

Un'infrastruttura verde regionale basata sui Bundles di Servizi Ecosistemici. Una sperimentazione per le Marche

Matteo Giacomelli

Scuola di Architettura e Design,
Università di Camerino
German Centre for Integrative
Biodiversity Research (iDiv)
Dipartimento di Architettura e
Studi Urbani, Politecnico di Milano
matteo.giacomelli@polimi.it

Ilenia Pierantoni

Scuola di Architettura e Design,
Università di Camerino
ilenia.pierantoni@unicam.it

Paolo Perna

Terre.it S.r.l.
paolo.perna@terresrl.it

Received: October 2023 / Accepted: February
2024 | © 2024 Author(s).

This article is published with Creative
Commons license CC BY-SA 4.0 Firenze
University Press.
DOI: 10.13128/contest-14823

Keywords

pianificazione paesaggistica
ecologia del paesaggio
sistemi socio-ecologici
coesione territoriale

Introduzione

I paesaggi contemporanei sono il risultato di una millenaria interazione umana con gli ecosistemi naturali, che ha portato alla creazione di sistemi socio-ecologici complessi. Questi sistemi oggi mantengono ricca la biodiversità delle regioni (Blondel, 2006) e offrono un'ampia gamma di benefici fondamentali per l'intera società (Balzan et al. 2020; Nieto-Romero et al. 2014; Giacomelli et al. 2024). Una sfida fondamentale della

pianificazione è quella di interpretare la complessità di questi sistemi al fine di supportare uno sviluppo sostenibile dei paesaggi futuri, attraverso la loro conservazione, ma anche favorendo nuove sinergie virtuose (Sargolini, 2016).

Nell'analisi dei sistemi socio-ecologici, diversi studi nella letteratura scientifica utilizzano la lente degli Ecosystem Services (ES), al fine di integrare in un unico frame diversi aspetti dell'interazione società-natura: dall'approvvigionamento di cibo e materie

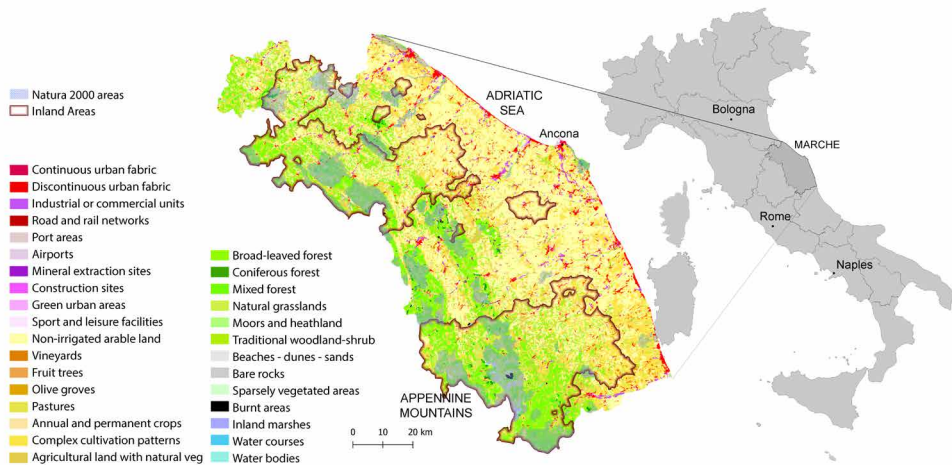
Landscapes are the result of a continuous society-nature interaction, whose elements are interconnected to such an extent that they should be conceived as a single socio-ecological system. In this context, planning is faced with the challenge of reconciling competing sectoral interests in order to ensure the multifunctionality of landscapes and their sustainable development. In academic research, the concept of 'Bundles' is attracting interest for its ability to identify sets of Ecosystem Services (ES) that repeatedly appear together in time or space. To date, few applications take into account

the supply-demand perspective and there is a lack of evidence on how local system characteristics influence ES Bundles. This research proposes a new functional characterization of landscapes based on the demand and supply of ES Bundles, associating them with local socio-economic assets in the Marche Regional case study. The results provide a first step towards the construction of a regional Green Infrastructure that can assist the land-use management process and balance competing sectoral interests.

prime, alla regolazione idraulica e climatica, ai valori intangibili culturali (Gebre et al. 2019). In particolare, le relazioni tra diversi ES possono essere analizzate attraverso il concetto di “Bundles”, definiti come un “insieme di ES associati che appaiono ripetutamente insieme nel tempo o nello spazio” (Raudsepp-Hearne et al., 2010). Un vantaggio fondamentale di questo approccio è che permette di valutare potenziali sinergie e trade-offs analizzando come i diversi ES in una determinata area sono associati positivamente o negativamente, supportando un’adeguata pianificazione e gestione paesaggistica (de Groot et al. 2010).

In questo campo la maggioranza degli studi analizzano caratteristiche regionali da una prospettiva urbana, valutando gli effetti della cre-

scita delle città sul resto della regione (Peng et al., 2020) o analizzando la domanda-offerta di ES lungo il gradiente urbano-rurale (Baró et al., 2017). Tuttavia, la dicotomia tra urbano e rurale non integra il ruolo dei territori, costituiti da una molteplicità di piccoli insediamenti che hanno plasmato le società nel corso di secoli (Antrop, 2005; Blondel, 2006). Ciò è particolarmente evidente nella regione mediterranea, uno dei principali hotspot mondiali di biodiversità (Myers et al., 2000), dove gli equilibri socio-ecologici sono minacciati dalla crescente pressione urbana e dallo spopolamento dei sistemi locali. Questi trend portano oggi a due scenari opposti: l’intensificazione agricola nelle aree periurbane e l’abbandono delle aree periferiche e montane (García-Llorente et al., 2012). Mentre l’intensificazione della produzione agricola può avere un impatto negativo sulla fornitura di servizi regolatori e culturali (Felipe-Lucia et al., 2014), il rimboschimento naturale successivo all’abbandono montano può contribuire a migliorare alcune funzioni e servizi ecologici, come il controllo dell’erosione e la qualità delle acque (Bruno et al., 2021). Tuttavia, l’abbandono delle pratiche tradizionali di gestione agricola e forestale (spesso associa-



te alla bassa intensità e alla semi-sussistenza) comporta anche importanti conseguenze sulla perdita delle conoscenze tradizionali locali e del senso dei luoghi (Iniesta-Arandia et al., 2015). Per questo è necessario che l'analisi territoriale affronti la complessità dei sistemi socio-ecologici, analizzando le diverse configurazioni delle interazioni della società con la natura, caratterizzate da diversi modelli di utilizzo delle risorse, traiettorie di sviluppo e rischi ambientali (Cumming et al., 2014; Binder et al., 2013; Quintas-Soriano., 2019; Pierantoni et al., 2020). Per affrontare questa complessità, il concetto di Bundles può essere efficace per identificare le aree di un paesaggio in cui la gestione degli ecosistemi ha prodotto cluster eccezionali di ES e può essere collegata a caratteristiche socio-ecologiche regionali distinte (Raudsepp-Hearne et al., 2010). Tuttavia, il campo di studio manca ancora di applicazioni regionali su come i fattori socio-economici influenzino la resilienza e la sostenibilità degli ES Bundles e su quali caratteristiche socio-ecologiche siano correlate all'offerta e alla domanda di ES (Bennett et al., 2015).

Nell'ambito del progetto Vautereco¹, finalizzato al supporto della definizione della Strategia di Sviluppo Sostenibile della Regione Marche, il presente studio esplora i paesaggi regionali come sistemi socio-ecologici, combinando le caratteristiche socio-economiche con i modelli di domanda e offerta di ES. Basandosi sulla metodologia di Raudsepp-Hearne et al. (2010) per la costruzione di Bundles, l'obiettivo dello studio è di sviluppare e testare un approccio per la mappatura dei sistemi socio-ecologici in un caso di studio mediterraneo e fornire uno strumento analitico concreto per la pianificazione paesaggistica regionale.

Materiali e metodi

Area di studio: la Regione Marche

Lo studio è condotto nelle Marche, regione (9.344 km²) dell'Italia centrale delimitata a est dal Mare Adriatico e a ovest dalla catena appenninica. Caratterizzata da un'elevata diversità paesaggistica, rappresenta una tipica regione mediterranea, costituendo un caso di studio otti-

Carta regionale dell'uso del suolo delle Marche e delimitazione Aree Interne SNAI

Fonte: elaborazione dell'autore

Fig.1

male che consente di estendere i risultati ad altre aree mediterranee (Bevilacqua, 2013). In termini di morfologia, le Marche comprendono una zona montuosa occidentale, una fascia collinare centrale caratterizzata da paesaggi rurali che circondano piccoli insediamenti e una zona costiera costituita da un continuum urbano lungo la costa adriatica (Fig. 1). Dalla fascia costiera, l'urbanizzazione si espande lungo le valli, dove assi stradali veloci penetrano nella parte interna della regione verso le città principali e permettono il collegamento con il versante occidentale dell'Appennino.

Le aree interne marchigiane sono da anni al centro del dibattito accademico e politico in termini di politiche di sviluppo e lotta ai fenomeni di spopolamento. A questo si sommano gli effetti del grave terremoto che ha colpito nel 2016-2017 l'Italia centrale. Provocando 41 000 sfollati, 388 feriti e 303 morti, l'evento ha avuto effetti catastrofici sul patrimonio edilizio ma anche nell'esacerbare dinamiche di abbandono. Mentre la ricostruzione fisica è oggi stata avviata, la governance regionale discute approcci per sostenere la rigenerazione e il ripopolamento nell'area, in raccordo e coordinamento con la Struttura del Commissario Straordinario alla Ricostruzione e alla Riparazione sisma 2016.

Il *Piano Paesistico Ambientale Regionale (PPAR)* fa riferimento all'intero territorio delle Marche, comprese le aree naturali di valore culturale, ma anche le aree urbane o degradate. Informazioni

sulle aree che forniscono ES, sui potenziali beneficiari e sulla loro interazione possono fornire spunti rilevanti per l'integrazione della prospettiva delle infrastrutture verdi nei futuri strumenti di pianificazione paesaggistica.

La mappatura dei Servizi Ecosistemici

L'identificazione degli indicatori dei ES rilevanti per il contesto è il primo passo per l'analisi dei sistemi socio-ecologici (Burkhard et al., 2012). All'interno di Vautereco, abbiamo selezionato con le autorità regionali 12 ES e 9 caratteristiche socioeconomiche che meglio rappresentano l'interazione società-natura nel territorio. Gli indicatori sono stati scelti per la loro capacità di descrivere la diversità di paesaggio e in base alla disponibilità dei dati per i 227 comuni mappati. Gli ES sono ripartiti secondo la classificazione CICES in 5 servizi di approvvigionamento, 4 servizi di regolazione e 3 servizi culturali (Haines-Young e Potschin-Young, 2018). La Tab. 1 mostra l'elenco di ES e i relativi indicatori di offerta (ovvero la capacità degli ecosistemi di fornire SE) e di domanda (ovvero la quantità di ES richiesta o desiderata dalla società) (Villamagna et al., 2013).

I singoli indicatori sono stati scelti per visualizzare e confrontare i valori comunali nella Regione. Nonostante l'elevata variabilità delle dimensioni delle aree comunali (da 272,08 a 3,85 km²), le unità comunali hanno consentito un'elevata disponibilità di dati e un'enfasi sulle azioni amministrative locali in quanto i comuni - e i siste-

Servizi Ecosistemici	Unità	Indicatore di offerta	Fonte dati	Indicatore di domanda	Fonte dati
P1 Prodotti cerealicoli	Ton/anno/km ²	Produzione cerealicola per comune	ISTAT 2019	Consumo cerealicolo medio per comune	ISMEA 2020
P2 Prodotti vinicoli	Ton/anno/km ²	Produzione vinicola per comune	ISTAT 2019	Consumo di vino medio per comune	OIV 2014
P3 Prodotti caseari	L/anno/ km ²	Produzione casearia per comune	ISTAT 2019	Consumo caseario medio per comune	CLAL 2020
P4 Acqua potabile	1000 m ³ / anno/ km ²	Captazioni idriche da acquedotti per comune	"Piano Regolatore Acquedotti" Marche	Acqua erogata dalle reti comunali	ISTAT 2019
P5 Energia idroelettrica	Gwh/year/ km ²	Produzione idroelettrica nominale delle centrali locali	SIGERI 2020	Consumo di energia elettrica media per abitazioni e industrie	TERNA 2019
Servizi Ecosistemici	Unità	Indicatore di offerta	Fonte dati	Indicatore di domanda	Fonte dati
R1 Regolazione idraulica	K (0-100) (O) Km ² /Km ² (D)	Acqua trattenuta su precipitazioni totali (1-CN)	SCS Metodo del Curve Number (CLC 2018)	Aree a rischio idraulico sul totale della superficie comunale (%)	ISTAT 2017
R2 Protezione del suolo	Ton/Km ² / anno	Sedimenti potenziali trattenuti dal suolo	InVEST Sediment Delivery Ratio model (CLC 2018)	Perdita annuale di suolo per erosione idrica	EU dataset (JRC 2016)
R3 Impollinazione delle colture	K (0-1) (O) K (D)	Potenziale di impollinazione relativo delle superfici comunali	EU dataset (MAES, 2010)	Dipendenza delle colture dagli impollinatori	Capri model (ESTIMAP 2013)
R4 Regolamentazione del cambiamento climatico	Mg CO ² /km ² / anno	Assorbimento di CO ₂ per comune	Dati emissioni (Marche 2019)	Emissioni di CO ₂ per comune	Dati emissioni (Marche 2019)
Servizi Ecosistemici	Unità	Indicatore di offerta	Fonte dati	Indicatore di domanda	Fonte dati
C1 Eco-Tourismo	Km/km ² (O) pp/ km" (D)	Percorsi pedonali OSM mappati per comune	OSM (2021)	N. di ospiti presso strutture ecoturistiche	Marche dataset (2019)
C2 Educazione ambientale	K/km ² (O) Abt / Km ² (D)	Numero di centri educativi per comune	Marche dataset (2019)	Popolazione in età scolare per comune	ISTAT 2019
C3 Raccolta di funghi	Ton/km ² / year (S) Lic/km ² (D)	Superfici adatte per i comuni	Corine Land Cover (2018)	Numero di licenze per comune	Marche dataset

Elenco dei Servizi Ecosistemici selezionati e degli indicatori per la domanda e l'offerta

Quando non è specificato, l'unità è la stessa per l'offerta

(O) e la domanda (D). Abbreviazioni: "pp"=persone;

"Abt"=abitanti; "Lic"= licenze

Tab. 1

mi di comuni - sono considerati attori principali nei processi di trasformazione territoriale a scala locale (Barca, 2009; Calafati, 2015; Felipe-Lucia et al., 2014, Giacomelli e Calcagni, 2022).

Le mappe dell'offerta e della domanda dei singoli ES sono state sviluppate utilizzando QGIS 3.10.11 A Coruña. Per le categorie di approvvigionamento, l'offerta si riferisce ai beni tangibili prodotti, mentre la domanda si riferisce al consumo effettivo da parte della popolazione. Per i servizi di regolazione, l'offerta si riferisce all'offerta potenziale e la domanda è legata al rischio derivante dalla carenza del servizio in base alle norme e alle politiche ambientali vigenti. Per quanto riguarda i servizi culturali, sia l'offerta che la domanda si riferiscono ai valori potenziali, ad esempio attraverso l'esistenza di infrastrutture (offerta) o la presenza di richiesta per una specifica attività (domanda).

Vengono di seguito riassunti gli indicatori degli ES selezionati. Per la descrizione completa si invita a consultare i materiali supplementari.

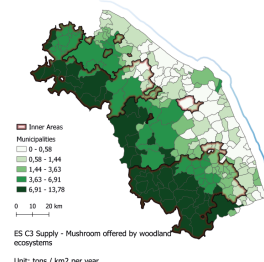
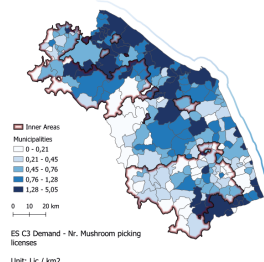
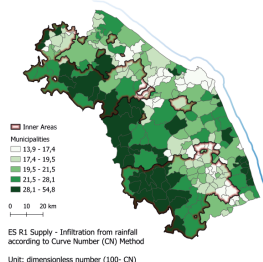
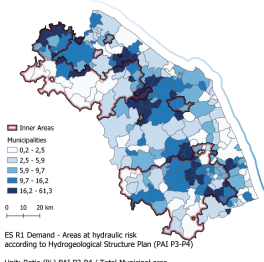
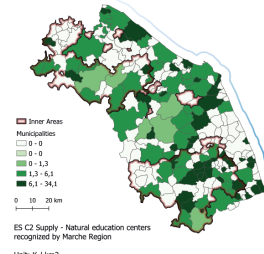
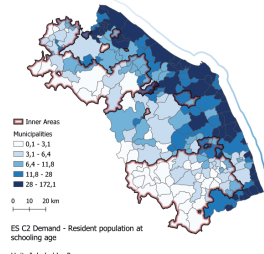
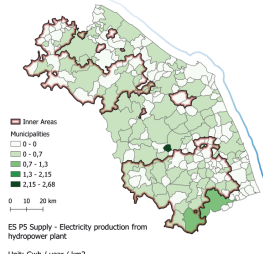
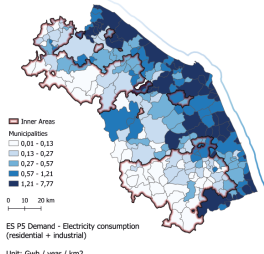
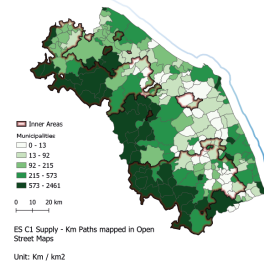
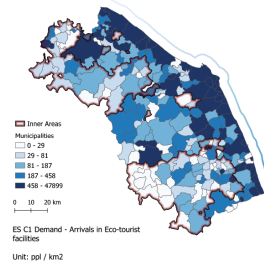
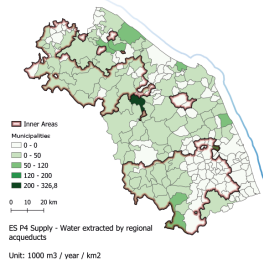
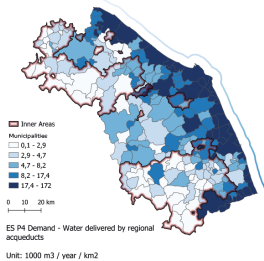
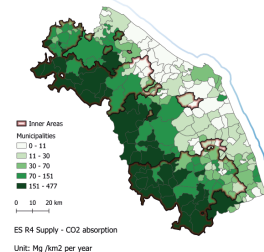
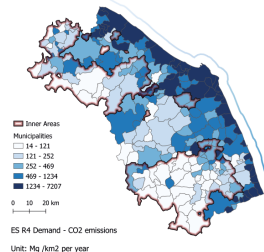
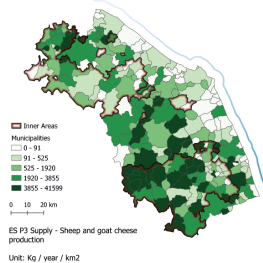
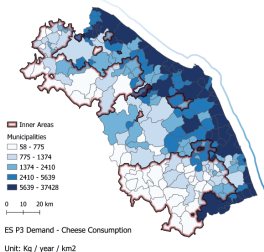
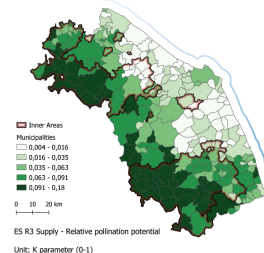
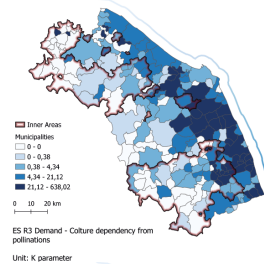
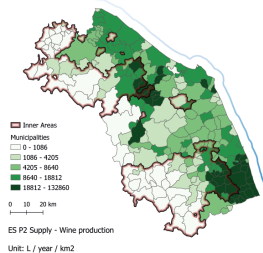
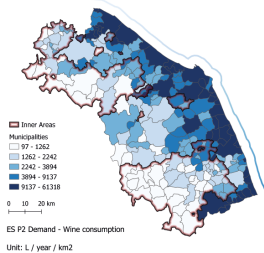
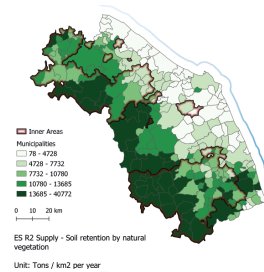
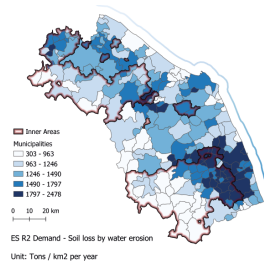
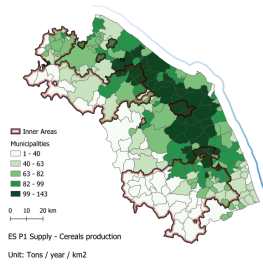
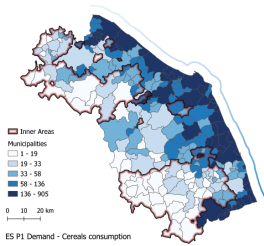
Servizi di approvvigionamento: Gli indicatori P1 (Prodotti cerealicoli) e P2 (Prodotti vinicoli) rappresentano rispettivamente l'offerta e la domanda di prodotti agricoli, mentre P3 riguarda la produzione e la domanda di prodotti caseari. P4 si occupa dell'acqua potabile, considerando l'offerta dagli acquedotti regionali e la domanda basata sull'acqua erogata. P5 (Energia idroelettrica) valuta l'elettricità prodotta da impianti idrici (offerta) e i consumi residenziali e industriali (domanda).

Servizi di regolazione: R1 (Regolazione idraulica) si focalizza sul ruolo degli ecosistemi nel trattenerne l'acqua per ridurre il rischio di alluvioni. R2 (Protezione del suolo) valuta la capacità degli ecosistemi di prevenire la perdita di suolo e nutrienti. R3 (Impollinazione delle colture) analizza la fornitura di habitat per impollinatori (offerta) e la dipendenza delle colture dall'impollinazione (domanda). R4 (Regolazione dei cambiamenti climatici) valuta l'assorbimento di CO2 da parte degli ecosistemi (offerta) e le emissioni del settore produttivo (domanda).

Servizi culturali: C1 (Ecoturismo) analizza la capacità degli ecosistemi di fornire opportunità di turismo, e utilizza come dato i percorsi di trekking esistenti. C2 (Educazione ambientale) considera la popolazione in età scolare (domanda) e la localizzazione di Centri di Educazione Ambientale e Fattorie Didattiche (offerta). C3 (Raccolta funghi) esamina la distribuzione delle licenze per la raccolta di funghi (domanda) e l'offerta è basata sulla produzione stimata di funghi nelle aree boschive.

Caratterizzazione socioeconomica

Per la caratterizzazione socio-economica dei sistemi socio-ecologici sono stati scelti tre gruppi di indicatori: Indicatori sociali, economici e di uso del suolo. Gli indicatori sociali evidenziano componenti chiave dei sistemi territoriali: S1, indice demografico, rapporta la popolazione anziana a quella giovane; S2, vulnerabilità sociale e materiale, misura il rischio di disagio territoriale ba-



Distribuzione dell'offerta (verde) e della domanda (blu) di servizi ecosistemici nella Regione Marche

Fonte: elaborazione dell'autore

Fig. 2

sato su 7 dimensioni; S3 Reddito indica il reddito pro capite comunale. Gli indicatori economici seguono i tre settori: E1, primario, considera gli occupati in agricoltura ed attività estrattive; E2, secondario, si focalizza sull'industria manifatturiera; E3, terziario, valuta gli occupati nei servizi di alloggio, ristorazione, e attività artistiche. Infine, gli indicatori di Uso del suolo leggono il territorio tramite i dati CLC. L1 Superfici artificiali misura l'incidenza suolo urbanizzato, L2 Superfici agricole rileva l'uso agricolo e L3 Foreste e aree seminaturali indica la copertura forestale. Informazioni aggiuntive sugli indicatori socio-economici possono essere visualizzate nel materiale supplementare.

Analisi dei dati

Per agevolare il confronto, sia gli indicatori socio-economici che socio-ecologici sono stati standardizzati spazialmente, normalizzati ulteriormente in base al massimo e minimo, escludendo i valori estremi. Le mappe sono state create con QGIS, mostrando i modelli di domanda e offerta degli indicatori. L'analisi di hotspot e coldspot ha evidenziato comuni con valori estremi di SE, integrando allo studio la componente della multifunzionalità. L'operazione di raggruppamento ha definito diverse tipologie di Bundles utilizzando clustering K-means e PCA Analysis per identificare i fattori chiave nelle differenze tra gruppi. La correlazione spaziale è stata eseguita con il pacchetto Corrplot in R, identificando relazioni tra coppie di ES tramite il test di Pearson.

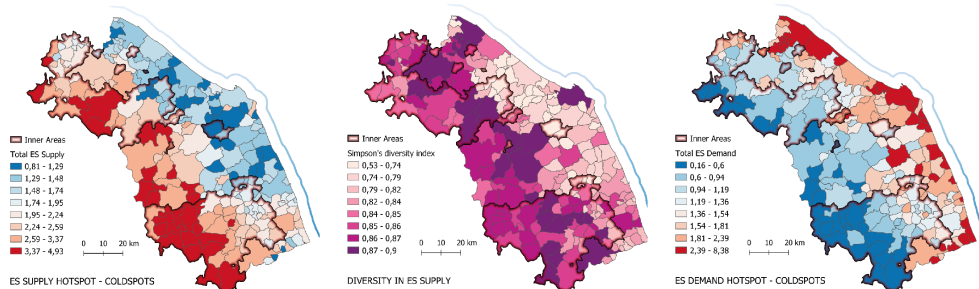
La caratterizzazione socio-economica è stata ottenuta calcolando i valori medi nei Bundles e visualizzata attraverso un grafico a barre che ha seguito caratteristiche sociali, economiche e di uso del suolo. I dettagli sulla metodologia per l'analisi dei dati sono descritti nel dettaglio nei materiali supplementari.

I risultati

Modelli di domanda e offerta di Servizi Ecosistemici

Le elaborazioni di questo studio si basano sull'analisi dei modelli di offerta e domanda di ES nel caso studio della Regione Marche, mostrati in Fig. 2. Una lettura sintetica dei risultati mostra nel settore dell'approvvigionamento la produzione cerealicola (P1) predominante nelle aree collinari medio-basse, mentre la produzione vitivinicola (P2) è concentrata nelle zone DOC e DOP. Le attività casearie (P3) sono evidenti nelle aree montane e settentrionali e le risorse idriche (P4) mostrano un approvvigionamento uniforme al nord e dalle aree montane al sud. Infine, l'energia idroelettrica (P5) caratterizza hotspot di produzione che interessano principalmente le zone montane del sud-ovest. La domanda di ES mostra picchi nelle zone costiere e urbane.

Per quanto riguarda l'offerta di servizi di regolazione, le aree forestate svolgono un ruolo fondamentale, con regolazione idraulica (R1) e difesa del suolo (R2) caratterizzanti prevalentemente le aree montane. Similmente, la mappa R3



Hotspots-coldspots dell'offerta di ES (sinistra), diversità nell'offerta di ES (centro), hotspots-coldspots della domanda di ES (destra)

Elaborazione dell'autore
Fig 3

concentra il potenziale di impollinazione nelle zone interne, mentre la domanda di regolazione evidenzia pressioni nelle zone collinari instabili. Per i servizi culturali, l'ecoturismo (C1) si concentra nelle zone montane, l'educazione ambientale (C2) è equamente distribuita, anche grazie alla presenza di centri educativi e fattorie didattiche nel territorio regionale, mentre l'attività di raccolta di funghi (C3) è più elevata nelle aree montane interne. La domanda per servizi culturali è più marcata nelle aree costiere e in alcuni altri hotspot territoriali distribuiti.

L'analisi Hotspots-Coldspots esplora i valori aggregati della domanda e dell'offerta di SE, evidenziando le aree che maggiormente forniscono servizi e quelle che maggiormente li richiedono. La Fig. 3 suggerisce una forte disuguaglianza territoriale in termini di domanda-offerta, distribuita lungo il gradiente interno-costiero. I punti caldi dell'offerta si trovano nei comuni sud-occidentali, in parte coincidenti con il Parco Nazionale dei Sibillini, e nella parte settentrionale che segue la catena appenninica. I comuni con bassi valori di offerta si trovano nelle aree costiere

e nella prima fascia collinare. Contemporaneamente, i comuni costieri presentano una domanda molto elevata, con gradiente decrescente verso la montagna.

Abbiamo inoltre mappato la multifunzionalità di ogni unità comunale calcolando la diversità di Simpson negli ES forniti. Come mostra la mappa al centro di Fig. 3, i principali paesaggi multifunzionali non coincidono sempre con gli hotspot di fornitura di SE, ma coprono principalmente le zone alto collinari e pedemontane. Altri comuni caratterizzati da un'elevata multifunzionalità sono quelli che ospitano aree protette lungo la costa, dove i servizi di fornitura sono combinati con servizi culturali e di regolazione. La bassa multifunzionalità è invece associata alla prima fascia collinare, che coincide con l'area a forte produzione cerealicola.

I Bundles: raggruppamento della domanda e dell'offerta

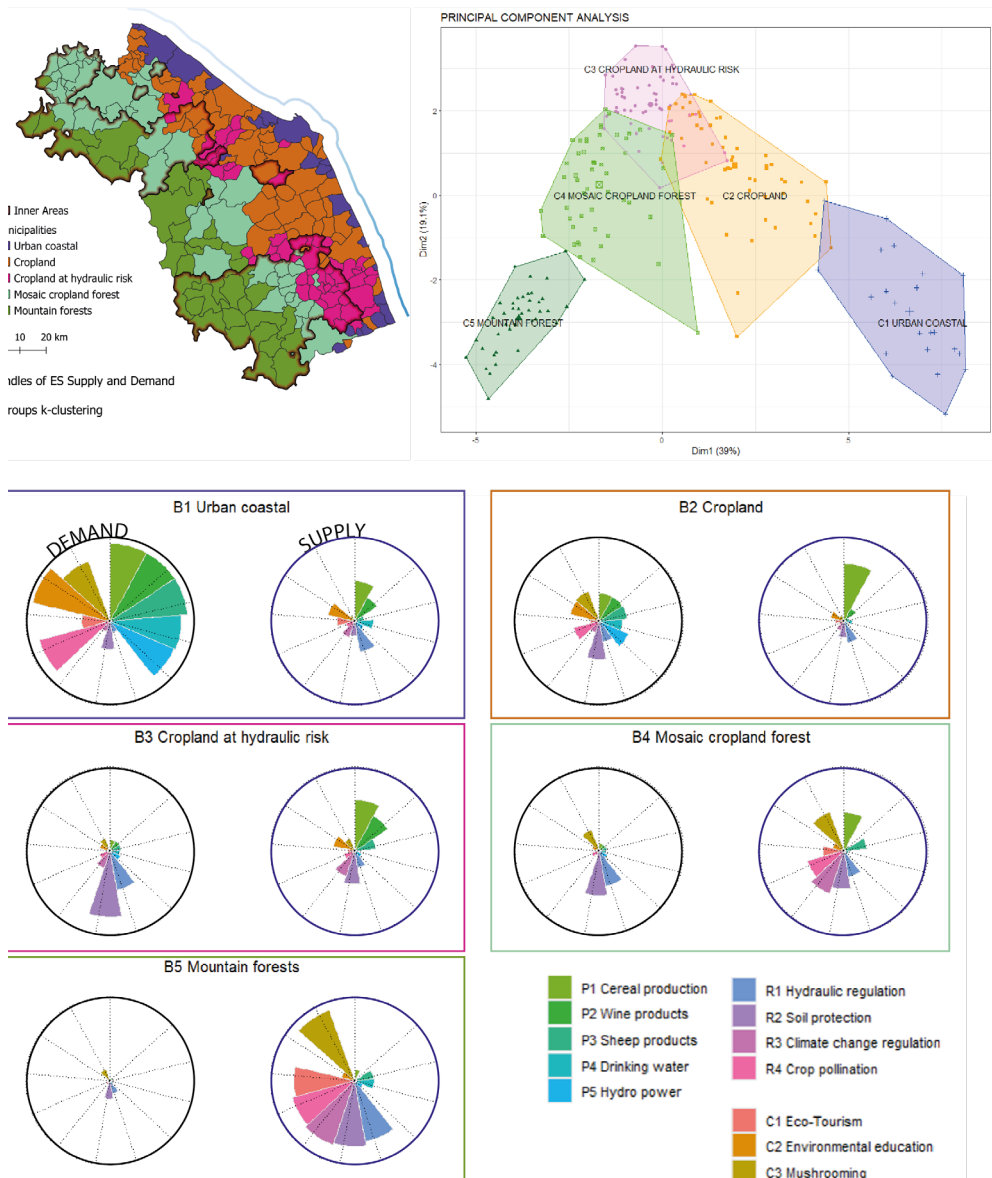
L'analisi dei Bundles di ES ha permesso di raggruppare i 228 comuni marchigiani in 5 cluster, caratterizzati da simili modelli di domanda e of-

ferta (Fig. 4). Nel tentativo di spiegarne la distribuzione spaziale legata al gradiente costa-entroterra, l'Analisi delle Componenti Principali (PCA) mostra un forte peso dell'altitudine e della densità di popolazione, seppur in parte minore. Si descrivono di seguito i Bundle evidenziati: Il Bundle 1 ("Urban coastal") comprende 22 Comuni corrispondenti ai principali insediamenti urbani sulla costa, insieme a piccoli comuni della "Valle del Tronto", area altamente urbanizzata nella parte meridionale della regione. Il Bundle è caratterizzato da un'elevata domanda, che raggiunge il valore medio più alto per tutti gli ES, ad eccezione di R1 Regolazione idraulica e R3 Regolazione dei cambiamenti climatici. I valori dell'offerta sono generalmente bassi, con l'eccezione di P1 Produzione cerealicola, che raggiunge un valore medio di 0,48. È interessante notare che l'offerta di C2 Educazione ambientale, mappata attraverso l'indicatore delle strutture educative ufficialmente riconosciute dalla regione, ha il valore più alto tra i cinque cluster (0,32). Il Bundle 2 comprende 58 comuni ed è denominato "Cropland" a causa dei valori più alti in P1 Prodotti cerealicoli (0,69). Esso è costituito da unità rurali collinari insieme a Comuni suburbani, anch'essi situati lungo la costa, ma con una densità di popolazione inferiore a quella del Bundle 1. In termini di domanda, presenta valori moderatamente alti per tutti gli ES, tranne che per P4 Acqua potabile, R1 Regolazione idraulica, R3 Regolazione dei cambiamenti climatici e C1 Ecoturismo (inferiori a 0,30). In termini di offerta, pre-

senta una condizione simile a quella del litorale urbano, con un valore più alto in P1 (0,69) e valori leggermente inferiori per gli altri SE.

Il Bundle 3 ("Cropland at hydraulic risk") comprende un numero di comuni simile a quello del cluster 2 (57) e si differenzia da esso soprattutto per la presenza di una forte domanda di R2 Protezione del suolo e, in misura minore, di R1 Regolazione idraulica. Ad eccezione dei tre servizi di regolazione, l'intera domanda di ES presenta valori più bassi rispetto ai primi due cluster (tutti inferiori a 0,20). Questo è riconducibile per lo più alla minore densità di popolazione. In termini di offerta, la leggera diminuzione di P1 Prodotti agricoli è accompagnata da un forte aumento di P2 Prodotti vinicoli. Ciò suggerisce una connessione tra la coltivazione di vigneti e dissesto idraulico.

Il Bundle 4, denominato "Mosaic cropland forest", raggruppa i comuni (n=51) situati in alta collina e nelle zone pedemontane delle regioni. In termini di domanda, i valori diminuiscono per quasi tutti gli ES, ad eccezione della raccolta di funghi C3 (0,27) e dei servizi di regolazione. Questi servizi diminuiscono rispetto al Bundle 2 ma rimangono elevati, con un valore di 0,45 per R1 Regolazione idraulica e 0,53 per R2 Protezione del suolo. Per quanto riguarda l'offerta, alla diminuzione di P1 Prodotti agricoli (che comunque presenta un livello moderato (0,46) si associa un aumento di tutti i servizi di regolazione (tutti superiori a 0,30), insieme a C1 Ecoturismo (0,25) e C3 Raccolta funghi (0,49).



Mappa regionale degli ES Bundle (in alto a sinistra), Analisi delle Componenti Principali - PCA (in alto a destra) e grafici a rosa dei venti degli indicatori di ES (in basso). I grafici indicano i valori normalizzati dell'offerta (cerchio di destra) e della domanda (cerchio di sinistra)

Fonte: elaborazione dell'autore

Fig. 4

Infine, il Bundle 5 è denominato "Mountain forests" (n = 40), poiché raggruppa Comuni caratterizzati da un'elevata altitudine e da una grande quantità di boschi e aree naturali. Quest'area ospita solo pochi grandi insediamenti urbani e l'agricoltura è assente o comunque minoritaria. Questo gruppo mostra i valori di offerta di gran lunga più elevati per tutti i servizi di regolazione (tutti superiori a 0,70) e per i servizi ricreativi come C3 Raccolta di funghi (0,89) e C1 Ecoturismo (0,72). I servizi legati all'acqua rivelano l'offerta più alta per P4 Acqua potabile (0,23) e la seconda più alta per P5 Energia idroelettrica (0,10). In termini di domanda, i valori sono i più bassi per tutti gli ES.

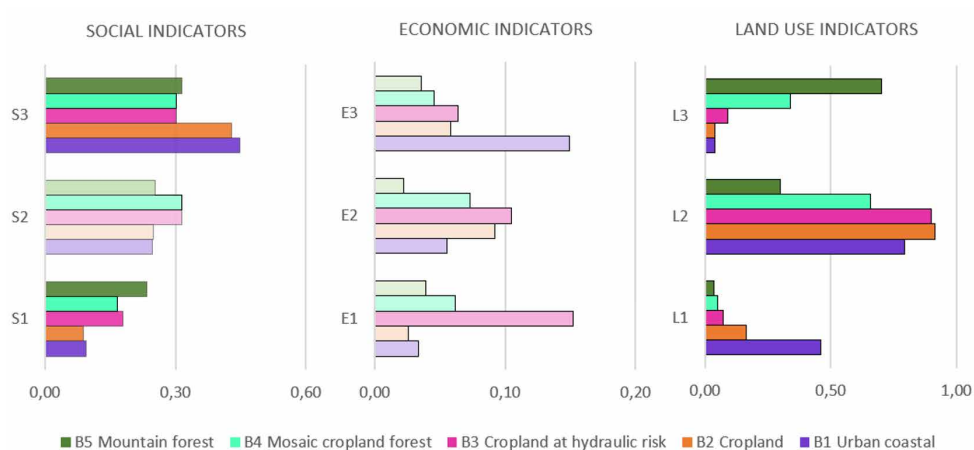
Caratterizzazione socio-economica

Questa sezione presenta i modelli spaziali degli indicatori socio-economici, evidenziando disuguaglianze tra aree interne e urbane. Le mappe e descrizioni dettagliate delle distribuzioni spaziali possono essere trovate nei materiali supplementari. L'indice demografico (S1) mostra la popolazione più giovane concentrarsi nelle zone costiere, mentre le aree interne a rischio spopolamento. La vulnerabilità sociale e materiale (S2) risulta più elevata nel centro-meridionale, mentre S3 suggerisce una correlazione tra reddito e aree interne. Per quanto riguarda gli indicatori economici, E1 evidenzia la predominanza agricola di una fascia nel meridione della regione, E2 evidenzia attività manifatturiere nei sobborghi urbani, e E3 riflette attività ricettive soprattutto

nelle località costiere meridionali, oltre che hotspot territoriali sparsi. Guardando all'Uso del suolo, L1 mostra superfici artificiali prevalentemente sulla costa, l'uso agricolo (L2) si concentra in una fascia centrale collinare vicina al mare, mentre L3 restituisce boschi montani e singole aree protette lungo la costa.

Guardando all'analisi delle correlazioni, gli indicatori socio-economici presentano una buona significatività nel caratterizzare i cinque Bundle individuati. In particolare, tra gli indicatori sociali, la correlazione più significativa si riscontra in S1 Demografia (cor = 0,45) e S3 Reddito (-0,31). La correlazione positiva tra i Bundle e l'indice di invecchiamento mostra una tendenza all'invecchiamento della popolazione lungo il gradiente costa-montagna, mentre la correlazione negativa del reddito conferma come la ricchezza diminuisca verso le aree montane. Dall'altra parte, S2 Vulnerabilità non mostra una correlazione significativa con la struttura dei Bundles (p-value > 0,05). Per quanto riguarda gli indicatori economici, E1 Agricoltura non presenta una correlazione significativa, e E2 Attività manifatturiere con E3 Alloggio e attività ricreative presentano una correlazione meno significativa (rispettivamente cor = -0,14 e cor = -0,22).

Infine, gli indicatori di Uso del suolo mostrano valori di correlazione superiori a 0,6 e si rivelano utili per caratterizzare i Bundles di ES. I valori di L1 Aree artificiali caratterizzano soprattutto il Bundle B1 (46% dell'uso del suolo), con valori inferiori per tutti gli altri Bundle. L2 Aree agri-



Caratterizzazione socio-economica dei Bundles. Le barre indicano i valori medi normalizzati degli indicatori. La trasparenza indica una bassa correlazione tra l'indicatore e Bundles

Fonte: elaborazione dell'autore

Fig. 5

cole descrive al meglio i Bundle B2 e B3 (rispettivamente 91% e 90%), ma evidenzia anche valori moderati in B1 (79%) e B4 (66%). Infine, la L3 Aree boschive e seminaturali fornisce i valori più alti nella B5 (70%), seguita dalla B4 (34%). Fig. 4 mostra i dati socio-economici in base alla significatività dell'indicatore nella caratterizzazione del Bundle.

Il test parametrico di Pearson tra coppie di indicatori di ES ha mostrato correlazioni significative tra molti ES nel caso di studio delle Marche. In particolare, abbiamo osservato un modello di trade-off (correlazione negativa), innanzitutto tra l'offerta di prodotti agricoli P1 e tutti i servizi di regolazione, insieme a C1 Ecoturismo e C3 Raccolta funghi. Una correlazione negativa minore è stata rilevata anche tra questi servizi e i Prodotti vinicoli P2. In termini di domanda, si notano leggeri trade-off tra la domanda di R1 Re-

golazione idraulica e i servizi di approvvigionamento, e anche tra la domanda di R1 Regolazione idraulica e R2 Difesa del suolo e i servizi culturali e R4 Impollinazione delle colture.

Per quanto riguarda le sinergie, è stata riscontrata una forte correlazione positiva tra l'offerta di tutti i servizi di regolazione, insieme a C1 Ecoturismo e C3 Raccolta funghi. Forte sinergia è presente inoltre tra la domanda di tutti i servizi di approvvigionamento, R4 Regolazione dei cambiamenti climatici e C2 Educazione ambientale, legata alle aree di maggiore densità di popolazione. Se si confrontano le aree di offerta con quelle di domanda, la correlazione è spesso assente o molto bassa, a dimostrazione di come le aree di forte domanda differiscano da quelle di offerta. Per quanto riguarda l'indice di diversità, si evidenzia una correlazione negativa più forte in relazione a P1, rafforzando i risultati che denotano

la produzione agricola come fattore limitante per l'offerta di altri servizi. D'altro canto, si evidenzia una correlazione positiva tra l'offerta di servizi di regolazione, C1 Ecoturismo e C3 Raccolta funghi.

Discussione

Lo studio esamina i paesaggi regionali come sistemi socio-ecologici, integrando l'analisi degli ES con indicatori socio-economici, e identificando così 5 sistemi paesaggistici basati su domanda e offerta di ES (Antrop, 2005; Blondel, 2006). Nel caso studio della Regione Marche il gradiente costa-montagna rivela una distribuzione urbana policentrica, sfidando la tradizionale dicotomia urbano-rurale che spesso caratterizza l'analisi domanda-offerta degli ES (Baró et al., 2017; Grêt-Regamey et al., 2014). Lo strumento degli ES Bundles evidenzia trade-off tra produzione agricola e servizi di regolazione, sottolineando l'importanza di collegare i modelli socio-economici con le relative funzionalità ecosistemiche (Balzan et al., 2020; Felipe-Lucia et al., 2020; Turkelboom et al., 2018).

Questo studio offre elementi chiave per lo sviluppo sostenibile dei paesaggi, poiché le informazioni sui modelli di ES si dimostrano utili per integrare i diversi settori della pianificazione (Albert et al., 2014; Mascarenhas et al., 2014). Il valore aggiunto risiede nelle migliori opportunità di integrare gli asset locali nelle misure di gestione, di esplicitare trade-off e sinergie e di sviluppare misure di risposta mirate (Albert et al., 2016). In questa sezione evidenziamo tre elementi chiave

per la pianificazione paesaggistica regionale relativi rispettivamente a i) la conservazione dell'identità dei sistemi interni sostenendo la gestione degli ecosistemi locali e le strategie di ecoturismo responsabile, ii) la valorizzazione dell'agricoltura sostenibile attraverso pratiche agricole di piccola scala e sostenibili (anche in relazione alla PAC), iii) una particolare attenzione alle pratiche di gestione multifunzionale del paesaggio, come la pastorizia.

Il primo elemento riguarda la gestione dei sistemi interni in condizioni di instabilità economica e demografica. Da un punto di vista socio-economico, il presente studio mostra sistemi interni caratterizzati da un alto tasso di invecchiamento e da bassi redditi. Queste tendenze sono confermate in altre regioni del Mediterraneo (Balzan et al., 2020) e pongono sfide importanti alla pianificazione regionale per il loro impatto sulla gestione del territorio (Bruno et al., 2021). Se da un lato l'abbandono negli ecosistemi remoti porta con sé la riforestazione e un conseguente aumento dei servizi regolatori, come la regolazione delle acque e la ritenzione del suolo, dall'altro è importante garantire la gestione delle foreste per aumentare l'eterogeneità strutturale e quindi la fornitura di molteplici ES (Queiroz et al., 2015; Felipe-Lucia et al., 2018). Nella nostra mappatura per le Marche, alti valori di offerta nei servizi ricreativi possono indicare un potenziale sviluppo eco-turistico confermato anche dalle strategie nazionali (MIBACT, 2017). Tuttavia, tale sviluppo deve tenere conto dei possibili effetti

identitari per l'area, insieme al possibile degrado dei sistemi naturali dovuto all'impatto delle relative infrastrutture (Gössling, 2002).

Il secondo elemento riguarda la gestione sostenibile dei terreni agricoli. Come è noto, la massimizzazione dei servizi di approvvigionamento può portare a cambiamenti nel funzionamento degli ecosistemi e alla perdita di biodiversità (Felipe-Lucia et al., 2020). Queste tendenze sono in parte mitigate nel caso di studio regionale delle Marche dai crescenti tassi di produzione in biologico (SINAB, 2020) e dal sistema di piccola scala che caratterizza l'agricoltura locale (Bevilacqua, 2013). Quest'ultimo fattore è sempre più rilevante nella letteratura come fattore cruciale per sostenere la biodiversità. Tschardt et al. (2021) sostengono che l'aumento dell'eterogeneità dei terreni coltivati, con almeno il 20% di habitat seminaturali per paesaggio, dovrebbe essere una raccomandazione chiave negli attuali quadri di riferimento per la biodiversità. Questo tema è oggi al centro di un importante dibattito politico legato alla Politica Agricola Comune (PAC) 2021-27. Nonostante gli scarsi benefici previsti in termini di protezione dell'ambiente e di mitigazione dei cambiamenti climatici (Pe'er et al., 2019), la nuova PAC abbraccia eco-schemi basati sulle esigenze e sulle priorità identificate a livello nazionale/regionale. In questo senso, la governance regionale può muoversi nella direzione di integrare gli asset locali nella nuova programmazione. Infine, il terzo elemento di discussione guarda alla multifunzionalità del paesaggio, considera-

ta cruciale per la conservazione della biodiversità e il benessere umano (Balzan et al., 2020). Sebbene i paesaggi montani abbiano maggiore disponibilità di ES, l'analisi regionale associa ai paesaggi pedemontani il maggior tasso di diversità. Oltre agli approcci di conservazione, già implementati nella regione, dovrebbero essere sostenute pratiche che bilanciano produttività agricola con benefici socio-ecologici, come misure agro-ambientali (Iniesta-Arandia et al., 2015). Questo è il caso della pastorizia, che nello studio caratterizza fortemente i sistemi interni. Questa pratica è considerata una forte componente identitaria dei paesaggi culturali, oltre che una pratica di protezione della biodiversità (Oteros-Rozas et al., 2014). In declino a livello globale (Dong et al., 2011), i sistemi caseari sono considerati vulnerabili e dovrebbero essere sostenuti per la varietà di servizi che forniscono, compresa la sicurezza alimentare in un contesto di cambiamento climatico (Krätli et al., 2013).

Conclusioni

La lente degli ES si rivela un potente strumento per analizzare i paesaggi come sistemi socio-ecologici. Lo studio ha evidenziato Bundles di domanda e offerta caratterizzati come unità paesaggistiche associate ad asset socioeconomici locali. Ciò ha permesso di proporre pratiche di gestione per uno sviluppo sostenibile dei paesaggi. Questo studio rappresenta una prima pietra per la costruzione di un'Infrastruttura verde regionale per le Marche, in cui i dati sull'offerta e

domanda di ES possono supportare la creazione di strumenti per facilitare il processo di gestione dell'uso del suolo, e bilanciare interessi settoriali concorrenti. Un confronto tra i Bundles di ES e la Rete ecologica regionale esistente (REM) potrebbe approfondire ulteriormente il tema della biodiversità e della connettività ecologica.

Acknowledgments

Il presente studio è stato sviluppato all'interno del progetto Vautereco - Valutazione degli assetti urbani e territoriali per la resilienza delle comunità, coordinato per la parte territoriale dal Prof. Massimo Sargolini, Università di Camerino, e finanziato dal Ministero dell'Ambiente. Della Regione Marche si ringrazia la Dott.ssa Patrizia Giacomini, che ha fornito i dati e i contatti con gli uffici competenti, il Dott. Fulvio Tosi e la Dott.ssa Gaia Galassi per l'identificazione degli indicatori di ES. Si ringraziano inoltre i Dott. Fabrizio Cerasoli e Alessandro Zeponi, Alessandro Battoni del CEA di Macerata, l'agronoma Oriana Porfiri e l'Osservatorio Regionale del Suolo di Treia. Parte delle analisi sono state svolte presso il centro iDiv di Lipsia, il cui soggiorno è stato finanziato dal DAAD German Academic Exchange Service.

Note

¹Progetto Vautereco (Valutazione degli assetti urbani e territoriali per la resilienza delle comunità) a supporto della definizione della Strategia Regionale di Sviluppo Sostenibile della Regione Marche. 2020-2022

Bibliografia

- Albert, C., Aronson, J., Fürst, C., Opdam, P., 2014. *Integrating ecosystem services in landscape planning: requirements, approaches, and impacts*. *Landscape Ecol* 29, 1277-1285. <https://doi.org/10.1007/s10980-014-0085-0>
- Albert, C., Galler, C., Hermes, J., Neuendorf, F., von Haaren, C., Lovett, A., 2016. *Applying ecosystem services indicators in landscape planning and management: The ES-in-Planning framework*. *Ecological Indicators* 61, 100-113. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.029>
- Antrop, M., 2005. *Why landscapes of the past are important for the future*. *Landscape and Urban Planning, Rural Landscapes: past processes and future strategies* 70, 21-34. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.002>
- Balzan, M.V., Sadula, R., Scalvenzi, L., 2020. *Assessing Ecosystem Services Supplied by Agroecosystems in Mediterranean Europe: A Literature Review*. *Land* 9, 245. <https://doi.org/10.3390/land9080245>
- Barca, F., 2009. *An agenda for a reformed cohesion policy: A place-based approach to meeting European Union challenges and expectations (Barca Report)*. European parliament, Bruxelles.
- Baró, F., Gómez-Baggethun, E., Haase, D., 2017. *Ecosystem service bundles along the urban-rural gradient: Insights for landscape planning and management*. *Ecosystem Services* 24, 147-159. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.02.021>
- Bennett, E.M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B.N., Geijzendorffer, I.R., Krug, C.B., Lavorel, S., Lazos, E., Lebel, L., Martín-López, B., Meyfroidt, P., Mooney, H.A., Nel, J.L., Pascual, U., Payet, K., Harguindeguy, N.P., Peterson, G.D., Prieur-Richard, A.-H., Reyers, B., Roebeling, P., Seppelt, R., Solan, M., Tschakert, P., Tschantke, T., Turner, B., Verburg, P.H., Viglizzo, E.F., White, P.C., Woodward, G., 2015. *Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability*. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 76-85. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.03.007>
- Bevilacqua, P., 2013. Marche, in: Agnoletti, M. (Ed.), *Italian Historical Rural Landscapes: Cultural Values for the Environment and Rural Development*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 343-361. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5354-9_15
- Binder, C., Hinkel, J., Bots, P., Pahl-Wostl, C., 2013. *Comparison of Frameworks for Analyzing Social-ecological Systems*. *Ecology and Society* 18. <https://doi.org/10.5751/ES-05551-180426>
- Blondel, J., 2006. *The 'Design' of Mediterranean Landscapes: A Millennial Story of Humans and Ecological Systems during the Historic Period*. *Hum Ecol* 34, 713-729. <https://doi.org/10.1007/s10745-006-9030-4>
- Bruno, D., Sorando, R., Álvarez-Farizo, B., Castellano, C., Céspedes, V., Gallardo, B., Jiménez, J.J., López, M.V., López-Flores, R., Moret-Fernández, D., Navarro, E., Picazo, F., Sevilla-Callejo, M., Tormo, J., Vidal-Macua, J.J., Nicolau, J.M., Comín, F.A., 2021. *Depopulation impacts on ecosystem services in Mediterranean rural areas*. *Ecosystem Services* 52, 101369. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101369>

- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., Müller, F., 2012. *Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. Ecological Indicators, Challenges of sustaining natural capital and ecosystem services* 21, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
- Calafati, A., 2015. *Città tra sviluppo e declino*, Saggi. Natura e artefatto. Donzelli Editore.
- Cumming, G.S., Buerkert, A., Hoffmann, E.M., Schlecht, E., von Cramon-Taubadel, S., Tschardtke, T., 2014. *Implications of agricultural transitions and urbanization for ecosystem services. Nature* 515, 50–57. <https://doi.org/10.1038/nature13945>
- de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemsen, L., 2010. *Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity* 7, 260–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>
- Dong, S., Wen, L., Liu, S., Zhang, X., Lassoie, J., Yi, S., Li, X., Li, J., Li, Y., 2011. *Vulnerability of Worldwide Pastoralism to Global Changes and Interdisciplinary Strategies for Sustainable Pastoralism. Ecology and Society* 16. <https://doi.org/10.5751/ES-04093-160210>
- Felipe-Lucia, M., Comín, F., Bennett, E., 2014. *Interactions Among Ecosystem Services Across Land Uses in a Floodplain Agroecosystem. Ecology and Society* 19. <https://doi.org/10.5751/ES-06249-190120>
- Felipe-Lucia, M.R., Soliveres, S., Penone, C., Fischer, M., Ammer, C., Boch, S., Boeddinghaus, R.S., Bonkowski, M., Buscot, F., Fiore-Donno, A.M., Frank, K., Goldmann, K., Gossner, M.M., Hölzel, N., Jochum, M., Kandeler, E., Klaus, V.H., Kleinebecker, T., Leimer, S., Manning, P., Oelmann, Y., Saiz, H., Schall, P., Schloter, M., Schöning, I., Schruppf, M., Solly, E.F., Stempfhuber, B., Weisser, W.W., Wilcke, W., Wubet, T., Allan, E., 2020. *Land-use intensity alters networks between biodiversity, ecosystem functions, and services. Proceedings of the National Academy of Sciences* 117, 28140–28149. <https://doi.org/10.1073/pnas.2016210117>
- Felipe-Lucia, M.R., Soliveres, S., Penone, C., Manning, P., van der Plas, F., Boch, S., Prati, D., Ammer, C., Schall, P., Gossner, M.M., Bauhus, J., Buscot, F., Blaser, S., Blüthgen, N., de Frutos, A., Ehbrecht, M., Frank, K., Goldmann, K., Hänsel, F., Jung, K., Kahl, T., Nauss, T., Oelmann, Y., Pena, R., Polle, A., Renner, S., Schloter, M., Schöning, I., Schruppf, M., Schulze, E.-D., Solly, E., Sorkau, E., Stempfhuber, B., Tschapka, M., Weisser, W.W., Wubet, T., Fischer, M., Allan, E., 2018. *Multiple forest attributes underpin the supply of multiple ecosystem services. Nat Commun* 9, 4839. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07082-4>
- García-Llorente, M., Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., López-Santiago, C.A., Aguilera, P.A., Montes, C., 2012. *The role of multi-functionality in social preferences toward semi-arid rural landscapes: An ecosystem service approach. Environmental Science & Policy* 19–20, 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.01.006>
- Gebre, T., Gebremedhin, B., 2019. *The mutual benefits of promoting rural-urban interdependence through linked ecosystem services. Global Ecology and Conservation* 20, e00707. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00707>
- Giacomelli M, Calcagni F (2022) Borgofuturo+. *Un progetto locale per le aree interne*. Quodlibet, Macerata.

- Giacomelli, M., Sargolini, M. & Felipe-Lucia, M.R., 2024. *Including the perspective of stakeholders in landscape planning through the Ecosystem Services co-production framework: an empirical exploration in Le Marche, Italy*. Reg Environ Change 24, 24 <https://doi.org/10.1007/s10113-024-02184-w>
- Gössling, S., 2002. *Global environmental consequences of tourism*. Global Environmental Change 12, 283–302. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(02\)00044-4](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(02)00044-4)
- Grêt-Regamey, A., Weibel, B., Bagstad, K.J., Ferrari, M., Geneletti, D., Klug, H., Schirpke, U., Tappeiner, U., 2014. *On the Effects of Scale for Ecosystem Services Mapping*. PLOS ONE 9, e112601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112601>
- Haines-Young, R., Potschin-Young, M.B., 2018. *Revision of the Common International Classification for Ecosystem Services (CICES V5.1): A Policy Brief*.
- Iniesta-Arandia, I., del Amo, D.G., García-Nieto, A.P., Piñeiro, C., Montes, C., Martín-López, B., 2015. *Factors influencing local ecological knowledge maintenance in Mediterranean watersheds: Insights for environmental policies*. AMBIO 44, 285–296. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0556-1>
- Kräтли, S., Huelsebusch, C., Brooks, S., Kaufmann, B., 2013. *Pastoralism: A critical asset for food security under global climate change*. Animal Frontiers 3, 42–50. <https://doi.org/10.2527/af.2013-0007>
- Mascarenhas, A., Ramos, T.B., Haase, D., Santos, R., 2014. *Integration of ecosystem services in spatial planning: a survey on regional planners' views*. Landscape Ecol 29, 1287–1300. <https://doi.org/10.1007/s10980-014-0012-4>
- MIBACT, 2017. *Piano Strategico Di Sviluppo Del Turismo*. Rome.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J., 2000. *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. Nature 403, 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Nieto-Romero, M., Oteros-Rozas, E., González, J.A., Martín-López, B., 2014. *Exploring the knowledge landscape of ecosystem services assessments in Mediterranean agroecosystems: Insights for future research*. Environmental Science & Policy 37, 121–133. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.09.003>
- Oteros-Rozas, E., Martín-López, B., González, J.A., Plieninger, T., López, C.A., Montes, C., 2014. *Socio-cultural valuation of ecosystem services in a transhumance social-ecological network*. Reg Environ Change 14, 1269–1289. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0571-y>
- Pe'er, G., Zinngrebe, Y., Moreira, F., Sirami, C., Schindler, S., Müller, R., Bontzorlos, V., Clough, D., Bezák, P., Bonn, A., Hansjürgens, B., Lomba, A., Möckel, S., Passoni, G., Schleyer, C., Schmidt, J., Lakner, S., 2019. *A greener path for the EU Common Agricultural Policy*. Science 365, 449–451. <https://doi.org/10.1126/science.aax3146>
- Peng, J., Wang, X., Liu, Y., Zhao, Y., Xu, Z., Zhao, M., Qiu, S., Wu, J., 2020. *Urbanization impact on the supply-demand budget of ecosystem services: Decoupling analysis*. Ecosystem Services 44, 101139. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101139>
- Queiroz, C., Meacham, M., Richter, K., Norström, A.V., Andersson, E., Norberg, J., Peterson, G., 2015. *Mapping bundles of ecosystem services reveals distinct types of multifunctionality within a Swedish landscape*. Ambio 44 Suppl 1, S89–101. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0601-0>
- Quintas-Soriano, C., García-Llorente, M., Norström, A., Meacham, M., Peterson, G., Castro, A.J., 2019. *Integrating supply and demand in ecosystem service bundles characterization across Mediterranean transformed landscapes*. Landscape Ecol 34, 1619–1633. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00826-7>
- Pierantoni I., Sargolini M., 2020. *Protected areas and local communities: a challenge for inland development*. ListLab Publisher, Trento. ISBN: 9788832080414

Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G.D., Bennett, E.M., 2010. *Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes*. Proceedings of the National Academy of Sciences 107, 5242–5247. <https://doi.org/10.1073/pnas.0907284107>

SINAB, 2020. *Biologico in cifre*. <https://www.sinab.it/>

Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T.C., Westphal, C., Batáry, P., 2021. *Beyond organic farming – harnessing biodiversity-friendly landscapes*. Trends in Ecology & Evolution 36, 919–930. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.06.010>

Turkelboom, F., Leone, M., Jacobs, S., Kelemen, E., García-Llorente, M., Baró, F., Termansen, M., Barton, D.N., Berry, P., Stange, E., Thoonen, M., Kalóczkai, Á., Vadineanu, A., Castro, A.J., Czúcz, B., Röckmann, C., Wurbs, D., Odee, D., Preda, E., Gómez-Baggethun, E., Rusch, G.M., Pastur, G.M., Palomo, I., Dick, J., Casaer, J., van Dijk, J., Priess, J.A., Langemeyer, J., Mustajoki, J., Kopperoinen, L., Baptist, M.J., Peri, P.L., Mukhopadhyay, R., Aszalós, R., Roy, S.B., Luque, S., Rusch, V., 2018. *When we cannot have it all: Ecosystem services trade-offs in the context of spatial planning*. Ecosystem Services 29, 566–578. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.011>

Villamagna, A.M., Angermeier, P.L., Bennett, E.M., 2013. *Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery*. Ecological Complexity. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2013.07.004> Sargolini, M., Gambino, R., 2016. Mountain landscapes. List.