POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

"Incrementare la reticolarità ecologica in aree marginali: il caso della Valle Po in Piemonte"

Original
"Incrementare la reticolarità ecologica in aree marginali: il caso della Valle Po in Piemonte" / Guerreschi, P., LA RICCIA, L.. - In: BOLLETTINO DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI CARTOGRAFIA. - ISSN 2282-572X. - ELETTRONICO. - 2023:175(2023), pp. 114-125. [10.13137/2282-572X/35444]

Availability:
This version is available at: 11583/2994784 since: 2024-11-26T09:44:37Z

Publisher:
EUT EDIZIONI UNIVERSITÀ DI TRIESTE

Published
DOI:10.13137/2282-572X/35444

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

15 September 2026

EUT EDIZIONI UNIVERSITÀ DI TRIESTE

Bollettino della ASSOCIAZIONE ITALIANA di CARTOGRAFIA

2023 (175), 114-125
DOI: 10.13137/2282-572X/35444

ISSN 2282-572X (online) ISSN 0044-9733 (print)
https://www.openstarts.units.it/handle/10077/9933

Incrementare la reticolarità ecologica in aree marginali: il caso della Valle Po in Piemonte

Increasing ecological networks in marginal areas: the case of the Po Valley in the Piedmont Region

PAOLA GUERRESCHI[1], LUIGI LA RICCIA[2]

[1] Università di Torino; paola.guerreschi@unito.it
[2] Politecnico di Torino; luigi.lariccia@polito.it

Riassunto

Il contributo presenta un lavoro di definizione della struttura della rete ecologica locale nell'ambito del contesto territoriale della Valle Po nel tratto da Saluzzo al Pian del Re in Piemonte, con l'utilizzo della nuova Corine Land Cover del Piemonte 2021. Le analisi geospaziali e le rappresentazioni cartografiche sono mirate all'identificazione e alla predisposizione sul territorio di interventi utili alla tutela degli habitat e delle specie di interesse per la conservazione della biodiversità che diventano strategiche per ragionare sulla qualità ecologica complessiva di queste aree interne di montagna. La mappatura della funzionalità ecologica del territorio è stata realizzata utilizzando una metodologia che valuta, a partire dalle diverse tipologie di uso del suolo e da cinque indicatori definiti (Naturalità, Rilevanza per la conservazione, Estroversione, Fragilità, Irreversibilità), il livello di status ecologico. Valutato il livello di funzionalità ecologica, si è proceduto a determinare quali fossero i migliori collegamenti tra le aree più forti ecologicamente mediante l'individuazione dei percorsi di minore costo (*least-cost paths*). Il prodotto di questa analisi è un piccolo tassello da leggersi in un più ampio contesto di valorizzazione del capitale naturale di questa valle, conosciuta per i suoi paesaggi incontaminati di alta montagna nonché meta turistica per gli amanti del trekking quali fruitori ultimi della ricca rete sentieristica.

Parole chiave

Rete ecologica, Naturalità, Paesaggio, Uso del suolo, Analisi raster, Map algebra, Least-cost path

Abstract

The contribution presents work on the definition of the structure of the local ecological network within the territorial context of the Po Valley in the section from Saluzzo to Pian del Re in Piedmont, using the new Corine Land Cover of Piedmont 2021. The geospatial analyses and cartographic representations are aimed at the identification and predisposition on the territory of interventions useful for the protection of habitats and species of interest for the biodiversity conservation, which become strategic for reasoning about the overall ecological quality of these internal mountain areas. The mapping of the territory's ecological functionality was carried out using a methodology that assesses the level of ecological status, starting from the different types of land use and five defined indicators (Naturalness, Relevance for Conservation, Extroversion, Fragility, Irreversibility). Having assessed the level of ecological functionality, the best connections between the ecologically strongest areas were determined by identifying the least-cost paths. The product of this analysis is a small piece to be read in a broader context of the valorisation of the natural capital of this valley, known for its uncontaminated high mountain landscapes as well as a tourist destination for trekking enthusiasts as users of the rich trail network.

Keywords

Ecological network, Naturalness, Landscape, Land use, Raster analysis, Map algebra, Least-cost path

1. Introduzione: perché pianificare le reti ecologiche alla scala locale

Tra gli insegnamenti che ci giungono dalla crisi sanitaria da pandemia di SARS-CoV-2 ce n'è uno, di fondamentale importanza, che riguarda la biodiversità[1]. La distruzione degli habitat naturali e il perseguimento di modelli sempre più intensivi di agricoltura, allevamento e industria minano le risorse necessarie per il benessere, la salute e l'economia delle comunità umane e allo stesso tempo ci espongono a gravi rischi biologici. Le attività umane che causano il cambiamento climatico e la perdita di biodiversità sono le stesse che, attraverso i loro impatti sull'ambiente, conducono ad un maggiore rischio di pandemia (IPBES, 2020). La drammatica crisi della biodiversità oggi è una sfida che merita attenzione anche per questioni legate alla salute umana (Hooper, 2005). È in questo senso che va letta la massiccia reazione alla crisi pandemica attuata dall'Unione europea e ampiamente rappresentata dal programma "*Next Generation EU*"[2]. Questo programma, confermando e adottando i principi di sostenibilità del *Green Deal*[3], dimostra che la Commissione europea e gli Stati membri dell'UE, seppur attraverso un difficile percorso di convergenza, hanno almeno in teoria compreso che è davvero tempo di cambiare e che la ripresa economica deve corrispondere strettamente alla resilienza ambientale e alla sostenibilità[4].

Fin dagli anni '70, quando la forte pressione della crescita economica e dell'espansione demografica delle città ha cominciato a manifestarsi in modo concreto, si sentiva la necessità che l'uomo ritrovasse la propria armonia con la natura (Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente umano, Conferenza di Stoccolma, 1972[5]): cambiamenti climatici e globali, consumo di suolo, deforestazione, agricoltura intensiva, inquinamento, frammentazione ecologica sono cause che contribuiscono alla scomparsa della biodiversità e alla distruzione degli ecosistemi e che sono accompagnate dal degrado dei servizi ecosistemici[6]. Le principali sfide percepite, oltre a quelle economiche, sono quelle ambientali (World Economic Forum, 2020[7]).

La riduzione della biodiversità danneggia la resilienza[8] dei sistemi naturali e favorisce la trasmissione di agenti patogeni dagli animali all'uomo (zoonosi) (IUCN, 2020[9], 2021). Molti dati scientifici supportano l'ipotesi che l'emergenza e il riemergere di malattie zoonotiche siano legate alla coesistenza innaturale tra animali selvatici e umani, nonché alle alterazioni degli ecosistemi e alla sottrazione di habitat naturali dalle specie selvatiche a causa dell'urbanizzazione incontrollata (*sprawl* urbano) (IPBES, 2018[10]; IPCC, 2019[11]).

La pandemia da SARS-CoV-2 ha evidenziato la vulnerabilità alle reazioni della natura e la scarsa capacità di mitigarne gli impatti con gravi danni per la salute ma anche per la coesione sociale e il benessere socioeconomico. Le reti di spazi verdi urbani, insieme agli ecosistemi naturali e seminaturali intorno alle città, consentono alle aree urbane di essere più sostenibili e affrontare molte sfide tra cui l'inquinamento atmosferico, il rumore, le ondate di calore, il dissesto idrogeologico e una migliore gestione del ciclo dell'acqua, la conservazione delle risorse idriche attraverso la strategia delle infrastrutture verdi e blu[12].

Se si lavorasse solo sulle specie animali e vegetali, per quanto fondamentale a livello specifico, si potrebbe incorrere nella sola focalizzazione della specie in oggetto (analisi specie-specifica). Come si può quindi migliorare l'efficienza delle reti ecologiche attraverso uno sguardo più ampio? Un punto di partenza utile può fare riferimento all'utilizzo dei più recenti dati sull'uso del suolo (ad esempio, Corine Land Cover), in quanto

1 https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/biodiversita/le-domande-piu-frequenti-sulla-biodiversita/cose-la-biodiversita

2 https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_en

3 https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it

4 https://europa.eu/next-generation-eu/index_en

5 https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/educazione_ambientale/stoccolma.pdf

6 https://www.mite.gov.it/pagina/capitale-naturale-e-servizi-ecosistemici

7 https://www3.weforum.org/docs/WEF_COVID_19_Risks_Outlook_Special_Edition_Pages.pdf

8 https://it.wikipedia.org/wiki/Resilienza_(biologia)

9 https://www.iucn.org/news/secretariat/202004/iucn-statement-covid-19-pandemic

10 https://ipbes.net/sites/default/files/2018_ldr_full_report_book_v4_pages.pdf

11 https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/11/10_Chapter-7.pdf

12 https://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/stato-ambiente/ambiente-urbano/3_Infrastruttureverdi.pdf

ISSN 2282-572X (online)
ISSN 0044-9733 (print)

sono gli unici che garantiscono un quadro europeo e nazionale completo, omogeneo, interoperabile e con una serie temporale di lungo periodo. In Piemonte, la Land Cover Piemonte (LCP) è stata aggiornata e rilasciata come *open data* dalla Regione nel 2021[13], con un dettaglio al V livello, più alto rispetto alla media europea. Il metodo di produzione del dato è un'applicazione sperimentale del nuovo modello europeo proposto da EAGLE (*European Action Group on Land monitoring in Europe*[14]): tale approccio applicato localmente parte dal database geotopografico regionale (BDTRE Piemonte), arricchito con informazioni tematiche specifiche (Carta Forestale, Piano Paesaggistico Regionale, ecc.) e integrato con nuove informazioni derivanti da immagini satellitari (Copernicus Sentinel-2), relazionate anche alle particelle della mosaicatura catastale[15].

La rete ecologica, riferendosi a un sistema aperto di relazioni territoriali tra i diversi elementi biologici e paesaggistici che la costituiscono, non può quindi essere chiusa e delimitata entro limiti amministrativi rigorosamente definiti. Pertanto, coinvolgendo porzioni di territorio variamente localizzate, la rete ecologica interagisce con molteplici scale e strumenti di pianificazione territoriale. La scala urbanistica che più si avvicina alla prospettiva metodologica delineata per un'adeguata pianificazione e gestione delle reti ecologiche sembra quindi coincidere con quella rappresentata dalla pianificazione territoriale comunale e dalla pianificazione delle aree protette e dei parchi, che oggi hanno un funzionamento più diretto e una maggiore capacità di integrazione (Selman, 2006; La Riccia, 2015, 2017). Le reti ecologiche possono essere inquadrate tra le strategie di pianificazione comprendenti un articolato insieme di azioni territoriali volte a mitigare gli effetti della frammentazione ambientale di origine antropica a tutti i livelli di organizzazione ecologica. L'obiettivo principale di questo tipo di pianificazione è, quindi, la conservazione della diversità biologica e dei processi dinamici che consentono il mantenimento della vitalità e della funzionalità per lunghi periodi di popolazioni e comunità biologiche, ecosistemi e paesaggi.

2. Metodologia: la costruzione della rete ecologica locale e il caso studio della Valle Po

La necessità di definire gli obiettivi, che evitino semplici "schemi territoriali" di nuovi corridoi ecologici, magari ottimi in termini estetici ma privi di tutti i significati dal punto di vista della biodiversità, presuppone di non fermarsi ad analizzare solo lo stato di naturalità e diversità a varie scale, ma di andare oltre per dare priorità al perseguimento della coerenza ecologica dell'intero territorio. Questo vale a dire collegare la rete con gli impatti derivanti dalle attività umane e, più in generale, definire un quadro per l'operatività della pianificazione.

Su questo tema, diverse esperienze interessanti sono state avviate nella Regione Piemonte con l'obiettivo di migliorare la qualità ecologica complessiva delle aree naturali e paesaggistiche e indicare specificamente le procedure operative per evitare la frammentazione ecologica e la riduzione della biodiversità (Voghera, La Riccia, 2016). Negli ultimi anni una specifica ricerca è stata portata avanti dal Politecnico di Torino in collaborazione con la Città Metropolitana di Torino ed ENEA con l'obiettivo di definire una proposta per l'implementazione della rete ecologica a livello locale in alcuni Comuni nell'intorno di Torino[16]. Negli ultimi due anni altre sperimentazioni sono state condotte in altri Comuni (Mappano, Alpignano, Moncalieri) seguendo la metodologia sviluppata, adattandola a diversi contesti geografici e tenendo conto dei nuovi obiettivi strategici nell'era post-pandemia.

Il territorio oggetto del contributo presentato è la Valle Po: si tratta della valle da cui nasce il fiume che

13 https://www.geoportale.piemonte.it/cms/progetti/land-cover-piemonte

14 https://land.copernicus.eu/eagle

15 Le informazioni integrate sono state ricondotte alla nomenclatura definita nel progetto Eagle e sono stati derivati i livelli geografici organizzati secondo le nomenclature Eagle Land Cover Component (LCC), Eagle Land Use Attributes (LUA), Eagle Characteristics (CH EUNIS, CH URBAN). Per approfondimenti su queste nomenclature consultare il link: https://land.copernicus.eu/eagle/files/explanatory-documentation/eagle-docu

16 Tra il 2014 e il 2016 sono state condotte le ricerche "Linee guida per il Sistema Verde di PTC2" (convenzione tra Città Metropolitana di Torino, ENEA e Politecnico di Torino) e le "Proposte operative per la rete ecologica di Chieri" (Politecnico di Torino e Comune di Chieri, Torino) con l'obiettivo di definire una proposta per l'implementazione della rete ecologica a livello locale, in primo luogo, in due comuni torinesi (Ivrea e Chieri).

ISSN 2282-572X (online)
ISSN 0044-9733 (print)

gli attribuisce il nome. Data la rilevanza delle tematiche ambientali approfondite, si è deciso di aumentare l'estensione territoriale del caso studio, non limitandosi solamente alla Valle Po ma anche alle confinanti valli del Monviso (Val Bronda, Valle Infernotto e Val Varaita). Inoltre, non è stato preso in considerazione solo l'ambito geografico montano, ma ci si è spinti fino a quelle zone di pianura dove vi fosse la presenza di centri urbani di medie dimensioni. Questo territorio esteso rappresenta aree periferiche di alta e media marginalità, di cui la Valle Po rappresenta il fulcro. Nel complesso, l'intero territorio si può intendere come una sorta di "transetto", che vede la presenza di ambiti tipologicamente differenziati, dal ricco valore naturalistico, ecologico e culturale.

Nelle esperienze pregresse, l'approccio proposto era stato utile per guidare i governi locali con misure specifiche per limitare l'uso del suolo sconsiderato da parte dell'uomo e, ove possibile, orientare e qualificare la conservazione dei servizi ecosistemici. Habitat, aree naturali e paesaggio non sono stati interpretati solo da un punto di vista esclusivamente ecologico (quale mosaico di ecosistemi), ma anche considerando una prospettiva più ampia che abbraccia gli aspetti culturali, sociali ed economici dell'area. La metodologia proposta di fatto intendeva identificare il carattere ecologico del territorio e definire i criteri per la valutazione delle differenti tipologie di uso del suolo.

Nel caso studio, si è applicata la metodologia ENEA/Politecnico (che prevedeva l'applicazione di una analisi con LCP al IV livello; si veda Minciardi *et al.*, 2019), ma in funzione della nuova produzione cartografica LCP 2021 che Regione Piemonte ha messo a disposizione sul Geoportale Cartografico Regionale, applicata ad un territorio liminare, territorio molto noto quale la Valle Po, inserito recentemente nella lista dei siti MAB Unesco (*Man And Biosphere*[17]) Monviso[18].

La prima operazione per l'acquisizione dei dati territoriali necessari all'analisi è stata l'accesso al Geoportale Cartografico e il *download* della copertura *Land Cover Piemonte* (LCP) al 2021 in formato *geopackage* (.gpkg), organizzato per gruppi di Comuni. Si tratta di un dataset che contiene informazioni sull'uso del suolo associate alle geometrie del database geotopografico regionale (BDTRE). "Gli attributi sono organizzati secondo le classificazioni del progetto Land Cover Piemonte (LCP), Corine Land Cover (CLC III livello), Eagle (LCC, LUA, CH)"[19].

I geopackage sono stati combinati in una unica base territoriale e in seguito agganciati, attraverso una operazione di *join* a un database esterno contenente i nuovi codici di riclassificazione della LCP di IV e V livello dei cinque criteri (indicatori) di valutazione economico ambientali ENEA attribuiti dai professionisti naturalisti[20].

I 5 indicatori considerati (Fig. 1) sono:

Naturalità: rappresenta il grado attribuito ai differenti usi di suolo, che sarà tanto maggiore quanto più si discosta dal *climax*[21]. I livelli di naturalità vanno dal 1°, che comprende tutte le formazioni naturali, fino al 4° che considera le tipologie di uso del suolo a totale uso antropico ma non artificiale (come quasi tutte le terre coltivate) e il 5° livello che comprende le tipologie di uso del suolo corrispondenti alle aree artificiali.

Rilevanza per la conservazione: rappresenta quanto è idoneo l'uso del suolo alla conservazione della biodiversità. Si attribuisce valore 1 all'uso del suolo che coincide con gli habitat di interesse per le specie della Rete di natura 2000 per arrivare al valore 4 per l'uso del suolo che coincide con le aree antropizzate e gli habitat inutilizzabili.

Fragilità: rappresenta la condizione dell'ecosistema rispetto alle pressioni che derivano dall'inquinamento, dalla presenza di specie esotiche invasive o dalla presenza di attività umane. Il 1° livello rappresenta la massima fragilità delle aree e comprende di solito le aree naturali mentre il 3° livello descrive la minima fragilità e di solito vi ricadono le aree urbanizzate.

Estroversione: rappresenta la potenziale "capacità" che gli usi del suolo hanno di esercitare pressioni rispetto alle aree circostanti. Si passa dal valore 1, attribuito ai tipi di uso del suolo che coincidono con le aree con il più alto insediamento umano e in grado di eser-

17 https://www.unesco.it/it/italianellunesco/detail/186

18 https://www.unesco.it/it/RiserveBiosfera/Detail/91

19 https://www.geoportale.piemonte.it/geonetwork/srv/ita/catalog.search#/metadata/r_piemon:35df8a16-5d89-461f-a0f2-abc2180713d2 (ultimo accesso 21/11/2022)

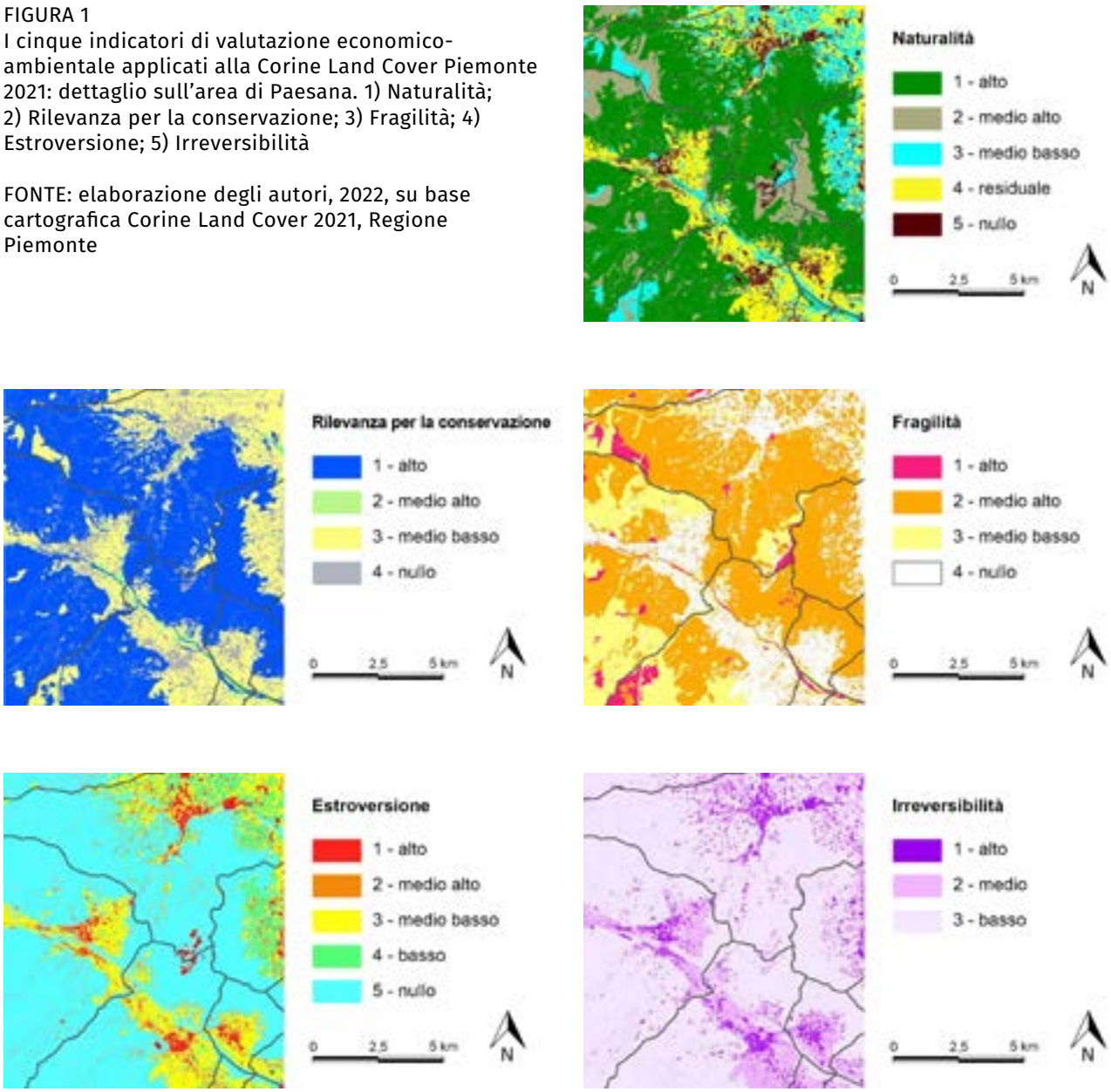
20 Si è poi provveduto ad una semplificazione delle informazioni avviando una eliminazione ragionata dei campi superflui, e alla tematizzazione.

21 In ecologia, per *climax* si intende lo stadio finale di un ecosistema a seguito di processi di modificazione della struttura e delle relazioni dei suoi elementi biotici (Chapman e Reiss, 1994).

ISSN 2282-572X (online)
ISSN 0044-9733 (print)

FIGURA 1
I cinque indicatori di valutazione economico-ambientale applicati alla Corine Land Cover Piemonte 2021: dettaglio sull'area di Paesana. 1) Naturalità; 2) Rilevanza per la conservazione; 3) Fragilità; 4) Estroversione; 5) Irreversibilità

FONTE: elaborazione degli autori, 2022, su base cartografica Corine Land Cover 2021, Regione Piemonte



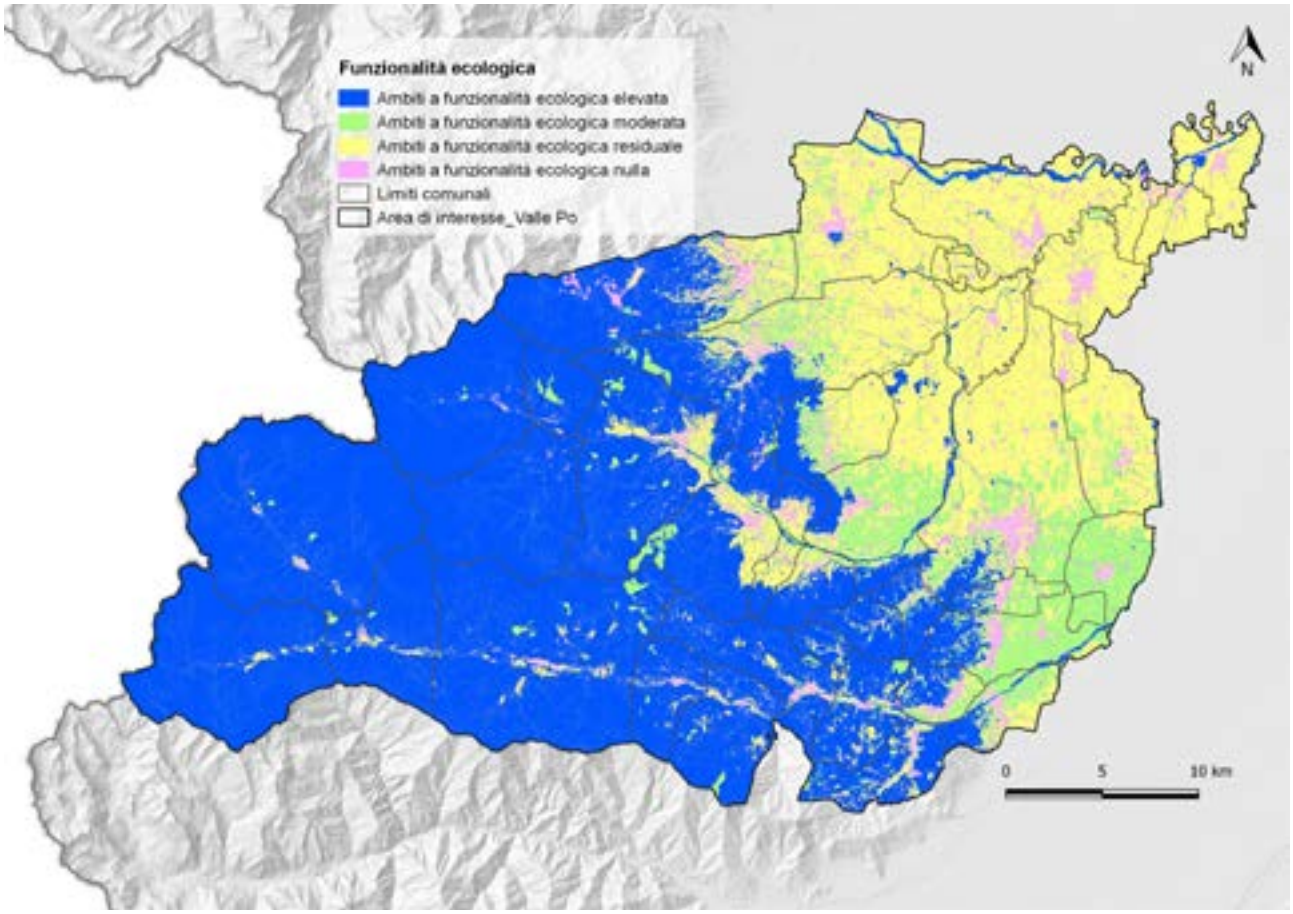
citare pressione, al valore 5, attribuito alle aree naturali che hanno una capacità minima di esercitare pressioni.

Irreversibilità: rappresenta il valore attribuito alle aree che sono considerate irreversibilmente compromesse. Il 1° livello comprende tutti i tipi artificiali di uso del suolo totalmente caratterizzati dalla destinazione d'uso irreversibile (ad esempio: zone industriali urbane, commerciali) mentre il 3° livello comprende le aree naturali.

Esiste un "sesto" indicatore molto importante, la *Funzionalità Ecologica*, che è derivato dall'analisi integrata, con l'applicazione delle funzionalità della *Map Algebra*, tra l'indicatore economico-ambientale *Naturalità* e l'indicatore *Rilevanza per la conservazione*. Esso porta a definire il territorio in 4 tipologie di aree: aree ad elevata funzionalità ecologica, a moderata funzionalità ecologica, a residuale funzionalità ecologica o funzionalità ecologica nulla (Fig. 2).

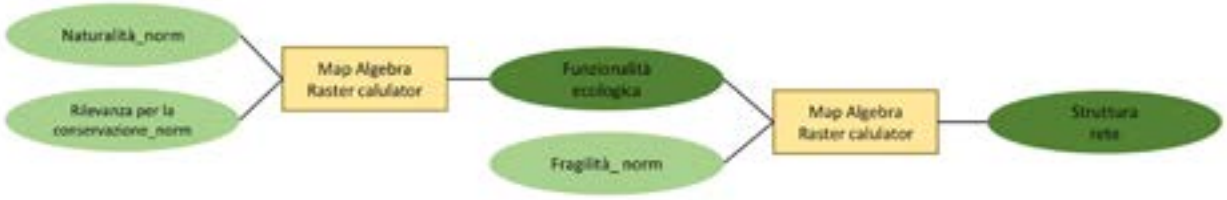
ISSN 2282-572X (online)
ISSN 0044-9733 (print)

FIGURA 2 - Aree a differente funzionalità ecologica



FONTE: elaborazione degli autori, 2022

FIGURA 3 – Schema del processo di costruzione della Carta della Struttura della rete ecologica

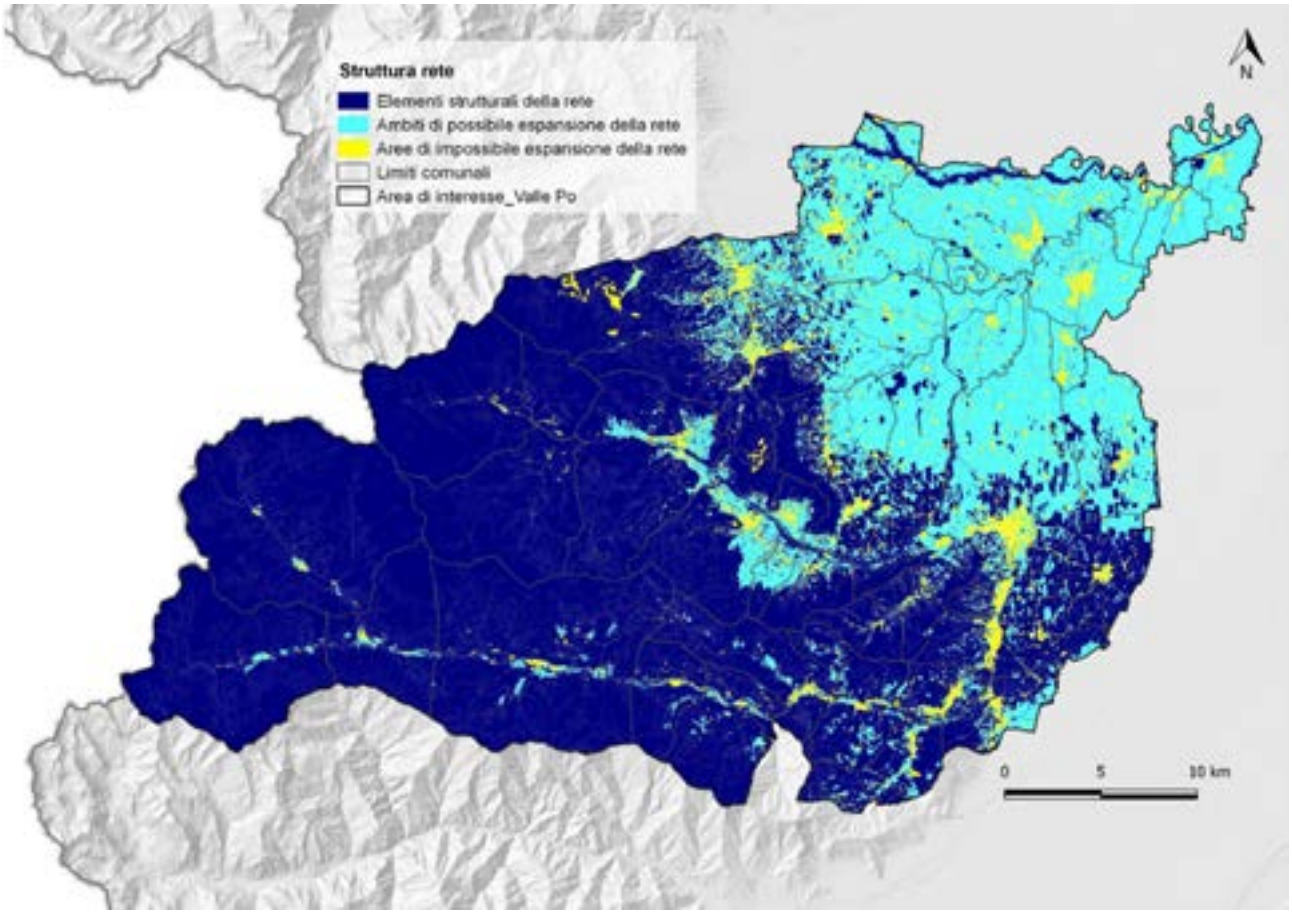


FONTE: elaborazione degli autori, 2022

Le prime due classi di funzionalità ecologica (elevata e moderata) rappresentano tutti i territori che sono appartenenti alla reticolarità primaria, ovvero corrispondono ai primi due livelli della struttura della rete ecologica (elementi strutturali della rete e ambiti di possibile espansione della rete); la terza classe della funzionalità ecologica (residuale) rappresenta i territori che sono appartenenti alla reticolarità secondaria, ovvero rappresentano tutte le aree di possibile espansione della rete ecologica; l'ultima classe (nulla) rappresenta i ter-

ISSN 2282-572X (online)
ISSN 0044-9733 (print)

FIGURA 4 – Carta della struttura della rete ecologica



FONTE: elaborazione degli autori, 2022

ritori inutilizzabili ovvero l'urbanizzato, quindi tutte le aree di impossibile espansione della rete.

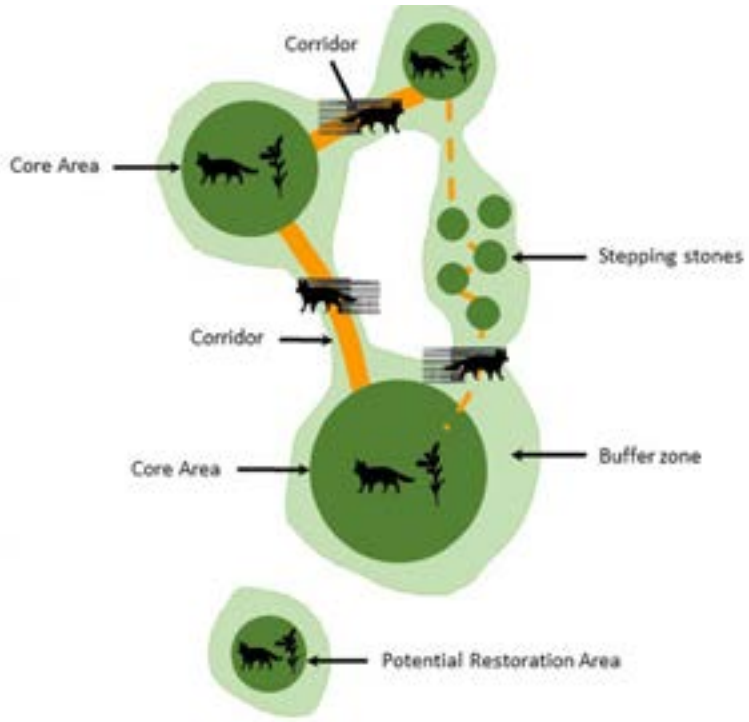
Per tematizzare la struttura della rete ecologica è necessario combinare quest'ultimo indicatore derivato (Funzionalità Ecologica) con l'indicatore di valutazione economico-ambientale della Fragilità, utilizzando nuovamente le possibilità offerte dalla Map algebra (Fig. 3).

Dall'integrazione dei risultati dei sei diversi indicatori (includendo quindi anche la Funzionalità ecologica) si è ottenuta la cosiddetta "Carta della struttura della rete ecologica". Questa mappa mostra gli elementi del sistema della rete ecologica locale, scelti sulla base dei livelli di naturalità, funzionalità ecologica, continuità geografica (Fig. 4).

La struttura della rete, come emerge dalla carta, si appoggia in ambito di pianura prevalentemente sui corsi d'acqua. Infatti, i corsi d'acqua, anche minori, hanno un valore molto alto per la rete ecologica locale: il flusso dell'acqua costituisce una linea naturale di continuità (corridoi); gli argini dei corsi d'acqua e le fasce laterali presentano inoltre impedimenti intrinseci (topografici e legati a eventi alluvionali) per la realizzazione di edifici e opere di vario genere. Per questi motivi è lungo i corsi d'acqua che, anche in aree fortemente antropiche, si trovano più facilmente elementi residui di naturalità. Inoltre, si tratta di elementi dotati di specifiche caratteristiche ecosistemiche (facies igrofile e acquatiche, ambienti riparati con pendenze

ISSN 2282-572X (online)
ISSN 0044-9733 (print)

FIGURA 5 - Schema concettuale della rete ecologica



FONTE: rielaborazione degli autori da fonti diverse, 2022

elevate, molto spesso non rappresentativi delle aree circostanti), necessari ma non sufficienti a esprimere le molteplici esigenze di una rete ecologica.

Per completare meglio le analisi è possibile dettagliare, attraverso l'identificazione dei nodi primari (*Core Areas* o Aree strutturali), il riconoscimento di altre aree (Aree di possibile espansione della rete) a cui può essere attribuita una funzione ecologica con il ruolo di *stepping stone*. Rafforzando il capitale naturale presente sul territorio, anche al di fuori della rete principale, la costituzione di uno *stepping stone* intermedio potrebbe supportare punti in cui le connessioni sarebbero troppo lunghe (Fig. 5).

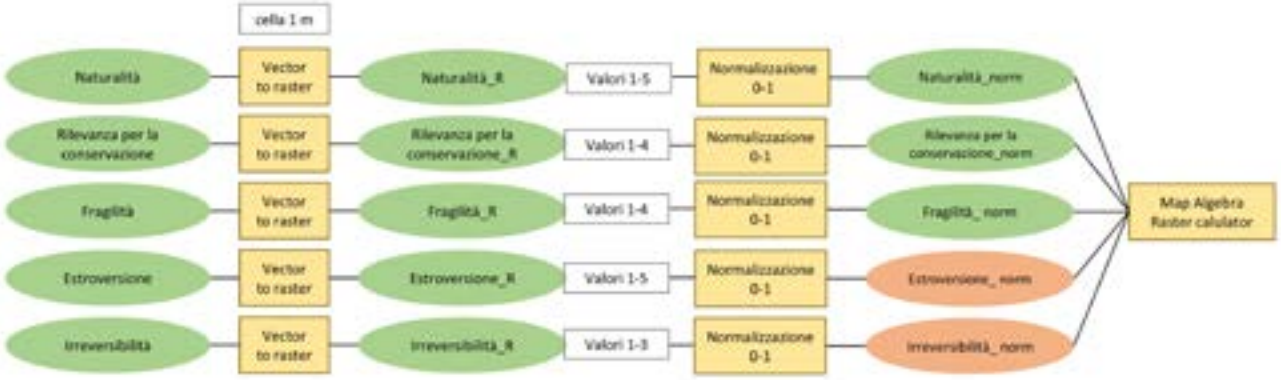
3. Aumentare la connettività ecologica attraverso il metodo del percorso al minor costo

Esistono molti indici basati su grafici per analizzare la connettività di una rete ecologica. La distribuzione della specie è data da un insieme di aree con diversa densità della specie stessa. Una rete ecologica è l'insieme di tutte le aree e corridoi adatti che assicurano la sopravvivenza e la dispersione di una specie. I corridoi rendono possibili i movimenti di dispersione degli animali, limitando il loro isolamento. Possono essere costituiti da elementi che collegano fisicamente gli habitat adatti o possono solo indicare una possibilità di movimento tra due zone di habitat.

L'approccio qui proposto, applicato all'area dell'Alta Valle Po, è ampiamente generalizzabile date alcune condizioni ampiamente diffuse anche in altri contesti. Il territorio del caso studio è stato modellato attraverso un raster con celle di 1x1 metri: a ogni cella viene assegnata un'impedenza, cioè un *costo* che rappresenta la limitazione della connettività ecologica. Questo raster è chiamato *cost raster.* Per costruire il *cost raster* sono stati considerati i valori dei 5 indicatori utilizzati per la carta complessiva della struttura della rete (Fig. 6).

ISSN 2282-572X (online)
ISSN 0044-9733 (print)

FIGURA 6 – Schema del processo di costruzione del *Cost Raster*. Si noti che, nell'ultima operazione di Map Algebra, sono considerati valori positivi Naturalità, Rilevanza per la conservazione e Fragilità; sono invece considerati valori negativi Estroversione e Irreversibilità



FONTE: Elaborazione degli autori, 2022

A tutti gli indicatori è stata applicata una normalizzazione (0-1), quindi una tematizzazione con una rappresentazione di tipo qualitativo.

La combinazione degli indicatori è costituita da una somma ponderata (*Map Algebra*) e da una normalizzazione (0-1) dei dati raster, sempre conservando una dimensione della cella di 1x1 metri. A seguito della normalizzazione, si è proceduto anche a una riclassificazione, necessaria per invertire i valori del raster in modo che il maggior costo[22], la maggior impedenza, fosse attribuita all'urbanizzato e alle strade, dove è più probabile che vi siano maggiori interruzioni per la rete ecologica (Fig. 7).

Il *Cost Raster* è una visione dei valori dell'ecosistema nell'area della Valle Po: è un risultato sfruttabile per la valutazione della rete ecologica in sé, oltre a essere un'informazione fondamentale per il calcolo del *Least-Cost Path*.

La funzione usata in QGIS è chiamata *Least-Cost Path* (sotto gli strumenti SAGA GIS) e calcola il percorso di minore costo da un punto sorgente a uno o più punti di destinazione. Questa funzione produce un output (*line feature*) che rappresenta il percorso di costo minimo dal punto di partenza (*starting point*) alle celle di destinazione più vicine (*ending points*) all'interno del *Cost Raster*, in termini di distanza di costo (Fig. 8).

La valutazione complessiva della connettività ecologica deve considerare i percorsi "meno costosi" tra una o più aree: in questo modo, la distanza di costo rappresenta il costo cumulativo del corridoio ecologico. Pertanto, la distanza di costo calcola una connettività ponderata, che, nel nostro caso, considera i più alti valori degli indicatori sopra considerati. Va notato che a questo punto il calcolo dei percorsi ecologici è semplice ed è facile esplorare diversi aspetti della materia.

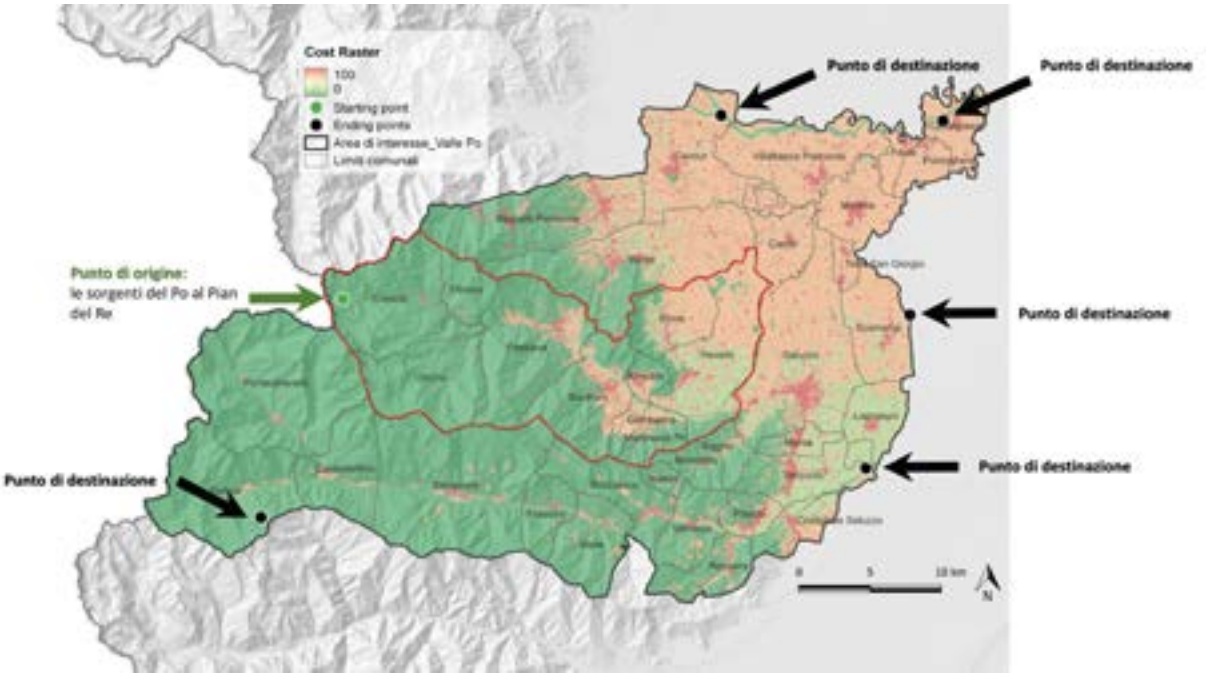
4. Conclusioni

Un progetto di rete ecologica che miri a interagire efficacemente con le altre reti che compongono il territorio (insediative e infrastrutturali) deve adottare una serie di elementi che fanno parte di una realtà territoriale complessa. I principali "serbatoi" di biodiversità sono dati dalle aree in cui l'ambiente naturale presenta caratteristiche di elevata estensione, di differenziazione degli habitat, di continuità tra le unità ecosistemiche. Aree di questo tipo (paragonabili a grandi "*core areas*" tendenzialmente continue) sono ancora presenti, ma stanno sostanzialmente scomparendo a causa della forte presenza antropica.

22 Il costo di cui si parla rappresenta non un costo economico ma un "valore di impedenza" di ogni cella del raster ad essere attraversata: nel caso considerato, si presuppone che l'impedenza sia molto alta per le celle del raster che costituiscono il territorio artificializzato, mentre sia molto bassa per le celle del territorio più naturale.

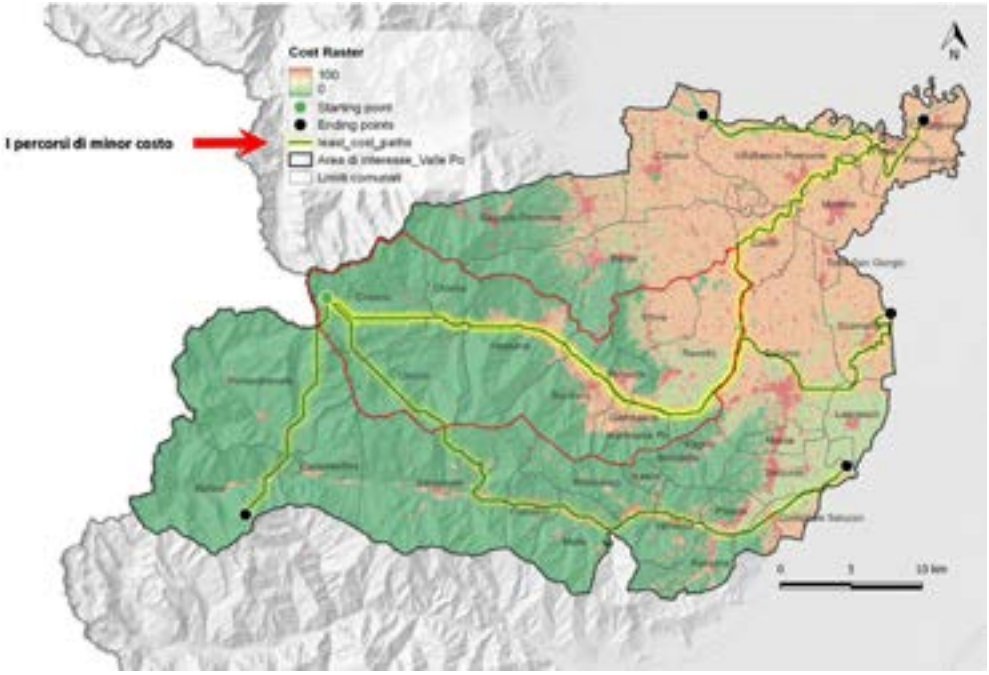
ISSN 2282-572X (online)
ISSN 0044-9733 (print)

FIGURA 7 – *Cost Raster* con identificazione del punto di origine e di un insieme di punti di destinazione scelti per la sperimentazione del *Least-Cost Path*



FONTE: Elaborazione degli autori, 2022

FIGURA 8 – *Least-Cost Path*



FONTE: Elaborazioni degli autori, 2022

ISSN 2282-572X (online)
ISSN 0044-9733 (print)

I margini delle matrici naturali possono essere netti o, come spesso accade, sfilacciati. Nel caso in cui porzioni di elementi strutturali siano a diretto contatto con i territori più antropizzati, ma incorporino comunque significative presenze di unità naturali, queste possono svolgere ruoli fondamentali di supporto per un'eventuale ricolonizzazione del territorio antropizzato da parte di specie di interesse.

Nell'ottica di ricostruire una rete ecologica funzionale a scala locale, è necessario distinguere le unità capaci di costituire per dimensioni e articolazione un ecosistema capace di autosostenersi, dagli elementi di connessione il cui ruolo è soprattutto quello di favorire i movimenti biotici sul territorio. All'interno di aree altamente antropizzate, questi capisaldi assumono la configurazione di veri e propri nodi funzionali, la cui definizione spaziale dipende dagli obiettivi di connessione e dalle presenze naturali attuali.

L'approccio sperimentato nel presente studio contribuisce ad una metodologia di mappatura ecologica che oggettivamente e spazialmente rappresenta l'organizzazione naturale e paesaggistica degli ecosistemi. Inoltre, esso fornisce il quadro necessario alla pianificazione per orientare e supportare l'attività di progetto e di incremento della reticolarità ecologica alla scala locale.

ISSN 2282-572X (online)
ISSN 0044-9733 (print)

Bibliografia

Chapman J.L., Reiss M. (1994, a cura di), *Ecologia. Principi e applicazioni*, Zanichelli, Milano.

Hooper D.U. et al. (2005), "Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: a consensus of current knowledge", *Ecological Monography*, 75, pp. 3-35. https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1890/04-0922

IUCN (2021), *Resilience is in our nature*. IUCN World Conservation Congress, Marseille, 3-11 September.

IPBES (2020), "Controlling pandemics relies on, and affects, biodiversity", in *Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, IPBES Secretariat, Bonn, Germany, pp. 33-40. DOI:10.5281/zenodo.4147317.

La Riccia L. (2015), "Nature Conservation in the Urban Landscape Planning", in: Gambino R., Peano A. (eds.), *Nature Policies and Landscape Policies. Towards an Alliance*, Springer, Cham, pp. 157-164. DOI: 10.1007/978-3-319-05410-0_17.

La Riccia L. (2017), *Landscape Planning at the Local Level*, Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-57367-0.

Minciardi M.R., Ciadamidaro S., Rossi G.L., Alberico S., Grasso S., Vayr P. (2019), *Modalità tecniche per l'analisi e il miglioramento della reticolarità ecologica del territorio. Applicazione al territorio della città metropolitana di Torino*, RT/2019/3/ENEA, Laboratorio Tecnografico ENEA, C.R. Frascati. https://iris.enea.it/handle/20.500.12079/6837

Selman P. (2006), *Planning at the Landscape Scale*, Routledge, New York.

Voghera A., La Riccia L. (2016), "Landscape and Ecological Networks: Towards a New Vision of Sustainable Urban and Regional Development. Paesaggio e reti ecologiche: verso una nuova visione di sviluppo urbano territoriale", *LaborEst*, 12, pp. 89-93. DOI: http://dx.medra.org/10.19254/LaborEst.12.15.

ISSN 2282-572X (online)
ISSN 0044-9733 (print)