirette e indirette sulle economie locali. Dal punto di vista metodologico, in letteratura sono stati utilizzati vari metodi per valutare i servizi ricreativi, alcuni dei quali si basano su analisi monetarie, come per esempio il metodo dei costi di viaggio (Serkan e Rehber, 2008; Martín-López *et al.*, 2009; Lankia *et al.*, 2015), altri su valutazioni non monetarie, in cui viene valutata la capacità di un determinato bene di attrarre visitatori. In riferimento a quest'ultima tipologia di valutazioni, alcuni metodi quantitativi implicano la raccolta di dati sui numeri e sulle tipologie di visitatori, utilizzando statistiche ufficiali (Eagles *et al.*, 2000) oppure conducendo apposite interviste. Tuttavia, per sopperire ai problemi di costo e tempi che tali indagini comportano, sono stati recentemente sviluppati approcci basati su dati provenienti da social media, i quali stimano le preferenze dei visitatori e il numero delle immagini caricate sugli stessi social media come per esempio Flickr (Wood *et al.*, 2013; Sonter *et al.*, 2016) o Instagram (Hausmann *et al.*, 2017).

Figura 1 – Area di studio



Fonte: nostre elaborazioni

Il patrimonio antropico analizza le interazioni tra elementi naturali e umani, così come concepiti nella Convenzione europea sul paesaggio, dove quest'ultimo è definito come un sistema complesso del quale fanno parte non solo i singoli monumenti storici ma anche quelle parti minori del territorio (De Montis, 2016) che hanno contribuito a formare le identità culturali all'interno dell'Unione Europea. In accordo con la Convenzione, la cui implementazione varia tra gli Stati membri (De Montis, 2014), i piani paesaggistici rappresentano gli strumenti atti a proteggere, gestire e pianificare i paesaggi. Tuttavia nella pratica, i piani

paesaggistici hanno assunto diverse forme che variano da rigidi regolamenti a semplici linee guida per orientare scenari futuri.

3. Caso di studio

Lovell e Taylor (2013) identificano la scala della città come quella minima per la definizione di una IV finalizzata alla conservazione della biodiversità e al mantenimento dei servizi ecosistemici. Il nostro contributo analizza quindi come caso di studio un'area (Figura 1) che include al suo interno: i) la città metropolitana di Cagliari; ii) i tre ambiti di paesaggio costieri, definiti dal Piano paesaggistico regionale (PPR) della Sardegna, che ad essa si sovrappongono; iii) tutti i siti Natura 2000 che sono completamente o parzialmente ricompresi in essi.

La città metropolitana di Cagliari è stata istituita ai sensi della L.R. 4 febbraio 2016, n. 2 con le finalità generali previste all'art. 1, c.2 della L. 7 aprile 2014, n. 56. È situata nella costa meridionale della Sardegna e comprende il territorio dei seguenti 17 Comuni: Assemini, Cagliari, Capoterra, Elmas, Monserrato, Quartu Sant'Elena, Quartucciu, Selargius, Sestu, Decimomannu, Maracalagonis, Pula, Sarroch, Settimo San Pietro, Sinnai, Villa San Pietro e Uta.

La Regione Sardegna ha elaborato nel 2006 il suo PPR in conformità al Codice del paesaggio. Tale piano non fornisce esplicite indicazioni per la definizione di una IV regionale, ma, negli articoli 23 e 26 delle NTA, definisce delle restrizioni in termini pianificatori al fine di preservare le funzioni ecologiche e, nell'articolo 34, promuove l'inserimento dei singoli siti Natura 2000 all'interno di una rete coerente.

La Sardegna possiede inoltre una rete Natura 2000 abbastanza importante, che occupa il 19% dell'intero territorio regionale. Tale rete è costituita da Siti di interesse comunitario (SIC), Zone di protezione speciale (ZPS) e da Zone speciali di conservazione (ZSC). L'area metropolitana di Cagliari, unitamente ai tre ambiti di paesaggio costiero che interessano il suo territorio, si sovrappone a 20 siti Natura 2000 di cui 13 SIC (alcuni dei quali recentemente designati quali ZSC) e 7 ZPS.

4. Metodologia

Di seguito si riportano gli aspetti metodologici riguardanti ciascuno dei quattro valori presentati nella seconda sezione. In particolare, tutti i valori sono stati calcolati e mappati in ambiente GIS utilizzando il software ArcGis® ESRI (versione 10.1).

4.1. Valore conservazionistico

La metodologia utilizzata per calcolare il valore conservazionistico (CONS_VAL) si basa su quella utilizzata in un recente report (CRITERIA, TEMI, 2014a, pp. 27-28) e finalizzata a classificare gli habitat di interesse comunitario, attribuendo loro un giudizio di priorità per il monitoraggio in campo, nel quadro dell'elaborazione di un piano di monitoraggio regionale per la Sardegna. Nella nostra rielaborazione di tale metodologia, il valore conservazionistico assume un valore nullo nelle aree in cui non sono presenti habitat di interesse comunitario; in caso contrario, esso viene calcolato secondo la formula [1].

$$\text{CONS_VAL} = P * (R + T + K) \quad [1]$$

Dove:

- P tiene conto del fatto che un determinato habitat sia stato definito prioritario nella Direttiva Habitat o meno. In caso affermativo P, assume un valore pari a 1,5; in caso contrario, è pari a 1.
- R valuta la rarità di un determinato habitat, calcolando il numero di siti Natura 2000 in cui è presente sulla base dei formulari standard (Commissione Europea, 2011) dei siti ricadenti nell'area di studio. Il valore così calcolato è stato poi normalizzato all'interno dell'intervallo 1-5, dove il valore più alto è associato al minor numero di presenze.

- T tiene conto delle minacce presenti nei siti Natura 2000 ricadenti nell'area di studio, calcolando le loro presenze nei formulari standard e normalizzando il valore così ottenuto nell'intervallo 1-5, dove al valore più alto corrisponde il maggior numero di minacce.
- K considera il grado di conoscenza di un determinato habitat, calcolato, in assenza di dati ufficiali, sulla base di un recente progetto di monitoraggio regionale (CRITERIA, TEMI, 2014b, pp. 42-44), dove il livello di conoscenza di ciascun habitat viene classificato dal punto di vista qualitativo, sulla base del giudizio di esperti, come “buono”, “accettabile”, “insufficiente” o “scarso”. Tale giudizio qualitativo è stato riclassificato nell'intervallo 1-4, dove al valore di conoscenza più basso corrisponde il valore più alto di K. La scelta di assegnare al valore massimo punteggio 4 e non 5, come nelle variabili R e T, è stata effettuata per assegnare un peso minore alla variabile K, il cui valore è determinato da valutazioni soggettive.

Il valore conservazionistico così calcolato può variare dal valore minimo 1 al valore massimo 21. Tali valori sono stati successivamente normalizzati nell'intervallo 0-1.

Dal punto di vista cartografico, sono stati utilizzati due dataset spaziali. Il primo, la Carta della natura (Camarda *et al.*, 2015), ha una scala 1:50.000 e individua la distribuzione spaziale di tutti gli habitat (non solo quelli di interesse comunitario) sull'intero territorio regionale utilizzando la nomenclatura CORINE biotopes. Il secondo, la Carta regionale degli habitat di interesse comunitario, ha una scala 1:10.000 e mappa la distribuzione dei soli habitat di cui all'Allegato I della Direttiva Habitat all'interno dei soli siti Natura 2000, utilizzando la tassonomia della Direttiva. Per poter mappare gli habitat di interesse comunitario anche al di fuori dei siti Natura 2000 riconciliando le due tassonomie è stata utilizzata una tabella di associazione prodotta dall'ISPRA (ISPRA, 2013), che associa ai codici CORINE biotopes i corrispondenti codici della Direttiva.

4.2. Valore naturale

Per il calcolo del valore naturale (NAT_VAL) è stato utilizzato il modello “Habitat quality” del software “InVest”. Tale modello combina informazioni riguardanti l'uso del suolo con le minacce alla biodiversità per produrre una mappa di degrado degli habitat ed una della loro qualità. Con il termine “qualità degli habitat” il modello intende l'abilità di un ecosistema di fornire, nonostante le pressioni cui esso è soggetto e che ne determinano il degrado, le condizioni appropriate per garantire l'esistenza di individui o di intere popolazioni di specie animali e/o vegetali. La qualità degli habitat è una variabile continua che può assumere valori bassi, medi o alti a seconda che venga garantita rispettivamente la sola sopravvivenza, la riproduzione delle specie o la loro persistenza in una determinata area.

I dati richiesti dal modello sono riportati nell'elenco sottostante.

- Una mappa della copertura del suolo in formato raster. Si è utilizzata la Carta dell'uso del suolo del 2008 prodotta dalla Regione Sardegna, la quale è stata prima riclassificata al terzo livello della tassonomia CORINE land cover (in quanto il dato è fornito in generale al quarto livello di dettaglio, e per alcuni codici al quinto) e poi convertita in raster con cella di dimensione 25*25 m.
- Una lista delle attuali minacce alla biodiversità e, per ciascuna di esse, un peso, che denota l'importanza relativa della minaccia, e una distanza e una funzione di decadimento. Per l'identificazione delle minacce sono stati analizzati i formulari standard dei 20 siti Natura 2000 ricadenti nell'area di studio e sono state considerate le sole minacce che producessero degli impatti negativi sulle aree terrestri (escludendo dunque le porzioni a mare dei siti) e che potessero essere mappate. Si è in questo modo ottenuta una lista di 10 minacce. I pesi e le distanze di decadimento sono stati definiti sulla base del giudizio di esperti locali nel campo della biodiversità e delle valutazioni ambientali. In particolare, si chiedeva loro di individuare il valore da assegnare al peso all'interno dell'intervallo 1-5 (utilizzando una scala di tipo “likert”) e di valutare la distanza di decadimento in km. Per ciascuna minaccia, il valore del peso e della distanza di decadimento sono stati calcolati attraverso la media dei valori attribuiti dai diversi esperti cui è stato somministrato il questionario. I pesi sono stati successivamente normalizzati nell'intervallo 0-1, come richiesto dal

software. La funzione di decadimento è stata definita come lineare. La Tabella 1 riposta la lista delle 10 minacce, la media normalizzata dei pesi, le distanze di decadimento, le funzioni di decadimento e le fonti di reperimento dei dati.

- Una mappa raster per ciascuna fonte di minaccia.
- Una mappa vettoriale raffigurante l'accessibilità alle fonti di degrado in riferimento a diversi livelli di protezione degli habitat. In particolare, al maggior livello di protezione corrisponde il valore più basso di accessibilità. Sono stati considerati tre livelli di protezione: parchi regionali e nazionali e aree protette e gestite dall'Agenzia forestale regionale della Sardegna (accessibilità minima, pari a 0,2), siti Natura 2000 (accessibilità intermedia, pari a 0,5), e la restante parte dell'area di studio (accessibilità completa, pari a 1). Le mappature dei livelli di protezione considerati sono disponibili in formato vettoriale (shapefile) nel geoportale³ della Regione Sardegna.
- Una matrice dei tipi di habitat e della loro sensibilità in riferimento a ciascuna minaccia. Il termine habitat viene qui inteso nella sua eccezione più ampia, non circoscrivendolo ai soli habitat di interesse comunitario. Il valore della sensibilità è stato definito attraverso un approccio bifase, basato sul giudizio di esperti. In una prima fase, per ciascun codice di copertura del suolo (terzo livello della tassonomia CORINE land cover) veniva chiesto di attribuire un valore circa la possibilità che tale copertura potesse rappresentare un habitat. In una seconda fase, per ciascuna copertura assimilabile ad un habitat, veniva chiesto di attribuire un punteggio alla sensibilità di quella data copertura del suolo rispetto a ciascuna minaccia. La Tabella 2 riporta un estratto di questa matrice.
- Una costante di "mezza saturazione". È stato utilizzato il valore di default (0,5) impostato in InVest.

Tabella 1 - Lista delle minacce e parametri utilizzati dal software InVEST

Codice	Minaccia	Peso	Distanza di decadimento (Km)	Funzione di decadimento	Fonte del dato (http://www.sardegna.geoportale.it)
T01	Coltivazioni	0,58	1,63	lineare	Carta dell'uso del suolo del 2008
T02	Pascolo	0,68	0,58	lineare	Carta dell'uso del suolo del 2008
T03	Rimozione della vegetazione di sottobosco	0,79	0,65	lineare	Carta dell'uso del suolo del 2008
T04	Industria saliniera in attività	0,63	0,83	lineare	Carta dell'uso del suolo del 2008
T05	Percorsi, sentieri e piste ciclabili	0,53	0,55	lineare	Database multiprecisione regionale
T06	Strade e autostrade	0,95	3,00	lineare	Database multiprecisione regionale
T07	Aeroporti	0,95	4,75	lineare	Carta dell'uso del suolo del 2008
T08	Aree urbanizzate	0,95	3,25	lineare	Carta dell'uso del suolo del 2008
T09	Discariche	1,00	3,50	lineare	Carta dell'uso del suolo del 2008
T10	Incendi	0,95	2,05	lineare	Carta delle aree percorse dal fuoco dal 2011 al 2015

Fonte: nostre elaborazioni

4.3. Valore ricreativo

Per il calcolo del valore ricreativo (REC_VAL) è stato utilizzato il modello "Visitation: Recreation and tourism" del software "InVest", il quale valuta l'apprezzamento delle persone verso la natura e la biodiversità, considerate quali fattori che possono influenzare le decisioni delle persone su dove trascorrere il proprio tempo libero. In assenza di dati ufficiali, il modello acquisisce i dati dal social media Flickr, nel quale gli utenti registrati possono caricare foto georeferenziate. Il modello calcola quindi il numero totale di utenti singoli che, in uno specifico luogo e giorno, hanno scattato e caricato almeno una foto. L'unità di misura è la "foto per utente per giorno" (FUG): un FUG indica che un singolo utente in uno specifico giorno

³ <http://www.sardegna.geoportale.it/>

e in una data unità spaziale ha caricato almeno una foto. A fini del calcolo, l'area oggetto di studio è stata suddivisa attraverso una griglia a maglia quadrata di dimensione pari a 100 m e per ciascuna cella, il modello ha calcolato il valore medio di FUG nel periodo temporale che va dal 2010 al 2014. I valori così ottenuti sono stati poi normalizzati nell'intervallo 0-1.

Tabella 2 - Estratto della matrice degli habitat riguardante i soli usi agricoli e della loro sensibilità verso le 10 minacce individuate

<i>Codice CORINE land cover</i>	<i>Punteggio dell'habitat</i>	<i>T01</i>	<i>T02</i>	<i>T03</i>	<i>T04</i>	<i>T05</i>	<i>T06</i>	<i>T07</i>	<i>T08</i>	<i>T09</i>	<i>T10</i>
211	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5
212	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5
221	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5
222	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5
223	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5
231	1	1	0,5	0	0	0,5	1	0,2	0,5	1	1
241	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5
242	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5
243	1	0,5	1	0,5	0	1	1	0,2	1	1	1
244	1	0,5	0,5	1	0	1	1	0,2	1	1	0,5

Fonte: nostre elaborazioni

Tabella 3 - Elenco dei livelli di protezione stabiliti dal PPR, articoli delle NTA di loro pertinenza e valore assegnato

<i>Tipo di bene</i>	<i>Nome</i>	<i>Articoli di riferimento delle NTA del PPR</i>	<i>Valore</i>
Beni dell'assetto ambientale	Fascia costiera	8, 17, 18, 19, 20	1
	Sistemi a baie e promontori, falesie, piccole isole	8, 17, 18	0,8
	Campi dunari e sistemi di spiaggia	8, 17, 18	0,8
	Lagune costiere	8, 17, 18	0,8
	Aree a quota superiore ai 900 m s.l.m.	8, 17, 18	0,8
	Zone umide, laghi naturali e invasi artificiali e territori contermini compresi in una fascia della profondità di 300 m dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi	8, 17, 18	1
	Fiumi, torrenti e corsi d'acqua e relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna	8, 17, 18	1
	Aree di notevole interesse faunistico	17, 18, 38, 39, 40	0,2
	Aree di notevole interesse botanico e fitogeografico	17, 18, 38, 39, 40	0,2
	Grotte e caverne	8, 17, 18	0,8
	Alberi monumentali	8, 17, 18	0,2
	Monumenti naturali (legge regionale 31/1989)	8, 17, 18	0,5
	Parchi nazionali e aree marine protette	8, 17, 18	0,5
	Vulcani	8, 17, 18	0,5
Beni dell'assetto storico culturale	Aree a edifici di cui all'art. 146 del D. Lgs. 42/2004	8	0,8
	Vincolo archeologico	8, 47	1
	Aree interessate da insediamenti archeologici	8, 47	0,5
	Aree caratterizzate da edifici e manufatti di valenza storico-culturale	8, 47, 48, 49, 50	1
	Centri di antica e prima formazione	8, 47, 51, 52, 53	0,8
	Aree caratterizzate da insediamenti storici	8, 47, 51, 52, 54	0,8

Fonte: nostre elaborazioni

4.4. *Patrimonio antropico*

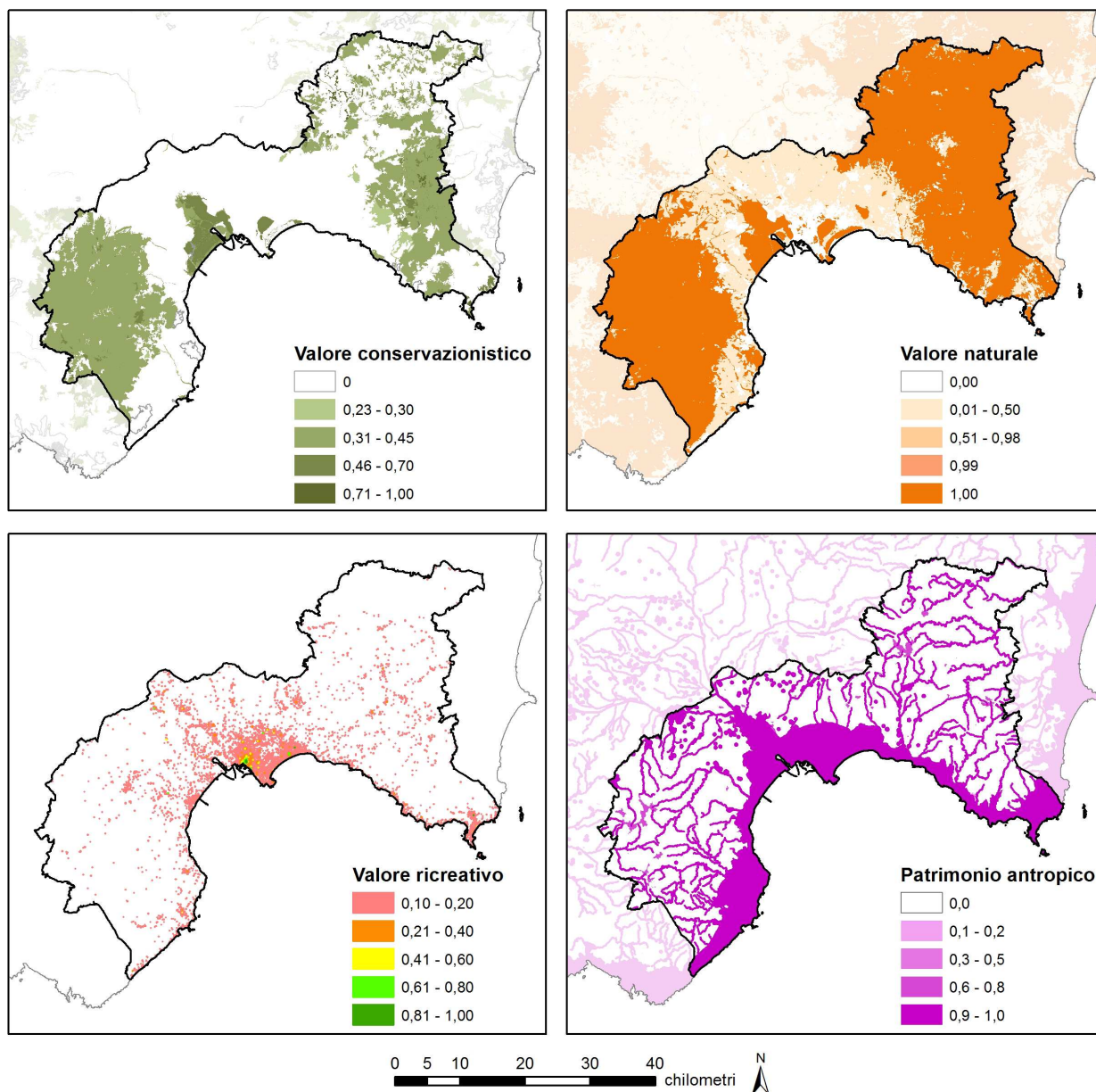
Nel calcolo del patrimonio antropico (ANTH_HER) sono stati considerati i beni paesaggistici individuati e sottoposti a regime di protezione dal PPR. In particolare, per ciascuno di essi è stato identificato un valore nell'intervallo 0-1 che tiene conto del livello di restrizioni determinato dalle NTA del PPR e di eventuali ulteriori limiti derivanti dalla legislazione nazionale e regionale. In caso di aree sottoposte a più livelli di

protezione è stato preso in considerazione il livello maggiormente restrittivo. La Tabella 3 fornisce l'elenco completo dei livelli di protezione, gli articoli delle NTA del PPR di loro pertinenza e il valore del patrimonio antropico assegnato a ogni singolo bene.

4.5. Valore totale

Il valore totale, calcolato attraverso strumenti di geoprocessing in ambiente GIS, è stato identificato sommando, per ciascuna area, i quattro valori (CONS_VAL, NAT_VAL, REC_VAL e ANTH_VAL). Al fine di consentire tale operazione, è stato necessario convertire preliminarmente le due mappe raster (NAT_VAL e REC_VAL) in mappe vettoriali.

Figura 2 – Distribuzione spaziale dei quattro valori analizzati



Fonte: nostre elaborazioni

5. Risultati

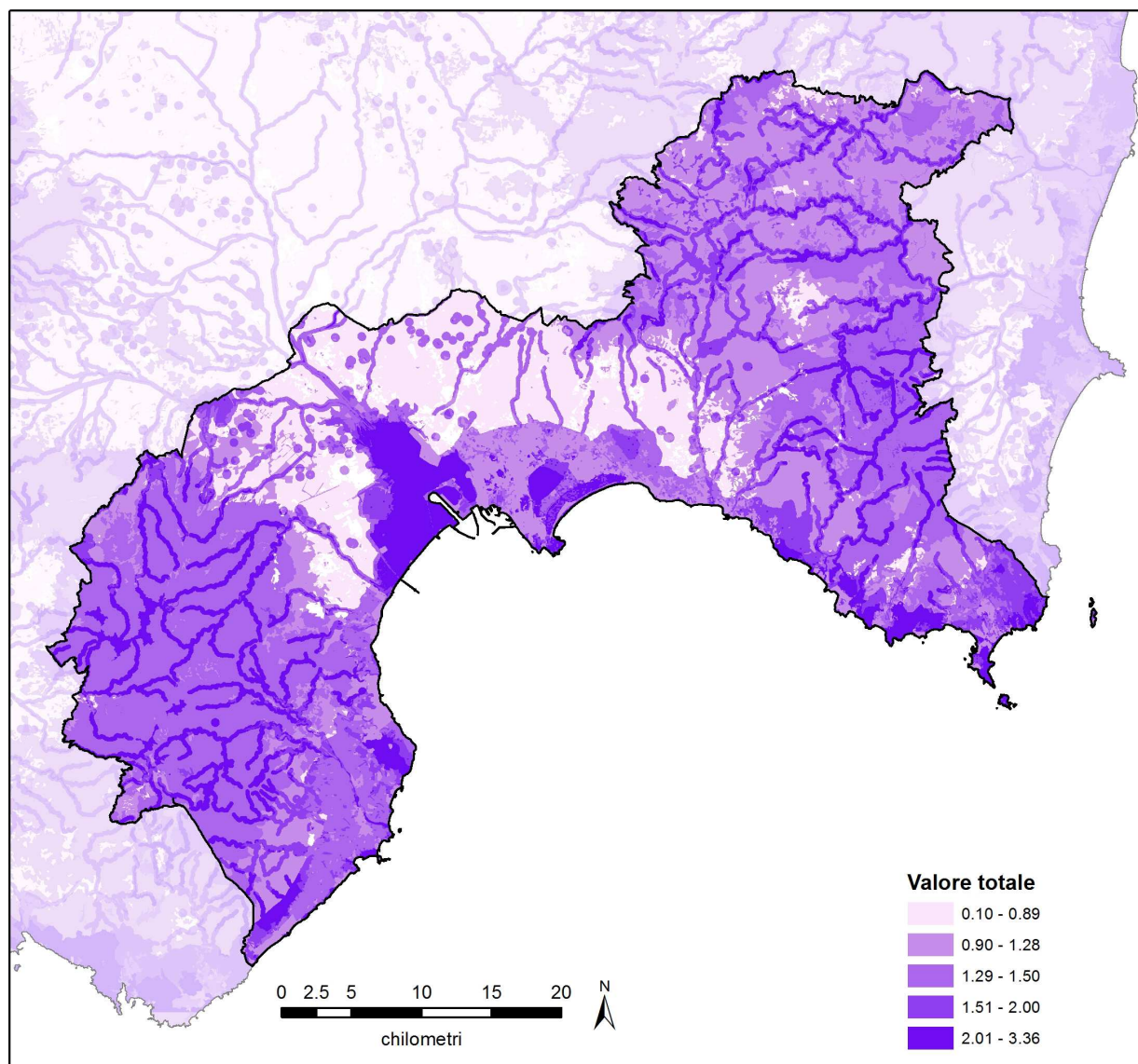
I risultati delle nostre analisi sono riassunti in due figure. In particolare, la Figura 2 mostra la distribuzione spaziale di ciascuno dei quattro valori mentre la Figura 3 fornisce la mappatura del valore

totale. Quest'ultima rappresenta il punto di partenza per la definizione spaziale di una IV nella nostra area di studio.

Dalle immagini si evince come il valore conservazionistico assuma valori non nulli soprattutto all'interno dei siti Natura 2000 e nelle loro immediate vicinanze, nelle quali si osservano degli addensamenti significativi.

Il valore conservazionistico e il valore naturale presentano un comportamento simile in riferimento alle aree con valori più elevati, concentrate in due grandi cluster ad ovest e est dell'area di studio e in due cluster più piccoli in corrispondenza delle due lagune di Molentargius e Santa Gilla e del tessuto densamente urbanizzato che le circonda. Tuttavia, il valore conservazionistico assume valori nulli nella restante parte dell'area di studio mentre ciò non accade per il valore naturale, a testimonianza del fatto che, benché prive di habitat di interesse comunitario, alcune aree si comportano da habitat di media qualità che agiscono da "raccordo" tra aree con valori più elevati.

Figura 3 – Distribuzione spaziale del valore totale



Fonte: nostre elaborazioni

Il valore ricreativo assume valori nulli in circa il 96% dell'area di studio. All'interno della città di Cagliari si concentrano le celle con i valori più alti, e inoltre lungo la costa è chiaramente visibile una distribuzione lineare di valori non nulli; la restante area di studio è invece dominata da valori nulli, con pochi valori non nulli distribuiti in maniera spazialmente disomogenea.

Il patrimonio antropico assume, nella maggior parte dei casi, il valore minimo (0) o il valore massimo (1). È interessante osservare come i valori più elevati corrispondano principalmente a due beni ambientali, caratterizzati da rigide limitazioni in termini di nuove espansioni e cambiamenti d'uso del suolo. In particolare, per il primo tipo di bene, definito dall'articolo 19 delle NTA del PPR come "Fascia costiera", il PPR limita rigidamente qualsiasi tipo di trasformazione, consentendo invece la ristrutturazione e riqualificazione degli edifici esistenti (articolo 20). Il secondo bene comprende "Fiumi, torrenti e corsi d'acqua e relative sponde o piedi degli argini, per una fascia di 150 m ciascuna", i quali sono sottoposti ad un regime di protezione sulla base della normativa nazionale (in origine, L. 8 agosto 1985, n. 431, confluito da ultimo nella disciplina di cui al D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, articolo 142). Esiste poi un terzo tipo di bene, la cui presenza, seppur quantitativamente meno significativa rispetto agli altri due, determina comunque il valore massimo, e che comprende le zone di interesse archeologico e le aree caratterizzate da edifici e manufatti di valenza storico culturale.

La Figura 3 mostra la distribuzione del valore totale, in cui nessuna area ottiene il punteggio totale massimo (4), e quindi nessun punto dell'area di studio ottiene il punteggio massimo simultaneamente rispetto ai quattro valori. Le aree che presentano i valori più elevati sono i fiumi, torrenti e corsi d'acqua e relative sponde o piedi degli argini, le lagune, le grandi aree forestali e, in misura minore, la fascia costiera.

6. Conclusioni

Questo paper intende apportare un contributo all'attuale dibattito scientifico inerente alla pianificazione di una IV multifunzionale. In particolare, il contributo è finalizzato alla definizione di una metodologia a supporto delle decisioni per la definizione e l'identificazione spaziale di una IV multifunzionale, partendo dalla mappatura di quattro valori che, secondo il quadro concettuale utilizzato, corrispondono alle funzioni che una IV dovrebbe supportare e assicurare.

Dai risultati delle nostre analisi emergono due aspetti significativi. Il primo riguarda il comportamento discorde tenuto dai quattro valori all'interno dell'area di studio; tale situazione era prevedibile in quanto ciascun valore tiene conto di una funzione specifica (conservazione della biodiversità di elevata qualità, fornitura di servizi ecosistemici, e in particolar modo dei servizi culturali, e protezione del paesaggio). Il secondo riguarda l'assenza, nell'area indagata, di punti in cui si registri il valore massimo. Tale comportamento supporta la tesi proposta da Meerow e Newell (2017), secondo la quale la realtà è caratterizzata da aree diverse, ciascuna delle quali tende ad esercitare funzioni predominanti o complementari. Di conseguenza, il concetto di multifunzionalità è un obiettivo ideale o "elusivo" per l'identificazione spaziale di una IV. Per superare questo problema bisognerebbe comprendere e analizzare le sinergie e i trade-off tra i benefici ecologici e sociali delle IV. La mancanza di modelli pianificatori integrati che possano supportare tali analisi è da imputare al fatto che i benefici derivanti dalle IV sono fortemente localizzati; di conseguenza, una assunzione di decisioni in merito potrebbe comportare degli effetti sulle comunità locali dal punto di vista ambientale e sociale (Hansen e Pauleit, 2014). La mappa del valore totale quindi è qui concepita come uno strumento a supporto delle scelte decisioni per la definizione di una IV, piuttosto che come una vera e propria IV.

In tal senso, questo contributo intende indirizzare una questione già evidenziata nel lavoro di Lovell e Taylor (2013), relativa alla mancanza di esempi efficaci di istituzionalizzazione delle IV. In Italia, ad esempio, i piani paesaggistici rappresentano un obbligo di legge e i processi attraverso i quali vengono elaborati e adottati risultano privi di un vero e proprio momento partecipativo, che viene confinato al solo processo di VAS. Il coinvolgimento dei beneficiari dei servizi ecosistemici, tra cui le stesse comunità locali, apporterebbe sicuramente un valore aggiunto in tali processi (Landsberg *et al.*, 2011). La metodologia qui sviluppata, basata su dataset scientifici e sul giudizio di esperti, traslascia anch'essa l'aspetto partecipativo che potrebbe rappresentare un futuro sviluppo della ricerca. La conoscenza, le aspettative e i bisogni dei beneficiari dei servizi ecosistemici potrebbero, per esempio, essere inclusi attraverso l'assegnazione di un peso a ciascuno dei quattro valori; tale peso potrebbe riflettere le priorità che determinati gruppi di beneficiari assegnano alle diverse funzioni supportate dalle IV.

In conclusione, la metodologia qui proposta intende facilitare l'implementazione dell'articolo 10 della Direttiva Habitat, il quale prevede una gestione degli aspetti rilevanti del paesaggio al fine di migliorare la coerenza ecologica della Rete Natura 2000 attraverso l'integrazione dell'obiettivo della conservazione della biodiversità all'interno del valore conservazionistico e del valore naturale. Futuri sviluppi della ricerca potrebbero comportare l'analisi di un'area più vasta, maggiormente compatibile con la configurazione spaziale della rete Natura 2000, al fine di comprendere le relazioni che insistono tra una IV multifunzionale e la rete ecologica che comprende i siti Natura 2000.

7. Riconoscimenti

Questo contributo è redatto nell'ambito del Programma di Ricerca "Natura 2000: valutazione dei piani di gestione e studio dei corridoi ecologici come rete complessa", finanziato, per gli anni 2015-2018, dalla Regione Autonoma della Sardegna, nel quadro del Bando per la presentazione di "Progetti di ricerca fondamentale o di base", annualità 2013, sviluppato presso il DICAAR dell'Università di Cagliari.

8. Bibliografia

- Ahern J. (2011), From Fail-Safe to Safe-to-Fail. Sustainability and Resilience in the New Urban World, *Landscape and Urban Planning*, 100, 4: 341-343.
- Arcidiacono A., Ronchi S., Salata S. (2016), Managing Multiple Ecosystem Services for Landscape Conservation: a Green Infrastructure in Lombardy Region, *Procedia Engineering*, 161: 2297-2303.
- Benedict M.A., McMahon E.T. (2002), *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*. Washington, D.C.: Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series. <http://www.sprawlwatch.org/greeninfrastructure.pdf>.
- Camarda I., Laureti L., Angelini P., Capogrossi R., Carta L., Brunu A. (2015), *Il sistema carta della natura della Sardegna*. Roma: ISPRA, Serie Rapporti, 222/2015. http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/R_222_15.pdf.
- Commissione Europea (2011), *Strategia dell'UE per la biodiversità fino al 2020*. http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/biodiversity_2020/2020%20Biodiversity%20Factsheet_IT.pdf.
- Commissione Europea (2012), The Multifunctionality of Green Infrastructure. http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/Green_Infrastructure.pdf.
- Commissione Europea (2013), Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni. Infrastrutture verdi. Rafforzare il capitale naturale in Europa. [http://www.parlamento.it/web/docuorc2004.nsf/8fc228fe50daa42bc12576900058cada/1b655698e606857ac1257b64005a61e3/\\$FILE/COM2013_0249_IT.pdf](http://www.parlamento.it/web/docuorc2004.nsf/8fc228fe50daa42bc12576900058cada/1b655698e606857ac1257b64005a61e3/$FILE/COM2013_0249_IT.pdf).
- CRITERIA, TEMI (2014a), *Monitoraggio dello stato di conservazione degli habitat e delle specie di importanza comunitaria presenti nei siti della Rete Natura 2000 in Sardegna. Definizione della rete di monitoraggio. Volume 2: Piano di monitoraggio degli habitat e delle specie vegetali*. Report inedito.
- CRITERIA, TEMI (2014b), *Monitoraggio dello stato di conservazione degli habitat e delle specie di importanza comunitaria presenti nei siti della Rete Natura 2000 in Sardegna. Elaborazione rapporto di sintesi sullo stato di conservazione di habitat e specie* (Linea 4, 4.c.1). Report inedito.
- De Montis A. (2014), Impacts of the European Landscape Convention on National Planning Systems: a Comparative Investigation of Six Case Studies, *Landscape and Urban Planning*, 124: 53-65.
- De Montis A. (2016), Measuring the Performance of Planning: the Conformance of Italian Landscape Planning Practices with the European Landscape Convention, *European Planning Studies*, 24, 9: 1727-1745.

- Eagles P., McLean D., Stabler M. (2000) Estimating the Tourism Volume and Value in Protected Areas in Canada and the USA, *George Wright Forum*, 17: 62-76.
- Garmendia E., Apostolopoulou E., Adams W.M., Bormpoudakis D. (2016), Biodiversity and Green Infrastructure in Europe: Boundary Object or Ecological Trap?, *Land Use Policy*, 56: 315-319.
- Gómez-Baggethun E., de Groot R., Lomas P.L., Montes C. (2010), The History of Ecosystem Services in Economic Theory and Practice: from Early Notions to Markets and Payment Schemes, *Ecological Economics*, 69, 6: 1209-1218.
- Hansen R., Pauleit S. (2014), From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas, *AMBIO*, 43: 516-529.
- Hausmann A., Toivonen T., Slotow R., Tenkanen H., Moilanen A., Heikinheimo V., Di Minin E. (2017), Social Media Data Can Be Used to Understand Tourists' Preferences for Nature-Based Experiences in Protected Areas, *Conservation Letters*, January: 1-10.
- Horwood K. (2011), Green infrastructure: Reconciling Urban Green Space and Regional Economic Development: Lessons Learnt from Experience in England's North-West Region. *Local Environment, The International Journal of Justice and Sustainability*, 16, 10: 37-41.
- Iojă C.I., Grădinaru S.R., Onose D.A., Vânău G.O., Tudor A.C. (2014), The Potential of School Green Areas to Improve Urban Green Connectivity and Multifunctionality, *Urban Forestry & Urban Greening*, 13: 704-713.
- ISPRA (2013), Tabelle delle corrispondenze in uso nel Sistema Carta della Natura. http://www.isprambiente.gov.it/files/biodiversita/Tabella_Corrispondenze_181213.xls.
- Kettunen M., Apostolopoulou E., Bormpoudakis D., Cent J., Letourneau A., Koivulehto M., Paloniemi R., Grodzińska-Jurczak M., Mathevet R., Scott A., Borgström S. (2014), EU Green Infrastructure: Opportunities and the Need for Addressing Scales. In: Henle K., Potts S.G., Kunin W. E., Matsinos Y. G., Similä J., Pantis J.D., Grobelnik, V., Penev L., Settele J. (eds.) *Scaling in Ecology and Biodiversity Conservation*. Sofia: Pensoft Publishers. 128-132.
- Landsberg F. Ozment S., Stickler M., Henninger N., Treweek J., Venn O., Mock G. (2011), *Ecosystem Services Review for Impact Assessment: Introduction and Guide to Scoping*, WRI working paper. Washington DC: World Resources Institute.
- Lankia T., Kopperoinen L., Pouta E., Neuvonen M. (2015), Valuing Recreational Ecosystem Service Flow in Finland, *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 10: 14-28.
- Liquete C., Kleeschulte S., Dige G., Maes J., Grizzetti B., Olah B., Zulian G. (2015), Mapping Green Infrastructure Based on Ecosystem Services and Ecological Networks: a Pan-European Case Study, *Environmental Science & Policy*, 54: 268-280.
- Lovell S.T., Taylor J.R. (2013), Supplying Urban Ecosystem Services Through Multifunctional Green Infrastructure in the United States, *Landscape Ecology*, 28: 1447-1493.
- Madureira H., Andresen T., Monteiro A. (2011), Green Structure and Planning Evolution in Porto, *Urban Forestry & Urban Greening*, 10, 2: 141-149.
- Madureira H., Andresen T. (2014), Planning for Multifunctional Urban Green Infrastructures: Promises and Challenges, *Urban Design International*, 19, 1: 38-49.
- Martín-López B., Gómez-Baggethun E., Lomas P.L., Montes C. (2009), Effects of Spatial and Temporal Scales on Cultural Services Valuation, *Journal of Environmental Management*, 90, 2: 1050-1059.
- Meerow S., Newell J.P. (2017), Spatial planning for multifunctional green infrastructure: growing resilience in Detroit, *Landscape and Urban Planning*, 159: 62-75.
- Millennium Ecosystem Assessment (2003), *Ecosystems and Human Well-Being: a Framework for Assessment*. Washington: Island Press.

- Peterson M.J., Hall D.M., Feldpausch-Parker A.M., Peterson T.R. (2010), Obscuring Ecosystem Function with Application of the Ecosystem Services Concept, *Conservation Biology*, 24, 1: 113-119.
- Serkan G., Rehber E. (2008), A Travel Cost Study to Estimate Recreational Value for a Bird Refuge at Lake Manyas, Turkey, *Journal of Environmental Management*, 88, 4: 1350-1360.
- Sonter L.J., Watson K.B., Wood S.A., Ricketts T.H. (2016), Spatial and Temporal Dynamics and Value of Nature-Based Recreation, Estimated Via Social Media, *PlosOne*, 11: 1-16.
- Spanò M., Gentile F., Davies C., Laforteza R. (2017), The DPSIR Framework in Support of Green Infrastructure Planning: a Case Study in Southern Italy, *Land Use Policy*, 61: 242-250.
- Wickham J.D., Riitter, K.H., Wade T.G., Vogt P. (2010), A National Assessment of Green Infrastructure and Change for the Conterminous United States Using Morphological Image Processing, *Landscape and Urban Planning*, 94: 186-195.
- Wood S.A., Guerry A.D., Silver J.M., Lacayo M. (2013), Using Social Media to Quantify Nature-Based Tourism and Recreation, *Scientific Reports*, 3: 2976.

ABSTRACT

A fundamental definition of Green Infrastructure (GI) was provided by the European Commission in the Communication “Green Infrastructure: Enhancing Europe’s Natural Capital”, where GI is regarded as a network having the Natura 2000 sites at its core, able of delivering numerous ecosystem services, and “strategically planned”, stressing the importance of GI in integrating ecological connectivity and conservation, and multi-functionality of ecosystems. Consequently, the spatial identification and management of GI is an important issue in planning at various scale, and especially in landscape planning as understood in the European Landscape Convention.

Based on a previous work of Arcidiacono *et al.* (2016), this paper develops and integrates a methodology to identify a multifunctional GI in relation to four values that represent the multifaceted character of landscape. The first, conservation value, considers the presence of habitats of community interest (i.e., listed in the “Habitats” Directive, 92/43/EEC); the second, natural value, accounts for biodiversity’s capability of delivering ESs; the third, recreation value, is a proxy for people’s perceptions of landscape; finally, anthropogenic heritage takes account of the interactions between natural and human factors. The methodology is tested in the metropolitan city of Cagliari, Italy. The overlap of the spatial configurations of the four values could represent a tool to support landscape, environmental and spatial policies in Italy and in other European contexts at the local and regional scale.