Regione Toscana

Montagna, servizi ecosistemici e strumenti di governance in Toscana

a cura di
Davide Marino,Daniela Poli, Massimo Rovai

n.5 I LIBRI DELLA GIUNTA REGIONALE - società

Regione Toscana

Regione Toscana
- Vicepresidenza e Assessorato Agro-alimentare, caccia e pesca
- Direzione Programmazione e bilancio

La ricerca “Montagna, servizi ecosistemici e strumenti di governance in Toscana è stata promossa da ANCI e finanziata da Regione Toscana, ed è stata svolta nel periodo 2021-2022.

Responsabili scientifici
Prof.ssa Daniela Poli, Università di Firenze
Prof. Davide Marino, Università del Molise - CURSA
Prof. Massimo Rovai, Università di Pisa

Ricercatori partecipanti alla ricerca
Elisa Butelli, Università di Firenze
Angelo Marucci, Università del Molise - CURSA
Tommaso Trinchetti, Università di Pisa

Tutti gli autori hanno esaminato i risultati e hanno partecipato nell’interezza all’organizzazione del lavoro.

Editing a cura di
Angelo Maria Cirasino, Università di Firenze

Catalogazione nella pubblicazione (CIP) a cura della
Biblioteca Toscana Pietro Leopoldo del Consiglio regionale della Toscana
Montagna, servizi ecosistemici e strumenti di governance in Toscana / a cura di Davide Marino, Daniela Poli, Massimo Rovai ; presentazione di Stefania Saccardi. - Firenze : Regione Toscana, 2023

1. Marino, Davide 2. Poli, Daniela 3. Rovai, Massimo 4. Saccardi, Stefania

333.713

Ecosistemi - Politica ambientale [della] Regione Toscana

ISBN 0978-88-7040-151-6

Sommario

Abstract del volume V

Credits VIII

Presentazione di Stefania Saccardi, Vicepresidente Regione Toscana IX

Introduzione

1. Il contesto della ricerca 3
2. Obiettivi 11
3. Schema metodologico 14
4. Articolazione del rapporto di ricerca 17

Parte Prima

Servizi ecosistemici e pagamenti per i servizi ecosistemici

5. I servizi ecosistemici 21
6. Gestione e valorizzazione dei SE: i Pagamenti per i Servizi Ecosistemici (PES) 47
7. Normativa nazionale e regionale sui servizi ecosistemici 52
8. Soluzioni basate sulla natura per la gestione delle risorse idriche 57
9. Buone pratiche di PES in Italia e nel mondo 66
10. Una potenzialità per il finanziamento dei PES: i costi ambientali e della risorsa 77

Parte Seconda

Mappatura e valutazione dei servizi ecosistemici nelle aree di sperimentazione

11. Calcolo dell'impronta ecologica: valutazione diacronica dell'equilibrio tra consumi e disponibilità di risorse 89
12. Delimitazione degli ambiti montani pilota 94
13. Individuazione delle unità spaziali per la mappatura e valutazione dei servizi ecosistemici: gli agroecomosaici 96
14. Definizione di un sistema di indicatori qualitativi e quantitativi per la contabilità degli ecosistemi 101

Parte Terza

Analisi e strategie territoriali per l'Amiata

15. Analisi territoriali 177
16. Coinvolgimento degli attori locali 193
17. Strategia integrata territorializzata 210
18. PES per i SE legati alle risorse idriche 216

Parte Quarta

Analisi e strategie territoriali per il Mugello

19. Analisi territoriali 221
20. Coinvolgimento degli attori locali 234
21. Strategia integrata territorializzata 242
22. PES per i SE legati alle risorse idriche 246

Conclusioni e prospettive di ricerca 251

Bibliografia 267

Abstract del volume

Le preoccupazioni derivanti dal cambiamento climatico, la necessità di accelerare verso la transizione ecologica e di riequilibrare il divario socioeconomico e ambientale tra aree forti e aree deboli esigono un maggior impegno dei decisori pubblici verso l'attuazione di politiche innovative orientate alla conservazione della biodiversità, degli ecosistemi, del capitale naturale e alla valorizzazione dei benefici offerti dagli ecosistemi alla società nel suo complesso.

In tale ambito, si sta registrando, ormai da più di un ventennio, un crescente interesse nella ricerca sui metodi di individuazione, classificazione, valutazione e monitoraggio dei Servizi Ecosistemici (SE) offerti dai territori con interessanti progressi nel campo della ricerca e, in parte, delle politiche pubbliche. Ulteriori passi vanno certamente compiuti affinché si possa avere un'effettiva integrazione del valore in senso ampio (economico, sociale, culturale) dei SE all'interno dei processi decisionali.

In particolare, in molte regioni (tra cui anche la Toscana), non accenna ad arrestarsi il divario socioeconomico tra le aree urbane e le aree montane che, alla luce delle emergenze climatiche, assume un'ulteriore gravità e al tempo stesso una grande opportunità data dal fatto che i territori montani definiti più marginali, assumono un ruolo centrale per l'intero sistema insediativo perché conservano un grande patrimonio di risorse naturali, sociali, territoriali e culturali. Patrimoni da proteggere e potenziare per contribuire alla sostenibilità e resilienza regionale nel suo complesso ma anche da utilizzare con cura e attenzione, quali fonte di nuova occupazione e benessere per le comunità locali anche attraverso l'introduzione di nuovi modelli di governance come il pagamento per i servizi ecosistemici (PES) anch'essi ampiamente studiati dalla letteratura scientifica.

I PES sono appunto delle forme di meccanismi per remunerare gli attori che mantengono e migliorano gli ecosistemi. I PES rappresentano un modello di governance sempre più utilizzato nel mondo, soprattutto per la gestione sostenibile dei SE legati alla conservazione delle risorse forestali, alla gestione delle risorse idriche e dell'agro-ambiente. Grazie all'applicazione degli schemi di PES

è possibile coinvolgere la società locale e raggiungere obiettivi ambientali e sociali quali, ad esempio, la disponibilità e la qualità dell'acqua, il sequestro del carbonio, la salvaguardia della salute sociale e ambientale, nonché l'occupazione e il reddito soprattutto per categorie sociali che spesso fanno fatica a stare sul mercato (piccoli agricoltori, cooperative di comunità, imprese sociali).

Con tali premesse, la ricerca "Montagna, servizi ecosistemici e strumenti di governance in Toscana" promossa da ANCI, finanziata dalla Regione Toscana e svolta dalle università di Firenze, Pisa e del Molise si è posta l'obiettivo di definire una metodologia per sviluppare dei modelli di gestione – ed in particolare di PES – riconoscendo e valorizzando i patrimoni territoriali locali con riferimento a due contesti territoriali della Toscana (Amiata e Mugello), con particolare riferimento ai servizi ecosistemici legati all'acqua. In particolare, la ricerca si è focalizzata su due aspetti:

1. la verifica dell'applicabilità del modello di contabilità del "capitale naturale" e dei servizi ecosistemici (SEEA-EA) a livello di differenti unità territoriali (agroecomosaici, comuni, ambiti paesaggistici del PIT-PPR). Il SEEA EA costituisce un quadro statistico completo per l'organizzazione dei dati sugli ecosistemi e sui SE. Si tratta di registrare su un periodo contabile: l'estensione degli ecosistemi, le loro condizioni e i SE prodotti - in termini fisici e monetari. I dati utilizzati provengono dai principali portali di informazione geografica open source regionali e nazionali. Inoltre, considerando che in Toscana il territorio rurale ha un grande significato culturale e identitario, le valutazioni quantitative secondo il SEEA EA sono state integrate con valutazioni qualitative degli elementi che compongono il paesaggio e delle loro relazioni.
   - Con i conti dell'estensione sono stati valutati i cambiamenti quantitativi degli ecosistemi nel tempo e nello spazio grazie all'uso di tabelle e mappe.
   - Con i conti delle condizioni vengono fornite informazioni sull'integrità e la salute degli ecosistemi attraverso l'uso di indicatori presentati in tabelle e in mappe: ad esempio, consumo di suolo, intensificazione agricola, bilancio dell'azoto, erosione potenziale del suolo, diversità delle colture, densità degli elementi seminaturali, frammentazione forestale, modifica della copertura forestale, frane. Inoltre, sono state realizzate valutazioni qualitative della struttura del territorio con rappresentazioni grafiche tridimensionali di porzioni selezionate degli agroecomosaici.
   - Per quanto riguarda i conti dei SE, sono stati selezionati e valutati nove SE, sulla base dell'analisi della letteratura e dei risultati dell'interazione con gli attori locali: fornitura di acqua, cibo e legname, ricarica degli acquiferi, purificazione dell'acqua, prevenzione del rischio di alluvioni, controllo dell'erosione, sequestro del carbonio e turismo ricreativo. I risultati sono stati presentati sia in tabelle che in mappe. Le tabelle riassumono l'offerta di SE in termini fisici e monetari e consentono di individuare le specificità delle varie parti del territorio e degli agroecomosaici nel fornire un diverso mix di SE.
2. La definizione di strategie e di progetti locali di risoluzione di problematiche ecologico-ambientali tramite l'utilizzo del modello del PES con il coinvolgimento

degli attori locali. Tramite lo studio di casi studio nazionali e internazionali sui PES, la lettura degli strumenti di pianificazione l'incontro con gli attori (testimoni privilegiati) nei territori oggetto di indagine, è stato possibile, individuare delle strategie di conservazione / valorizzazione dei patrimoni territoriali e dei servizi ecosistemici che essi offrono da attuare attraverso l'implementazione di "progetti pilota" basati sui PES per incentivare gli agricoltori (e anche altri soggetti come, ad esempio, le cooperative di comunità) ad adottare pratiche e soluzioni per mantenere o migliorare la produzione di SE in un quadro di attenzione per l'ecosistema e le componenti paesaggistiche del territorio. Tutto questo in una logica "win-win" basata sulla gestione consapevole e condivisa dei SE nei confronti dell'ambiente, della società e dell'economia.

La ricerca non ha definito nel dettaglio i "progetti pilota", limitandosi a definire delle linee guida all'interno delle quali muoversi per un'eventuale fase di attuazione concreta che, a partire dai dati elaborati nei punti precedenti, dovrebbe prevedere un bilancio economico da investire nei "progetti pilota". Come messo in evidenza anche nei casi di studio analizzati all'interno del rapporto di ricerca, l'attuazione di un modello di PES esige, infatti, un lavoro rilevante di empowerment e di coordinamento tra gli attori locali che, esulava dalla finalità della ricerca ma, che, grazie al riscontro positivo ricevuto dagli attori coinvolti, crediamo potrà essere sviluppato in un prossimo futuro.

In definitiva, la ricerca conferma che, da un lato, le aree montane giocano un ruolo fondamentale per la fornitura di SE essenziali per la sostenibilità dell'intero insediamento e in particolare delle aree più urbanizzate e, dall'altro, mettono in luce come il progressivo indebolimento della loro struttura socioeconomica mini la capacità stesse delle comunità montane di mantenere un adeguato livello quali-quantitativo dell'ecosistema e della possibilità della fornitura di benefici e servizi. La ricerca conferma altresì, la possibilità per la Regione Toscana, così come sta avvenendo in altri contesti regionali nazionali ed europei, di sviluppare modelli innovativi di governance, anche alla luce di recenti evoluzioni normative, per rendere maggiormente efficaci i piani e programmi regionali per la valorizzazione dei territori e delle comunità locali nelle aree montane, contrastando lo spopolamento e anzi incentivando un controesodo versi i territori interni. Al tempo stesso, la ricerca ha suggerito che con alcuni aggiustamenti e integrazioni al suo ricco sistema informativo geografico, sarebbe possibile introdurre anche un sistema di contabilità e monitoraggio dei SE utilizzando il modello di contabilità internazionale SEEA-EA.

Credits

Tutti gli autori hanno esaminato i risultati e hanno partecipato nell'interezza all'organizzazione del lavoro. La responsabilità principale dei capitoli va però attribuita come segue.

1. Il contesto della ricerca	*Daniela Poli*
2. Obiettivi	*Daniela Poli*
3. Schema metodologico	*Daniela Poli*
4. Articolazione del rapporto di ricerca	*Daniela Poli*
5. I servizi ecosistemici	*Davide Marino, Daniela Poli, Massimo Rovai, Elisa Butelli, Angelo Marucci, Tommaso Trinchetti*
6. Gestione e valorizzazione dei SE: i Pagamenti per i Servizi Ecosistemici (PES)	*Elisa Butelli, Daniela Poli*
7. Normativa nazionale e regionale sui servizi ecosistemici	*Massimo Rovai, Tommaso Trinchetti*
8. Soluzioni basate sulla natura per la gestione delle risorse idriche	*Tommaso Trinchetti, Massimo Rovai*
9. Buone pratiche di PES in Italia e nel mondo	*Elisa Butelli, Daniela Poli*
10. Una potenzialità per il finanziamento dei PES: i costi ambientali e della risorsa	*Elisa Butelli*
11. Calcolo dell'impronta ecologica: valutazione diacronica dell'equilibrio tra consumi e disponibilità di risorse	*Tommaso Trinchetti, Massimo Rovai*
12. Delimitazione degli ambiti montani pilota	*Daniela Poli, Massimo Rovai*
13. Individuazione delle unità spaziali per la mappatura e valutazione dei servizi ecosistemici: gli agroecomosaici	*Elisa Butelli, Daniela Poli*
14. Definizione di un sistema di indicatori qualitativi e quantitativi per la contabilità degli ecosistemi	*Tommaso Trinchetti, Massimo Rovai, Elisa Butelli, Angelo Marucci, Davide Marino*
15. Analisi territoriali	*Elisa Butelli, Tommaso Trinchetti*
16. Coinvolgimento degli attori locali	*Tommaso Trinchetti, Elisa Butelli*
17. Strategia integrata territorializzata	*Daniela Poli, Elisa Butelli*
18. PES per i SE legati alle risorse idriche	*Elisa Butelli, Daniela Poli, Massimo Rovai*
19. Analisi territoriali	*Elisa Butelli, Tommaso Trinchetti*
20. Coinvolgimento degli attori locali	*Tommaso Trinchetti, Elisa Butelli*
21. Strategia integrata territorializzata	*Daniela Poli, Elisa Butelli*
22. PES per i SE legati alle risorse idriche	*Elisa Butelli, Daniela Poli, Massimo Rovai*
Conclusioni e prospettive di ricerca	*Daniela Poli, Massimo Rovai, Davide Marino, Elisa Butelli, Angelo Marucci, Tommaso Trinchetti*

Presentazione

Le preoccupazioni derivanti dal cambiamento climatico, la necessità di accelerare verso la transizione ecologica e di riequilibrare il divario socioeconomico e ambientale tra aree forti e aree deboli esigono un maggior impegno dei decisori pubblici verso l'attuazione di politiche innovative orientate alla conservazione della biodiversità, degli ecosistemi, del capitale naturale ed alla valorizzazione dei benefici offerti dagli ecosistemi alla società nel suo complesso.

La ricerca, realizzata in collaborazione con le Università di Firenze, di Pisa e del Molise. rappresenta una delle attività più rilevanti realizzate nell'ambito del Protocollo d'Intesa tra Regione Toscana ed ANCI Toscana per l'implementazione e lo sviluppo delle politiche per la montagna toscana.

Il rapporto di ricerca propone una metodologia sperimentale di definizione operativa dei servizi ecosistemici in contesti locali montani. L studio è stato effettuato nell'ambito del Mugello e dell'Amiata, con la conclusione di alcune proposte di PES (Pagamento Servizi Ecosistemici) sulla gestione della risorsa idrica. L'approccio metodologico è stato innovativo. Nelle due aree bioregionali la popolazione ha già maturato un'adeguata consapevolezza sui servizi ecosistemici e dunque la comunità locale è stata coinvolta e pro-attiva nel progetto, mediante interviste ad amministratori locali, stakeholders, cooperative di comunità.

L'obiettivo della ricerca è orientato alla valorizzazione dei beni ecosistemici nella montagna toscana, attraverso l'applicazione di strumenti normativi, amministrativi e di atti di programmazione regionale. Infatti, già oggi sia nel Programma Regionale di Sviluppo sia nel Documento di Economia e Finanza Regionale c'è un richiamo alla linea dei servizi ecosistemici, anche in rapporto alle azioni contenute nel PNRR e nell'ambito delle Green communities.

Porre l'attenzione sui servizi ecosistemici ci da l'occasione di approcciare la montagna da una prospettiva, in termini di rapporti inter-istituzionali e finanziari, completamente diversa da quella centro-periferia. Da luogo lontano dai servizi, fragile pur nelle sue ricchezza naturali, bisognoso di cure per evitarne la fine, quantomeno in termini demografici - al quale provvedere attenzioni e risorse - ad inestimabile serbatoio di utilità ambientali, tanto essenziali quanto

date per scontate da chi "a valle" ne è il principale beneficiario, in termini di qualità dell'aria, purezza e disponibilità delle acque, tutela rispetto ai rischi alluvionali o franosi derivanti da squilibri idrogeologici.

Quindi, i servizi ecosistemici ancor prima di essere un concetto scientifico ecologico, un apparato tecnico metodologico di rilevazione e valutazione, sono l'occasione per invertire una narrazione dei rapporti tra la montagna e noi dove essa non è più periferia ma centro rispetto alla soddisfazione di bisogni che stanno altrove e intorno a Lei.

Sappiamo che la percezione, anche sociale dei fatti, dipende molto da come se ne parla, e la montagna, nella chiave di lettura ecosistemica, non è un luogo di bisogni, bensì un luogo che provvede ai nostri bisogni. Solo capendo questo potremo approcciarla nel modo giusto, remunerando quello che di imprescindibile essa ci offre, senza bisogno di atteggiarsi a sovvenzionatori riluttanti di realtà ritenute, a mezza voce, non totalmente capaci di sopravvivere da sole.

Dalle conclusioni del rapporto, emergono ulteriori prospettive di ricerca, alle quali l'amministrazione regionale guarda con interesse e con l'intenzione di proseguire la collaborazione avviata.

Concludo esprimendo i miei ringraziamenti e quelli di Regione Toscana per il lavoro svolto sia da Anci Toscana sia dalle Università e dagli autori della ricerca.

Stefania Saccardi
Vicepresidente Regione Toscana

Introduzione

1. Il contesto della ricerca

Premessa

Le aree montane stanno riscuotendo oggi un rinnovato interesse. Questi luoghi, considerati nella fase turbolenta dell'industrializzazione delle cenerentole pressoché inutili, definiti fino a poco tempo fa semplicemente aree marginali o periferiche, presentano viceversa numerose caratteristiche che ne fanno dei contesti preziosi in grado di fornire risposte complesse alle necessità contemporanee.

Studi geografici, ecologici, storici e antropologici mostrano che la montagna si differenzia dagli altri territori per la "dimensione verticale" degli spazi di vita, per il dover sempre fare i conti con il *su* della quotidianità e il *giù* della relazione con l'attività urbana. A questa particolarità sono associate specificità di rilievo, clima, acque, boschi, biocenosi, la cui interazione e la cui interpretazione e modalità d'uso delle società locali ha originato, nella lunga durata storica, caratteri particolari degli usi del suolo, delle pratiche colturali, pastorali e forestali, della costruzione di insediamenti, dei paesaggi agrari nel loro complesso, con numerose espressioni culturali e forme originali di organizzazione sociale e giuridico-istituzionale basate in larga parte sulla gestione dei beni comuni e collettivi, che ancora oggi permangono in molte aree. A questi si aggiunge il turismo montano, che dal XX secolo ha sostenuto la crescita demografica ed economica e che si è espresso in varie forme, più o meno rispettose dei caratteri locali.

La montagna fragile in fase di spopolamento

Le statistiche ufficiali mettono in luce purtroppo che ancora tra gli ultimi due censimenti (2001 e 2011), nel 54% dei Comuni montani italiani la popolazione residente ha continuato a ridursi, con dei picchi nelle regioni del sud come la Basilicata o la Calabria, dove si supera il 75% (Fondazione Montagne Italia, 2015). Fra le Alpi, la montagna appenninica e quella delle grandi isole, la superficie complessiva dei Comuni montani tuttora in condizioni di spopolamento e di abbandono è intorno al 20% di quella nazionale.

Lo spopolamento è un dato molto grave, in particolare in Toscana, almeno per tre aspetti.

- Molti toscani non possono continuare a vivere dove risiedono (e dove molti di loro sono nati) a causa della mancanza di opportunità di lavoro e di una rete di servizi adeguata, il che limita di fatto i loro diritti di cittadinanza.
- Nei territori montani sono presenti ingenti patrimoni territoriali e risorse di vari tipi (agricole, idriche, forestali, ambientali, paesaggistiche, sociali, culturali) attualmente poco o male conosciute e anche male utilizzate, che potrebbero contribuire in modo non indifferente all'occupazione, alla ricchezza e al benessere locale e generale.
- Le montagne sono territori fragili, con versanti coltivati instabili, dove la cura degli abitanti è indispensabile per ridurre i rischi idrogeologici e idraulici che minacciano gravemente le valli e le antistanti pianure urbanizzate.

Sono problemi di grande rilevanza che possono essere affrontati solo mantenendo un'adeguata popolazione stabile e avviando politiche per l'insediamento di nuovi abitanti.

La visione "svantaggiata" della montagna

La rappresentazione della montagna come territorio periferico-marginale e svantaggiato rispetto ad aree "centrali" più favorite, comprese quelle intra-montane urbanizzate, riposa in un atto fondativo dell'identità nazionale scritto nel periodo della grande visione dell'ammodernamento del Paese. L'art. 44 della Costituzione italiana mostra una montagna che deve essere assistita.

In molte leggi nazionali e regionali si è iniziato a parlare di montagna. A livello europeo non esiste né una politica organica che si occupa di montagna, né un servizio dedicato alla montagna, sebbene importanti politiche se ne siano occupate (fra queste i programmi Leader che, con i GAL, hanno svolto un ruolo decisivo per la rivitalizzazione di queste aree). In Europa è con il tema della coesione territoriale (lanciato nel 2008 col Trattato di Lisbona sul funzionamento dell'Unione) che emerge l'interesse comunitario in favore della montagna. Nell'articolo 174 del Trattato emerge la necessità di un rafforzamento della coesione economica, sociale e territoriale, in particolare riducendo il divario fra lo sviluppo delle varie regioni a vantaggio di quelle meno favorite. Fra queste vengono riportate le zone interessate da transizione industriale, le regioni che presentano importanti e permanenti svantaggi naturali o demografici, quali le regioni più settentrionali con bassissima densità demografica e le regioni insulari, transfrontaliere e di montagna. È con questo articolo che diventa possibile per le aree montane accedere ai meccanismi di redistribuzione del reddito tramite i fondi strutturali e gli altri strumenti erogati sulla base di programmi operativi negoziati fra L'UE e gli Stati/Regioni, e gestiti in particolare direttamente dalle Regioni.

La montagna è dunque ancora vista come contesto marginale e svantaggiato. Ed è ancora in questo solco che si muove l'importante Strategia delle 'aree interne' italiane (SNAI) che, sebbene non intenda essere assistenziale, propone un sostegno sotto forma di azioni di sviluppo basate sul rafforzamento e sulla valorizzazione delle potenzialità locali. La visione è sempre quello di uno stigma negativo che rimanda al concetto di mancanza.

Un nuovo approccio alla montagna: da margine a centro

La difficile situazione dello spopolamento montano mette comunque in luce deboli segnali positivi. Recenti studi sulla demografia della montagna (Corrado, Dematteis, 2016) mostrano che negli ultimi decenni si è avviato, in Europa come in Italia, un fenomeno di "riabilitazione" di alcune aree della montagna interna che nei decenni precedenti avevano subito un forte spopolamento. Si tratta di un processo di reinsediamento ancora limitato nei numeri, ma che rivela un nuovo modo di pensare e vivere la montagna, non più soltanto come una costrizione o come uno spazio marginale, ma anche come luogo con condizioni di vita attrattive, dotato di patrimoni territoriali e risorse locali potenzialmente generativi di reddito e occupazione. La recente pandemia ha messo inoltre in luce un controesodo importante da molte città con la popolazione che si è spostata verso le aree collinari e montagne. Molte regioni, fra cui la Toscana, stanno sostenendo anche in termini finanziari questo movimento.

Oggi appare dunque chiara la necessità di ripensare la montagna in chiave diversa rispetto al passato. D'altro canto, la storia ecologica e sociale specifica della montagna porta a problemi e opportunità altrettanto specifici da affrontare con la massima urgenza.

Il tema è dunque come mantenere le specificità, tramandandole alle generazioni future, innescando al tempo stesso un'inversione dello spopolamento, ovvero garantendo la qualità e l'attrattività della vita in quei contesti. Il valore delle attività agricole tradizionali ad esempio non si riduce solo alla loro ricca eredità ambientale, paesaggistica e culturale, ma riguarda anche la loro capacità di riprodursi in forme attuali senza snaturarne il portato, ma anzi innovandolo dando lavoro a residenti e nuovi arrivati, attingendo a un patrimonio di conoscenze e di saperi locali, pratici e contestuali, preziosi per la tutela ambientale e paesaggistica e per prevenire il rischio idrogeologico e la desertificazione sociale. C'è un importante ripensamento anche sulla fruizione turistica e sportiva della montagna, le cui forme "moderne" e legate all'industria di massa presentano impatti ambientali, socioculturali e paesaggistici molto negativi, derivanti da una visione riduttiva della montagna come semplice terreno di gioco. Come noto, mentre l'industria della neve è da alcuni anni in crisi per motivi economici collegati al riscaldamento climatico, si vanno affermando nuove forme di fruizione turistica della montagna diffuse, esperienziali, "dolci", sostenibili dal punto di vista ambientale, sociale e culturale, che testimoniano un legame più consapevole fra cultura urbana e cultura della montagna. La "vibratilità dei margini", la "nuova centralità della montagna" (Bonomi, 2013; Bolognesi, Corrado, 2021) mettono bene in luce questa nuova strada da percorrere.

Il sostegno alla rinascita della montagna toscana

La Toscana ha manifestato da tempo un interesse propositivo con azioni multiobiettivo volte a sostenere gli elementi di vantaggio della vita nelle aree montane, come emerge già dai punti dell'art. 85 (Politiche pubbliche regionali in favore

dei territori montani) della L.R. 68/2011 (Norme sul sistema delle autonomie locali) come pure dagli incontri degli Stati Generali della Montagna (2007-2017), dalla promozione delle produzioni agroalimentari col label "Prodotti di Montagna", dallo Sportello Montagna che promuove politiche e progetti dedicati e, infine, dal Protocollo d'Intesa con ANCI (2021-22) volto a rafforzare il contrasto allo spopolamento e il rilancio dopo l'emergenza sanitaria Covid-19. La Regione, nel prevedere delle modifiche della L.R. 68/2011, ha inoltre definito una specifica Legge (34/2019) Politiche per la montagna e interventi per la valorizzazione dei territori montani. La Legge istituisce una forma di governance molto interessante, con due organismi interistituzionali per sostenere i processi previsti: la Conferenza permanente della montagna e il Nucleo tecnico interdirezionale per la montagna.

In questo quadro dinamico e attivo si inserisce a pieno titolo la possibilità di sviluppare una strategia per la valorizzazione dei servizi ecosistemici nella montagna toscana, come già previsto in molti contesti e accennato dal comma 1 bis dell'art. 85 della L.R. 68/2011, che fissa al punto l l'obiettivo della *trasformazione dei servizi ecosistemici in valore, da ricavarsi nella generalità della contribuzione, da destinare allo sviluppo delle aree montane.*

Da non dimenticare, inoltre, che con la L. 221/2015 è stato introdotto il tema della remunerazione dei servizi ecosistemici: l'articolo 70 stabilisce la delega al Governo per introdurre sistemi di remunerazione dei servizi ecosistemici e ambientali (PSEA). Un sistema fondato sulla chiara definizione dei servizi oggetto di remunerazione, del loro valore, nonché dei relativi obblighi contrattuali e delle modalità di pagamento e che individua i Comuni, le loro unioni, le aree protette, le fondazioni di bacino montano integrato e le organizzazioni di gestione collettiva dei beni comuni come potenziali beneficiari. Nonostante questa parte della Legge/2015 non sia ancora attuata per la mancanza dei regolamenti attuativi, essa fornisce spunti di riflessione interessanti per il contesto toscano che, tra l'altro, permetterebbe alla Toscana di essere la prima regione in Italia ad introdurre un sistema di valutazione e remunerazione dei servizi ecosistemici su scala territoriale.

L'opportunità della valorizzazione dei servizi ecosistemici nella montagna toscana

I "servizi ecosistemici" (SE) sono da tempo usciti dagli ambiti accademici (MEA, 2005) per diffondersi in maniera esponenziale nelle strutture di governo del territorio. Essi sono come noto i benefici (fornitura di cibo, acqua, legname, regolazione del clima, regolazione delle alluvioni, ecc.) che l'ecosistema territoriale (boschi, sistema delle acque, agricoltura, ecc.) produce per la società umana. Spesso questi benefici assumono lo status di beni liberi e/o pubblici e non sono regolati da una intermediazione di natura economica, infatti "i servizi ecosistemici non vengono catturati dai mercati e non vengono quantificati in termini comparabili ai servizi economici e ai prodotti industriali, molto spesso non vengono neanche considerati nelle decisioni politiche" (Costanza et al., 1997).

Alla fornitura di SE è riconosciuto universalmente un ruolo rilevante per l'innalzamento del benessere e della qualità della vita della società al pari di altri servizi come quelli culturali, sanitari, ecc. Questa consapevolezza comporta un rinnovato interesse per la dimensione della natura che può apportare vantaggi cumulativi di rigenerazione dell'intero sistema territorio[1]. Già nel Primo Rapporto del CCN appare il termine di "capitale naturale", per alcuni aspetti contraddittorio, definito, seguendo l'esempio del Regno Unito, come: "l'intero stock di asset naturali – organismi viventi, aria, acqua, suolo e risorse geologiche – che contribuiscono a fornire beni e servizi di valore, diretto o indiretto, per l'uomo e che sono necessari per la sopravvivenza dell'ambiente stesso da cui sono generati" (CCN, 2018, 16).

In assonanza con questi aspetti il Ministero dell'Ambiente definisce la Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile (SNSvS, 2017-2030) che "si configura, anche alla luce dei cambiamenti intervenuti a seguito della crisi economico finanziaria degli ultimi anni, come lo strumento principale per la creazione di un nuovo modello economico circolare, a basse emissioni di CO_2, resiliente ai cambiamenti climatici e agli altri cambiamenti globali causa di crisi locali, come, ad esempio, la perdita di biodiversità, la modificazione dei cicli biogeochimici fondamentali (carbonio, azoto, fosforo) e i cambiamenti nell'utilizzo del suolo" (CCN, 2018, 5).

Appare dunque rilevante introdurre un sistema di governance con strategie e azioni di tutela, gestione e manutenzione degli ecosistemi della montagna sia come strumento per rilanciare l'attrattività locale, sia come riconoscimento di un'attività svolta in favore di un più ampio territorio di riferimento che include le aree metropolitane, le grandi città e le e reti di città medie e piccole.

Puntare sull'integrazione, sul riequilibrio e sulla redistribuzione degli scambi ecosistemici tra città e montagna

Gli ecosistemi hanno da sempre conferito benefici e svolto servizi per la popolazione, ciò che cambia in questa fase storica è la necessità di denotarli espressamente nel contesto del governo del territorio per ridefinire assetti equilibrati e resilienti.

Anche nel passato le relazioni di scambio fra ecosistemi territoriali differenti erano una costante, così come lo erano le relazioni fra città e campagna o città e montagna. La tutela del bosco montano, ad esempio, con legislazioni o vincoli

[1] Su questo tema si è tenuto il 19 ottobre 2018 presso la Sezione di Urbanistica e Pianificazione del Territorio del Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze il Seminario "Dai servizi ecosistemici ai servizi ecoterritoriali. Verso una definizione operativa", organizzato dal Laboratorio di Progettazione Ecologica degli Insediamenti e dall'Unità di Ricerca "Progetto Bioregione Urbana", dove hanno partecipato docenti, ricercatori, professionisti e servizi pubblici. Dall'incontro è scaturito l'interesse alla riorganizzazione dei materiali presentati e prodotti che ha portato nel 2020 alla pubblicazione del volume a cura di Daniela Poli, *I servizi ecosistemici nella pianificazione bioregionale,* Firenze University Press.

ante litteram (la denominazione di lucus, il bosco sacro per i romani) consentiva di immagazzinare l'acqua per gli acquedotti e al tempo stesso mantenere efficiente l'opera di bonifica a valle. Non casualmente i confini delle province o dei comuni abbracciavano più ecosistemi anche per supportare gli scambi di prodotti alimentari verso le aree urbane. Oggi che le relazioni sono molteplici e interconnesse, paradossalmente si nota una forte settorializzazione che tende a separare i contesti e a polarizzare i flussi di beni e persone sulle città e sulle aree metropolitane, marginalizzando la gestione dei metabolismi ecologici che si estendono su territori vasti.

Una visione resiliente e sostenibile del territorio necessita dunque di un approccio bioregionale (Magnaghi, 2020) che valorizza i caratteri specifici dei contesti territoriali, definiti dall'incrocio di più fattori (rilevi, clima, acque, insediamenti, foreste, economie, ecc.) e dagli scambi ecosistemici fra le diverse componenti (montagna, collina, pianura, valli fluviali) orientati alla rigenerazione integrata dei patrimoni territoriali e delle risorse. In questo contesto le aree montane acquistano un grande valore grazie alla ricca dotazione di ecosistemi, e con essi di saperi, di luoghi, di paesaggi, di atmosfere, e di forniture di benefici e servizi per il territorio. In questa direzione, ad esempio, è andata la Regione Toscana con la delimitazione degli ambiti di paesaggio del Piano Paesaggistico, che ha seguito confini di carattere bioregionale.

Oggi stiamo assistendo al proliferare di nuove forme di dipendenza sempre più consapevoli fra città e montagna, opposte rispetto al passato. Le forniture di servizi degli ecosistemi montani in termini di acqua, assorbimento della $C0_2$, turismo dolce, prodotti tipici, reti corte, qualità della vita necessitano di una presa di consapevolezza anche nella popolazione urbana sulla necessità di salvaguardare i valori e il popolamento in questi territori invertendo la tendenza dello spopolamento. Utilizzando la metafora del flusso minimo vitale per le acque dei fiumi è necessario garantire un livello minimo di attività socioeconomiche al di sotto del quale anche l'erogazione di SE viene meno. Fenomeni interessanti di ripopolamento sono in atto soprattutto nelle parti della montagna che, nell'ultimo secolo, hanno maggiormente subito la marginalizzazione socioeconomica. Ma sono fatti ancora molto limitati ed è, quindi, necessario trovare forme di alleanza consapevole con le città per sostenere un'inversione di tendenza, fondata su una visione di mutua interdipendenza come, appunto, nella visione di una bioregione, entro la quale si possano scambiare risorse e servizi tra loro complementari.

La montagna non deve essere pensata in contrapposizione o in alternativa, ma in integrazione coerente e giudiziosa con la città, capace di mantenere e di sostenere le diversità nell'ambito di un modello di interdipendenza bioregionale al fine di garantire i benefici offerti dalla montagna all'intero territorio. La montagna, mantenendo la sua diversità, può oggi rivendicare il suo diritto ad "essere città", offrendo cioè ai suoi abitanti alcuni vantaggi ed opportunità di cui gode chi vive nelle città. La montagna popolata può essere immaginata come una

rete urbana policentrica con la dislocazione di servizi nei vari centri, che possa consentire ai suoi abitanti di usufruire di funzioni e servizi diffusi simili a quelli offerti nella concentrazione urbana. Da questo punto di vista, la digitalizzazione apre enormi "margini di manovra" per questo processo di rafforzamento delle aree montane. Inoltre, facendo leva sul differenziale positivo del suo ambiente naturale e culturale, la montagna può garantire contesti di vita e di lavoro legati anche alla gestione e alla manutenzione degli ecosistemi, con livelli di benessere e qualità della vita pari o superiori a quelle delle vicine città. Una montagna che oggi può dunque permettersi di essere anche "una città diversa" con prospettive nuove e vantaggiose per i suoi abitanti e per i nuovi insediati.

Si tratta di sperimentare un nuovo modello "desiderabile" non solo sotto l'aspetto economico,, ma soprattutto sotto quello ecologico, culturale, politico-sociale e istituzionale, facendo riemergere le potenzialità di cui la montagna è ricca. Sostenere il nuovo popolamento della montagna non significa "urbanizzarla", creare impianti e infrastrutture, ma al contrario adeguare delicatamente le politiche e assecondare le scelte di chi conosce e rispetta quei contesti.

I servizi ecosistemici per ripopolare la montagna toscana

I territori, l'agroecosistema, il paesaggio forniscono contemporaneamente più SE. Un'ottica multifunzionale (Malcevschi, 2010) consente di considerarli nella loro varietà così che, una volta riconosciuti e descritti, essi possono essere migliorati mantenendo il carattere fondamentale dell'integrazione. La settorializzazione, come noto, ha prodotto notevoli danni al territorio. I programmi comunitari hanno sviluppato l'ottica multifunzionale anche per superare l'approccio produttivista in agricoltura ed integrare più aspetti (ambiente, paesaggio, socialità, estetica, ecc.) e a questo fine hanno lanciato progetti di cooperazione (come, ad esempio, i Progetti di filiera o i Progetti integrati territoriali) in cui è la dimensione di progetto a base locale che sintetizza i vari aspetti. Inoltre, i contesti hanno storie, identità complesse, caratteri specifici che cambiano anche in pochi metri. Per tale motivo è necessario riorientare la rotta verso nuovi modelli di sviluppo, implementando un approccio patrimoniale ai servizi ecosistemici.

La montagna necessita dunque di azioni multiobiettivo e multilivello di carattere pubblico-privato per definire meccanismi di governance in grado di sostenere e incentivare il ripopolamento montano. Appare decisivo conoscere, contabilizzare e valutare economicamente le dotazioni ecosistemiche dei territori montani per avvalersi e integrare nella pianificazione strumenti di mercato, compensazioni, incentivi, sussidi, tasse verdi, cioè per definire un'architettura di politiche pubbliche che consenta di:

- *rendere attrattiva la montagna* tramite nuove narrazioni che valorizzino la ricchezza ecosistemica e la progettualità locale, per invertire lo stigma negativo legato alla percezione della montagna come contesto periferico e marginale;

- *ottenere obiettivi ambientali integrati altrimenti difficilmente raggiungibili* come la cattura di CO_2, l'aumento della biodiversità, il turismo sostenibile, lo stoccaggio dell'acqua, la diffusione delle filiere corte, ecc.;
- *integrare montagna e città*, tornando a farle dialogare attraverso meccanismi culturali ed economici innovativi;
- *evitare che la montagna diventi un semplice "serbatoio di servizi ecosistemici per la città"* con logiche compensative, che consentirebbero di continuare a progettare *as usual* nelle aree urbane;
- *sostenere "economie" di nuova natura*, riconoscendo a operatori economici montani che si occupano del mantenimento degli ecosistemi (e che di solito operano in condizioni di reddito svantaggiate) modalità di integrazione al reddito non assistenziali, garantendo effetti collaterali di natura socioeconomica (la permanenza, il rientro o l'arrivo di nuovi soggetti nelle aree montane) anche attraverso il pagamento dei SE (PES o PES-like).
- *generare nuove economie locali* legate alla gestione dei SE sostenendo l'emersione di nuove opportunità legate alla progettualità locale, che mantengano la popolazione locale e attraggano nuovi insediamenti.

2. Obiettivi

La ricerca ha utilizzato approcci diversi, da quello economico valutativo a quello strategico territoriale incentrato sulle tematiche bioregionali. I diversi approcci si sono confrontati e hanno elaborato prodotti specifici, trovando alcuni interessanti momenti di interazione e di sintesi come la metodologia conoscitiva interattiva, la descrizione e la valutazione degli agroecomosaici, la definizione di programmi di PES legata alle strategie territoriali e ai progetti locali.

L'obiettivo generale del progetto di ricerca è stato quello di rendere operative le finalità della Regione Toscana relative al ripopolamento montano mettendole in tensione col paradigma dei SE e con quanto previsto nell'art. 85 della LR 68/2011. La ricerca ha sviluppato, in questa direzione, sia gli avanzamenti scientifici ottenuti nella relazione tra pianificazione bioregionale e servizi sia quelli messi a punto nella ricerca *Un modello di produzione socio-territoriale dei servizi ecosistemici per il servizio idrico integrato*, condotta dal Dipartimento di Architettura di Firenze per La Città Metropolitana di Firenze e La Confservizi-Cispel Toscana nel contesto del Mugello.

La ricerca si è posta l'obiettivo di:

- individuare una metodologia d'indagine del contesto locale riconosciuta a livello internazionale e relativamente semplice da applicare, al fine di valutare la consistenza dei SE nelle aree montane oggetto di analisi;
- esplorare la possibilità di attivare forme di governance multilivello e multiobiettivo di carattere pubblico-privato capaci di valorizzare, col coinvolgimento della comunità locale, la fornitura dei SE in un'ottica di rigenerazione sostenibile del territorio montano prendendo spunto da una rassegna e analisi di casi già applicati a livello internazionale e nazionale.

Al fine di valorizzare e finalizzare le progettualità sociali nella gestione dei patrimoni territoriali e delle risorse locali, la ricerca ha operato in due contesti bioregionali montani dove la popolazione ha maturato un'adeguata consapevolezza sul tema e, pertanto, fosse in grado di farsi parte proattiva del progetto.

Nello specifico, il progetto ha perseguito i seguenti obiettivi:

a. *evidenziare la consistenza dei servizi ecosistemici e dei servizi ecoterritoriali nelle aree montane per combattere lo spopolamento e valorizzare le opportunità di nuovo insediamento*;
b. *illustrare i benefici qualitativi e quantitativi per la popolazione locale e per il bacino di utenza più esteso della gestione condivisa dei servizi ecosistemici ed ecoterritoriali;*
c. *individuare economie locali legate alla gestione locale dei SE;*
d. *valutare l'entità dei flussi e il valore dei SE scambiati fra i contesti montani e i contesti urbani*;
e. *individuare possibili forme di pagamento dei SE (PES o PES-like) al fine di consentire una redistribuzione più equa e stabile dei benefici tra fornitori e utilizzatori* (da valutare se il meccanismo di redistribuzione deve rimanere all'interno della fiscalità generale o se può essere erogato direttamente ai soggetti locali implicati nella fornitura di SE).

La ricerca si è quindi articolata nelle seguenti fasi.

1. *Avvio del progetto:*
   a. definizione del comitato scientifico della ricerca;
   b. definizione di un comitato di pilotaggio;
   c. definizione del gruppo di ricerca (ricercatori ed eventuali consulenze);
   d. seminario introduttivo su SE e PES e presentazione della ricerca.
2. *Conoscenza del territorio e degli attori e definizione dei SE da sottoporre a valutazione:*
   a. sperimentazione metodologica nell'area del Mugello (con la relazione Mugello/Città Metropolitana di Firenze) e nell'area della montagna interna dell'Amiata;
   b. raccolta materiali e documentazione disponibili sull'area di studio (ricerche, documenti della pianificazione territoriale, documenti della programmazione socioeconomica e settoriale);
   c. intervista ad alcuni attori privilegiati per completare il quadro delle conoscenze e/o percezioni sulle dinamiche socioeconomiche e ambientali in atto sul territorio;
   d. definizione dei patrimoni territoriali / risorse e dei metabolismi del sistema ecologico: valori e criticità;
   e. valutazione – nell'area di studio – degli ecosistemi in relazione alle risorse: valori e criticità;
   f. workshop di presentazione dei risultati della fase conoscitiva con proposta di approfondimento su alcuni SE (es. risorse idriche; protezione del suolo; cattura della $C0_2$; approvvigionamento di cibo; servizi ricreativo-culturali) e individuazione dei SE più rilevanti per il contesto locale.
3. *Valutazione dei SE, degli effetti sul patrimonio territoriale e individuazione dei soggetti da coinvolgere per introdurre sistemi di governance:*
   a. individuazione e definizione della metodologia per la valutazione spaziale di offerta e domanda dei SE;

b. contabilizzazione dei flussi per evidenziare benefici per la popolazione, valori e criticità potenziali (es. situazioni di carenza, situazioni di eccesso, gap distributivi, ecc.);
c. individuazione dei principali soggetti che hanno un ruolo fondamentale nel "regolare" il flusso dei SE analizzati e interessati da possibili misure di intervento (es. PES);
d. individuazione dei principali soggetti / categorie beneficiarie della "regolazione" del flusso di SE;
e. workshop di presentazione dei risultati della fase di valutazione e discussione / validazione;
f. predisposizione del rapporto di ricerca.

4. *Definizione di proposte operative sui modelli di governance dei SE:*
   a. analisi di best practices di modelli di governance dei SE a livello italiano ed europeo;
   b. individuazione di modelli alternativi per attivare "filiere integrate" di valorizzazione dei SE (es. modelli di tassazione generale o specifica, contratti, collaborazioni pubblico-private, progetti pilota su Fondi strutturali UE, ecc.);
   c. analisi del metodo seguito nella ricerca con individuazione dei punti di forza e di debolezza e definizione del piano di lavoro condiviso con ANCI per l'estensione su altri contesti regionali;
   d. elaborazione del rapporto di ricerca;
   e. seminario finale di restituzione dei risultati del progetto.
5. *Prospettive future.*

3. Schema metodologico

Al fine di creare un percorso di indirizzo è stato elaborato uno schema concettuale che costituisce il framework metodologico generale all'interno del quale si è sviluppa la ricerca. Partendo da un'attenta analisi del contesto territoriale e delle buone pratiche di gestione – in contesto internazionale e nazionale – la metodologia punta a definire una progettualità strategica integrata e condivisa, sottolineando l'importanza della dimensione interattiva e partecipativa.

Lo schema molto ampio e dettagliato ha costituito una road map della ricerca, pur non arrivando a completarne tutte le parti, che comunque sono state anche solo marginalmente esplorate.

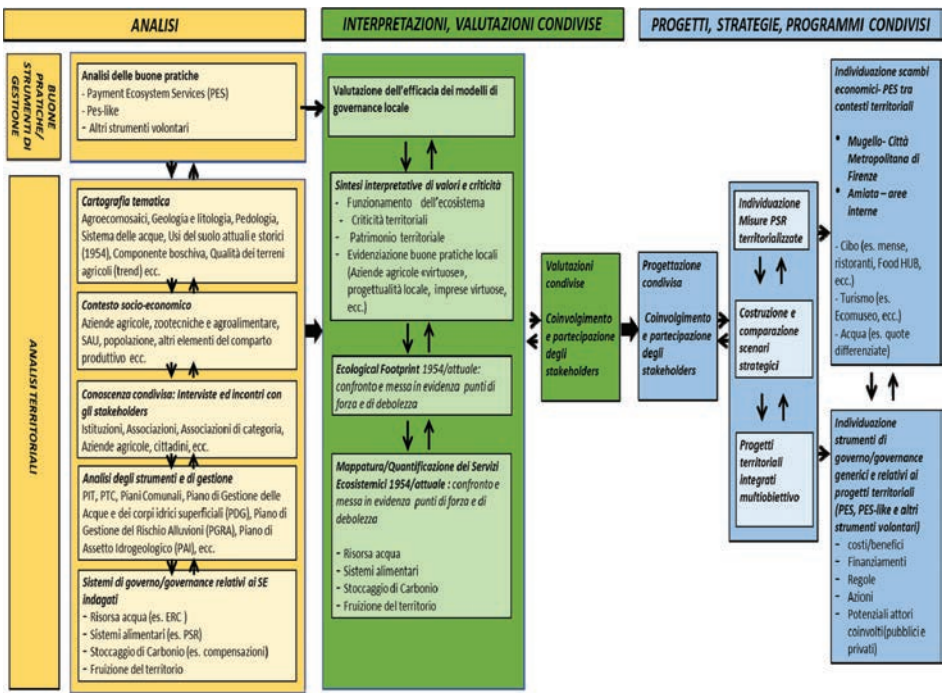


Fig. 1. Schema metodologico della ricerca

La struttura dello schema concettuale si articola in tre fasi distinte e correlate tra loro.

1. *Analisi che, a sua volta, si compone di due ampi blocchi tematici:*
   a. *l'analisi territoriale*, che approfondisce diversi aspetti in modo parallelo e interrelato:
      i. la cartografia tematica (usi del suolo, componente boschiva, geologia e litologia, agroecomosaici, ecc.);
      ii. il contesto socioeconomico (relativo alla popolazione, al comparto produttivo, alle aziende agricole e zootecniche, ecc.);
      iii. la conoscenza condivisa, attraverso interviste e incontri con attori locali pubblici e privati (istituzioni, associazioni, associazioni di categoria, cittadini, aziende agricole, ecc.);
      iv. l'analisi degli strumenti di pianificazione del territorio (PIT, PTC, Piani comunali) e degli strumenti di gestione (Piano di gestione delle acque, Piano di assetto idrogeologico ecc.);
      v. sistemi di governo e di governance relativi ai SE indagati (ad esempio gli ERC per la risorsa idrica);
   b. *l'analisi delle buone pratiche e degli strumenti di gestione*, quali i PES, PES-like e altri strumenti volontari.
      I risultati emersi da quest'ultima analisi sono confluiti nella valutazione dell'efficacia dei modelli di governance locale della seconda fase della metodologia.
2. *Interpretazioni e valutazioni condivise articolate secondo:*
   a. una sintesi interpretativa di valori e criticità (patrimonio territoriale, elementi di debolezza, funzionamento dell'ecosistema, ecc.);
   b. una stima dell'ecological footprint, con un confronto tra il 1978 e il 2019;
   c. la mappatura / quantificazione dei principali SE;
   d. la valutazione dell'efficacia dei modelli di governance locale.

   Tali sintesi interpretative, correlate tra loro ed effettuate parallelamente, sono state poi condivise – attraverso degli incontri – con gli attori locali, al fine di avere un feedback sulle interpretazioni e avviare un processo virtuoso e incrementale del cosiddetto "capitale sociale" locale.
   Il coinvolgimento e la partecipazione degli attori locali si è posto l'obiettivo di implementare valutazioni condivise quale base per la fase finale relativa alle proposte progettuali.
3. *Progetti, strategie, programmi condivisi*: la terza e ultima fase, incentrata sulla progettazione condivisa e su coinvolgimento e partecipazione degli attori locali, è stata immaginata come implementazione di tre principali attività correlate tra loro e i cui singoli risultati devono essere costantemente confrontati e messi a sistema:
   a. l'individuazione di buone pratiche territorializzate;
   b. la costruzione e la comparazione di scenari strategici;
   c. a costruzione di progetti territoriali integrati multiobiettivo;

La progettazione condivisa si è posta come meta finale l'individuazione di:

a. PES tra contesti territoriali. Per l'area del Mugello lo scambio è stato ipotizzato con la Città Metropolitana di Firenze; per l'area dell'Amiata con le aree della costa e la città di Siena. Tali scambi economici possono essere immaginati per diversi SE, attraverso strumenti e strategie differenti e integrate, ad esempio:
   i. per la fornitura di cibo l'attivazione di relazioni con la ristorazione collettiva (mense scolastiche), la ristorazione locale, la creazione di food hubs, ecc.;
   ii. per la fruizione del territorio e il turismo, l'implementazione degli ecomusei;
   iii. per la fornitura di acqua, forme di pagamento per l'uso della risorsa da parte delle aree urbane.
b. progetti-pilota territoriali orientati a sviluppare forme di governance innovative basate su PES, PES-like e/o altri strumenti volontari con una chiara indicazione di costi/benefici, possibili forme di finanziamenti, regole, azioni e potenziali attori coinvolti, pubblici e privati.

4. Articolazione del rapporto di ricerca

Il rapporto di ricerca è articolato in cinque parti.

La prima parte, *Servizi ecosistemici e pagamenti per i servizi ecosistemici,* è incentrata sull'illustrazione teorico-metodologica dei SE, le origini del concetto, le principali tipologie di classificazione, le tecniche di mappatura e contabilizzazione. In particolare, quest'ultimo punto si concentra sull'illustrazione del sistema di contabilità ambientale-economica SEEA-EA dell'ONU verificandone le possibilità di applicazione a contesti territoriali locali. Un'ulteriore approfondimento è dedicato all'illustrazione del quadro normativo nazionale e regionale sui SE e gli ambiti potenziali di applicazione.

Successivamente, l'attenzione si sposta sui PES ossia sui modelli di gestione e valorizzazione dei SE attraverso l'introduzione di strumenti di remunerazione. A questo proposito vengono illustrate buone pratiche di PES in Italia e nel mondo con una particolare attenzione al tema dei costi ambientali e della risorsa (ERC) quale potenziale strumento per il finanziamento dei PES.

Nella seconda parte, *Mappatura e valutazione dei servizi ecosistemici nelle aree di sperimentazione,* viene inizialmente presentato il calcolo dell'ecological footprint per i venti Ambiti di Paesaggio della Regione Toscana definiti nel Piano paesaggistico (PIT-PPR), con una valutazione diacronica (comparando il 1978 allo stato attuale) del rapporto tra consumi e disponibilità di risorse.

Successivamente vengono delimitati e descritti gli ambiti montani pilota – Amiata e Mugello – all'interno dei quali sono stati individuati gli agroecomosaici, ovvero degli assetti territoriali e paesaggistici del territorio rurale dati dalla combinazione fra caratteri geomorfologici, agronomici e insediativi. Gli agroecomosaici, assieme alle unità amministrative dei Comuni e alle unità spaziali esagonali di 5 ha, rappresentano, in questa ricerca, le unità di riferimento per la mappatura e valutazione dei SE. Viene poi definito un sistema di indicatori per la contabilità degli ecosistemi e la relativa contabilizzazione monetaria con le relative mappe e tabelle.

La terza e la quarta parte, *Analisi e strategie territoriali per l'Amiata* e *Analisi e strategie territoriali per il Mugello*, si strutturano similmente e descrivono il lavoro

svolto sul/per il territorio. In una prima parte, si approfondisce l'indagine territoriale con riferimento all'andamento demografico, al territorio agroforestale e ai valori e criticità del patrimonio territoriale. Per quanto riguarda il territorio amiatino, analizzato nella parte terza, vengono approfonditi anche i contenuti degli strumenti di pianificazione comunale e della rassegna stampa relativa al fine di far emergere i "temi caldi" sui SE percepiti a livello locale.

Successivamente, per entrambe le aree, viene presentato il quadro dei risultati derivanti dalle interviste e la matrice SWOT che contiene tutti i risultati dell'analisi territoriale. Tale quadro è stato presentato durante i focus territoriali effettuati nel luglio 2022 grazie al contributo di ANCI. Nel rapporto sono riportati gli esiti di tali incontri riguardanti la discussione della matrice SWOT, la presentazione delle possibili strategie territoriali e la discussione con gli attori locali su possibili ambiti di intervento per l'attivazione di progetti pilota. Si sottolinea, inoltre, che i contenuti integrali delle interviste sono riportati in Allegato 4.

A conclusione delle parti terza e quarta sono presentate le strategie integrate territorializzate elaborate per i due territori e le proposte di PES per i SE legati alla risorsa idrica.

Infine, nelle *Conclusioni e prospettive di ricerca* sono riportati alcuni accenni ai principali ambiti che potrebbero essere oggetto di ulteriori indagini e approfondimenti per l'implementazione di politiche e progetti orientati alla valorizzazione dei SE forniti dalle aree montane in una logica di sviluppo equo e sostenibile con riferimento alle aree urbane.

Parte Prima

Servizi ecosistemici e pagamenti per i servizi ecosistemici

5. I servizi ecosistemici

Introduzione

Anche se il concetto di servizi ecosistemici (SE) affonda le sue origini già nella fine degli anni '70 del XX secolo - quando il riconoscimento dei benefici degli ecosistemi per la società umana era principalmente utilizzato come stimolo per indirizzare l'interesse pubblico nei confronti della conservazione e valorizzazione della biodiversità - è a partire dalla fine degli anni '90 che si è data sempre più importanza al tema dell'ambiente e degli ecosistemi. In questo periodo, in contesto anglosassone, si è iniziato a sviluppare pienamente il paradigma dei SE, definiti nella letteratura come i benefici (fornitura di acqua, cibo, legname, regolazione del clima, delle alluvioni, etc.) che l'ecosistema territoriale (boschi, sistemi delle acque, aree agricole, etc.) produce per la società umana, senza che però questa transazione sia regolata da un' intermediazione di natura economica.

La trattazione dei SE si è ampiamente diffusa con gli studi di Costanza et al. (1997) ed i loro primi tentativi di realizzare una stima del valore economico dei servizi offerti dagli ecosistemi, ma è con la pubblicazione nel 2005 *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005) che il tema dei SE è diventato un elemento centrale dell'agenda politica internazionale, dando un forte impulso alla promozione di meccanismi di pagamento e di remunerazione dei SE (Brotto et al., 2017). Il MEA ha classificato i SE in quattro categorie: servizi di supporto alla vita, di approvvigionamento, di regolazione, e culturali.

La classificazione del MEA è stata ripresa e adattata da altri autori ed iniziative. La recente *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES), sviluppata dall'Agenzia Ambientale Europea (Haines-Young e Potschin, 2018), raggruppa i SE in tre categorie invece che in quattro come la classificazione del MEA: servizi di approvvigionamento (acqua, prodotti alimentari e biomassa, materie prime, etc.), di regolazione e mantenimento (regolazione del clima, cattura e stoccaggio del carbonio, controllo dell'erosione e dei nutrienti, regolazione della qualità dell'acqua, protezione e mitigazione degli eventi estremi, riserva genetica, conservazione della biodiversità, etc.); e servizi culturali (servizi ricreativi e culturali, funzioni etiche e spirituali, paesaggio, patrimonio naturale, ecc.).

Fig. 2. Classificazione dei servizi ecosistemici secondo il MEA (fonte: Brotto et al., 2017).

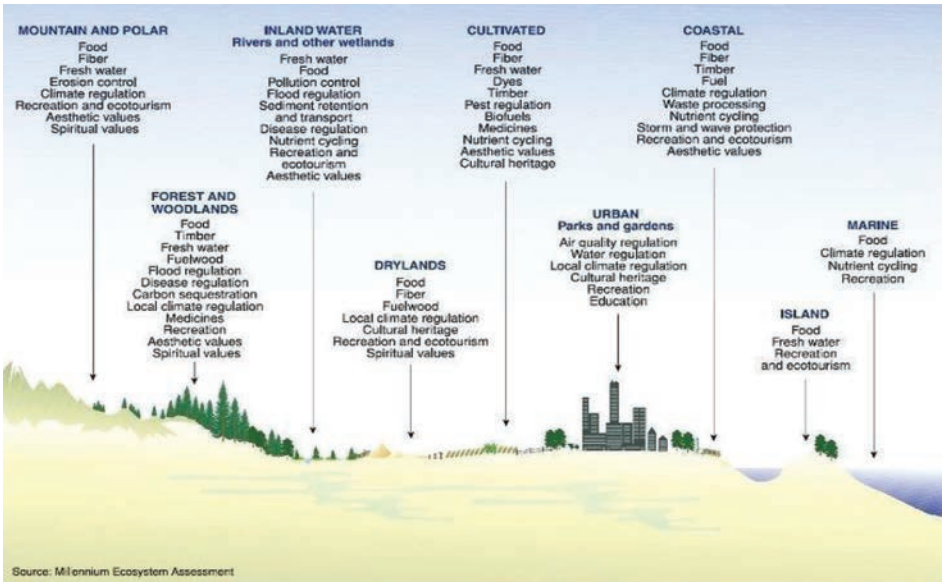


Fig. 3. Identificazione dei principali servizi ecosistemici dei biomi della terra (fonte: MEA 2005)

Alla fornitura dei SE è riconosciuto universalmente un ruolo rilevante per il benessere e la qualità della vita della società, al pari di altri servizi come quelli culturali, sanitari, etc., sebbene le loro caratteristiche siano di natura molto particolare, poiché derivano dagli agro-ecosistemi e dalla modalità più o meno dissipativa del loro trattamento. In particolare, la gestione sociale dei SE, inserita nel contesto più ampio del territorio, può apportare vantaggi complessi e integrati che si proiettano verso una progettualità innovativa di tipo ecoterritoriale affiancando alla fornitura dei SE quella dei servizi ecoterritoriali.

Costanza et al. (1997) sono stati fra i primi a mettere in evidenza la necessità di introdurre la valutazione dei SE nel panorama delle politiche pubbliche, non in maniera meramente descrittiva, ma tramite una contabilizzazione economica, ponendo come centrale il problema della loro monetizzazione. Infatti, attualmente, "poiché i servizi ecosistemici non vengono catturati dai mercati e non vengono quantificati in termini comparabili ai servizi economici e ai prodotti industriali, molto spesso non vengono neanche considerati nelle decisioni politiche".

La nozione di Capitale Naturale (CN) accoglie questo approccio sottolineando la rilevanza economica degli ecosistemi. In Italia, la L. 221/2015, all'art. 67, ha disposto l'istituzione di un Comitato per il capitale naturale (CCN), al fine di realizzare annualmente un *Rapporto sullo stato del Capitale Naturale in Italia*, con dati e informazioni in unità fisiche e monetarie, seguendo le metodologie definite dall'ONU e dall'UE.

Definizioni

Capitale naturale: "*L'intero stock di asset naturali - organismi viventi, aria, acqua, suolo e risorse geologiche - che contribuiscono a fornire beni e servizi di valore, diretto o indiretto, per l'uomo e che sono necessari per la sopravvivenza dell'ambiente stesso da cui sono generati*" (CCN, 2017).

Ecosistema: "*Un complesso dinamico costituito dalle comunità di piante, animali e microrganismi e dal loro ambiente non vivente, che interagiscono come unUunità funzionaleu* (Maes et al., 2021).

***Condizione dell'ecosistema*:** *"La qualità fisica, chimica e biologica di un ecosistema in un determinato momento. Altri termini utilizzati sono integrità o salute dell'ecosistema. Una buona condizione dellUecosistema significa che esso è in buone condizioni fisiche, chimiche e biologiche, con capacità di auto-riproduzione o di auto-conservazione, e la composizione delle specie, la struttura dell'ecosistema, e le funzioni ecologiche non sono compromessee* (Maes et al., 2021).

***Servizi ecosistemici*:**
"I benefici che le popolazioni umane derivano, direttamente o indirettamente, dalle funzioni dell'ecosistema" (Costanza et al. 1997).
"Le condizioni e i processi attraverso cui gli ecosistemi naturali, e le specie che li compongono, sostengono e soddisfano la vita umana" (Daily 1997).
"I benefici che le persone ottengono dagli ecosistemi" (MEA 2005).
"I contributi diretti e indiretti degli ecosistemi al benessere umano" (Sukhdev 2008).
"Il contributo degli ecosistemi ai benefici utilizzati nelle attività economiche e in altre attività umane" (UNSD 2021).
"Il contributo degli ecosistemi ai benefici economici, sociali, culturali e di altro tipo che le persone traggono dagli ecosistemi" (Maes et al., 2021).

Negli anni recenti, il ruolo del CN e dei SE è stato ribadito in diverse strategie promosse in ambito internazionale e nazionale. Ad esempio, nell'ambito dell'ONU, sia nella definizione degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 (target 15.9), sia nel Piano Strategico 2011-2020 della Convenzione sulla Diversità Biologica (Aichi target 2). In ambito europeo, il principale riferimento è stata la Strategia per la Biodiversità al 2020 (2011, target 2, azione 5). Fra le molte altre iniziative per la protezione del CN si possono citare, senza pretesa di esaustività: il Programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente "Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta" (2012); il Piano per la salvaguardia delle risorse idriche (2012); la strategia sulle infrastrutture verdi "Rafforzare il capitale naturale in Europa" (2013). Recentemente, infine, la Commissione Europea ha adottato una nuova Strategia per la Biodiversità al 2030, e un piano d'azione associato (2020).

In attuazione dell'Agenda 2030, e in assonanza con gli obiettivi delle strategie europee, principalmente quelli di sottolineare la centralità del suolo per gli ecosistemi, e di ripristinare gli ecosistemi terrestri e marini, il Ministero dell'Ambiente ha sviluppato la Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile 2017-2030, che si configura come lo strumento principale per la creazione di un nuovo modello economico circolare, a basse emissioni di CO_2, resiliente ai cambiamenti climatici e agli altri cambiamenti globali causa di crisi locali, come, ad esempio, la perdita di biodiversità, la modificazione dei cicli biogeochimici fondamentali (carbonio, azoto, fosforo) e i cambiamenti nell'uso del suolo (CCN, 2018).

Appare ormai evidente come la contabilità delle dotazioni di SE sia basilare per sostenere la transizione verso sistemi socioeconomici resilienti, in grado di far fronte ai cambiamenti climatici, e al tempo stesso di dare risposta alle domande che provengono dalla società e da molte imprese (in particolare agricole) che si sono organizzate per consumare poche risorse ambientali e per valorizzarne l'uso ambientale ed energetico con filiere e circuiti corti, in ottica ecoterritoriale.

Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES, Mappatura e Valutazione degli Ecosistemi e dei loro Servizi) è stata un'iniziativa della Commissione europea e degli Stati membri dell'UE, con la collaborazione di politici e ricercatori, finalizzata ad aumentare la conoscenza degli ecosistemi e dei loro servizi, per l'attuazione dell'azione 5 dell'obiettivo 2 della Strategia per la Biodiversità al 2020. L'obiettivo 2 mirava infatti a mantenere e ripristinare gli ecosistemi e i loro servizi, includendo le infrastrutture verdi nella pianificazione territoriale. L'azione 5 intendeva, quindi, mappare e valutare lo stato e il valore economico degli ecosistemi e dei SE in tutto il territorio dell'UE, e promuovere il riconoscimento di tale valore nei sistemi di contabilità in tutta Europa.

Il gruppo di lavoro MAES, con il contributo di altri progetti europei quali ESMERALDA e INCA, ha fornito un quadro operativo per la valutazione degli ecosistemi dell'UE, e tutti gli Stati membri sono attualmente impegnati nella mappatura e valutazione degli ecosistemi e dei SE sul loro territorio. Il quadro operativo, descritto in una serie di report tecnici, comprende i seguenti elementi:

- Un quadro concettuale per la valutazione degli ecosistemi, che collega gli ecosistemi e la biodiversità alle persone attraverso i SE e i driver di cambiamento (immagine successiva);
- Un quadro di valutazione per gli ecosistemi, in linea con il Sistema di contabilità ambientale-economica dell'ONU (System of Environmental-Economic Accounting - SEEA);
- Tipologie per la classificazione degli ecosistemi, delle pressioni, delle condizioni degli ecosistemi, e dei SE;
- Indicatori per la valutazione delle pressioni, delle condizioni, e dei servizi degli ecosistemi.

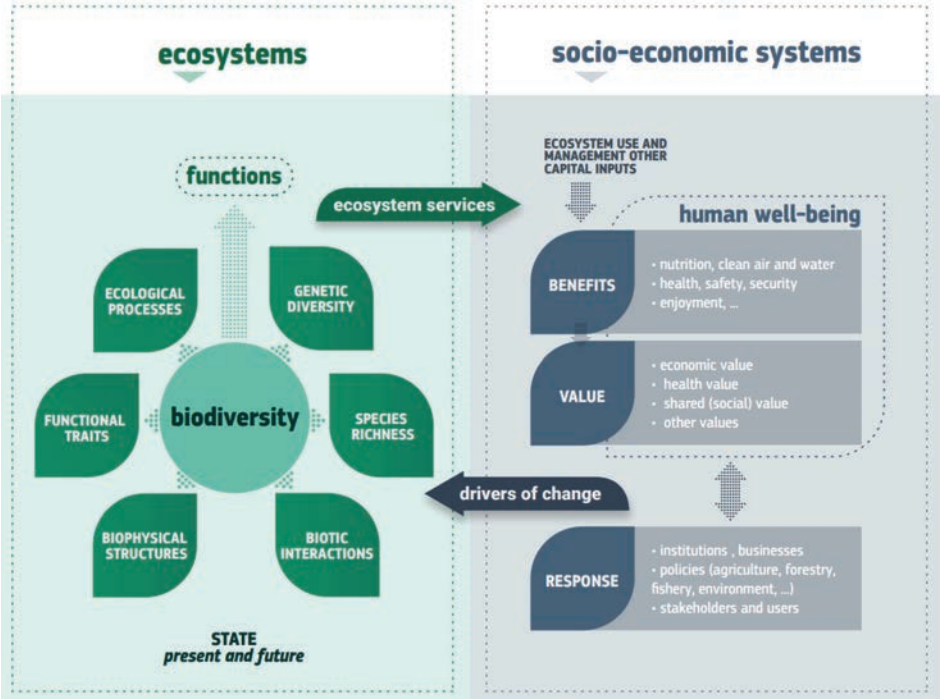


Fig. 4. Quadro concettuale per la valutazione degli ecosistemi e dei loro servizi nell'UE (fonte: Maes et al., 2021).

Il progetto INCA (Accounting for Ecosystems and their Services in the EU) è stato un progetto pilota con la finalità di definire un sistema integrato di contabilità degli ecosistemi dell'UE (Vysna et al., 2021). Esso è servito per testare il primo manuale ONU sperimentale sulla contabilità degli ecosistemi (System of Environmental-Economic Accounting - Experimental Ecosystem Accounting, SEEA-EEA), pubblicato nel 2014, e i suoi risultati hanno contribuito alla stesura della versione rivista del manuale SEEA - Ecosystem Accounting (SEEA-EA), completata e adottata nel marzo 2021. Il progetto INCA ha dimostrato che la produzione di un'ampia gamma di conti degli ecosistemi, seguendo le linee guida del SEEA-EA, è fattibile, ed è possibile produrre informazioni coerenti e comparabili sugli ecosistemi e sui SE anche a scala dell'UE.

Nel quadro della contabilità degli ecosistemi, i SE sono il concetto che collega gli ecosistemi e le attività di produzione e consumo di imprese, famiglie e governi. Il progetto INCA ha valutato sette SE per l'anno 2012: fornitura di cibo e legname, impollinazione, sequestro del carbonio, protezione dalle alluvioni, purificazione delle acque, e attività ricreative. I conti dei SE sono prodotti in unità sia fisiche che monetarie.

I risultati del progetto INCA suggeriscono che il valore dei sette SE considerati ammontava a circa 172 miliardi di euro nell'UE nel 2012. I boschi fornivano il 47,5% del totale dei sette SE misurati, le aree agricole il 36%, le aree urbane meno dell'1%. Per unità di superficie, il valore dei SE offerti dai boschi

era quasi 9 volte superiore a quello dei SE offerti dalle aree urbane. La purificazione delle acque è risultato il SE con il valore aggregato più elevato (55,6 miliardi di euro all'anno), seguito dalle attività ricreative basate sulla natura (50,4 miliardi di euro all'anno). Quasi la metà dell'offerta totale dei sette SE era utilizzata dalle famiglie, dal settore secondario e dal settore terziario. L'agricoltura utilizzava il 38% dell'offerta totale di SE, per un valore di 64,7 miliardi di euro nel 2012. Le analisi del progetto INCA, comunque, si concludono riconoscendo che, a livello Europeo, più della metà della domanda sociale di SE essenziali non è attualmente soddisfatta dagli ecosistemi.

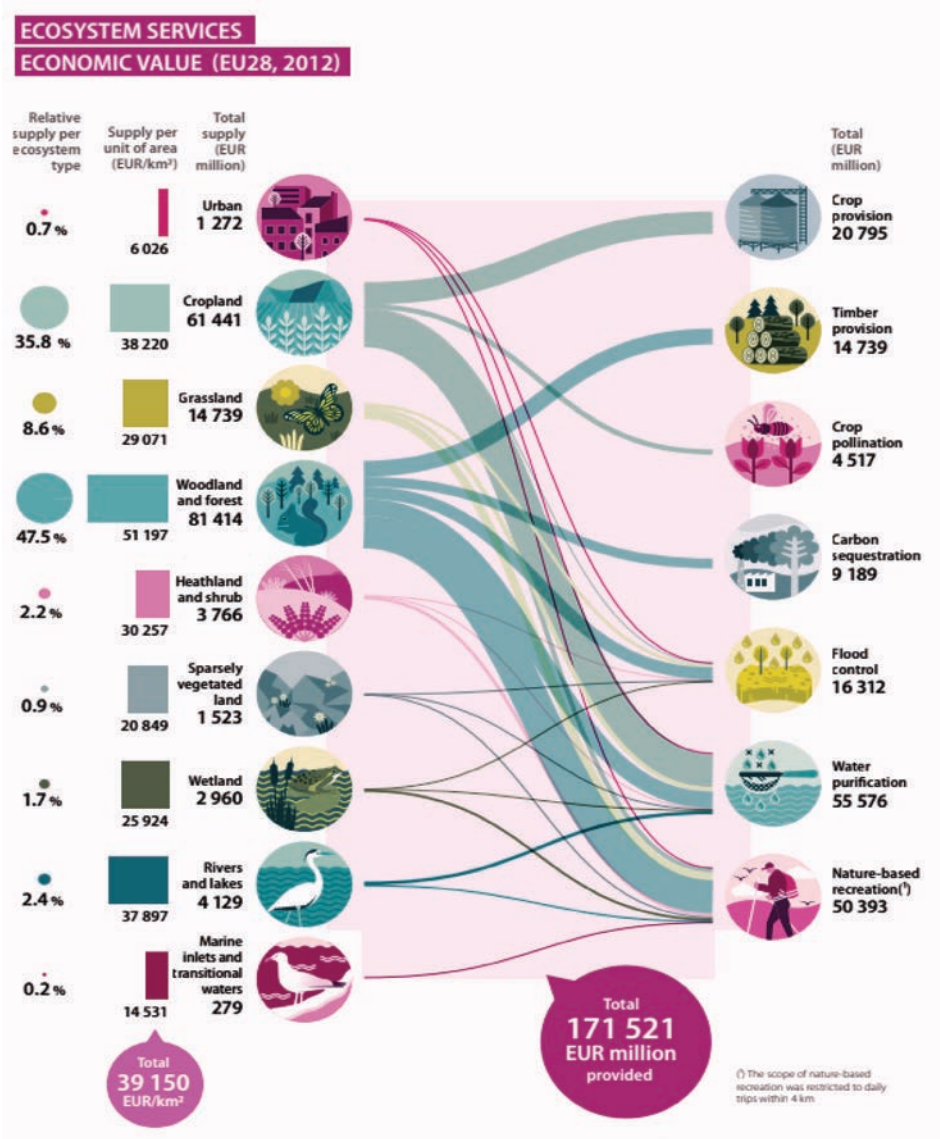


Fig. 5. Offerta di SE per l'UE-28 nel 2012 (fonte: Vysna et al., 2021).

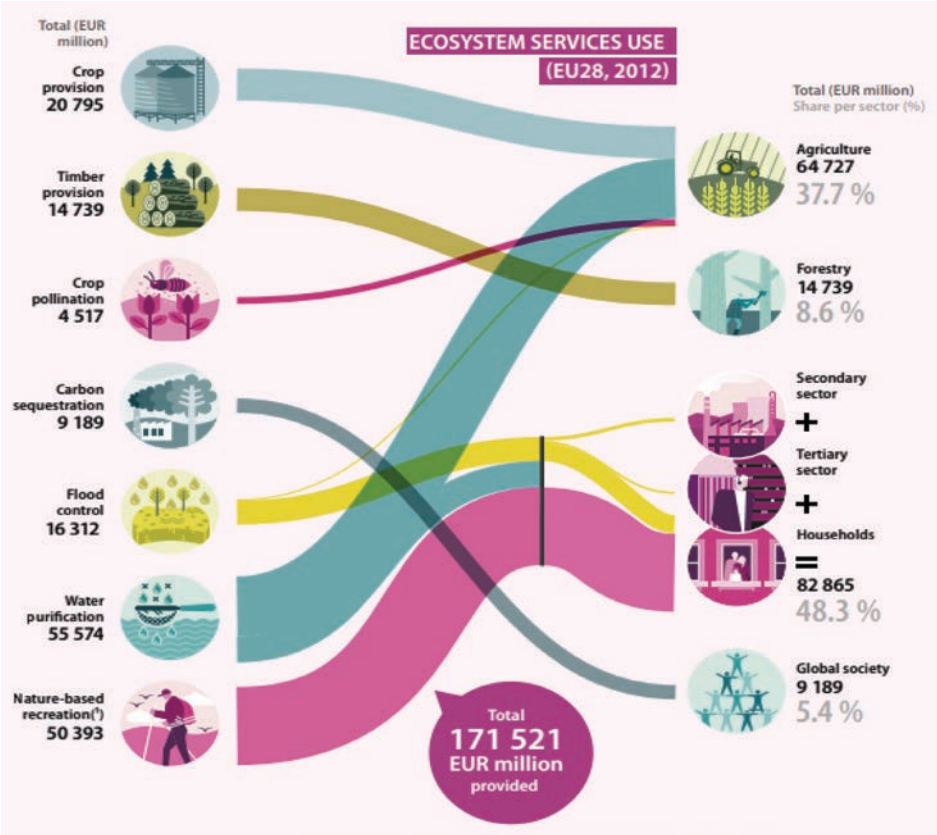


Fig. 6. Domanda di SE per l'UE-28 nel 2012 (fonte: Vysna et al., 2021).

Negli ultimi anni, il CN e i SE sono stati posti sempre più al centro dei tentativi crescenti di rivisitare i sistemi di contabilità nazionale. Se da un lato, infatti, la conoscenza del legame fra i SE e il benessere umano è ormai ben consolidata, dall'altro, l'impiego efficace – alle diverse scale istituzionali – delle informazioni sul CN all'interno dei sistemi contabili e decisionali è ancora tutto da costruire. A partire dalle crescenti critiche mosse ai sistemi di contabilità tradizionali e al PIL, è avvertita come sempre maggiore la necessità di nuove metodologie e strumenti funzionali alla misurazione del benessere e della ricchezza della società, attraverso modelli condivisi che non trascendano dalla rendicontazione del CN e dei SE.

In estrema sintesi, le politiche internazionali ed europee che riguardano il CN e i SE hanno tracciato alcuni passaggi chiave per la loro gestione, che possono essere così sintetizzati:

- Procedere ad una mappatura dei SE sui territori nazionali, valutandone i valori economici;
- Integrare il valore economico dei SE nei sistemi di contabilità e rendicontazione a livello di UE e di Stati membri;
- Promuovere l'impiego di strumenti finanziari innovativi, basati sul mercato, quali i Pagamenti per i Servizi Ecosistemici (PES).

Alcuni punti critici

Dall'analisi dei progetti internazionali e della letteratura recente sui SE emergono alcune questioni aperte la cui presa in considerazione è di utile riflessione al fine di integrare pienamente l'analisi dei SE all'interno di una strategia complessiva di riqualificazione e valorizzazione territoriale e di attivare sistemi di Pagamento per i Servizi Ecosistemici (PES) legati al progetto di territorio (Poli, Chiti e Granatiero, 2020). Di seguito i principali punti critici:

- *Separazione tra servizi ecosistemici e territorio*. La dimensione ecologica è un fattore interno alla generazione e alla continua rigenerazione del territorio. Gli esseri umani che beneficiano dei servizi ecosistemici non vivono immersi in una natura indistinta, ma appartengono a un sistema in gran parte trasformato che si autoriproduce ed evolve in stretta relazione con quello naturale. Non si tratta quindi di sistemi separati, ma di sistemi integrati, frutto della coevoluzione fra natura e cultura (Magnaghi, 2010). Il sistema insediativo, la struttura agricola, il paesaggio, la rete idrografica, le memorie sedimentate, i saperi contestuali caratterizzano il territorio, dotando quest'ultimo di aspetti peculiari dati proprio dall'interazione localizzata con i caratteri ambientali, non riproducibili a piacere. Il territorio è quindi una "seconda natura" trasformata e umanizzata. Non abitiamo la "natura", ma una "seconda natura" complessa e articolata. L'ecosistema "naturale" sta a fondamento della costituzione e della trasformazione di ciò che può essere definito "ecosistema territoriale" (Saragosa, 2001).
- *Servizio senza qualità paesaggistica e territoriale*. Considerare solo la funzione o il servizio senza interagire con la conformazione dei luoghi può essere rischioso. Pensando alle periferie costruite su base funzionale, tramite la quantificazione degli standard, e in assenza della componente sociale, si rischia di assumere una visione troppo "settoriale" che tende ad arrivare all'obiettivo (erogazione del servizio) senza considerare la qualità sociale ed estetica che ne può derivare. La mancanza di una visione integrata e complessiva del progetto locale può portare ad accettare qualsiasi soluzione purché essa risponda all'obiettivo dell'erogazione di un determinato servizio.
- *Settorializzazione*. I territori, l'agro-ecosistema, il paesaggio forniscono contemporaneamente più SE. Un'ottica multifunzionale consente di considerarli nella loro varietà (Malcevschi, 2010) così che, una volta riconosciuti e descritti, essi possono essere migliorati mantenendo il carattere fondamentale dell'integrazione.
- *Erogazione dei servizi senza mettere in discussione il modello di sviluppo*. Questo può portare a criticità e rischi che aumentano la dipendenza e lo sfruttamento di "forniture" esterne di risorse fondamentali. Territorializzare i flussi (dell'acqua del cibo, dell'energia, ecc.), ad esempio, in ottica territorialista, è una tensione progettuale fondamentale per minimizzare la criticità ambientali ed elevare la qualità della vita. Territorializzare i flussi significa fare i conti con il concetto di limite delle dotazioni locali e delle quantità di attivazio-

ni possibili di risorse senza mettere a repentaglio la complessità dello stock patrimoniale.
- Alla luce del concetto di bioregione urbana - intesa come tendenziale territorializzazione dei flussi, chiusura dei cicli, e gestione locale degli scambi fra più contesti e fra più bioregioni – i SE acquistano un valore rilevante, perché consentono di mettere in luce la dimensione dinamica del patrimonio territoriale, e apprezzare l'utilità sociale di un suo "buon uso".

Rispetto a quest'ultimo punto, appare indispensabile, anche se non praticabile in maniera esaustiva nel contesto di questa ricerca, integrare la valutazione dei SE con indicatori adeguati a valutare sia i limiti endogeni dei sistemi oggetto di valutazione, sia gli impatti delle attività umane su tali sistemi. Quello dei limiti e degli impatti umani sugli ecosistemi è un ambito di ricerca fondamentale, che necessita di ulteriori sforzi di indagine. In questo contesto, è possibile fare soltanto un accenno al tema, che sarà ripreso brevemente anche all'inizio della seconda parte.

Ciò che si vuole sottolineare è che, per affrontare le complesse interconnessioni fra i sistemi naturali e le attività umane (all'interno di cosiddetti "sistemi socio-ecologici"), e per individuare soluzioni efficaci alle sfide della sostenibilità, sono necessari approcci "olistici" che integrino vari aspetti delle relazioni fra le attività umane e la natura. Per questo, oltre a quello dei SE (che tentano di quantificare i contributi della natura ai benefici per gli umani), in anni recenti sono stati sviluppati e testati altri approcci che considerano aspetti differenti delle relazioni fra natura e società (Liu et al., 2015). Fra i più importanti si possono ricordare:
- Le *impronte ambientali*, che tentano di quantificare gli effetti negativi che le attività umane hanno sui sistemi naturali (ad esempio le risorse consumate e i rifiuti generati);
- I *confini planetari*, che tentano di quantificare i livelli soglia e i limiti per diversi componenti e processi chiave del sistema terrestre (ad esempio l'ozono stratosferico, l'acqua dolce, e il ciclo dell'azoto), oltre i quali il pianeta non può sostenere l'umanità in sicurezza;
- I *nessi umani-natura*, che tentano di analizzare le interdipendenze tra molteplici questioni chiave (ad esempio acqua, cibo, energia, terra o ecosistemi);
- Il "*telecoupling*", che tenta di analizzare le relazioni socioeconomiche e ambientali a distanza (ad esempio fra diverse località e regioni geografiche).

L'immagine successiva mostra alcuni esempi di SE (A), impronte ambientali (B) e confini planetari (C) (Liu et al., 2015). Le frecce verso l'esterno indicano un aumento dei valori registrati, a livello planetario, negli ultimi decenni; le frecce verso l'interno indicano una diminuzione, e le linee tratteggiate indicano dati non disponibili. In B e C, l'ombreggiatura verde interna rappresenta, rispettivamente, le impronte massime sostenibili, e lo spazio operativo sicuro per nove confini planetari; i cunei rossi si riferiscono alla posizione stimata per le variabili.

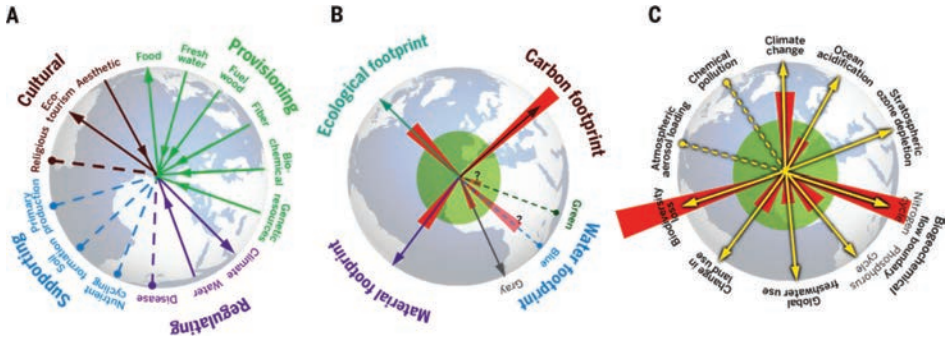


Fig. 7. Esempi di SE (A), impronte ambientali (B) e confini planetari (C) (fonte: Liu et al., 2015).

Il quadro concettuale dei *confini planetari* ("*Planetary Boundaries*", PB) è basato sull'analisi dei principali processi critici che regolano il funzionamento dell'intero sistema Terra. Combinando l'attuale comprensione del funzionamento del sistema Terra con il principio di precauzione, il quadro dei PB identifica i livelli di perturbazione antropogenica al di sotto dei quali il rischio di destabilizzare il sistema Terra può rimanere controllato, delimitando così uno "spazio operativo sicuro" per la società globale (Rockstrom et al., 2009; Steffen et al., 2015). L'attuale livello di impatto antropogenico sul sistema Terra è valutato confrontando i valori attuali con i limiti proposti. Sono state proposte variabili per analizzare sette dei nove processi critici del sistema Terra identificati: *integrità della biosfera; cambiamenti di uso del suolo; sfruttamento di acqua dolce; cicli biogeochimici (di azoto e fosforo); riduzione dell'ozono stratosferico; cambiamento climatico;* e *acidificazione degli oceani*. Non sono state ancora definite variabili per due processi critici identificati: *carico atmosferico di aerosol*; e *diffusione di nuovi inquinanti emergenti*. A livello globale, quattro processi critici superano il limite proposto per i livelli di perturbazione antropogenica: cambiamento climatico; integrità della biosfera; cicli biogeochimici; e cambiamenti di uso del suolo (Steffen et al., 2015).

Il quadro concettuale dei confini planetari è molto utile perché identifica i principali processi che regolano il funzionamento del sistema Terra, propone limiti quantitativi alla perturbazione antropogenica di tali processi, e definisce uno spazio operativo sicuro per le attività umane. Un aspetto che rende difficile la sua applicazione nelle politiche locali è il suo punto di vista globale. Infatti, spesso le decisioni riguardanti l'uso delle risorse naturali e la produzione di rifiuti ed emissioni sono prese a scala maggiore, dai governi nazionali e subnazionali, dalle imprese e da altri attori locali. Per rendere operativo il concetto dei *confini planetari*, dunque, essi dovrebbero essere "scalati" a questi livelli decisionali e allineati ad obiettivi rilevanti a queste scale (Haya et al., 2016; Fang et al., 2015)

Il quadro concettuale delle *impronte ambientali* fornisce indicatori per quantificare le pressioni delle attività umane sull'ambiente. Le impronte ambientali stimano o misurano l'uso delle risorse, o le emissioni di inquinanti (o entrambi

questi aspetti), da parte delle attività umane. La quantificazione delle impronte ambientali è basata sull'analisi dell'intero ciclo di vita dei processi e delle attività all'interno di una filiera (dal produttore al consumatore, e talvolta alla gestione dei rifiuti), e mira a fornire un quadro completo delle pressioni. Sono stati proposte tipologie diverse di *impronte ambientali*; ognuna si concentra su una particolare preoccupazione ambientale e misura l'appropriazione delle risorse o la produzione di inquinamento o rifiuti, o entrambi (Vanham et al., 2019). Tra i principali tipi di impronte ambientali si possono ricordare:

- L'*impronta idrica*, che misura il consumo di acqua dolce;
- L'*impronta di carbonio*, che misura l'emissione di gas serra nell'atmosfera;
- L'*impronta territoriale*, che misura la quantità di terreno necessaria per la fornitura di cibo, materiali, ed energia;
- L'*impronta ecologica*, che misura l'appropriazione di terreni, sia per produrre biomassa rinnovabile, sia per assorbire i rifiuti;
- L'*impronta di azoto e fosforo*, che misura l'uso di questi elementi, o la loro diffusione nei corpi idrici;
- L'*impronta chimica*, che misura tutte le sostanze chimiche rilasciate nell'ambiente;
- L'*impronta materiale*, che misura il consumo di tutte le materie prime estratte, come minerali, combustibili e biomassa.

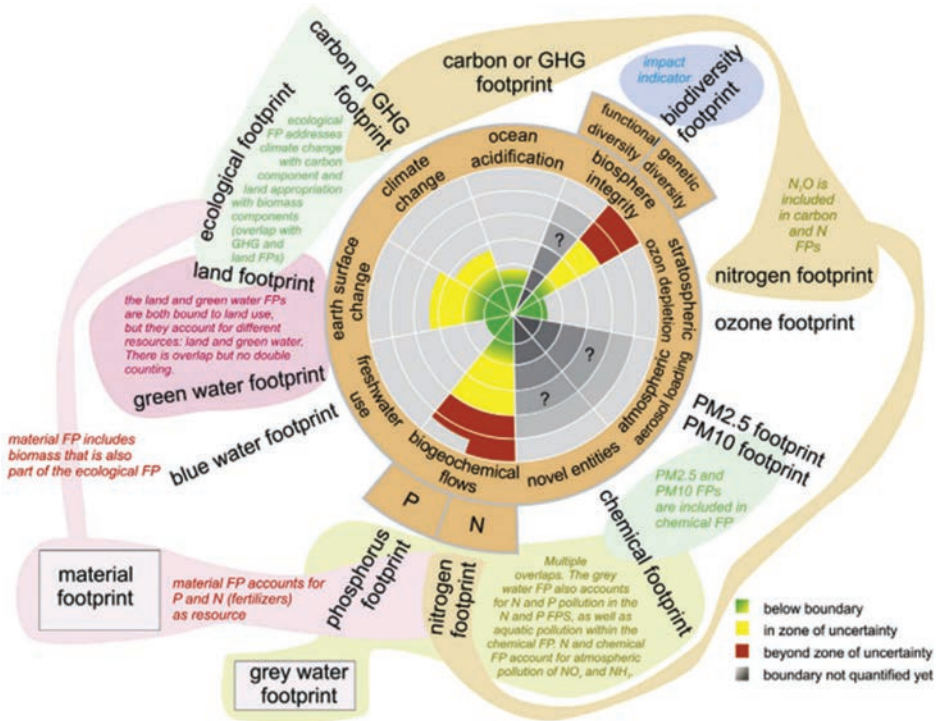


Fig. 8. Corrispondenza fra i confini planetari e le impronte ambientali (fonte: Vanham et al., 2019).

Appare evidente come esistano varie sovrapposizioni fra i diversi tipi di impronte ambientali. Allo stesso tempo, è interessante notare come ci sia complementarità fra le impronte ambientali - che misurano lo sfruttamento delle risorse e le emissioni umane - e i confini planetari - che misurano i livelli limite di perturbazione possibile. Le impronte ambientali possono essere utilizzate, infatti, per misurare quanto i processi del sistema Terra vengono disturbati dalle attività umane. In questo modo, l'analisi delle pressioni può consentire stime più accurate della vicinanza della società ai confini planetari, mentre, al contempo, la conoscenza dei confini planetari può aumentare la rilevanza politica delle impronte ambientali, fornendo stime della capacità rigenerativa e di assorbimento su scala globale. L'immagine successiva mostra la corrispondenza fra i confini planetari e le impronte ambientali (Vanham et al., 2019).

L'analisi completa di tutte queste dimensioni delle relazioni fra la società e l'ambiente va oltre gli scopi della presente ricerca. Però, al fine di sottolineare come sia importante mettere in relazione i flussi dei SE con i limiti delle dotazioni locali, nella parte seconda viene realizzato un calcolo dell'impronta ecologica degli Ambiti di Paesaggio della Toscana. Questo perché le politiche, a tutti i livelli, non dovrebbero solo cercare di minimizzare le impronte ambientali, ma dovrebbero anche assicurarsi che queste impronte rimangano entro i confini planetari. Un indicatore di stato o di impatto, infatti, non fornisce alcuna informazione sulla sostenibilità, a meno che non venga associato/messo in relazione con un valore di riferimento. Una valutazione simultanea delle impronte ambientali e delle relative soglie di capacità è pertanto di vitale importanza.

L'impronta ecologica è concepita per rappresentare l'appropriazione di terreni idealmente necessaria per sostenere una determinata popolazione. Permette di identificare, con un indicatore sintetico, da un lato la domanda umana di risorse naturali, e dall'altro la capacità dell'ambiente di fornire tali risorse, e di assorbire i rifiuti (sotto forma di emissioni di CO_2). L'impronta ecologica è infatti progettata in modo tale da essere comparabile con l'area bio-produttiva disponibile per una popolazione, definita "*biocapacità*". La differenza tra l'impronta ecologica e la biocapacità disponibile riflette il divario di sostenibilità di una popolazione (Borucke et al., 2013).

Nella seconda parte del rapporto, prima di definire e applicare la valutazione dei SE alle due aree di studio, la ricerca ha concentrato la propria attenzione sulla definizione della biocapacità e dell'impronta ecologica dei venti Ambiti di Paesaggio della Regione Toscana.

La mappatura dei servizi ecosistemici

La mappatura dei SE costituisce un aspetto importante nell'ambito della governance e della gestione del CN in quanto consente di identificare a scala spaziale le aree ad alto potenziale di fornitura di SE, che necessitano di particolare tutela, e le aree con potenziale basso, che necessitano di interventi di miglioramento. La mappatura dei SE può inoltre essere utilizzata per l'analisi delle sinergie e dei

trade-off tra i SE (Marino et al, 2021), e per la quantificazione della domanda e dell'offerta, e delle loro variazioni (Burkhard et al, 2012), a diverse scale spaziali e temporali.

Anche se a livello internazionale non esiste una metodologia comune per quantificare la domanda e l'offerta di SE (Wei, 2017), la letteratura propone diversi approcci e strumenti operativi, da implementare a diversa scala spaziale. Trattasi di strumenti che presentano la caratteristica di poter essere adattati e trasferiti in contesti territoriali diversi da quelli in cui sono stati sperimentati.

Per mappare l'offerta di SE, vengono impiegati generalmente dati di telerilevamento, mentre in altri casi, si utilizzano dati empirici e statistici (Richards, 2015). L'impiego di cartografie di uso e copertura del suolo può dare molte informazioni inerenti all'offerta e alla domanda di SE (Burkhard et al, 2009; Haines-Young et al 2012), e nella letteratura scientifica trovano diverse applicazioni le matrici di Burkhard (2012, 2014), di Stoll (2015) e di Schirpke (2013), che si basano sul presupposto che ogni classe di uso e copertura del suolo ha una potenziale capacità di fornire determinati SE.

Per ottenere una quantificazione dell'offerta di SE più accurata, vengono spesso utilizzati diversi modelli e software, basati sui cambiamenti di uso e copertura del suolo, quali ad esempio ARIES (*ARtificial Intelligence for Ecosystem Services*), InVEST (*Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs*) e SOLVES (*Social Values for Ecosystem Services*). ARIES è uno strumento open source che consente di codificare dati ecologici e socioeconomici per mappare la fornitura, l'utilizzo e i flussi di SE attraverso l'impiego di sistemi informativi geografici (GIS). Attualmente questo software permette di stimare i seguenti SE: sequestro di carbonio, regolazione delle inondazioni, regolazione dell'erosione costiera, fornitura di acqua dolce, regolazione dei sedimenti, pesca di sussistenza, valore estetico e valore ricreativo. Il software INVEST comprende quindici modelli che analizzano diversi processi che avvengono negli ecosistemi terrestri e marini, e che sono alla base della stima dei SE, mentre SOLVES è uno strumento funzionale a valutare, mappare e quantificare i valori sociali percepiti dei SE, come l'estetica e la ricreazione.

Oltre a questi strumenti software, la stima dell'offerta di SE può essere effettuata attraverso l'impiego di indicatori biofisici selezionati in funzione della disponibilità e della possibilità di reperimento dei dati, che rappresentano le questioni dirimenti nella valutazione dei SE.

Per quanto riguarda la valutazione economica dei SE, l'estimo ambientale fornisce diverse metodologie per stimare diversi valori di uso (diretto, indiretto, di lascito, di esistenza) attribuibili ai beni ambientali, che complessivamente costituiscono il loro Valore Economico Totale (VET). Nella tabella successiva sono riportate alcune delle tecniche di valutazione economica dei SE utilizzate nell'ambito del Progetto LIFE MGN (LIFE11 ENV/IT/000168), che costituisce, a livello nazionale, uno dei principali progetti sullo studio e l'analisi dei SE (Schirpke, 2014).

Tab. 1. Tecniche più comuni di valutazione del Valore Economico Totale (fonte: Schirpke, 2014)

Metodi	SE valutabili	Componenti del Valore Economico Totale	
Tecniche dirette di mercato quando è possibile definire un valore di scambio (commerciale)	• Servizi di produzione (es. legname, altre materie prime, selvaggina, funghi)	Valore d'uso diretto	
Tecniche indirette di mercato si stimano i costi evitati (dei danni potenziali) o costi di sostituzione (di alternative ingegneristiche), oppure i costi che un soggetto affronta per godere del servizio (costi di viaggio, prezzo edonico).	• Servizi di regolazione (es. impollinazione, protezione dalle inondazioni)	Valore d'uso indiretto	Valore d'uso
Tecniche non di mercato, es. valutazione contingente utilizzo di scenari ipotetici per valutare (attraverso	• Servizi di regolazione (es. auto-depurazione delle acque)		

Nella tabella successiva sono riportate alcune delle buone pratiche contenute negli Handbook n.1, n.2, e n.3 del Progetto Europeo Interreg PROGRESS (*PROmoting the Governance of Regional Ecosystem ServiceS*), implementate nei sei paesi partner del progetto (Irlanda, Spagna, Italia, Lettonia, Romania, Ungheria), che hanno come oggetto principale il tema dei SE. Alcune di queste buone pratiche sono incentrate soprattutto sulla promozione di metodologie (NEES Mapping Pilot, ESAM) e strumenti innovativi (SITxell, Catatonia Forest Laboratory) per la mappatura, la quantificazione e la valutazione dei SE.

Fra queste, SITxell, Catalonia Forest Laboratory, ESAM, unitamente alla buona pratica "*Introducing airborne imaging technologies in forest management near the Drava River*" sono state considerate di particolare interesse per la Regione Toscana, analizzate singolarmente, ed oggetto di un rapporto tecnico predisposto ed inviato da CURSA ad Anci Toscana. Il rapporto contiene proposte ed indicazioni per il trasferimento di alcune buone pratiche a livello regionale per realizzare azioni finalizzate a perseguire gli obiettivi strategici del Programma Regionale di Sviluppo (PRS).

Tab. 2. Metodologie per la stima dei SE riportate nel Progetto Interreg Progress (I contenuti di questa tabella sono ripresi dal lavoro svolto dal Consorzio Universitario per la Ricerca Socioeconomica e per l'Ambiente (CURSA) nell'ambito del progetto Progress finanziato dal programma Interreg Europe con l'obiettivo di individuare strumenti governance da implementare nel Piano di Sviluppo Regionale della Regione Toscana, fonte: Marino et al., 2022)

Denominazione della BP	**Descrizione della BP**	**Metodologia/ approccio impiegato**	**Area di applicazione**
National Ecosystem and Ecosystem Service Mapping Pilot for a Suite of Prioritized Services (NEES Mapping Pilot)	La BP consiste nello stabilire un quadro di valutazione dei SE per implementare la Strategia dell'UE sulla biodiversità coerentemente con quanto definito dal MAES (*Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*) .	Il NEES *Mapping Pilot* ha sviluppato un *"National Habitat Asset Register"* per quantificare e mappare i SE in Irlanda. L'*Habitat Asset Register* racchiude, in un unico set di dati, informazioni sugli habitat prioritari a scala nazionale.	Irlanda

SITxell: Territorial Information System for the Network of Open Areas in the province of Barcelona	SITxell è un sistema di analisi territoriale utilizzato per analizzare e valutare le aree non urbane della Provincia di Barcellona. Le informazioni relative a SITxell sono messe a disposizione delle autorità, comuni e dipartimenti della catalogna per supportare i processi di pianificazione territoriale urbana e regionale. SiTxell è stato di supporto alla realizzazione del Piano Metropolitano di Barcellona ed alla valutazione ambientale strategica e si presta ad essere utilizzato nell'ambito dei grandi progetti infrastrutturali. Il sistema informativo inoltre fornisce indicazioni ecologiche per la misurazione dei costi e dei benefici dei SE derivanti dall'utilizzo del suolo.	SITxell è costituito da *Moduli ambientali* che consentono di visualizzare diversi layers e cartografie (Geologia, idrologia, flora, vegetazione e habitat, fauna, ecologia del paesaggio, patrimonio culturale) e *Moduli di Uso del Suolo* che includono diversi strati informativi legati agli aspetti socioeconomici, alla pianificazione urbana, alle normative, alle infrastrutture di trasporto e servizi tecnici. Ad ogni layers è associato un file di metadati contenente informazioni geografiche. SITxell può essere applicato a scala: *i*) Comunale, *ii*) Rete dei Parchi Naturali, *iii)* Regionale.	Catalogna
LIFE Ecosystem Services: Ecosystem Services Assessment Methodology (ESAM)	La metodologia ESAM, sviluppata nell'ambito del Progetto LIFE *Ecosystem Services* ed in conformità con le migliori pratiche dell'UE, si pone l'obiettivo di migliorare la pianificazione delle aree costiere in Lettonia e dei territori del Mar Baltico. La metodologie, che si presta ad essere utilizzata anche nelle aree diverse da quelle costiere e potenzialmente trasferibile in altri contesti dell'UE, consente nel suo complesso di: stimare gli investimenti per la protezione dell'ambiente, fornire scenari di sviluppo territoriale, attribuire un valore economico ai SE, valutare il ritorno degli investimenti nella conservazione degli ecosistemi, stimare il danno ambientale, valutare la gestione degli ecosistemi rispetto all'uso del suolo, aumentare la consapevolezza dell'importanza e dei benefici derivanti dalla fornitura dei SE	La metodologia ESAM è costituita da 22 indicatori utilizzati per quantificare i SE forniti dalle aree costiere del Mar Baltico. Per la valutazione economica sono stati utilizzati il Metodo del prezzo di mercato; Metodo del costo del viaggio ed il Metodo del Benefit Transfer che hanno consentito di attribuire un valore economico ai SE (€/ha).	Due aree costiere: Saulkrasti e Jaunķemeri. Mar Baltico (Lettonia)

Guidelines for assessing soil ecosystem services in urban. environment and their management.	La BP è costituita dalle linee guida, redatte nell'ambito del Progetto SOS4LIFE (LIFE15 ENV/IT/000225) per la valutazione e la gestione dei SE del suolo negli ambienti urbani. L'obiettivo della BP consiste nel dimostrare come i suoli urbani, anche se modificati dalle attività umane, svolgono la stessa funzione dei suoli naturali in termini di fornitura dei SE. La mappatura degli ecosistemi pedologici e la stima della perdita economica (in termini di fornitura di SE) dovuta all'impermeabilizzazione del suolo, possono risultare funzionali a migliorare la Pianificazione urbanistica.	La metodologia si basa su dati pedologici standard e altre informazioni esistenti disponibili nelle banche dati regionali. Questi dati sono stati utilizzati per quantificare ed attribuire un valore economico ai seguenti SE (habitat potenziale per gli organismi, capacità tampone, regolazione del microclima, stoccaggio di carbonio, produzione di biomassa, fornitura di acqua, regolazione dell'acqua). La metodologia inoltre prevede un indice di qualità globale del suolo basato sui SE considerati. L'indice è attualmente in fase di implementazione in un Sistema informativo funzionale alla valutazione ed al monitoraggio del consumo di suolo ed i relativi impatti nei comuni dell'Emilia-Romagna.	Comuni di Carpi, Forlì e San Lazzaro di Savena
Forest Ecosystem Services Mapping and Assessment Methodology (FESMAM)	La FESMAM è stata impiegata per mappare e valutare i SE forniti dalle foreste nonché studiare i cambiamenti nella fornitura di questi servizi nel tempo anche a seguito di interventi di gestione forestale. La metodologia si appresta ad essere trasferita in altri contesti che presentano caratteristiche forestali simili a quelle presenti in Lettonia. La FESMAM verrà integrata nel sistema decisionale della JSC "Foreste demaniali della Lettonia" per facilitare la pianificazione e la gestione forestale.	La FESMAN utilizza CICES per la classificazione dei SE mentre per l'analisi spaziale il modello a matrice sviluppato da Burkhard (2009, 2012, 2014). Durante il programma di ricerca "*Impact of forest management on ecosystem services from forests and related ecosystems*" sono stati sviluppati 33 indicatori per valutare i SE di approvvigionamento, regolazione e culturali.	Lettonia

Catatonia Forest Laboratory	Il Laboratorio Forestale Catalano è stato creato in accordo con il CREAF e CTFC per rendere disponibili in modo gratuito a ricercatori, studenti, enti pubblici dati ed informazioni riguardanti le aree forestali della catalogna. I dati elaborati dal Laboratorio sono funzionali a facilitare gli studi, migliorare la conoscenza e la gestione del territorio e fornire un supporto decisionale ai decisori pubblici.	I dati di base, provenienti dall'Inventario Forestale Nazionale e dal Lidar, sono stati processati dal CREAF e dal CTFC e resi disponibili su un portale dove è possibile scaricare dati ed alcune App quali: *Deboscat, Catdrought, Meteoland, Allometr, Ifn,Fes, Lidar*	Catalogna

Come ulteriore esempio di metodi di mappatura e valutazione dei SE, per il contesto italiano, è utile fare riferimento al quarto Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia (CCN, 2021), in cui sono stati analizzati dodici servizi ecosistemici e la loro variazione tra il 2012 e il 2018.

I risultati, da interpretare con cautela per la natura sperimentale e per l'eterogeneità dei metodi e dei significati delle stime, indicano, a distanza di sei anni, diminuzioni nel flusso di alcuni dei SE analizzati, e tali perdite si riflettono quasi sempre negativamente sui valori economici da essi dipendenti. Questi risultati forniscono quindi un'idea del degrado degli ecosistemi e della conseguente perdita dei SE fruiti dal sistema socioeconomico.

La tabella successiva riassume i SE valutati nel Quarto Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia, con una sintetica definizione, il metodo usato per le valutazioni biofisiche, e per quelle monetarie. Le analisi condotte per questo rapporto sono state considerate come una base coerente per la nostra ricerca.

Tab 3. SE valutati nel quarto Rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia (fonte: rielaborazione da CCN, 2021)

Servizio	**Definizione**	**Stima biofisica**	**Stima monetaria**
Fornitura di biomassa legnosa	Il contributo ecologico alla produzione di legname che può essere raccolto e utilizzato come materia prima	All'interno della superficie forestale complessiva si considera il valore dell'incremento annuale netto (*NAI*, net *annual* increment) del legno forestale	La valutazione economica del flusso effettivo consiste nell'applicare un valore monetario unitario alla quantità stimata in termini fisici, il NAI

Fornitura di biomassa agricola	Il contributo ecologico alla crescita di colture coltivate	La valutazione biofisica si basa sulla costruzione di un coefficiente che cerca di slegare ed evidenziare la componente ecologica della crescita della biomassa agricola dissociandola dalla componente umana, attraverso un approccio basato sull'*emergia* dei prodotti	La valutazione economica del flusso effettivo consiste nell'applicare un valore monetario unitario all'uso stimato in termini fisici
Fornitura di biomassa ittica da pesca	La pesca si configura come una forma di sfruttamento della produttività degli ecosistemi mediante il prelievo di risorse ittiche	Viene considerato il servizio associato al prelievo della pesca proveniente dagli ecosistemi marino-costieri sfruttati dalla flotta nazionale nel Mediterraneo	I dati considerati rappresentano i valori di produzione ittica (sbarcati) espressi in termini biofisici (tonnellate) e monetari (euro) riportati da EUROSTAT
Disponibilità Idrica	Il servizio offerto dagli ecosistemi in termini di disponibilità di acqua è valutato in termini di volume infiltrato per ciascun anno	La stima per l'Italia è effettuata sulla base delle valutazioni del modello di bilancio idrologico BIGBANG 4.0	È stato applicato un metodo basato sulla "Resource Rent" (rendita della risorsa), che aiuta a stimare il valore monetario da attribuire al servizio di erogazione dell'acqua
Impollinazione	L'impollinazione delle colture da parte di insetti selvatici e altri animali è un servizio ecosistemico intermedio di regolazione da cui dipende la fecondazione e la produttività agricola	Il modello ARIES calcola la capacità dell'ambiente di sostenere gli insetti selvatici impollinatori, in funzione dell'attività di foraggiamento dell'insetto, e dell'habitat suitability, che dipende a sua volta dall'idoneità alla nidificazione, dalla disponibilità floreale e della vicinanza all'acqua	Può essere stimata come quota della produzione agricola attribuibile al flusso di impollinazione, e in termini monetari calcolata moltiplicando l'output dell'uso del servizio con il prezzo del produttore per diverse colture
Regolazione del Regime Idrologico	La capacità del suolo di immagazzinare e rilasciare acqua mitiga le piogge eccessive riducendo da un alto il rischio di inondazioni e dall'altro consentendo rilasci di acqua lenti verso i corpi idrici superficiali, sostenendone il deflusso di base	La stima per l'Italia è effettuata sulla base delle valutazioni del modello di bilancio idrologico BIGBANG 4.0	Le stime monetarie sono basate sui valori disponibili in letteratura: gli studi principali riportano valori per la costruzione di invasi o direttamente valori per metro cubo ovvero valori di mercato attraverso i costi del servizio di irrigazione

Purificazione delle acque	La capacità degli ecosistemi di regolare i nutrienti contenuti nell'acqua, e di purificarla dai contaminanti	La valutazione proposta considera la capacità biofisica di naturale attenuazione attraverso un indice sintetico (valori tra 0 e 1) derivato dagli strati informativi disponibili per l'Europa	Il valore monetario ad ettaro del servizio, che in questo contesto corrisponde a costi di ripristino e spese difensive, viene moltiplicato per il valore dell'indice biofisico
Regolazione del rischio allagamento	La capacità della vegetazione e del suolo di trattenere il deflusso in eccesso da precipitazioni	Il modello ARIES valuta e mappa il servizio attraverso l'individuazione di aree a maggior rischio di alluvione	La metodologia adottata per la valutazione economica utilizza diverse funzioni di danno stimate per diverse classi di copertura e uso del suolo
Protezione dall'erosione	L'erosione idrica del suolo è un fenomeno naturale estremamente complesso e inevitabile, parte integrante del processo di modellamento della superficie terrestre, ma può essere accelerata dalle attività umane, in particolare da quelle agro-silvo-pastorali	La metodologia comunemente utilizzata fa riferimento all'equazione universale di perdita di suolo USLE e alla sua versione rivista RUSLE	Per l'attuale stima ci si è orientati verso i valori della metanalisi di Görlach et al. (2004), dove sono considerati per l'Europa, sia i costi privati che quelli sociali, riferiti al costo dei danni causati da inondazioni e smottamenti, al costo di trattenere il terreno sul sito, ai costi di insabbiamento di dighe e canali e ai costi dovuti alla rimozione dei sedimenti
Qualità degli habitat	Consiste nella fornitura di diversi tipi di habitat essenziali per la vita di qualsiasi specie e il mantenimento della biodiversità stessa, e rappresenta uno dei principali valori di riferimento nella valutazione dello stato ecosistemico del territorio in quanto la biodiversità è strettamente connessa con la produzione di tutti i servizi ecosistemici	Per la valutazione del servizio ecosistemico è stato utilizzato il software InVEST e in particolare il modello Habitat Quality	Il valore economico in questo caso non viene stimato perché, essendo rappresentativo della predisposizione per una determinata porzione di territorio ad ospitare specie sia animali che vegetali, influisce su tutti gli altri servizi ecosistemici e sui relativi valori economici

Sequestro e Stoccaggio di Carbonio	Assicurato dai diversi ecosistemi terrestri e marini grazie alla loro capacità di fissare gas serra, secondo modalità incrementali rispetto alla naturalità dell'ecosistema considerato	La valutazione di questo servizio di regolazione viene effettuata con riferimento alla stima del quantitativo di carbonio stoccato a seconda della tipologia d'uso/copertura del suolo	Il costo sociale del carbonio (Social Cost of Carbon, SCC) è calcolato dagli economisti per stimare il valore monetario di una unità incrementale di emissione di carbonio, utile alla valutazione delle politiche climatiche
Turismo ricreativo basato sulla natura	L'approccio intende identificare il servizio ecosistemico ricreativo basato su attività turistica in aree di alto pregio naturalistico in particolare le aree protette	Le principali caratteristiche del modello sono: si considera solo turismo degli stranieri; che tutti i turisti 'naturalisti' si rechino in aree protette, non sono considerate altre destinazioni turistiche basate sulla natura; si utilizza consapevolmente un dataset incompleto	Valore monetario del Turismo basato sulla Natura (VTN) = A □ B □ C dove [A] = spesa totale del turismo inbound, [B] = frazione di turismo legato ad attività di svago (%), [C] = frazione del turismo basato sulla natura (%)

La scelta dei SE da sottoporre a valutazione nell'ambito della nostra ricerca è stata compiuta all'interno dei dodici già selezionati per le analisi nazionali. Fra questi, nove sono stati mappati e valutati a livello comunale nei territori di sperimentazione della ricerca: *fornitura di biomassa legnosa, fornitura di biomassa agricola, disponibilità idrica, regolazione del rischio di allagamento, protezione dall'erosione, regolazione del regime idrologico, purificazione delle acque, sequestro e stoccaggio di carbonio, turismo ricreativo*.

Questi appaiono, a nostro avviso, e in seguito al confronto con gli attori locali, i SE più rilevanti prodotti nelle aree montane della Toscana. Rispetto ai dodici SE valutati nel Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia, tre non sono stati presi in considerazione: fornitura di biomassa ittica, perché poco rilevante; impollinazione, perché di difficile e incerta valutazione; e qualità degli habitat, perché considerato come la "predisposizione di una determinata porzione di territorio ad ospitare specie sia animali che vegetali, influisce su tutti gli altri SE e sui relativi valori economici", e forse può essere più propriamente considerato come il prerequisito per tutti gli altri SE, ed essere oggetto di analisi più approfondite, da condursi nel contesto dello studio delle condizioni degli ecosistemi.

Le metodologie adottate nella nostra ricerca per la mappatura e la valutazione dei SE, presentate nella parte seconda, sono state scelte coerentemente con quelle proposte a livello nazionale.

Il sistema di contabilità ambientale SEEA-EA

Nella statistica ufficiale, l'attenzione rivolta al CN è in continua crescita. A livello internazionale, l'attenzione alla descrizione statistica della natura, e della sua interazione con le attività umane, ha portato allo sviluppo della disciplina della contabilità del capitale naturale. Attraverso la presentazione rigorosa e coerente dei collegamenti tra economia e ambiente, la contabilità del CN fornisce informazioni essenziali per i settori pubblico e privato. Lo sviluppo di tale disciplina è presidiato dallo UN Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting (UNCEEA), istituito dalla Commissione Statistica delle Nazioni Unite nel 2005.

I due principali ambiti di lavoro dell'UNCEEA corrispondono ai due manuali del System of Environmental-Economic Accounting (SEEA), che contengono le definizioni e le metodologie alle quali occorre attenersi per mantenere la comparabilità internazionale: il "Quadro Centrale" (SEEA-CF), adottato come standard statistico internazionale, e i "Conti degli Ecosistemi" (SEEA-EEA e poi SEEA-EA).

Questi due ambiti forniscono un quadro comune per l'organizzazione e la presentazione di stime e statistiche sull'ambiente, descrivendo il suo rapporto con la sfera economica. L'inserimento delle statistiche ambientali in un quadro contabile aumenta notevolmente la loro utilità per le politiche, consentendo la comparabilità internazionale, la replicabilità nel tempo e l'integrazione diretta con i conti nazionali esistenti. Questo colma un'importante lacuna nelle statistiche ufficiali: i principali indicatori economici (come il PIL), infatti, forniscono informazioni sullo stato dell'economia, ma omettono il ruolo cruciale della natura. Integrando beni e servizi ambientali con i dati sull'attività economica e su altre attività umane, il SEEA amplia la prospettiva e permette di considerare equamente la natura nelle decisioni.

Il Quadro Centrale (SEEA-CF), parte dai settori economici ed esamina il modo in cui le risorse naturali (pesca, legname, acqua, etc.) vengono utilizzate nella produzione e nel consumo, così come il conseguente inquinamento sotto forma di rifiuti, acque reflue ed emissioni atmosferiche.

Le interazioni tra natura ed economia, però, si estendono oltre l'estrazione e l'uso delle risorse naturali, e l'inquinamento associato. I Conti degli Ecosistemi (SEEA-EA) completano il quadro centrale assumendo la prospettiva degli ecosistemi e del loro contributo al benessere umano sotto forma di SE.

Prima di essere approvati come standard ufficiale, i conti degli ecosistemi sono emersi nel marzo 2013 come componente innovativa e sperimentale della contabilità del CN (SEEA-EEA, Experimental Ecosystem Accounts), proponendosi di completare il quadro conoscitivo, aggiungendo alla conoscenza degli stock di risorse anche quella delle stime sui flussi. Sono stati poi sottoposti a revisione, dopo varie esperienze di applicazione operativa, per poi essere adottati come standard ufficiale dalla Commissione Statistica delle Nazioni Unite nel

marzo 2021 (UNSD, 2021). I conti degli ecosistemi sono già stati utilizzati per informare le politiche in più di 40 paesi, tra cui l'Italia, con i quattro Rapporti sul Capitale Naturale.

Sebbene il CN e i SE non siano ancora soggetti a una misurazione completa ed esaustiva, o a una contabilità "ufficiale", all'interno dei sistemi informativi nazionali e regionali sono disponibili molti degli elementi necessari. Inoltre, lo sviluppo di un sistema contabile e statistico organico e completo è adesso molto favorito dalla revisione e adozione delle indicazioni metodologiche internazionali.

Il SEEA-EA è concepito come una serie integrata e coerente di conti, la cui implementazione può essere flessibile e modulare. Una delle caratteristiche distintive del SEEA-EA è il suo approccio spaziale, poiché i benefici derivanti dagli ecosistemi dipendono intrinsecamente dalla loro localizzazione. La focalizzazione spaziale aiuta a identificare l'ubicazione delle risorse e dei SE, così come dei loro beneficiari specifici (famiglie, imprese e istituzioni). Le tavole contabili sono quindi comunemente integrate con mappe.

L'essenza della contabilità degli ecosistemi consiste nel rappresentare l'ambiente biofisico in termini di aree spaziali distinte che rappresentano ciascuna un tipo specifico di ecosistema. Per ogni area territoriale, la contabilità ecosistemica comporta la registrazione su un periodo contabile:

- Dello stock e delle variazioni dello stock di ciascun ecosistema, comprese voci relative al miglioramento o degrado;
- Dei flussi dagli ecosistemi sotto forma di SE.

I principi per la contabilità degli stock e dei flussi possono essere utilizzati per organizzare dati espressi sia in termini fisici che monetari. Il SEEA-EA prevede cinque conti degli ecosistemi, fortemente interconnessi, e che forniscono una visione completa e coerente degli ecosistemi e delle loro interrelazioni con i sistemi economici:

1. Il conto dell'estensione;
2. Il conto delle condizioni;
3. Il conto dei flussi dei servizi ecosistemici in termini fisici;
4. Il conto dei flussi dei servizi ecosistemici in termini monetari;
5. Il conto degli asset ecosistemici in termini monetari.

Esiste una stretta corrispondenza tra il conto dell'estensione degli ecosistemi, e il conto delle condizioni degli ecosistemi, incentrato sulla descrizione delle loro caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche. Questi due conti sono poi a loro volta collegati al conto dei flussi di SE in termini fisici, poiché le caratteristiche degli ecosistemi influenzano chiaramente la fornitura dei SE, e da quest'ultimo si passa al conto dei flussi di SE in termini monetari, attraverso l'attribuzione di un valore economico ai flussi in termini fisici. Attualizzando il flusso monetario atteso di SE si ottiene, infine, il conto finale degli asset ecosistemici.

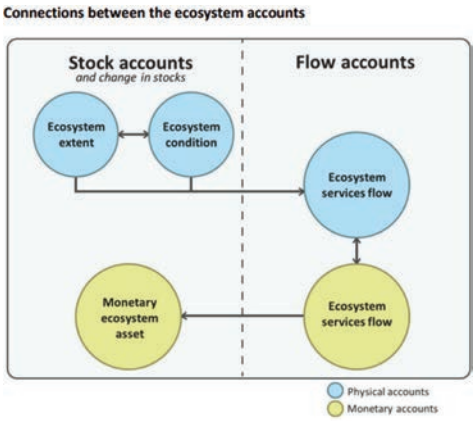


Fig. 9. I conti degli ecosistemi (fonte: UNSD, 2021)

I conti ecosistemici sono più informativi quando non sono condotti come studi irregolari, una tantum, o a breve termine, poiché questo tipo di studi non permette la misurazione di tendenze a lungo termine, e quindi la progettazione e il monitoraggio di risposte politiche. Piuttosto, in linea con la preparazione dei dati socioeconomici, si richiede che, progressivamente, possano essere stabilite serie a lungo termine di dati di contabilità degli ecosistemi.

I conti dell'estensione degli ecosistemi organizzano i dati sulla superficie o dimensione dei diversi tipi di ecosistema. Il punto di partenza per la contabilità degli ecosistemi, infatti, sono le informazioni sull'estensione dei diversi tipi di ecosistema all'interno di un territorio, e su come tale estensione cambia nel tempo. I dati sulle dimensioni e le variazioni di dimensione degli ecosistemi sono registrati in tabelle contabili e la loro posizione e configurazione è presentata in mappe. Comprendere le dimensioni e l'ubicazione degli ecosistemi supporta la misurazione delle condizioni degli ecosistemi e la misurazione e la valutazione di molti SE, i cui flussi variano da ecosistema a ecosistema.

In linea di principio, delineare i confini tra gli ecosistemi, e valutare i cambiamenti nel tempo, è possibile attraverso valutazioni complete e regolari da parte di ecologi sul campo. In pratica, spesso, i costi elevati delle valutazioni sul campo implicano che la mappatura dei diversi tipi di ecosistema sia realizzata utilizzando dati ottenuti dal telerilevamento. Ove disponibili, possono essere utilizzate mappe già esistenti degli ecosistemi. Oppure, mappe degli ecosistemi possono essere generate utilizzando informazioni sulla copertura del suolo, sul clima, sulla morfologia e altre caratteristiche pertinenti. Come opzione finale, può essere necessario utilizzare il singolo dato della copertura del suolo per fornire una prima delimitazione degli ecosistemi.

I conti delle condizioni degli ecosistemi organizzano i dati sulle caratteristiche degli ecosistemi e sulla distanza da una condizione di riferimento, per fornire informazioni sulla loro integrità e qualità, in relazione alla loro composizione, struttura e funzionalità, e in termini di caratteristiche e proprietà delle principali

componenti abiotiche e biotiche (acqua, suolo, topografia, vegetazione, habitat, specie, etc.). L'organizzazione delle informazioni biofisiche sulla condizione dei diversi tipi di ecosistema è la caratteristica centrale della contabilità degli ecosistemi.

I conti delle condizioni dell'ecosistema sono comunemente compilati per tipo di ecosistema perché ogni tipo ha caratteristiche distinte. Nei conti delle condizioni possono essere valutati una vasta gamma di indicatori specifici per ogni tipo di ecosistema. Per ogni tipo di ecosistema, inoltre, dev'essere fornito un livello di riferimento, rispetto al quale confrontare i valori degli indicatori nel tempo.

I conti delle condizioni degli ecosistemi si propongono di utilizzare e integrare i dati provenienti da diversi sistemi di monitoraggio, ad esempio in materia di biodiversità, qualità delle acque e proprietà dei suoli, etc. L'intenzione dei conti delle condizioni degli ecosistemi è quindi quella di organizzare e sintetizzare, piuttosto che sostituire, i sistemi di monitoraggio esistenti.

I conti di flusso dei servizi ecosistemici (in termini fisici) registrano i flussi di servizi finali forniti dagli ecosistemi alle unità economiche, ad esempio imprese, governi e famiglie, durante un periodo contabile, utilizzando tabelle "*supply-use*". I conti dei SE consentono, inoltre, anche la registrazione dei flussi di servizi intermedi tra gli ecosistemi.

I SE sono distinti dai beni e servizi prodotti, ossia sono registrati come i contributi degli ecosistemi alla produzione di tali beni e servizi. Infatti, i SE sono stati definiti nel SEEA-EA come "il contributo degli ecosistemi ai benefici che vengono utilizzati nelle attività economiche e in altre attività umane". I flussi di SE possono essere flussi fisici diretti, come i pesci rimossi da un ecosistema marino, ma possono anche essere flussi indiretti, come il controllo delle alluvioni. Ogni ecosistema fornisce un insieme o un fascio di SE.

Le tabelle *supply-use* sono tavole contabili che registrano i flussi di SE in unità fisiche quali metri cubi e tonnellate (poi in unità monetarie). Un principio fondamentale della struttura delle tabelle supply-use è che l'offerta e l'uso dei SE è uguale durante un periodo contabile, anche se si deve sempre tenere conto di esportazioni e importazioni di SE.

Una tabella *supply-use* è compilata per un periodo contabile, che tipicamente dovrebbe essere di un anno. Idealmente, dovrebbe essere compilata una lunga serie temporale di tabelle *supply-use*, per consentire l'analisi dei cambiamenti nell'offerta e nella domanda di SE nel tempo, ma inizialmente può essere più pratico compilare tabelle una volta ogni tre o cinque anni per consentire lo sviluppo di metodi ed esperienze.

C'è inoltre un notevole interesse nella presentazione dei dati sull'offerta e la domanda dei SE nella forma di mappe. La sovrapposizione delle mappe di diversi SE può fornire informazioni sui luoghi che potrebbero essere considerati "*hot spot*" di SE.

I conti di flusso dei servizi ecosistemici (in termini monetari) si basano su una stima dei prezzi dei singoli SE, moltiplicati per le quantità fisiche registrate nei conti dei flussi dei SE in termini fisici.

Assegnare ai SE un valore in termini monetari ha lo scopo di ampliare l'insieme delle informazioni disponibili, facendo sì che il contributo degli ecosistemi alle unità economiche non venga sottovalutato o ignorato nelle decisioni pubbliche e private, facilitando e migliorando le decisioni dal punto di vista della razionalità economica di lungo periodo.

I conti di flusso dei SE in termini monetari forniscono una stima monetaria del flusso di SE durante il periodo contabile, e siccome la maggior parte dei SE sono beni pubblici, privi di un mercato in grado di fornire riferimenti di prezzo chiari, il loro valore deve essere spesso stimato utilizzando tecniche di valutazione economica alternative.

La determinazione del valore economico dei SE richiede una ridefinizione della nozione stessa di valore economico, rispetto a quella degli attuali sistemi di contabilità. Infatti, in questi ultimi è consolidato il riferimento al valore di mercato di beni e servizi, ma esso non può essere il riferimento per quanto riguarda i SE. L'ampliamento della prospettiva richiede l'adozione e l'integrazione di metriche diverse, basate su prezzi non di mercato (prezzi ombra, considerati capaci di rappresentare il benessere o valore sociale), oppure sul collegamento tra grandezze fisiche che rappresentano i valori non esprimibili in termini monetari, e grandezze monetarie di tipo tradizionale (basate sui valori di mercato).

I conti dei SE, inoltre, registrano spesso solo il loro valore d'uso per le unità economiche, che ovviamente non esaurisce il valore incommensurabile della natura.

Il quarto Rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia presenta due necessarie precisazioni per quanto riguarda i valori monetari:

- La determinazione del "valore economico del SE" è possibile tramite l'utilizzo della cosiddetta "*resource rent*" (rendita della risorsa), data da quella parte del valore di scambio dei prodotti generati facendo uso del SE che non è spiegata da altri fattori produttivi, e che si può assumere corrisponda al valore di scambio che avrebbe il SE se scambiato sul mercato "depurato" delle altre componenti di costo (primario e intermedio) dei prodotti derivati. Laddove si utilizza, invece, il valore dei prodotti derivati facendo uso del SE senza questa "depurazione", il concetto di riferimento per le stime non è quello di "*valore del SE*" ma quello di "*valore dipendente dal SE*". In altri casi, i valori dipendenti dal servizio che vengono stimati sono riferiti non a flussi correnti di prodotti generati facendone uso, ma a quello di "beni" già esistenti (capitale fisico, ma anche umano) che possono sussistere grazie al SE o che dipendono dalla sua esistenza nel senso che ne sono protetti. Il concetto di riferimento, in questi casi, è quello di "danno evitato".
- La natura ipotetica di molte delle quantificazioni dei valori in vario modo connessi ai SE conferisce a queste statistiche caratteristiche di sperimentalità

per definizione, indipendenti dai margini di errore delle stime. Questa ipoteticità è mitigata se l'enfasi posta sulle variazioni nei flussi di SE, più che sui livelli. A questo proposito, un incremento dei valori economici associati ad un SE potrebbe riflettere una maggior domanda per quel servizio, che l'ecosistema può ancora soddisfare, oppure un aumento della capacità dell'ecosistema di soddisfare la domanda (ad esempio a seguito di un suo miglioramento) ove questa non fosse già completamente soddisfatta; viceversa, un decremento potrebbe dipendere dalla dismissione di attività antropiche (magari proprio finalizzato alla miglior conservazione del patrimonio naturalistico), oppure da una perdita di capacità dell'ecosistema di soddisfare la domanda, quando questa già eccede o viene ad eccedere la capacità di fornire il servizio. Tutto ciò indica chiaramente che, nonostante i notevoli passi in avanti fatti dalle tecniche di misurazione, e l'estensione crescente delle applicazioni, le ricerche e le applicazioni metodologiche per la stima monetaria dei SE sono ancora lontane da una loro utilizzazione a fini della programmazione.

I conti degli asset ecosistemici (in termini monetari) sono progettati per registrare le informazioni sulla consistenza e sulle variazioni (aggiunte e riduzioni) degli stock di risorse degli ecosistemi, in termini monetari. Il conto degli asset ecosistemici registra queste informazioni a partire dalla valutazione monetaria dei SE, e dall'attualizzazione dei flussi attesi di SE, calcolata con il metodo del valore attuale netto. In questo modo, si possono ottenere valori in termini monetari per gli ecosistemi all'inizio e alla fine di ogni periodo contabile.

Un'ultima precisazione importante è relativa alla cautela nel considerare come sommabili i valori monetari dei diversi SE, non tanto perché derivati attraverso metodi differenti, ma per la mancanza in tutto o in parte del requisito di indipendenza tra i diversi SE (in quanto legati da connessioni funzionali), perché riferibili a diversi concetti di "valore economico", o anche perché imputabili talvolta a valori reali, talaltra a valori potenziali.

Nella nostra ricerca saranno fornite, nella parte successiva, alcune indicazioni per la Regione Toscana ai fini dell'implementazione dei primi quattro tipi di conti degli ecosistemi, mentre non è stato possibile affrontare le questioni poste da quest'ultimo tipo di conto.

Pertanto, questa sezione ha brevemente illustrato le componenti costitutive di un sistema di contabilità ambientale secondo lo schema SEEA-EA che, ricordiamo, sono:

- Il conto dell'estensione;
- Il conto delle condizioni;
- Il conto dei flussi dei servizi ecosistemici in termini fisici;
- Il conto dei flussi dei servizi ecosistemici in termini monetari;
- Il conto degli asset ecosistemici in termini monetari;

Nella seconda parte del rapporto abbiamo provato a indicare alcune possibili strade operative da seguire per impostare i primi 4 conti del SEEA-EA, rimandando la valutazione degli asset ecosistemici in termini monetari.

6. Gestione e valorizzazione dei SE: i Pagamenti per i Servizi Ecosistemici (PES)

Già alla fine degli anni '90 del Novecento, Costanza et al. (1997) asserivano che, nonostante gli ecosistemi siano un elemento fondamentale, i SE, ovvero i contributi degli ecosistemi ai benefici goduti dalle popolazioni, "non vengono catturati dai mercati e non vengono quantificati in termini comparabili ai servizi economici e ai prodotti industriali, e molto spesso non vengono neanche considerati nelle decisioni politiche". Da allora, si stanno ormai diffondendo in tutto il mondo programmi di gestione e mantenimento dei SE che fanno ampio ricorso a operatori locali, pubblici e privati.

I SE si qualificano, infatti, da un punto di vista economico, come esternalità positive per il territorio e per la collettività, per le quali è possibile prevedere dei meccanismi di compensazione, attraverso una remunerazione ai fornitori di tali servizi.

In generale gli strumenti economici definiti nell'ambito delle politiche ambientali per la gestione delle esternalità sono molteplici e molto diversificati. È comunque possibile individuare due raggruppamenti principali:

- Strumenti di regolamentazione (politica fiscale; definizione di vincoli, soglie e obblighi);
- Strumenti basati su incentivi e meccanismi di mercato (Jack, Kousky e Sims, 2008), generalmente a adesione volontaria.

Fra i due raggruppamenti, tuttavia, esiste una nutrita casistica di strumenti intermedi e sfumature, che è possibile sintetizzare in tre gruppi di strumenti: bastoni, carote e sermoni (Bemelmans-Videc et al. 1998). La tabella alla pagina successiva riporta gli strumenti principali.

Negli ultimi decenni si è sviluppato un progressivo passaggio dagli strumenti di regolamentazione (bastoni), agli strumenti basati su incentivi e compensazioni (carote), e si è notata un'aumentata partecipazione a iniziative a adesione volontaria legate alla creazione di nuovi mercati. In base a questa tendenza emerge la percezione di:

- Maggiore efficacia ed efficienza degli strumenti incentivanti rispetto a quelli di regolamentazione;

- Maggior efficacia nella creazione di nuovi mercati e del ruolo proattivo del settore privato e della società civile, nell'ambito delle politiche pubbliche di offerta di servizi pubblici e comuni, e in particolare di quelli ambientali (Giupponi, Galassi e Pettenella, 2010): questo aspetto conduce verso il rafforzamento degli strumenti pattizi di governance;
- Impulso allo studio e alla sperimentazione di progetti di governance che usano gli strumenti dei PES, che mirano a stimolare la produzione di esternalità positive, trasformandole in veri e propri prodotti scambiabili sul mercato.

Tab. 4. Principali strumenti per la promozione dell'offerta di SE (fonte: Brotto et al., 2017).

Categoria	Strumenti		Costi diretti*	Costi di transazione*	Approccio
Bastoni (*stick*): regolamentazione passiva	Tasse e altri obblighi fiscali; vincoli e soglie; zonizzazioni; permessi, licenze, quote e sistemi di autorizzazione etc.		Relativamente bassi	Relativamente bassi	Dall'alto (Top down)
Carote (*carrots*): stimolo attivo, su base volontaria, allo sviluppo di attività economiche	Esenzioni, detrazioni e deduzioni fiscali		Relativamente alti	Relativamente bassi	Dall'alto (Top down)
	Incentivi e compensazioni, prezzi e tariffe agevolate		Relativamente alti	Relativamente bassi	Dall'alto (Top down)
		Ridefinizione dei diritti di proprietà	Generalmente bassi	Relativamente bassi	Dall'alto (*Top down*)
	Basati sulla creazione di mercati	Pagamenti per Servizi Ambientali (PES) o quasi-PES	Bassi-nulli	Legati al ruolo giocato	Misto
		Politiche di acquisto responsabile; compravendita diretta	Relativamente alti	Bassi	Misto
		Crediti e debiti di emissione e relativi strumenti di scambio (aste)	Nulli	Bassi	Misto
		Definizione di standard, certificazioni volontarie, etichettature	Nulli	Nulli (bassi)	Dal basso (*Bottom up*)
		Sponsorizzazioni, donazioni... (filantropia)	Nulli	Nulli	Dal basso (*Bottom up*)
Sermoni (*sermons*): informazioni	Informazione, assistenza tecnica e attività correlate (ricerca e sperimentazione); consultazione dei portatori di interesse		Relativamente alti	Bassi	Misto

** Per costi diretti si intendono i costi collegati all'impegno di fondi pubblici; per costi di transazione si fa riferimento ai costi di gestione dello strumento per il settore pubblico (erogazione, negoziazione, controllo etc.).*

Attualmente la definizione più accreditata per i PES è quella di Wunder (2005) che indica come PES una transizione volontaria dove almeno un compratore ("buyer") acquista un ben definito servizio ambientale (o un uso del suolo che garantisce tale servizio) da almeno un fornitore ("seller") a condizione che il fornitore del servizio ne garantisca la fornitura.

Tale definizione implica che affinché si possa definire un PES devono essere rispettate cinque condizioni:

- L'individuazione di un ben definito servizio ecosistemico da scambiare;
- La presenza di almeno un compratore;
- La presenza di almeno un venditore;
- La volontarietà della commercializzazione del servizio ecosistemico;
- La garanzia di continuità nell'erogazione del servizio ecosistemico.

Tuttavia, non sempre le cinque condizioni sono rispettate, e spesso i PES sono attuati nell'ambito di un quadro normativo obbligatorio. Nei casi in cui manca il requisito della volontarietà si parla allora di "PES-like", ovvero "quasi-PES".

Nell'uso corrente il termine PES è una denominazione a ombrello che comprende tutta una serie di incentivi e meccanismi di mercato volti a tradurre valori ambientali non di mercato in reali incentivi finanziari per gli attori locali, affinché, tramite certificazioni volontarie, buone pratiche, comunicazione ambientale, promuovono e supportano il mantenimento delle molteplici funzioni ecologiche offerte dalla biodiversità e dal CN.

Si tratta di strumenti che mirano a modificare i comportamenti che hanno impatti negativi sugli ecosistemi e sui beni da essi prodotti: sono mirati ad introdurre un cambiamento comportamentale introducendo il valore economico dei SE nei processi decisionali. Sono strumenti che permettono di passare dalla semplice conservazione ad azioni di tutela attiva. Nella fornitura dei SE è centrale il ruolo dell'agricoltura, dato che gli agricoltori gestiscono attivamente ampie porzioni di ecosistemi rurali.

Gli schemi di PES sono altamente flessibile, non ne esiste un modello predefinito, ma ci sono molti modi possibili per strutturarli, a seconda del servizio specifico, della scala di applicazione, e del contesto di attuazione. Le fonti e meccanismi di pagamento variano, così come i fornitori e i beneficiari. Inoltre, i PES possono essere applicati a diverse scale geografiche. Lo schema alla pagina successiva riassume le principali tipologie di PES.

Tentare di monetizzare i SE attraverso l'individuazione di strumenti di mercato, compensazioni, incentivi e sussidi, tasse verdi, presenta quindi diversi vantaggi per le politiche pubbliche perché consente di:

- Apprezzare il beneficio o al contrario la sua eventuale perdita nel momento in cui si confrontano diversi scenari di utilizzo di un territorio, consentendo una comparazione economica complessa (che chiama in causa diversi elementi) e non solo qualitativa (ad esempio fra la realizzazione di un'area di laminazione, rispetto all' ipotesi di nuova urbanizzazione);

- Raggiungere obiettivi ambientali, altrimenti difficilmente raggiungibili (la cattura di CO_2 nel caso dei crediti di carbonio), l'aumento della biodiversità, la valorizzazione del paesaggio, ecc.;
- Generare una serie di "economie" di nuova natura, riconoscendo ad operatori economici locali (agricoltori in primis) che si occupano del mantenimento degli ecosistemi (e che di solito operano in condizioni di reddito svantaggiate) elementi di integrazione al reddito importanti e funzionali (non assistenziali), garantendo effetti collaterali di natura socioeconomica importante come la permanenza nelle aree montane o in zone periferiche per garantire presidio e vitalità.

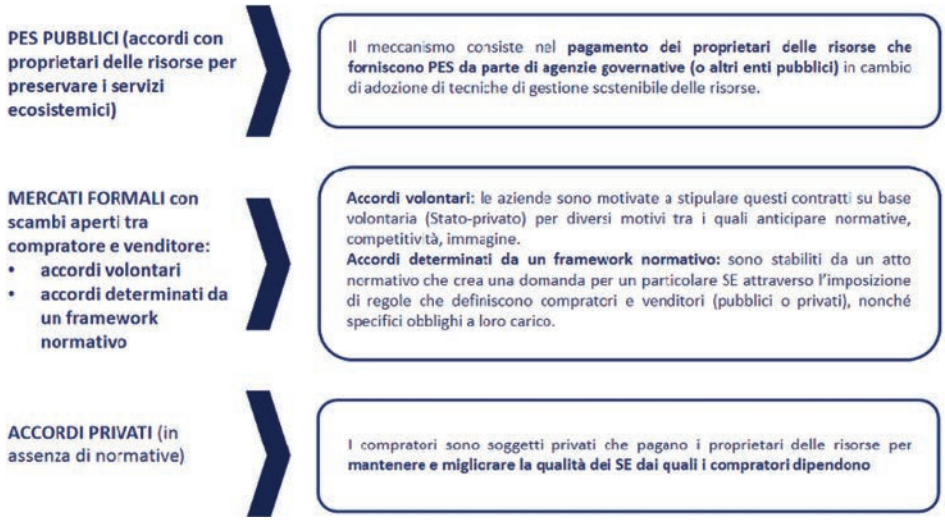


Fig. 10. Principali tipologie di PES (fonte: Croci e Lucchitta, 2016)

I PES sono una cosiddetta strategia *win-win*, ovvero che fornisce un doppio vantaggio: se attori pubblici o privati sostengono parte dei costi della gestione degli ecosistemi, remunerando i comportamenti già virtuosi (che fanno fatica a stare sul mercato) o i "mancati redditi" (sostenendo un cambiamento di pratiche), si stimola la fornitura virtuosa dei SE e la rigenerazione delle risorse, con vantaggi per tutta la società. È per questo essenziale collegare i PES a un progetto territoriale di ripristino, tutela e valorizzazione del patrimonio territoriale: delle risorse naturali, delle aree agricole, dei paesaggi, dell'assetto socioeconomico.

Per poter attivare questo genere di azioni sono necessari tre elementi:

- La condizionalità, ovvero il principio secondo il quale ogni agricoltore per poter beneficiare dei pagamenti diretti è tenuto al rispetto di Criteri di Gestione Obbligatori (CGO) e buone condizioni agronomiche e ambientali;
- L'attivazione di agricoltura multifunzionale che fornisce altre funzioni oltre a quelle della produzione alimentare (ambiente, paesaggio, turismo, didattica etc.);

- La sottoscrizione di un contratto pubblico-privato con gli agricoltori previsto dal D.lgs 228/2001 per sostenere la multifunzionalità in agricoltura, che consente di stipulare contratti fino ad importi di 50.000 € all'anno per gli imprenditori agricoli e di 300.000 € per le cooperative agricole.

Un esempio riguardo la destinazione forestale di un territorio può aiutare a comprendere la logica dei PES. Mantenere la destinazione forestale in un'area genera benefici economici inferiori rispetto a quelli ottenibili con usi alternativi, ad esempio convertendo i terreni al pascolo.

Una più completa valutazione dei benefici deve quindi tener conto dei costi della deforestazione per la popolazione che vive a valle, determinati dal venire meno dei SE forniti dalla foresta, come ad esempio la purificazione delle acque, il controllo dell'erosione e il sequestro di CO_2 (servizi di regolazione).

L'introduzione di uno schema PES, a carico della popolazione residente, può rendere maggiormente attraente il mantenimento della copertura forestale, in modo che contribuisca al mantenimento dei SE, come mostra il grafico successivo.

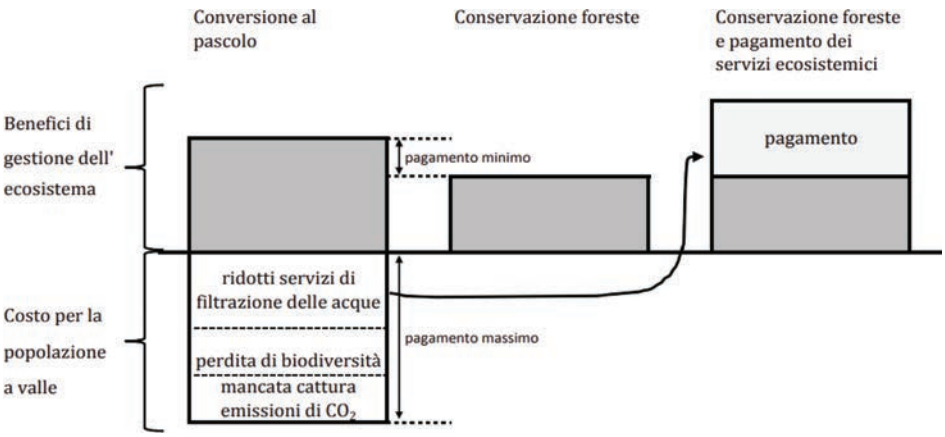


Fig. 12. Logica economica di un PES (fonte: Laboratorio REF, 2017)

7. Normativa nazionale e regionale sui servizi ecosistemici

Quadro normativo nazionale

A livello nazionale, la L. 221/2015, che, come visto, all'art. 67 ha disposto l'istituzione del CCN e la realizzazione dell'annuale Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale, all'art. 70 aveva inoltre stabilito una delega al Governo "per l'introduzione di un sistema di Pagamento dei Servizi Ecosistemici e Ambientali (PSEA)". I principi e criteri direttivi per i decreti legislativi prevedevano: la remunerazione di una quota di valore aggiunto derivante dalla trasformazione dei servizi ecosistemici e ambientali in prodotti di mercato, ferma restando la salvaguardia nel tempo della funzione collettiva del bene; l'attivazione specialmente in presenza di un intervento pubblico di concessione di un bene naturalistico di interesse comune, che deve mantenere intatte o incrementare le sue funzioni; l'individuazione dei servizi oggetto di remunerazione, del loro valore, degli obblighi contrattuali e delle modalità di pagamento; la remunerazione in ogni caso dei servizi di fissazione del carbonio, regimazione delle acque, salvaguardia di biodiversità e qualità paesaggistiche, produzione energetica, pulizia e manutenzione dell'alveo di fiumi e torrenti; il riconoscimento del ruolo svolto dall'agricoltura e dal territorio agroforestale; meccanismi di incentivazione attraverso cui creare programmi con l'obiettivo di remunerare gli imprenditori agricoli che proteggono, tutelano o forniscono i servizi; il coordinamento e la razionalizzazione di ogni altro analogo strumento e istituto già esistente in materia; i beneficiari finali nei comuni, le loro unioni, le aree protette, le fondazioni di bacino montano integrato e le organizzazioni di gestione collettiva dei beni comuni; forme di premialità a beneficio dei comuni che utilizzano sistemi di contabilità ambientale.

I decreti attuativi non sono stati emanati, ma l'art. 70 della L. 221/2015 fornisce comunque un quadro interessante per un'eventuale produzione legislativa regionale in materia.

I servizi ecosistemici nella pianificazione del territorio: l'esempio della Regione Emilia-Romagna

La L.R. 24/2017 della Regione Emilia-Romagna (Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio) stabilisce:

- All'art. 1 (Principi e obiettivi generali), c. 2, che "il governo del territorio […] è esercitato […] nel rispetto dei seguenti obiettivi: a) contenere il consumo di suolo quale bene comune e risorsa non rinnovabile che esplica funzioni e produce servizi ecosistemici";
- All'art. 35 (Disciplina delle nuove urbanizzazioni), c. 4, che "i principali elementi strutturali del territorio extraurbano sono costituiti da: d) le caratteristiche dei suoli e dei servizi ecosistemici da essi svolti";
- All'art. 41, c. 6, che "la componente strutturale del PTM stabilisce […] la disciplina delle nuove urbanizzazioni, di cui all'articolo 35, e definisce le funzioni insediative e dei servizi di area vasta, che attengono in particolare ai seguenti sistemi ed elementi: f) l'individuazione dei servizi ecosistemici ed ambientali forniti dai sistemi ambientali presenti nell'ambito territoriale di propria competenza";
- All'art. 42 (Piano territoriale di area vasta), c. 1, che "i soggetti d'area vasta approvano il PTAV con il quale, in particolare: e) possono individuare i servizi ecosistemici ed ambientali forniti dai sistemi ambientali presenti nell'ambito territoriale di propria competenza".

Alcuni Comuni dell'Emilia-Romagna hanno inserito la valutazione dei SE all'interno dei loro Piani Urbanistici Generali (PUG):

- Il PUG di Bologna, all'interno degli approfondimenti conoscitivi, nella Scheda 49 "Servizi ecosistemici e prestazioni suoli", ha individuato qualitativamente un grado di assolvimento dei SE per ognuno degli elementi costitutivi dell'eco-rete urbana, attraverso l'attribuzione di un valore alto, medio o basso per ciascun servizio, che consente di riconoscere la funzione prevalente del suolo integro di un'area e di calare quindi le corrette strategie, azioni e regole per conservare e aumentare i benefici alla cittadinanza. Nel complesso l'analisi del territorio comunale tramite i SE supporta alcune strategie del piano, quali: la conservazione dei SE di approvvigionamento delle aree agricole periurbane; la conservazione e valorizzazione dei SE di regolazione del territorio collinare; il rafforzamento dei SE di regolazione delle fasce fluviali e delle aree ad esse limitrofe; la salvaguardia e lo sviluppo dei SE di regolazione erogati dal verde privato; il potenziamento dei SE fruitivi e sociali e dei SE di regolazione erogati dalle aree verdi pubbliche. Nella Disciplina del piano, in particolare, l'Azione "Salvaguardare la biodiversità e i principali servizi ecosistemici di collina e di pianura", riconosce l'importante funzione ecosistemica delle aree naturali o rinaturalizzate, e delle aree protette, come essenziale riserva di biodiversità e regolazione dei cicli naturali, nonché l'importante valore di approvvigionamento delle aree agricole.
- Il PUG di Cesena e Montiano, all'interno della VALSAT, nella parte di "Verifica degli scenari ammissibili", per la strategia "Affrontare la sfida climatica e ambientale", riconosce che "le infrastrutture verdi e blu assolvono un ruolo multi-scalare, multifunzionale e multisettoriale in un'ottica sistemica. Esse quindi si fondono sull'integrazione di più reti (rete ecologica, rete delle acque, rete degli spazi rurali e degli spazi urbani per lo svago, nonché la rete

della mobilità slow) che, nell'insieme entrano nelle aree urbanizzate saturando i vuoti e svolgendo funzioni che hanno lo scopo di raggiungere vantaggi multipli per la comunità, i c.d. servizi ecosistemici". Nello specifico, vengono approfonditi e valutati quattro SE prodotti dalla risorsa suolo, mediante l'utilizzo dell'applicazione Simul-Soil. Uno specifico Scenario di Piano (5.1.2.3) "persegue l'obiettivo di creare infrastrutture verdi e blu attraverso interventi e azioni finalizzate al potenziamento della rete ecologica urbana e periurbana e all'incremento delle aree verdi e delle alberature (esempio interventi di forestazione urbana). Tali interventi, congiunti ad interventi strettamente connessi alla riduzione degli effetti dei cambiamenti climatici sono indirettamente rivolti anche alla tutela e incremento dei servizi ecosistemici erogati dalle aree che compongono l'infrastruttura verde, o blu".

- Il PUG di Reggio Emilia, all'interno del quadro conoscitivo diagnostico, nel paragrafo E.3 "Infrastrutture verdi e blu" riconosce che "il concetto di green infrastructure è strettamente legato a quello dei servizi ecosistemici resi. Il riconoscimento sistematico della presenza, dalla natura e della consistenza dei servizi ecosistemici offerti dalle risorse naturali presenti nell'ambito urbano e periurbano permette di integrare nella struttura urbana una adeguata green infrastructure, localizzata e dimensionata per raggiungere gli obiettivi di qualità ambientale stabiliti per l'insieme della città e per le sue singole parti". Nella strategia per la qualità urbana ed ecologico-ambientale, per la sfida "Neutralità climatica", con l'azione "Preservare e ripristinare gli ecosistemi e la biodiversità", stabilisce fra le innovazioni che rappresentano le linee di azione su cui viene attivato il Piano: "il riconoscimento e la tutela dei servizi ecosistemici presenti nell'ambito urbano e il loro raccordo in continuità con le reti ecosistemiche territoriali".
- Il PUG di Modena, all'interno del quadro conoscitivo, nel paragrafo B1 "Aree naturali e rischi", propone una prima stima qualitativa dei SE: pur non avendo a disposizione una quantificazione complessiva ed esauriente, è stata portata avanti l'analisi del territorio partendo dall'uso del suolo e attribuendo a ciascun uso un differente grado di produzione di servizi, in modo da avere comunque una individuazione qualitativa della situazione.

Tenendo conto dell'importanza del fatto che la Regione Emilia-Romagna ha inserito l'individuazione e la valutazione dei SE a livello degli strumenti di pianificazione, si riconosce che, se anche essi adesso sono considerati nel quadro conoscitivo dei piani comunali di alcune città, gli attuali metodi di valutazione risultano ancora deboli per implementare un coerente quadro progettuale.

Lo strumento della perequazione territoriale per la valorizzazione dei servizi ecosistemici

Come è noto, la *perequazione* è una tecnica urbanistica volta ad attribuire un valore edificatorio uniforme a tutte le proprietà che possono concorrere alla trasformazione urbanistica di uno o più ambiti del territorio, prescindendo dall'ef-

fettiva localizzazione della capacità edificatoria sulle singole proprietà e dalla imposizione di vincoli di inedificabilità apposti al fine di garantire all'Amministrazione la disponibilità di spazi da destinare ad opere collettive.

Chiariti sinteticamente i caratteri della perequazione, l'applicazione del *modello perequativo a scala territoriale* si traduce in una tecnica di pianificazione (l'ultima in ordine temporale di una serie di strumenti pianificatori sviluppatisi nel corso degli anni), con funzione di giustizia redistributiva nelle politiche territoriali sovracomunali, che mira a superare la "concorrenza" tra i Comuni in materia insediativa, consentendo un'equa distribuzione dei costi e dei benefici connessi al disegno di assetto territoriale intercomunale. La necessità di perequare a livello sovracomunale può sorgere sia da decisioni localizzative di attività di vario genere (ad esempio, un'infrastruttura pubblica di notevole impatto sul territorio, una struttura commerciale, un polo produttivo) che spesso producono delle esternalità ben oltre i confini del Comune direttamente coinvolto, sia da politiche sovracomunali orientate allo sviluppo socio-economico di alcune aree e alla conservazione di altre (per finalità di tutela paesaggistica, di salvaguardia ambientale, etc.), ma anche per situazioni come quelle che analizzeremo nel nostro lavori di ricerca, di territori che forniscono risorse (SE) ad altri territori o che possono "aiutare" a limitare gli impatti ambientali di altri territori: il caso del rapporto tra territori rurali e urbani.

Negli esempi di applicazione di modelli di perequazione territoriale (Lombardia, Emilia-Romagna) si tendono a risolvere questioni generate dalla frammentazione delle scelte urbanistiche a scala comunale, che, soprattutto quando è eccessiva, oltre al problema del difetto di coordinamento, comporta una spiccata competizione fra le diverse iniziative di sviluppo (ciascun comune tenderà ad attrarre le attività più lucrative), minandone l'efficacia. Intervenendo sulle cause delle disparità territoriali, la perequazione intercomunale consente quindi un utilizzo più efficiente del bene territorio attraverso politiche insediative di area vasta che mirano a contrastare fenomeni di dispersione urbana (*urban sprawl*), con conseguenti utilità in termini di riduzione del consumo di suolo, di riduzione degli impatti ambientali legati agli insediamenti, ecc.

In sostanza, se l'obiettivo principale della perequazione urbanistica è l'equità tra individui, con la *perequazione territoriale* si vuole "tamponare" l'effetto delle esternalità indotte da decisioni localizzative nei territori di più Comuni generando una maggior equità redistributiva.

La dottrina ha evidenziato come la perequazione intercomunale consenta *"di introdurre operazioni di riqualificazione, di salvaguardia ambientale, di attrezzamento e di infrastrutturazione del territorio, altrimenti difficilmente realizzabili. […] da un punto di vista prettamente giuridico, appare fortemente problematica – allo stato della legislazione vigente – l'ipotesi di traslazione dei diritti edificatori anche fra suoli collocati in ambiti territoriali appartenenti a Comuni diversi, soprattutto qualora non si preveda il preventivo assenso dei Comuni interessati, da formulare nei competenti strumenti urbanistici generali"* (Perongini, 2005)

L'efficacia del meccanismo della perequazione territoriale poggia sull'elemento consensuale, finalizzato alla ricerca di soluzioni orientate al raggiungimento in via preventiva dell'accordo tra i destinatari.

L'Emilia-Romagna è stata tra le prime regioni a disciplinare compiutamente strumenti di perequazione territoriale, a partire dalla L.R. 20/2000, che ritroviamo, senza variazioni sostanziali, nell'art. 58 della L.R. 24/2017:

- *La Regione, la Città metropolitana di Bologna, i soggetti d'area vasta di cui all'articolo 42, comma 2, i Comuni e le loro Unioni possono promuovere accordi territoriali per concordare gli obiettivi e le scelte strategiche dei loro piani. I medesimi enti possono altresì stipulare accordi territoriali per coordinare l'attuazione delle previsioni dei piani territoriali e urbanistici, in ragione della stretta integrazione e interdipendenza degli assetti insediativi, economici e sociali.*
- *Accordi territoriali possono essere stipulati altresì tra i Comuni e tra questi e le loro Unioni per definire speciali forme di collaborazione nell'esercizio delle funzioni di pianificazione urbanistica, anche attraverso l'elaborazione, approvazione e gestione di strumenti urbanistici intercomunali ai sensi dell'articolo 30, commi 3, 4, 5 e 6.*
- *La Regione, la Città metropolitana di Bologna e i soggetti d'area vasta partecipano, ciascuno nell'ambito delle proprie competenze, alla stipula degli accordi territoriali che definiscono scelte strategiche di rilievo sovracomunale, nonché alla stipula degli accordi che prevedono l'avvio di procedure di variante agli strumenti di pianificazione territoriale. La proposta di accordo territoriale è approvata dalla Giunta regionale, acquisito il parere della Commissione assembleare competente, qualora l'accordo preveda la modifica a piani e atti regionali di competenza dell'Assemblea legislativa regionale.*
- *Gli accordi territoriali di cui ai commi 1, 2 e 3 possono prevedere forme di perequazione territoriale, anche attraverso la costituzione di un fondo finanziato dagli enti locali con risorse proprie o con quote dei proventi degli oneri di urbanizzazione e delle entrate fiscali conseguenti alla realizzazione degli interventi concordati. A tal fine gli accordi definiscono le attività, il finanziamento ed ogni altro adempimento che ciascun soggetto partecipante si impegna a realizzare, con l'indicazione dei relativi tempi e delle modalità di coordinamento*.

Sull'onda di questa legge, il Piano Territoriale Metropolitano (PTM) della Città Metropolitana di Bologna prevede l'utilizzo della perequazione territoriale per costruire un meccanismo di redistribuzione a dimensione metropolitana delle risorse finanziarie generate dalle trasformazioni territoriali.

L'art. 5.3 del PTM istituisce, infatti, un fondo perequativo metropolitano a favore delle Unioni o dei Comuni cui è riconosciuta una minore capacità edificatoria (e quindi fiscale) per compensare le minori entrate derivanti dalla realizzazione di nuove trasformazioni urbanistiche nei comuni con maggiore accessibilità infrastrutturale e disponibilità di aree. Il fondo, del valore stimato in 10 milioni di euro l'anno, viene alimentato dal 50% delle quote degli oneri di urbanizzazione secondaria, dall'eventuale applicazione del contributo straordinario, delle monetizzazioni nel caso di aree per dotazioni territoriali e di ulteriori entrate fiscali.

8. Soluzioni basate sulla natura per la gestione delle risorse idriche

Le soluzioni basate sulla natura ("Nature Based Solutions", NBS) sono interventi ispirati e supportati dalla natura, che utilizzano o imitano i processi naturali per migliorare la gestione delle acque. Possono riguardare la conservazione o il ripristino di ecosistemi naturali, e/o il miglioramento o la creazione di processi naturali in ecosistemi modificati o artificiali. La caratteristica delle NBS, quindi, non è necessariamente l'utilizzo di un ecosistema naturale, quanto piuttosto la gestione o la direzione di processi naturali, per raggiungere l'obiettivo di una sana gestione delle acque. In pratica, le NBS utilizzano la natura, e i SE che essa offre, per contribuire alla gestione delle acque (WWAP/UN-Water, 2018).

Tutti i SE sono dipendenti dalle risorse idriche, ma ce ne sono alcuni che influenzano direttamente la disponibilità e la qualità dell'acqua, che vengono definiti *SE legati alle risorse idriche.* Essi, per semplicità, possono essere raggruppati in tre gruppi, che riguardano:

- I movimenti dell'acqua (ad esempio evaporazione, deflusso e infiltrazione);
- Gli accumuli di acqua (principalmente nei terreni, nelle acque sotterranee e nelle zone umide);
- Le trasformazioni dell'acqua (compresa la sua purificazione dai contaminanti).

Pertanto, questi SE sono alla base delle principali sfide da affrontare per la gestione delle risorse idriche:

- Disponibilità di acqua (approvvigionamento e quantità);
- Qualità dell'acqua (potabilità, sanificazione e igiene);
- Rischi (incluse le catastrofi legate all'acqua).

La tabella riportata alla pagina successiva mostra alcuni esempi di *SE legati alle risorse idriche*.

L'applicazione delle NBS richiede l'adozione di un approccio che consideri il territorio nel suo insieme, unitamente all'idrologia, in cui la copertura e la gestione del suolo sono al centro dell'attenzione. L'uso del suolo e i cambiamenti di uso del suolo sono infatti fattori determinanti per i cicli idrici locali, regionali e continentali, poiché influenzano la qualità dell'acqua, il modo in cui essa fluisce nel territorio, l'erosione del suolo, il trasporto e la deposizione dei sedimenti.

Tab. 5. Esempi di SE legati alle risorse idriche, e alcune funzioni che svolgono (fonte: WWAP/UN-Water, 2018)

Categorie di servizi dell'ecosistema	Esempi di benefici e funzioni dell'ecosistema
Servizi dell'ecosistema legati all'acqua*	
Servizi di approvvigionamento - prodotti ottenuti dagli ecosistemi	
Forniture di acqua dolce	Fornire acqua dolce per il consumo e i bisogni umani
Servizi di regolazione - benefici ottenuti dalla regolazione dei processi dell'ecosistema	
Regolazione dell'acqua	Regolazione della presenza di acqua nel tempo e nello spazio - carico e scarico di acqua in superficie e acqua nel sottosuolo
Regolazione dell'erosione	Stabilizzazione del suolo (collegamenti alla regolazione dei rischi naturali e servizi di supporto all'approvvigionamento)
Regolazione dei sedimenti	Regolazione della formazione guidata dall'acqua e dal flusso dei sedimenti lungo il sistema, inclusi depositi per mantenere le zone umide e urbane lungo la costa
Purificazione dell'acqua e smaltimento dei rifiuti	Assorbimento di nutrimenti e inquinamento, elaborazione e conservazione, deposito di particelle
Regolazione dei rischi naturali	Riduzione del rischio di disastri naturali collegati all'acqua
- protezione costiera	- attenua/dissipa onde e venti respingenti
- protezione contro le alluvioni	- immagazzina acqua o rallenta il flusso per ridurre i picchi di alluvioni
- protezione contro la siccità	- fornisce fonti di acqua durante i periodi di siccità
Regolazione del clima/riciclo dell'umidità	Influenza delle precipitazioni locali e regionali, umidità ed effetti di raffreddamento locali/regonali attraverso l'evaporazione

Le *foreste* sono da porre al centro dell'attenzione quando si considerano insieme l'idrologia e la gestione del territorio, ma anche le *aree agricole* giocano un ruolo fondamentale. Nelle aree agricole, i fattori che influenzano l'idrologia comprendono il tipo di coltura, l'uso di sostanze chimiche, la spaziatura e la rotazione delle colture, e in particolare le lavorazioni del terreno.

C'è un alto grado di variabilità negli impatti degli ecosistemi sull'idrologia, dipendenti dal tipo di ecosistema, dalla localizzazione, dalle loro condizioni, dal clima e dal tipo di gestione. Per evitare conclusioni derivanti da generalizzazioni riguardo le NBS è necessaria una profonda conoscenza dei luoghi specifici di intervento. Per esempio:

- Gli alberi possono incrementare o ridurre l'accumulo di scorte di acqua in base al tipo, al posizionamento e alla densità.
- Le zone umide sono largamente conosciute per ridurre gli allagamenti e prevenire le siccità, ma alcune zone umide a monte possono aumentare il rischio di allagamento a valle.
- Le caratteristiche idrologiche del suolo variano ampiamente in base al tipo di terreno, alle sue condizioni, e alla gestione.

Le *infrastrutture verdi* sono l'applicazione delle NBS: sono sistemi naturali o semi-naturali che permettono la gestione delle risorse idriche con benefici equivalenti o simili rispetto alle infrastrutture idriche convenzionali, dette anche grigie. La domanda se preferire le infrastrutture verdi o grigie è spesso oggetto di dibattito, ma questa, in gran parte, è una falsa dicotomia. In realtà, la scelta dovrebbe essere per un mix di infrastrutture verdi e grigie, considerando quelle più adatte al contesto e alla scala di intervento. In molti casi, le infrastrutture naturali e convenzionali possono e devono lavorare congiuntamente (NEP-DHI/IUCN/TNC, 2014). L'immagine successiva mostra alcuni esempi di infrastrutture verdi.

Fig. 13. Infrastrutture verdi per la gestione dell'acqua distribuite nel territorio (fonte: WWAP/UN-Water, 2018)

Una caratteristica fondamentale delle NBS è che esse tendono a produrre gruppi di SE, anche quando l'obiettivo principale degli interventi è soltanto uno. Normalmente le infrastrutture verdi offrono molteplici benefici legati alle acque, e aiutano a gestire contemporaneamente le sfide legate alla quantità, qualità dell'acqua, e ai rischi. Inoltre, le infrastrutture verdi spesso offrono co-benefici ulteriori, oltre ai SE legati alle risorse idriche, ad esempio altri SE come biomasse e legname, biodiversità, valori paesaggistici e servizi culturali e ricreativi. Tutto questo può portare anche benefici socioeconomici, ad esempio la riduzione dei rischi per la salute, nuove opportunità per l'occupazione, e la creazione di posti di lavoro dignitosi, specialmente per le aree e le comunità rurali.

La tabella alla pagina successiva riepiloga i benefici offerti dalle infrastrutture verdi, la loro possibile localizzazione nel territorio, e un esempio di infrastruttura grigia che può dare servizi analoghi (NEP-DHI/IUCN/TNC, 2014).

NBS per la gestione della disponibilità di acqua

L'interfaccia suolo-vegetazione è il fattore determinante per la gestione delle piogge, dal momento che influenza l'infiltrazione (e quindi la ricarica degli acquiferi), il deflusso superficiale, la ritenzione idrica del suolo (di particolare importanza per l'agricoltura), e l'evaporazione. Le NBS per la gestione della disponibilità di acqua consistono essenzialmente in processi e infrastrutture finalizzati sia a conservare/ripristinare gli ecosistemi sia, più in generale, a gestire il territorio, a scala locale o paesaggistica.

Tab. 6. Infrastrutture verdi per la gestione dell'acqua (fonte: WWAP/UN-Water, 2018)

Problema di gestione dell'acqua (i servizi primari devono essere forniti)		Solutione tramite infrastruttura verde	Posizione				Infrastruttura grigia corrispondente (per fornire lo stesso servizio primario)
			Spartiacque	Pianura alluvionale	Urbano	Costiero	
Regolazione della fornitura d'acqua (miglioramento della siccità incluso)		Riforestazione e mantenimento delle zone boschive	■				Dighe e pompe di acqua di superficie Sistemi di distribuzione dell'acqua
		Ricostruzione dei collegamenti tra i fiumi e le pianure alluvionali		■			
		Ricostruzione di zone umide e loro conservazione	■	■	■		
		Costruzione di zone umide	■	■	■		
		Raccolta dell'acqua*	■	■	■		
		Spazi Verdi (infiltrazioni e mantenimento biodiversità)			■		
		Pavimentazione permeabile*			■		
Regolazione della qualità dell'acqua	Purificazione dell'acqua	Riforestazione e mantenimento delle zone boschive	■				Impianti di trattamento acque
		Zone "tampone" rivierasche		■			
		Ricostruzione dei collegamenti tra i fiumi e le pianure alluvionali		■			
		Ricostruzione di zone umide e loro conservazione	■	■	■		
		Costruzione di zone umide	■	■	■		
		Spazi Verdi (infiltrazioni e mantenimento biodiversità)			■		
		Pavimentazione permeabile*			■		
	Controllo dell'erosione	Riforestazione e mantenimento delle zone boschive	■				Rinforzo dei versanti (pendii)
		Zone "tampone" rivierasche		■			
		Ricostruzione dei collegamenti tra i fiumi e le pianure alluvionali		■			
	Controllo biologico	Riforestazione e mantenimento delle zone boschive	■				Impianto di trattamento delle acque
		Zone "tampone" rivierasche		■			
		Ricostruzione dei collegamenti tra i fiumi e le pianure alluvionali		■			
		Ricostruzione di zone umide e loro conservazione	■	■	■		
		Costruzione di zone umide	■	■	■		
	Controllo della temperatura dell'acqua	Riforestazione e mantenimento delle zone boschive	■				Dighe
		Zone "tampone" rivierasche		■			
		Ricostruzione dei collegamenti tra i fiumi e le pianure alluvionali		■			
		Ricostruzione di zone umide e loro conservazione	■	■	■		
		Costruzione di zone umide	■	■	■		
		Spazi Verdi (ombreggiature delle zone d'acqua)			■		
Moderazione di eventi estremi (inondazioni)	Controllo delle inondazioni fluviali	Riforestazione e mantenimento delle zone boschive	■				Dighe e argini
		Zone "tampone" rivierasche		■			
		Ricostruzione dei collegamenti tra i fiumi e le pianure alluvionali		■			
		Ricostruzione di zone umide e loro conservazione	■	■	■		
		Costruzione di zone umide	■	■	■		
		Realizzare deviazioni per le inondazioni		■			
	Deflusso delle acque piovane in ambienti urbani	Tetti verdi			■		Infrastrutture per le acque piovane in ambienti urbani
		Spazi Verdi (infiltrazioni e mantenimento biodiversità)			■		
		Raccolta acque*	■	■	■		
		Pavimentazioni permeabili*			■		
	Controllo delle inondazioni costiere (da tempeste)	Proteggere/ripristinare mangrovie, paludi salmastre e dune				■	Muri lungo il mare
		Proteggere/ripristinare barriere (coralli/ostriche)				■	

Le misure di conservazione del suolo e dell'acqua possono essere così raggruppate:

- *Agricoltura conservativa*, che comprende tre principi di base: minimo disturbo del suolo, copertura permanente, e rotazione delle colture;
- *Concimazione e compostaggio*, per migliorare la fertilità e la struttura del suolo, e l'infiltrazione dell'acqua;

- *Fasce o coperture vegetative*, per controllare l'erosione, oltre a migliorare la struttura del suolo e l'infiltrazione dell'acqua;
- *Agro-selvicoltura*, in cui alberi vengono piantati in associazione alle colture, ai pascoli o agli allevamenti di bestiame;
- *Infrastrutture*, spesso supportate da componenti viventi del paesaggio, per:
  - Raccolta delle acque meteoriche per l'irrigazione;
  - Controllo dell'erosione con barriere strutturali e/o vegetazione permanente;
  - Terrazzamenti con o senza sistemi di drenaggio.

NBS per la gestione della qualità dell'acqua

Le foreste e le praterie, così come le aree agricole, se ben gestite, forniscono infrastrutture verdi di alto valore per la protezione della qualità dell'acqua, catturando e trattenendo gli inquinanti, e riducendo i carichi di sedimenti, attraverso la prevenzione dell'erosione.

Misure di protezione dell'acqua sorgiva di tipo naturale sono spesso meno costose rispetto alla gestione degli impatti a fondo valle, e si traducono in risparmi nei trattamenti e nella costruzione di impianti di depurazione.

Le NBS per la protezione dell'acqua possono essere così raggruppate:

- *Vegetazione ripariale e fasce tampone*, approcci comuni e convenienti per la riduzione del deflusso di nutrienti e sedimenti dai terreni agricoli alle acque;
- *Corsi d'acqua vegetativi*, cioè canali di drenaggio al di sotto di una copertura di vegetazione, dove sedimenti, nutrienti e altri prodotti agrochimici sono filtrati;
- *Bacini di esondazione*, progettati per deviare i deflussi, trattenere l'acqua temporaneamente, e rilasciarla attraverso un canale di scolo o per mezzo dell'infiltrazione;
- *Zone umide*, efficaci nella riduzione dei carichi di nutrienti e sedimenti, oltre che nel fornire habitat e nell'offrire molti SE.
- *Ricarica gestita degli acquiferi* (MAR), che può incrementare la qualità dell'acqua dal momento che si infiltra attraverso il suolo e i sedimenti.

NBS per la gestione di rischi, variabilità e cambiamenti

Il settore economico maggiormente colpito dalla crescente variabilità nella disponibilità delle risorse idriche, e certamente il più vulnerabile in termini socio-economici, è l'agricoltura.

Rispetto ai cambiamenti nella disponibilità di acqua, e ai rischi legati a situazioni estreme come alluvioni o siccità, l'approccio basato sulle NBS riconosce la necessità di spostarsi da una pianificazione e un ripristino principalmente a posteriori ai disastri, verso strategie di riduzione preventiva e proattiva dei rischi. Ad esempio, le risposte alla siccità si focalizzano spesso su misure "arresta e vai", volte alla reazione, ma è necessario spostarsi verso misure proattive.

La combinazione di NBS per la gestione dei rischi comprende essenzialmente le stesse soluzioni impiegabili anche per la gestione della disponibilità e qualità dell'acqua. Inoltre, le stesse NBS possono essere utili per prevenire al contempo rischi diversi, ad esempio sia il rischio di alluvioni che la siccità.

Le funzioni idrologiche degli ecosistemi naturali, come le zone umide e le pianure alluvionali, sono spesso ignorate nelle valutazioni politiche, nella pianificazione, e nella gestione dei rischi, rispetto a quelle fornite dalle infrastrutture grigie. Ciò che rende difficile lo sviluppo di NBS per la riduzione dei rischi, è la mancanza di precise informazioni quantitative sulle funzioni di regolazione degli ecosistemi, e di un metodo riconosciuto per la loro integrazione nei processi decisionali.

Le attuali previsioni di un prossimo aumento della durata e della gravità dei periodi siccitosi pongono il problema di decidere come incrementare le riserve d'acqua. L'opzione di costruire più bacini o serbatoi artificiali può trovare limiti nei rischi di inondazioni, nella scarsa disponibilità di deflussi, nelle preoccupazioni e restrizioni ambientali, e nel fatto che i siti più convenienti possono già essere stati utilizzati. In alcune aree, forme naturali di immagazzinamento, come le zone umide, l'umidità del suolo, e una più efficiente ricarica delle falde acquifere possono essere praticabili in modo più sostenibile ed economicamente vantaggioso rispetto a infrastrutture convenzionali come le dighe.

La pianificazione delle riserve d'acqua, a scala locale e regionale, dovrebbe considerare un insieme di opzioni, fra riserve superficiali e sotterranee, e la loro combinazione, per ottenere i migliori risultati ambientali ed economici. Le acque sotterranee hanno un importante ruolo ambientale nel sostenere i flussi fluviali e i SE, e sono una risorsa considerata sempre più importante per lo sviluppo umano e l'economia. Per alcune comunità possono essere più facilmente accessibili rispetto al flusso dei fiumi, e meno vulnerabili agli impatti dei cambiamenti climatici, come l'aumento delle temperature (WWAP/UN-Water, 2022).

Lo stoccaggio sotterraneo, potenziato con metodi di spargimento, ricarica o iniezione, semplici o più tecnicamente avanzati, fornisce un'ulteriore riserva d'acqua dolce che può aumentare la sicurezza. Queste tecniche, che aumentano intenzionalmente la ricarica delle acque sotterranee mediante la costruzione di infrastrutture e/o la modifica del paesaggio, sono note come *ricarica gestita degli acquiferi* ("Managed Aquifer Recharge", MAR).

La MAR è un intervento tecnico che sfrutta la capacità di stoccaggio del sottosuolo naturalmente disponibile. L'acqua superficiale in eccesso, che altrimenti andrebbe persa nel ruscellamento, viene temporaneamente immagazzinata e resa disponibile per un uso proficuo in un secondo momento.

Una soluzione innovativa, sviluppata specificamente per ridurre, allo stesso tempo, i rischi di alluvioni e siccità, è chiamata "*addomesticamento sotterraneo delle inondazioni per l'irrigazione*". La soluzione prevede la trasformazione di una situazione caratterizzata da deflusso eccessivo e incontrollato durante la stagione umida, che spesso provoca inondazioni, attraverso una serie di deviazioni

e strutture MAR che catturano l'acqua in eccesso nelle falde acquifere, evitando catastrofi e creando una riserva che può essere utilizzata per l'irrigazione nella successiva stagione secca.

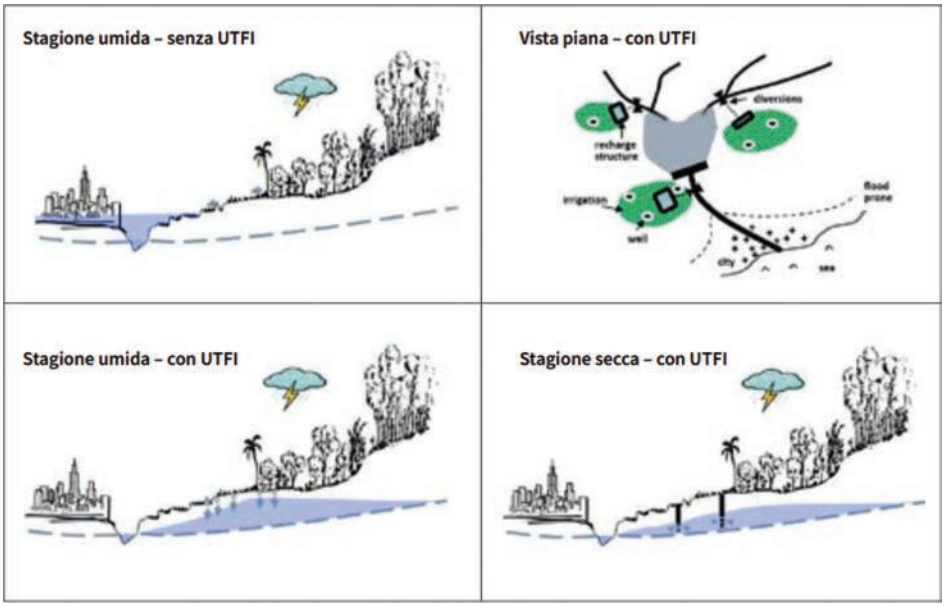


Fig. 14. Schema del concetto di "addomesticamento sotterraneo delle inondazioni per le irrigazioni" (fonte: WWAP/UN-Water, 2018)

Lo sviluppo di un sistema di approvvigionamento idrico resiliente ai cambiamenti climatici comporterà un utilizzo più efficace e accorto delle acque sotterranee, in combinazione alle acque di fiumi, laghi e bacini idrici superficiali. Da questo punto di vista, le strategie MAR si dividono in quattro grandi categorie:

- *Modifiche del letto del corso d'acqua*, tramite infrastrutture come piccole dighe, stagni e serbatoi che trattengono il deflusso superficiale e favoriscono l'infiltrazione diretta;
- *Filtrazione delle sponde*, attraverso il prelievo delle acque sotterranee vicino a fiumi e altri corpi idrici superficiali, in modo da aumentare il gradiente idraulico dalle acque superficiali;
- *Distribuzione dell'acqua*, cioè l'uso delle acque alluvionali per aumentare l'umidità del suolo;
- *Pozzi di ricarica*, per l'iniezione delle eccedenze stagionali di acque superficiali raccolte nei bacini idrici con i pozzi.

Implementazione delle NBS con i PES

Lo schema PES (vedi par. 6) è sempre più utilizzato, in tutto il mondo, come strumento per la gestione e la conservazione delle risorse idriche. Uno schema PES può essere finanziato attraverso contributi e sussidi governativi pagati, per la maggior parte, dai grandi utilizzatori di acqua (grandi forniture urbane, im-

pianti idroelettrici, aziende di imbottigliamento di acqua e bibite), localizzati nelle parti basse dei bacini idrografici, al fine di garantire adeguati SE legati alle acque nelle parti medio-alte dei bacini; si tratta in molti casi di schemi PES a partecipazioni pubblico-privata.

Per sostenere le comunità e gli agricoltori localizzati nella parte superiore dei bacini, e per proteggere e mantenere gli ecosistemi, assicurando un costante flusso di acqua di buona qualità, e riducendo i costi associati al trattamento delle acque, sono utilizzati appositi fondi finanziari; le risorse finanziarie di questi fondi sono gestite attraverso contratti tra i vari attori coinvolti (pagatori e beneficiari) , che designano un'istituzione indipendente per amministrare le risorse finanziarie e assicurare che siano spese efficacemente per la conservazione degli ecosistemi a tutela delle risorse idriche.

Esiste ormai un'ampia letteratura che evidenza che gli investimenti in NBS da parte di città, aziende idriche ed altre aziende private anche attraverso i PES sono ampiamente giustificati non solo come soluzioni convenienti per la gestione delle acque, ma anche dal punto di vista del ritorno economico, generando al contempo benefici ambientali e socioeconomici addizionali.

Tuttavia, nei settori della fornitura di acqua potabile, e dei servizi igienico-sanitari, le NBS appaiono ancora fortemente sotto-finanziate in confronto alle infrastrutture convenzionali.

Si rende, quindi, necessario valutare sia le NBS sia le infrastrutture convenzionali sulla base di un approccio costi-benefici standardizzato che includa anche la vasta gamma di benefici ambientali e socioeconomici ad essi correlati (inclusa una miglior capacità di adattamento ai cambiamenti climatici) in modo da poter evidenziare i migliori risultati che potrebbero essere raggiunti con l'adozione di NBS. Infatti, sebbene la possibilità di fare ricorso alle NBS sia ormai riconosciuta da molti quadri normativi, dal livello europeo (ad esempio nella strategia per le infrastrutture verdi) al livello locale (ad esempio in alcuni documenti di pianificazione di città dell'Emilia-Romagna, come visto nel capitolo precedente, o nel PTCP della provincia di Grosseto, come riportato nella parte terza), le decisioni finali sugli interventi da implementare per la gestione delle risorse idriche sono in pratica dipendenti da una valutazione costi-benefici fra le diverse opzioni a disposizione (verdi e/o tradizionali).

Ovviamente, esistono dei limiti oltre i quali anche le NBS non sono più vantaggiose, dal punto di vista economico, come parimenti accade anche per le infrastrutture convenzionali. L'identificazione della giusta combinazione tra infrastrutture convenzionali e NBS richiede, quindi, una metodologia di analisi e di valutazione condivisa per calcolare il rapporto costi-benefici per entrambe.

Un vantaggio fondamentale delle NBS è rappresentato dal contributo che esse forniscono alla resilienza complessiva del sistema, soprattutto in un'ottica di medio-lungo termine. Spesso, però, tali benefici (o esternalità positive) non sono considerati e, al tempo stesso, nella valutazione delle infrastrutture convenzionali non si tiene conto dei loro impatti negativi (esternalità negative) sull'am-

biente e la società, e questo sposta, inevitabilmente, la scelta sulle infrastrutture tradizionali.

Valutare i benefici delle NBS (attraverso un'analisi costi-benefici che vada a valutare anche le esternalità ambientali) è un passo essenziale per attingere alle risorse finanziarie disponibili in più settori diversi e realizzare investimenti più efficaci. Ciò richiede un approccio sistematico e dettagliato per dare un valore monetario a costi e benefici che non hanno prezzi di mercato ma, una volta, definito il metodo di analisi, si potranno avere miglioramenti significativi nei processi decisionali e nelle prestazioni socio-ambientali degli ecosistemi.

L'adozione di NBS non necessariamente richiede risorse finanziarie aggiuntive ma, piuttosto, un re-indirizzamento più efficace dei finanziamenti esistenti. Il problema che quindi si pone, nella valutazione, è la determinazione del trade-off tra l'eventuale diversa modalità di investimento (non necessariamente maggiore) e l'efficienza ambientale e sociale delle NBS, al fine di scegliere gli investimenti che siano, contemporaneamente, più sostenibili e convenienti nel tempo.

Il settore agricolo rappresenta, ad esempio, un'area importante per promuovere le NBS per la gestione delle risorse idriche. Tuttavia, è difficile valutare l'efficacia degli investimenti attuali, o di quelli potenziali, in NBS per la gestione delle acque perché, di solito, sono parte integrante di investimenti più ampi orientati al migliorare la sostenibilità ambientale dell'agricoltura.

Le NBS richiedono inoltre livelli molto più elevati di collaborazione/cooperazione intersettoriale, rispetto agli approcci convenzionali, soprattutto se applicate alla scala territoriale/paesaggistica. Tale collaborazione/cooperazione riguarda molti settori diversi come, ad esempio, la gestione delle risorse idriche, l'agricoltura e silvicoltura, la pianificazione territoriale e urbana, la protezione e conservazione ambientale. Accade ordinariamente che le diverse parti interessate abbiano prospettive e priorità diverse. Tuttavia, lo sviluppo di NBS può rappresentare un'opportunità per riunire diversi settori in un progetto comune o in un'agenda più ampia.

Nell'adottare NBS è infine necessario ricordare sempre che queste soluzioni sono intimamente connesse con il territorio e la conoscenza/esperienza delle popolazioni locali. Pertanto, per lo sviluppo delle NBS risulta di fondamentale importanza un ampio coinvolgimento delle parti interessate, e la partecipazione delle comunità, in particolar modo di quelle i cui mezzi di sostentamento dipendono dai beni e servizi forniti dai territori rurali. Da considerare, inoltre, che in molti casi le competenze e conoscenze delle comunità trovano difficoltà ad integrarsi pienamente ed efficacemente nei processi decisionali, a causa di tradizioni e routine consolidate e difficili da rimuovere. In tal senso, per la pianificazione, progettazione ed implementazione delle NBS, deve essere posta un'attenzione particolare sulle metodologie di coinvolgimento delle popolazioni locali nelle fasi di valutazione, di decisione, di gestione e monitoraggio.

In questo senso, il progetto che siamo andati a sviluppare si è posto pienamente in questa logica di coinvolgimento degli attori locali.

9. Buone pratiche di PES in Italia e nel mondo

Negli ultimi anni, tra i molti SE che gli ecosistemi offrono alla società umana, una grande importanza è stata riconosciuta a quelli legati alle risorse idriche, il cui ruolo essenziale viene sottolineato, in ambito europeo, anche dalla Direttiva Quadro Acque (2000/60/CE). La direttiva, che sottolinea come "l'acqua non è un prodotto commerciale al pari degli altri, bensì un patrimonio che va protetto, difeso e trattato come tale", definisce i criteri generali per il recupero dei costi del servizio idrico.

Consapevoli dell'interesse che si sta sempre più sviluppando a livello nazionale e internazionale sulle possibili remunerazioni legate alla fornitura di SE legati alle risorse idriche, vengono analizzati di seguito alcuni dei casi più noti - internazionali e nazionali - di PES relativi alla gestione delle acque, nel mondo, e in Italia.

PES per i servizi idrici della città di New York

Contesto

Il contesto è quello della città di New York e del proprio bacino di approvvigionamento, che è uno dei più grandi sistemi di stoccaggio e approvvigionamento di acqua di superficie al mondo. Si tratta di 4,2 milioni di m^3 di acqua potabile sicura ogni giorno per nove milioni di persone: questo rappresenta quasi la metà della popolazione di tutto lo Stato di New York.

Tale sistema è costituito da tre fonti di acqua superficiale: il Croton Watershed a est del fiume Hudson - che fornisce 10% dell'acqua necessaria - e il sistema combinato Catskill e Delaware, a ovest del fiume Hudson, che fornisce il 90% dell'acqua alla città.

L'estesa area di drenaggio (circa 5.000 Km^2), che comprende 19 bacini idrici e tre laghi controllati, è rappresentata per il 75% della superficie da foreste, sfruttate attraverso gestioni poco sostenibili.

Criticità

La gestione poco sostenibile ha generato nel tempo un forte inquinamento del bacino di captazione dell'acqua potabile e, al fine di invertire il trend, nel 1993,

l'Environmental Protection Agency degli USA ha richiesto che la città si dotasse di un sistema di filtraggio per soddisfare gli standard federali di qualità dell'acqua, attraverso un impianto dal costo approssimativo di 6 miliardi di dollari.

Fig. 15. Mappa del sistema di approvvigionamento idrico della Città di New York (fonte: https://www.dec.ny.gov/lands/53884.html; ultima visualizzazione: Maggio 2023)

Obiettivo
La finalità è stata quindi quella di coinvolgere i gestori delle foreste, incentivandoli a adottare buone pratiche per il mantenimento del deflusso idrico a valle - con la garanzia di qualità e quantità costante nel tempo - nonché del SE di fornitura di acqua potabile a beneficio della popolazione urbana.
Soggetti coinvolti
Fornitori:
- Proprietari di aree forestali e di aziende agricole ricadenti all'interno dei bacini di captazione.

Intermediari:
- Watershed Agricultural Council (WAC), una struttura senza fine di lucro.

Finanziatori:
- Azienda per la fornitura di servizi idrici cittadini;
- Dipartimento della protezione ambientale della città di New York;
- Altri stakeholders finanziatori (Es. USDA, US Forest Service).

Azioni
Sono stati implementati accordi contrattuali tra il pubblico e i proprietari delle terre (agricole e forestali) che ricadono all'interno del bacino: questi si impegnano a mantenere uno specifico programma di gestione delle terre compatibile con gli obiettivi.
Questo aspetto è particolarmente interessante in quanto consente ai proprietari terrieri privati dei bacini del Croton e del Catskill/Delaware che sottoscrivono gli accordi di essere "custodi" della fornitura dell'acqua potabile di New York City**.**
Sono stati così avviati tre programmi per incoraggiare la gestione sostenibile dei bacini idrografici:
- Il Watershed Agriculture Programme, che prevede: il pagamento di agricoltori per diminuire le fonti di inquinamento; e contratti di 10-15 anni con il Dipartimento dell'Agricoltura degli USA per ritirare dalla produzione i terreni il cui utilizzo può avere significativi impatti ambientali negativi;
- Il Watershed Agreement, che prevede: il pagamento dei proprietari terrieri per introdurre buone pratiche di conservazione del suolo e dell'acqua; e un programma di acquisizione di terreni e restrizioni di uso dei suoli, nonché la realizzazione di partenariati che portino avanti le diverse azioni previste.
- Il Watershed Forestry Programme, che promuove il miglioramento delle foreste che non sono già state protette dalle misure di acquisizione delle terre o di limitazione di usi.

Attualmente il progetto è messo in atto dal Watershed Agricultural Council (WAC), struttura senza scopo di lucro, che collabora con agenzie e organizzazioni non profit (locali, regionali, statali e federali) e lavora con i proprietari di terreni agricoli e forestali con l'obiettivo di:
- Promuovere la vitalità economica dell'agricoltura e della silvicoltura;
- Salvaguardare la qualità della risorsa idrica;
- Valorizzare i paesaggi agroforestali attraverso una forte leadership locale e partenariati pubblico-privato sostenibili.

Fig. 16. Attività del Farmer Education Program (fonte: https://www.nycwatershed.org/agriculture/farmer-education/; ultima visualizzazione: Maggio 2023);

Fig. 17. Formazione di taglialegna, insegnanti e studenti all'interno del programma forestale (fonte: https://www.nycwatershed.org/forestry/education-training/; ultima visualizzazione: Maggio 2023)

Il WAC:

- Aiuta le aziende agricole e forestali ad attuare piani di gestione per la tutela delle acque attraverso aiuti economici, incentivi (mediante programmi di attuazione) e corsi di formazione;
- Implementa relazioni di cooperazione positive con stakeholder e partner.

Per le attività forestali nello specifico sono stati elaborati tre programmi:

- Programma *Best Management Practice*, che fornisce denaro, materiali e supporto tecnico per aiutare i taglialegna a pianificare e applicare le migliori pratiche di gestione della qualità dell'acqua;
- Programma *Management Assistance Program*, che fornisce assistenza finanziaria e supporto tecnico ai proprietari terrieri che desiderano strutturare un piano di gestione forestale del bacino idrografico.
- Programma *Croton Trees For Tribs*, che offre dietro un contributo alberi e arbusti da piantare lungo i ruscelli ai proprietari terrieri idonei che ne facciano richiesta nel bacino di Croton.

Modalità di finanziamento

Ai proprietari terrieri vengono forniti incentivi e pagamenti per la buona gestione delle terre. Il finanziamento proviene dagli utenti finali attraverso un'addizionale sulla tariffa idrica.

Risultati ottenuti attraverso il PES

Il principale risultato ottenuto è la tutela quali-quantitativa delle risorse idriche grazie all'utilizzo del territorio come "depuratore naturale", con un risparmio di spesa di circa 6 miliardi di dollari - che sarebbero gravati sui cittadini di New York - legato alla cessata esigenza di costruzione di impianti di depurazione.
Inoltre, attraverso i contratti messi in atto, è stato garantito un flusso annuo e costante di reddito ai proprietari delle terre, specialmente quelle forestali.
Infine, il PES ha portato nel tempo alla costruzione di una rete territoriale di relazioni di cooperazione.

PES per L'acqua minerale Vittel

Contesto

Il programma PES ha interessato il Comune di Vittel, situato nel Dipartimento di Vosgi, nella Regione francese del Grand Est. Il territorio, contraddistinto da numerose sorgenti e da una consistente rete di acque sotterranee e superficiali, si caratterizza per l'importante ruolo nel processo di erogazione, tutela e conservazione della risorsa idrica. Il progetto si è concretizzato su un'area di circa 4.000 ettari, coinvolgendo 12.000 residenti, 11 cittadine ,e 37 società agricole consorziate. Il caso è legato al mantenimento della qualità idropotabile della sorgente della multinazionale Vittel.

Criticità

La multinazionale era preoccupata della contaminazione dell'acqua da nitrati causata dall'intensificazione delle attività agricole: rischiava infatti una contaminazione delle sorgenti d'acqua dovuta allo spandimento di liquami nel bacino di captazione.

Fig. 18. Area di riferimento del Progetto (fonte: https://www.vittel.com/vittel-water-conservation)

Fig. 19. Visita alle aziende zootecniche per discutere dei metodi di allevamento che limitano l'inquinamento delle falde (fonte: https://www.nestle.com/sites/default/files/asset-library/documents/library/documents/corporate_social_responsibility/natural-capital-water-in-agriculture.pdf; ultima visita: Maggio 2023)

Fig. 20. Campionamento dell'acqua nei pressi di Vittel (fonte: https://www.europarc.org/wp-content/uploads/2015/05/Training_Manual_v3-Copy.pdf; ultima visita: Maggio 2023)

Obiettivo

Mantenimento della qualità idropotabile della sorgente e la riduzione dei nitrati in falda.

Soggetti coinvolti nel PES

- Azienda multinazionale dell'acqua in bottiglia Vittel
- Aziende agricole e forestali locali

Azioni

L'azienda ha intrapreso uno studio delle relazioni di causa-effetto tra le pratiche di gestione agronomica e il miglioramento della qualità dell'acqua, e un percorso di negoziazione durato dieci anni con i proprietari agricoli e forestali affinché adottassero pratiche più sostenibili.

Vittel ha collaborato a stretto contatto con gli agricoltori per identificare pratiche sostenibili alternative, nonché incentivi che fossero reciprocamente accettabili. L'azienda ha successivamente finanziato tutte le modifiche tecnologiche necessarie senza esborsi da parte degli agricoltori. Nel percorso di negoziazione con gli agricoltori, l'azienda ha individuato quattro tipologie contrattuali della durata di 18 o 30 anni differenziate in base alle dimensioni aziendali.

Grazie a questo strumento, gli agricoltori hanno potuto beneficiare di premi annuali commisurati ai mancati redditi dovuti al cambio di gestione delle pratiche agronomiche, in particolare:

- Il pagamento di un premio di 200 euro/ha/anno;
- E l'introduzione di altri benefici negoziati direttamente con le 26 aziende locali, ovvero:
  - Assistenza gratuita nei cambiamenti di pratiche colturali;
  - Un contributo a fondo perduto fino a 150.000 euro ad azienda, per il miglioramento delle infrastrutture aziendali;
  - La cancellazione dei debiti per l'acquisto dei fondi, o l'acquisto diretto dei fondi in seguito ceduti in gestione con contratti triennali.

L'attuazione del programma ha permesso lo sviluppo di processi sinergici di cooperazione tra consulenti tecnico-scientifici, agricoltori, gestori terrieri e cittadini. Un esempio virtuoso e utile allo svolgimento di oculate attività di analisi e monitoraggio, così come alla valutazione delle necessarie pratiche da adottare e alla loro messa in opera.

Risultati ottenuti attraverso il PES

Con il cambio di gestione delle pratiche agronomiche, 17.000 ha di mais sono stati convertiti in prati o in altre coltivazioni. Si è così raggiunta una riduzione dei nitrati in falda e la conversione al biologico da parte di numerosi agricoltori. Nei primi sette anni di attuazione del PES, la multinazionale ha speso 24,25 milioni di euro (980 euro/ha/anno), di cui circa 9,14 per l'acquisizione dei fondi, 3,81 per l'ammodernamento delle aziende, e 11,3 di compensazioni agli agricoltori, a fronte di un giro d'affari pari a 5,2 miliardi di euro (anno 2005), il 10% dell'intero fatturato.

Inoltre, si inserisce tra le buone pratiche promosse dal progetto La ri-piantumazione arbustiva. Tale intervento si è concretizzato anche laddove, durante gli ultimi decenni, numerose siepi erano state eliminate in favore della massimizzazione della produzione agricola. In questo senso, l'intervento ha implicato un necessario ripensamento dell'attività agricola stessa.

La tassazione "water penny" della Bassa Sassonia

Contesto

Il caso è localizzato nella Regione della Bassa Sassonia, la seconda regione della Germania per estensione, e coinvolge una superficie agricola di circa 300.000 ettari.

Collocata nella zona nord-occidentale del Paese, chiusa tra i fiumi Ems a ovest ed Elba a est, la regione ospita notevoli paesaggi diversificati, come la brughiera di Luneburgo (il più grande parco nazionale naturale) a nord-est, le vaste pianure agricole al centro-meridione, la fascia costiera del Mare del Nord e delle isole frisone occidentali, e il territorio montano-forestale del massiccio dell'Harz, a sud. Ancora oggi il carattere prevalentemente rurale della regione conferisce un ruolo centrale ai settori agricoli e zootecnici.

Fig. 21. Area della Bassa Sassonia (fonte: https://www.freeworldmaps.net/europe/germany/lowersaxony.html; ultima visita: Maggio 2023)

Criticità

A causa dell'intensificazione delle attività agricole convenzionali la regione presentava problemi di inquinamento della falda acquifera.

Obiettivo

Sensibile riduzione dell'inquinamento della falda acquifera

Soggetti coinvolti

- Multiutility (aziende di servizi idrici)
- Cittadini
- Aziende agricole (12.000 agricoltori circa)

Azioni

Con l'obiettivo di ridurre l'inquinamento della falda acquifera, nel 1992, è stato approvato e attuato un regolamento regionale che ha dato la possibilità alle aziende di servizi idrici di inserire all'interno della bolletta dell'acqua potabile una tassa nota come "water penny", il cui ammontare viene reinvestito dalle utility in pagamenti diretti agli agricoltori, per la conversione al biologico, la diminuzione di prodotti chimici, il ripristino di aree umide e di ecosistemi fluviali.

Fig. 22. Area agricola nel comune di Filsum, in Bassa Sassonia (fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Filsum#/media/File:Flug_Westerstede_nach_Leer_2010_140.JPG; ultima visita: Maggio 2023)

Risultati ottenuti attraverso il PES

La tassa water penny raccoglie ogni anno circa 30 milioni di euro (Greiber et Al. 2009) che vengono investiti in pagamenti diretti e incentivi per un'agricoltura più sostenibile. Oggi la maggior parte delle aziende coinvolte è stata convertita all'agricoltura biologica e questo ha innescato processi virtuosi che hanno portato alla riduzione dell'inquinamento in falda e alla conservazione degli ecosistemi fluviali.

La ricarica artificiale della falda ad opera del Consorzio Pedemontano Brenta (Veneto)

Contesto

Questo caso, dal carattere innovativo, ha luogo nella Regione Veneto, in particolare nei Comuni di Schiavon e Tezze sul Brenta, ed è legato all'impoverimento degli acquiferi.

Soggetti coinvolti

- Consorzio di Bonifica
- Proprietari terrieri

Azioni

Per combattere l'impoverimento degli acquiferi, il Consorzio Pedemontano Brenta ha implementato delle soluzioni basate sulla natura per la ricarica artificiale delle acque sotterranee. Il Consorzio sta sperimentando la gestione di aree forestali – attraverso la piantagione di essenze a ciclo breve - per l'infiltrazione e l'inondazione di zone umide e foreste durante l'inverno, per garantire livelli adeguati di acque sotterranee durante i mesi estivi. In particolare, il Consorzio ha affittato tre aree per un totale di circa 4 ettari, nei Comuni di Schiavon e Tezze

sul Brenta, in prossimità di propri esistenti impianti irrigui. Su questi terreni sono state scavate delle scoline longitudinali, affiancate da alberature, in cui viene fatta scorrere acqua nelle stagioni di abbondanza, che così si infiltra nel terreno, molto permeabile, per ritrovarle in falda e nelle risorgive.
Il Consorzio ha così firmato dei contratti con i proprietari dei terreni che prevedono il pagamento di circa 10.000 euro per ettaro per la creazione di aree di infiltrazione forestale (AFI) e di 1.100 euro anno per la loro manutenzione (Villamagna et al. 2013).

Fig. 23. La piantagione dei boschi di ricarica (fonte: http://www.consorziobrenta.it/ricarica_falda_schiavon.asp; ultima visita: Maggio 2023)

Fig. 24. Bosco limite a Carmignano di Brenta (fonte: https://www.etifor.com/it/portfolio/boscolimite/; ultima visita: Maggio 2023)

Risultati ottenuti attraverso il PES
L'ente consorziale ha già realizzato 10 aree a "boschi di ricarica" (in alcuni casi tramite la diretta presa in gestione), per un'estensione di circa 10 ettari, riuscendo in tal modo ad infiltrare in falda circa 10 milioni di metri cubi d'acqua all'anno.
La piantagione di specie arboree a ciclo breve consente ogni biennio di ottenere una produzione di biomassa utile per un utilizzo energetico da fonti rinnovabili e che consente il recupero dei costi di realizzazione delle aree.
Inoltre, le aree di rimboschimento risultano essere delle aree naturali di grande valore ecologico.

PES per la riduzione dell'erosione delle sponde della diga di Ridracoli in Romagna

Contesto

Il caso si localizza a Ridracoli, un piccolo borgo della frazione del Comune di Bagno di Romagna, situato a circa 400 mslm sull'appennino forlivese. A pochi chilometri dal paese si colloca l'omonima diga, inaugurata nel 1982, che fornisce acqua a buona parte della Romagna. La diga era soggetta a problemi di interrimento, dovuti a fenomeni di erosione, che causavano pericoli per la qualità dell'acqua.

Soggetti coinvolti

- Romagna Acque - Società delle Fonti spa
- Proprietari di aree forestali

Fig. 25. Diga di Ridracoli (fonte: http://www.ervet.it/wp-content/uploads/2013/09/Rapporto_infrastrutture_verdi_2015.pdf; ultima visita: Maggio 2023)

Azioni

La sedimentazione annuale, che generava l'interrimento, era stimata nel 1982 in 42.600 m3. Nel 2001, con l'obiettivo di minimizzare il processo di erosione e di sedimentazione, e così di migliorare la qualità dell'acqua, Romagna Acque ha attivato uno schema di pagamento per incoraggiare i proprietari di boschi a adottare pratiche sostenibili di gestione forestale, che riducono l'erosione del suolo. L'ammontare del pagamento iniziale (partito nel 1996) è stato di circa 200 euro/ha, sceso a 100 euro/ha dopo un paio d'anni, che corrispondevano rispettivamente al 7 e al 3% delle entrate della fattura dell'acqua.

Risultati ottenuti attraverso il PES

Notevole diminuzione della sedimentazione, oggi stimata come minore di 30.000 m3 rispetto ai 42.600 m3 del 1982.

10. Una potenzialità per il finanziamento dei PES: i costi ambientali e della risorsa

Inquadramento legislativo

Nel quadro dei Costi Ambientali e della Risorsa (Environmental and Resource Cost, ERC), il caposaldo normativo, che avvia una profonda riflessione sulla tutela delle risorse idriche, è rappresentato dalla Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE, DQA), che ha come obiettivi principali:

- Proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici e delle zone umide associate;
- Promuovere un utilizzo sostenibile della risorsa;
- Assicurare la progressiva riduzione dell'inquinamento delle acque sotterranee;
- Contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

La direttiva inoltre, con l'art. 9, c. 1, contestualmente e in relazione agli ERC introduce due principi innovativi, ovvero:

- Il Recupero dei costi dei servizi idrici;
- Chi inquina paga.

Per quanto riguarda in particolare quest'ultimo punto, la normativa ha voluto sottolineare come gli obiettivi di qualità dei corpi idrici possono – e devono – conseguirsi anche attraverso l'attuazione di una politica dei prezzi che disincentivi lo spreco di acqua, con conseguente riduzione della domanda e della pressione sui corpi idrici.

La Comunicazione della Commissione Europea COM(2000) 477 definisce con apprezzabile dettaglio le voci di costo che le tariffe idriche devono coprire integralmente ("full recovery cost"), sostenendo che per poter effettivamente promuovere la gestione sostenibile delle risorse idriche le politiche di tariffazione delle acque devono tenere conto di costi di natura diversa:

- *Costi finanziari dei servizi idrici*, che comprendono gli oneri legati alla fornitura e alla gestione dei servizi in questione. Essi comprendono tutti i costi operativi e di manutenzione e i costi di capitale (quota capitale e quota interessi, nonché l'eventuale rendimento del capitale netto);
- *Costi ambientali*, ovvero i costi legati ai danni che l'utilizzo stesso delle risorse idriche causa all'ambiente, agli ecosistemi e a coloro che usano l'ambiente

(ad esempio, una riduzione della qualità ecologica degli ecosistemi acquatici o la salinizzazione e degradazione di terreni produttivi);

- *Costi delle risorse*, ovvero i costi delle mancate opportunità imposte ad altri utenti in conseguenza dello sfruttamento intensivo delle risorse al di là del loro livello di ripristino e ricambio naturale (ad esempio, legati all'eccessiva estrazione di acque sotterranee). In linea di principio, ogni utilizzatore deve quindi sostenere i costi legati alle risorse idriche da lui consumate, compresi i costi ambientali e quelli delle risorse. I prezzi devono inoltre essere direttamente legati alla quantità di risorse idriche impiegate, o all'inquinamento prodotto. In questo modo essi assumono una funzione incentivante, spingendo gli utilizzatori ad impiegare le risorse idriche in modo più efficiente ed a produrre meno inquinamento.

Gli ERC, introdotti ma non esplicitati direttamente dalla DQA, vengono definiti successivamente in alcuni documenti di lavoro elaborati dal CIS (Strategia Comunitaria di Implementazione), che identificano le linee guida per l'applicazione della direttiva stessa. In tali documenti, i costi ambientali vengono definiti come i costi derivanti dal degrado dell'ecosistema e/o dall'esaurimento della risorsa idrica, a causa di un utilizzo specifico, mentre i costi della risorsa sono legati alle mancate opportunità (imposte ad altri utenti) in conseguenza dello sfruttamento intensivo delle risorse al di là del loro livello di ripristino e ricambio naturale.

La normativa europea dava tempo agli stati membri fino al 2010 per riconoscere gli ERC nelle proprie tariffe applicate all'utenza.

L'Italia, attraverso l'art. 119 del d.lgs. 152/2006, in recepimento dell'art. 9 della DQA, inquadra il recupero dei costi, compresi quelli ambientali e della risorsa, sia nell'ambito delle tariffe sia dei canoni di concessione, e stabilisce un sistema di ruoli e competenze che partono dal Ministero dell'Ambiente, passano per l'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA), e arrivano agli Enti di governo d'Ambito (EGA), e ai gestori del Sistema Idrico integrato (SII). L'art. 154, c. 2, prevede che il Ministero, su proposta dell'ARERA, definisca con proprio decreto ministeriale le componenti di costo per la determinazione della tariffa relativa ai servizi idrici, per i vari settori di impiego dell'acqua.

Con il fine di dare seguito al decreto, il Ministero dell'Ambiente ha emanato il decreto 24 febbraio 2015, n. 39, che reca i criteri per la definizione del costo ambientale e del costo della risorsa per i vari settori d'impiego dell'acqua. In modo particolare i criteri vengono articolati e descritti nell'Allegato A: Linee guida per la definizione del costo ambientale e del costo della risorsa per i vari settori d'impiego dell'acqua, in attuazione degli obblighi di cui agli articoli 4, 5 e 9 della direttiva comunitaria 2000/60/CE.

Gli ERC nel Metodo Tariffario Idrico nazionale

La componente ERC è stata inserita esplicitamente nel MTI (Metodo Tariffario Idrico) nazionale a partire dal 2015 (deliberazione ARERA n. 664/2015/R/IDR), dopo che tali costi erano stati definiti in un documento del 2014 (539/2014/R/IDR), e identificati come segue:

- *Costi ambientali*: i costi legati alla alterazione/riduzione delle funzionalità degli ecosistemi acquatici o al degrado della risorsa sia per le eccessive quantità addotte, sia per la minore qualità dell'acqua, tali da danneggiare gli usi dei corpi idrici o il benessere derivante dal valore assegnato al non-uso di una certa risorsa. A questo proposito il documento esplicita che tali costi si riferiscono a "qualsiasi spesa sostenuta per intraprendere misure tese al ripristino, alla riduzione o al contenimento del 'danno' prodotto dagli utilizzi della risorsa per raggiungere gli obiettivi di qualità pianificati […] nonché delle connaturate potenzialità dei servizi ecosistemici della risorsa idrica". Attraverso questa interpretazione fanno ad esempio parte dei costi ambientali gli oneri relativi alla depurazione dei reflui, alla protezione delle aree sensibili e del patrimonio idrico o, ancora, i costi per ridurre le perdite idriche.
- *Costi della risorsa*: il costo per l'impiego incrementale di una unità in più di risorsa per un certo uso o servizio, sottraendola agli altri usi o servizi; ad esempio, non intervenire per ridurre le perdite produce un prelievo di risorsa evitabile che ne limita la disponibilità, ovvero l'opportunità, ad altri utilizzi, in situazione di risorsa non illimitata. Sono ad esempio considerati costi della risorsa tutte le spese di derivazione o attingimento, potabilizzazione (tutta o in parte), riduzione delle perdite idriche.

Con il più recente metodo tariffario per il terzo periodo regolatorio (2020-2023, MTI-3), l'ARERA è nuovamente intervenuta ampliando la definizione degli ERC al fine di includere: "[…] la valorizzazione economica dalla riduzione e/o alterazione delle funzionalità proprie degli ecosistemi acquatici, ovvero delle mancate opportunità (attuali e future) conseguenti a un determinato uso di una risorsa scarsa". L'ARERA ha quindi incluso negli oneri che possono rientrare negli ERC tutte le misure orientate alla "protezione e alla salvaguardia delle fonti idrico potabili, nonché agli interventi per prevenire la riduzione e l'alterazione delle funzionalità proprie degli ecosistemi acquatici e per ripristinare il funzionamento degli ecosistemi acquatici stessi".

Nel Metodo Tariffario Idrico (MTI-3) per il periodo regolatorio 2020-2023, approvato da ARERA nel 2019, i costi ambientali e della risorsa sono divisi in:

- *ERC Capex*, ovvero Costi di Investimento;
- *ERC Opex*, ovvero Costi operativi, di gestione.

La componente complessiva è quindi data dalla somma dei costi di investimento e quelli di gestione relativi all'anno di riferimento, attraverso la formula:

$$ERC = ERC_a Capex + ERC_a Opex$$

I costi di investimento (Capex) e i costi operativi (Opex) sono a loro volta divisi in:

- Componenti di costo riferiti ai costi ambientali: ENV Capex, ENV Opex;
- Componenti di costo riferiti ai costi della risorsa: RES Capex, RES Opex.

I costi di investimento (ERC Capex) sono dati da:

- Attività di depurazione, in particolare potenziamento e adeguamento dell'impianto, in modo da restituire all'ambiente un'adeguata qualità della risorsa (ENV Capex);
- Attività di approvvigionamento e potabilizzazione, in particolare realizzazione di nuove opere di captazione, potenziamento degli impianti di potabilizzazione, etc. (ENV Opex);

I costi Operativi (ERC Opex) sono dati da:

- Gestione degli impianti (e altre attività) di depurazione, potabilizzazione, prevenzione delle perdite etc.;
- Oneri locali (canoni di derivazione/sottensione idrica etc.);
- Oneri connessi a interventi per il perseguimento degli obiettivi associati ai macro-indicatori di qualità tecnica (Delibera 917/2017/R/IDR), ovvero:
  - Contenere le perdite;
  - Mantenere la continuità del servizio;
  - Mantenere un'adeguata qualità dell'acqua per consumo umano;
  - Minimizzare l'impatto ambientale associato al convogliamento e al trattamento dei reflui.

Da ARERA al Soggetto gestore del Servizio idrico Integrato

I costi ambientali e della risorsa vengono riconosciuti e attribuiti ai diversi interventi all'interno del Piano degli Interventi (PDI) che viene compilato dal Soggetto gestore del Servizio Idrico Integrato, seguendo le indicazioni fornite dall'ARERA attraverso la predisposizione di determine e legende finalizzate a fornire indicazioni compilative.

Manca tuttavia ancora un elenco codificato di interventi e l'ARERA lascia agli Enti di Governo d'Ambito – in Toscana tale ente è l'Autorità Idrica Toscana (AIT) – il compito di candidare gli interventi ammissibili per una loro valutazione.

Il Piano degli Interventi, che attribuisce ad ogni intervento la denominazione di "non ERC" o "ERC" – dividendo questi ultimi in costi ambientali (denominati "EN") e costi della risorsa (denominati "RES") – comprende:

- Manutenzione ordinaria;
- Manutenzione straordinaria;
- Interventi che derivano da Accordi di Programma con Enti Territoriali (Es. Regione).

Il Piano degli Interventi, una volta compilato e completato, è revisionato e validato a livello regionale dall'Autorità Idrica Regionale e a livello nazionale, dall'ARERA.

L'ARERA ha disciplinato i meccanismi di calcolo di queste componenti tariffarie, all'interno dei provvedimenti tariffari periodici (2014-2018):

- *Costi ambientali* (EnvC): sono la valorizzazione economica dalla riduzione e/o alterazione delle funzionalità proprie degli ecosistemi acquatici, tali da danneggiarne il funzionamento e/o alcuni usi e/o il benessere derivante dal non-uso di una certa risorsa;

- *Costi della risorsa* (ResC): sono la valorizzazione economica delle mancate opportunità (attuali e future) imposte, come conseguenza dell'allocazione per un determinato uso di una risorsa idrica scarsa in termini quali-quantitativi, ad altri potenziali utenti della medesima risorsa idrica;
- *Costi afferenti agli oneri locali* (canoni di derivazione/sottensione idrica, contributi per Consorzi di bonifica, contributi a Comunità montane, canoni per restituzione acque, oneri per la gestione di aree di salvaguardia) per la parte in cui le medesime voci siano destinate all'attuazione di specifiche misure connesse alla tutela e alla produzione delle risorse idriche o alla riduzione/eliminazione del danno ambientale o finalizzati a contenere o mitigare il costo-opportunità della risorsa.

Quest'ultima componente tariffaria per la Regione Toscana ha un valore stimato fra l'1 e il 2% del gettito, ovvero 7/10 milioni di euro (in Italia 70/100 milioni di euro), e viene versato a:

- Regione Toscana (canoni di concessione e attraversamento);
- Consorzi di bonifica incluse ex-Comunità montane (oneri per scarichi in canali di bonifica);
- Comuni e Unioni di Comuni (aree di protezione dei punti di prelievo).

Risulta quindi evidente come la risorsa acqua si un elemento privilegiato per attivare meccanismi di pagamento per il mantenimento e la valorizzazione dei SE.

Esempi di applicazioni in Italia

Il caso della Regione Piemonte

Già nel 1997 la Regione Piemonte ha dato attuazione alla Legge Galli (L. 36/1994, art. 24, c. 2), che prevede la possibilità di una compensazione (riconosciuta in tariffa dall'AEEGSI - L'autorità per l'energia elettrica, il gas e sistema idrico) per i gestori del bacino di captazione, di cui tenere conto nella definizione delle tariffe per l'erogazione dell'acqua potabile.

Attraverso la L.R. 13/1997 (art. 9, c. 4), viene infatti previsto che "l'Autor*ità d'ambito destini una quota della tariffa, non inferiore al 3 per cento, alle attività di difesa e tutela dell'assetto idrogeologico del territorio montano*". I suddetti fondi sono assegnati alle Comunità montane sulla base di accordi di programma per l'attuazione di specifici interventi connessi alla tutela e alla produzione delle risorse idriche e delle relative attività di sistemazione idrogeologica del territorio".

Attraverso questa legge sono stati finanziati lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria del territorio montano (es. manufatti idrici, strade montane, versanti boscati, etc.) per la prevenzione del dissesto idrogeologico.

I fondi ATO (derivanti dalle Autorità d'ambito, poi soppresse nel 2011) vengono dati ai comuni montani tramite le Comunità Montane. Si tratta di circa 5% dall'ammontare complessivo degli introiti delle tariffe, e a tal proposito l'unione Montana Valsusa ha dichiarato che "in dieci anni (2006-2016) l'ufficio ATO ha destinato al territorio della vecchia Comunità Montana Valle di Susa (alta e bassa) e Val Sangone, una media di 3 milioni di euro l'anno, investiti in prevenzione e messa in sicurezza del territorio".

Nel 2002, con la L.R. 20/2002 (legge finanziaria), la Regione introduce l'obiettivo di mantenimento e riproducibilità della risorsa idrica, e sottolinea (art. 15 - Determinazione del canone) come sia necessario, attraverso la tariffa idrica:

- Penalizzare gli sprechi e i consumi eccessivi;
- Commisurare l'entità del canone alla qualità delle acque di scarico;
- Stabilire riduzioni significative a vantaggio degli utenti che si impegnano a realizzare interventi finalizzati a contenere i consumi e ridurre le perdite.

La legge viene attuata attraverso Regolamenti Regionali (prima il 10/R/2003, sostituito poi dal 15/R/2004), e in particolare il Regolamento Regionale 15/R/2004 (art. 21), che stabilisce che "una quota non inferiore al 5% del gettito derivante dai canoni per l'uso di acqua pubblica è destinato al finanziamento delle attività regionali di attuazione del PTA (Piano di Tutela delle Acque)".

Le risorse vengono assegnate così a Province, Città metropolitana di Torino, Comuni singoli o associati, soggetti gestori delle aree naturali protette, e dei siti Natura 2000, per finanziare interventi di riqualificazione delle aree perifluviali e perilacuali, selezionati attraverso la pubblicazione di appositi bandi con l'obiettivo di "promuovere interventi prioritariamente localizzati su corpi idrici che hanno stato di qualità 'sufficiente' […] che prevedano il coinvolgimento della società civile, con l'intento di innescare un percorso virtuoso e diffuso orientato alla tutela delle acque, allo sviluppo sostenibile ed alla governance".

Dal 2015, in attesa di una migliore definizione della tematica dei costi ambientali e della risorsa a livello nazionale, inizia un percorso - per cercare di rispondere pienamente alle richieste dell'art. 9 del DQA – che si sostanzia di numerose attività e realizzazione di strumenti e proposte metodologiche:

- Il PdG (Piano di Gestione) del Po del 2015, con lo sviluppo delle tematiche relative ai cambiamenti climatici in atto, e della sempre maggiore criticità idrica e indisponibilità della risorsa;
- L'avvio di una collaborazione istituzionale con l'Università degli Studi di Torino (Dipartimento di Economia e statistica), con l'obiettivo di predisporre una proposta metodologica di revisione della quantificazione dei canoni di concessione per l'uso di acqua pubblica;
- Il DGR 43-4410 del 2016, che pone le basi per la revisione del calcolo dei canoni di concessione dell'acqua per il recupero dei costi, compresi quelli ambientali e della risorsa;
- Il DGR 27-5413 del 2017, finalizzato allo sviluppo di una proposta metodologica regionale per aggiornare la regolamentazione regionale sulla determinazione dei canoni.

In modo particolare, su quest'ultimo punto, nell'allegato 2 della delibera del 2017 "Verso l'introduzione dei costi ambientali nei canoni d'uso dell'acqua pubblica", è contenuta la proposta per il calcolo dei costi ambientali (non della risorsa, in quanto ritenuti di difficile quantificazione) dell'uso dell'acqua per singolo punto di prelievo; questa è data dalla somma dei costi calcolati in base alle quantità di risorsa prelevata/consumata e di quelli calcolati in base alla qualità dell'acqua restituita a valle dell'utilizzo.

Il caso della Regione Emilia-Romagna

Come la Regione Piemonte, anche la Regione Emilia-Romagna rappresenta un caso virtuoso nella gestione della risorsa idrica e già nel 2003 introduce l'obiettivo di mantenimento e riproducibilità della risorsa attraverso la L.R. n. 1/2003, che modifica la L.R. 25/1999 ("Delimitazione degli ambiti territoriali ottimali e disciplina delle forme di cooperazione tra gli enti locali per l'organizzazione del servizio idrico integrato e del servizio di gestione dei rifiuti urbani").

La L.R. 1/2003 (art. 1, c. 3) stabilisce che "La Regione e le Agenzie di ambito, nell'esercizio delle proprie funzioni di governo delle risorse idriche intese come bene comune, perseguono l'obiettivo del mantenimento e della riproducibilità della risorsa, al fine di salvaguardare le aspettative delle generazioni future, la tutela dell'ambiente naturale e la qualità della vita dell'uomo, nell'ambito di politiche di sviluppo sostenibile e solidale".

A partire da questa legge la Regione avvia una serie di politiche di sviluppo sostenibile e solidale per la gestione e la tutela delle risorse idriche superficiali e sotterranee. La legge introduce il concetto che la capacità di rigenerazione della risorsa da parte dei sistemi naturali può essere salvaguardata, con costi inferiori a quelli di interventi di emergenza o protezione, attraverso la corretta gestione preventiva della risorsa stessa.

Due anni più tardi, nel 2005, viene emanata una Direttiva (D.G.R. n. 933/2005) che prevede un indennizzo ambientale (determinazione dei costi ambientali) in favore delle Comunità/Unioni montane, destinato a iniziative in grado di sostenere la riproducibilità della risorsa idrica e finanziato dalla tariffa del servizio idrico integrato. Questo per l'esigenza di assicurare la riproducibilità della risorsa e sviluppare una metodologia per la quantificazione delle misure di compensazione. Per la valutazione di tali costi la Regione Emilia-Romagna ha assunto una propria delibera che definisce le modalità con cui l'ATERSIR (l'Agenzia Territoriale regionale per i Servizi Idrici e Rifiuti) riconosce i contributi che possono essere concessi per la gestione delle aree sottese ai bacini idrici.

Successivamente, nel 2012, viene prevista una quota della tariffa da destinarsi a interventi di salvaguardia in area montana a favore della riproducibilità e della conservazione della risorsa, attraverso la D.G.R. n. 933/2012 "Indirizzi e linee guida relative alla gestione delle aree sottese ai bacini idrici che alimentano i sistemi di prelievo delle acque superficiali e sotterranee nel territorio montano e delle aree di salvaguardia".

La delibera 933 fa riferimento alla L.R. 23/2011 (Norme di organizzazione territoriale delle funzioni relative ai servizi pubblici locali dell'ambiente) e in particolare all'obiettivo del "mantenimento e riproducibilità della risorsa idrica, con particolare riferimento alla tutela e protezione delle aree di salvaguardia e delle aree sottese ai bacini idrici che alimentano i sistemi di prelievo delle acque superficiali e sotterranee, attraverso l'introduzione dell'obbligo di specificare all'interno del Piano d'ambito del servizio idrico integrato gli interventi riguardanti le aree di salvaguardia, di predisporre uno specifico piano pluriennale di

interventi ed attività di manutenzione ordinaria per la tutela e protezione delle aree del territorio montano e di individuare e definire i relativi costi di gestione all'interno della componente costi operativi della tariffa del servizio idrico integrato".

La legge del 2011 sottolinea l'estrema importanza delle aree montane per via la forte presenza di boschi che svolgono (art 3.2) un'insostituibile azione di:

- Regolazione (garantendo una maggiore penetrazione delle acque nel sottosuolo);
- Purificazione delle acque;
- Controllo dell'erosione.

Tale legge sottolinea altresì che per la natura degli acquiferi regionali, l'alimentazione delle falde idriche di pianura può essere migliorata solo garantendo una corretta alimentazione dai bacini montani.

La direttiva regionale stabilisce che la quantificazione dei contributi massimi annuali finanziabili per la tutela della risorsa idrica a favore delle Comunità/Unioni montane non può essere superiore all'1,5% dei costi operativi annui del piano economico finanziario del gestore, e ATERSIR, in fase di attuazione, ha integrato questo vincolo stabilendo un limite massimo di incidenza dello 0,5% sulla tariffa agli utenti finali, e una ripartizione delle risorse disponibili alle Unioni di Comuni sulla base dell'estensione territoriale nel limite massimo di 400 euro/km^2.

La deliberazione del Consiglio d'Ambito (n. 41/2014 ATERSIR) ha approvato un disciplinare per la gestione dei contributi per la riproducibilità della risorsa idrica nel territorio montano.

Con questo sistema negli ultimi anni i costi ERC da ridistribuire sul territorio sono stati inferiori ai 3 milioni di euro (per tutta la Regione), e tra il 2008 e il 2018 i contributi destinati a interventi a tutela della risorsa idrica nelle aree montane hanno raggiunto i 13 milioni di euro.

In questo sistema la criticità evidenziata è che i contributi vengono erogati da ATERSIR direttamente alle Unioni dei comuni per progetti, senza una vera e propria strategia territoriale.

Progetto pilota di Romagna Acque per l'individuazione e la quantificazione degli interventi afferenti agli ERC a livello territoriale

Al fine di superare le criticità dei fondi insufficienti che vengono redistribuiti, con l'attuale sistema, in modo diretto e senza una strategia integrata complessiva, è stato promosso un progetto da Romagna Acque, con il supporto scientifico dell'Istituto di Management della Scuola Superiore S. Anna, del Dipartimento di Scienze Biomolecolari dell'Università di Urbino, e di REF Ricerche. Il progetto, promosso su alcuni bacini imbriferi della Romagna, ha interessato i fiumi Lamone, Bidente-Ronco e Marecchia e comprende le province di Rimini, Forlì-Cesena, e Ravenna.

Si tratta di un'indagine finalizzata alla misurazione della disponibilità a pagare (Willingness to Pay, WTP) dei cittadini/utenti interessati da potenziali mi-

sure di ripristino. La WTP è stata misurata attraverso un'indagine campionaria rappresentativa della popolazione interessata, intervistando 500 cittadini dell'area pilota per capire la disponibilità a contribuire, attraverso un aumento della bolletta dell'acqua, al finanziamento degli interventi individuati sul territorio.

Ciò che è emerso è che la disponibilità a pagare per gli ERC è tra i 19 e i 22 milioni di euro all'anno (per orizzonte temporale decennale), rappresentando così una significativa "dote tariffaria" per finanziare interventi di buona gestione del territorio.

Gli interventi sui territori che beneficerebbero di tali contributi sono stati individuati attraverso un'analisi della vulnerabilità con una applicazione del modello delle Determinanti, Pressioni, Stato, Impatti, Risposte (DPSIR) con l'inclusione della componente dei SE (DPSER).

Attraverso il modello è stato descritto lo scenario di evoluzione delle principali pressioni sulla risorsa idrica, riconducibili a cambiamento climatico, agricoltura, turismo, modifiche all'assetto morfologico e idrografico, che hanno dimostrato di poter condurre – entro il 2030 – a cambiamenti profondi nella qualità e nella quantità della risorsa.

A partire dallo scenario, sono stati definiti gli interventi per supportare l'equilibrio dei sistemi naturali (mantenimento dello stato quali-quantitativo della risorsa) relativi a:

- Manutenzione e protezione del territorio e del paesaggio;
- Incremento e gestione sostenibile della copertura vegetale;
- Adozione di pratiche di gestione sostenibile del suolo e delle acque (es. riutilizzo delle acque reflue).

Parte Seconda

Mappatura e valutazione dei servizi ecosistemici nelle aree di sperimentazione

11. Calcolo dell'impronta ecologica: valutazione diacronica dell'equilibrio tra consumi e disponibilità di risorse

Prima di definire e applicare alle due aree di studio, specificate nel capitolo successivo, la valutazione dei SE, la ricerca ha concentrato la propria attenzione sulla definizione della biocapacità e dell'impronta ecologica degli Ambiti di Paesaggio della Regione Toscana. Questo è stato fatto al fine di mettere in relazione i flussi di SE con i limiti delle dotazioni locali e delle quantità di attivazioni possibili di risorse che non mettano a repentaglio la complessità dello stock patrimoniale.

Infatti, la domanda umana di SE è in continuo aumento, e l'evidenza suggerisce che essa stia superando la capacità di rigenerazione della biosfera. Di conseguenza, la produttività del CN può diventare sempre più un fattore limitante per le attività umane. In parallelo alla valutazione dei SE, si rendono pertanto necessari parametri/indicatori per confrontare la domanda umana di beni e servizi con la capacità di rigenerazione della biosfera.

Uno dei parametri più conosciuti è l'*impronta ecologica*, che misura, in modo molto sintetico, sia l'appropriazione umana di beni e servizi "prelevati" dalla biosfera (il CN), sia la capacità della biosfera (definita *biocapacità*) di fornire tali beni e servizi (Borucke et al., 2013).

La Global Footprint Network ha avviato nel 2003 il Programma di National Footprint Accounts (NFA), un sistema di contabilità che quantifica l'offerta e la domanda annua di beni e servizi con ecosistemici mediante due misure sintetiche:

- L'*impronta ecologica*, che misura - in termini di ettari di terreno - l'impatto della domanda che le popolazioni e le loro attività esercitano sulla biosfera in un determinato anno, date le tecnologie prevalenti e la modalità di gestione di tali risorse;
- La *biocapacità*, che misura la quantità di terreni e di aree marine biologicamente produttive disponibili per fornire i servizi ecosistemici che l'umanità consuma: il nostro budget ecologico.

I valori di impronta ecologica e di biocapacità sono, quindi, espressi in unità di superficie necessarie per fornire alcuni dei principali SE: terreni coltivati

per la fornitura di prodotti alimentari e fibre vegetali; pascoli e terreni coltivati per prodotti di origine animale; zone di pesca (marine e interne) per i prodotti ittici; foreste per il legname e altri prodotti forestali; terreni per l'assorbimento delle emissioni di rifiuti (attualmente viene preso in considerazione solo l'assorbimento delle emissioni di CO_2); e aree edificate per le abitazioni e altre infrastrutture.

L'intento dei NFA è quello di fornire calcoli scientificamente solidi e trasparenti per evidenziare nei processi decisionali l'importanza dei limiti di biocapacità. Per questo è utile affiancarli ai sistemi di contabilità degli ecosistemi e dei loro servizi. I NFA permettono comunque solo una stima preliminare di un solo aspetto della sostenibilità: il rapporto tra la quantità di capacità biologica richiesta dagli esseri umani e quanto ne è disponibile.

I calcoli nella NFA si basano principalmente su set di dati provenienti da agenzie ONU o da organizzazioni affiliate, riviste peer-review e raccolte tematiche.

I risultati possono essere riportati a livello di categoria di prodotto, tipo di uso del suolo, o aggregati in un unico numero - quest'ultimo è il formato più comunemente usato. Due fattori di normalizzazione (denominati *fattore di resa* e *fattore di equivalenza*), sono utilizzati per aggregare i contributi di ciascun tipo di uso del suolo. La biocapacità media differisce infatti tra i vari tipi di uso del suolo, così come tra diversi paesi per ogni tipo di uso del suolo. Per permettere una comparazione tra i diversi tipi di uso del suolo e tra i vari paesi, l'impronta ecologica e la biocapacità sono solitamente espresse in un'unità di superficie *bioproduttiva* media globale, denominata *ettaro globale (gha)*.

Benché i NFA siano calcolati solitamente al livello nazionale, l'applicazione del sistema a una scala di maggior dettaglio, come quella degli Ambiti di Paesaggio della Regione Toscana, scelta nella nostra ricerca, permette di analizzare come ambiti diversi abbiano un diverso rapporto tra la richiesta e la disponibilità di capacità biologica. I risultati preliminari del calcolo, effettuato per gli anni 1978 e 2019, sono mostrati nella tabella e nelle immagini successive. Da sottolineare che, per quanto riguarda l'impronta ecologica, il dato è la media nazionale preso dal dataset NFA, ipotizzando, quindi, che in ciascun ambito del territorio regionale i comportamenti di consumo della popolazione siano quelli medi italiani. Ci rendiamo conto che questa è una semplificazione perché, probabilmente, gli stili di consumo (e le impronte conseguenti) sono diverse sul territorio e, probabilmente, con una minor impronta per gli abitanti delle aree rurali rispetto a quelle urbane, ma tale valutazione avrebbe richiesto un approfondimento di analisi che esula dalle finalità di questa ricerca.

Considerando quindi come impronta pro capite il valore medio nazionale, di 4,40 gha per il 1978 e di 4,30 gha per il 2019, i risultati mostrano (tab. e fig. a) che nel 2019 solo tre dei venti Ambiti di Paesaggio della Regione Toscana avevano una biocapacità pro capite in grado di bilanciare l'impronta delle popolazioni residenti in tali ambiti e delle loro attività: Amiata; Bassa Maremma e ripiani

tufacei; e Val d'Orcia e Val d'Asso, col valore più alto in assoluto. Ambiti di Paesaggio che presentano una biocapacità pro capite con valori compresi tra 3 e 4 gha, non troppo distante dall'impronta delle loro popolazioni, sono: Casentino e Val Tiberina; Garfagnana e Val di Lima; Lunigiana; Mugello; Val di Cecina. La distanza maggiore fra la biocapacità e l'impronta delle popolazioni si ravvisa nei seguenti Ambiti di Paesaggio: Firenze-Prato-Pistoia; Lucchesia; Piana Livorno-Pisa-Pontedera; Val di Nievole e Val d'Arno inferiore, Versilia.

Per l'anno 1978, i risultati mostrano (tab.) che anche altri tre Ambiti di Paesaggio avevano una biocapacità pro capite in grado di bilanciare l'impronta delle popolazioni e delle loro attività: Casentino e Val Tiberina; Maremma grossetana; e Val di Cecina.

Pertanto, tra il 1978 e il 2019, la biocapacità pro-capite è diminuita in quasi tutti gli Ambiti di Paesaggio della Toscana (tab. e fig. b), in parte a causa dell'aumento della popolazione locale, ma soprattutto a causa della diminuzione del valore del rapporto tra la produttività dei terreni a livello locale e globale. È da segnalare, infatti, che in questi decenni si è verificato un aumento della produttività dell'agricoltura globale legato all'affermazione del paradigma della "rivoluzione verde", o della produzione intensiva, basata sull'impiego di input chimici (concimi, pesticidi, ecc.) e meccanici (macchine agricole) che, di fatto, segnalano un incremento di produttività "fittizio" perché legato al consumo di risorse non rinnovabili e quindi non sostenibile nel lungo periodo e, tra l'altro, penalizza i territori della montagna e dell'alta collina Toscana che hanno beneficiato pochissimo di questi effetti della "rivoluzione verde" o, addirittura, ne sono stati penalizzati perché molti terreni agricoli sono stati abbandonati per l'impossibilità di utilizzare le tecniche di produzione intensive.

Gli unici due Ambiti di Paesaggio in cui la biocapacità pro capite in questo arco di tempo aumenta, probabilmente a causa della marcata diminuzione della popolazione, sono: Garfagnana e Val di Lima; Lunigiana.

Il rapporto fra l'impronta e la biocapacità (tabella e figure c e d) mostra, infine, in modo sintetico quale sia il livello di superamento della capacità di rigenerazione della biosfera dei diversi Ambiti di Paesaggio nei due anni considerati in relazione ai consumi della popolazione residente. Solo tre ambiti nel 2019 evidenziano un valore minore di 1 che indica, quindi, la capacità di tali Ambiti di conservare la propria dotazione di biocapacità, mentre due ambiti mostrano, addirittura, un rapporto pari a 16 che segnala un notevole disequilibrio.

In generale, possiamo comunque affermare che tutti gli ambiti della montagna toscana riescono a mantenersi su un rapporto vicino e di poco superiore a 1 e, comunque, ben al di sotto della media regionale che è di 4,78 gha e questo rende del tutto evidente che i territori montani (anche in virtù della bassa densità della popolazione) sono i territori che consentono di "ammortizzare" il forte impatto degli ambiti più urbanizzati.

Tab. 7. Valori di biocapacità e impronta ecologica per i venti Ambiti di Paesaggio della Regione Toscana per gli anni 1978 e 2019

Ambito	Biocap. pc 1978 (gha)	Biocap. pc 2019 (gha)	Diff. Biocap. pc (gha)	Impronta pc 1978 (gha)	Impronta pc 2019 (gha)	Impronta/ Biocap. 1978	Impronta/ Biocap. 2019
Amiata	5,02	5,00	0,02	4,40	4,30	0,88	0,86
Bassa Maremma e ripiani tufacei	5,77	4,48	1,29	4,40	4,30	0,76	0,96
Casentino e Val Tiberina	4,68	4,00	0,67	4,40	4,30	0,94	1,07
Chianti	4,37	2,79	1,58	4,40	4,30	1,01	1,54
Colline di Siena	3,27	2,29	0,98	4,40	4,30	1,34	1,88
Colline metallifere	2,87	2,29	0,58	4,40	4,30	1,53	1,88
Firenze-Prato-Pistoia	0,36	0,27	0,09	4,40	4,30	12,17	16,11
Garfagnana e Val di Lima	3,17	3,48	0,31	4,40	4,30	1,39	1,24
Lucchesia	0,82	0,60	0,22	4,40	4,30	5,37	7,17
Lunigiana	3,66	3,78	0,13	4,40	4,30	1,20	1,14
Maremma grossetana	4,66	3,00	1,66	4,40	4,30	0,94	1,43
Mugello	4,29	3,11	1,18	4,40	4,30	1,02	1,38
Piana di Arezzo e Val di Chiana	2,16	1,41	0,75	4,40	4,30	2,04	3,06
Piana Livorno-Pisa-Pontedera	0,79	0,51	0,28	4,40	4,30	5,57	8,43
Val d'Arno superiore	1,78	1,13	0,65	4,40	4,30	2,47	3,79
Val d'Elsa	2,34	1,42	0,91	4,40	4,30	1,88	3,02
Val di Cecina	4,90	3,87	1,04	4,40	4,30	0,90	1,11
Val di Nievole e Val d'Arno inferiore	0,73	0,39	0,34	4,40	4,30	6,03	10,92
Val d'Orcia e Val d'Asso	11,27	9,97	1,30	4,40	4,30	0,39	0,43

Versilia e Costa Apuana	0,33	0,27	0,06	4,40	4,30	13,32	16,20
TOSCANA	**1,62**	**1,22**	**0,40**	**4,40**	**4,30**	**2,72**	**4,78**

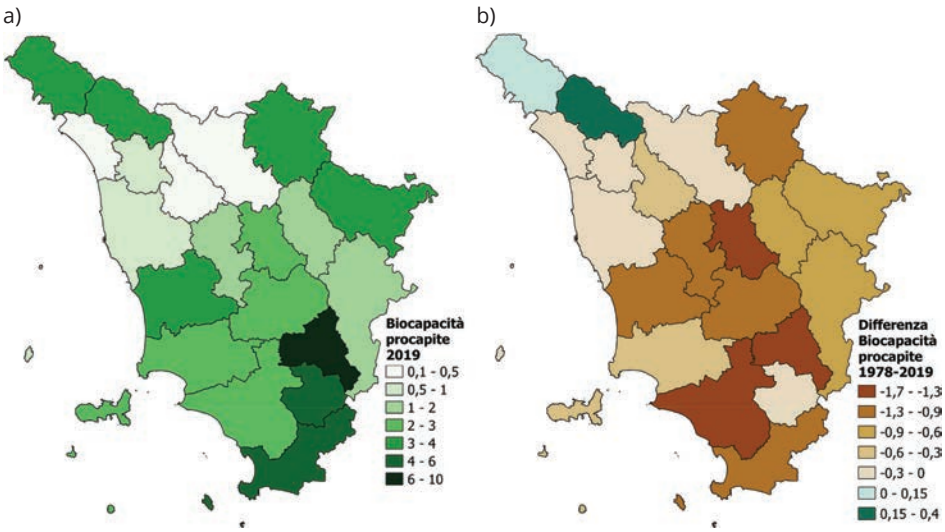


Fig. 26. a) Biocapacità pro-capite 2019 in gha; b) Differenza di biocapacità pro-capite fra il 1978 e il 2019 in gha

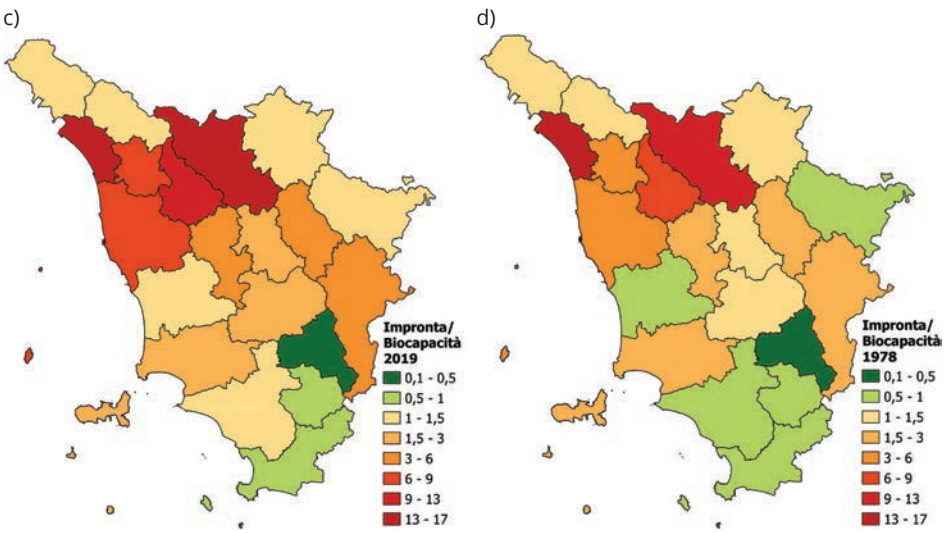


Fig. 27. c) Rapporto fra impronta ecologica e biocapacità nel 2019; d) Rapporto fra impronta ecologica e biocapacità nel 1978

12. Delimitazione degli ambiti montani pilota

La sperimentazione della ricerca ha trovato applicazione in due contesti territoriali montani distinti, dalle diverse caratteristiche:

- L'area del Monte Amiata, che si configura come "area interna", e che in questa ricerca comprende i nove Comuni inseriti nel relativo Ambito di Paesaggio del PIT-PPR della Regione Toscana (Castell'Azzara, Piancastagnaio, Roccalbegna, Santa Fiora, Seggiano, Semproniano, Arcidosso, Abbadia S. Salvatore, Castel del Piano), più il comune di Castiglione d'Orcia.
- L'area del Mugello, i cui confini coincidono con quelli del relativo Ambito di Paesaggio del PIT-PPR (che comprende i Comuni di Firenzuola, Palazzuolo sul Senio, Marradi, Barberino di Mugello, Scarperia, Borgo San Lorenzo, Vicchio, Dicomano, San Godenzo, San Piero a Sieve, Vaglia, Londa, Pontassieve, Rufina), che assume le caratteristiche di "montagna metropolitana" della Città Metropolitana di Firenze.

Si tratta di due aree strategiche a livello regionale per la ricchezza degli ecosistemi, che in entrambi i territori sono caratterizzati da importanti risorse quali i sistemi delle acque, le foreste, e le vaste aree rurali dove si concentrano produzioni agricole importanti sotto il profilo quali-quantitativo e dove anche i metodi di produzione biologica sono piuttosto estesi. Tali risorse contribuiscono in modo notevole alla fornitura di molteplici SE a tutta la regione, e in particolare alla fornitura di acqua e cibo, al sequestro e stoccaggio di CO_2, al paesaggio, etc. Tali caratteristiche li rendono territori strategici per la possibile attivazione di economie locali legate alla gestione delle risorse idriche, o dei boschi (in alternativa al taglio) anche attraverso l'introduzione di modelli di governance innovativi basati sui PES.

Per quanto riguarda le risorse idriche, i due territori si caratterizzano sia per la qualità che per la quantità della fornitura di questo servizio:

- L'Amiata, grazie alle numerose sorgenti e alle riserve idriche sotterranee, fornisce acqua a tutta la Provincia di Grosseto e a parte della Provincia di Siena;
- Il Mugello, grazie alla presenza dell'invaso artificiale di Bilancino, di numerose sorgenti e del fiume Sieve, fornisce acqua a tutta la Città Metropolitana di Firenze.

Per quanto riguarda i boschi:

- L'Amiata è caratterizzata da ampie aree boscate, specialmente nell'area sommitale della montagna, dove sono presente faggete e castagneti - ad oggi sottoposte, in taluni casi, a ingenti tagli - che possono essere utilizzate per la fornitura di numerosi SE alternativi al taglio, come la fruizione ricreativa (passeggiate a piedi o in bicicletta), la didattica, il sequestro e stoccaggio di CO_2;
- Il Mugello è dotato di ampie aree boscate, in particolare nella fascia a nord della conca intermontana, necessarie per il contrasto al dissesto idrogeologico, specialmente nella zona di Bilanciano (dove sussiste un rischio di interramento dell'invaso).

Per ciò che concerne la produzione di cibo:

- L'Amiata mantiene un carattere rurale, con estese aree agricole, di cui circa il 26% condotte con metodo biologico, incentrate alla produzione di seminativi e foraggere, nonché aree a pascolo naturale;
- Il Mugello presenta ampie aree agricole, di cui più del 30% condotte con metodo biologico, incentrate sull'allevamento e sulla produzione di foraggere.

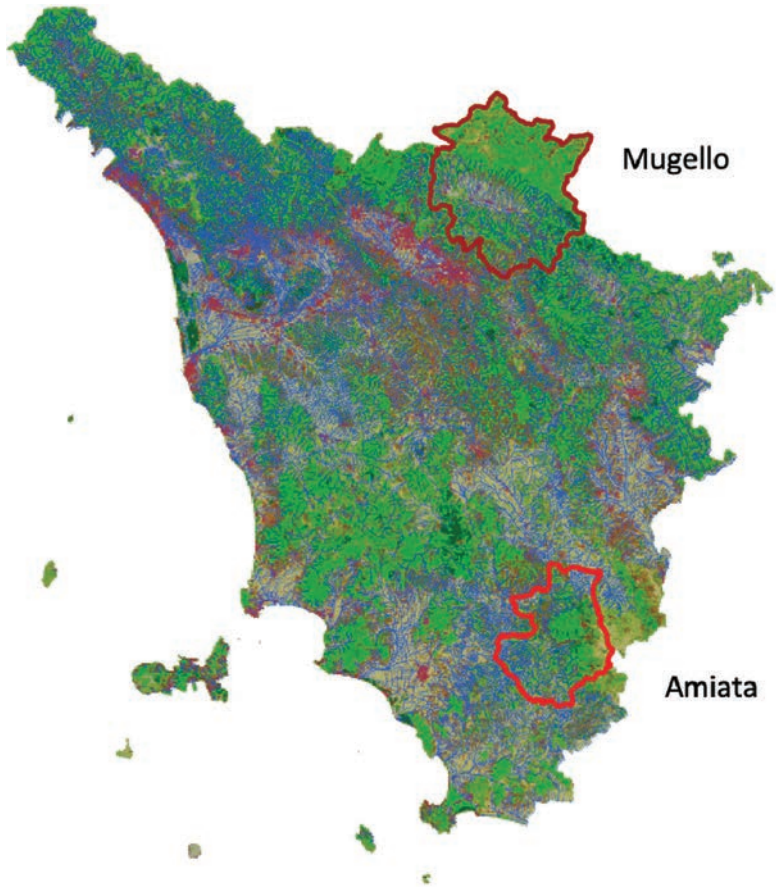


Fig. 28. Ambiti di sperimentazione

13. Individuazione delle unità spaziali per la mappatura e valutazione dei servizi ecosistemici: gli agroecomosaici

La contabilità degli ecosistemi, che pone un'attenzione considerevole alla registrazione dei dati in modo spazialmente esplicito, dev'essere realizzata all'interno di ben delimitati contesti ecologici, che il SEEA-EA definisce come "aree di contabilità". Secondo il SEEA-EA, queste aree possono essere definite, ad esempio, dai confini nazionali o di amministrazioni subnazionali, oppure da zone definite non da un punto di vista amministrativo ma ecologico, come bacini idrografici, ambiti di paesaggio, o aree protette.

Nella nostra ricerca, oltre ad utilizzare come aree di contabilità i singoli Comuni degli ambiti di sperimentazione, proponiamo, come unità spaziale idonea da utilizzare per la contabilità degli ecosistemi, gli *agroecomosaici*, ovvero degli assetti territoriali e paesaggistici del territorio rurale (periurbano, planiziale, montano, collinare, etc.) dati dalla combinazione fra caratteri geomorfologici, agronomici e insediativi. Tali caratteri possono essere, prioritariamente: le forme del suolo, gli usi del suolo, la forma e la dimensione dei campi, le sistemazioni idraulico-agrarie (terrazzamenti, ciglionamenti, sistemazioni di piano, argini longitudinali e trasversali, etc.), la rete idrografica e la rete scolante, i filari dei coltivi e il corredo arboreo (filari alberati e siepi), la viabilità poderale, la struttura insediativa, etc.

Gli *agroecomosaici* sono quindi unità territoriali identificate mettendo a sistema i principali elementi del territorio, attraverso un processo interpretativo basato sul metodo dell'*overlay mapping*. In questo modo, l'identificazione degli *agroecomoisaici* – rispetto ad analisi condotte sulla base di un'unica informazione, come il solo uso del suolo - mette in maggior evidenza la complessità dell'ecosistema. A nostro avviso, questo è un aspetto fondamentale nei processi di pianificazione del territorio, sia per la contabilità del CN e dei SE, sia per la definizione delle articolazioni territoriali, sia per la territorializzazione della fornitura dei SE stessi.

Per un progetto integrato di territorio è quindi importante riconoscere le specificità, la complessità e il funzionamento dei diversi *agroecomosaici* che caratterizzano i diversi contesti territoriali e, di seguito, sono riportate le caratteristiche degli *agroecomosaici* individuati nelle due aree di studio.

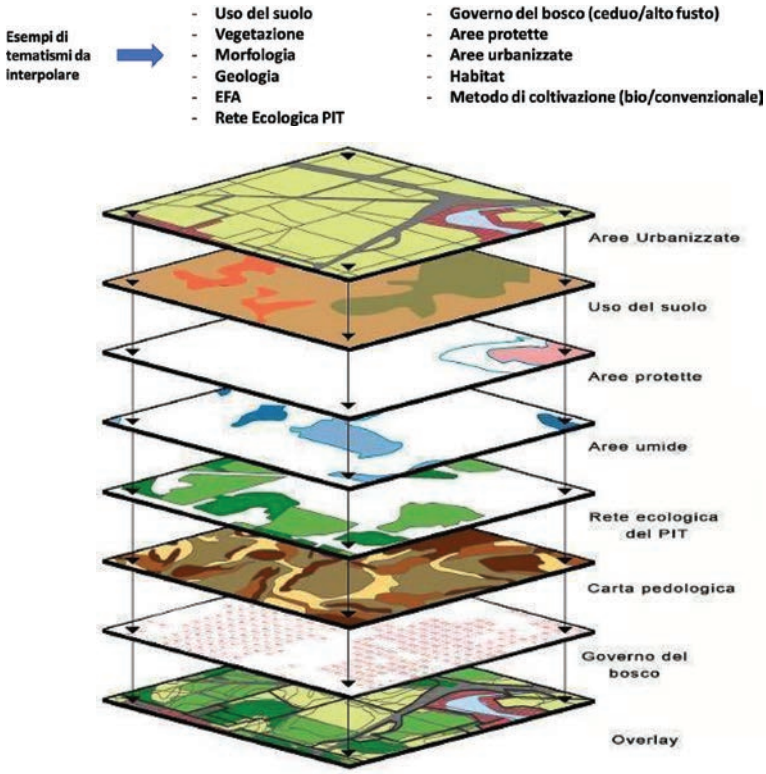


Fig. 29. Processo di overlay mapping (fonte: https://whmconsulting.com/services/gis-cad-management/, rielaborazione di Elisa Butelli)

Agroecomosaici dell'Amiata

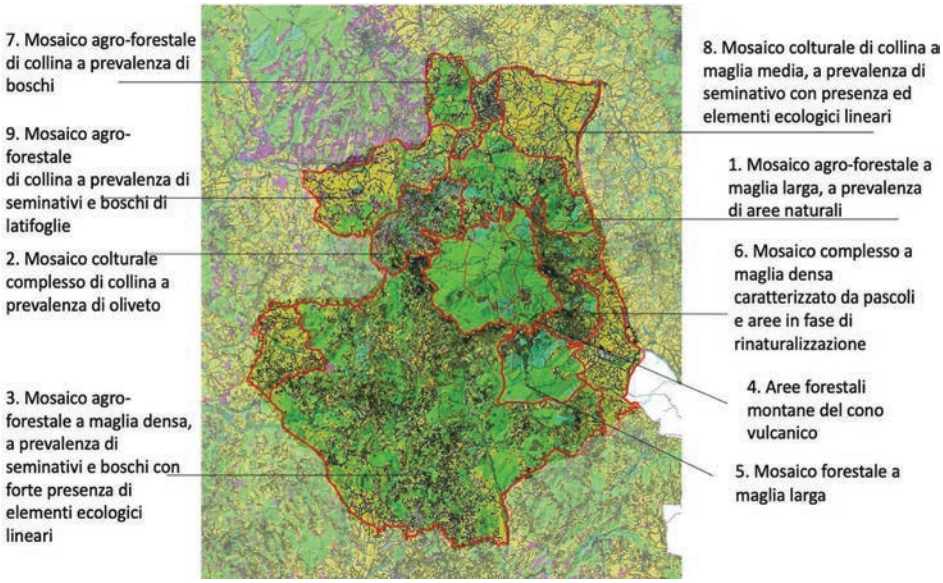


Fig. 30. Gli agroecomosaici del territorio dell'Amiata (elaborazione grafica di Elisa Butelli)

Tab. 8. Elementi caratterizzanti degli agroecomosaici del territorio dell'Amiata ((elaborazione di Elisa Butelli))

Agroecomosaico	**Elementi caratterizzanti**
Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo con presenza ed elementi ecologici	• Aree collinari • Seminativi con forte presenza di elementi ecologici (aree EFA, scoline) • Argille e argilliti • Scarsa presenza di aree urbanizzate
Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto	• Aree collinari e montane • Particellare complesso caratterizzato da olivo (olivastro seggianese) con forte presenza di elementi ecologici (aree EFA) • Presenza di seminativi, vigneti e coltura promiscua. • Arenarie, siltiti e argilliti • Presenza di aree urbanizzate in collina
Mosaico agro-forestale a maglia larga, a prevalenza di aree naturali	• Aree collinari e medio-montane • Foreste di latifoglie • Argilliti • Presenza di seminativo • Scarsa presenza di aree urbanizzate
Mosaico complesso a maglia densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di Rinaturalizzazione	• Aree medio montane • Presenza di pascoli, brughiere, cespuglieti, foreste, aree caratterizzate da fenomeni di rinaturalizzazione • Frutteti, oliveti, seminativi • Forte presenza di elementi ecologici (aree EFA) • Argille e argilliti • Aree urbanizzate a corona del cono vulcanico
Mosaico forestale a maglia larga	• Aree boscate a prevalenza di latifoglie e/o boschi misti ma con la presenza anche di conifere • Ceduo più a valle, fustaia a monte • Presenza di ceduo e fustaia • Minima presenza di aree agricole lungo strada • Argille, argilliti e arenarie • Scarsa presenza di aree urbanizzate
Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di seminativi e boschi di latifoglie	• Aree collinari • Seminativi, boschi, viti • Argille e argilliti • Scarsa presenza di aree urbanizzate
Mosaico agro-forestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari	• Aree collinari e montane caratterizzate da una struttura particellare complessa • Prevalenza di seminativi intervallati da boschi di latifoglie • Presenza di ceduo e fustaia • Forte presenza di elementi ecologici lineari (EFA) • Aree urbanizzate disposte a corona intorno al cono vulcanico. • Substrato geologico complesso caratterizzato da argilliti, calcareniti, calcilutiti e flysch

Aree forestali montane del cono vulcanico	• Area montana vulcanica • Substrato geologico: colate laviche • Aree forestali dense a latifoglie (faggi e castagni) • Presenza di ceduo nella parte sud, sud-est e sud ovest; fustaia nella parte centrale e a nord • Nessuna presenza di aree urbanizzate
Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi	• Area collinare • Prevalenza di boschi • Presenza di piccole aree coltivate a seminativo e vite • Argille, argilliti

Agroecomosaici del Mugello

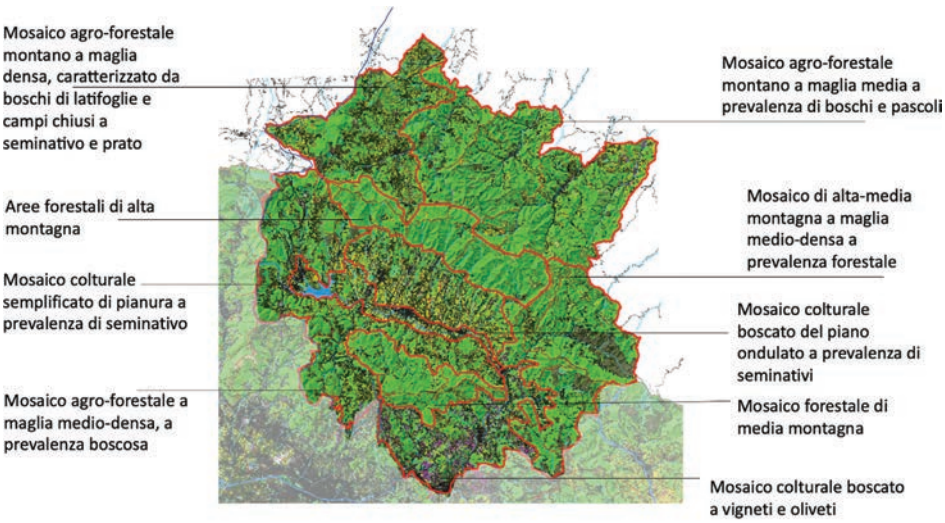


Fig. 31. Gli agroecomosaici del territorio del Mugello (elaborazione grafica di Elisa Butelli)

Tab. 9. Elementi caratterizzanti degli agroecomosaici del territorio del Mugello (elaborazione di Elisa Butelli)

Agroecomosaico	**Elementi caratterizzanti**
Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo	• Aree di pianura • Prevalenza di seminativi semplici con scarsa presenza di aree di interesse ecologico (EFA) • Presenza di elementi importanti del sistema delle acque: fiume Sieve, Invaso di Bilancino • Canalette irrigue • Forte presenza di aree urbanizzate (abitative e/o industriali e/o commerciali) lungo strada parallela al fiume • Substrato geologico caratterizzato da depositi lacustri
Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale	• Aree collinari e montane caratterizzate da foreste di latifoglie e conifere gestite principalmente a ceduo. Prevalenza di piccole aree a seminativo • Scarsa presenza di aree urbanizzate • Substrato geologico composto da arenarie

Mosaico colturale boscato a vigneti e oliveti	• Aree collinari e montane caratterizzate da una struttura particellare complessa • Prevalenza di vigneti e oliveti intervallati da boschi di latifoglie a ceduo • Forte presenza di elementi ecologici lineari (EFA) • Presenza del fiume Sieve • Aree urbanizzate disposte a corona intorno al cono vulcanico. • Substrato geologico caratterizzato principalmente da arenarie e flysch carbonatici
Mosaico agro-forestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa	• Aree collinari e montane caratterizzate da una struttura particellare complessa • Prevalenza di aree boscate con latifoglie a ceduo • Scarse aree a seminativo con presenza di elementi ecologici lineari (EFA) • Scarsa presenza di aree urbanizzate • Substrato geologico complesso caratterizzato da argilliti, calcareniti, flysh carbonatici e arenarie
Aree forestali di alta montagna	• Area alto-montana caratterizzate da foreste di faggi e carpino nero ceduati • Presenza di una fascia a castagneto a bassa quota nel versante meridionale. • Scarsa presenza di aree urbanizzate • Substrato geologico composto da arenarie
Mosaico agro-forestale montano a maglia media a prevalenza di boschi e pascoli	• Aree collinari e montane caratterizzate da una struttura particellare complessa • Prevalenza di foreste di latifoglie intervallate da scarse aree a seminativo • Presenza di ceduo e fustaia • Presenza di elementi ecologici lineari (EFA) lungo i corsi d'acqua • Scarsa presenza di urbanizzato • Substrato geologico composto da arenarie
Mosaico agro-forestale montano a maglia densa, caratterizzato da boschi di latifoglie e campi chiusi a seminativo e prato	• Aree collinari e montane caratterizzate da una struttura particellare complessa • Prevalenza di campi chiusi a seminativo corredati da una densa rete di elementi di interesse ecologico (EFA) intervallati da boschi di latifoglie, misti e conifere (principalmente ceduate) • Ampia presenza di aree in fase di rinaturalizzazione • Presenza di aree urbanizzate lungo le valli • Substrato geologico complesso caratterizzato principalmente da argilliti, arenarie e brecce
Mosaico forestale di media montagna	• Aree alto-collinari e montane caratterizzate da foreste di latifoglie miste principalmente ceduate • Scarsa presenza di urbanizzato • Substrato geologico caratterizzato da arenarie e siltiti

14. Definizione di un sistema di indicatori qualitativi e quantitativi per la contabilità degli ecosistemi

I conti dell'estensione degli ecosistemi

I conti dell'estensione degli ecosistemi sono il punto di partenza della contabilità degli ecosistemi, e organizzano le informazioni sull'estensione dei diversi tipi di ecosistema all'interno di un territorio, e sui cambiamenti nel tempo di tale estensione.

La composizione dei tipi di ecosistema, all'interno di una definita area di contabilità, come un Comune o un agroecomosaico, raramente presenta confini netti tra aree facilmente identificabili. Nella realtà, è ovvio che in ogni area di contabilità sia presente una miscela di diversi tipi di ecosistema. La delimitazione pratica dell'estensione degli ecosistemi è influenzata da due fattori:

- Il numero di tipi di ecosistema da delineare;
- La scala spaziale alla quale intraprendere la delimitazione.

Occorre quindi trovare un equilibrio tra la scala spaziale, con le relative regole per l'identificazione dei tipi di ecosistema, e il numero di tipi di ecosistema da delineare. Il SEEA-EA raccomanda, se possibile, di utilizzare sistemi di classificazione degli ecosistemi già esistenti e per la definizione dei confini tra gli ecosistemi e la valutazione dei cambiamenti nel tempo, è possibile ricorrere a:

- Valutazioni da parte di ecologi sul campo;
- Dati ottenuti dal telerilevamento;
- Mappe degli ecosistemi esistenti;
- Mappe degli ecosistemi generate utilizzando opportune informazioni;
- Mappe di uso e copertura del suolo.

Nel primo report tecnico sviluppato e pubblicato per la valutazione degli ecosistemi nell'ambito dell'iniziativa europea Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES, 2013), a sostegno della Strategia per la Biodiversità, come prima approssimazione per la classificazione dei tipi di ecosistema, è proposta un'aggregazione delle classi di uso del suolo (utilizzando i dati del programma Corine Land Cover) basata sul livello I della classificazione internazionale degli habitat EUNIS (European Nature Information System). La corrispondenza fra le classi di uso del suolo e i tipi di ecosistema così definiti è mostrata nella tabella seguente.

Tab. 10. Corrispondenza fra classi di uso del suolo e tipi di ecosistema (fonte: MAES, 2013).

CLC Level 1	CLC Level 2	CLC Level 3	Ecosystem types level 2
1. Artificial surfaces	1.1. Urban fabric	1.1.1. Continuous urban fabric	Urban
		1.1.2. Discontinuous urban fabric	
	1.2. Industrial, commercial and transport units	1.2.1. Industrial or commercial units	
		1.2.2. Road and rail networks and associated land	
		1.2.3. Port areas	
		1.2.4. Airports	
	1.3. Mine, dump and construction sites	1.3.1. Mineral extraction sites	
		1.3.2. Dump sites	
		1.3.3. Construction sites	
	1.4. Artificial non-agricultural vegetated areas	1.4.1. Green urban areas	
		1.4.2. Sport and leisure facilities	
2. Agricultural areas	2.1.Arable land	2.1.1. Non-irrigated arable land	Cropland
		2.1.2. Permanently irrigated land	
		2.1.3. Rice fields	
	2.2. Permanent crops	2.2.1. Vineyards	
		2.2.2. Fruit trees and berry plantations	
		2.2.3. Olive groves	
	2.3. Pastures	2.3.1. Pastures	Grassland
	2.4. Heterogeneous agricultural areas	2.4.1. Annual crops associated with permanent crops	Cropland
		2.4.2. Complex cultivation patterns	
		2.4.3. Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	
		2.4.4. Agro-forestry areas	
3. Forests and semi-natural areas	3.1. Forests	3.1.1. Broad-leaved forest	Woodland and forest
		3.1.2. Coniferous forest	
		3.1.3. Mixed forest	
	3.2. Shrub and/or herbaceous vegetation association	3.2.1. Natural grassland	Grassland
		3.2.2. Moors and heathland	Heathland and shrub
		3.2.3. Sclerophyllous vegetation	
		3.2.4. Transitional woodland shrub	Woodland and forest
	3.3. Open spaces with little or no vegetation	3.3.1. Beaches, dunes, and sand plains	Sparsely vegetated land
		3.3.2. Bare rock	
		3.3.3. Sparsely vegetated areas	
		3.3.4. Burnt areas	
		3.3.5. Glaciers and perpetual snow	
4. Wetlands	4.1. Inland wetlands	4.1.1. Inland marshes	Wetlands
		4.1.2. Peatbogs	
	4.2. Coastal wetlands	4.2.1. Salt marshes	Marine inlets and transitional waters
		4.2.2. Salines	
		4.2.3. Intertidal flats	
5. Water bodies	5.1 Inland waters	5.1.1 Water courses	Rivers and lakes
		5.1.2 Water bodies	
	5.2 Marine waters	5.2.1 Coastal lagoons	Marine inlets and transitional waters
		5.2.2 Estuaries	
		5.2.3 Sea and ocean	Marine

Seguendo tale logica, nelle recenti valutazioni degli ecosistemi condotte a livello dell'UE, sono stati distinti i seguenti tipi di ecosistema: urbani; agricoli; praterie; boschi; brughiere e arbusti; terreni scarsamente vegetati; zone umide; fiumi e laghi; e marini.

Questa prima classificazione può essere approfondita delineando i tipi di ecosistema sulla base dei livelli successivi (II e III) della classificazione EUNIS. Il progetto INCA, ad esempio, ha sviluppato i conti dell'estensione degli ecosistemi a tre diversi livelli di dettaglio crescente, dividendo, quando possibile, i tipi di ecosistema di livello I in categorie di livello II, poi ulteriormente suddivise in sottocategorie di livello III.

Nell'ambito della nostra ricerca, è stata utilizzata una classificazione dei tipi di ecosistema basata su un'aggregazione delle classi della mappa di uso e copertura del suolo della Regione Toscana.

Ci sono però diverse possibilità per migliorare i conti dell'estensione degli ecosistemi che, ricordiamo, sono il primo e fondamentale passaggio per definire una contabilità degli ecosistemi e misurare, successivamente, le loro condizioni (con, ad esempio, gli indicatori) e il valore dei SE ad essi associati sia in termini di flussi fisici che monetari. I conti dell'estensione degli ecosistemi potrebbero infatti utilizzare, per la classificazione dei tipi di ecosistema:

- La Carta degli Ecosistemi d'Italia realizzata da Blasi et al. (2017), da richiedere al Ministero dell'Ambiente;
- La Carta della Natura dell'ISPRA, che identifica gli habitat secondo la classificazione Corine Biotopes;
- Una carta degli ecosistemi appositamente generata, basata sui livelli di maggior dettaglio (II e III) della classificazione EUNIS.

Nell'ambito della nostra ricerca, non è stato possibile ottenere la Carta degli Ecosistemi d'Italia, e si è deciso di preferire la mappa di Uso e Copertura del suolo della Regione Toscana che viene fornita a cadenza triennale rispetto alla classificazione contenuta nella Carta della Natura dell'ISPRA che, pur essendo molto dettagliata, è aggiornata al 2019 e non sappiamo quando vi saranno successivi aggiornamenti.

Dobbiamo precisare, infatti, che nei conti dell'estensione degli ecosistemi, è di fondamentale importanza l'analisi diacronica ossia i cambiamenti nel tempo. Pertanto, pur operando una semplificazione nel riconoscere e "nobilitare" a ecosistema le coperture del suolo, la scelta di utilizzare la mappa di Uso e Copertura del suolo della Regione Toscana, ha il vantaggio di permettere l'aggiornamento triennale dei conti dell'estensione. Inoltre, rispetto alla classificazione del MAES, si è scelto di non aggregare tutte le classi di copertura del suolo agricole, ma di mantenere la separazione tra seminativi, vigneti, frutteti, arboricoltura, oliveti, e zone eterogenee.

Infine, essendo indispensabile un maggior dettaglio riguardo alla composizione degli ecosistemi forestali per la valutazione di alcuni SE legati ai boschi (fornitura di legname e sequestro del carbonio), è stata utilizzata la mappa di uso e copertura del suolo dell'ISPRA, disponibile sul portale nazionale SINAnet, che ha una risoluzione minore rispetto a quella della Regione Toscana, ma la cui classificazione dei boschi si estende fino al IV livello del Corine Land Cover, ed è compatibile con i dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali del Carbonio (INFC). La mappa di uso e copertura del suolo dell'ISPRA è prodotta ogni sei anni, a partire dal 2000 (la più recente è aggiornata all'anno 2018).

I conti dell'estensione delle coperture del suolo, e della loro variazione fra gli anni 2007 e 2019, per gli ambiti dell'Amiata e del Mugello, sono presentati nelle tabelle successive, e la loro localizzazione nel 2019 è mostrata nelle mappe.

Le tabelle e le mappe mostrano i valori complessivi dei due ambiti. Sono stati calcolati anche i valori dei singoli Comuni e agroecomosaici, che sono riportati in modo completo nel rapporto di ricerca consegnato alla Regione Toscana.

La localizzazione degli ecosistemi forestali nel 2018, secondo la mappa UCS dell'ISPRA, è mostrata nelle mappe seguenti. I conti dell'estensione degli ecosistemi forestali, e della loro variazione fra gli anni 2006 e 2018, sono riportati in modo completo nel rapporto di ricerca consegnato alla Regione Toscana.

Tutti i conti degli ecosistemi del SEEA tentano di collegare i dati ambientali alle attività economiche. Nel contesto dei conti dell'estensione degli ecosistemi, il modo principale per farlo è collegare i dati sull'estensione dei tipi di ecosistema con i dati sui proprietari o gestori economici. Questo è stato possibile, utilizzando i dati di ARTEA per le imprese agricole, e i dati sulle altre tipologie di proprietà dei terreni, disponibili nella cartoteca del Geoscopio regionale, aggiornati al 2019. Questi dati sono stati derivati classificando, secondo strategie non necessariamente corrette ed esaustive, le informazioni relative alla proprietà riportata nel censuario catastale, limitatamente ai casi in cui essa è riconosciuta. Le mappe finali mostrano il tipo e la localizzazione delle proprietà del suolo. Le zone per cui non è stato possibile identificare il tipo di proprietà sono state considerate come di proprietà privata. I conti delle proprietà, per i singoli Comuni e agroecomosaici, sono riportati in modo completo nel rapporto di ricerca consegnato alla Regione Toscana.

I risultati dei conti dell'estensione delle coperture del suolo mostrano, nell'ambito dell'Amiata, fra l'anno 2007 e il 2019, una diminuzione delle aree coltivate a seminativo, e un aumento delle aree coltivate a vigneto, frutteto, e oliveto. Inoltre, si nota una leggera diminuzione delle aree boscate e un aumento delle aree a prato o pascolo.

Nell'ambito del Mugello, i risultati dei conti dell'estensione delle coperture del suolo mostrano, fra l'anno 2007 e il 2019, pochi cambiamenti, fra cui una diminuzione delle aree coltivate a vigneto e un aumento di quelle a frutteto, e una leggera diminuzione delle aree boscate.

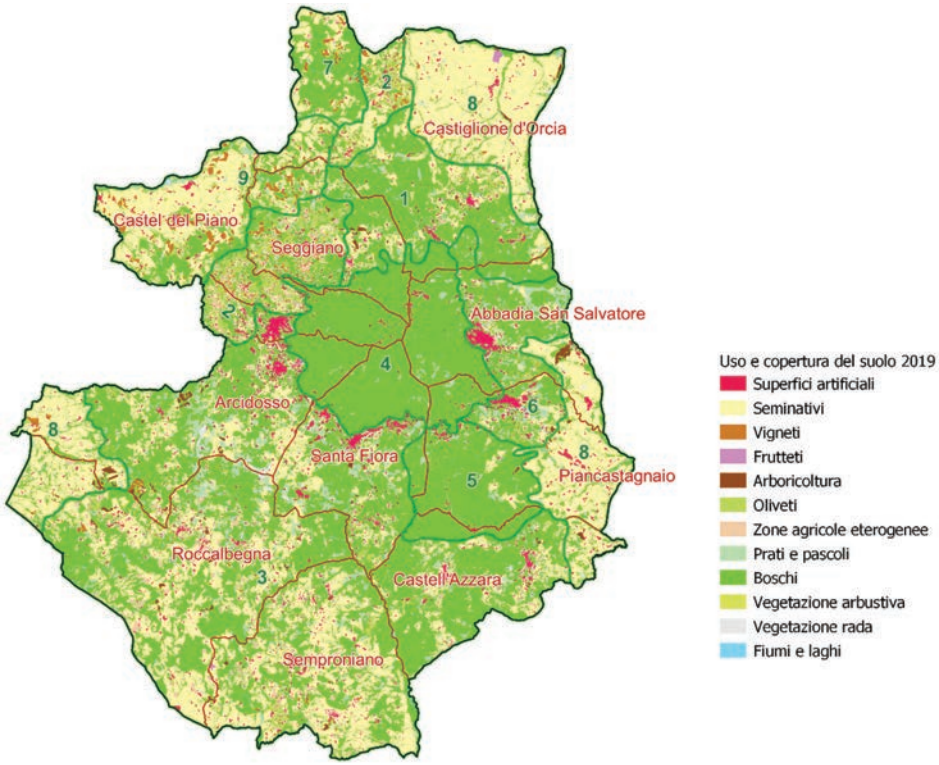


Fig. 32. Amiata - Estensione delle coperture del suolo (elaborazione grafica di Tommaso Trinchetti)

Tab 10. Amiata - Estensione delle coperture del suolo (elaborazione di Tommaso Trinchetti)

AMIATA	**Area 2019 (ha)**	**Area 2007 (ha)**	**Differenza (ha)**	**Differenza (%)**
Superfici artificiali	3.490,99	3.394,94	96,04	2,83
Seminativi	24.196,15	24.861,70	-665,55	-2,68
Vigneti	691,96	539,17	152,79	28,34
Frutteti	103,25	45,64	57,61	126,22
Arboricoltura	425,70	350,01	75,69	21,62
Oliveti	2.892,06	2.656,60	235,46	8,86
Zone agricole eterogenee	1.856,87	1.868,27	-11,41	-0,61
Prati e pascoli	3.563,39	3.267,34	296,05	9,06
Boschi	43.497,07	43.811,12	-314,05	-0,72
Vegetazione arbustiva	31,91	12,10	19,80	163,60
Vegetazione rada	478,35	449,21	29,14	6,49
Fiumi e laghi	325,78	297,34	28,43	9,56
Totale	**81.553,46**	**81.553,46**	**-**	**-**

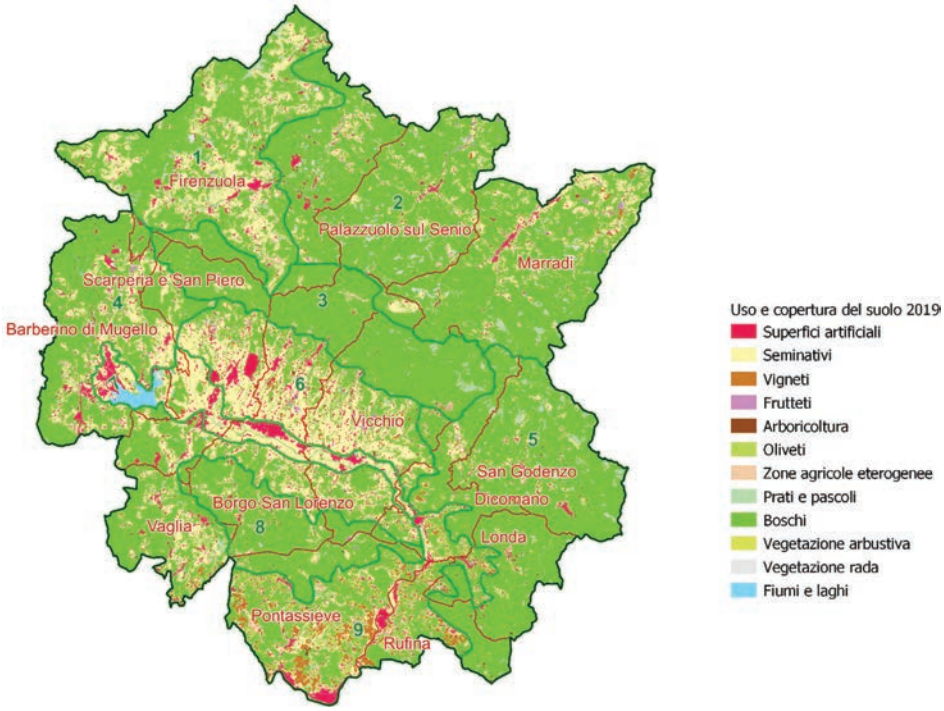


Fig. 33. Mugello - Estensione delle coperture del suolo (elaborazione grafica di Tommaso Trinchetti)

Tab. 11. Mugello - Estensione delle coperture del suolo (elaborazione di Tommaso Trinchetti)

MUGELLO	**Area 2019 (ha)**	**Area 2007 (ha)**	**Differenza (ha)**	**Differenza (%)**
Superfici artificiali	8.124,84	8.077,08	47,76	0,59
Seminativi	22.947,46	22.973,56	-26,09	-0,11
Vigneti	1.525,25	.685,78	-160,53	-9,52
Frutteti	386,16	295,15	91,01	30,84
Arboricoltura	63,87	67,25	-3,38	-5,03
Oliveti	3.417,00	3.372,37	44,63	1,32
Zone agricole eterogenee	2.670,41	2.618,53	51,88	1,98
Prati e pascoli	2.172,38	2.080,97	91,41	4,39
Boschi	107.351,18	107.539,87	-188,68	-0,18
Vegetazione arbustiva	2,33	2,33	-	-
Vegetazione rada	1.047,49	997,74	49,75	4,99
Zone umide	7,87	7,87	-	-
Fiumi e laghi	932,06	929,82	2,24	0,24
Totale	**150.648,32**	**150.648,32**	-	-

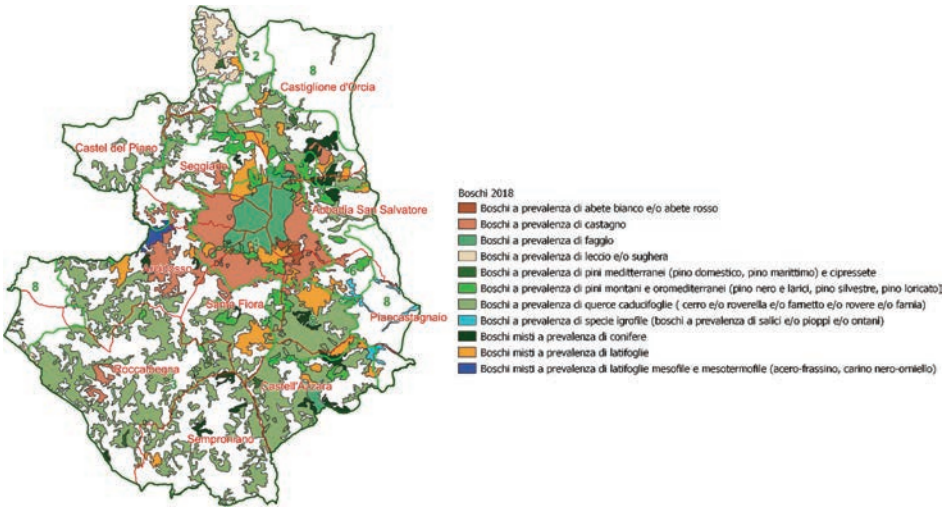


Fig. 34. Amiata - Estensione dei boschi (elaborazione grafica di Tommaso Trinchetti)

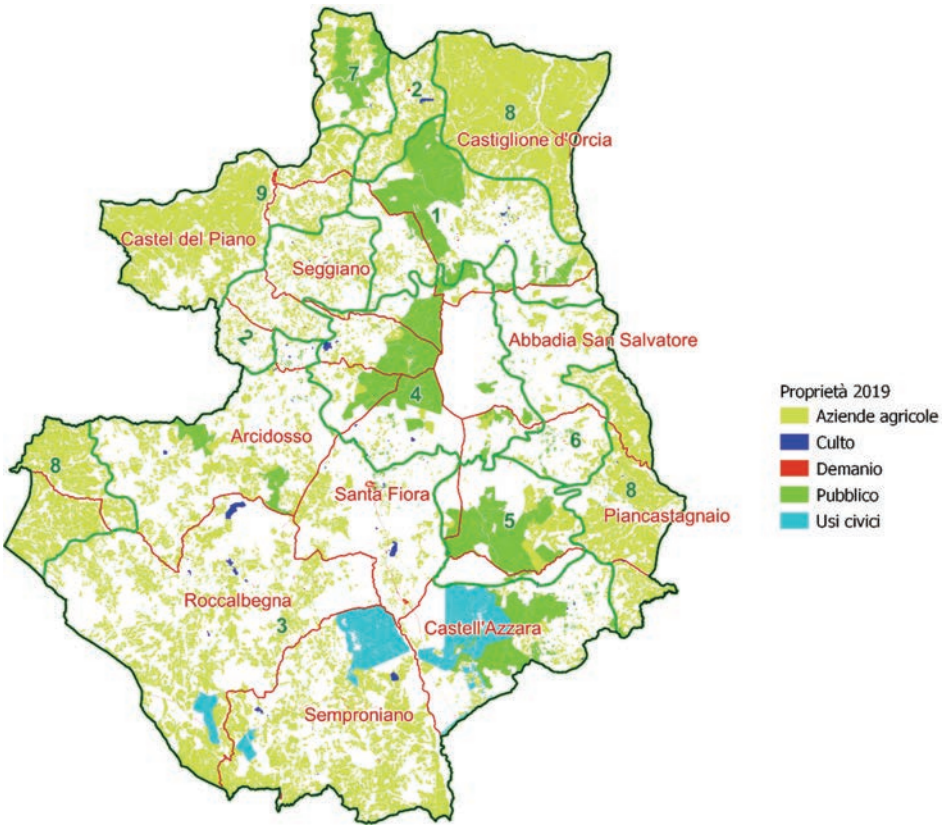


Fig. 35. Amiata - Estensione delle proprietà del suolo 2019 (elaborazione grafica di Tommaso Trinchetti)

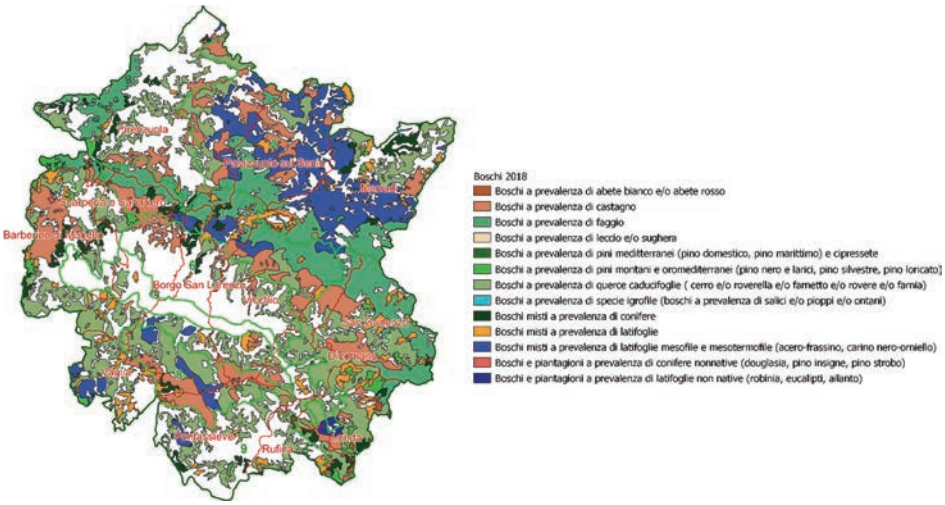


Fig. 36. Mugello - Estensione dei boschi (elaborazione grafica di Tommaso Trinchetti)

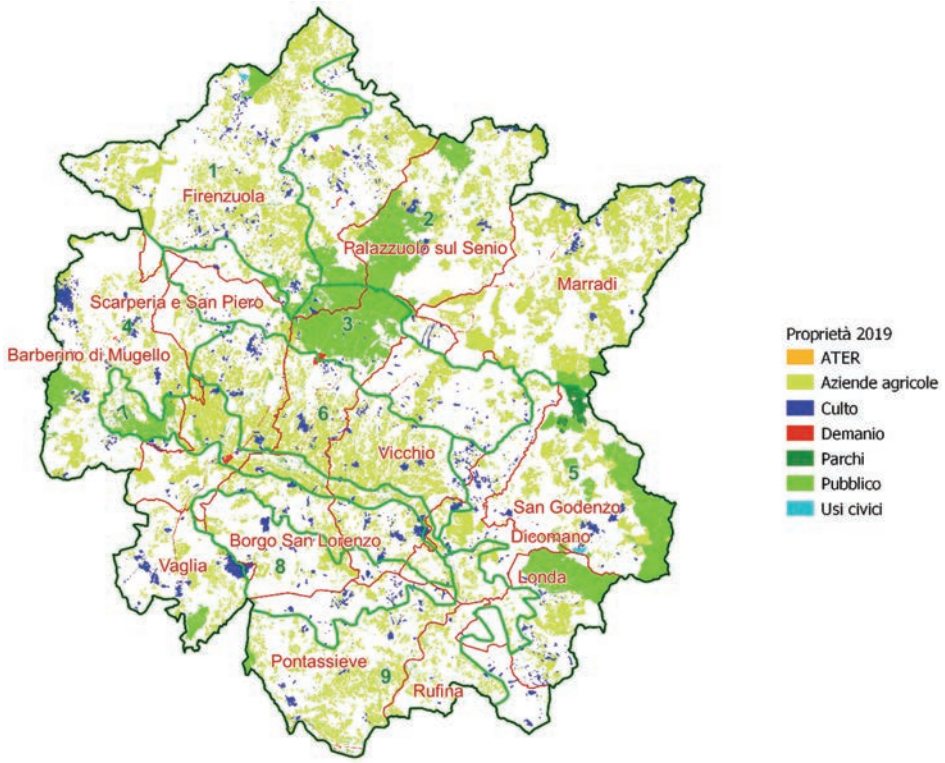


Fig. 37. Mugello - Estensione delle proprietà del suolo 2019 (elaborazione grafica di Tommaso Trinchetti)

I conti delle condizioni degli ecosistemi

I *conti delle condizioni degli ecosistemi* sono una componente centrale della contabilità degli ecosistemi, e, se compilati accuratamente, determinano la qualità delle successive valutazioni dei SE. I conti delle condizioni, infatti, consentono di avere informazioni sull'integrità e salute degli ecosistemi, in relazione alla loro composizione, struttura e funzionalità, e sulle caratteristiche e proprietà delle principali componenti abiotiche e biotiche. Queste sono, quindi, informazioni molto importanti per valutare la capacità degli ecosistemi di produrre SE.

Per ogni tipo di ecosistema, definito come spiegato nella sezione precedente, possono essere valutati una vasta gamma di *variabili* e *indicatori di condizione*. Per ogni ecosistema, inoltre, dovrebbe essere fornito un livello di riferimento, rispetto al quale confrontare i valori degli indicatori nel tempo.

La contabilità delle condizioni degli ecosistemi implica la necessità di misurazioni dirette sul campo, per ogni ecosistema. Nella pratica, questo non sempre è possibile o economico e, pertanto, i conti delle condizioni degli ecosistemi possono essere compilati utilizzando dati da telerilevamento, modellizzazioni e altre tecniche, in combinazione con le misurazioni dirette disponibili.

I conti delle condizioni degli ecosistemi si propongono di utilizzare e integrare i dati provenienti dai diversi sistemi di monitoraggio già esistenti, organizzandoli e integrandoli.

Il SEEA-EA utilizza un approccio in tre fasi per la contabilità delle condizioni dell'ecosistema:

- Le *variabili di condizione* degli ecosistemi sono metriche quantitative che descrivono le caratteristiche degli ecosistemici (ad esempio il numero di specie di uccelli, la copertura arborea, lo spessore del suolo, la concentrazione di inquinanti, o l'abbondanza di specie invasive). Il SEEA-EA suggerisce di considerare il maggior numero possibile di informazioni pertinenti, ma in modo parsimonioso, cioè utilizzando il minor numero possibile di variabili, ben selezionate, poiché l'obiettivo è fornire indicazioni sui cambiamenti di condizione, piuttosto che mappare completamente le funzioni di ogni ecosistema. Un insieme di circa dieci variabili ben selezionate, per ogni tipo di ecosistema, dovrebbe fornire informazioni sufficienti. Ovviamente, le variabili selezionate devono essere scelte sulla base di una profonda conoscenza degli ecosistemi locali.
- Gli *indicatori di condizione* degli ecosistemi sono versioni scalate delle variabili di condizione, derivati confrontando le variabili con determinati livelli di riferimento per l'integrità degli ecosistemi. Un livello di riferimento è il valore di una variabile a una condizione di riferimento, rispetto al quale è significativo confrontare i valori misurati passati, presenti o futuri della variabile, per misurare il cambiamento relativo nel tempo. Una condizione di riferimento rappresenta una condizione di elevata integrità e salute dell'ecosistema, e così, la condizione di un asset ecosistemico può essere misurata in termini di distanza tra la sua condizione attuale e la condizione di riferimento.

- Gli *indici compositi di condizione* degli ecosistemi sono misure generali delle condizioni degli ecosistemi, ottenuti, per diversi tipi di ecosistemi o per più indicatori, mediante l'applicazione di appropriati approcci di aggregazione degli indicatori. L'aggregazione degli indicatori mira a generare informazioni riassuntive da un gran numero di dati. Questo può essere utile per comunicare tendenze generali, ma, allo stesso tempo, può nascondere informazioni importanti presenti nei singoli indicatori e quindi gli indici aggregati richiedono un'attenta applicazione e interpretazione.

Nella nostra ricerca, i *conti delle condizioni degli ecosistemi* sono stati realizzati utilizzando un insieme di variabili di condizione per le quali, a livello regionale, è reperibile un insieme di dati adeguati. Non è stato possibile affrontare la seconda e la terza fase della contabilità degli ecosistemi. Le condizioni di riferimento, e i relativi livelli di riferimento perché questi non sono facili da determinare in modo appropriato e coerente, e, poiché rappresentano un elemento rilevante nei conti delle condizioni degli ecosistemi che necessita di studi più approfonditi.

Nel quinto report tecnico pubblicato dall'iniziativa europea MAES (2018), è stato proposto un elenco molto ampio, completo e dettagliato di variabili di condizione degli ecosistemi. Per ogni tipo di ecosistema MAES, definito come descritto nella sezione precedente, sono disponibili *variabili di pressione* e *variabili di condizione dell'ecosistema*. Le pressioni sono definite come processi indotti dalla società umana che alterano la condizione degli ecosistemi. Le misure delle pressioni possono essere utili dati *proxy*, che integrano i dati sulle caratteristiche e condizioni strutturali e funzionali degli ecosistemi.

Sono quindi disponibili in questo report tecnico tabelle che contengono un elenco di variabili diverse per gli ecosistemi urbani, agricoli, boschi, zone umide, fiumi e laghi, etc.

Le tabelle, per ogni tipo di ecosistema, utilizzano la stessa classificazione:

- Le pressioni sono organizzate in base al loro principale tipo di impatto: *conversione degli habitat, cambiamento climatico, sovrasfruttamento, inquinamento, introduzione di specie invasive,* e *altre*.
- Le condizioni sono organizzate mantenendo separate la qualità ambientale (qualità abiotica) e gli attributi degli ecosistemi (qualità biotica), e un'attenzione particolare è rivolta alla diversità delle specie e alle caratteristiche del suolo, monitorati nel quadro delle Direttive Uccelli e Habitat.

Per la prima volta, con il progetto MAES, è stato raccolto un elenco completo e coerente di variabili per le condizioni degli ecosistemi terrestri, d'acqua dolce, e anche marini, che integra altri quadri di indicatori europei, come il SEBI (Streamlining European Biodiversity Indicators), gli indicatori agro-ambientali, nonché gli indicatori derivati dalle Direttive Habitat, Uccelli, e Quadro sulle Acque. Ovviamente, non tutte le variabili incluse nell'elenco hanno, allo stato attuale, un utilizzo uniforme nelle politiche e una stessa copertura dei dati. Alcune di esse sono già utilizzate all'interno di contesti politici diversi, per altre i dati non sono ancora diffusamente raccolti. Le variabili che hanno almeno due

utilizzi, e per le quali sono disponibili a livello europeo condizioni di riferimento e serie temporali di dati, sono considerate variabili chiave.

Le tabelle successive mostrano, per i tre principali tipi di ecosistema oggetto della nostra ricerca (*agricoli*, *forestali* e *acquatici*), le variabili di più immediata fattibilità di calcolo (con le risorse informative facilmente reperibili per la Regione Toscana), la fonte dei dati utilizzati nella nostra ricerca, e il loro livello di aggiornamento. Per ogni variabile, è stato aggiunto un riquadro verde a quelle per cui è stato possibile ottenere e processare i dati nell'ambito della nostra ricerca, oppure un riquadro giallo quando questo non è stato possibile, ma potrebbe esserlo. Le variabili a cui non è stato aggiunto un colore sono state considerate rilevanti, ma occorrono ulteriori approfondimenti per capire le possibili fonti di dati. Le tabelle presentate derivano da un processo di selezione delle variabili considerate più rilevanti per il contesto toscano dall'elenco originale del MAES. Le variabili in grassetto sono quelle considerate "chiave" nell'elenco originale.

Tab. 12. Variabili di pressione per gli ecosistemi agricoli (fonte: MAES, 2018, modificato da TT)

ECOSISTEMI AGRICOLI	PRESSIONI	FATTIBILITÀ	FONTE DATI	AGGIORNAMENTO
Conversione e degrado degli habitat e del suolo	**Consumo di suolo (%/anno)**		UCS	Triennale dal 2007
	Intensificazione/estensificazione		UCS (ARTEA)	Triennale dal 2007 (Annuale dal 2016)
Cambiamento climatico	Cambiamenti nei parametri climatici (compresa la siccità) a lungo termine (>30 anni)		LaMMA	
	Cambiamenti nel contenuto di umidità del suolo estivo a lungo termine (l/m3/10 anni)		LaMMA	
Inquinamento e arricchimento in nutrienti	**Bilancio lordo dell'azoto (kg/ha/anno)**		InVEST	
	Bilancio lordo del fosforo (kg/ha/anno)		InVEST	
	Consumo di fertilizzanti (kg/ha/anno)		UCS (ARTEA)	Triennale dal 2007 (Annuale dal 2016)
	Uso di pesticidi (kg di principio attivo/ha/anno)			
Sovrasfruttamento	Prelievi d'acqua (milioni di m3/anno)		AIT GC	Annuale
	Appropriazione umana della produzione primaria netta HANPP (kgC/m2/anno)			
Introduzione di specie esotiche invasive	Introduzioni di specie esotiche invasive (numero/anno)			

Altri	Erosione del suolo (t/ha/anno)		InVEST	
	Perdita di sostanza organica (%/anno)			

Tab. 13. Variabili di condizione per gli ecosistemi agricoli (fonte: MAES, 2018, modificato da TT)

ECOSISTEMI AGRICOLI	CONDIZIONI	FATTIBILITÀ	FONTE DATI	AGGIORNAMENTO
Qualità ambientale	Concentrazioni di metalli pesanti nel suolo (mg/kg)		Geobasi	
Caratteristiche strutturali generali	Indice di frammentazione del paesaggio (indice)		UCS	Triennale dal 2007
	Diversità colturale (numero/10 km)		ARTEA	Annuale dal 2016
	Rotazioni colturali (numero/10 km)		ARTEA	Annuale dal 2016
	Densità degli elementi seminaturali (%/ha)		ARTEA	Annuale dal 2016
	Connettività degli elementi semi-naturali (indice)		PIT-PPR	2015
	Quota di terreni a riposo nella SAU (%)		ARTEA	Annuale dal 2016
	Quota di terreni High Nature Value nelle aree agricole (%)		EEA	2012
	Quota di agricoltura biologica nella SAU (%)		ARTEA	Annuale dal 2016
	Densità del bestiame (UBA/ha)		ARTEA	Annuale dal 2016
Caratteristiche strutturali basate sulla diversità e abbondanza di specie	Farmland Bird Indicator (indice)			
	Specie di impollinatori selvatici (ricchezza)			
Caratteristiche strutturali monitorate ai sensi delle direttive UE	Stato di conservazione e tendenze degli habitat di interesse comunitario associati ai pascoli (%)			
	Percentuale di agroecosistemi coperti da aree Natura 2000 (%)		Aree N2000	2022
	Condizioni demografiche e tendenze delle specie di uccelli associate alle aree agricole e ai pascoli (%)			
	Stato di conservazione e tendenze delle specie di interesse comunitario associate alle aree agricole e ai pascoli (%)			
Caratteristiche strutturali del suolo	Carbonio organico del suolo (SOC) (% o g/kg)		DB_Pedologico	2014
	PH del suolo (pH)			
	Erodibilità del suolo (t ha h/MJ mm)			
	Biodiversità del suolo (ricchezza e abbondanza)			
	Disponibilità di acqua (m3/ha/anno)			

Caratteristiche funzionali generali	Produzione primaria lorda (kJ/ha/anno)			
	Capacità d'acqua disponibile (indice)		DB_Pedologico	2014
Attributi funzionali del suolo	Disponibilità di azoto e fosforo (mg/kg)			

Tab. 14. Variabili di pressione per gli ecosistemi forestali (fonte: MAES, 2018, modificato da TT)

ECOSISTEMI FORESTALI	PRESSIONI	FATTIBILITÀ	FONTE DATI	AGGIORNAMENTO
Conversione e degrado degli habitat e del suolo	Frammentazione da strade e altre infrastrutture lineari (indice)		UCS - Strade	Triennale dal 2007
	Frammentazione da perdita di copertura forestale (indice)		UCS	Triennale dal 2007
	Deforestazione o modifica della copertura forestale (ha/anno)		UCS	Triennale dal 2007
	Frane (numero/anno, superficie/anno)		DB_Geologico	
Cambiamento climatico	Danni da tempeste e/o altri eventi meteorologici estremi (ha/anno o m3/anno)			
	Numero di incendi (numero/anno)		GEOSCOPIO	
	Superficie bruciata (ha/anno)		GEOSCOPIO	
	Variazione dell'umidità del suolo, stress idrico (indice)		LaMMA	
	Mortalità degli alberi causata dalla siccità e dal calore, stress da siccità (area/unità di tempo)			
Inquinamento e arricchimento in nutrienti	Concentrazione di ozono troposferico (ppb/anno)		ARPAT	
	Concentrazione di azoto, solfato, zolfo, calcio e magnesio (kg/ha)			
	Eccessivo carico di azoto (kg/ha/anno) e rapporto C/N nel suolo (rapporto)			
	Acidificazione (kg S/ha/anno)			
	Concentrazione di metalli pesanti nel suolo (mg/kg/anno)			
Sovrasfruttamento	Rapporto tra abbattimenti annuali (m3/ha/anno) e incremento annuo netto (m3/ha/anno)			
Altro	Dani da insetti e parassiti (ha/anno o m3/anno)			
	Danni da animali selvatici (ha/anno o m3/anno)			

Tab. 15. Variabili di condizione per gli ecosistemi forestali (fonte: MAES, 2018, modificato da TT)

ECOSISTEMI FORESTALI	CONDIZIONI	FATTIBILITÀ	FONTE DATI	AGGIORNAMENTO
Qualità ambientale	Quota di "foreste di protezione" (%)		PAF	
	Quota di foreste oggetto di un piano di gestione (%)		PAF	
Caratteristiche strutturali generali	Legno morto (m3/ha)			
	Tipi funzionali (tipologia)		Carta Vegetazione	
	Tipi di foresta (tipologia)		Carta Vegetazione	
	Struttura in età della foresta (%)			
	Stadi serali (tipologia)			
	Defogliazione (%)			
	Scoloramento (%)			
	Altezza (m)			
	Densità della copertura (%)		Carta Vegetazione	
	Connettività delle foreste (indice)		UCS	Triennale dal 2007
	Volume di biomassa (m3/ha)		INFC	2015
	Stock di carbonio (t/ha)		INFC	2015
	Superficie forestale (km2)		UCS	Triennale dal 2007
	Eterogeneità strutturale (indice da telerilevamento)			
	Omogeneità strutturale delle foreste (indice da telerilevamento)			
	Naturalezza (indice o tipologia)			
Caratteristiche strutturali basate sulla diversità e abbondanza delle specie	Diversità e ricchezza di specie (numero, indici)			
	Specie forestali minacciate (indice della lista rossa)			
	Ricchezza di specie del sottobosco (indice)			
Caratteristiche strutturali degli ecosistemi monitorate ai sensi delle direttive UE	Percentuale di foreste coperte da aree Natura 2000 (%)		Aree N2000	
	Percentuale di foreste coperte da parchi e riserve (%)		Aree protette	
	Habitat minacciati (%, numero, superficie da Red List index)			
	Stato di conservazione e tendenze degli habitat di interesse comunitario associati alle foreste (%)			
	Condizioni demografiche e tendenze delle specie di uccelli associate alle aree forestali (%)			

Caratteristiche funzionali generali	Fotosintesi (indici: NDVI, VCI Copernicus, fPAR, LAI)		LaMMA	Annuale 2000-2016
	Produttività primaria netta (NPP) (t/ha/anno)			
	Evapotraspirazione (l/ha/giorno)		BIGBANG 4.0	

Tab. 16. Variabili di pressione per gli ecosistemi acquatici (fonte: MAES, 2018, modificato da TT)

ECOSISTEMI ACQUATICI	PRESSIONI	FATTIBILITÀ	FONTE DATI	AGGIORNAMENTO
Cambiamento climatico	Variazione della temperatura dell'acqua (°C/anno)			
Inquinamento e arricchimento in nutrienti	Superamento del carico di azoto (eq./ha/anno)		ARPAT	Annuale
	Tasso di raccolta e trattamento delle acque reflue (%) o scarichi (t N/anno, t P/anno)		ARPAT	Annuale

Tab. 17. Variabili di condizione per gli ecosistemi acquatici (fonte: MAES, 2018, modificato da TT)

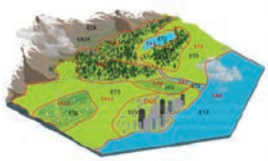
ECOSISTEMI ACQUATICI	CONDIZIONI	FATTIBILITÀ	FONTE DATI	AGGIORNAMENTO
Qualità ambientale	Stato chimico (indice)		ARPAT	Annuale
	Concentrazione di azoto (mgn/l) e fosforo (Mgp/l), BOD (mg/l)		ARPAT	Annuale
	Concentrazione de inquinanti organici, metalli, pesticidi		Geobasi	
	Qualità delle acque di balneazione (indice)			
	Alterazione del flusso (%)			
	Indice di sfruttamento dell'acqua (%)		IDROLOGIA	
	Densità delle dighe nel bacino (numero/km2)			
Caratteristiche strutturali generali	Stato ecologico (Indice)		ARPAT	Annuale
Caratteristiche strutturali basate sulla diversità e abbondanza di specie	Presenza di specie esotiche (numero)			
Caratteristiche strutturali monitorate ai sensi delle direttive UE	Percentuale di acque interne coperte da Natura 2000 (%)		Aree N2000	
	Percentuale di acque interna coperte da parchi e riserve (%)		Aree protette	
	Stato di conservazione e tendenze degli habitat di interesse comunitario associati alle acque interne (%)			
	Stato di conservazione e tendenze delle specie di interesse comunitario associate alle acque interne (%)			
Caratteristiche funzionali generali	Portata delle acque (m3/s)		IDROLOGIA	

Per ognuna delle variabili segnate con un riquadro verde nelle tabelle precedenti, è stato possibile, nella nostra ricerca, recuperare i dati da diverse fonti, elaborarli, e produrre tabelle e mappe che mostrano i risultati ottenuti. Nelle pagine seguenti vengono mostrati i risultati ottenuti per alcune di queste variabili. I risultati completi, per tutte le variabili selezionate, sono riportati nell'Allegato 3.

Un ultimo elemento rilevante riguarda le *unità spaziali* di base utilizzate per i conti delle condizioni degli ecosistemi, così come per i conti dei SE. È stato scelto di utilizzare una *griglia poligonale di esagoni di 5 ha di superficie*, come base a cui ricondurre tutte le informazioni recuperate da molti database diversi. In questo modo, è possibile disporre di elementi della mappa che raccolgono le diverse informazioni recuperate ed elaborate per ognuna delle variabili di condizione selezionate, così come per tutti gli indicatori utilizzati per la valutazione dei SE. Questo è molto importante perché può permettere di realizzare una serie di rilevanti analisi statistiche.

Lo schema successivo riassume, recuperando quanto detto anche nelle sezioni precedenti, le scelte che sono state fatte per individuare le diverse aree spaziali necessarie per la contabilità degli ecosistemi, secondo il SEEA-EA: le aree di contabilità, i tipi di ecosistema, e le unità spaziali di base. Lo schema riporta la definizione e gli esempi del manuale SEEA-EA, e a fianco indica le unità spaziali che sono state individuate come le più appropriate da utilizzare nella nostra ricerca:

- I comuni e gli agroecomosaici, come *aree di contabilità*;
- Un'aggregazione delle classi di copertura del suolo, come *tipi di ecosistema*, con tutta la semplificazione e i limiti che quindi questo comporta, come spiegato nella sezione precedente;
- I singoli elementi delle diverse coperture del suolo, come *singoli ecosistemi*, in dipendenza dal punto precedente;
- Una griglia poligonale di esagoni di 5 ha di superficie, come *unità spaziale di base*.



Spatial areas	Abbreviation	Definition	Example
Ecosystem Accounting Area	EAA	This is the reporting unit, the area for which the accounts are compiled. Typically administrative or watershed boundaries.	Region, state, Hydrological units
Ecosystem Type	ET	A more generalized view of ecosystem assets, often not including management information. There may be multiple ecosystem assets within an ecosystem type. Reflects a distinct set of abiotic and biotic components and their interactions.	Deciduous forest, wetland
Ecosystem Asset	EA	Contiguous spaces of a specific ecosystem type characterized by a distinct set of biotic and abiotic components and their interactions.	An individual forest or wetland
Basic Spatial Unit	BSU	Smallest spatial areas where spatial information can be ascribed. Comparable to statistical units in a business register. Geometric constructs, typically a grid, but can also be polygons.	Grid/raster Polygons Cadastral parcels

Aree spaziali	
Area di contabilità	- Comuni - Agroecomosaici
Tipi di ecosistema	- Aggregazione delle classi di copertura del suolo
Ecosistemi	- Singoli elementi di copertura del suolo
Unità spaziali base	- Griglia poligonale di esagoni di 5ha

Fig. 38. Aree spaziali per la contabilità degli ecosistemi (modificato da TT, fonte: UNSD, 2021)

Le legende successive riepilogano gli agroecomosaici individuati come aree di contabilità nell'Amiata e nel Mugello. Poi, nelle pagine seguenti, vengono mostrati i risultati ottenuti per alcune delle variabili di condizione degli ecosistemi selezionate. Le mappe mostrano la localizzazione e l'intensità delle caratteristiche o dei fenomeni descritti dalle variabili, le tabelle riassumono i valori ottenuti dagli agroecomosaici e dai Comuni dei due ambiti. I risultati completi, per tutte le variabili selezionate, sono riportati in modo completo nel rapporto di ricerca consegnato alla Regione Toscana.

Tab. 18. Legende degli agroecomosaici di Amiata e Mugello (elaborazione di Elisa Butelli e Tommaso Trinchetti)

Agroecomosaici - Amiata
1. Mosaico agro-forestale a maglia larga, a prevalenza di aree naturali
2. Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto
3. Mosaico agro-forestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari
4. Aree forestali montane del cono vulcanico
5. Mosaico forestale a maglia larga
6. Mosaico complesso a maglia densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di rinaturalizzazione
7. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi
8. Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo con presenza ed elementi ecologici lineari
9. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di seminativi e boschi di latifoglie

Agroecomosaici - Mugello
1. Mosaico agro-forestale montano a maglia densa, caratterizzato da boschi di latifoglie e campi chiusi a seminativo e prato
2. Mosaico agro-forestale montano a maglia media a prevalenza di boschi e pascoli
3. Aree forestali di alta montagna
4. Mosaico agro-forestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa
5. Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale
6. Mosaico colturale boscato del piano ondulato a prevalenza di seminativi
7. Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo
8. Mosaico forestale di media montagna
9. Mosaico colturale boscato a vigneti e oliveti

Intensificazione / estensificazione

I fenomeni di *intensificazione* agricola sono stati individuati selezionando, dalla mappa UCS della Toscana, le seguenti trasformazioni avvenute tra l'anno 2007 e il 2019:

- Da seminativi a: arboricoltura, frutteti, oliveti, o vigneti;
- Da oliveti a: vigneti;
- Da prati e pascoli a: arboricoltura, frutteti, oliveti, o vigneti;
- Da boschi a: seminativi, frutteti, oliveti, o vigneti;

I fenomeni di *estensificazione* agricola sono stati individuati selezionando, dalla mappa UCS della Toscana, le seguenti trasformazioni avvenute tra l'anno 2007 e il 2019:

- Da seminativi a: boschi
- Da vigneti a: seminativi, oliveti, zone agricole eterogenee, prati e pascoli, boschi;
- Da frutteti a: seminativi, zone agricole eterogenee, boschi;
- Da arboricoltura a: seminativi, prati e pascoli, boschi;
- Da oliveti a: seminativi, zone agricole eterogenee, prati e pascoli, boschi.

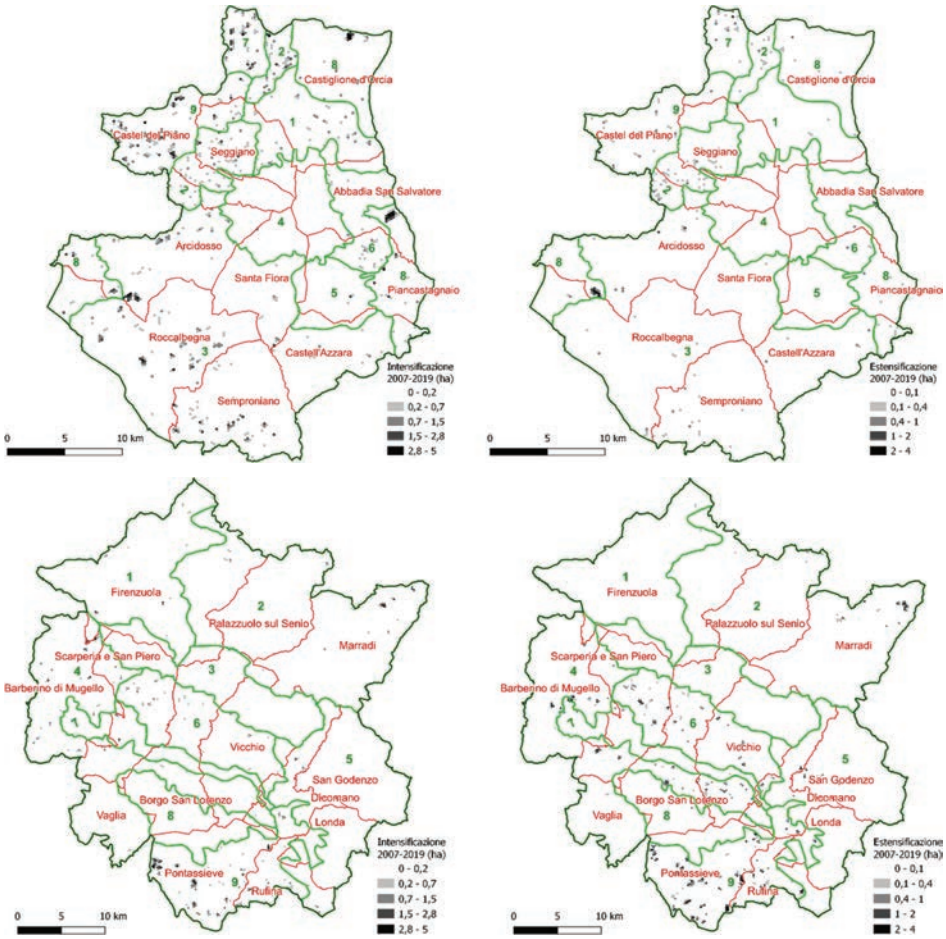
I risultati mostrano, per l'ambito dell'Amiata, una netta prevalenza dei fenomeni di intensificazione, localizzati prevalentemente nella parte settentrionale dell'ambito, e in misura minore nelle parti orientale e meridionale.

Per l'ambito del Mugello, i risultati mostrano un'incidenza dei fenomeni di intensificazione ed estensificazione agricola soltanto nella parte centrale e meridionale dell'ambito.

Occorre ricordare, per la lettura di questi risultati, come di tutti i seguenti, che l'ambito del Mugello ha un'estensione quasi doppia rispetto a quello dell'Amiata (150.660 ha e 81.536 ha, rispettivamente), come evidenziato dalle barre di scala nelle mappe.

Tab. 19. Intensificazione/Estensificazione

Ambito	Area (ha)	Intensificazione 2007-19 (ha)	Estensificazione 2007-19 (ha)
Amiata	81.536,07	630,28	94,18
Mugello	150.660,01	263,53	339,31



Intensificazione/estensificazione; sopra: **Fig. 39.** Amiata; sotto: **Fig. 40.** Mugello; elaborazione di TT

Consumo e bilancio lordo dell'azoto

Il consumo dei nutrienti azoto e fosforo, nelle attività agricole, e il bilancio complessivo di questi elementi nei due ambiti di sperimentazione, sono stati mappati e valutati utilizzando il modello "*Nutrient Delivery Ratio (NDR)*" del software InVEST.

InVEST (*Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*) è un software *open source* che contiene una suite di modelli utilizzabili per mappare e valutare i SE. Il modello NDR ha l'obiettivo di mappare le fonti di nutrienti nel territorio e le quantità trasportate verso i corsi d'acqua. Inoltre, il modello può

essere utilizzato per valutare il SE di ritenzione dei nutrienti da parte della vegetazione naturale, come spiegato nella sezione seguente.

Le fonti antropogeniche di nutrienti comprendono sia fonti puntuali, come scarichi industriali o impianti di trattamento delle acque, sia fonti non puntuali, come i fertilizzanti utilizzati nelle attività agricole. Nella nostra ricerca, è stato analizzato soltanto quest'ultimo tipo di fonte, che è considerata quella più rilevante, e potenzialmente pericolosa. Quando piove o nevica, infatti, l'acqua che scorre sul territorio trasporta i nutrienti nei corsi d'acqua. Questo può avere conseguenze sia per la salute delle persone, sia per gli ecosistemi acquatici, che hanno una limitata capacità di adattarsi a eccessivi carichi di nutrienti.

Il modello, progettato per l'analisi dei due elementi nutrienti principali, azoto e fosforo, utilizza un approccio di bilancio di massa, descrivendo il movimento di una massa di nutrienti attraverso lo spazio. A differenza di modelli più sofisticati, il modello NDR non rappresenta i dettagli del ciclo dei nutrienti, ma il loro flusso a lungo termine e in stato stazionario, attraverso relazioni empiriche. Le fonti di nutrienti sono determinate sulla base di una mappa UCS, e del consumo di nutrienti collegato a ogni classe della mappa UCS. Il modello calcola, per ogni pixel della mappa, in base alla pendenza e all'efficienza di ritenzione di ogni classe della mappa UCS, la quantità di nutrienti che viene trattenuta, e la quantità che viene esportata verso i corsi d'acqua, che rappresenta il bilancio lordo di nutrienti.

I dati di input del modello NDR sono:

- Un Modello Digitale del Terreno (DTM), per cui è stato utilizzato il DTM idrologico disponibile nella cartoteca del Geoscopio regionale;
- Una mappa UCS, che nella nostra ricerca è stata ottenuta integrando la mappa UCS della regione Toscana con gli elementi dei piani colturali grafici (PCG) contenuti nel database di ARTEA (disponibile sul sito OpenData Toscana), relativi alle 27 principali coltivazioni condotte nei due ambiti nell'anno 2019, che rappresentano circa il 92% delle coltivazioni registrate nei due ambiti da ARTEA;
- Una mappa delle precipitazioni medie annuali, per cui è stata utilizzata la mappa della media annuale a lungo termine (1951-2019) delle precipitazioni totali, prodotta dall'ISPRA con il modello BIGBANG 4.0 e resa disponibile sul portale nazionale SINAnet;
- Una tabella, che associa ad ogni elemento della mappa UCS, e alle coltivazioni dei PCG di ARTEA considerate, le loro proprietà biofisiche relative al consumo e alla ritenzione dei nutrienti azoto e fosforo:
    - Il consumo di nutrienti, cioè la quantità di nutrienti applicati tramite fertilizzanti, stimata a partire dalle indicazioni contenute nelle linee guida nazionali di produzione integrata, redatte dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, e disponibili sul sito della Rete Rurale Nazionale. Diversi livelli di applicazione di fertilizzanti sono state asse-

gnati alle stesse coltivazioni, a seconda che esse siano state registrate nei PCG di ARTEA come condotte con metodi biologici o convenzionali;
- La massima efficienza di ritenzione dei nutrienti, cioè un coefficiente che stima la massima percentuale dei nutrienti che viene trattenuta, per ogni classe della mappa UCS e per ogni coltivazione. Valori più elevati sono stati assegnati ai boschi e alla vegetazione ripariale (1), ai pascoli e alle colture permanenti (0.8), e valori decrescenti alle altre classi della mappa UCS e coltivazioni;
- La massima distanza di ritenzione, cioè un coefficiente che stima la distanza a cui ogni classe della mappa UCS e ogni coltivazione trattengono i nutrienti alla massima capacità. Questo valore, un importante parametro di calibrazione del modello, è stato posto pari a 10 m, cioè la risoluzione del DTM e di tutte le mappe di output del modello, per ogni classe della mappa UCS e coltivazione.

In questo modo, è stato valutato il consumo e il bilancio sia per l'azoto che per il fosforo, nei due ambiti di sperimentazione. Le mappe e le tabelle seguenti riassumono i risultati per quanto riguarda l'azoto. I risultati delle analisi per il fosforo sono riportati nell'Allegato III.

I risultati mostrano, sia per l'ambito dell'Amiata che del Mugello, come ovvio, una corrispondenza fra la localizzazione dei maggiori consumi di azoto e quella delle principali aree agricole.

Più interessante, e rilevante, notare le zone in cui il bilancio dell'azoto mostra valori positivi più elevati, che significano una maggiore quantità di questo nutriente che raggiunge i corsi d'acqua, senza essere assorbita dalle coltivazioni o dagli altri elementi di vegetazione.

Per l'ambito dell'Amiata, i valori maggiori del bilancio dell'azoto si mostrano nelle zone nord-orientale e nord-occidentale, e in parte anche in una zona centro-orientale.

Per il Mugello, i valori maggiori del bilancio dell'azoto si mostrano nella zona centrale dell'ambito.

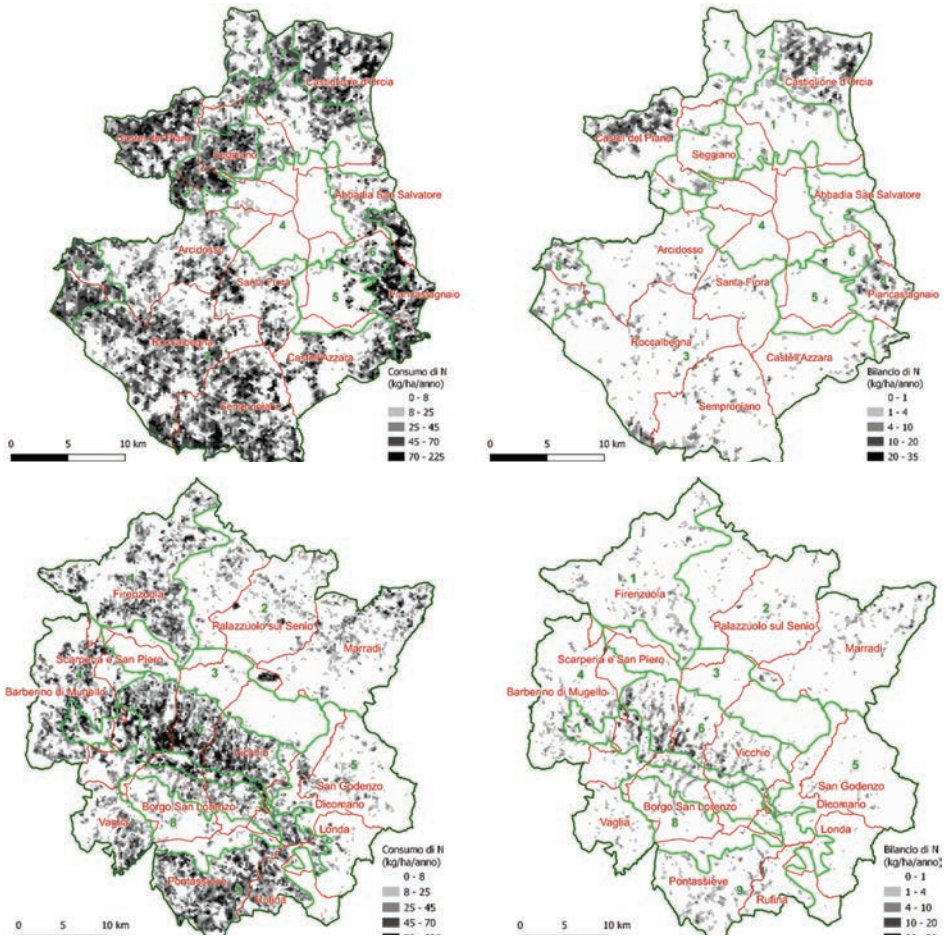
Tab. 20. Consumo e bilancio dell'azoto

Ambito	Area (ha)	Consumo di N (kg/anno)	Consumo di N (kg/ha/anno)	Bilancio di N (kg/anno)	Bilancio di N (kg/ha/anno)
Amiata	81.536,07	1.734.420,06	21,27	57.758,63	0,71
Mugello	150.660,01	1.854.399,39	12,31	58.876,29	0,39

Erosione potenziale del suolo

L'erosione potenziale del suolo, nei territori dei due ambiti di sperimentazione, è stata mappata e valutata utilizzando il modello "*Sediment Delivery Ratio (SDR)*" del software InVEST.

L'obiettivo del modello SDR è quello di mappare e quantificare la formazione e il trasporto dei sedimenti terrestri verso i corpi idrici.



Consumo e bilancio dell'azoto; sopra: **Fig. 41.** Amiata; sotto: **Fig. 42.** Mugello; elaborazione di TT

L'erosione, cioè la formazione dei sedimenti, il loro trattenimento sul terreno, o il loro trasporto, sono processi naturali, che regolano la concentrazione dei sedimenti nei corpi idrici. Il modello SDR permette di valutare soltanto l'erosione superficiale, non altri fenomeni erosivi altrettanto rilevanti come, ad esempio, l'erosione a solchi, l'erosione delle sponde, l'erosione di massa (frane).

Un aumento del carico di sedimenti nei corpi idrici può influenzare drasticamente la qualità delle acque e la gestione dei serbatoi, e avere impatti sull'irrigazione e sul trattamento delle acque, mentre la perdita di suolo dai terreni può comportare drastiche riduzioni della produttività agricola.

Il SE di trattenimento dei sedimenti (erosione evitata), fornito dalla vegetazione, è perciò di grande interesse, ed è analizzato, per i due ambiti della ricerca, nella sezione seguente.

La quantità di erosione potenziale del suolo annuale viene calcolata dal modello SDR applicando la *Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. I dati di input del modello sono:

- Un Modello Digitale del Terreno (DTM), per tracciare il quale è stato utilizzato il DTM idrologico disponibile nella cartoteca del Geoscopio regionale;
- Una mappa di *erosività* delle precipitazioni, che riflette l'intensità e la durata delle precipitazioni, che è stata ottenuta dai database disponibili sul sito dell'ESDAC (European Soil Data Centre);
- Una mappa di *erodibilità* del suolo, che riflette la suscettibilità delle particelle del suolo al distacco e al trasporto, anch'essa ottenuta dai database disponibili sul sito dell'ESDAC;
- Una mappa UCS, per cui è stata usata quella della Regione Toscana;
- Una tabella, che associa ad ogni classe della mappa UCS le sue proprietà biofisiche relative a due tipi di fattori:
  - Fattori di copertura, che indicano la probabilità di erosione per ogni classe della mappa UCS, ottenuti da Panagos et al. (2015);
  - Fattori di pratiche di supporto (antierosive), per ogni elemento della mappa UCS, ottenuti dai database disponibili sul sito dell'ESDAC;

In questo modo, è stata valutata l'erosione potenziale del suolo nei due ambiti di sperimentazione. Le mappe e le tabelle seguenti riassumono i risultati ottenuti.

In entrambi gli ambiti, si evidenzia come l'erosione potenziale sia minore nelle aree più elevate ma più intensamente boscate, e maggiore nelle colline più basse ma più caratterizzate da aree agricole.

Tab. 21. Erosione potenziale del suolo

	Area (ha)	Erosione potenziale (t/anno)	Erosione potenziale (t/ha/anno)
Amiata	81.536,07	3.763.706,90	46,16
Mugello	150.660,01	4.560.265,20	30,27

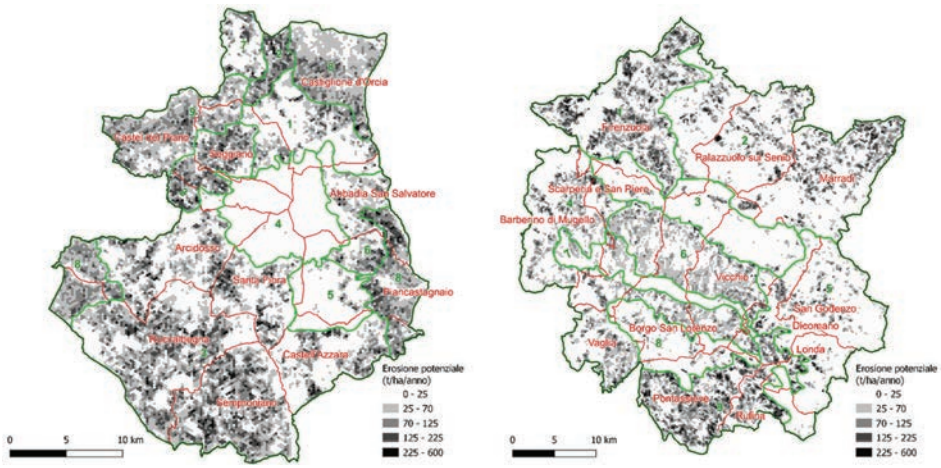


Fig. 43. Erosione potenziale del suolo (elaborazione di TT)

Densità di elementi lineari

Gli elementi lineari di vegetazione (siepi, fasce tampone, fasce ripariali, gruppi e filari di alberi, etc.) sono una componente molto importante del paesaggio, soprattutto agrario, e contribuiscono in modo rilevante a molte funzionalità degli ecosistemi e alla produzione di molti SE, fra cui, specificamente, quelli di purificazione delle acque e di trattenimento dell'erosione.

Gli elementi lineari di vegetazione, per i due ambiti dell'Amiata e del Mugello, sono stati mappati integrando dati provenienti da diverse fonti:

- Gli alberi isolati e le siepi, dalla piattaforma *Ecosistema Informativo Regionale Integrato per il Governo del Territorio* della Regione Toscana;
- Le Aree di interesse ecologico (EFA), dal database di ARTEA disponibile sul sito OpenData Toscana, e aggiornato al 2019;
- Gli "*Small Woody Features*", dai dati ad alta risoluzione disponibili sul sito dell'ISPRA, e aggiornati al 2015;
- I "*Green Linear Elements*", dai dati sulle zone ripariali disponibili sul sito dell'ISPRA, e aggiornati al 2013.

L'integrazione di questi diversi database, pur di diversa origine e aggiornamento, ha permesso di individuare quali zone dei due territori degli ambiti di sperimentazione presentano una maggiore o minore densità di elementi lineari di vegetazione. I risultati mostrano la densità degli elementi lineari sia come m^2 ad ettaro di territorio, per i Comuni e gli agroecomosaici dei due ambiti, sia come media all'interno degli esagoni di 5 ha (le unità spaziali base utilizzate) compresi negli stessi Comuni e agroecomosaici.

Tab. 22. Densità di elementi lineari

Ambito	Area (ha)	Elementi lineari (ha)	Densità (m^2/ha)	Media (m^2)	DS (m^2)
Amiata	81.536,07	9.561,51	1.172,67	7.315,26	6.942,52
Mugello	150.660,01	9.138,98	606,60	5.595,79	5.941,76

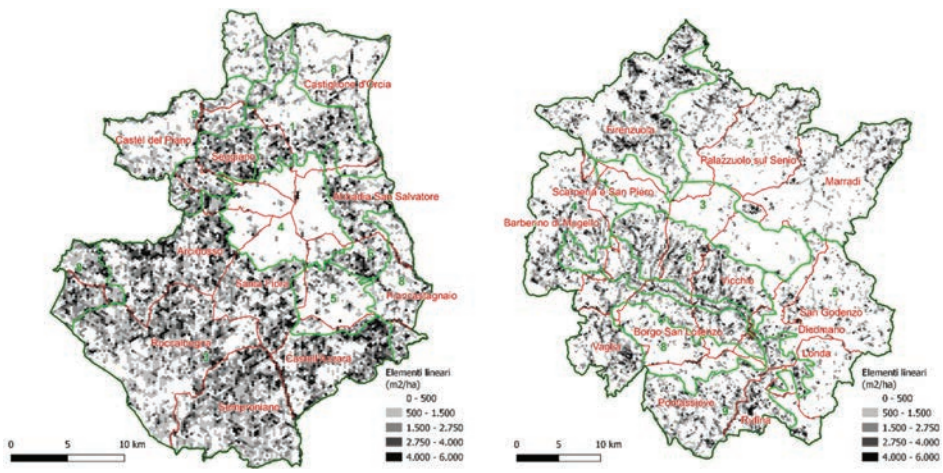


Fig. 44. Densità di elementi lineari (elaborazione di TT)

Modifica della copertura forestale

I fenomeni di modifica della copertura forestale sono stati individuati selezionando, dalla mappa UCS della Toscana, tutte le trasformazioni avvenute da boschi a tutte le altre classi della mappa UCS tra l'anno 2007 e il 2019.

I risultati mostrano più o meno la stessa estensione di aree soggette a modifica della copertura forestale nei due ambiti di sperimentazione, che, ricordiamo, non hanno la stessa estensione totale. In proporzione, questi fenomeni sono più pronunciati nell'Amiata rispetto al Mugello. In particolare, nell'Amiata, i fenomeni di modifica della copertura forestale sono principalmente localizzati nella parte orientale della montagna.

Nel Mugello, questi fenomeni interessano la parte più occidentale dell'ambito.

Tab. 23. Modifica della copertura forestale

Ambito	Area (ha)	Aree forestali (ha)	Aree forestali (%)	Deforestazione 2007-2019 (ha)
Amiata	81.536,07	43.513,39	53,37	243,19
Mugello	150.660,01	107.376,93	71,27	253,21

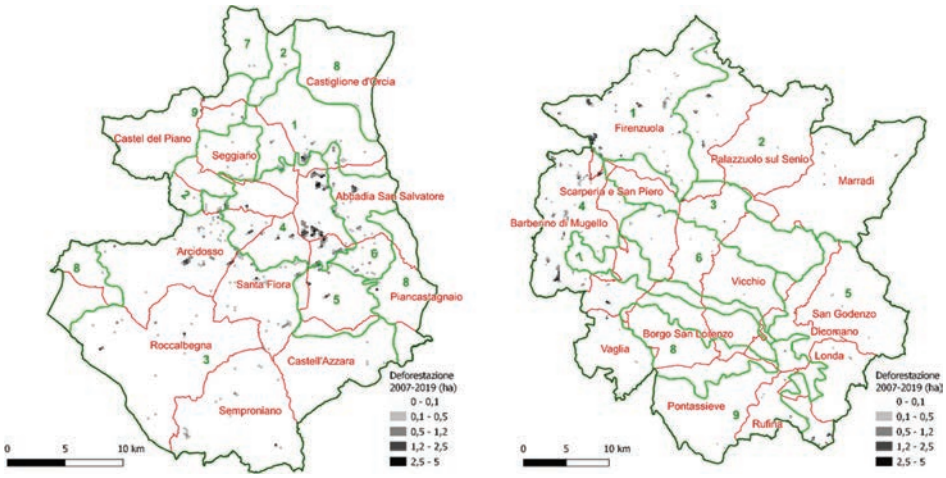


Fig. 45. Modifica della copertura forestale (elaborazione di TT)

Valutazione qualitativa delle condizioni degli ecosistemi

I *conti delle condizioni degli ecosistemi* sono una componente centrale della contabilità degli ecosistemi, che consente di stimare l'integrità e salute degli stessi e, quindi, la loro capacità di produrre servizi. Dato che i SE sono benefici rivolti all'intera collettività, è necessario cercare di assicurare la riproducibilità nel lungo periodo e valutare quale può essere il deficit/surplus di una determinata area, al fine di stabilire meccanismi di premialità.

I territori, l'agro-ecosistema, il paesaggio forniscono contemporaneamente più SE ma spesso l'azione di pianificazione è orientata a far sì che una certa unità territoriale si specializzi nella produzione di uno o alcuni SE, con effetti variabili

su altri SE - alcuni che continuano ad essere prodotti, altri che cessano, altri che sono modificati, etc. È allora necessario valutare gli ecosistemi in un'ottica multifunzionale, che consente di considerare i SE prodotti da un ecosistema nella loro varietà (Malcevschi 2010), così che, una volta riconosciuti e descritti, essi possono essere tutelati e valorizzati cercando di mantenere il carattere fondamentale dell'integrazione, e di evitare i danni prodotti da un'eccessiva specializzazione (o intensificazione).

In tal senso, ad esempio, anche le politiche comunitarie sullo sviluppo rurale hanno sviluppato l'ottica multifunzionale anche per superare l'approccio produttivista in agricoltura, ed integrare più aspetti nei programmi di intervento, come l'ambiente, il paesaggio, la biodiversità, etc. A questo fine le politiche comunitarie hanno promosso, ad esempio, progetti di cooperazione come i Progetti di Filiera o i Progetti Integrati Territoriali, in cui è la dimensione di progetto a base locale che sintetizza i vari aspetti e valorizza le complessità e le molte peculiarità locali.

Consideriamo, infatti, che i diversi contesti territoriali hanno storie, identità complesse, caratteri specifici che cambiano anche in poche centinaia di metri e che costituiscono il patrimonio territoriale (Magnaghi 2010). Questo non è solo natura, non è solo ambiente, ma è una costruzione sociale che si è formata nel tempo lungo della storia e che ha portato al riconoscimento di un insieme correlato e integrato di elementi (forme insediative, sistemazioni agrarie, aree selvatiche ad elevata biodiversità, saperi, memorie, ecc.) che sono un valore per la comunità locale. Un "bene comune" il cui mantenimento è necessario per il benessere e la salute durevole della società. Di questo unicum fanno parte anche le consuetudini legate ai saperi contestuali, nelle quali si è stratificato l'utilizzo giudizioso delle risorse. Il patrimonio territoriale, infatti, gestito con cura dalla popolazione locale, ha fornito SE utili al suo benessere da sempre (Poli 2015; 2019).

In quest'ottica territorialista è indispensabile, per valutare le condizioni che consentono e favoriscono la produzione e riproduzione dei SE, condurre anche un'analisi qualitativa delle unità ecosistemiche (agro-ecomosaici) a livello territoriale, da associare agli indicatori di pressioni e condizioni degli ecosistemi definiti nel sistema di contabilità ambientale.

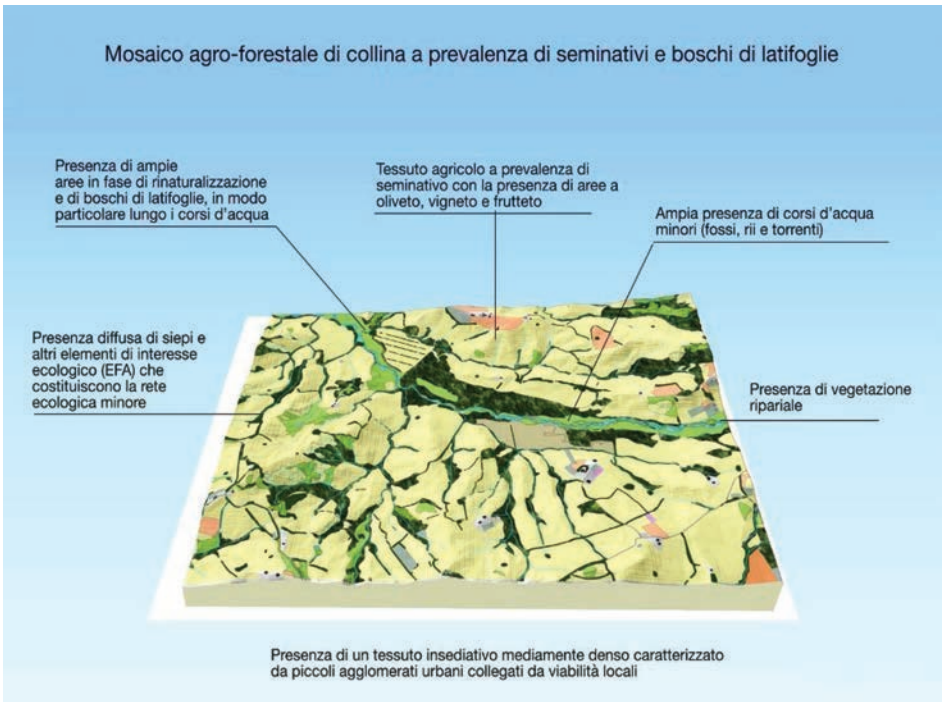
Un'analisi qualitativa consente di mettere in luce la dimensione dinamica del patrimonio ecosistemico, e di apprezzare l'utilità sociale di un suo "buon uso", anche e soprattutto nel quadro di un rinnovato interesse verso la territorializzazione dei flussi, la chiusura dei cicli a livello locale e la gestione sostenibile degli scambi contesti e "bioregioni" limitrofi.

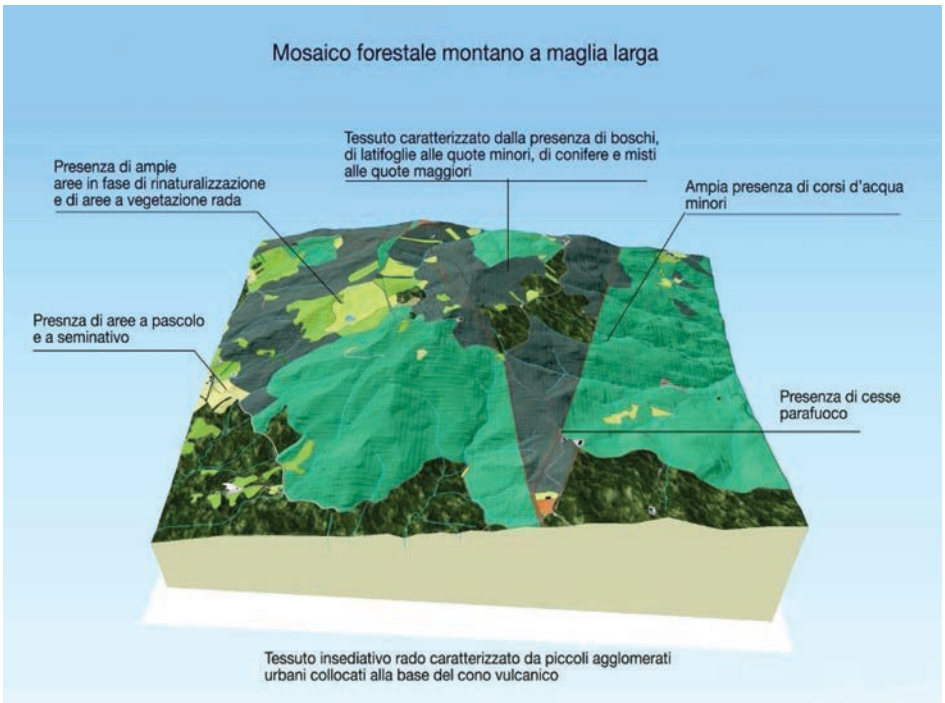
Per questo motivo, nella nostra ricerca è stata rivolta una particolare attenzione al tentativo di integrare le *valutazioni quantitative*, secondo il modello del SEEA-EA e dei principali progetti nazionali e internazionali sui SE, con *valutazioni qualitative* delle dotazioni ecosistemiche patrimoniali.

Di seguito vengono riportati degli schemi grafici tridimensionali di porzioni di territorio degli agroecomosaici individuati nelle aree dell'Amiata e del Mugello. Questa rappresentazione grafica rappresenta un approfondimento qualitativo per individuare le caratteristiche principali degli ecosistemi e dei possibili SE, definendo, inoltre, il paesaggio in modo schematico.

Le aree prese in considerazione sono state pensate per restituire unità di territorio abbastanza grandi e tali da rappresentare l'agroecomosaico analizzato, nonché da cogliere le relazioni fra i diversi elementi di uso del suolo e gli altri componenti degli ecosistemi, e al contempo offrire una lettura facile (e sufficientemente ravvicinata) degli elementi peculiari.

Da qui sotto a seguire: **Figg. 46-54.** Agroecomosaici dell'Amiata (elaborazione di Elisa Butelli)

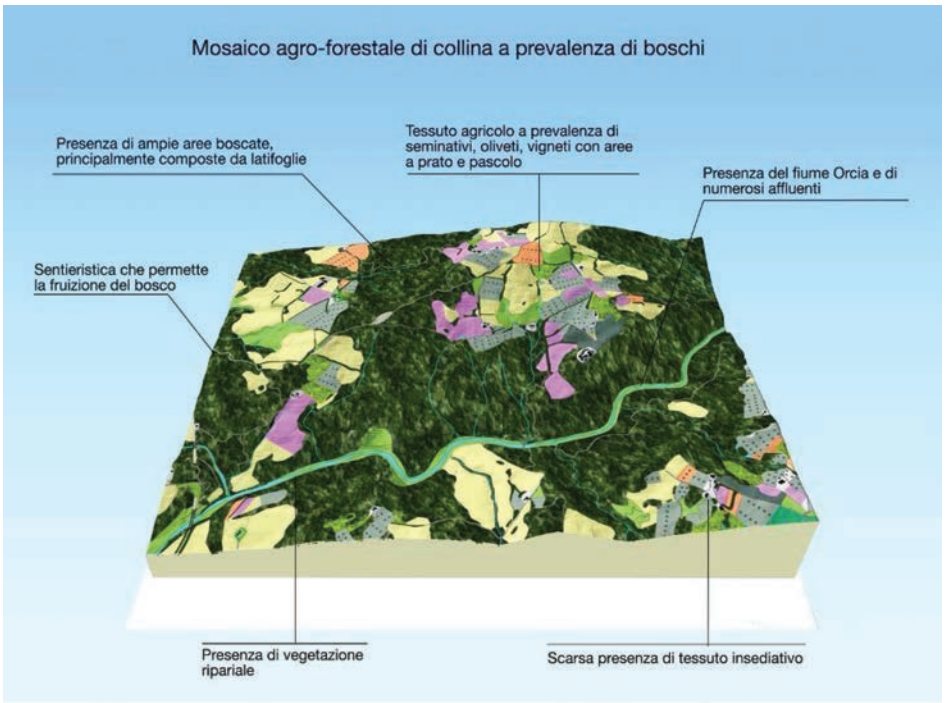



Mosaico forestale montano a maglia larga
Tessuto caratterizzato dalla presenza di boschi, di latifoglie alle quote minori, di conifere e misti alle quote maggiori
Presenza di ampie aree in fase di rinaturalizzazione e di aree a vegetazione rada
Ampia presenza di corsi d'acqua minori
Presnza di aree a pascolo e a seminativo
Presenza di cesse parafuoco
Tessuto insediativo rado caratterizzato da piccoli agglomerati urbani collocati alla base del cono vulcanico

47

48

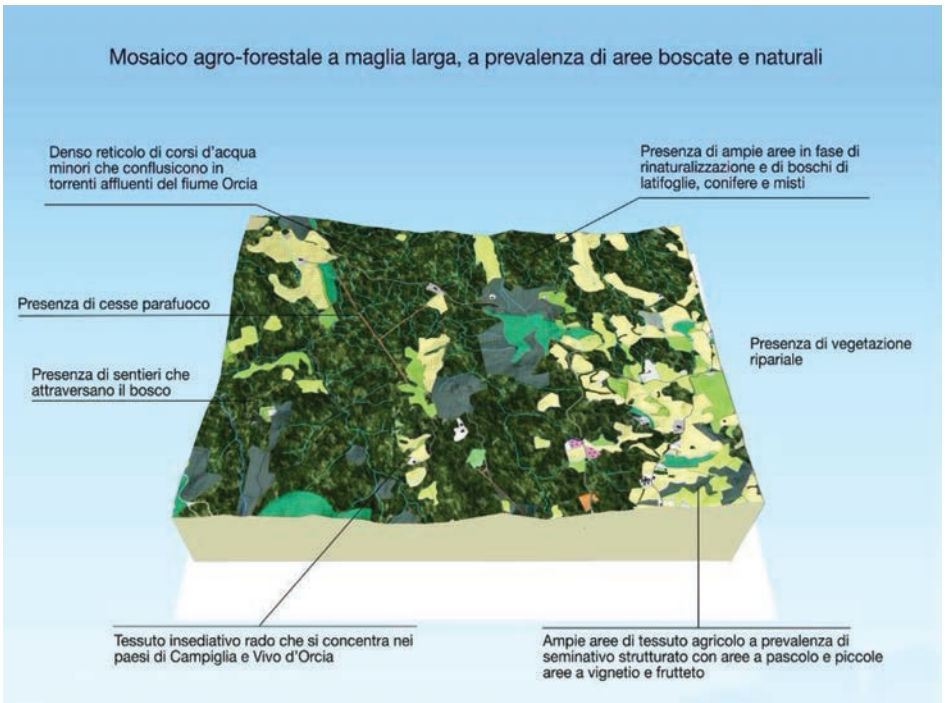
Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo semplice con presenza di elementi ecologici lineari
Tessuto agricolo costituito principalmente da seminativo semplice con alcuni piccole aree a seminativo e olivo
Presenza, anche se non densa, di elementi di interesse ecologico (EFA) che costituiscono la rete ecologica minore
Ampia presenza di torrenti e corsi d'acqua minori
Presenza di vegetazione ripariale
Presenza di aree in fase di rinaturalizzzaione
Scarse aree urbanizzate


Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi
Presenza di ampie aree boscate, principalmente composte da latifoglie
Tessuto agricolo a prevalenza di seminativi, oliveti, vigneti con aree a prato e pascolo
Presenza del fiume Orcia e di numerosi affluenti
Sentieristica che permette la fruizione del bosco
Presenza di vegetazione ripariale
Scarsa presenza di tessuto insediativo

49

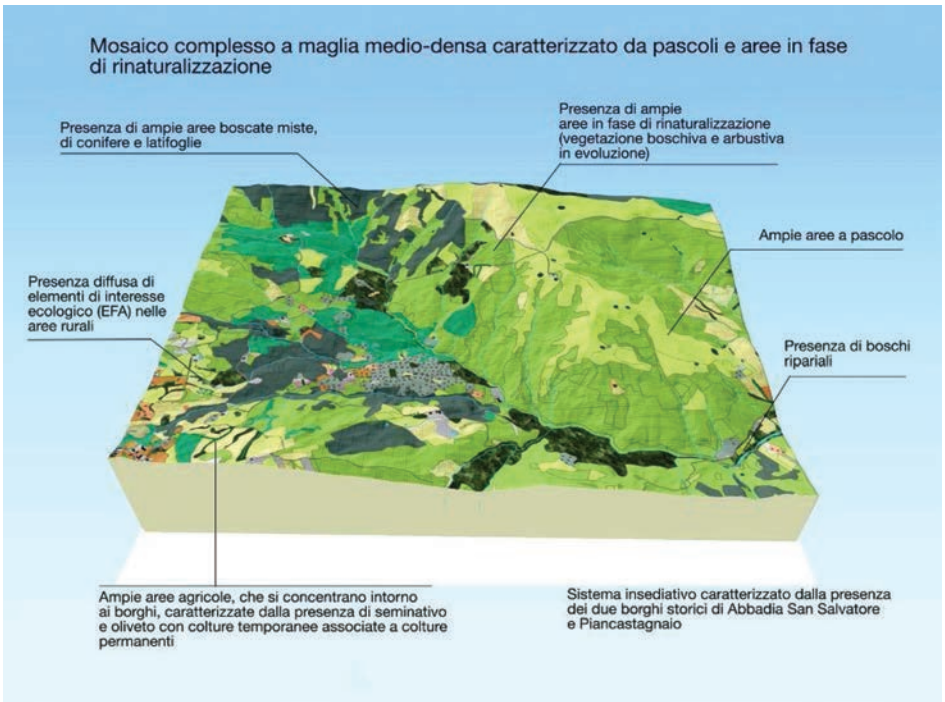
50

Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto
Tessuto agricolo denso e multi-colturale caratterizzato da oliveti, vigneti, seminati e molte aree dove le colture permanenti sono associate a quelle temporanee
Presenza di ampie aree in fase di rinaturalizzazione e di boschi di latifoglie, conifere e misti
Sistema insediativo rado caratterizzato da piccoli gruppi di case e dalla presenza del Borgo di Seggiano
Presenza diffusa di siepi e altri elementi di interesse ecologico (EFA) che costituiscono la rete ecologica minore
Presenza di vegetazione e boschi ripariali
Denso reticolo di corsi d'acqua minori


Mosaico agro-forestale a maglia larga, a prevalenza di aree boscate e naturali
Denso reticolo di corsi d'acqua minori che confluiscono in torrenti affluenti del fiume Orcia
Presenza di ampie aree in fase di rinaturalizzazione e di boschi di latifoglie, conifere e misti
Presenza di cesse parafuoco
Presenza di vegetazione ripariale
Presenza di sentieri che attraversano il bosco
Tessuto insediativo rado che si concentra nei paesi di Campiglia e Vivo d'Orcia
Ampie aree di tessuto agricolo a prevalenza di seminativo strutturato con aree a pascolo e piccole aree a vignetio e frutteto

51

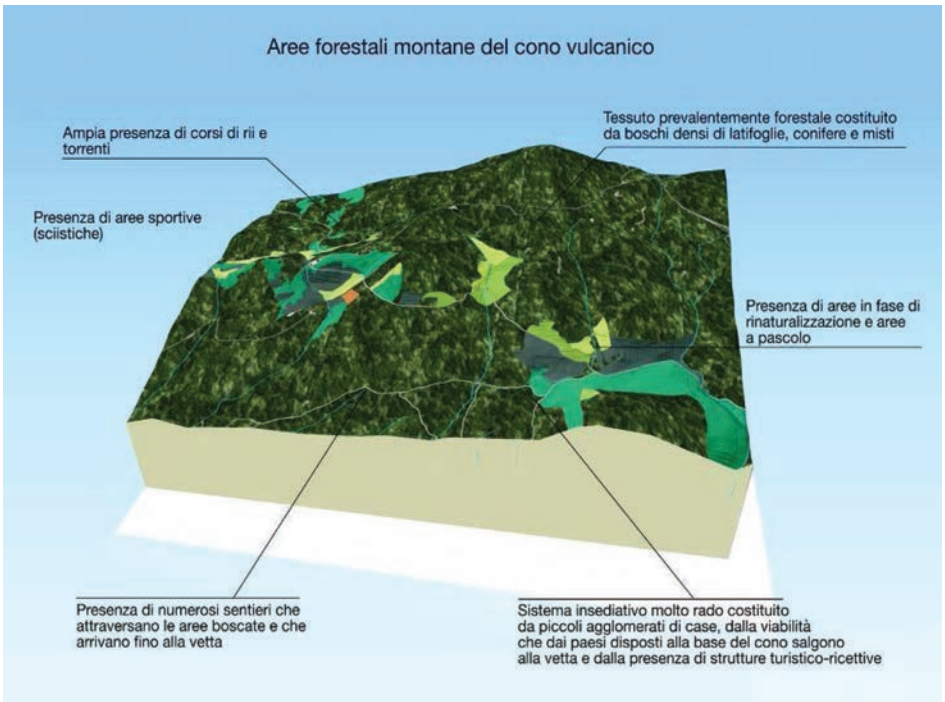
52

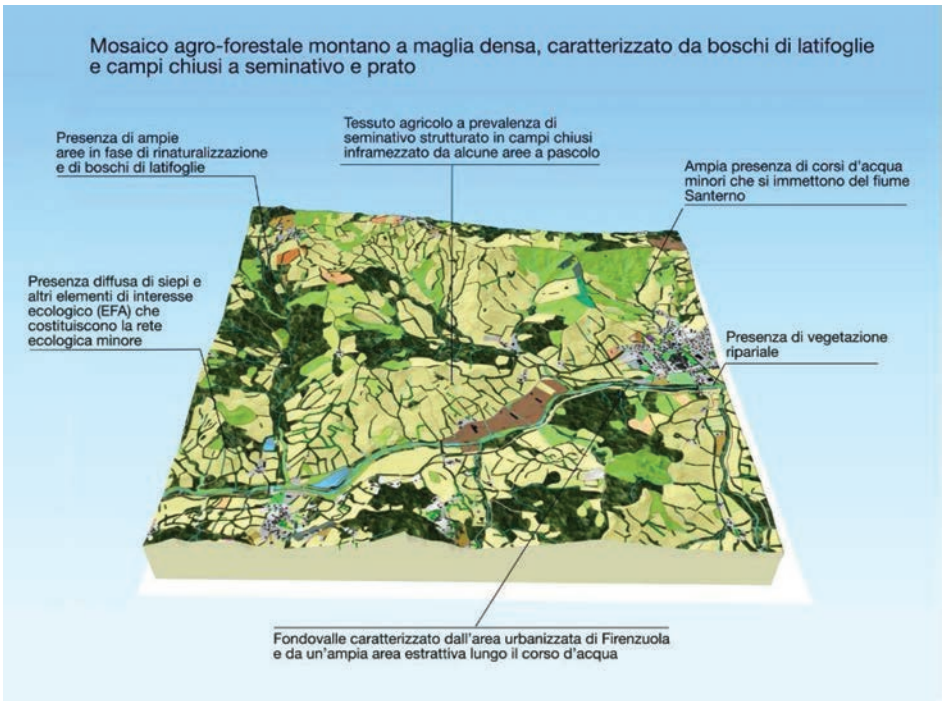

Mosaico complesso a maglia medio-densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di rinaturalizzazione
Presenza di ampie aree boscate miste, di conifere e latifoglie
Presenza di ampie aree in fase di rinaturalizzazione (vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione)
Ampie aree a pascolo
Presenza diffusa di elementi di interesse ecologico (EFA) nelle aree rurali
Presenza di boschi ripariali
Ampie aree agricole, che si concentrano intorno ai borghi, caratterizzate dalla presenza di seminativo e oliveto con colture temporanee associate a colture permanenti
Sistema insediativo caratterizzato dalla presenza dei due borghi storici di Abbadia San Salvatore e Piancastagnaio

Mosaico agro-forestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari
Tessuto agricolo a prevalenza di seminativo strutturato in campi chiusi inframezzato da alcune aree a pascolo; rilevante anche la presenza di aree a vigneto,oliveto e frutteto
Ampia presenza di corsi d'acqua minori e piccoli specchi d'acqua
Presenza diffusa di siepi e altri elementi di interesse ecologico (EFA) che costituiscono la rete ecologica minore
Presenza di vegetazione ripariale
Tessuto insediativo medio-denso caratterizzato dalla presenza di piccoli borghi, case sparse e una viabilità di collegamento che si intensifica in presenza dei borghi collocati alla base del cono vulcanico
Presenza di ampie aree in fase di rinaturalizzazione e di boschi di latifoglie

53

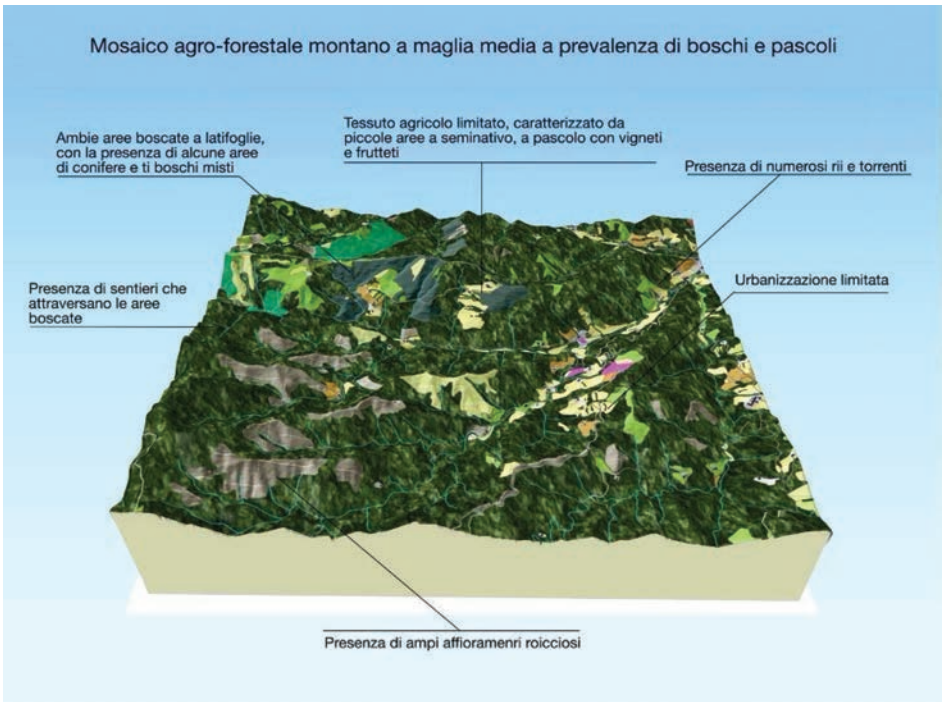
54

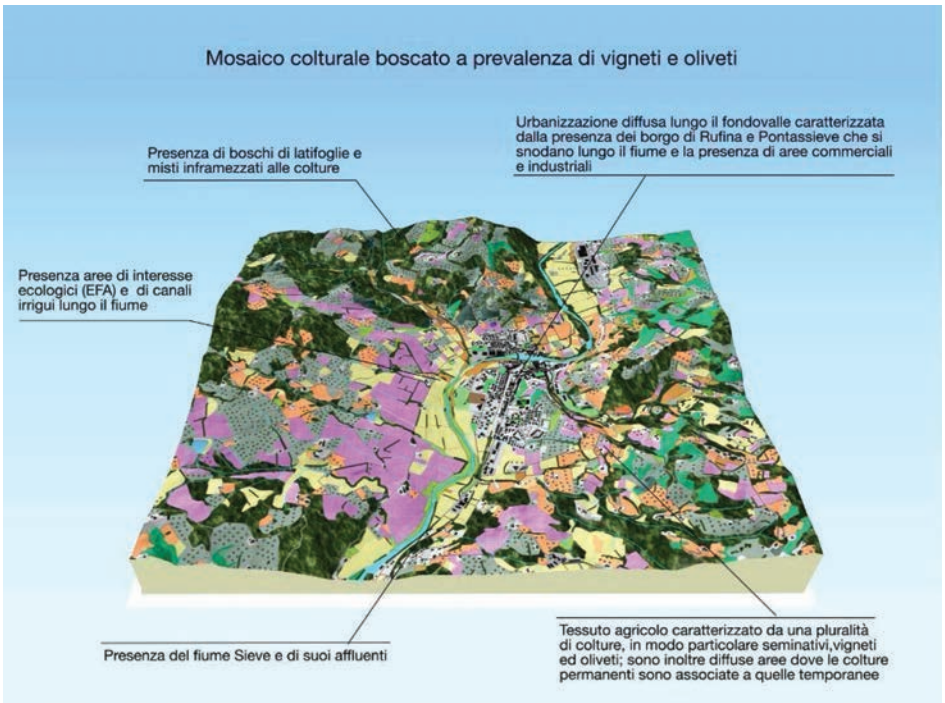

Aree forestali montane del cono vulcanico
Ampia presenza di corsi di rii e torrenti
Tessuto prevalentemente forestale costituito da boschi densi di latifoglie, conifere e misti
Presenza di aree sportive (sciistiche)
Presenza di aree in fase di rinaturalizzazione e aree a pascolo
Presenza di numerosi sentieri che attraversano le aree boscate e che arrivano fino alla vetta
Sistema insediativo molto rado costituito da piccoli agglomerati di case, dalla viabilità che dai paesi disposti alla base del cono salgono alla vetta e dalla presenza di strutture turistico-ricettive



Da qui sopra a seguire: **Figg. 55-63.** Agroecomosaici del Mugello (elaborazione di Elisa Butelli)

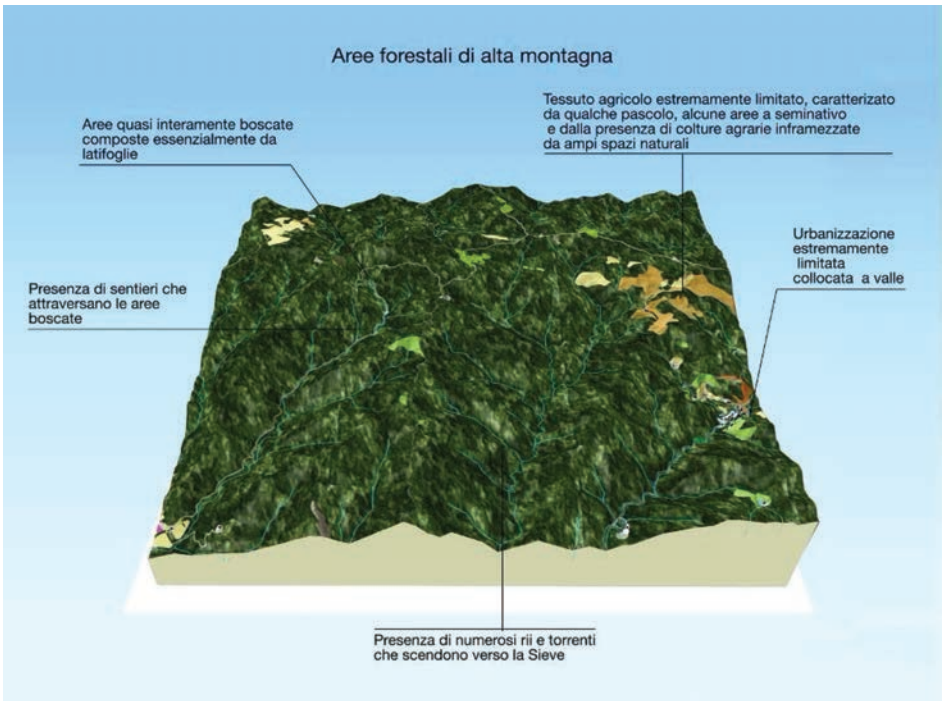
56

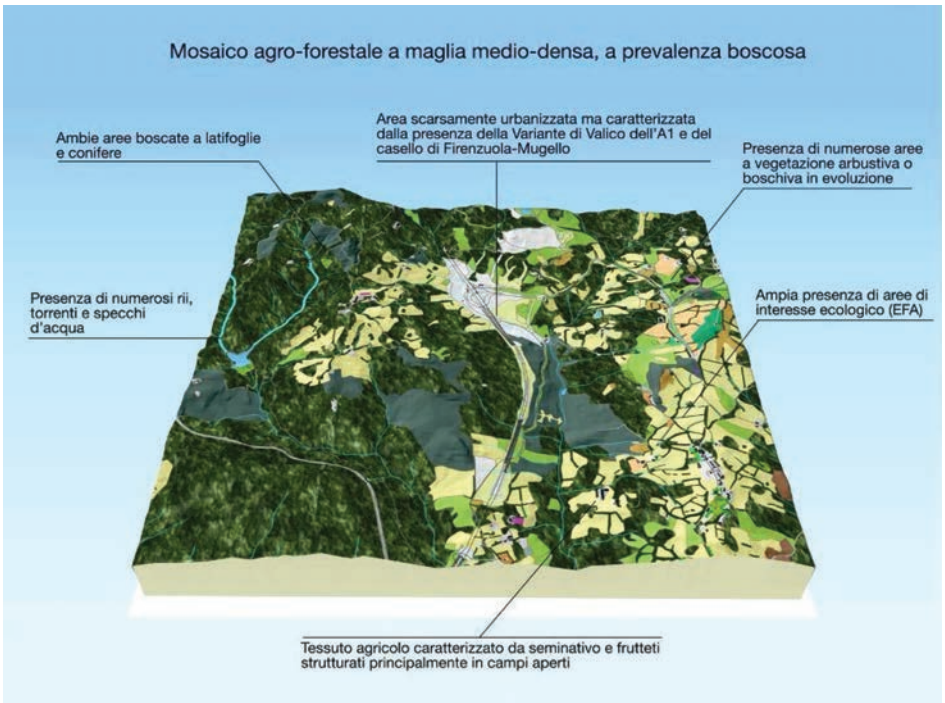



Mosaico colturale boscato a prevalenza di vigneti e oliveti
Urbanizzazione diffusa lungo il fondovalle caratterizzata dalla presenza dei borgo di Rufina e Pontassieve che si snodano lungo il fiume e la presenza di aree commerciali e industriali
Presenza di boschi di latifoglie e misti inframezzati alle colture
Presenza aree di interesse ecologici (EFA) e di canali irrigui lungo il fiume
Tessuto agricolo caratterizzato da una pluralità di colture, in modo particolare seminativi,vigneti ed oliveti; sono inoltre diffuse aree dove le colture permanenti sono associate a quelle temporanee
Presenza del fiume Sieve e di suoi affluenti

57

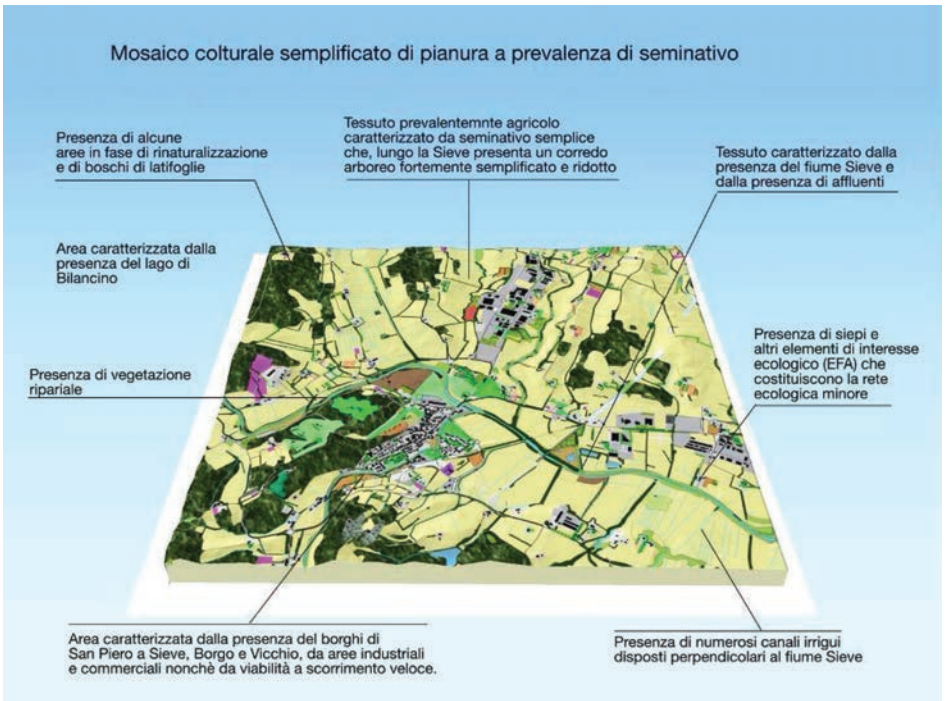
58


Aree forestali di alta montagna
Tessuto agricolo estremamente limitato, caratterizato da qualche pascolo, alcune aree a seminativo e dalla presenza di colture agrarie inframezzate da ampi spazi naturali
Aree quasi interamente boscate composte essenzialmente da latifoglie
Urbanizzazione estremamente limitata collocata a valle
Presenza di sentieri che attraversano le aree boscate
Presenza di numerosi rii e torrenti che scendono verso la Sieve


Mosaico agro-forestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa
Ambie aree boscate a latifoglie e conifere
Area scarsamente urbanizzata ma caratterizzata dalla presenza della Variante di Valico dell'A1 e del casello di Firenzuola-Mugello
Presenza di numerose aree a vegetazione arbustiva o boschiva in evoluzione
Presenza di numerosi rii, torrenti e specchi d'acqua
Ampia presenza di aree di interesse ecologico (EFA)
Tessuto agricolo caratterizzato da seminativo e frutteti strutturati principalmente in campi aperti

59

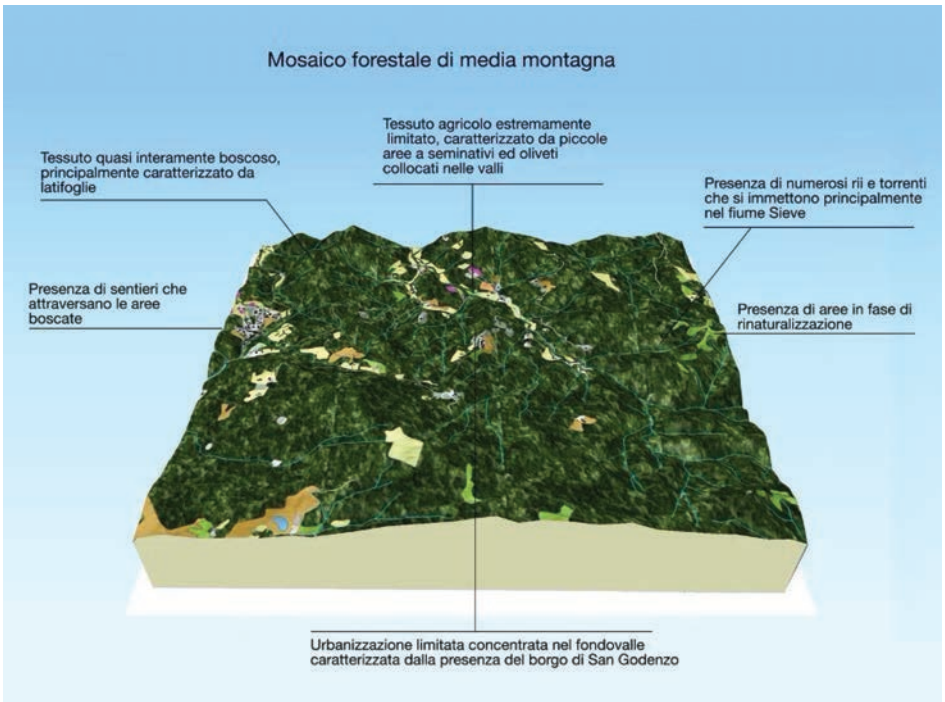
60

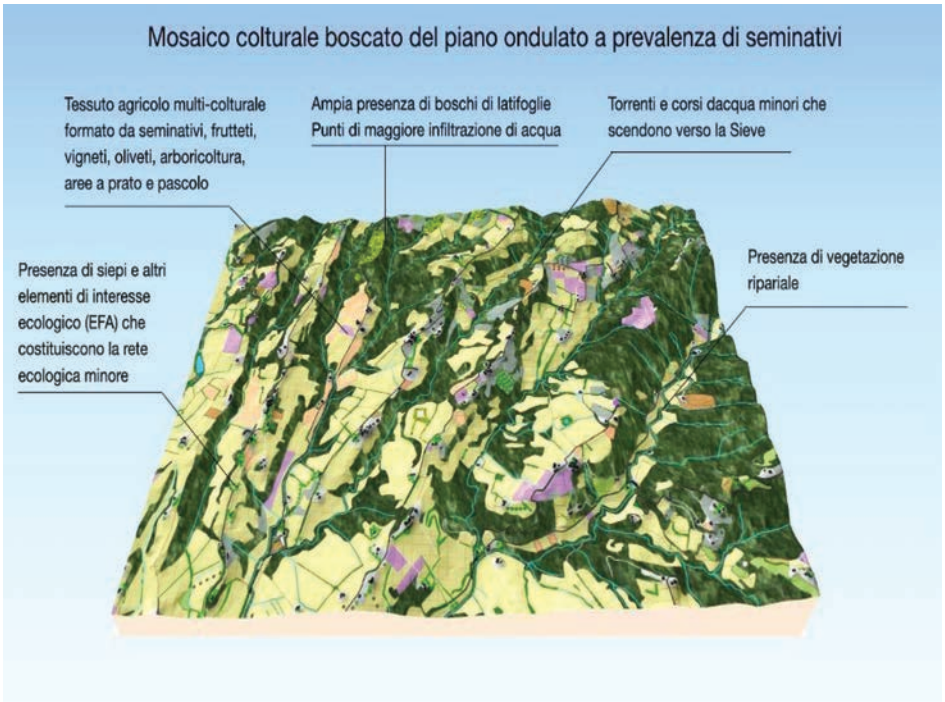

Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo
Presenza di alcune aree in fase di rinaturalizzazione e di boschi di latifoglie
Tessuto prevalentemnte agricolo caratterizzato da seminativo semplice che, lungo la Sieve presenta un corredo arboreo fortemente semplificato e ridotto
Tessuto caratterizzato dalla presenza del fiume Sieve e dalla presenza di affluenti
Area caratterizzata dalla presenza del lago di Bilancino
Presenza di siepi e altri elementi di interesse ecologico (EFA) che costituiscono la rete ecologica minore
Presenza di vegetazione ripariale
Area caratterizzata dalla presenza del borghi di San Piero a Sieve, Borgo e Vicchio, da aree industriali e commerciali nonchè da viabilità a scorrimento veloce.
Presenza di numerosi canali irrigui disposti perpendicolari al fiume Sieve

Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale
Tessuto quasi interamente boscoso, principalmente caratterizzato da latifoglie
Presenza di numerosi rii che si immettono nel torrente San Godenzo
Tessuto agricolo limitato, caratterizzato dalla presnza di seminativi ed oliveti
Presenza di sentieri che attraversano le aree boscate
Presenza di una foresta vetusta di conifere
Urbanizzazione limitata concentrata nel fondovalle caratterizzata dalla presenza del borgo di San Godenzo

61

62


Mosaico forestale di media montagna
Tessuto quasi interamente boscoso, principalmente caratterizzato da latifoglie
Tessuto agricolo estremamente limitato, caratterizzato da piccole aree a seminativi ed oliveti collocati nelle valli
Presenza di numerosi rii e torrenti che si immettono principalmente nel fiume Sieve
Presenza di sentieri che attraversano le aree boscate
Presenza di aree in fase di rinaturalizzazione
Urbanizzazione limitata concentrata nel fondovalle caratterizzata dalla presenza del borgo di San Godenzo



63

I conti dei servizi ecosistemici (in termini fisici e monetari)

I *conti dei servizi ecosistemici* registrano i flussi di servizi finali forniti dagli ecosistemi alla società, e i flussi di servizi intermedi tra gli ecosistemi. Le informazioni sui SE possono essere registrate sia in termini fisici che in termini monetari.

I conti dei SE in termini fisici mirano a registrare i flussi di SE, in un periodo contabile, in unità fisiche quali metri cubi o tonnellate. La quantificazione fisica si concentra in genere sulla misurazione della struttura, dei processi e delle funzioni degli ecosistemi, cioè sul lato dell'offerta di SE, ma la quantificazione dei contributi degli ecosistemi può avvenire anche concentrandosi sulla domanda di SE, ad esempio considerando il numero di visite turistiche nelle aree naturali.

I conti dei SE in termini monetari si basano su una stima dei prezzi/valori dei singoli SE, moltiplicati per le quantità fisiche registrate. L'assegnazione di un valore monetario ai SE - seppur con le limitazioni e semplificazioni che è necessario operare - ha lo scopo di far sì che il contributo degli ecosistemi alla società non venga sottovalutato o ignorato nelle decisioni pubbliche e private. Non dobbiamo dimenticare che la maggior parte dei SE sono beni pubblici, privi di un mercato in grado di fornire riferimenti di valore espliciti ma è possibile farlo ricorrendo a specifiche tecniche di valutazione economica alternative, come spiegato nella parte precedente.

I conti dei SE, comunque, non forniscono una valutazione completa dell'intera relazione tra gli ecosistemi e le persone. Se, infatti, la portata concettuale dei SE è sicuramente ampia, ci sono una serie di altri benefici che gli ecosistemi danno alla società che i SE non riescono ad essere pienamente valutati come, ad esempio, i valori relazionali e intrinseci.

Tuttavia, l'analisi e valutazione dei SE fornisce informazioni importanti, per descrivere la dipendenza della società dagli ecosistemi. Inoltre, insieme alle informazioni sull'estensione e sulle condizioni degli ecosistemi, e a ulteriori dati sulle spese per la protezione ambientale, per la gestione delle risorse, e sulle attività economiche, è possibile delineare un quadro complesso che fa emergere la stretta relazione tra gli ecosistemi e il benessere delle persone.

I conti dei SE sono collegati in modo molto stretto ai conti dell'estensione e delle condizioni degli ecosistemi, dal momento che la produzione di SE dipende dalle caratteristiche degli ecosistemi. Ogni ecosistema, come un bosco, un pascolo, o un'area agricola, fornisce contemporaneamente un fascio di SE.

Il manuale SEEA-EA suggerisce di includere il maggior numero possibile di SE in funzione della disponibilità di dati e risorse e del significato relativo dei SE nelle aree di indagine.

Nella nostra ricerca, tenuto conto delle analisi condotte a livello nazionale dal CCN nel quarto Rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia (CCN, 2021), e dall'ISPRA nell'annuale rapporto "*Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemic*i" (ISPRA, 2021), così come delle analisi condotte a livello europeo dall'iniziativa MAES (Maes et al., 2021) e dal progetto INCA (Vysna et al., 2021), nonché dei risultati delle analisi territoriali negli ambiti di sperimentazione, e delle interviste agli attori locali (presentate nella parte seguente del rapporto), sono stati selezionati nove SE, che a nostro avviso, appaiono i più rilevanti per le aree montane della Toscana:

- Fornitura di acqua
- Fornitura di cibo
- Fornitura di legname
- Ricarica degli acquiferi
- Purificazione dell'acqua
- Protezione dalle alluvioni
- Trattenimento dell'erosione
- Sequestro del carbonio
- Servizi culturali

La tabella sottostante riporta, per ognuno dei SE selezionati, le metodologie utilizzate per quantificare l'offerta in termini fisici, e per determinare il loro valore economico.

Per quanto riguarda la quantificazione in termini fisici, il grado di accuratezza delle stime effettuate dipende dal tipo di metodologia e/o di software impiegati. Generalmente i metodi analitici, basati ad esempio sull'impiego dei modelli del software INVEST, o del modello BIGBANG 4.0, realizzato dall'ISPRA, producono risultati molto accurati, e sono stati utilizzati per stimare i SE

di *purificazione dell'acqua*, *protezione dalle alluvioni*, e *trattenimento dell'erosione*, il primo, e il SE di *ricarica della falda*, il secondo. Per gli altri SE selezionati, le stime sono effettuate impiegando indicatori biofisici utilizzati e riconosciuti dalla letteratura scientifica.

Per quanto riguarda invece la valutazione economica, sono state selezionate le metodologie dell'estimo ambientale ritenute più idonee alla stima dei SE selezionati. Il grado di accuratezza dei risultati dipende dalle metodologie utilizzate, e dalla disponibilità e qualità dei dati.

Tab. 24. Metodologie per la quantificazione biofisica e la valutazione monetaria dei servizi ecosistemici

SERVIZI ECOSISTEMICI	QUANTIFICAZIONE DELL'OFFERTA			VALUTAZIONE ECONOMICA		
	Metodologia (software)	Dati	Accuratezza	Metodologia	Dati	Accuratezza
Fornitura di acqua	- Quantificazione del volume di acqua prelevata	- Prelievi di acqua	Alta	- Valore di mercato - Rendita della risorsa	- Prezzo di mercato dell'acqua (€/m3)	Media
Fornitura di cibo	- Quantificazione della quantità di frumento ottenibile	- Carta di capacità d'uso dei suoli - Mappa UCS - Resa media del frumento	Bassa	- Valore di mercato - Rendita della risorsa	- Prezzo di mercato del frumento (€/t)	Media
Fornitura di legname	- Quantificazione del volume di legname prelevabile	- Mappa UCS IV livello - Aree protette - Aree tutelate per legge - DTM - Strade - Incremento annuo di fitomassa	Media	- Valore di mercato	- Prezzo di mercato della legna (€/t) - Prezzo di mercato del pellet (€/t)	Media
Ricarica degli acquiferi	- Quantificazione del volume di acqua ricaricata (BIGBANG 4.0)	- Volume di acqua che ricarica gli acquiferi	Alta	- Metodo del costo di sostituzione	- Costo di realizzazione di un serbatoio artificiale (€/m3)	Media

Purificazione dell'acqua	- Quantificazione della massa di N trattenuto (InVEST)	- DTM - Mappa UCS - Mappa delle precipitazioni - Linee guida di produzione integrata	Media	- Metodo del costo evitato	- Costi di rimozione di N e P dalle acque (€/kg)	Media
Protezione dalle alluvioni	- Quantificazione del deflusso superficiale evitato (InVEST)	- Mappa dell'altezza di pioggia - Mappa UCS - Mappa dei gruppi idrologici del suolo - Curve Number	Media	- Metodo del costo di sostituzione	- Costo di realizzazione di un serbatoio artificiale (€/m3)	Media
Trattenimento dell'erosione	- Quantificazione della massa di suolo trattenuto (InVEST)	- DTM - Erosività della pioggia - Erodibilità del suolo - Mappa UCS - Fattore di copertura - Fattore di pratiche antierosive	Media	- Metodo del costo di sostituzione	- Costo di sostituzione del suolo naturale con terra da coltivo selezionata (€/t)	Bassa
Sequestro del carbonio	- Quantificazione della massa di CO2 sequestrata	- Mappa UCS IV livello - Incremento annuo di volume - Biomass Expansion Factor - Densità basale del legno	Media	- Metodo del costo evitato - Valore di mercato del carbonio	- Costo sociale del carbonio (€/t) - Prezzo di mercato dei permessi di emissione EU ETS (€/t)	Media
Servizi culturali	- Individuazione delle zone di maggiore attrattività turistica	- Elementi di attrattività turistica	Media	- Metodo del costo del viaggio	- Presenze di turisti - Costo del viaggio	Bassa

Le sezioni successive riportano, per ognuno dei SE considerati, una descrizione delle metodologie e dei dati utilizzati, e i risultati in forma di mappe e tabelle che mostrano i valori complessivi dei due ambiti, e i valori dei singoli agroecomosaici. I valori dei singoli Comuni sono riportati in modo completo nel rapporto di ricerca consegnato alla Regione Toscana.

Fornitura di acqua

Per la stima fisica del SE di *fornitura di acqua*, si possono utilizzare i dati primari, ufficiali, sui prelievi effettuati. Per la nostra ricerca, tali dati sono stati forniti dai Geni Civili, aggiornati al 2019. Le elaborazioni e le analisi effettuate vengono mostrate in questo rapporto a puro scopo illustrativo, con la consapevolezza che si basano su dati che potrebbero essere incompleti, soprattutto per quanto riguarda i prelievi effettuati dai privati.

I dati dei Geni Civili raccolgono la localizzazione e l'entità dei prelievi (da sorgenti, pozzi, o acque superficiali) effettuati dalle aziende gestori del servizio idrico, e da alcune imprese e soggetti privati. Ai dati sui prelievi effettuati nel territorio dell'ambito del Mugello, è stata aggiunta una quota dei prelievi effettuati in due punti prossimi alla città di Firenze (Anconella e Santa Rosa), pari al rapporto tra la portata media annua del Fiume Sieve misurata prima dell'immissione nel Fiume Arno (a Fornacina, pari a 12 m^3/s), e la portata media annua dello stesso Fiume Arno misurata subito dopo l'immissione del Fiume Sieve (a Nave di Rosano, 49,3 m^3/s), secondo quanto riportato dal rapporto sul Monitoraggio Quantitativo della Risorsa Idrica Superficiale del Settore Idrologico e Geologico, per l'anno 2019. Intorno alla localizzazione puntuale dei prelievi è stato realizzato un buffer di 200 m che, per ognuno, rappresenta la relativa fascia di rispetto.

Per attribuire un valore economico al SE, occorre considerare che, come spiegato nel quarto *Rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia* (CCN, 2021), sebbene i risultati del referendum del giugno 2011 abbiano stabilito di modificare la metodologia per la definizione delle tariffe idriche, eliminando la componente "rendimento del capitale investito", tale tasso di rendimento è stato fissato dalla legislazione nazionale del 1996 al 7% (riferimento massimo) e viene ancora applicato dalle aziende gestori dei servizi idrici di tutto il paese. Tale tasso di rendimento può essere considerato una buona approssimazione della "*resource rent*", ossia di quella parte del valore di scambio dell'acqua generato dal SE, che non è spiegata da altri fattori produttivi, e che si può assumere corrispondente al valore economico dello stesso SE. Secondo il *Rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia*, in media, il "rendimento del capitale investito" corrisponde al 10% delle tariffe. Verificato che, secondo la Relazione Annuale del Direttore Generale sul Servizio Idrico Integrato in Toscana dell'AIT, considerando una sorta di gestione unica aggregata, la tariffa toscana ammonta a 3,45 €/m^3, e applicato il 10% di questo valore ai dati sui prelievi, si ottengono le stime riassunte nella tabella successiva per i due ambiti dell'Amiata e del Mugello, e mostrate in maggior dettaglio nelle mappe e nelle tabelle seguenti.

Tab. 25. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di fornitura di acqua

	AMIATA		MUGELLO	
	Offerta (m3/anno)	Valore economico (€/anno)	Offerta (m3/anno)	Valore economico (€/anno)
Fornitura di acqua	40.179.014	13.861.760	33.153.516	11.437.963

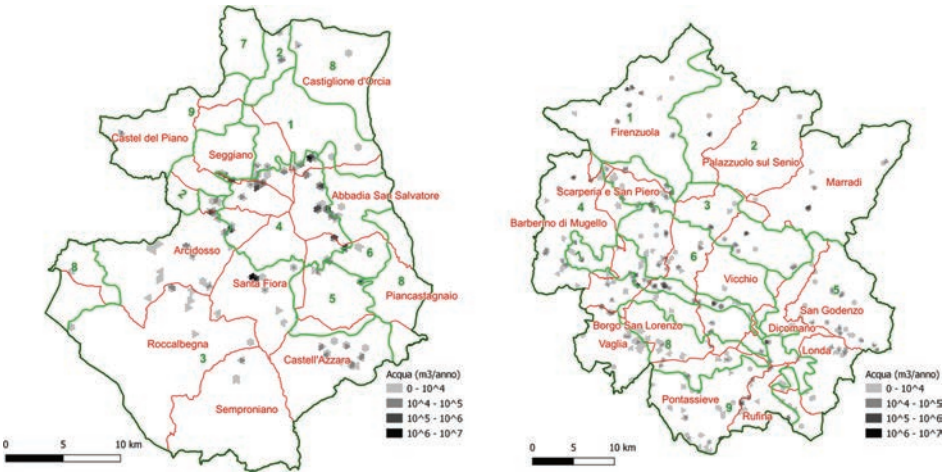


Fig. 64. Servizio di fornitura di acqua (elaborazione di TT)

Tabb. 26-27. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di fornitura di acqua

Agroecomosaici - Amiata	Acque sotterranee (m3/anno)	Acque superficiali (m3/anno)	Totale (m3/anno)	Totale (euro/anno)
1. Mosaico agro-forestale a maglia larga, a prevalenza di aree naturali	83.922,10	58.972,32	142.894,42	49.298,57
2. Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto	157.680,00	31.536,00	189.216,00	65.279,52
3. Mosaico agro-forestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari	22.711.864,54	-	22.711.864,54	7.835.593,27
4. Aree forestali montane del cono vulcanico	14.842.204,18	1.587.679,92	16.429.884,10	5.668.310,01
5. Mosaico forestale a maglia larga	40.918,20	-	40.918,20	14.116,78
6. Mosaico complesso a maglia densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di rinaturalizzazione	258.053,18	-	258.053,18	89.028,35
7. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi	-	-	-	-
8. Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo con presenza ed elementi ecologici lineari	40.996,80	323.244,00	364.240,80	125.663,08
9. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di seminativi e boschi di latifoglie	-	41.942,88	41.942,88	14.470,29
Totale	38.135.639,00	2.043.375,12	40.179.014,12	13.861.759,87

Agroecomosaici - Mugello	Acque sotterranee (m3/anno)	Acque superficiali (m3/anno)	Totale (m3/anno)	Totale (euro/anno)
1. Mosaico agro-forestale montano a maglia densa, caratterizzato da boschi di latifoglie e campi chiusi a seminativo e prato	1.299.283,20	43.870,00	1.343.153,20	463.387,85
2. Mosaico agro-forestale montano a maglia media a prevalenza di boschi e pascoli	443.218,80	1.693.291,48	2.136.510,28	737.096,05
3. Aree forestali di alta montagna	2.139.689,96	2.895.420,00	5.035.109,96	1.737.112,94
4. Mosaico agro-forestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa	1.693.165,88	1.264.363,60	2.957.529,48	1.020.347,67
5. Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale	1.057.470,00	22.248,00	1.079.718,00	372.502,71
6. Mosaico colturale boscato del piano ondulato a prevalenza di seminativi	506.760,00	716.355,60	1.223.115,60	421.974,88
7. Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo	3.838.950,48	1.358.476,80	5.197.427,28	1.793.112,41
8. Mosaico forestale di media montagna	414.276,40	41.000,00	455.276,40	157.070,36
9. Mosaico colturale boscato a vigneti e oliveti	2.215.686,40	2.606.232,37	4.821.918,77	1.663.561,97
Firenze		8.903.756,66	8.903.756,66	3.071.796,05
Totale	13.608.501,12	19.545.014,51	33.153.515,63	11.437.962,89

Fornitura di cibo

Per la stima fisica del SE di *fornitura di cibo*, si potrebbero utilizzare i dati provinciali ISTAT sulle produzioni effettive, rapportati alla localizzazione e all'estensione dei poligoni dei PCG raccolti da ARTEA, che indicano il tipo di coltivazione, e sono disponibili sul portale OpenData Toscana. Oppure si potrebbero utilizzare gli stessi dati sulle coltivazioni di ARTEA e le stime sulla resa media annuale disponibili sul sito della RICA (Rete d'Informazione Contabile Agricola).

A nostro avviso, valutare il SE di fornitura di cibo attraverso i dati sulle produzioni effettive, o medie, può essere utile, ma comporta anche delle criticità, poiché la produzione di cibo dipende da molti fattori, fra cui l'abilità degli imprenditori e l'andamento climatico, così come il prezzo dei prodotti che, ad esempio per il grano, dipende fortemente dall'andamento dei mercati globali.

Riteniamo che uno strumento molto utile, per valutare il contributo degli ecosistemi (in particolare dei suoli) alla fornitura di cibo, già esistente, sia la *Carta della Capacità d'Uso dei Suoli* della Regione Toscana, disponibile nella cartoteca

del Geoscopio regionale (nel database pedologico). La Carta della Capacità d'Uso dei Suoli, realizzata seguendo la metodologia della *Land Capability Classification*, elaborata dal *Soil Conservation Service* del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, classifica i suoli regionali in otto classi, indicate con numeri romani dall'I all'VIII. Le otto classi presentano limitazioni crescenti all'uso agricolo. Le prime quattro classi sono adatte all'uso agricolo, anche se con limitazioni crescenti; le classi dalla quinta alla settima non sono adatte all'uso agricolo, solo al pascolo e alla forestazione; l'ottava classe è adatta solo a fini ricreativi, estetici o naturalistici.

Ai fini della nostra ricerca, è stata realizzata una mappa che presenta, tramite un indice adimensionale (valori da 0 a 10), la capacità potenziale di offrire il SE di *fornitura di cibo* delle diverse zone dei due ambiti di sperimentazione, sulla base della Carta della Capacità d'Uso dei Suoli e della mappa UCS della Toscana. La mappa è stata realizzata applicando la tecnica di analisi multicriteri *Analytic Hierarchy Process (AHP, Analisi Gerarchica)*, che permette di scomporre un problema decisionale in un albero gerarchico, con al vertice l'obiettivo, in questo caso appunto l'identificazione del livello di offerta del SE nelle diverse zone, e, in livelli successivi, i criteri di valutazione, e le alternative, che in questo caso sono gli elementi della mappa. Nell'analisi gerarchica, gli elementi di ogni livello della gerarchia vengono valutati rispetto agli elementi del livello superiore (i criteri rispetto all'obiettivo, le alternative rispetto ad ogni criterio), attraverso matrici di confronti a coppie. Sulla base dei pesi ottenuti dalle alternative rispetto a tutti i criteri, e dei pesi ottenuti dagli stessi criteri rispetto all'obiettivo, si ricompone l'albero gerarchico, ottenendo un ordinamento generale delle alternative, cioè degli elementi della mappa. Un'applicazione più articolata di questo metodo è stata utilizzata anche per i servizi culturali, ed è illustrata nella relativa sezione. Nel caso del SE di *fornitura di cibo*, per ottenere un ordinamento degli elementi della mappa che rifletta la loro capacità di offerta del servizio, sono stati utilizzati due criteri: la capacità d'uso dei suoli e l'uso del suolo. Ai due criteri è stato dato lo stesso peso. Sono state selezionate le aree agricole dalla mappa UCS, e ai pixel corrispondenti è stato assegnato un valore secondo la loro classe di capacità d'uso dei suoli, e la classe di uso del suolo. Sono stati attribuiti, con due matrici di confronti a coppie, valori decrescenti alle otto classi di capacità d'uso dei suoli, e alle classi di uso del suolo valori che riflettono la loro rilevanza per il SE di fornitura di cibo (ad esempio, ai seminativi un valore maggiore rispetto all'arboricoltura). I risultati, normalizzati fra 0 e 10, sono mostrati nelle mappe seguenti.

Per attribuire un valore economico al SE *fornitura di cibo*, l'ISPRA, nel rapporto Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici (2021), compie una stima aggregando le colture dei dati provinciali ISTAT sulla produzione in cinque macro-classi: seminativi, foraggere, frutteti, oliveti e vigneti. Poi riconosce che, nel caso della produzione agricola, la produzione del valore dipende non solo dagli ecosistemi, ma anche dall'azione antropica, che si aggiunge al SE e, al contempo, produce un impatto ambientale, fattori che andrebbero considerati con studi di maggior dettaglio. Comunque, l'ISPRA, in modo orientativo, uti-

lizza direttamente il valore economico delle produzioni, non depurato dei fattori menzionati. Il quarto Rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia (2021) concorda che il valore monetario del SE di fornitura di cibo dovrebbe essere scorporato da quello della produzione totale, poiché appunto resa possibile anche da notevoli input umani, per individuare la *resource rent*, la parte del valore di scambio dei prodotti non attribuibile all'attività umana, e quindi riconducibile al SE. In più, questo rapporto contiene un calcolo di tutti gli input energetici (umani e naturali) relativi ad alcune delle principali colture, convertiti in un'unità di misura comune: l'equivalente solare Joule (seJ). In questo modo, sono stati ottenuti dei coefficienti che stimano la percentuale della resa direttamente attribuibile al contributo degli ecosistemi, per alcune colture.

Nella nostra ricerca, per attribuire un valore economico al SE di fornitura di cibo, date tutte le complicazioni che questo comporta, si è scelto, per offrire un orientamento generale, di far riferimento alla sola produzione potenziale di frumento. Si è cioè ipotizzato che tutte le aree agricole dei due ambiti dell'Amiata e del Mugello siano coltivate a frumento. La resa media del frumento, in Toscana, nell'anno 2020, secondo il database della RICA, è stata pari a 33 q/ha. Questo valore è stato assegnato alle aree agricole ricadenti nella III classe di capacità d'uso del suolo, mentre valori del 10% superiori sono stati assegnati alle aree agricole ricadenti nelle classi II e I di capacità d'uso del suolo, e valori proporzionalmente inferiori alle altre classi. Così è stata stimata la capacità potenziale dei due territori di produrre frumento. I valori ottenuti in tonnellate, sono stati infine moltiplicati per il prezzo attuale del frumento, che secondo i dati di ISMEA è pari a 461,07 €/t, e per il coefficiente che stima la percentuale della resa attribuibile agli ecosistemi, che secondo il Rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia è pari a 0,1155.

Tab. 28. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di fornitura di cibo

	AMIATA		MUGELLO	
	Offerta (t/anno)	Valore economico (€/anno)	Offerta (t/anno)	Valore economico (€/anno)
Fornitura di cibo	92.131	4.905.563	92.882	4.945.546

Tabb. 29-30. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di fornitura di cibo

Agroecomosaici - Amiata	Aree agricole (ha)	I	II	III	IV	VI	VII	Frumento (t/anno)	Frumento (euro/anno)
1. Mosaico agroforestale a maglia larga, a prevalenza di aree naturali	1.318,67		1%	23%	52%	23%	2%	3.845,37	204.748,44
2. Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto	2.818,89			5%	58%	33%	4%	7.829,58	416.889,96
3. Mosaico agroforestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari	12.409,05	2%	1%	11%	59%	25%	2%	35.770,31	1.904.608,10

4. Aree forestali montane del cono vulcanico	21,44				27%	52%	22%	53,60	2.854,14
5. Mosaico forestale a maglia larga	172,57			1%	46%	53%	1%	466,26	24.826,33
6. Mosaico complesso a maglia densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di rinaturalizzazione	660,27			5%	58%	37%	1%	1.846,68	98.327,23
7. Mosaico agroforestale di collina a prevalenza di boschi	724,17		12%	19%	44%	25%		2.165,06	115.279,48
8. Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo con presenza ed elementi ecologici lineari	8.978,27	2%	5%	52%	39%	1%		28.589,21	1.522.246,82
9. Mosaico agroforestale di collina a prevalenza di seminativi e boschi di latifoglie	3.733,74	2%	6%	49%	28%	15%		11.528,33	613.831,54
Totale	30.837,07	2%	3%	28%	49%	18%	1%	92.131,03	4.905.562,89

Agroecomosaici - Mugello	Aree agricole (ha)	I	II	III	IV	VI	VII	Frumento (t/anno)	Frumento (euro/anno)
1. Mosaico agroforestale montano a maglia densa, caratterizzato da boschi di latifoglie e campi chiusi a seminativo e prato	4.714,45		2%	50%	26%	16%	6%	14.195,35	755.838,26
2. Mosaico agroforestale montano a maglia media a prevalenza di boschi e pascoli	3.660,22			1%	4%	32%	62%	8.035,56	427.857,31
3. Aree forestali di alta montagna	368,53			1%	19%	62%	18%	916,38	48.793,24
4. Mosaico agroforestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa	6.296,67		3%	40%	32%	23%	1%	18.881,56	1.005.358,34
5. Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale	1.199,92				30%	60%	10%	3.085,07	164.266,16
6. Mosaico colturale boscato del piano ondulato a prevalenza di seminativi	6.326,20		7%	66%	9%	18%		19.808,33	1.054.704,62
7. Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo	2.974,96		46%	51%	1%	1%		10.220,27	544.183,32
8. Mosaico forestale di media montagna	576,23			6%	32%	57%	5%	1.532,55	81.601,49

9. Mosaico colturale boscato a vigneti e oliveti	5.562,73		8%	17%	43%	31%	2%	16.163,82	860.650,79
Totale	31.679,91	0%	8%	37%	22%	24%	9%	92.881,95	4.945.545,69

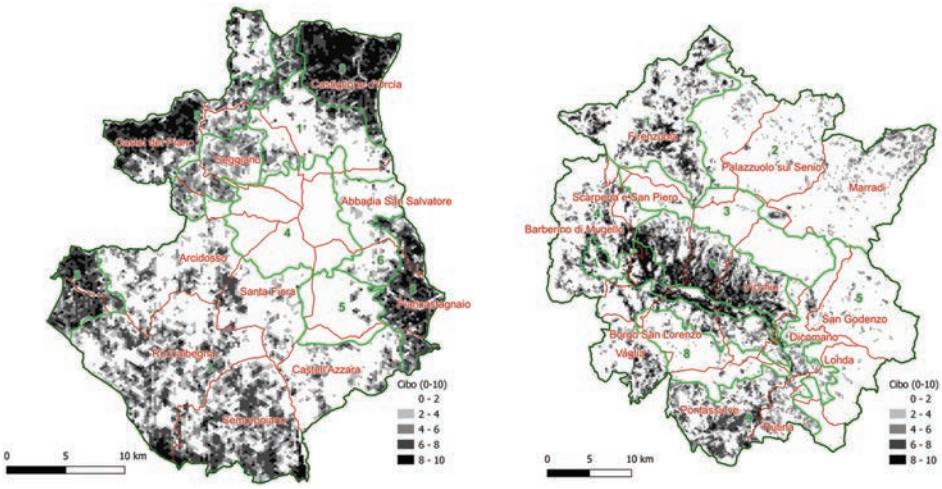


Fig. 65. Servizio di fornitura di cibo (elaborazione di TT)

Fornitura di legname

Per la stima fisica del SE di fornitura di legname è stato utilizzato un metodo basato sulla mappa UCS dell'ISPRA che classifica i boschi fino al IV livello del Corine Land Cover, disponibile sul portale nazionale SINAnet sui dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali del Carbonio (INFC).

Delle aree forestali della mappa UCS dell'ISPRA, mostrate nella sezione dedicata all'estensione degli ecosistemi, non sono state considerate:

- Quelle all'interno delle aree protette;
- Quelle in prossimità dei corpi idrici (secondo i limiti delle aree tutelate dal PIT-PPR);
- Quelle in terreni con pendenze superiori al 50%, da considerarsi "foreste di protezione";
- Quelle con una distanza superiore a 500 m dal reticolo stradale, da considerarsi di difficile accesso.

In questo modo, sono state selezionate le aree forestali potenzialmente utilizzabili per la fornitura di legname. In seguito, per ognuna delle tipologie di boschi classificate nella mappa UCS dell'ISPRA, è stato utilizzato il relativo valore per ettaro di incremento annuo della fitomassa arborea epigea, stimati dall'INFC per la Toscana, come per le altre regioni italiane, nel 2015, in tonnellate. Questo valore rappresenta l'accrescimento annuale del bosco, e può essere utilizzato per stimare la quantità di legname prelevabile senza compromettere la salute e l'integrità del bosco.

Per attribuire un valore economico al SE, è stato infine utilizzato il prezzo medio della legna al dicembre 2019 stimato in 100 €/t per il cippato e in 115

€/t per la legna da ardere, secondo il Settimo Rapporto sullo Stato delle Foreste in Toscana. La tabella successiva riporta i risultati complessivi delle stime effettuate per i due ambiti dell'Amiata e del Mugello, usando un valore monetario intermedio tra i due riportati. La mappa e le tabelle seguenti mostrano in maggior dettaglio i risultati ottenuti.

Tab. 31. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di fornitura di legname

	AMIATA		MUGELLO	
	Offerta (t/anno)	Valore economico (€/anno)	Offerta (t/anno)	Valore economico (€/anno)
Fornitura di legname	32.856	3.531.978	151.271	16.261.618

Tabb. 32-33. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di fornitura di legname

Agroecomosaici - Amiata	Aree forestali (ha)	Aree forestali utilizzabili (ha)	Legname (t/anno)	Legname (euro/anno)
1. Mosaico agro-forestale a maglia larga, a prevalenza di aree naturali	3.824,64	1.323,31	3.018,45	324.482,87
2. Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto	1.156,55	639,42	1.746,16	187.711,84
3. Mosaico agro-forestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari	16.495,45	6.637,84	15.024,73	1.615.158,87
4. Aree forestali montane del cono vulcanico	7.573,34	1.510,74	5.182,61	557.130,96
5. Mosaico forestale a maglia larga	3.381,20	1.405,56	3.316,50	356.523,79
6. Mosaico complesso a maglia densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di rinaturalizzazione	1.365,58	812,81	2.516,80	270.555,86
7. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi	1.206,89	0,00	0,00	0,00
8. Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo con presenza ed elementi ecologici lineari	601,93	401,38	965,95	103.839,62
9. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di seminativi e boschi di latifoglie	1.371,78	556,11	1.084,42	116.575,02
Totale	36.977,37	13.287,18	32.855,62	8.635.770,35

Agroecomosaici - Mugello	Aree forestali (ha)	Aree forestali utilizzabili (ha)	Legname (t/anno)	Legname (euro/anno)
1. Mosaico agro-forestale montano a maglia densa, caratterizzato da boschi di latifoglie e campi chiusi a seminativo e prato	7.691,71	4.232,52	12.676,72	1.362.747,23
2. Mosaico agro-forestale montano a maglia media a prevalenza di boschi e pascoli	26.088,98	12.837,03	36.019,44	3.872.090,17
3. Aree forestali di alta montagna	12.163,85	6.269,98	22.461,31	2.414.591,13
4. Mosaico agro-forestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa	16.302,74	11.035,86	26.216,54	2.818.277,62
5. Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale	18.617,44	9.947,86	24.851,20	2.671.504,16
6. Mosaico colturale boscato del piano ondulato a prevalenza di seminativi	3.554,52	3.150,54	7.648,60	822.224,83
7. Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo	432,20	170,49	288,28	30.990,61
8. Mosaico forestale di media montagna	7.167,38	4.605,93	11.168,68	1.200.632,59
9. Mosaico colturale boscato a vigneti e oliveti	5.587,59	4.745,96	9.940,09	1.068.560,05
Totale	97.606,43	56.996,19	151.270,87	16.261.618,39

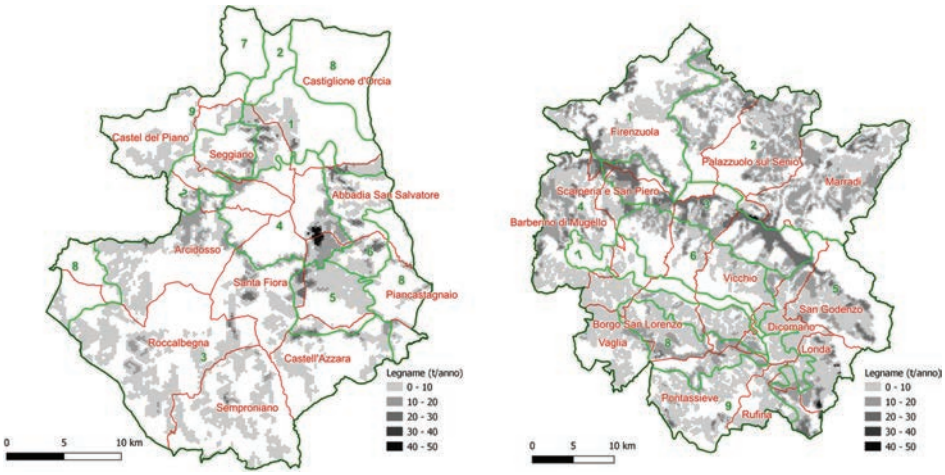


Fig. 66. Servizio di fornitura di legname (elaborazione di TT)

Ricarica degli acquiferi

Per la stima fisica del SE di *ricarica degli acquiferi*, sono stati utilizzati i dati del modello BIGBANG 4.0 (Bilancio Idrologico Gis BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare), sviluppato dall'ISPRA. I dati sono disponibili sul portale nazionale SINAnet.

L'ISPRA, nell'ambito delle sue attività relative all'idrologia operativa, ha sviluppato questo modello per la stima delle componenti del bilancio idrologico a scala mensile, su una griglia di risoluzione 1 km che copre tutto il territorio nazionale, sulla base dell'equazione:

$$P - E = R + G + \Delta V$$

In questa equazione del bilancio idrologico sono contenute le variabili idrologiche precipitazione totale (P), evapotraspirazione reale (E), ruscellamento superficiale (R), ricarica degli acquiferi (G) e immagazzinamento di volumi idrici nel suolo e nella copertura nivale (ΔV). Le stime del modello coprono un periodo che va dall'anno 1951 al 2019.

Per la stima del SE di ricarica degli acquiferi negli ambiti dell'Amiata e del Mugello, è stata calcolata la media dei valori annuali della componente di ricarica degli acquiferi del bilancio idrologico, negli ultimi dieci anni disponibili, fra gli anni 2009 e 2019. In questo modo, è possibile stimare la capacità delle diverse zone dei due ambiti di sperimentazione di offrire questo SE, in metri cubi.

La stima del valore economico del SE di ricarica degli acquiferi è complessa, per la natura del SE e per la disponibilità dei dati richiesti. Tuttavia, l'impiego del metodo del costo di sostituzione può essere ritenuto un approccio sintetico valido, che consente di attribuire un valore economico al SE di ricarica degli acquiferi. Il metodo del costo di sostituzione viene proposto dalla disciplina dell'estimo ambientale per stimare i costi evitati per la società grazie a un servizio reso dagli ecosistemi. Infatti, si può considerare come le pressioni antropiche quali i

cambiamenti di uso del suolo incidono sugli ecosistemi e determinano una perdita di SE con costi a carico della società.

Nel caso del SE di ricarica degli acquiferi, il costo di sostituzione, che si concretizzerebbe solo nel caso in cui tutte le funzioni ecosistemiche che concorrono alla produzione di questo SE fossero annullate dalle azioni antropiche, è stato ricondotto alla quota di ammortamento annua necessaria per coprire il costo della costruzione di un serbatoio artificiale con le stesse funzioni degli ecosistemi naturali in quanto tale ipotetico serbatoio, una volta costruito sarà in grado di stoccare acqua per un numero di anni pari alla sua vita utile fissata in 25 anni. Considerando che il costo di costruzione, secondo Morri (2014) è stimato in 9,8 €/m^3 (11,47 €/m^3 attualizzato al 2022), la quota di ammortamento annua sarà pari a 1/25 di tale valore. Applicando tale coefficiente ai valori fisici stimati con il modello BIGBANG 4.0, si ottiene una stima del valore economico del SE per gli ambiti del Mugello e dell'Amiata.

La tabella successiva riporta i risultati complessivi delle stime effettuate per i due ambiti. Le mappe e le tabelle seguenti mostrano in maggior dettaglio i risultati ottenuti.

Tab. 34. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di ricarica degli acquiferi

	AMIATA		MUGELLO	
	Offerta (m3/anno)	Valore economico (€/anno)	Offerta (m3/anno)	Valore economico (€/anno)
Ricarica degli acquiferi	251.303.405	115.298.002	304.987.336	139.928.189

Tabb. 35-36. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di ricarica degli acquiferi

Agroecomosaici - Amiata	Area (ha)	Ricarica degli acquiferi (m3/anno)	Ricarica degli acquiferi (m3/ha/anno)	Ricarica degli acquiferi (euro/anno)
1. Mosaico agro-forestale a maglia larga, a prevalenza di aree naturali	6.136,59	10.508.410,06	1.712,42	4.821.258,54
2. Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto	5.104,59	6.740.344,82	1.320,45	3.092.470,20
3. Mosaico agro-forestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari	35.415,26	128.699.057,92	3.634,00	59.047.127,77
4. Aree forestali montane del cono vulcanico	7.659,25	36.392.860,26	4.751,49	16.697.044,29
5. Mosaico forestale a maglia larga	3.677,63	19.670.590,94	5.348,71	9.024.867,12
6. Mosaico complesso a maglia densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di rinaturalizzazione	4.099,34	15.300.370,33	3.732,40	7.019.809,91
7. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi	2.039,54	2.062.443,07	1.011,23	946.248,88

8. Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo con presenza ed elementi ecologici lineari	11.650,11	22.128.703,49	1.899,44	10.152.649,16
9. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di seminativi e boschi di latifoglie	5.753,75	9.800.624,38	1.703,35	4.496.526,46
Totale	81.536,07	251.303.405,25	3.082,11	115.298.002,33

Agroecomosaici - Mugello	Area (ha)	Ricarica degli acquiferi (m3/anno)	Ricarica degli acquiferi (m3/ha/anno)	Ricarica degli acquiferi (euro/anno)
1. Mosaico agro-forestale montano a maglia densa, caratterizzato da boschi di latifoglie e campi chiusi a seminativo e prato	17.520,85	40.535.396,08	2.313,55	18.597.639,72
2. Mosaico agro-forestale montano a maglia media a prevalenza di boschi e pascoli	34.591,29	42.907.348,85	1.240,41	19.685.891,65
3. Aree forestali di alta montagna	12.626,23	23.358.591,28	1.850,01	10.716.921,68
4. Mosaico agro-forestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa	25.587,23	57.985.479,87	2.266,19	26.603.738,17
5. Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale	20.721,92	26.100.215,80	1.259,55	11.974.779,01
6. Mosaico colturale boscato del piano ondulato a prevalenza di seminativi	12.084,00	33.943.895,59	2.808,99	15.573.459,30
7. Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo	5.516,07	16.811.286,04	3.047,69	7.713.018,04
8. Mosaico forestale di media montagna	8.019,64	30.416.209,65	3.792,72	13.954.956,99
9. Mosaico colturale boscato a vigneti e oliveti	13.992,78	32.928.913,35	2.353,28	15.107.785,45
Totale	150.660,01	304.987.336,52	2.024,34	139.928.189,99

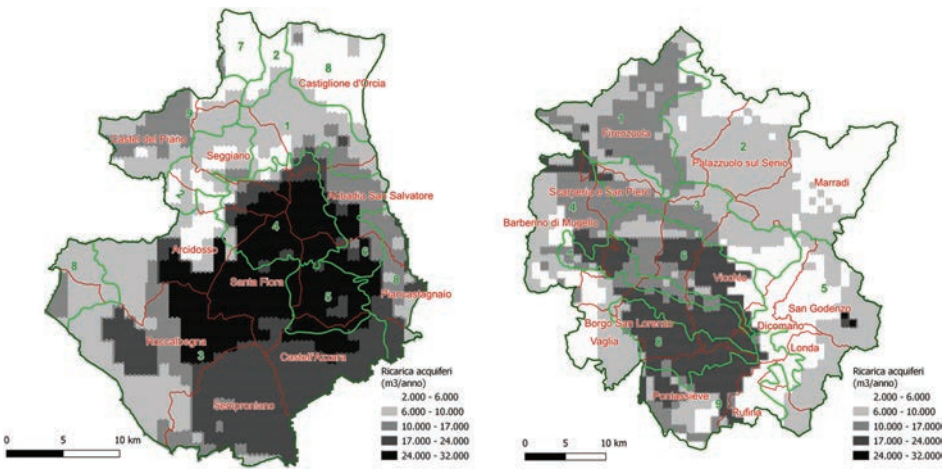


Fig. 67. Servizio di ricarica degli acquiferi (elaborazione di TT)

Purificazione dell'acqua

Per la stima fisica del SE di *purificazione dell'acqua*, è stato utilizzato il modello "*Nutrient Delivery Ratio (NDR)*" del software InVEST, introdotto nella sezione precedente. Come detto, il modello NDR permette di mappare le fonti di nutrienti (azoto e fosforo) nel territorio, e le quantità di tali nutrienti che vengono trasportate verso i corsi d'acqua. Il modello può essere utilizzato per valutare il SE di purificazione dell'acqua, considerato come la ritenzione dei nutrienti da parte della vegetazione semi-naturale.

Nella nostra ricerca, sono state analizzate soltanto le fonti non puntuali di nutrienti, ovvero i fertilizzanti impiegati nelle attività agricole. Le quantità di nutrienti applicate tramite fertilizzanti sono state stimate a partire dalla mappa UCS della Regione Toscana, integrata con i dati sulle coltivazioni dei PCG di ARTEA, e dalle indicazioni contenute nelle linee guida nazionali di produzione integrata, redatte dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, e disponibili sul sito della Rete Rurale Nazionale.

A partire dalle quantità di nutrienti applicate, il modello NDR, utilizzando un approccio di bilancio di massa, descrive il movimento della massa di nutrienti attraverso lo spazio, quantificando, in base alla pendenza, alla disposizione del reticolo idrografico, e all'efficienza di ritenzione di ogni classe della mappa UCS e di ogni tipo di coltivazione, la quantità di nutrienti che viene trattenuta dalla vegetazione (coltivazioni e altri elementi semi-naturali come prati, siepi, alberi), e la quantità che viene trasportata verso i corsi d'acqua.

Gli ecosistemi forniscono il SE di purificazione dell'acqua trattenendo o degradando i nutrienti prima che possano entrare nei corsi d'acqua. Il modello NDR non quantifica direttamente la quantità di nutrienti trattenuti dagli ecosistemi non agricoli. Pertanto, è stato necessario confrontare i risultati di due diverse elaborazioni: la prima è stata condotta considerando il contributo delle sole aree agricole, quelle in cui sono applicati i nutrienti; la seconda, con le stesse quantità di nutrienti applicate, è stata condotta considerando anche il contributo degli ecosistemi non agricoli (boschi, prati e pascoli, etc.) e di tutti gli elementi lineari di vegetazione mappati come spiegato nella sezione precedente. In questo modo, la differenza fra i risultati delle due elaborazioni permette di determinare il contributo degli ecosistemi non agricoli, e di tutti gli elementi di corredo vegetazionale delle aree agricole, alla ritenzione dei nutrienti e quindi al SE di purificazione delle acque. Per la valutazione economica, è stata considerata solo la purificazione dall'azoto.

La valutazione economica del SE di purificazione dell'acqua è stata effettuata, coerentemente con quanto proposto dall'ISPRA nel rapporto Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici (2016), utilizzando il metodo del costo evitato per il disinquinamento delle acque. Secondo quanto riportato nel rapporto, l'impiego della nanotecnologia per la rimozione dell'azoto dalle acque prevede costi che variano dai 2 ai 4 euro al kg di azoto rimosso (Van Hulle et al., 2010).

Rapportando la media di tali costi ai valori fisici ottenuti dal modello NDR, si ottengono, per gli ambiti dell'Amiata e del Mugello, i valori riportati nella tabella successiva. Le mappe e le tabelle seguenti mostrano in maggior dettaglio i risultati ottenuti.

Tab. 37. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di purificazione dell'acqua

	AMIATA		MUGELLO	
	Offerta (kgN/anno)	Valore economico (€/anno)	Offerta (kgN/anno)	Valore economico (€/anno)
Purificazione dell'acqua	228.085	684.256	241.286	723.859

Tabb. 38-39. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di purificazione dell'acqua

Agroecomosaici - Amiata	Aree agricole (ha)	Ritenzione di N (kg/anno)	Ritenzione di N (kg/ha/anno)	Ritenzione di N (euro/anno)
1. Mosaico agro-forestale a maglia larga, a prevalenza di aree naturali	1.318,67	10.888,76	8,26	32.666,27
2. Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto	2.818,89	19.624,18	6,96	58.872,54
3. Mosaico agro-forestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari	12.409,05	117.273,31	9,45	351.819,92
4. Aree forestali montane del cono vulcanico	21,44	203,80	9,51	611,41
5. Mosaico forestale a maglia larga	172,57	2.568,78	14,89	7.706,34
6. Mosaico complesso a maglia densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di rinaturalizzazione	660,27	7.543,62	11,43	22.630,86
7. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi	724,17	3.370,53	4,65	10.111,58
8. Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo con presenza ed elementi ecologici lineari	8.978,27	50.184,43	5,59	150.553,28
9. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di seminativi e boschi di latifoglie	3.733,74	16.428,00	4,40	49.283,99
Totale	30.837,07	228.085,39	7,40	684.256,18

Agroecomosaici - Mugello	Aree agricole (ha)	Ritenzione di N (kg/anno)	Ritenzione di N (kg/ha/anno)	Ritenzione di N (euro/anno)
1. Mosaico agro-forestale montano a maglia densa, caratterizzato da boschi di latifoglie e campi chiusi a seminativo e prato	4.714,45	35.528,96	7,54	106.586,88
2. Mosaico agro-forestale montano a maglia media a prevalenza di boschi e pascoli	3.660,22	30.748,47	8,40	92.245,42

3. Aree forestali di alta montagna	368,53	3.062,82	8,31	9.188,46
4. Mosaico agro-forestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa	6.296,67	53.327,89	8,47	159.983,68
5. Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale	1.199,92	11.511,02	9,59	34.533,06
6. Mosaico colturale boscato del piano ondulato a prevalenza di seminativi	6.326,20	48.105,13	7,60	144.315,40
7. Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo	2.974,96	17.965,53	6,04	53.896,59
8. Mosaico forestale di media montagna	576,23	4.926,46	8,55	14.779,38
9. Mosaico colturale boscato a vigneti e oliveti	5.562,73	36.110,20	6,49	108.330,60
Totale	31.679,91	241.286,49	7,62	723.859,47

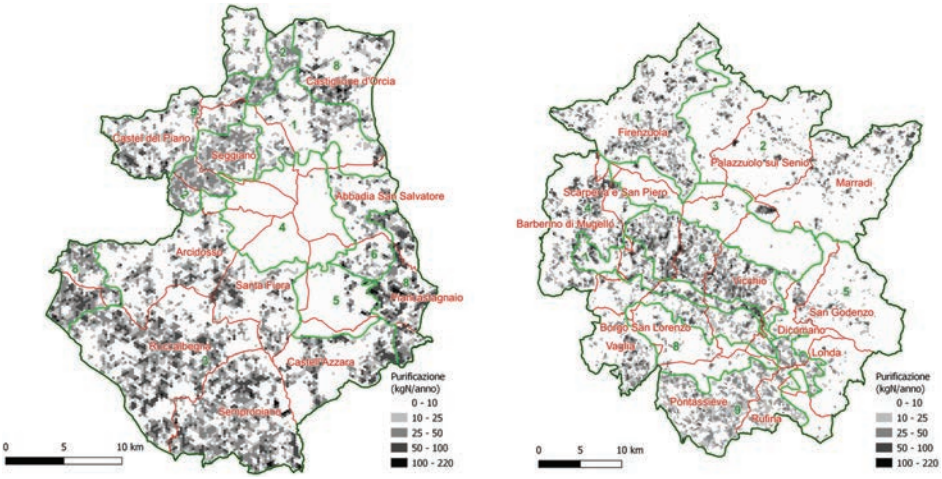


Fig. 68. Servizio di purificazione dell'acqua (elaborazione di TT)

Protezione dalle alluvioni

Per la stima fisica del SE di *protezione dalle alluvioni*, è stato utilizzato il modello "*Urban Flood Risk Mitigation*" del software InVEST. L'obiettivo di questo modello è quello di valutare il ruolo che gli ecosistemi svolgono nel ridurre il pericolo di alluvioni, durante eventi intensi di precipitazione. Gli ecosistemi, infatti, contribuiscono a ridurre il pericolo di alluvioni favorendo l'infiltrazione delle acque e riducendone così il deflusso superficiale.

Il modello Urban Flood Risk Mitigation stima la riduzione del deflusso, cioè la quantità di deflusso trattenuta dagli ecosistemi, rispetto al volume totale delle precipitazioni durante un evento intenso. Per ogni pixel della mappa, caratterizzato da un tipo di uso del suolo e da proprie caratteristiche idrologiche, il modello stima il deflusso, e la ritenzione del deflusso, impiegando il metodo del "*Curve Number*". Il Curve Number è un parametro ottenibile tramite l'incrocio di classificazioni indipendenti sulle caratteristiche idrologiche del suolo e sull'uso del suolo.

I dati di input del modello sono:

- Una mappa delle altezze di pioggia, che è stata ottenuta utilizzando le *Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica* disponibili sul sito del Settore Idrologico e Geologico Regionale della Toscana, e simulando un evento di precipitazione di 48h e tempo di ritorno 10 anni, seguendo la guida di Caporali et al. (2014);
- Una mappa UCS, per cui è stata usata quella della Regione Toscana;
- Una mappa dei gruppi idrologici del suolo, per cui è stata usata quella del Database pedologico della Regione Toscana, disponibile nella cartoteca del Geoscopio regionale;
- Una tabella con i valori di Curve Number per ogni classe della mappa UCS, che sono stati ottenuti dal rapporto di ricerca sull'implementazione del modello MOBIDIC, di Castelli (2014).

Per attribuire un valore economico al SE di protezione dalle alluvioni, in modo analogo rispetto a quanto fatto per il SE di ricarica della falda, è stato utilizzato un approccio basato sul costo di sostituzione. Come nel caso della ricarica della falda, il valore di questo servizio è stato ricondotto alla quota di ammortamento annua necessaria per coprire il costo della costruzione di un serbatoio artificiale con le stesse funzioni degli ecosistemi naturali in quanto tale ipotetico serbatoio, una volta costruito sarà in grado di proteggere dalle alluvioni per un numero di anni pari alla sua vita utile fissata in 25 anni. Considerando che il costo di costruzione, secondo Morri (2014) è stimato in 9,8 €/m^3 (11,47 €/m^3 attualizzato al 2022), la quota di ammortamento annua sarà pari a 1/25 di tale valore. Rapportando tale coefficiente alle stime fisiche della capacità potenziale degli ecosistemi di trattenere l'acqua durante eventi di precipitazione intensi, ottenute tramite il modello Urban Flood Risk Mitigation, è stato stimato il valore economico del SE.

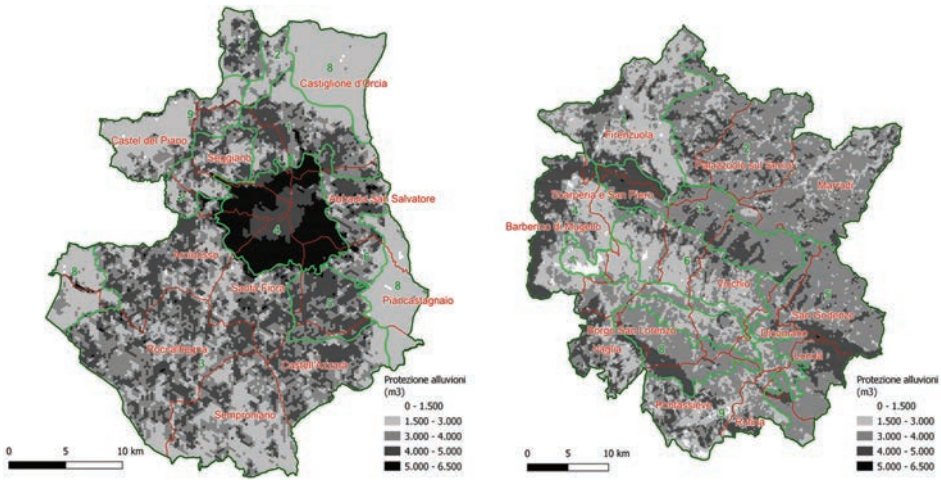


Fig. 69. Servizio di protezione dalle alluvioni (elaborazione di TT)

La tabella successiva riporta i risultati complessivi delle stime effettuate per i due ambiti. Le mappe e le tabelle seguenti mostrano in maggior dettaglio i risultati ottenuti.

Tab. 40. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di protezione dalle alluvioni

	AMIATA		MUGELLO	
	Offerta (m3)	Valore economico (€)	Offerta (m3)	Valore economico (€)
Protezione dalle alluvioni	57.522.606	26.391.371	101.616.060	46.621.448,12

Tabb. 41-42. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di protezione dalle alluvioni

Agroecomosaici - Amiata	Area (ha)	Precipitazione (m^3)	Infiltrazione (m^3)	Infiltrazione (m^3/ha)	Infiltrazione (euro)
1. Mosaico agro-forestale a maglia larga, a prevalenza di aree naturali	6.136,59	7.947.588,00	4.421.303,84	720,48	2.028.494,20
2. Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto	5.104,59	6.610.434,43	3.346.278,07	655,54	1.535.272,38
3. Mosaico agro-forestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari	35.415,26	45.864.356,19	24.902.071,07	703,15	11.425.070,21
4. Aree forestali montane del cono vulcanico	7.659,25	9.919.775,99	8.735.989,85	1.140,58	4.008.072,14
5. Mosaico forestale a maglia larga	3.677,63	4.762.978,56	3.027.858,12	823,32	1.389.181,31
6. Mosaico complesso a maglia densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di rinaturalizzazione	4.099,34	5.309.526,31	3.071.990,87	749,39	1.409.429,41
7. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi	2.039,54	2.641.424,52	1.392.055,58	682,53	638.675,10
8. Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo con presenza ed elementi ecologici lineari	11.650,11	15.088.567,40	5.372.705,91	461,17	2.464.997,47
9. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di seminativi e boschi di latifoglie	5.753,75	7.451.141,53	3.252.352,62	565,26	1.492.179,38
Totale	81.536,07	105.595.792,93	57.522.605,93	705,49	26.391.371,60

Agroecomosaici - Mugello	Area (ha)	Precipitazione (m^3)	Infiltrazione (m^3)	Infiltrazione (m^3/ha)	Infiltrazione (euro)
1. Mosaico agro-forestale montano a maglia densa, caratterizzato da boschi di latifoglie e campi chiusi a seminativo e prato	17.520,85	22.685.648,63	10.730.059,35	612,42	4.922.951,23
2. Mosaico agro-forestale montano a maglia media a prevalenza di boschi e pascoli	34.591,29	44.795.665,31	23.915.475,36	691,37	10.972.420,10
3. Aree forestali di alta montagna	12.626,23	16.349.936,76	9.902.479,63	784,28	4.543.257,66

4. Mosaico agro-forestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa	25.587,23	33.128.848,80	17.227.666,91	673,29	7.904.053,58
5. Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale	20.721,92	26.836.228,41	15.216.764,83	734,33	6.981.451,70
6. Mosaico colturale boscato del piano ondulato a prevalenza di seminativi	12.084,00	15.647.162,74	7.133.259,40	590,31	3.272.739,41
7. Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo	5.516,07	7.142.041,27	2.665.346,01	483,20	1.222.860,75
8. Mosaico forestale di media montagna	8.019,64	10.384.113,71	5.893.485,03	734,88	2.703.930,93
9. Mosaico colturale boscato a vigneti e oliveti	13.992,78	18.119.480,82	8.931.523,02	638,30	4.097.782,76
Totale	150.660,01	195.089.126,44	101.616.059,54	674,47	46.621.448,12

Trattenimento dell'erosione

Per la stima fisica del SE di *trattenimento dell'erosione*, è stato utilizzato il modello "*Sediment Delivery Ratio (SDR)*" del software InVEST. L'obiettivo del modello SDR, introdotto nella sezione precedente, è quello di mappare e quantificare la formazione e il trasporto dei sedimenti terrestri verso i corpi idrici.

La quantità di erosione potenziale del suolo annuale viene calcolata dal modello SDR applicando la *Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Il SE potenziale di trattenimento dell'erosione è quantificato come il contributo della vegetazione alla riduzione dell'erosione, per ogni pixel della mappa. In altre parole, il modello quantifica il ruolo della vegetazione nell'impedire che l'erosione accada, o nel limitarla.

L'equazione RUSLE è composta da cinque fattori:

$$E = R \cdot K \cdot S \cdot C \cdot P$$

L'erosione potenziale (E) viene cioè calcolata come il prodotto di cinque fattori: un fattore di *erosività* delle precipitazioni (R), un fattore di *erodibilità* del suolo (K), la pendenza (S), un fattore di *copertura* (C), e un fattore di *pratiche di supporto antierosive*. Questi sono anche i dati di input del modello, come spiegato nella sezione precedente. Il modello SDR stima il contributo della vegetazione nel limitare l'erosione tramite la differenza, per ogni pixel della mappa, tra l'erosione potenziale risultato dell'equazione RUSLE completa, e il risultato della stessa equazione senza i fattori di copertura (C) e pratiche antierosive (P). In questo modo, il modello permette una stima della capacità degli ecosistemi di offrire il SE di trattenimento dell'erosione.

A nostro parere, la metodologia per la quantificazione di questo SE ha bisogno di essere migliorata, perché il modello parte da un'assunzione abbastanza rilevante e poco verosimile, cioè che sia possibile confrontare la situazione attuale con la situazione di un territorio completamente non coperto dalla vegetazione, e in questo modo restituisce come risultato quantità molto elevate di suolo trattenuto dall'erosione.

Per attribuire un valore economico a questo SE, le stime ottenute dal Progetto LIFE MGN, utilizzate anche dall'ISPRA nel rapporto Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, danno valori economici attribuiti alle foreste per il trattenimento dell'erosione che oscillano fra 44,64 €/t e 255,10 €/t. Questi valori sono riferiti al costo di sostituzione del suolo potenzialmente perso con terriccio universale (Schirpke et al., 2014).

Nella nostra ricerca, è stato applicato ai dati ottenuti dal modello SDR, che stimano nel modo spiegato la capacità degli ecosistemi di trattenere i sedimenti, il prezzo della terra da coltivo selezionata, pari a 5,40 €/t, come riportato nel prezzario lavori 2019 della Regione Toscana, pubblicato con Delibera n. 1287 del 27/11/2018.

Si ottengono i risultati riportati nella tabella successiva, mentre mappe e le tabelle seguenti mostrano in maggior dettaglio i risultati ottenuti. Appare evidente come i risultati mostrino valori molto elevati per questo SE, che se da un lato ribadiscono la necessità di salvaguardare il suolo come risorsa fondamentale e non rinnovabile nel breve-medio periodo, dall'altra evidenziano la necessità di impiegare metodi più approfonditi e realistici per l'analisi del fenomeno dell'erosione.

Tab. 43. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di trattenimento dell'erosione

	AMIATA		MUGELLO	
	Offerta (t/anno)	Valore economico (€/anno)	Offerta (t/anno)	Valore economico (€/anno)
Trattenimento dell'erosione	62.874.835	339.524.111	193.146.240	1.042.989.696

Tab. 44-45. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di trattenimento dell'erosione

Agroecomosaici - Amiata	Area (ha)	Erosione evitata (t/anno)	Erosione evitata (t/ha/anno)	Erosione evitata (euro/anno)
1. Mosaico agro-forestale a maglia larga, a prevalenza di aree naturali	6.136,59	5.264.371,42	857,87	28.427.605,66
2. Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto	5.104,59	3.494.803,44	684,64	18.871.938,60
3. Mosaico agro-forestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari	35.415,26	32.167.278,85	908,29	173.703.305,80
4. Aree forestali montane del cono vulcanico	7.659,25	6.601.826,18	861,94	35.649.861,37
5. Mosaico forestale a maglia larga	3.677,63	3.691.536,95	1.003,78	19.934.299,55
6. Mosaico complesso a maglia densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di rinaturalizzazione	4.099,34	3.684.381,23	898,77	19.895.658,63
7. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi	2.039,54	1.317.203,90	645,83	7.112.901,04

8. Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo con presenza ed elementi ecologici lineari	11.650,11	4.149.648,85	356,19	22.408.103,78
9. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di seminativi e boschi di latifoglie	5.753,75	2.503.784,58	435,16	13.520.436,74
Totale	81.536,07	62.874.835,40	771,13	339.524.111,16

Agroecomosaici - Mugello	Area (ha)	Erosione evitata (t/anno)	Erosione evitata (t/ha/anno)	Erosione evitata (euro/anno)
1. Mosaico agro-forestale montano a maglia densa, caratterizzato da boschi di latifoglie e campi chiusi a seminativo e prato	17.520,85	19.157.119,78	1.093,39	103.448.446,83
2. Mosaico agro-forestale montano a maglia media a prevalenza di boschi e pascoli	34.591,29	59.150.802,57	1.709,99	319.414.333,88
3. Aree forestali di alta montagna	12.626,23	24.565.735,34	1.945,61	32.654.970,85
4. Mosaico agro-forestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa	25.587,23	24.359.049,03	952,00	131.538.864,76
5. Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale	20.721,92	33.452.985,10	1.614,38	180.646.119,55
6. Mosaico colturale boscato del piano ondulato a prevalenza di seminativi	12.084,00	6.659.873,11	551,13	35.963.314,78
7. Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo	5.516,07	961.522,09	174,31	5.192.219,31
8. Mosaico forestale di media montagna	8.019,64	11.021.707,70	1.374,34	59.517.221,58
9. Mosaico colturale boscato a vigneti e oliveti	13.992,78	13.817.445,39	987,47	74.614.205,09
Totale	150.660,01	193.146.240,11	1.282,00	1.042.989.696,62

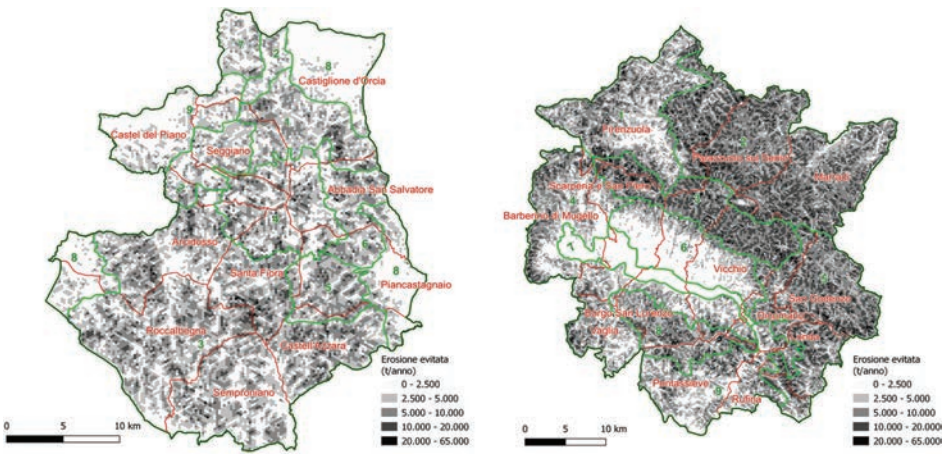


Fig. 70. Servizio di trattenimento dell'erosione (elaborazione di TT)

Sequestro del carbonio

Per la stima fisica del SE di *sequestro del carbonio*, in analogia con quanto fatto per il SE di fornitura di legname, è stata utilizzata la mappa UCS dell'ISPRA, disponibile sul portale nazionale SINAnet, che classifica i boschi fino al IV livello del Corine Land Cover, e i dati dell'INFC.

In questo modo, è stata stimata la quantità di carbonio sequestrata dai boschi dei due ambiti di sperimentazione, e quindi senza considerare altri contributi a questo SE, come ad esempio quello di altri ecosistemi, quali i pascoli o le aree agricole, né quello dei suoli. Questi contributi al sequestro del carbonio possono essere molto rilevanti, e necessitano di indagini più approfondite. Per stimare la quantità di carbonio sequestrata dai boschi è stata utilizzata la seguente equazione, basata sui dati dell'INFC:

$$Carbon\ sink = \sum Incr_t \times a_t \times BEF_t \times WBD_t \times 0.5$$

Dove:
Incr = Incremento annuo di volume arboreo epigeo per ettaro, per regione e per tipo forestale;
a = Superficie occupata dalle diverse tipologie forestali (ha);
BEF = fattore di conversione BEF (biomassa epigea/growing stock, Biomass Expansion Factor);
WBD = densità basale del legno peso secco/peso fresco (t/m^3);

Con questa equazione, per ognuna delle tipologie forestali classificate nella mappa UCS dell'ISPRA, presenti nei due ambiti dell'Amiata e del Mugello, è stata stimata la quantità di carbonio sequestrata annualmente. Il valore ottenuto in tonnellate di C è stato convertito in tonnellate di CO_2 equivalente utilizzando il fattore di conversione pari a 3,67.

A partire dalle stime fisiche effettuate, per i due ambiti, si è provveduto ad attribuire un valore economico prendendo a riferimento due approcci ampiamente utilizzati dalla letteratura scientifica:

- Il primo metodo adottato si basa sul *Costo Sociale del Carbonio* (*Social Cost of Carbon – SCC*) che stima i danni economici che deriverebbero dall'emissione di una tonnellata aggiuntiva di anidride carbonica nell'atmosfera. Tale metodo è utilizzato dall'Agenzia per l'Ambiente degli Stati Uniti (*Environmental Protection Agency – EPA),* per supportare piani e programmi di investimento per la riduzione delle emissioni di CO_2. Secondo l'EPA (2016), le stime indicano un costo sociale del carbonio pari a 38,18 €/t.
- Il secondo metodo adottato prende come riferimento il *prezzo stabilito dal mercato dei permessi di emissione* (*European Climate Exchange – EU ETS*). Come si nota dall'immagine successiva, il prezzo del carbonio, nell'ultimo decennio, ha registrato un andamento variabile, con un aumento considerevole dal 2020. Nell'ultimo anno (gennaio-settembre 2022) il prezzo medio di mercato è di 81,956 €/t.

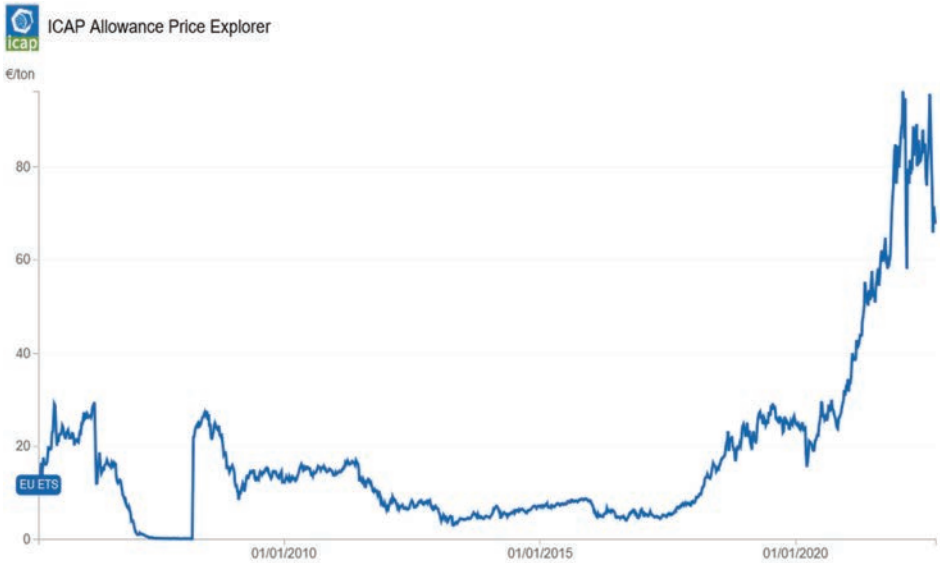


Fig. 71. Andamento del prezzo del carbonio secondo il mercato europeo - EU ETS (fonte: https://icapcarbonaction.com/en/etsprices)

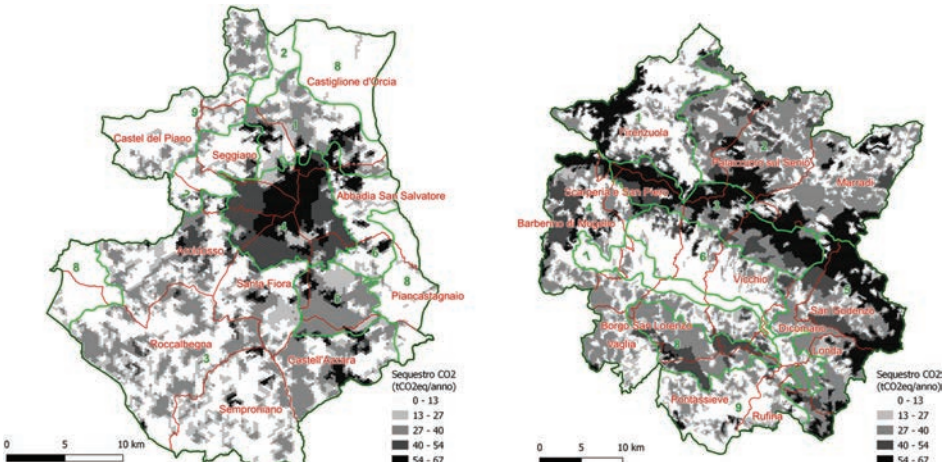


Fig. 72. Servizio di sequestro del carbonio (elaborazione di TT)

L'applicazione di entrambi i metodi (SCC e ETS) porta ai risultati riassunti nella tabella successiva, e mostrati in maggior dettaglio nelle mappe e le tabelle seguenti.

Tab. 46. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di sequestro del carbonio

	AMIATA			MUGELLO		
	Offerta (t/anno)	Valore economico (€/anno) – SCC (EPA)	Valore economico (€/anno) - (EU ETS)	Offerta (t/anno)	Valore economico (€/anno) – SCC (EPA)	Valore economico (€/anno) - (EU ETS)
Sequestro di carbonio	225.942	8.626.461	18.517.788	700.404	26.741.425	57.403.842

Tabb. 47-48. Stima dell'offerta e del valore economico del servizio di sequestro del carbonio

Agroecomosaici - Amiata	Aree forestali (ha)	Sequestro del carbonio (tCO2eq/anno)	Sequestro del carbonio (euro/anno) - SCC (EPA)	Sequestro del carbonio (euro/anno) – EU ETS
1. Mosaico agro-forestale a maglia larga, a prevalenza di aree naturali	3.824,64	22.700,33	866.698,74	1.860.428,55
2. Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto	1.156,55	7.244,09	276.579,31	593.696,53
3. Mosaico agro-forestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari	16.495,45	86.683,72	3.309.584,43	7.104.250,96
4. Aree forestali montane del cono vulcanico	7.573,34	67.148,22	2.563.719,16	5.503.199,77
5. Mosaico forestale a maglia larga	3.381,20	17.429,57	665.460,85	1.428.457,56
6. Mosaico complesso a maglia densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di rinaturalizzazione	1.365,58	10.722,37	409.380,05	878.762,48
7. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi	1.206,89	5.239,25	200.034,64	429.388,13
8. Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo con presenza ed elementi ecologici lineari	601,93	2.730,01	104.231,62	223.740,34
9. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di seminativi e boschi di latifoglie	1.371,78	6.044,33	230.772,61	495.369,31
Totale	36.977,37	225.941,89	8.626.461,41	18.517.293,64

Agroecomosaici - Mugello	Aree forestali (ha)	Sequestro del carbonio (tCO2eq/anno)	Sequestro del carbonio (euro/anno) - SCC (EPA)	Sequestro del carbonio (euro/anno) - EU ETS
1. Mosaico agro-forestale montano a maglia densa, caratterizzato da boschi di latifoglie e campi chiusi a seminativo e prato	7.691,71	64.278,13	2.454.139,04	5.267.978,50
2. Mosaico agro-forestale montano a maglia media a prevalenza di boschi e pascoli	26.088,98	186.917,42	7.136.507,02	15.319.003,90
3. Aree forestali di alta montagna	12.163,85	116.391,59	4.443.830,95	9.538.989,23
4. Mosaico agro-forestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa	16.302,74	97.121,25	3.708.089,29	7.959.669,10
5. Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale	18.617,44	141.343,56	5.396.497,25	11.583.953,07

6. Mosaico colturale boscato del piano ondulato a prevalenza di seminativi	3.554,52	21.798,47	832.265,72	1.786.515,70
7. Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo	432,20	1.858,47	70.956,43	152.312,87
8. Mosaico forestale di media montagna	7.167,38	42.456,51	1.620.989,72	3.479.566,10
9. Mosaico colturale boscato a vigneti e oliveti	5.587,59	28.238,35	1.078.140,21	2.314.302,22
Totale	97.606,43	700.403,76	26.741.415,62	57.402.290,69

Servizi culturali

La stima dei servizi culturali pone una sfida particolare, e in parte diversa da quelle che pur si incontrano nella valutazione di tutti i SE di fornitura e regolazione. La stima dei servizi culturali, infatti, chiama necessariamente in causa le differenti percezioni che le persone hanno della natura e degli ecosistemi, le differenti prospettive da cui le persone guardano all'ambiente e dipendono dalla sensibilità e consapevolezza che hanno maturato su questi temi. Per affrontare questi fattori, le stime quantitative dovrebbero lasciare spazio ad approcci di carattere più qualitativo, basati più sull'interpretazione che sulla misurazione però questo avrebbe bisogno di fare ulteriori approfondimenti e indagini ad hoc.

Un metodo comunemente usato, per stimare i servizi culturali offerti dagli ecosistemi, consiste nel quantificare il numero di visite delle persone agli ecosistemi stessi, per turismo, sport, attività ricreative e didattiche. Questo è stato possibile, nella nostra ricerca, grazie ai dati sul numero di giornate di presenza dei turisti per Comune, disponibili sul sito dell'Osservatorio Territoriale di IRPET. Chiaramente, non tutti i turisti registrati dai Comuni avranno avuto, come motivazione principale della loro visita, attività basate sulla natura, però, considerando la presenza rilevante degli ecosistemi naturali nei due ambiti di sperimentazione, si può ritenere che essi abbiano una notevole capacità attrattiva nel richiamare i turisti sul territorio.

Per avere una valutazione più specifica, si è cercato di identificare gli ambiti del territorio dove è possibile ipotizzare una più elevata concentrazione dell'offerta dei servizi culturali. La "*Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)*", che è attualmente la classificazione dei SE maggiormente utilizzata a livello internazionale, ha una struttura gerarchica, e assegna ad ogni SE un codice di quattro cifre, di cui la prima distingue tra SE di fornitura (1), di regolazione (2), e, appunto, culturali (3) (Haines-Young e Potschin, 2018). La struttura gerarchica della CICES, per definire i servizi culturali, procede come schematizzato nell'immagine successiva (nella nostra ricerca, non sono state considerate le interazioni indirette e a distanza con gli ecosistemi, come si verifica nel caso dei loro elementi che hanno un significato simbolico, o religioso, o che sono usati, ad esempio, per realizzare documentari, o altri strumenti di intrattenimento).

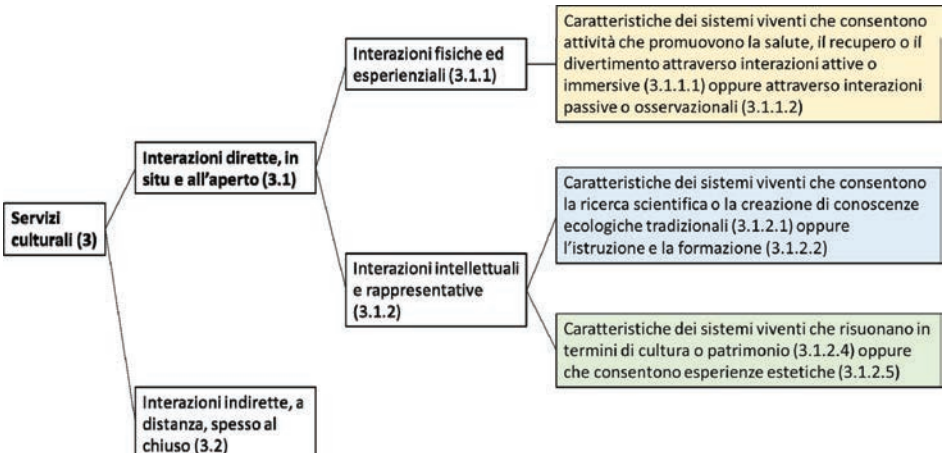


Fig. 73. Classificazione dei servizi culturali secondo la CICES (elaborazione da Haines-Young e Potschin, 2018)

Si è quindi cercato di identificare, sulla base dei dati disponibili per la Regione Toscana, quali zone dei due ambiti sono più adatte o predisposte per l'offerta dei servizi culturali, seguendo la classificazione dei servizi culturali della CICES. Questo è stato fatto applicando la tecnica di analisi multicriteri AHP, introdotta nella sezione relativa al SE di fornitura di cibo.

Per ottenere un ordinamento degli elementi della mappa che rifletta la loro capacità di offerta di servizi culturali, è stato realizzato un albero gerarchico che segue la gerarchia proposta dalla CICES. Sono stati utilizzati tre criteri:

- *Salute, recupero e divertimento* (SE n. 3.1.1.1 e 3.1.1.2 della CICES), con due sotto-criteri:
  - *Valore ecologico*
  - *Fruibilità*, con due ulteriori sotto-criteri:
    - Cammini e sentieri
    - Zone di caccia
- *Ricerca, conoscenza, istruzione e formazione* (SE n. 3.1.2.1 e 3.1.2.2 della CICES), con due sotto-criteri:
  - *Aree protette*
  - *Siti naturalistici*
- *Cultura, patrimonio, esperienze estetiche* (SE n. 3.1.2.4 e 3.1.2.5 della CICES), con due sotto-criteri:
  - *Beni paesaggistici*, con due ulteriori sotto-criteri:
    - Aree tutelate
    - Siti UNESCO
  - *Valore estetico*, con due ulteriori sotto-criteri:
    - Zone di immagine storicizzata
    - Aree agricole di pregio

L'immagine seguente riassume i criteri e sotto-criteri utilizzati e mostra, sotto di essi, gli attributi che per ognuno le unità spaziali della mappa possono assumere.

L'immagine mostra inoltre, a lato di ogni criterio, sottocriterio, o attributo, il peso che gli è stato assegnato, tramite matrici di confronti a coppie. I dati spaziali, utilizzati per assegnare ad ogni unità della mappa il valore dell'attributo che gli corrisponde, sono stati:

- La classificazione del valore ecologico contenuta nella Carta della Natura dell'ISPRA, disponibile su richiesta allo stesso ente;
- I sentieri escursionistici, di cui è stato scaricato il tracciato GPS da: https://hiking.waymarkedtrails.org/;
- I percorsi fondativi e le strade campestri, disponibili nella piattaforma *Ecosistema Informativo Regionale Integrato per il Governo del Territorio* della Regione Toscana;
- Le zone di caccia, dai dati del piano faunistico venatorio regionale disponibili nella cartoteca del Geoscopio regionale;
- Le aree protette, dai dati disponibili nella cartoteca del Geoscopio regionale;
- Le aree tutelate per legge, secondo la cartografia del PIT-PPR disponibile nella cartoteca del Geoscopio regionale;
- I siti UNESCO, dai dati disponibili nella cartoteca del Geoscopio regionale;
- Le zone di immagine storicizzata e le aree agricole di pregio, dai dati sulle fonti rinnovabili di energia disponibili nella cartoteca del Geoscopio regionale.

La ricomposizione dell'albero gerarchico, secondo i pesi assegnati agli attributi e ai criteri, porta a un ordinamento degli elementi della mappa, con un indice adimensionale (valori da 0 a 10), che riflette la loro capacità di offrire servizi culturali. La mappa è mostrata nelle pagine seguenti.

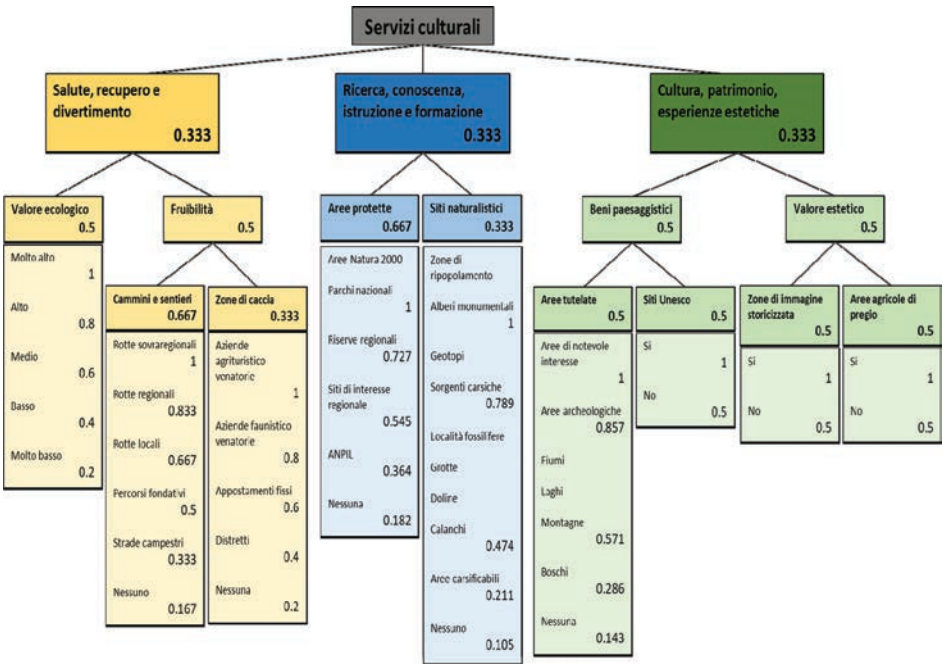


Fig. 74. Albero gerarchico per la valutazione dei servizi culturali

L'ordinamento degli elementi della mappa ottenuto ha permesso anche di distribuire, nel territorio dei due ambiti di sperimentazione, il numero di giornate di presenza dei turisti per Comune, in modo proporzionale al punteggio ottenuto da ogni unità spaziale. In questo modo, il numero delle presenze, raccolte per Comune, è stato trasferito anche agli agroecomosaici.

Per la valutazione economica dei servizi culturali, un metodo ampiamente usato dalla disciplina dell'estimo ambientale è quello del costo del viaggio, che stima i costi affrontati dalle persone per raggiungere una località, per valutare i benefici che ne ottengono. È stato fatto riferimento a un recente studio di Paletto et al. (2022), in cui il metodo del costo del viaggio è stato applicato in due aree della Toscana, coinvolgendo nel sondaggio 400 visitatori, le cui attività principali erano l'escursionismo, il picnic, e la mountain bike. Con il metodo del costo del viaggio è stato stimato un surplus del consumatore tra 7,33 € e 13.83 € per visita.

Applicando la media di tali valori ai dati delle presenze di turisti raccolti dai Comuni, si ottengono i risultati riportati nella tabella successiva. Le tabelle seguenti mostrano in maggior dettaglio i risultati ottenuti.

Tab. 49. Stima dell'offerta e del valore economico dei servizi culturali

	AMIATA		MUGELLO	
	Offerta (visite/anno)	Valore economico (€/anno)	Offerta (visite/anno)	Valore economico (€/anno)
Servizi culturali	225.700	2.387.906	597.500	6.321.550

Tabb. 50-51. Stima dell'offerta e del valore economico dei servizi culturali

Agroecomosaici - Amiata	Area (ha)	Giornate di presenza dei turisti (n)	Giornate di presenza dei turisti (euro)
1. Mosaico agro-forestale a maglia larga, a prevalenza di aree naturali	6.136,59	16.902,00	178.823,16
2. Mosaico colturale complesso di collina a prevalenza di oliveto	5.104,59	11.059,00	117.004,22
3. Mosaico agro-forestale a maglia densa, a prevalenza di seminativi e boschi con forte presenza di elementi ecologici lineari	35.415,26	92.081,00	974.216,98
4. Aree forestali montane del cono vulcanico	7.659,25	40.730,00	430.923,40
5. Mosaico forestale a maglia larga	3.677,63	7.591,00	80.312,78
6. Mosaico complesso a maglia densa caratterizzato da pascoli e aree in fase di rinaturalizzazione	4.099,34	9.735,00	102.996,30
7. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi	2.039,54	8.165,00	86.385,70
8. Mosaico colturale di collina a maglia media, a prevalenza di seminativo con presenza ed elementi ecologici lineari	11.650,11	29.935,00	316.712,30
9. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di seminativi e boschi di latifoglie	5.753,75	9.502,00	100.531,16
Totale	81.536,07	225.700,00	2.387.906,00

Agroecomosaici - Mugello	Area (ha)	Giornate di presenza dei turisti (n)	Giornate di presenza dei turisti (euro)
1. Mosaico agro-forestale montano a maglia densa, caratterizzato da boschi di latifoglie e campi chiusi a seminativo e prato	17.520,85	81.677,00	864.142,66
2. Mosaico agro-forestale montano a maglia media a prevalenza di boschi e pascoli	34.591,29	141.239,00	1.494.308,62
3. Aree forestali di alta montagna	12.626,23	50.344,00	532.639,52
4. Mosaico agro-forestale a maglia medio-densa, a prevalenza boscosa	25.587,23	108.819,00	1.151.305,02
5. Mosaico di alta-media montagna a maglia medio-densa a prevalenza forestale	20.721,92	86.835,00	918.714,30
6. Mosaico colturale boscato del piano ondulato a prevalenza di seminativi	12.084,00	35.957,00	380.425,06
7. Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo	5.516,07	18.612,00	196.914,96
8. Mosaico forestale di media montagna	8.019,64	30.201,00	319.526,58
9. Mosaico colturale boscato a vigneti e oliveti	13.992,78	43.816,00	463.573,28
Totale	150.660,01	597.500,00	6.321.550,00

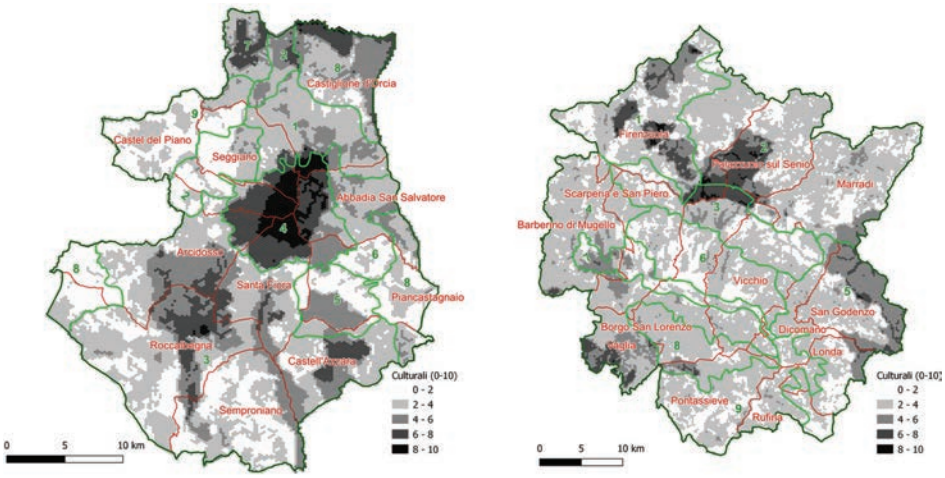


Fig. 75. Servizi culturali (elaborazione di TT)

Riepilogo dei risultati

L'obiettivo dei conti dei SE, secondo il manuale del SEEA-EA, è quello di registrare, durante un periodo contabile, idealmente di un anno, i flussi di SE. Questi possono essere flussi di servizi finali forniti dagli ecosistemi alle unità economiche, ad esempio governi, imprese, o famiglie, oppure flussi di servizi intermedi tra gli ecosistemi. Lo strumento proposto dal SEEA-EA per la registrazione dei flussi di SE è la tabella *supply-use* ossia delle tavole di contabilità strutturate per registrare i flussi di servizi finali e intermedi. Esse possono essere compilate in termini sia fisici che monetari.

L'immagine successiva mostra l'esempio di una tabella supply-use semplificata, dal manuale del SEEA-EA. Le righe della tabella contengono i SE (in quest'esempio, fornitura di meloni, purificazione dell'aria, impollinazione, energia eolica), che sono ripetuti due volte: nella parte superiore per l'offerta, e nella parte inferiore per la domanda (uso). Le colonne della tabella contengono da un lato, a sinistra, le unità economiche (in quest'esempio, imprese agricole, fornitori di energia, e famiglie), e dall'altro lato, a destra, i tipi di ecosistema (in quest'esempio boschi, aree agricole, prati e pascoli). La tabella riporta, nella parte superiore destra, i valori dei SE offerti dagli ecosistemi, e, nella parte inferiore sinistra, i valori della domanda di SE da parte delle unità economiche.

	Units of measure	Economic units (selected)			Ecosystem assets (selected types)		
		Agri.	Electricity supply	Households	Forest	Cropland	Grassland
SUPPLY							
ES #1: Biomass provisioning services (melons)	Tonnes					80	
ES #2: Air filtration services (PM2.5)	Tonnes				50		
IS: Pollination services	# Visits						2000
AB: Energy from wind power	kWh					10000	
USE							
ES #1: Biomass provisioning services (melons)	Tonnes	80					
ES #2: Air filtration services (PM2.5)	Tonnes			50			
IS: Pollination services	# Visits					2000	
AB: Energy from wind power	kWh		10000				

Notes: Grey cells indicate not applicable. "AB" denotes abiotic flows.

Fig. 76. Tabella supply-use semplificata (SEEA-EA)

Un principio fondamentale della struttura delle tabelle supply-use è che l'offerta e la domanda dei SE è uguale durante un periodo contabili tenendo conto anche delle esportazioni e importazioni di SE perché, come detto in precedenza, i SE possono offrire il loro servizio anche al di fuori del contesto territoriale oggetto di analisi. Questo è sicuramente il caso dei due ambiti di sperimentazione della ricerca, nei quali, ad esempio, sia il servizio di fornitura di acqua, sia il servizio di sequestro del carbonio, fra gli altri, soddisfano la domanda di un territorio molto più ampio.

Nella nostra ricerca, non sono state compilate tabelle supply-use di questo tipo per due motivi principali:

- Per quanto riguarda l'offerta di SE, non condividiamo la necessità di attribuirla ad ogni tipo di ecosistema preso singolarmente. Riteniamo che questo comporti una notevole semplificazione della complessità di un territorio, in cui raramente sono presenti ecosistemi omogenei con confini netti tra loro, ma piuttosto si può spesso notare una compresenza di diversi tipi di ecosistema, legati tra loro con diverse configurazioni, che insieme contribuiscono

alla capacità di offerta di SE. Avendo definito gli agroecomosaici come assetti territoriali e paesaggistici dati dalla combinazione di diversi caratteri naturali e antropici, riteniamo che essi possano essere considerati come un'unità, per quanto riguardo l'offerta di SE. In alternativa, un'altra chiave da utilizzare per esprimere l'offerta dei SE potrebbe essere il livello comunale, se questo è rilevante ai fini delle politiche, oppure anche l'Ambito di Paesaggio che presenta una omogeneità dal punto di vista geografico, ecologico, insediativo, storico-culturale e anche socio economico considerando, inoltre, il fatto che le mappe riuscendo a evidenziare dove si localizza l'offerta dei SE nel territorio, aiutano anche a capire dove tale offerta è più o meno elevata;

- Per quanto riguarda la domanda di SE, la questione è ancora più complessa perché l'individuazione della domanda, seppur molto importante, nell'ottica di progettare e realizzare sistemi territoriali auto-sostenibili e resilienti, non è semplice perché richiederebbe un apparato di rilevazione delle informazioni molto approfondito. Per alcuni SE, in particolar modo per i SE di fornitura (acqua, cibo, legname, così come l'energia rinnovabile), potrebbe essere teoricamente possibile identificare e quantificare i consumi attraverso l'utilizzazione di coefficienti *proxy* per le diverse unità economiche. Per molti altri SE, in special modo per i SE di regolazione e culturali, che hanno una eminente natura di beni pubblici, l'identificazione dei gruppi sociali e/o economici che li usano diventa molto più difficile mentre appare più pertinente considerare questi SE come benefici rivolti all'intera collettività, le persone, le imprese, e le istituzioni, al fine di individuare politiche idonee per assicurarne la riproducibilità nel lungo periodo.

Per questi motivi, i risultati della nostra ricerca non vengono riportati in tabelle supply-use, ma in una sola tabella di offerta (supply) che riassume sia i flussi fisici che monetari per i nove SE selezionati.

Tab. 52. Stima dell'offerta e del valore economico dei servizi ecosistemici

	AMIATA		MUGELLO	
	Offerta	Valore economico (€/anno)	Offerta	Valore economico (€/anno)
Fornitura di acqua	40.179.014 m3/a	13.861.760	33.153.516 m3/a	11.437.963
Fornitura di cibo	92.131 t/a	4.905.563	92.882 t/a	4.945.546
Fornitura di legname	32.856 t/a	3.531.978	151.271 t/a	16.261.618
Ricarica degli acquiferi	251.303.405 m3/a	115.298.002	304.987.336 m3/a	139.928.189
Purificazione dell'acqua	228.085 KgN/a	684.256	241.286 KgN/a	723.859
Protezione dalle alluvioni	57.522.606 m3/a	26.391.371	101.616.060 m3/a	46.621.448
Trattenimento dell'erosione	62.874.835 t/a	339.524.111	193.146.240 t/a	1.042.989.696
Sequestro di carbonio	225.942 t/a	18.517.788	700.404 t/a	57.403.842
Servizi culturali	225.700 presenze/a	2.387.906	597.500 presenze/a	6.321.550

Inoltre, fermo restando la necessità di indagini più accurate sul lato della domanda dei SE, al fine di rintracciare le situazioni di equilibrio o disequilibrio territoriale e le eventuali misure di valorizzazione o mitigazione, un aspetto molto importante da conoscere, per le politiche, è la localizzazione dell'offerta dei SE all'interno di un territorio. A tale scopo, la sintesi di tutti i risultati emersi viene effettuata attraverso due approcci: uno è basato sugli stessi agroecomosaici, l'altro si basa su un'analisi statistica multivariata, l'analisi cluster.

Con il primo approccio, una volta definito il quadro valutativo dei singoli SE in termini fisici, sono state analizzate le peculiarità degli agroecomosaici nel fornire una diversa combinazione di SE.

Le tabelle successive riportano, prima per l'Amiata e poi per il Mugello, i valori di offerta dei SE in termini fisici per ettaro, per ogni agroecomosaico e per tutti i SE valutati. I valori minimi e massimi sono cerchiati rispettivamente in rosso e in blu. La stessa cosa potrebbe essere fatta per i Comuni.

I grafici seguenti riportano, invece, i valori di offerta dei SE in termini monetari per ettaro, per ogni agroecomosaico e per tutti i SE valutati tranne il SE di trattenimento dell'erosione.

Da quest'approccio emergono degli aspetti interessanti. Ad esempio, nell'Amiata l'agroecomosaico "4. Aree forestali montane del cono vulcanico" si caratterizza per i massimi valori di offerta del SE di ricarica della falda, protezione dalle alluvioni, sequestro del carbonio, e servizi culturali; e l'agroecomosaico "5. Mosaico forestale a maglia larga" per i SE di fornitura di legname, ricarica degli acquiferi, purificazione delle acque, e trattenimento dell'erosione. Al contrario, l'agroecomosaico "7. Mosaico agro-forestale di collina a prevalenza di boschi" si caratterizza per i valori minimi per i SE di fornitura di acqua, fornitura di legname, e ricarica della falda; e l'agroecomosaico "8. Mosaico culturale di collina a maglia media a prevalenza di seminativo..." ha i valori minimi per i SE di trattenimento dell'erosione, protezione dalle alluvioni e il sequestro del carbonio, ma, allo stesso tempo, ha anche il massimo valore per il SE di fornitura di cibo, quasi a segnalare un trade-off tra la produzione di cibo e gli altri SE.

Anche nell'area del Mugello, l'agroecomosaico "3. Aree forestali di alta montagna" si caratterizza per i massimi valori di fornitura di legname, protezione dalle alluvioni, sequestro del carbonio, e servizi culturali; mentre l'agroecomosaico "7. Mosaico colturale semplificato di pianura a prevalenza di seminativo", se da un lato presenta i valori massimi per la fornitura di cibo e di acqua, dall'altro ha i valori minori per i SE di trattenimento dell'erosione, protezione dalle alluvioni, purificazione delle acque e sequestro del carbonio, evidenziando anche in questo caso un trade-off tra la produzione di cibo e gli altri SE.

Tab. 53. Stima dell'offerta di servizi ecosistemici per gli agroecomosaici dell'Amiata

Agroecomosaici	Acqua (m^3/ha/a)	Cibo (t/ha/a)	Legname (t/ha/a)	Ricarica acquiferi (m^3/ha/a)	Purificazione (kgN/ha/a)	Protezione alluvioni (m^3/ha)	Erosione evitata (t/ha/a)	Sequestro CO2 (tCO_2eq/ha/a)	Culturali (n/ha/a)
1.	23,29	0,63	0,49	1.712,42	8,26	720,48	857,87	3,70	2,75
2.	37,07	1,53	0,34	1.320,45	6,96	655,54	684,64	1,42	2,17

3.	641,30	1,01	0,42	3.634,00	9,45	703,15	908,29	2,45	2,60
4.	2.145,10	0,01	0,68	4.751,49	9,51	1.140,58	861,94	8,77	5,32
5.	11,13	0,13	0,90	5.348,71	14,89	823,32	1.003,78	4,74	2,06
6.	62,95	0,45	0,61	3.732,40	11,43	749,39	898,77	2,62	2,37
7.	0,00	1,06	0,00	1.011,23	4,65	682,53	645,83	2,57	4,00
8.	31,26	2,45	0,08	1.899,44	5,59	461,17	356,19	0,23	2,57
9.	7,29	2,00	0,19	1.703,35	4,40	565,26	435,16	1,05	1,65
Totale	492,78	1,13	0,40	3.082,11	7,40	705,49	771,13	2,77	2,77

Tab. 54. Stima dell'offerta di servizi ecosistemici per gli agroecomosaici del Mugello

Agroeco-mosaici	Acqua (m3/ha/a)	Cibo (t/ ha/a)	Legname (t/ha/a)	Ricarica acquiferi (m3/ha/a)	Purifi-cazione (kgN/ ha/a)	Prote-zione alluvioni (m3/ha)	Erosione evitata (t/ ha/a)	Seque-stro CO2 (tCO2eq/ ha/a)	Culturali (n/ha/a)
1.	76,66	0,81	0,72	2.313,55	7,54	612,42	1.093,39	3,67	4,66
2.	61,76	0,23	1,04	1.240,41	8,40	691,37	1.709,99	5,40	4,08
3.	398,78	0,07	1,78	1.850,01	8,31	784,28	1.945,61	9,22	3,99
4.	115,59	0,74	1,02	2.266,19	8,47	673,29	952,00	3,80	4,25
5.	52,11	0,15	1,20	1.259,55	9,59	734,33	1.614,38	6,82	4,19
6.	101,22	1,64	0,63	2.808,99	7,60	590,31	551,13	1,80	2,98
7.	942,23	1,85	0,05	3.047,69	6,04	483,20	174,31	0,34	3,37
8.	56,77	0,19	1,39	3.792,72	8,55	734,88	1.374,34	5,29	3,77
9.	344,60	1,16	0,71	2.353,28	6,49	638,30	987,47	2,02	3,13
Totale	220,06	0,62	1,00	2.024,34	7,62	674,47	1.282,00	4,65	3,97

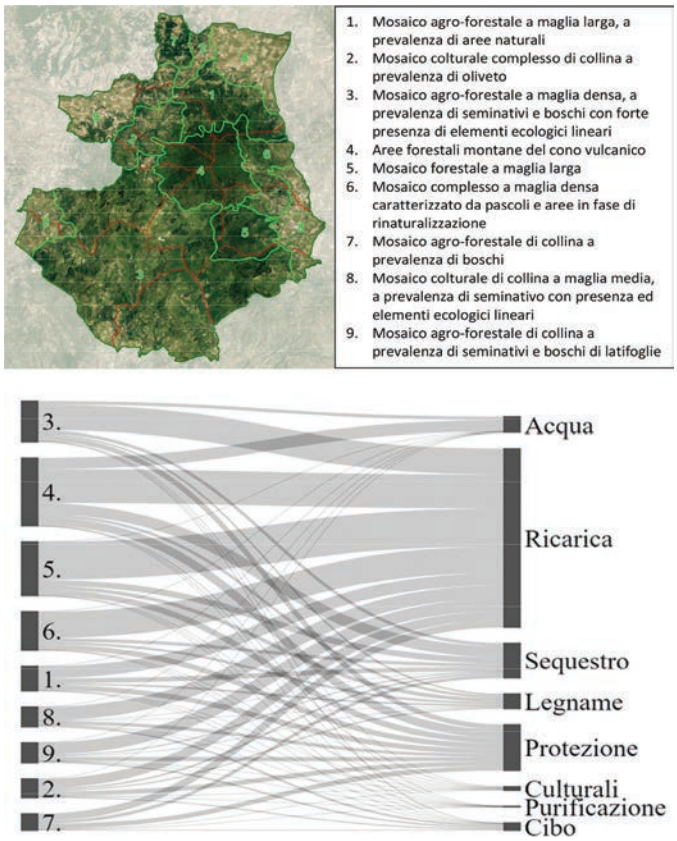


Fig. 77. Valore monetario dei servizi ecosistemici per gli agroecomosaici dell'Amiata (elaborazione di TT)

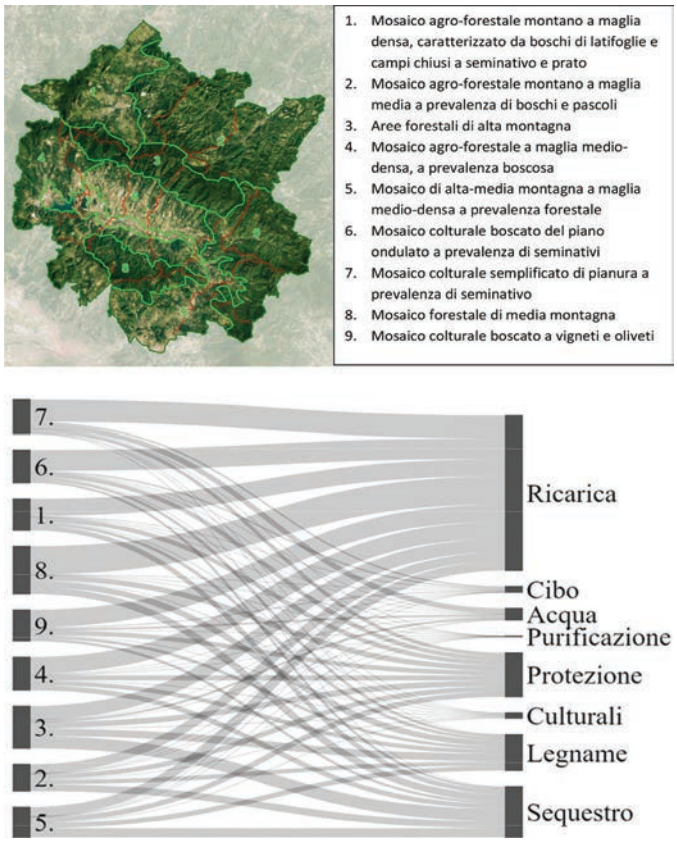


Fig. 78. Valore monetario dei servizi ecosistemici per gli agroecomosaici del Mugello (elaborazione di TT)

Con il secondo approccio, i risultati ottenuti dalla valutazione dei singoli SE in termini fisici, raccolti negli esagoni di 5 ha utilizzati come unità spaziali di base per tutti i conti delle condizioni degli ecosistemi e dei SE, sono stati analizzati con la tecnica del *clustering*, che permette di identificare dei gruppi di elementi omogenei da un insieme di dati, in base alla loro somiglianza. L'analisi è stata condotta con il software R 4.1.2.

L'analisi cluster, in questo caso condotta con il metodo *k-means*, ha così portato a identificare, matematicamente, sulla base dei dati raccolti durante tutte le analisi precedenti, delle zone dei due ambiti di sperimentazione che risultano omogenee per il livello di offerta dei SE considerati.

Questo permette di esprimere la capacità di porzioni diverse del territorio di offrire una diversa combinazione dei SE, e di individuare zone caratterizzate da un diverso grado di multifunzionalità degli ecosistemi, in un modo diverso (più analitico e meno interpretativo) ma complementare rispetto all'approccio basato sugli agroecomosaici. Le mappe successive riportano la localizzazione dei cluster ottenuti, e i grafici esprimono il loro livello di offerta (i valori sono normalizzati intorno alla media). Anche da quest'approccio emergono degli aspetti interessanti.

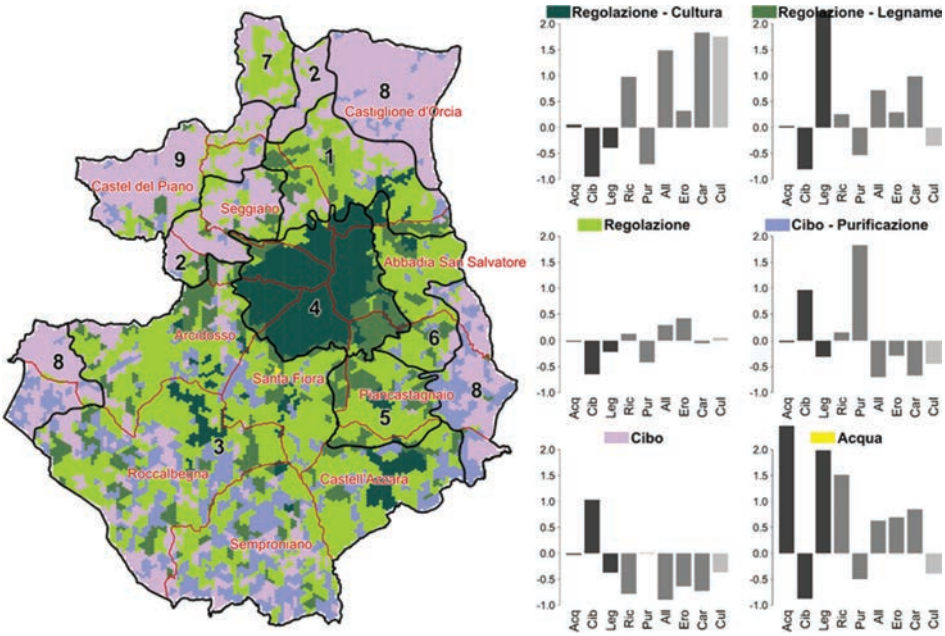


Fig. 79. Cluster di servizi ecosistemici per l'Amiata (elaborazione di TT)

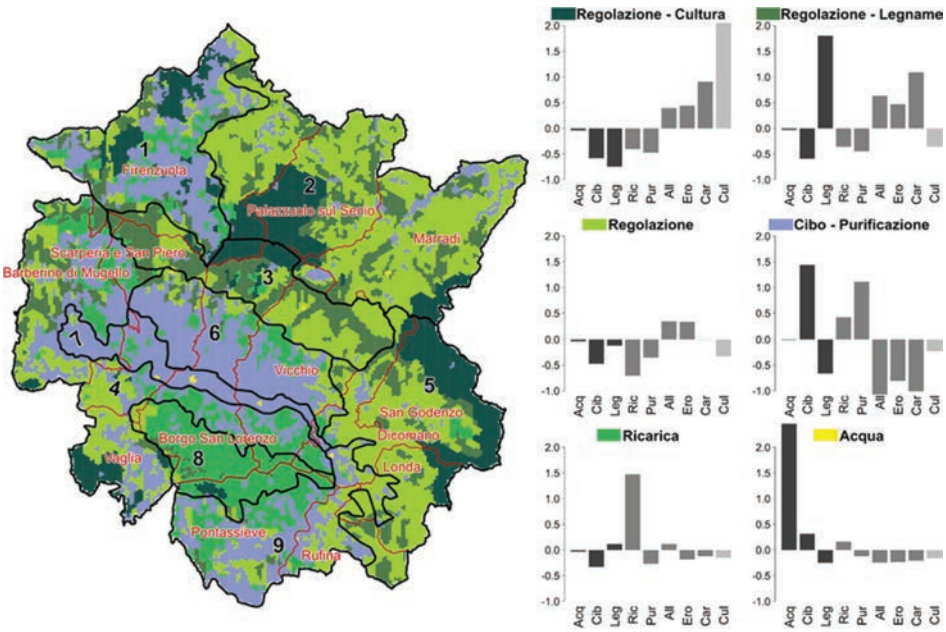


Fig. 80. Cluster di servizi ecosistemici per il Mugello (elaborazione di TT)

Nei due ambiti di sperimentazione, sono stati individuati dei cluster molto simili. Il primo, "Regolazione - Cultura", è caratterizzato da un alto livello di offerta del SE di sequestro del carbonio, e dei servizi culturali, e anche di altri servizi di regolazione; il secondo, "Regolazione - Legname", si caratterizza

anch'esso per un alto livello di offerta dei SE di regolazione, e soprattutto del SE di fornitura di legname. Il cluster, "Regolazione", presenta valori medi per molti SE, e valori più elevati per alcuni SE di regolazione. Il quarto, "Cibo - Purificazione", raccoglie le aree che hanno il maggior livello di offerta dei SE di fornitura di cibo, e di purificazione delle acque. A questo punto, nell'Amiata compare un quinto cluster, "Cibo", caratterizzato da un alto livello di offerta del SE di fornitura di cibo, ma da bassi livelli per gli altri SE, mentre nel Mugello si può vedere un quinto cluster "Ricarica" che raccoglie aree che offrono soprattutto il SE di ricarica degli acquiferi. Ultimo, un cluster, "Acqua", comprende pochi elementi localizzati nelle aree di più elevata offerta del SE di fornitura di acqua.

Scenari di trasformazione degli agroecomosaici

La valutazione quali-quantitativa delle dotazioni patrimoniali degli ambiti di sperimentazione ha messo in luce la "centralità eco-territoriale" dell'Amiata e del Mugello, luoghi definiti marginali dal punto di vista socioeconomico ma i quali, al tempo stesso, producono SE molto importanti per le aree urbane limitrofe considerate più forti dal punto di vista socioeconomico.

La difficoltà nel valutare la domanda di SE, sottolineata nel precedente paragrafo, non ha permesso, nei limiti della presente ricerca, di quantificare l'entità degli scambi di SE tra ambiti territoriali limitrofi (ad esempio tra il Mugello e l'area metropolitana di Firenze). Rimandando ad ulteriori approfondimenti l'esatta quantificazione della domanda e quindi dei flussi di SE, la ricerca ha comunque definito metodologie utili a valutare l'offerta di molti SE, e ribadisce la necessità di capire come essa potrebbe variare nel tempo in risposta a trasformazioni dell'ecosistema, del territorio, e del paesaggio. In quest'ultimo paragrafo viene quindi presentato un primo tentativo di ipotizzare scenari di trasformazione degli agroecomosaici in base al tipo di gestione degli stessi.

Gli interventi di natura politica e progettuale che da sempre sono stati realizzati sul territorio, in base agli obiettivi di natura socioeconomica delle varie epoche storiche, hanno comportato profonde trasformazioni territoriali. La diretta conseguenza di tali trasformazioni sono gli attuali valori e criticità territoriali, elementi strettamente correlati alla qualità degli ecosistemi e all'erogazione dei SE: più alte sono le criticità, più bassi sono i servizi offerti e, viceversa, più alti sono i valori e più alti sono i servizi offerti.

In questo quadro di riferimento, la definizione e l'analisi degli agroecomosaici, come unità territoriali complesse, rappresenta un tassello importante per la pianificazione territoriale e per la gestione degli ecosistemi in chiave patrimoniale.

La reinterpretazione del paradigma dei SE in un'ottica territorialista si fonda infatti sull'analisi dei caratteri del "patrimonio territoriale" e delle relative "regole di riproducibilità", complesse e integrate (Fanfani, Poli 2017). La rappresentazione grafica degli agroecomosaici costituisce allora un interessante strumento di ricerca, in quanto elemento visivo di riferimento con cui costruire e mostrare le possibili trasformazioni territoriali e paesaggistiche relative a diversi tipi di gestione.

A questo proposito, la sequenza grafica presentata successivamente mostra, attraverso immagini esplicative di porzioni tridimensionali di territorio, due differenti scenari possibili - a) *gestione sostenibile* e b) *gestione non sostenibile* - applicati all'agroecomosaico "6. Mosaico colturale boscato del piano ondulato a prevalenza di seminativi", individuato sul territorio del Mugello.

L'analisi cluster, descritta nel paragrafo precedente, ha permesso di identificare, sulla base dei dati raccolti durante tutte le analisi, le principali peculiarità degli agroecomosaici nel fornire una combinazione dei nove SE oggetto di valutazione. Essa ha evidenziato, per l'agroecomosaico 6 del Mugello, la prevalenza di cluster che presentano alti livelli per i SE di fornitura di cibo, purificazione delle acque e ricarica degli acquiferi (soprattutto "Cibo - Purificazione", e in parte "Ricarica"); viceversa, i SE di protezione dalle alluvioni, controllo dell'erosione, e sequestro del carbonio mostrano in questo agroecomosaico livelli più bassi.

Ne consegue, quindi, che in questo agroecomosaico, se vogliamo mantenere e/o migliorare le performances di erogazione degli attuali SE, si potrebbero considerare l'agricoltura biologica, le pratiche agro-ecologiche, il contenimento del taglio dei boschi e, laddove possibile, l'incremento della copertura boschiva come soluzioni e interventi utili; viceversa, le attività legate a tagli eccessivi, l'agricoltura intensiva, la riduzione o estirpazione di siepi e filari dai bordi dei campi, l'artificializzazione dei corsi d'acqua avrebbero l'effetto di peggiorare le performances attuali di erogazione di SE.

Il confronto tra i due scenari mostra gli effetti estetico-percettivi delle strategie che possono essere implementate nel corso tempo su questo agroecomosaico, fornendo così importanti indicazioni per la pianificazione territoriale locale.

Fig. 81. Stato attuale (elaborazione di Elisa Butelli)

Il vantaggio della predisposizione di un tale metodo è quello di realizzare uno strumento di valutazione e analisi che si relaziona ai territori e che può offrire un supporto per l'elaborazione di strumenti di programmazione e pianificazione che prevedano la valutazione congiunta della contabilizzazione quantitativa del flusso di SE e dell'evoluzione qualitativa del paesaggio.

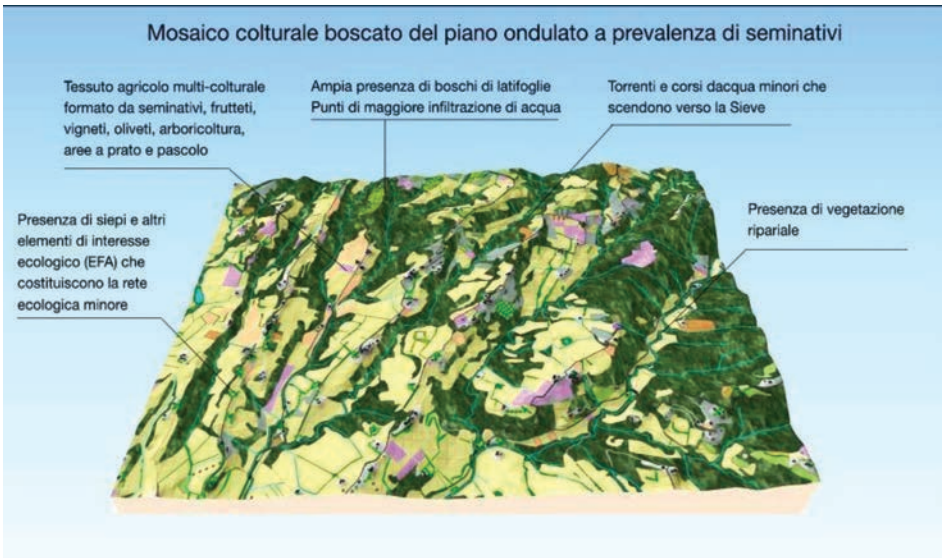


Fig. 82. Scenario A: gestione sostenibile dell'ecosistema (elaborazione di Elisa Butelli)

Fig. 83. Scenario B: gestione non sostenibile dell'ecosistema (Elaborazione di Elisa Butelli)

Parte Terza

Analisi e strategie territoriali per l'Amiata

15. Analisi territoriali

Andamento demografico

Dal punto di vista demografico, i dati ISTAT dei censimenti della popolazione dal 1951 al 2019 mostrano per i Comuni dell'Ambito dell'Amiata una tendenza di decrescita costante, ad eccezione dei comuni di Piancastagnaio e Abbadia San Salvatore, in cui il calo demografico inizia solo a partire dagli anni 1961 e 1971, rispettivamente, e del Comune di Castel del Piano, che negli ultimi vent'anni è tornato vicino al livello del 1951.

Tab. 55. Andamento demografico dal 1951 al 2019 (fonte: ISTAT)

	1951	1961	1971	1981	1991	2001	2011	2019
Abbadia San Salvatore	7.053	8.553	8.519	7.813	7.243	6.832	6.557	6.275
Arcidosso	6.911	5.867	5.020	4.550	4.135	4.114	4.313	4.279
Castel del Piano	4.908	5.252	4.610	4.376	4.376	4.331	4.671	4.808
Castell'Azzara	3.739	3.741	2.974	2.387	2.105	1.826	1.601	1.408
Castiglione d'Orcia	5.244	4.650	3.573	3.158	2.840	2.508	2.453	2.265
Piancastagnaio	5.324	5.583	4.697	4.410	4.401	4.196	4.176	4.129
Roccalbegna	5.636	4.649	2.106	1.666	1.458	1.241	1.099	967
Santa Fiora	5.166	4.696	3.710	3.245	3.008	2.767	2.702	2.560
Seggiano	2.242	1.897	1.525	1.239	1.088	953	1.004	981
Semproniano			2.032	1.711	1.462	1.326	1.144	1.061
Tot.	46.223	44.888	38.766	34.555	32.116	30.094	29.720	28.733

Per quanto riguarda l'indice di vecchiaia, cioè il rapporto percentuale fra la popolazione anziana (65 anni e oltre) e quella giovanile (da 0 a 14 anni), dai dati IRPET, i Comuni dell'Amiata mostrano, negli anni dal 1999 al 2019, valori più alti dei Comuni del Mugello, e in ogni caso molto più alti della media regionale, specialmente nei Comuni di Castell'Azzara, Castiglione d'Orcia, Roccalbegna e Semproniano.

In generale, si evidenzia nei Comuni dell'Amiata un calo dell'indice di vecchiaia fino agli anni attorno al 2012 o 2013, e in seguito un leggero aumento.

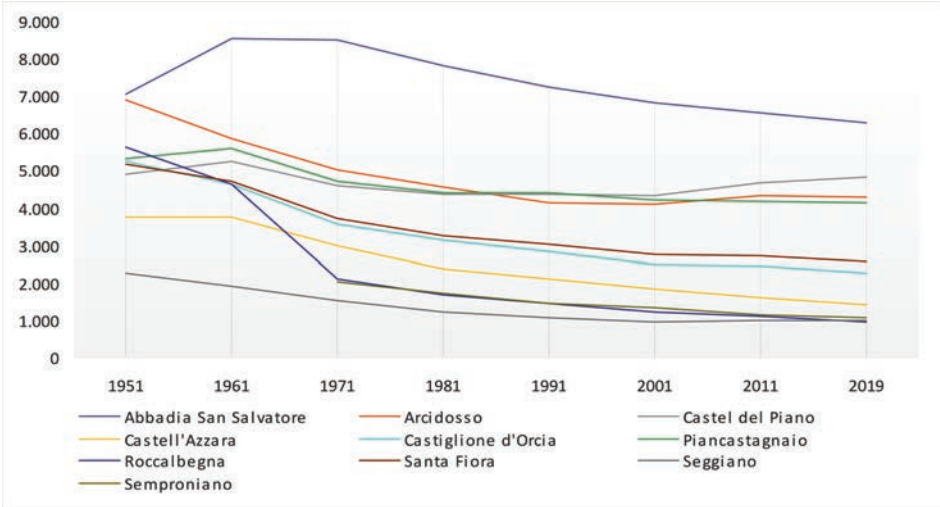


Fig. 84. Andamento demografico dal 1951 al 2019 (fonte: ISTAT)

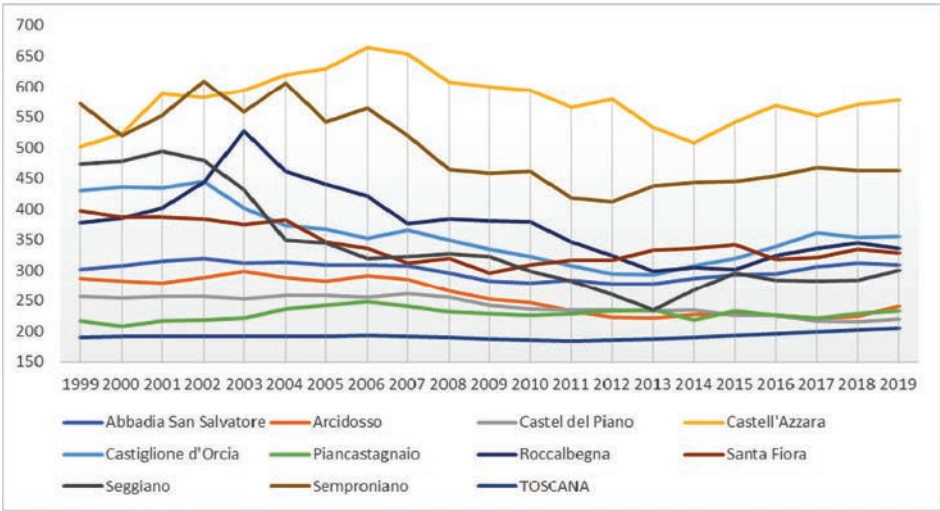


Fig. 85. Indice di vecchiaia dal 1999 al 2019 (fonte: IRPET)

Attività agroforestali

L'obiettivo di questa analisi è quello di costruire un quadro esaustivo dello stato attuale delle attività legate al mondo rurale, delle realtà aziendali agricole e forestali, individuando le principali produzioni e i metodi di coltivazione prevalente.

In un territorio caratterizzato da una spiccata vocazione rurale come quello dell'Amiata, sono analizzate quelle risorse socioeconomiche che in primis contribuiscono attivamente alla costruzione del territorio e del suo paesaggio, stimolando al contempo molteplici dinamiche culturali, economiche, sociali e identitarie. Tali risorse socioeconomiche, per di più, assicurano un fondamentale presidio di tutte quelle risorse eco-territoriali che a loro volta forniscono innumerevoli SE al genere umano.

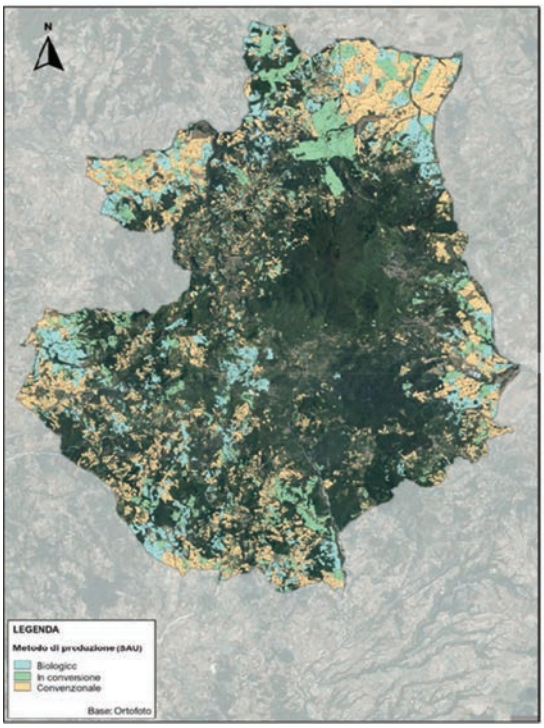
Come riferimento cartografico e informativo sono stati utilizzati i Piani Colturali Grafici (PCG) raccolti dall'Agenzia Regionale Toscana per le Erogazioni in Agricoltura (ARTEA), e disponibili sul sito degli open data della Regione Toscana e con il limite che, purtroppo, non è possibile avere indicazioni sulla presenza delle aziende zootecniche e dei capi allevati sul territorio.

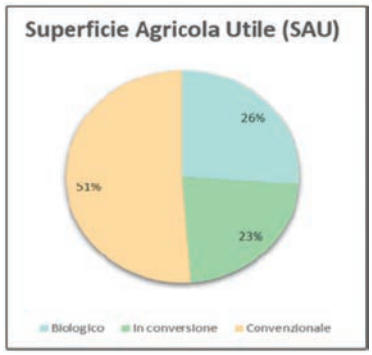
Metodo di produzione

L'analisi del metodo di produzione fornisce un quadro attendibile circa la sostenibilità dell'agricoltura praticata nell'intero ambito, con la possibilità di individuare spazialmente le aziende generatrici di elevato impatto ambientale, e quindi le zone più critiche del territorio. Per lo svolgimento dell'analisi, in via preliminare, non sono state prese in considerazione tutte quelle aziende che esercitano pratiche e coltivazioni irrilevanti dal punto di vista del metodo di produzione (ad esempio, boschi e arboricoltura). Effettuata la scrematura sono state totalizzate 1.353 aziende (o unità tecniche economiche) su una relativa Superficie Agricola Utile (SAU) di 24.839 ha.

DATI BASE (per analisi "metodo di produzione")		
N° aziende (UTE)	1353	
SAU TOT.	m2	ha
	248392993,7	24839

METODO DI PRODUZIONE	SAU			Aziende (UTE)	
	m2	ha	%	n°	%
Biologico	64911661,15	6491	26%	223	16%
In conversione	56291752,94	5629	23%	153	11%
Convenzionale	127189579,6	12719	51%	977	72%





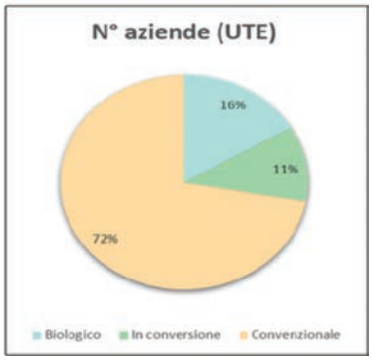


Fig. 86. Carta dei metodi di produzione con relative tabelle esplicative. Grafici a destra, in alto: percentuale SAU relativa al metodo di produzione; in basso: percentuale delle aziende in relazione al metodo di produzione (elaborazione di Elisa Butelli e Arturo Regoli).

Dalle analisi effettuate si evince come i metodi convenzionali (non biologici) siano ancora fortemente diffusi su tutto il territorio, specialmente in termini di numero di aziende (72% convenzionali). Tuttavia, risulta positiva la percentuale di ettari in fase di conversione verso il biologico, una tendenza che vedrebbe, tra pochi anni, le pratiche biologiche applicate a circa la metà (49%) della SAU dell'intero territorio esaminato.

In definitiva è possibile affermare la necessità di implementare ulteriormente la conversione a pratiche eco-compatibili. È importante sottolineare come il processo in atto di conversione a biologico (andando a interessare il 50% degli ettari totali) consentirebbe di avere le condizioni favorevoli alla costituzione di un distretto biologico (o bio-distretto), un interessante strumento utile alla promozione di una gestione sostenibile delle risorse naturali e dei prodotti che ne derivano, capace di stimolare simultaneamente la conversione ai metodi biologici in un quadro strategico di sviluppo e coesione territoriale. Sotto si riportano i grafici esemplificativi dei dati tabellari sopra riportati, e a fianco la carta rappresentativa di quanto emerso dall'analisi.

Attività e pratiche prevalenti

Lo studio delle attività agroforestali svolte dalle aziende consente di costruire un quadro attendibile circa il peso territoriale di alcune pratiche piuttosto che altre, comprendendo altresì il grado di vocazione agricola, forestale e pascoliva del territorio stesso. Per svolgere in maniera esaustiva e metodologica l'analisi in questione è stato necessario creare delle categorie per aggregare le numerose colture praticate nell'area accuratamente riportate su 'ARTEA. Le aggregazioni sono state effettuate valutando empiricamente, per 'specie' e per 'destinazione d'impiego', le affinità tra le varie voci riportate. La tabella successiva riporta la ripartizione risultante.

Tab. 56. Piante ricomprese nelle diverse categorie di attività colturali.

CATEGORIA	VOCI APPARTENENTI
Cerealicoltura	Avena, farro, frumento duro, frumento tenero, gano saraceno, mais, orzo, segala, seminativi, sorgo triticale.
Semi oleosi	Girasole, colza, lino
Orticoltura	Asparago, bietola, broccoletto di rapa,carciofo, carota, cetriolo, cipolla anche di tipo lungo, cipolletta cipolla d'inverno, fagiolino, finocchio, melanzana, orti familiari, ortive a pieno campo, patata, pomodoro, tarassaco, valeriana, zucca, zucchino.
Leguminose	Fagiolo, fava, lenticchie, lupino, pisello, cece
Erbe aromatiche e officinali	Artemisia, Biancospino, calendula, coriandolo, echinacea, elicriso, Escolzia, lavanda, malva, melissa, menta, meliloto, origano, piante aromatiche e medicinali e spezie, prezzemmolo, rosmarino, salvia, santoreggia montana, timo, issopo
Arboricoltura	Arboreto consociabile, arboricoltura, coltivazioni arboree promiscue, coltivazioni arboree specializzate, eucalipto, ginkgo biloba, noce (da legno).
Frutticoltura	Actinidia (kiwi), albicocco, castagno (da frutto), ciliegio, fico, frutta a guscio, frutteti familiari, loto (kaki), mandorlo, melo, nespolo, nocciolo (da frutto), noce (da frutto), pero, pesco, prugne, susino.
Att. Pascoliva e annesse	Da foraggio: avena, erba medica, erbaio, frumento duro, frumento tenero, ginestrino, sulla, lupino, orzo, sorgo, trifoglio, triticale; pascolo arborato, pascolo polifita, prati permanenti, prato pascolo, prato polifita, loietto, vecce, trifoglio, medicago (erba medica), lupinella
Att. Forestale	Bosco, castagno (da legno), pino nero.
Viticoltura	Vite.
Olivocoltura	Oliva da trasformazione.
Attività specializzate (alimentari)	Lampone, mirtilli rossi/neri ed altri frutti del genere vaccinium, more, ribes nero/rosso, tartufo, zafferano, rosa canina
Att. Specializzate (non alimentari)	Vivai altri, vivaio specie ornamentali
Att. di valore eco e paesagg.	Siepi e fasce alberate
Terreni ritirati dalla prod.	Terreni ritirati dalla produzione.

Al contrario di quanto operato nell'analisi precedente, sono state prese in esame tutte le pratiche afferenti alla sfera agro-silvo-pastorale, alimentari e non alimentari. A tale operazione è dovuto, quindi, un ovvio aumento della SAU. Tuttavia, per coerenza analitica, per la comparazione finale si è scelto come riferimento quella che è stata definita 'superficie aziendale totale' (d'ora in poi SAT), nella quale rientrano a far parte anche l'attività forestale e le attività di valore ecologico e paesaggistico (non conteggiate all'interno del calcolo SAU). Nelle tabelle successive, si riportano i dati tabellari afferenti ai valori relativi alla SAU e alla SAT. Il calcolo finale degli ettari impiegati da ciascuna classe è stato poi circoscritto a due differenti ambiti territoriali, relativi all'Autorità Distrettuale di bacino settentrionale e a quella centrale, ponendo implicitamente a fulcro analitico la gestione della risorsa acqua.

Dallo studio svolto emerge una netta predominanza, per ambo gli ambiti, della pratica pascoliva e delle attività ad essa connesse, la quale risulta essere impiegata su pressoché la metà degli ettari analizzati. Notevoli anche le percentuali afferenti alla coltivazione dei cereali ed è da sottolineare un tasso relativamente alto dei terreni ritirati dalla produzione (lasciati 'a maggese'). Sul distretto settentrionale si registra una più elevata presenza di oliveti e frutteti, mentre quello centrale appare maggiormente vocato alla gestione forestale, fattore probabilmente dovuto alle peculiarità morfologiche e della copertura del suolo a essa più affini. Di seguito vengono riportati i grafici esemplificativi delle due analisi e a fianco la relativa carta generata dall'analisi.

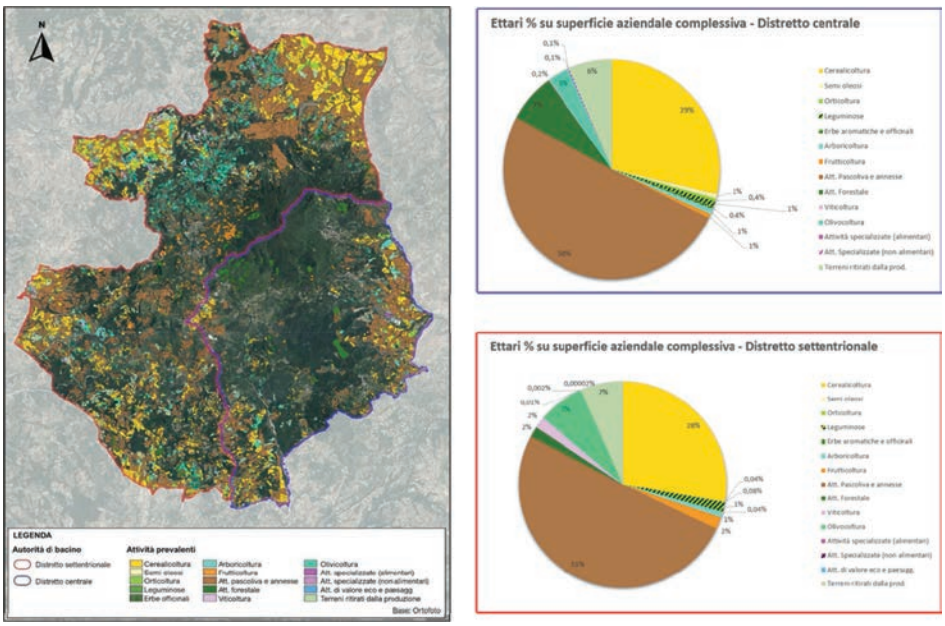


Fig. 87. Percentuali delle superfici dedicati alle diverse attività colturali nelle aziende agricole del territorio amiatino. Grafici a destra, in alto: analisi relativa al territorio dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale; in basso: analisi relativa al territorio dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale (elaborazioni di Elisa Butelli e Arturo Regoli)

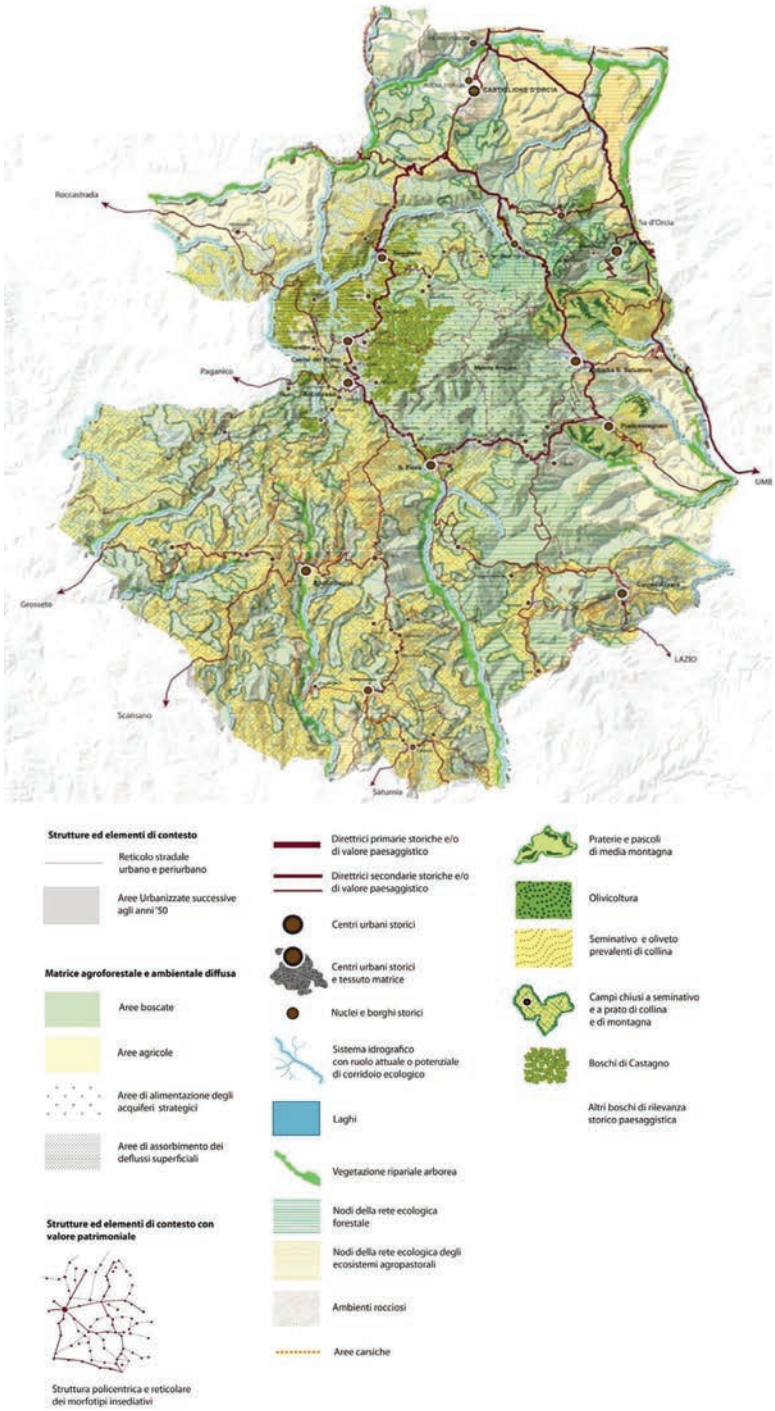


Fig. 88 Patrimonio territoriale dell'Amiata (fonte: Piano Paesaggistico della Regione Toscana, Ricomposizione dell'area di lavoro a partire dalle schede d'ambito n. 17 - Val d'Orcia e Val d'Asso n. 19 - Amiata)

Patrimonio territoriale e criticità

Patrimonio territoriale

Il patrimonio territoriale e paesaggistico è dato dall'insieme delle strutture di lunga durata prodotte dalla coevoluzione fra ambiente naturale e insediamenti umani. Si tratta quindi di una "rappresentazione valoriale" del territorio, mettendo in evidenza elementi e strutture che svolgono un ruolo determinante per il mantenimento e la riproduzione dei caratteri fondativi del territorio.

Il patrimonio territoriale dell'Amiata descritto in questo capitolo, così come quello del Mugello descritto nella parte successiva (parte quarta), deriva dall'analisi e sintesi dei contenuti del Piano Paesaggistico Regionale della Toscana, e in modo particolare della relativa scheda d'Ambito. In particolare, per l'area dell'Amiata, che così come individuata in questa ricerca comprende anche il comune di Castiglione d'Orcia, sono state analizzate e ricomposte nella cartografia le schede d'Ambito n. 17 e 19.

L'individuazione dei caratteri patrimoniali mette a sistema gli elementi valoriali relativi al sistema insediativo storico, al supporto idro-geomorfologico, quello ecologico e al territorio agroforestale. Vengono di seguito sintetizzati i principali elementi di valore dell'ambito, relativamente alla struttura insediativa e al territorio aperto.

Il territorio amiatino, caratterizzato da un paesaggio unico e da una struttura geologica peculiare, è contraddistinto da una serie di elementi patrimoniali legati alla genesi vulcanica di questa montagna. Per quanto riguarda la struttura insediativa, il passaggio tra montagna e collina è segnato da una serie di insediamenti di origine medievale disposti ad anello lungo il Monte Amiata, sia sul versante senese che grossetano, e localizzati in corrispondenza di un ricco sistema di sorgenti collocate alla congiunzione di due differenti tipi geologici. Questo genera una corona insediativa sviluppata nella fascia di contatto tra il castagneto e le aree agricole delle valli sottostanti. Sono presenti, inoltre, numerosi centri minori generalmente circondati da una corona o una fascia di coltivi e suoli terrazzati con oliveti o prati-pascolo. Per quanto riguarda il sistema delle strade, l'area amiatina è caratterizzata da una struttura storica articolata in una raggiera di strade che, discendendo i versanti, intercettano i borghi e i castelli collocati ai piedi del Monte ma in posizioni emergenti. La viabilità storica comprende anche gli antichi assi di transumanza che dalla montagna portavano al mare. Più in basso rispetto al Monte Amiata, sulle colline delle alte valli dell'Albegna e del Fiora, la struttura insediativa storica è organizzata in un sistema di centri disposti a ventaglio lungo le direttrici viarie. Un altro elemento di grande pregio patrimoniale che caratterizza il territorio è la presenza di un ricco sistema dei castelli, centri fortificati e strutture religiose.

Per quanto riguarda il territorio aperto, questo si articola in un ricco agromosaico caratterizzato dalla presenza di:

- Numerose e ampie aree boschive, specialmente nella zona sommitale della montagna, dove sono presenti principalmente faggete e castagneti;

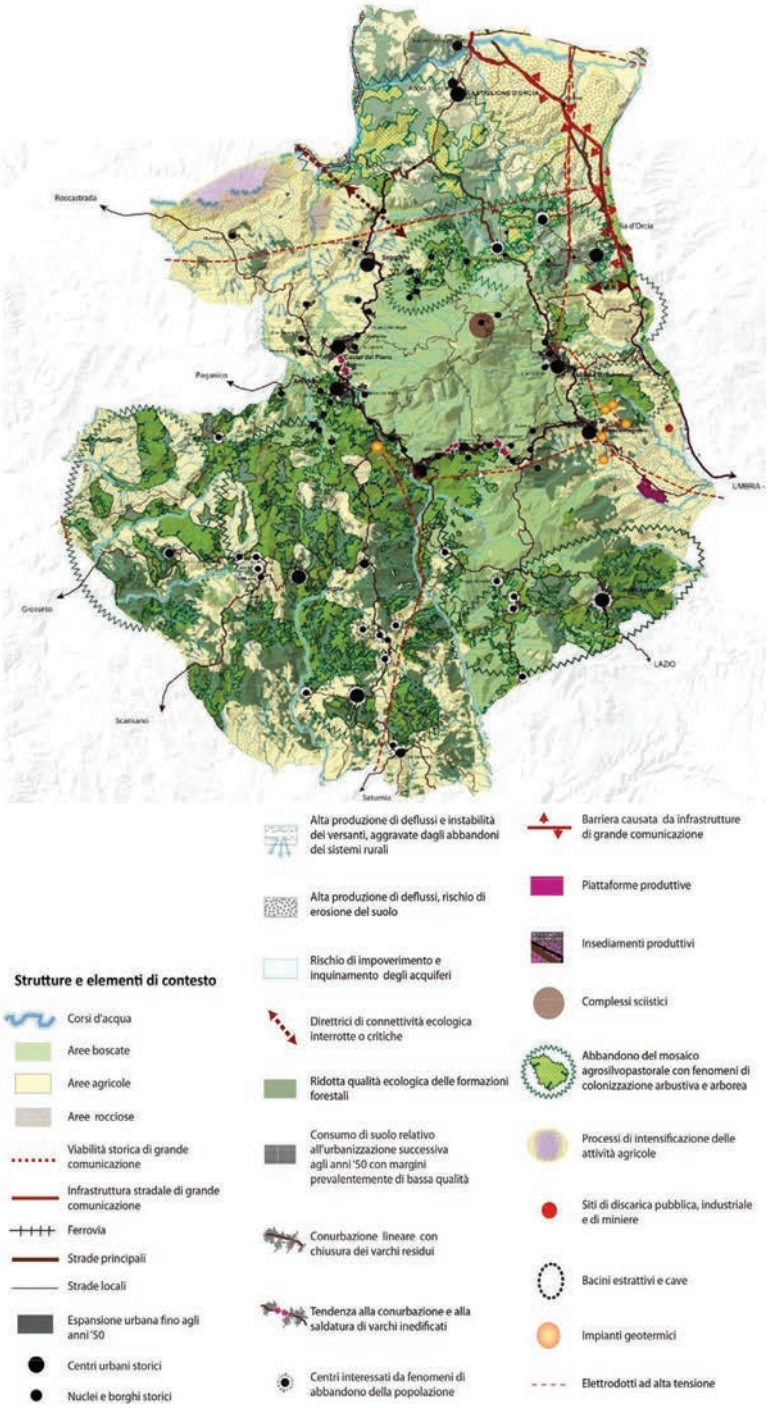


Fig. 89. Criticità territoriale dell'Amiata (fonte: Piano Paesaggistico della Regione Toscana, Ricomposizione dell'area di lavoro a partire dalle schede d'ambito n. 17 - Val d'Orcia e Val d'Asso n. 19 - Amiata)

- Un tessuto esteso di coltivi caratterizzati dalla complessità della maglia agraria, inframezzata da fitti reticoli di siepi, lingue di bosco, e altri elementi di corredo vegetazionale, posti lungo i confini dei campi e della viabilità poderale e interpoderale;
- I campi chiusi a seminativo con prati-pascoli e oliveti d'impronta tradizionale (talvolta alternati a seminativi), coltivi che si configurano come quelli con maggior pregio paesaggistico, e costituiscono per gran parte della loro estensione nodi della rete degli agroecosistemi.

Altri elementi di grande interesse patrimoniale sono:

- Le antiche attività minerarie, oggi organizzate nel Parco Nazionale Museo delle Miniere dell'Amiata;
- Gli ecosistemi fluviali e torrentizi, caratterizzati da ricchi sistemi delle acque e da una vegetazione ripariale arborea in parte classificata come habitat di interesse comunitario; è da sottolineare che molti corsi d'acqua si distinguono per la presenza di alvei larghi e ampi terrazzi alluvionali ghiaiosi, e che questi ecosistemi comprendono numerosi Siti Natura 2000 e/o di interesse regionale;
- Il sistema di fonti, abbeveratoi e di antichi manufatti idraulici.

Criticità

Le criticità sono intese come gli effetti delle pressioni (principalmente antropiche o legate a fattori idro-geomorfologici) che rischiano di alterare negativamente - talvolta in modo irreversibile - le qualità e le relazioni del patrimonio territoriale, pregiudicandone il mantenimento e la riproducibilità.

Come per il patrimonio territoriale, la descrizione delle criticità deriva dall'analisi e sintesi dei contenuti delle schede d'ambito del Piano Paesaggistico della Regione Toscana. Anche per questa analisi, per l'area amiatina sono state analizzate e ricomposte nella cartografia le schede d'Ambito n. 17 e 19, che individuano le criticità analizzando in modo interconnesso le quattro invarianti in relazione agli elementi patrimoniali sopra descritti.

Le principali criticità riscontrate sul territorio dell'Amiata sono:

- I processi di abbandono delle attività agro-pastorali e dei castagneti da frutto, che portano da una parte a una ricolonizzazione arbustiva ed arborea, e dall'altra alla scomparsa di habitat di interesse comunitario di alto valore faunistico e avifaunistico:
  - Si tratta di processi influenzati da fattori sociali ed economici tipici dei contesti montani e alto collinari in condizioni di marginalità (invecchiamento demografico, spopolamento dei centri abitati, ecc.);
- Fenomeni di urbanizzazione che, seppur limitati, mettono a rischio la leggibilità del sistema insediativo storico:
  - Si tratta di processi di crescita diffusa degli insediamenti, con addizioni incoerenti rispetto al contesto e ai nuclei originari; questo aspetto ha generato nel tempo e in alcuni luoghi fenomeni di saldatura dei centri lungo i principali assi stradali;

  - La causa di questo specifico elemento di pressione è legata principalmente alla modalità insediativa a corona dei nuclei storici del Monte Amiata e alle limitate disponibilità di aree favorevoli all'insediamento;
- Si possono inoltre riscontrate espansioni industriali e artigianali, localizzate principalmente nella Val di Paglia;
- Processi di artificializzazione delle sponde e delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua;
- Impatti causati dalle centrali geotermiche, poiché la geotermia, con le centrali, i campi pozzi e la relativa rete di gasdotti ed elettrodotti, ha inciso e sta incidendo in modo molto significativo sulla destinazione dei suoli agricoli o ex agricoli;
- Può inoltre essere inserita in questo elenco di pressioni critiche sul territorio anche la stessa struttura geologica del monte Amiata che contiene numerose sostanze potenzialmente inquinanti, per tale motivo le interazioni tra le attività geotermiche e le riserve idriche vanno attentamente monitorate.

Pianificazione locale

Gli atti di pianificazione comunale dei Comuni dell'ambito del Monte Amiata mostrano un livello di aggiornamento variabile, come riassunto nella tabella seguente. Non è stato possibile recuperare i documenti di pianificazione del Comune di Arcidosso dal sito web del Comune stesso.

Tab. 57. Atti di pianificazione comunale dei Comuni dell'ambito del Monte Amiata (consultati nel marzo 2022)

Comune	Piano strutturale	Piano operativo	Nuovi procedimenti
ABBADIA SAN SALVATORE (SI)	PS (L.R. 1/2005) - 2009	RU (L.R. 1/2005) – 2015	Procedimento per nuovo PS (L.R. 65/2014) - 2020
PIANCASTAGNAIO (SI)	PS (L.R. 65/2014) - 2019	Norme Tecniche d'attuazione del PRG – 1994	Procedimento per PO (L.R. 65/2014) - 2019
CASTEL DEL PIANO (GR)	PS (L.R. 5/1995) - 2005	PO (L.R. 65/2014) - 2018	
CASTELL'AZZARA (GR)	PS (L.R. 1/2005) - 2009	RU (L.R. 1/2005) - 2012	
CASTIGLIONE D'ORCIA (SI)	PS (L.R. 1/2005) - 2009	RU (L.R. 1/2005) - 2012	Procedimento per nuovo PS e PO intercomunale (L.R. 65/2014) - 2022
ROCCALBEGNA (GR)	PS (L.R. 1/2005) - 2010	RU (L.R. 1/2005) - 2015	
SANTA FIORA (GR)	PS (L.R. 1/2005) – 2011	RU (L.R. 1/2005) – 2016	
SEGGIANO (GR)	PS (L.R. 1/2005) - 2009	RU (L.R. 1/2005) – 2014	
SEMPRONIANO (GR)	PS (L.R. 5/1995) - 2006	RU (L.R. 5/1995)	

Dalla lettura dei documenti dei piani dei Comuni del Monte Amiata appaiono alcuni elementi ricorrenti legati al tema dei SE, anche se il concetto non è espresso esplicitamente:

- Il particolare pregio floristico e faunistico: aree boscate, alberi monumentali, corridoi ecologici, vegetazione ripariale;
- La quantità e qualità delle risorse idriche: acquiferi, sorgenti, fiumi, torrenti, laghetti, canali irrigui, fossi vegetati;
- La presenza di numerose aree protette: SIC e Riserve Regionali;
- Il paesaggio: campi chiusi, tessitura agraria a maglia fitta o media, viabilità storica, sentieri e percorsi poderali e vicinali, strade bordate da filari o siepi, strade panoramiche, emergenze storico-culturali, sistemazioni agrarie e idrauliche;
- Il paesaggio ipogeo: geositi, area carsica, area calanchiva, emissioni gassose, acque termali, gallerie minerarie, attività estrattive passate e attuali;
- Le problematiche dovute a frane e fenomeni erosivi.

In particolare:

- Per quanto riguarda le risorse idriche, i piani evidenziano la presenza di aree di salvaguardia a protezione e conservazione delle risorse idriche di interesse strategico, e in alcuni casi, riconoscono la possibilità di realizzare bacini collinari e vasche di accumulo ad uso plurimo;
- Per quanto riguarda i boschi, i piani sottolineano la presenza di castagni tra 600 e 1.000 metri, ad altitudini maggiori di faggi e alcune conifere, le quali derivano soprattutto dalle opere di reimpianto artificiale degli anni 70-80;
- Per quanto riguarda le aree agricole, i piani notano la debolezza dell'agricoltura, dell'allevamento, dell'agriturismo e del turismo rurale; un valore è riconosciuto alla presenza di attività agricole estensive, e alle molte produzioni caratteristiche; un fenomeno critico è l'abbandono delle campagne, delle residenze rurali, del patrimonio edilizio e territoriale; un'altra criticità è l'alta frammentazione fondiaria; sono inoltre presenti in alcune zone ampie proprietà demaniali, aree di uso civico e di proprietà collettiva; solamente nelle zone DOC Montecucco e DOP Olivastra è registrata l'espansione di vigneti e oliveti;
- Per quanto riguarda le principali criticità avvertite, esse sono legate alle campagne di ricerca di risorse geotermiche, e alla creazione di nuovi impianti di sfruttamento di tali risorse, e in alcuni casi alla compatibilità dell'area sciabile con la salvaguardia ambientale e paesaggistica.

Il principale riferimento per quanto riguarda le strategie per lo sviluppo territoriale, per l'area grossetana, è il PTCP della Provincia di Grosseto. Esso, all'art. 18 (Linee strategiche per la tutela attiva del patrimonio territoriale), indica come priorità per l'ambito dell'Amiata:

- Favorire l'attuazione della gestione forestale sostenibile degli habitat forestali, soprattutto nei castagneti situati nei versanti meridionali del Monte Amiata e la tutela delle importanti emergenze forestali diffuse;
- Favorire la conservazione della continuità della rete di infrastrutturazione paesaggistica costituita da siepi, lingue di bosco e altri elementi non colturali che strutturano la maglia agraria sul piano visivo e la diversificano dal punto di vista ecologico;

- Promuovere la valorizzazione dell'importante sistema di Aree Protette, caratterizzato da numerose Riserve Naturali istituite a tutela di preziose emergenze naturalistiche e paesaggistiche;
- Avviare azioni volte a contrastare i fenomeni di abbandono del territorio montano, promuovendo azioni e misure volte a rivitalizzare e riqualificare gli insediamenti montani in chiave multi-funzionale (abitativa, produttiva, di servizio e ospitalità) e ricostituire le loro funzioni storiche di presidio territoriale: favorendo il riuso del patrimonio abitativo esistente e sviluppandone le potenziali integrazioni con le attività agro-silvo-pastorali tradizionali (rete di ospitalità diffusa, agriturismi, ecc..); nonché promuovendo forme innovative per "riabitare la montagna" (villaggi ecologici, forme di cohousing) e per la conservazione e la promozione della cultura locale;
- Promuovere azioni volte a salvaguardare e valorizzare il patrimonio insediativo di antica formazione, con particolare riferimento al patrimonio edilizio storico-artistico, ai Luoghi della Fede e al sistema archeo-minerario, anche nell'ottica della loro messa in rete e fruizione integrata con le risorse paesaggistiche della costa maremmana e della Val d'Orcia;
- Favorire programmi e iniziative volti a tutelare e valorizzare la rete dei percorsi e delle infrastrutture storiche che attraversano l'ambito connettendolo ai sistemi collinari e costieri circostanti, con particolare riferimento alla viabilità storica di crinale e mezzacosta che cinge il Monte Amiata, alla viabilità coincidente con gli antichi assi di transumanza, come la Strada Amiatina da Arcidosso al mare; ciò anche nell'ottica di una loro integrazione con una rete della mobilità dolce per la fruizione paesaggistica del monte Amiata;
- Avviare azioni volte a contrastare i processi di abbandono del tessuto di coltivi e pascoli, anche attraverso politiche volte al recupero del patrimonio abitativo, all'incremento dei servizi alla residenza e alle aziende agricole e zootecniche, al miglioramento dell'accessibilità e alla riattivazione di economie agro-silvo-pastorali, con particolare riferimento alle aree in cui i fenomeni di abbandono sono più consistenti, vale a dire nella parte a carattere più marcatamente montano.

All'art. 19 (Linee strategiche per i sistemi territoriali: le aree interne), il PTCP, per sostenere la creazione di reddito e occupazione, assicurare agli abitanti l'accessibilità ai servizi pubblici essenziali, e migliorare lo stato del patrimonio territoriale, indica come priorità lo sviluppo di: pratiche agricole con effetti di miglioramento ambientale, paesaggistico e di difesa del suolo; valorizzazione delle risorse storico-naturali e delle produzioni tipiche locali; forme di turismo diffuso e sostenibile. Le principali azioni per le strategie locali che i Comuni possono definire negli strumenti della pianificazione territoriale e urbanistica riguardano:

- L'implementazione delle reti territoriali verdi, naturalistiche e rurali e delle attività produttive agricole e forestali;
- Lo sviluppo delle aree rurali del territorio puntando sullo sviluppo della produzione e/o commercializzazione dei prodotti tipici locali come vino, olio, castagna e funghi;

- Lo sviluppo del turismo legandolo alla valorizzazione delle identità locali (beni storico-culturali, prodotti locali, patrimonio forestale – faggeta e castagneto – etc.);
- Lo sviluppo di attività integrative e compatibili all'attività agricola finalizzate al sostegno del reddito agrario e alla valorizzazione delle risorse naturali, paesistiche e storico-culturali;
- Lo sviluppo di una rete rurale connessa con un sistema locale di risparmio e produzione energetica (offerta turistica e agrituristica, acque termali e geotermia, etc.);
- La valorizzazione in un sistema integrato dei percorsi e dei luoghi della spiritualità, delle attività minerarie, della cultura e delle identità locali, tramite azioni volte a promuovere la conoscenza dei valori culturali, artistici, religiosi ed etnoantropologici del territorio ed a sviluppare percorsi di turismo spirituale e culturale, integrati con la mobilità lenta, l'escursionismo, la valorizzazione delle risorse del territorio.

Queste potranno essere accompagnate da azioni che non attengono la natura e l'efficacia degli strumenti della pianificazione territoriale e urbanistica, riferite a:

- La nascita di "imprese di comunità";
- La definizione di misure di fiscalità differenziata.

Inoltre, all'art. 21 (Linee strategiche e disciplina per il territorio rurale), Il PTCP stabilisce come obiettivi per lo sviluppo rurale:

- Favorire la realizzazione di infrastrutture leggere ed attrezzature di supporto ad una fruizione turistico-ricreativa del territorio rurale quali la viabilità pedonale-ciclabile, attrezzature per funzioni sportivo-ricreative e per attività di servizio collegate a tali forme di fruizione;
- Promuovere produzioni agricole innovative che contemplino la qualità del prodotto con l'esigenza di minore impatto ambientale, nonché usi agricoli produttivi attenti anche alla qualità del paesaggio, che contribuiscano alla realizzazione coordinata delle reti ecologiche;
- Incentivare forme di conduzione agricola multifunzionale attraverso l'offerta di servizi volti a soddisfare la domanda di fruizione turistico–ricreativa sostenibile;
- Incentivare il contenimento dell'utilizzazione di prodotti agro-chimici attraverso il sostegno delle colture integrate e biologiche;
- Incentivare la produzione di beni agro-alimentari di qualità e fortemente connotati territorialmente;
- Orientare le attività agricole a diversificare e completare l'offerta turistica.

Il PTCP afferma inoltre che, in conseguenza della riconosciuta centralità del territorio rurale ai fini dello sviluppo provinciale, chiunque intervenga a mantenere o trasformare tale territorio è investito dalla collettività di un'alta responsabilità gestionale. Ove correttamente onorata, tale responsabilità dev'essere considerata, in un'ottica concretamente perequativa, ai fini di un'attribuzione compensativa di diritti, prerogative e disponibilità di risorse.

Infine, secondo l'art. 23 (Linee strategiche per il coordinamento provinciale e lo sviluppo delle reti di fruizione lenta del territorio e del paesaggio), le infrastrutture blu e verdi fanno parte del patrimonio territoriale come azione strategica. Il ruolo delle infrastrutture verdi e blu non è solo ambientale o ecologico; esse accrescono il valore economico dei territori e forniscono nuove opportunità di lavoro a livello locale configurandosi come:

- Reti di suoli permeabili e di elementi della naturalità che attraversano i territori e permeano gli ambiti urbani, entrando fino a migliorare le condizioni microclimatiche urbane e la qualità dell'aria;
- Opportunità di investimento per le politiche di decarbonizzazione;
- Contributo alle politiche di difesa dai rischi idraulici, idrogeologici e sismici;
- Ambiti per interventi di bonifica e riuso a fini collettivi di spazi abbandonati e degradati (suoli e corpi idrici inquinati, aree marginali);
- Occasioni per il contributo di soggetti sociali e imprenditoriali attivi nella gestione pattizia di beni comuni e nella costruzione di economie circolari.

I progetti delle infrastrutture blu e verdi tendono alla:

- Valorizzazione del paesaggio e della biodiversità;
- Realizzazione di strategie di resilienza e di adattamento climatico, anche nel riequilibrio fra costa ed entroterra;
- Costruzione di reti di aziende agricole ad alto impatto ecologico ed economico sul territorio.

Sempre secondo l'art. 23, i progetti delle infrastrutture verdi e blu nel territorio contribuiscono alle politiche e alle azioni per le aree interne, tendendo a obiettivi come:

- Salvaguardare i caratteri idro-geo-morfologici ed ecosistemici dei paesaggi alto collinari e montani, come quello amiatino, interessati da diffusi fenomeni di marginalizzazione, abbandono e spopolamento;
- Salvaguardare i paesaggi fluviali dell'Ombrone, del Fiora, dell'Albegna e dell'Orcia, ma anche della rete torrentizia presente nel territorio provinciale grossetano, conservando e migliorando la qualità ecosistemica e il grado di continuità ecologica degli ambienti fluviali e torrentizi, razionalizzando le captazioni idriche e migliorando i livelli di sostenibilità delle attività di gestione della vegetazione ripariale;
- Contribuire alla costruzione di un sistema di monitoraggio e difesa degli acquiferi, delle sistemazioni idrauliche e delle frane e alla definizione delle pericolosità e dei progetti di messa in sicurezza;
- Connettere i Parchi e le Aree Protette.

Analisi della rassegna stampa

Al fine di evidenziare i principali punti di discussione a livello degli attori locali sui temi riguardanti i SE, è stata effettuata un'analisi degli articoli apparsi sul quotidiano locale "Il Tirreno" dal 01/01/2019 al 31/12/2021 e riguardanti l'ambito del Monte Amiata.

Per quanto riguarda le risorse idriche, i temi rilevanti sono stati:

- L'importanza delle riserve idriche dell'Amiata per le province di Grosseto e Siena, e lo scarso riconoscimento di questo servizio fornito dal territorio a un ambito più vasto;
- Alcuni progetti di valorizzazione delle sorgenti e dei sentieri in ottica turistico-ricreativa;
- Preoccupazioni per le eccessive captazioni, la diminuzione dei livelli dei pozzi e dei torrenti, la siccità.

Per quanto riguarda i boschi:

- Posizioni diverse in merito alla sentenza del Consiglio di Stato che confermava il parere vincolante della Soprintendenza dei Beni Culturali per l'utilizzazione dei boschi (es. taglio): da un lato si sosteneva che questo allungasse i tempi e aumentasse i costi, rischiando di mettere a rischio centinaia di posti di lavoro e di innescare la perdita del paesaggio rurale tradizionale; dall'altro lato si sosteneva che "le foreste non sono cataste di legna" e che l'economia non avrebbe sofferto per questa ulteriore autorizzazione;
- Un dibattito sulla migliore gestione del bosco, intorno alla scelta tra il ceduo semplice (inizialmente vietato dalla Soprintendenza) o composto, oppure l'alto fusto: da un lato si sosteneva che il ceduo semplice è la forma di gestione tradizionale dei boschi amiatini, mentre il ceduo composto è inapplicabile al castagno, e l'alto fusto necessita di un maggiore sostegno finanziario; dall'altro lato si sosteneva che l'alto fusto e il ceduo composto sono in grado di garantire la stessa produzione legnosa del ceduo semplice e anche di aumentare il valore aggiunto, uscendo dalla monocoltura della paleria e convertendo la produzione in assortimenti più pregiati e remunerativi;
- La lotta al Cinipide del castagno;
- Problemi legati alla gestione faunistica: le devastazioni delle abitazioni da parte dei cinghiali; le predazioni dei greggi da parte dei lupi; l'abbandono del Parco del Monte Labbro.

Grande risalto ha il tema della geotermia:

- I Comuni interessati e il Cosvig (Consorzio per lo sviluppo delle aree geotermiche) che chiedevano: il rinnovo delle concessioni prima dell'attuale scadenza nel 2024; una deroga rispetto alle norme che impongono una gara per gli impianti in scadenza; di inserire la geotermia nella voce dedicata alla produzione di energia da fonti rinnovabili nel recovery plan; e maggiori incentivi per la geotermia nel prossimo decreto sulle fonti rinnovabili (fer2);
- La sentenza del Consiglio di Stato che chiariva che gli impianti geotermici devono essere soggetti ai vincoli di tutela ambientale, anche se producono energia rinnovabile;
- Il dibattito tra gli attori locali che vede posizioni molto contrastanti: da un lato, si riconosce la geotermia come un valore aggiunto per la ripresa economica, una leva di crescita e sviluppo per i territori, e uno strumento per consentire la transizione energetica della regione; dall'altro, si sostiene che

devono essere considerate le vocazioni dei territori toscani, e che mentre la Valdicecina è da sempre legata alla geotermia, sull'Amiata nuovi impianti andrebbero a scontrarsi con altre peculiarità locali, e lascerebbero molti dubbi per la salute dell'uomo, perché il sottosuolo è ricco di gas e metalli;

- I movimenti e comitati ambientalisti che sostengono che le centrali ad alta entalpia per funzionare hanno bisogno di infrastrutture molto impattanti, mentre sarebbero favorevoli alla realizzazione di impianti di geotermia a bassa entalpia, che garantirebbero ai cittadini di approvvigionarsi di energia a costo quasi zero e darebbero lavoro stabile a migliaia di tecnici e artigiani, in misura superiore all'occupazione collegabile alle grandi centrali geotermiche;
- Rispetto all'inquinamento, la relazione finale della Commissione parlamentare Ecomafie ha messo in luce la contaminazione da mercurio del fiume Paglia dovuta alla presenza delle vecchie miniere, mentre alcune associazioni affermano che le miniere sono già in gran parte bonificate e che l'inquinamento è dovuto alle centrali geotermiche; anche la contaminazione da tallio, comparso inaspettatamente nel sangue degli amiatini sottoposti alle indagini di InVetta - studio epidemiologico commissionato da Regione Toscana a ARS - secondo Arpat non è significativa e non di origine geotermica.

Per quanto riguarda la politica e la società civile, appaiono:

- Iniziative ed eventi contro lo sfruttamento della risorsa geotermica e il taglio indiscriminato dei boschi;
- I progetti di rivitalizzazione dei borghi portati avanti dalle Cooperative di Comunità;
- Il successo delle iniziative per sviluppare il telelavoro a Santa Fiora durante la pandemia;
- La proposta di varie associazioni e comitati di istituire un Parco Nazionale del Monte Amiata, lanciata con una raccolta firme, per contrastare il sovrasfruttamento, in particolare da parte della silvicoltura;
- La nascita di un coordinamento di associazioni ed enti interessati allo sviluppo turistico e alla conservazione dei siti ex minerari (il Museo delle miniere dell'Amiata è nato nel 2002, ma al momento è pressoché paralizzato e molti dei siti individuati inizialmente sono in abbandono e sempre più difficilmente recuperabili);
- Alcune problematiche politiche e difficoltà di collaborazione all'interno dell'Unione dei Comuni dell'Amiata Grossetana.

16. Coinvolgimento degli attori locali

Interviste agli attori del territorio

Individuazione degli intervistati

Secondo la metodologia proposta, che considera indispensabile il coinvolgimento delle comunità, sono state effettuate interviste (alcune telefoniche, altre direttamente sul territorio) ad attori locali privilegiati-istituzionali, privati (aziende agricole) e legati al mondo del terzo settore (associazioni e comitati), al fine di comprendere al meglio le peculiarità locali, i temi centrali e le istanze del territorio (le interviste complete sono riportate in modo completo nel rapporto di ricerca consegnato alla Regione Toscana).

La tabella seguente riassume gli attori intervistati per l'Amiata.

Tab. 58. Attori locali intervistati per l'Amiata

Attore	Tipologia	Ruolo
Claudio Galletti	Sindaco di Castiglione d'Orcia	Amministratore locale
Fabrizio Tondi	Sindaco di Abbadia San Salvatore	Amministratore locale
Daniele Rossi	Sindaco di Seggiano	Amministratore locale
Michele Bartalini	Sindaco di Castel del Piano	Amministratore locale
Jacopo Marini	Sindaco di Arcidosso	Amministratore locale
Federico Balocchi	Sindaco di Santa Fiora	Amministratore locale
Massimo Galli	Sindaco di Roccalbegna	Amministratore locale
Maurizio Coppi	Sindaco di Castell'Azzara	Amministratore locale
Luciano Petrucci	Sindaco di Semproniano	Amministratore locale
Roberto Renai	Presidente di Acquedotto del Fiora spa	Gestore del servizio idrico locale
CdC Ecosistema Comunale	Cooperativa di Comunità di Castell'Azzara	Organizzazione di cittadini attiva nella promozione del territorio
CdC Davide Lazzaretti	Cooperativa di Comunità di Roccalbegna	Organizzazione di cittadini attiva nella promozione del territorio
CdC Il Borgo	Cooperativa di Comunità di Montelaterone (Arcidosso)	Organizzazione di cittadini attiva nella promozione del territorio
CdC Parco Vivo	Cooperativa di Comunità di Vivo d'Orcia (Castiglione d'Orcia)	Organizzazione di cittadini attiva nella promozione del territorio

Attore	Tipologia	Ruolo
Mario Apicella	Portavoce del Biodistretto del Monte Amiata	Esperto sull'agricoltura locale e promotore dell'agricoltura biologica
Mammolotti Cinzia	Presidente del Comitato Salvaguardia Ambiente del Monte Amiata	Attivista locale sulle tematiche ambientali
Lazzarelli Tiziano	Membro del Comitato Salvaguardia Ambiente del Monte Amiata	Esperto forestale locale
Irene Mazza	Portavoce dell'Associazione Universo Amiata	Attivista locale sulle tematiche ambientali

Schede di intervista

Le interviste sono state condotte seguendo una scheda composta da cinque domande che hanno permesso di affrontare in modo completo tutti i principali aspetti rilevanti emersi dall'analisi del patrimonio territoriale e delle criticità, dai documenti della pianificazione, e dalla rassegna stampa:

- Quali sono i punti di forza e le criticità più rilevanti dal punto di vista socio-ambientale ed economico del territorio?
- Le sorgenti dell'Amiata sono una risorsa preziosa per buona parte degli abitanti di Siena e Grosseto. Ci sono delle criticità per il territorio legate a queste captazioni? In generale, l'amministrazione ha dei programmi per migliorare/valorizzare l'uso delle risorse idriche?
- La gestione a ceduo dei castagneti del Monte Amiata è stata oggetto di contenziosi con la Soprintendenza (per le autorizzazioni). Quali sono stati i risvolti sociali ed economici di questo contenzioso? Cosa ne pensa dell'idea di riconvertire il ceduo composto a fustaia? È una pratica sostenibile dal punto di vista sociale, ambientale, economico?
- L'Amiata è un territorio dove alcune risorse sono oggetto di un'intensa utilizzazione (es. geotermia e silvicoltura) e, per questo motivo, alcune associazioni e cittadini hanno chiesto l'istituzione del Parco Nazionale dell'Amiata. Come si pongono le istituzioni rispetto a questo scenario?
- Quali sono le istanze dei cittadini e delle associazioni più attive sul territorio riguardo ai temi socioeconomici e ambientali?

Principali temi emersi

I principali temi emersi dalle interviste possono essere distinti tra quelli che si riferiscono a elementi di valore del territorio, e quelli che si riferiscono a elementi di criticità. Sia per gli elementi di valore che per le criticità, inoltre, si possono distinguere elementi condivisi da tutti gli attori intervistati ed elementi non condivisi da tutti, o emersi solo raramente.

Gli elementi di valore condivisi possono essere così schematicamente riassunti:

La biodiversità: più di 1500 tipi di specie di piante presenti sul territorio; faggete tra le più grandi d'Europa e ampie zone di castagneti da frutto;

- L'acqua: risorsa non solo per il territorio della montagna ma anche (e soprattutto) per le provincie di Siena e Grosseto; l'Amiata è un bacino imbrifero

importantissimo (fornisce acqua a circa 700.000 persone) e le sorgenti del Fiora forniscono circa 1000 l/s;
- I prodotti alimentari di nicchia: che crescono solo in questi particolari suoli di terra vulcanica, ad esempio i vini e i marroni amiatini, molto diversi da quelli del resto dell'appennino; sul territorio sono presenti anche la Comunità del Cibo e il Biodistretto del Monte Amiata che lavorano per tutelare e valorizzare l'agricoltura locale;
- I borghi storici: collocati all'altezza delle sorgenti nel cono vulcanico;
- La storia e cultura: castelli, pievi, abbazie e luoghi di grande interesse storico-culturale; da questi luoghi passava anche la Francigena che arrivava proprio all'Abbazia di San Salvatore;
- Una propria spiritualità peculiare: il culto giurisdavidico;
- La cittadinanza attiva: molte associazioni presenti sul territorio.

Fra gli elementi di valore non condivisi da tutti gli attori ma in alcuni casi emersi si possono considerare:
- L'ambiente e il paesaggio: integri e non inquinati; grandi boschi, aria pulita, paesaggio unico sono elementi chiave per richiamare visitatori e nuove famiglie; tutti sottolineano come il territorio dell'Amiata abbia grandi pregi ma alcuni soggetti sottolineano come la geotermia e il taglio dei boschi stiano inquinando l'ambiente e trasformando il paesaggio;
- La geotermia;
- La produzione di legname;
- I minerali: l'Amiata è stato luogo di minatori per oltre un secolo, soprattutto nei comuni di Abbadia San Salvatore, Piancastagnaio, Castell'Azzara e Santa Fiora;
- Le telecomunicazioni: l'Amiata è un luogo strategico per via della sua conformazione, sulla vetta è collocata una grande antenna che permette le comunicazioni dalla Sicilia alla Francia senza interferenze; attualmente i Comuni dell'Amiata stanno cercando di mettere la fibra su tutto il territorio in modo da incentivare le persone a tornare grazie allo smart working.

Gli elementi di criticità del territorio condivisi da tutti gli attori possono essere così schematicamente riassunti:
- Lo spopolamento: mancanza di ricambio generazionale in molte attività, costrette a chiudere;
- La mancanza di servizi: alcune coop di comunità hanno avviato attività per ovviare a questo problema, organizzando centri estivi, corsi per adulti e bambini, servizi navetta, servizi per il pagamento di bollettini, etc.
- Le strade in condizioni inadeguate: soprattutto quelle provinciali utilizzate dai mezzi pesanti che operano nei boschi per i tagli;
- Il mancato riconoscimento al territorio per il forte sfruttamento delle risorse idriche e i numerosi (legittimi) vincoli: le risorse idriche sono ampiamente sfruttate e in alcuni Comuni si manifesta, anche a seguito dei cambiamenti

climatici, una carenza d'acqua nei mesi estivi; il ritorno economico sul territorio è scarso;
- Le divisioni a livello di indirizzo politico e di gestione dei servizi pubblici: ad esempio i servizi sanitari; difficoltà di riconoscere che l'Amiata è come un'unica isola e deve rimanere unita.

Gli elementi di criticità non condivisi possono essere così riassunti:
- La geotermia: che genera fonte di inquinamento dell'aria e abbassamento della falda, a causa della fuoriuscita di ingenti volumi di vapori; i sindaci dei comuni geotermici non sono d'accordo, e sottolineano invece come molti studi mettano in luce che la geotermia non pone gravi rischi né per il territorio né per gli abitanti;
- Lo sfruttamento intensivo delle foreste: soprattutto quelle di castagno; l'eccessivo sfruttamento genera dissesti idrogeologici, diminuzione della capacità di ricarica delle falde, distruzione del paesaggio nelle aree di taglio raso, diminuzione della biodiversità e degli habitat, distruzione dei sentieri nel bosco;
- Le attività di mountain bike nei boschi: che generano fenomeni erosivi, aumentano il ruscellamento e scoprono le radici degli alberi; inoltre, per far passare meglio le biciclette e creare percorsi accattivanti vengono snaturati e modificati i sentieri storici.

Sono emerse dalle interviste, inoltre, alcune linee di progettualità futura:
- Progetti culturali: ad esempio per la promozione di residenze artistiche nei borghi storici, e per la realizzazione di opere di Street Art; verranno messi a disposizione muri per i murales, e organizzate mostre all'interno di spazi prestigiosi come il castello di Triana;
- Progetti per l'installazione sul territorio della connessione a banda larga: per incentivare i giovani già trasferiti nelle città, o altre persone, a tornare, o trasferirsi, sul territorio lavorando comodamente e senza problemi in smart working;
- Progetti per la ricettività diffusa: ostelli, appartamenti, sentieri da trekking e per mountain bike, etc;
- Progetti per altri cinque impianti geotermici: che nei prossimi anni raddoppieranno l'energia prodotta, grazie a un accordo tra Regione Toscana, ENEL Green Power, Sorgenia e i Comuni dell'Amiata favorevoli allo sfruttamento geotermico.

Per ciò che concerne la fornitura dei SE, il tema principale che emerge dall'analisi delle interviste è quello della fornitura dell'acqua e della salvaguardia della sua qualità.

Il mantenimento delle caratteristiche quali-quantitative delle risorse idriche è infatti uno dei principali interessi dell'ambito dell'Amiata e, parallelamente, viene sottolineato come a fronte di un grande impegno di tutela delle risorse da parte del territorio, non ci sono adeguati ritorni provenienti dai territori beneficiari.

Analisi SWOT basata sulle analisi effettuate

La tabella seguente mostra la matrice SWOT (Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats – Punti di forza, Punti di debolezza, Opportunità, Minacce) che riepiloga i principali punti di forza e di debolezza, e le principali opportunità e minacce, così come emerse da tutte le analisi effettuate per l'ambito dell'Amiata, precedentemente esposte.

Tab. 59. Analisi SWOT per il territorio dell'Amiata

Punti di forza (aspetti interni) Buone portate delle sorgenti Ricchezza dell'acquifero Principale fonte di rifornimento idrico per le province di SI e GR Alta qualità delle acque Alta presenza dell'associazionismo locale e delle Cooperative di Comunità Bellezza del paesaggio	**Punti di debolezza (aspetti interni)** Abbassamento delle falde Diminuzione delle portate dei fiumi e torrenti in secca Fauna ittica scomparsa (nei torrenti in secca) Scarsa manutenzione di fossi e torrenti Dissesti idrogeologici Abbandono delle attività agro-pastorali e forestali Potenziale inquinamento da attività geotermiche Scarso coordinamento fra Enti Pubblici Molti vincoli per tutelare la risorsa idrica e nessun beneficio per i soggetti «custodi»
Opportunità (agenti esterni) Costruzione di piccoli invasi artificiali Valorizzazione della multifunzionalità delle foreste e del territorio (per creazione di occupazione) Conversione verso il biologico e l'agroecologia delle aziende agricole Attività di sensibilizzazione e educazione dei cittadini e dei bambini sui temi della sostenibilità dell'acqua Incremento del coordinamento fra i Comuni per sviluppare progettualità condivise a livello d'ambito Attività turistiche, ricreative e culturali legate al patrimonio idrico	Minacce (agenti esterni) Cambiamento climatico Cambiamento quali-quantitativo delle precipitazioni (riduzione totale e aumento eventi estremi) Sfruttamento delle risorse naturali e del paesaggio (Geotermia, Ripetitori, Emungimento della risorsa idrica, Agri-fotovoltaico?)

Focus group sul territorio

Per riportare gli esiti delle indagini svolte e discutere sui possibili progetti di valorizzazione dei Servizi Ecosistemici del territorio dell'Amiata, è stato svolto un focus group sul territorio. L'incontro pubblico di discussione, organizzato in collaborazione con Anci Toscana, è avvenuto mercoledì 13 luglio 2022 alle 15.30 a Santa Fiora. È iniziato con il saluto del Sindaco, Federico Balocchi, di Luca Marmo, responsabile Anci Toscana Politiche per la montagna, e di Matteo Biffoni, sindaco di Prato e presidente di Anci Toscana. La discussione è sta-

ta introdotta da Daniele Rossi, sindaco di Seggiano e presidente dell'Unione dei Comuni dell'Amiata Grossetana, Andrea Sbandati (Cispel Toscana), Lucia Cecchi (Autorità Idrica Toscana), Marco Bottino, presidente di Anbi Toscana, e Alessio Giunti (Acquedotto del Fiora spa); Dopo la presentazione della ricerca, il focus group ha visto la partecipazione di Massimo Miniati, responsabile della Cooperativa di Comunità "Ecosistema Comunale" di Castell'Azzara, di Marco Allocco, di SEACoop, di Cinzia Mammolotti, presidente del Comitato Salvaguardia Ambiente del Monte Amiata, e di altri sindaci, rappresentanti di altre associazioni locali, e cittadini.

Durante i saluti istituzionali è stato ribadito che il tema della ricerca è un tema fondamentale per la gestione e programmazione regionale che deve trovare risposte efficaci alla domanda: *come evitare che le persone che vivono nei borghi e paesi della montagna dell'Amiata e dell'Appennino costrette ad abbandonare la propria comunità?*

Allo stesso tempo, è chiaro che molte risorse ambientali usate in città provengono da questi territori marginali che stanno facendo molti sacrifici per garantirsi una vitalità socioeconomica. Per mantenere il sistema complessivo della città-montagna in equilibrio, occorre sviluppare una legislazione dedicata, specifica, e condivisa con gli attori del territorio per garantire alle comunità della montagna risorse sufficienti per salvaguardare e tutelare questi territori.

Ad esempio, all'Amiata, che fornisce l'acqua a molte persone nelle città di Grosseto e Siena, occorre dare non compensazioni, ma opportunità di soddisfare le necessità del territorio. Nella programmazione regionale, è importante partire da questi territori perché sono la parte più fragile e in difficoltà, e allo stesso tempo sono anche quella che genera risorse per la sostenibilità complessiva della Toscana. Nell'Amiata, in particolare, questo accade per le risorse idriche.

Nell'Amiata, in particolare, dev'essere superata la divisione fra Grosseto e Siena, e deve tornare a essere una montagna unica, come di fatto è perché la frammentazione amministrativa impedisce di cogliere appieno le potenzialità e le ricchezze che la montagna può offrire.

È stato riconosciuto che nelle politiche regionali c'è un'attenzione maggiore verso le aree interne e marginali, ma non è ancora sufficiente: i servizi pubblici sono ancora scarsi, e la gente è spinta verso le città.

Secondo gli esponenti locali, il tema dell'acqua evidenzia una doppia iniquità: i prelievi a beneficio dei più ampi territori delle province di Siena e Grosseto hanno già procurato dei danni sin da quando sono iniziati, più di cento anni fa, alla fine dell'800, portando alla chiusura di opifici, mulini, cartiere, ferriere, e azzerando l'economia della montagna; al giorno d'oggi, viene prelevata sempre più acqua, e il territorio è clamorosamente impoverito tanto che tutti i corsi d'acqua hanno ridotto le loro portate.

Questo problema è sempre più evidente anche a causa dei cambiamenti climatici. Per affrontare i cambiamenti nei regimi di precipitazione è necessario realizzare invasi artificiali (di piccole-medie dimensioni) nelle aree montane per-

ché questo significherebbe impedire le erosioni e i dissesti, e soprattutto mantenere un minimo di riserva d'acqua per i cittadini del territorio, che allo stato attuale vedono soltanto i massicci prelievi di una risorsa che potrebbe generare ricchezza, ma che non lo fa perché è in grandissima parte esportata nelle aree urbane. L'Amiata, considerata nel suo insieme, è un sistema ecologico che correttamente gestito può portare più benefici agli abitanti del posto, e contestualmente anche a quelli delle valli, ma occorrono azioni concrete.

L'introduzione al dibattito si è avviata con un riassunto del quadro normativo della ricerca, in particolare delle previsioni della Direttiva Quadro sulle Acque e la disciplina dei costi ambientali e della risorsa (ERC) a livello europeo e italiano.

La componente tariffaria ERC stabilita dall'ARERA attualmente copre i canoni di estrazione, i canoni di attraversamento, e altri fattori che erano già presenti nella fiscalità, mentre sembra che non sia stata ancora colta l'idea del Parlamento Europeo di sfruttare questa componente tariffaria (come già avviene in altri paesi) per far sì che siano retribuiti anche gli interventi di protezione, di conservazione, di miglioramento quali-quantitativo della risorsa operati da quei soggetti (comunità locali, aziende agro-forestali, ecc.) che, attraverso le buone pratiche o il rispetto dei vincoli, consentono la riproduzione quali-quantitativa della risorse idrica.. Questa possibilità può essere, quindi, utilizzata per fare delle operazioni che non diano compensazioni, ma portino a un riequilibrio territoriale.

È necessario capire come usare lo strumento degli ERC, insieme all'Autorità Idrica Toscana (AIT) e all'ARERA. Insieme all'AIT, ai gestori e ai Comuni soci e titolari della concessione attraverso ipotesi di progetti pilota sperimentali, verificarne l'efficacia e, eventualmente, farli diventare progetti strutturali remunerati utilizzando la componente tariffaria ERC.

Il pagamento dei SE dentro gli ERC non deve configurarsi come un semplice sussidio, ma come un vero e proprio servizio (volontario, d'impresa, pubblica, ecc.) finalizzato a conservare e migliorare in quantità e qualità le risorse idriche.

Gli interventi possono essere attuati in varie direzioni: si possono fare progetti orientati a trattenere, conservare la risorsa idrica, per evitarne la dispersione combattendo anche l'erosione, e migliorandone la qualità. Questo può essere fatto favorendo e incentivando alcune tipologie di agricoltura o pratiche agricole conservative nelle aree montane evitando la produzione di esternalità negative a valle e in pianura dove gli interventi di "riparazione" sono poi più complicati, costosi e con investimenti tecnologici.

Per questo, è necessario fare delle valutazioni economiche (analisi costi/benefici) e capire come generare questi meccanismi di integrazione al reddito che non sono sussidi, ma il pagamento di attività che producono benefici alla collettività, ma al tempo stesso, potrebbero migliorare la vita delle persone e delle comunità dei territori montani.

Anche se questo potrà comportare un piccolo aumento tariffario, con una di comunicazione accurata questo può essere spiegato ai cittadini anche perché, a lungo termine, potrebbero verificarsi anche delle riduzioni.

Attualmente, l'ARERA ha esplicitato quali sono i costi ambientali che possono essere riconosciuti, inserendo sia i costi di investimento, sia i costi operativi sostenuti dai gestori per la tutela della risorsa, per la mitigazione del danno ambientale, ma anche i costi degli oneri locali finalizzati alla tutela della risorsa e alla mitigazione e riduzione dei danni ambientali, e anche al costo-opportunità della risorsa, che è forse l'aspetto che interessa di più.

L'ARERA ha aperto ad un possibile dialogo su questi aspetti considerando che già alcune Regioni (es. Piemonte) in Italia hanno previsto con legge regionale che una quota parte della tariffa destinata alla tutela degli ecosistemi e dei corpi idrici. La Regione Toscana prevede una quota parte dei canoni destinata a questa voce, ma non una quota parte della tariffa del servizio idrico integrato. Quindi la possibilità di sviluppare proposte finalizzate alla realizzazione di interventi di tutela e valorizzazione degli ecosistemi e delle risorse idriche esiste ma è chiaro che non si deve perdere di vista che le risorse idriche sono utilizzate non soltanto dal servizio idrico integrato ma anche dalle industrie, dall'agricoltura, e che quindi intervenire sulla tariffa spalma su tutti ciò che è, comunque, una quota parte del danno ambientale. L'AIT avrebbe interesse a partecipare a una proposta pilota concreta in questa direzione, da presentare all'ARERA, che, alla fine, deve esprimersi su quali tipologie di costi possono essere inseriti in tariffa da parte di AIT. Attualmente la definizione di ERC dell'ARERA è piuttosto vaga che l'AIT sta aspettando proposte più concrete. Ovviamente tenendo anche conto del fatto che, dopo una proposta pilota, estenderla a tutti i Comuni della Toscana può avere un certo impatto sulla tariffa, che è già alta nella regione.

La discussione si è poi spostata su aspetti più congiunturali, legati alle eccezionali condizioni climatiche dell'anno 2022, che ha fatto registrare una forte scarsità di precipitazioni (condizioni che, se quest'anno sono state particolarmente accentuate, è molto probabile che si ripresentino con sempre maggior frequenza nei prossimi anni, nell'area mediterranea). I Consorzi di Bonifica, negli ultimi anni, sono passati infatti da avere come compito principale quello di tutelare le comunità dalle alluvioni, a quello di tutelarle dalla siccità, che è un problema drammatico. I Consorzi propongono di valutare la possibilità di costruire invasi artificiali. L'uso antropico dei fiumi, infatti, in molti casi, li ha ridotti a carattere torrentizio, e questo comporta molti problemi. In questi anni la Regione, attraverso il Genio Civile, i Consorzi di Bonifica e le Unioni dei Comuni montani, ha promosso molti interventi per ridare sicurezza, dignità e bellezza ai corsi d'acqua, e hanno mostrato che se le manutenzioni si fanno di concerto con le amministrazioni comunali, dovunque si riesce a garantire sicurezza e, al tempo stesso, liberare la bellezza dei corsi d'acqua e di porzioni straordinarie del territorio.

I Consorzi di Bonifica hanno presentato diversi progetti di invasi nel piano nazionale. Nell'Amiata, ad esempio, non possiamo parlare di invasi di grandi dimensioni, ma i Consorzi hanno pensato di dare vita a un "piano laghetti", da presentare alla Regione. In passato, le aziende agricole di un territorio molto aperto e poco montuoso come l'Amiata, sicuramente avevano ognuna un laghetto di approvvigionamento, ma molti sono stati abbandonati perché gestire un laghetto ad uso irriguo prevede procedure molto farraginose, e perché la vite e l'ulivo, le colture dominanti, non avevano mai avuto bisogno di irrigazione. Purtroppo, oggi, con le nuove condizioni climatiche, per garantire produzioni vitivinicole e olivicole di qualità è necessario avere a disposizione anche l'acqua.

Pertanto, un piano laghetti gestito dai Consorzi di Bonifica consentirebbe di risolvere una buona parte dei problemi dell'agricoltura in Toscana e, al tempo stesso, alleggerire la vita agli agricoltori semplificando il loro lavoro, dal punto di vista delle procedure. Ma i laghetti hanno la caratteristica della multifunzionalità: d'inverno servono per invasare le quantità d'acqua in eccesso che ci sono nei fiumi, d'estate servono per lottare contro la siccità o come invasi antincendio. Queste sono cose semplici da fare e poco costose che risolverebbero i problemi dei territori.

L'Amiata è il fulcro della gestione dell'acqua per le due province di Siena e Grosseto: quasi la metà dell'acqua delle due province viene dall'Amiata. Le due dorsali del Fiora e del Vivo sono infrastrutture fondamentali per tutto il territorio, che Acquedotto del Fiora spa (ADF) integra sulla costa e in altre zone con risorse locali, tramite pozzi. ADF si occupa di assicurare la tutela e la sicurezza dell'acqua lungo tutta la filiera, con strumenti come i piani di sicurezza dell'acqua, che si occupano di valutare quello che è complessivamente il rischio di ogni infrastruttura, di ogni bacino, e di mettere in atto le azioni di monitoraggio, tutela e controllo affinché il rischio finale sia limitato. All'interno della tutela dal rischio ci sono elementi come le aree di salvaguardia, che pongono vincoli ai territori, e quindi determinano impatti anche negativi, che si aggiungono a quelli determinati dal prelievo della risorsa. Quindi ADF cerca di valutare l'infrastruttura e di minimizzare il rischio, ma chiaramente in un contesto che poi impatta sulle comunità montane.

Se le risorse dell'acquifero dell'Amiata non si ricaricano, la crisi ovviamente è generalizzata. Quindi questo è un tema importante a tutti i livelli. ADF ha interesse a contribuire non solo per un ritorno maggiore per le comunità locali, ma anche perché si facciano delle valutazioni sul lungo periodo, in prospettiva, perché come quando si parla di efficienza energetica il primo bacino è il risparmio, così per le risorse idriche.

Guardando all'emergenza idrica di quest'anno e ai costi degli investimenti legati a questo frangente, si spera che esso duri il meno possibile ma che rimanga ben presente nella memoria, perché queste risorse straordinarie diventino risorse ordinarie, perché bisogna aumentare i costi operativi.

È importante capire quali sono le prospettive a lungo termine. Stanno cambiando il regime pluviometrico, il contesto e le esigenze del territorio, e quindi bisogna ragionare su una politica integrata, come appunto la costruzione di invasi, per aumentare la resilienza dei sistemi idrici montani e per alleggerire l'aggravio del prelievo della risorsa. Laghetti o bacini aiutano a trattenere l'acqua a monte, a ricaricare la falda, a consentire un più alto livello ecosistemico complessivo. ADF si impegna a contribuire a efficientare il sistema perché la risorsa sia salvaguardata e tutelata al massimo.

L'apertura della discussione su possibili proposte di progetti rivolti alla tutela della risorsa idrica ha seguito uno schema che ha previsto:

- Un'introduzione alle finalità e agli obiettivi, al tema dei SE, al modello dei PES, con il caso della città di New York come esempio, e alla disciplina attuale degli ERC;
- La restituzione e discussione dei risultati delle analisi effettuate: analisi territoriali, rassegna stampa, documenti di pianificazione e interviste;
- L'esposizione della matrice SWOT che integra e sintetizza i risultati del punto precedente;
- La presentazione di proposte progettuali per la gestione condivisa dei SE legati alle risorse idriche, come stimolo per la discussione partecipata nel successivo focus group.

Il dibattito del focus group è iniziato con l'intervento della *Cooperativa di comunità "Ecosistema Comunale" di Castell'Azzara*, molto interessata al tema perché la Cooperativa si è già organizzata per attivare dei PES, e sta concludendo uno dei primi accordi di foresta a livello nazionale, che vede coinvolte tre aziende agricole del territorio, che detengono pascoli e boschi, e una società di business advisors di Milano interessata all'acquisto di crediti ambientali (crediti di carbonio) in chiave di marketing. L'accordo di foresta sottende un piano di gestione silvo-pastorale, uno strumento che è stato appositamente ideato, che verrà certificato FSC. L'obiettivo di questo accordo è quello di trovare risorse per tenere puliti i pascoli, mantenere il paesaggio, e attivare una gestione sostenibile certificata da parte dei pastori dell'area con una ricaduta anche per i loro formaggi che saranno certificati.

Questo è stato fatto all'interno di una rete di Cooperative di Comunità della Regione, chiamata Toscana Capitale Naturale, che ha il ruolo di facilitatore, di intermediario, affinché questo progetto pilota sia replicabile anche da parte di altre Cooperative di Comunità.

La Cooperativa di Comunità di Castell'Azzara ha sviluppato un master plan degli interventi da realizzare in tutta l'area protetta del Monte Penna, a prescindere dal perimetro che è effettivamente in loro gestione. Il master plan è la cornice entro cui è stato poi scritto l'accordo di foresta. La loro esperienza ha trovato difficoltà nel coinvolgere il settore pubblico, così hanno realizzato un contratto di foresta tra privati, che era l'unica possibilità. Ma nell'Amiata ci sono

ampi usi civici, terreni comunali, delle Unioni dei Comuni e del demanio regionale che potrebbero essere utilizzati / valorizzati con queste finalità.

Secondo la Cooperativa, i flussi economici saranno minimi nella fase iniziale (qualche migliaio di euro), ma fondamentali per garantire le risorse necessarie ai pastori per pulire i loro ettari di pascolo. In questo momento ognuno lavorerà sui suoi terreni ma gli agricoltori saranno poi quelli che si impegneranno a gestire anche i terreni dei terzi. L'obiettivo è quello di coinvolgere i proprietari di altri terreni, magari abbandonati, privati o pubblici, a aderire all'accordo.

La rete di Cooperative di Comunità Toscana Capitale Naturale può mettere a disposizione a livello regionale i modelli contrattuali che stanno affinando.

Il punto debole delle Cooperative di comunità è che spesso non hanno persone formate, sono persone del posto, non ci sono tecnici. La rete dovrebbe fare da back office, avere le competenze per fornire servizi alle Cooperative di comunità. Quindi il modello che si propone è che la Cooperativa sul suo territorio sviluppi una sorta di piano di azione all'interno del quale si individuano dei progetti di sviluppo trasformabili direttamente in PES, la rete di Cooperative a questo punto fa da broker. La cooperativa di comunità sottolinea che non si deve avere paura del tema della compensazione: ci sono molte aziende sul territorio che non hanno "capitale naturale" e che sarebbero ben disposte ad investire su progetti del territorio a scopo compensativo; naturalmente, per evitare il *greenwashing* ci vuole una valutazione di impatto LCA e un progetto di riduzione dell'impatto dell'azienda che investe. A tal proposito viene da tutti sottolineato come sia importante che lo scambio di crediti sia locale.

Il dibattito è poi proseguito con gli interventi di altri sindaci ed esponenti del mondo dell'associazionismo locale.

Il Comitato *Salvaguardia Ambiente del Monte Amiata* sottolinea come Il rischio di questi luoghi, che risultano sempre più appetibili per via delle numerose risorse ambientali che forniscono molti S.E., sia quello di essere presi di mira da multinazionali che hanno bisogni di crediti ambientali per operazioni di *greenwashing*.

E' quindi necessaria una gestione più sostenibile del bosco specialmente nelle zone di Abbadia e Piancastagnaio dove c'è un piano di gestione dei tagli (2015-2029) preoccupante: si fanno tagli rasi di molti ettari - i terreni sono quasi tutti dell'Unione dei Comuni - che non solo stanno stravolgendo completamente la fisionomia di luoghi e la ricchezza del sottobosco, ma stanno causando erosione del terreno e possono creare dei problemi futuri a causa della mancata ripulitura dei fossi. Ad Abbadia nel 2019 c'è stata un'alluvione dovuta proprio a questo tipo di gestione, alla mancata ripulitura dei fossi e dei residui dei tagli (l'alluvione ha portato già dal bosco anche tronchi) e al non presidio del territorio. A questo proposito viene sottolineato come anche il Consorzio di Bonifica del Tevere e del Paglia non sia molto attento. Esiste ad esempio un fosso molto critico in località Acqua Passante, che risulta anche inquinato. Sono state fatte delle segnalazioni ma nessuno ha risposto; diventa quindi molto difficile tutelare il territorio

e l'ecosistema. Su questo territorio, inoltre, in molti punti mancano i depuratori e questo è un grosso problema per le acque.

Si sottolinea che Sul territorio c'è una Società di gestione delle foreste molto virtuosa "La Società Macchia Faggeta" che gestisce le faggete (che si trovano a un'altezza di 1200 m) in modo sostenibile e certificato e che potrebbe essere un ulteriore soggetto con cui attivare i contratti di foresta.

Per quanto riguarda il tema dell'acqua è utile segnalare un grave problema che si è verificato con la sorgente dell'Ermicciolo, che ha avuto una riduzione del 40% circa della portata (notizia che è apparsa anche sui giornali); per questo motivo la cascata dello Scodellino e il laghetto sotto è ridotto a uno stagno. Questo è un grave problema non solo per la risorsa in sé ma anche perché in questo caso specifico la risorsa è veicolo di turismo che i percorsi dell'acqua.

Inoltre, è stata fatta una deviazione allo Scodellino (cosa che non sarebbe prevista anche per poter mantenere acqua per gli animali selvatici) per prelevare la risorsa in questo momento di grave deficit idrico.

Il Sindaco del comune di Seggiano e Presidente dell'Unione dei Comuni dell'Amiata grossetana suggerisce come il Consorzio forestale dell'Amiata che gestisce le foreste dei cinque comuni del versante grossetano (Comune di Santa Fiora, Castell'Azzara, Castel del Piano, Arcidosso e Seggiano) potrebbe essere un partner e sicuramente sarebbe totalmente disponibile a fare attività sostenibili nelle foreste ed essere partner di PES. Il Sindaco sottolinea come Il Consorzio forestale metta in pratica la turnazione dei tagli della faggeta così come è sempre stato da almeno 60 anni e non ci sono aree con tagli eccessivi, come avviene in alcune aree del versante senese. Addirittura, alcune aree a conifere non vengono più tagliate a raso ma viene fatto solo un diradamento, come avviene per le douglasie nel comune di Seggiano.

Per quanto riguarda il tema dei PES proposto, il sindaco sottolinea come ci sia bisogno di una gestione efficace dato che sul territorio ci sono diversi problemi legati all'abbandono della pastorizia (specialmente per via dei lupi) e la forte presenza di ungulati che scoraggia gli agricoltori.

Il dibattito si focalizza sul tema della risorsa idrica e l'Acquedotto del Fiora ricorda come, a causa del cambiamento climatico, le piogge siano sempre meno frequenti e questo porti la risorsa ad essere sempre più scarsa; è necessario mettere allora in atto alcune azioni virtuose – come ridurre i tagli e passare da ceduo a fustaia - che potrebbe certamente migliorare la situazione. La gestione complessiva della risorsa acqua dunque è fondamentale, compresa la manutenzione delle opere idrauliche. Le briglie, ad esempio, servono a trattenere e sono quindi importati in caso di piogge anomale. È quindi necessario puntare a gestire bene la risorsa, soprattutto quella di superficie dato che le falde - maggior riserva di acque - sono meglio tutelate.

A tal proposito la rappresentante del Comitato *Universo Amiata* sottolinea come, per quanto riguarda gli sprechi di acqua, nella regione Toscana, su 400 milioni di mq immessi negli acquedotti, circa 200 finiscano nel terreno a causa

di spaccature e rotture; a questo proposito l'AdF, anche se risulta abbia fatto interventi qualificati, ha evidenziato comunque una perdita del 42%. Questo probabilmente anche perché è un acquedotto anche molto lungo e sul quale devono ancora essere fatti dei lavori.

L'Acquedotto del Fiora serve praticamente tutte le Province Siena e Grosseto; dunque, servono moltissimi Km di reti con un impegno notevole e diverse difficoltà.

Per quanto riguarda le perdite, specifica AdF, è necessario distinguere tra quelle lineari e quelle percentuali. Quelle lineari, che sono il rapporto tra il volume delle perdite idriche totali e la lunghezza della rete di acquedotto, per l'acquedotto del Fiora hanno un valore che è meno della metà della soglia più efficiente proprio perché il territorio su cui si estende l'acquedotto è vastissimo. E infatti la manutenzione è molto dispendiosa. Le perdite idriche percentuali sono invece il rapporto tra il volume delle perdite idriche totali e il volume complessivo in ingresso nel sistema di acquedotto nell'anno considerato; da quel punto di vista invece l'AdF è efficiente.

È necessario che le risorse e la politica vadano nella direzione dell'efficienza.

Sicuramente sarebbero necessari strumenti che vadano anche nella direzione della compensazione per salvaguardare le risorse idriche, ad esempio gli ERC. Attualmente l'incidenza degli ERC a utenza è circa 2 euro.

Esiste attualmente già un fondo di salvaguardia dell'AIT per finanziare progetti per la salvaguardia delle fonti. Non è un vero e proprio ristoro ma va nella direzione della protezione.

Universo Amiata sottolinea come nell'ambito della discussione sulla risorsa idrica sia necessario affrontare il tema dello sfruttamento geotermico legato alla risorsa acqua.

Riguardando documenti anche di molti anni fa riemerge come nel 2001, quando la dimensione degli acquiferi era stata accertata, la regione Toscana aveva avviato delle indagini per la redazione del bilancio idrogeologico sotterraneo e superficiale dell'Amiata. Evidentemente si iniziava a percepire che tra cambiamento climatico e altro potevano sorgere dei problemi ma questi studi non sono mai stati completati. Ricordiamo che l'acquifero del monte Amiata è l'acquifero più importante della Toscana, definito "strategico" dalla stessa Regione, insieme alle Apuane (sono solo due i bacini strategici), che ricarica varie falde.

Uno studio fatto dalla Toscana nel 2007 evidenziava come i rischi per il bacino dell'Amiata sono altissimi in quanto per la definizione del bilancio idrico "occorre introdurre come parametro anche l'estrazione di vapore per la produzione di energia geo-termoelettrica". L'acquedotto del Fiora, in una relazione del 1998 quantifica in 250 l/sec la portata che dall'acquifero superficiale va ad alimentare il campo geotermico. Allora erano in funzione 4 centrali Enel con una produzione non superiore a 60 MW. Oggi queste centrali sono 5 e hanno una produzione doppia (120 MW). Dunque, se è raddoppiata c'è da ritenere che il consumo sia decisamente superiore, presumibilmente 500 l/sec.

Inoltre, a Bagnore è prevista tra poco tempo un'altra centrale a 40 MW, dove in prospettiva è in previsione un'area industriale geotermica come quella di Larderello, ovvero 250/300 MW.

Far passare come eccessivamente positiva la cultura della geotermia come fanno anche molte associazioni ambientaliste è rischioso. Le 5 centrali non sono a ciclo chiuso, ovvero il vapore che fuoriesce non viene reiniettato nel terreno. Ce n'è una in previsione a ciclo chiuso in prossimità del Pigelleto, a 5 MW, in un'area boschiva; un'altra di 10 MW, nella zona della Val di Paglia, in area di interesse archeologico. Non sono però mai state sperimentate in Italia e non si sa se possono funzionare perché a detta degli esperti regionali si innesca sismicità per via delle caratteristiche geologiche dell'Amiata. Ci sono poi dei prelievi dal Paglia enormi per la messa in produzione di 17 pozzi.

È una situazione molto pericolosa perché si va ad interagire con un sistema vulcanico molto fragile.

Visto però il grande profitto che c'è dietro (i comuni produttori sono ben pagati) questo tema non viene affrontato.

Nel 2015 il Piano Energetico regionale aveva individuato in 100 MW la produzione limite oltre la quale si dichiarava non esserci più sostenibilità ambientale (ne dell'ecosistema né del paesaggio né della risorsa idrica). Se vanno avanti questi progetti di sfruttamento intensivo l'acqua finirà e sarà un enorme problema per il territorio.

Anche Acquedotto del Fiora sottolinea come, in quanto gestore del servizio, è estremamente interessato a capire le dinamiche che implicano una diminuzione dell'acqua sull'Amiata e far sì che la risorsa idrica sia tutelata.

In base ai dati che evidenziano come ad oggi presumibilmente l'acquifero superficiale alimenta il campo geotermico con 500 l/secondo, può essere facilmente calcolato che si tratta di 15.768.000 litri all'anno. Litri che se ne vanno in atmosfera per via dello sfruttamento geotermico. Questo dato mette in luce come pensare a invasi ed altri progetti di stoccaggio di acqua sul territorio amiatino, seppur siano opere che possono aiutare, sia solo un palliativo se raffrontato a questa enorme perdita costante derivante dalla geotermia. Si tratta di una realtà distruttiva che distrugge il paesaggio ed estrae dal terreno elementi tossici e dannosi per la salute di persone e territorio, come l'arsenico e il mercurio.

Da considerare anche l'impatto economico sul valore di mercato:

1. Degli immobili: vicino alle centrali gli immobili hanno una violenta svalutazione.
2. Dell'economia turistica: se il paesaggio viene sempre più deturpato sarà sempre meno attrattivo e diminuirà il potenziale economico dei territori che ospitano aree industriali geo-termoelettriche.

È inoltre plausibile che l'abbassamento della falda superficiale, che si sta manifestando, sia da correlare alla geotermia. Anche in questo caso sono stati fatti studi che portano a risultati contrastanti evidenziando in un caso come esistano dei collegamenti tra falda superficiale e falda profonda (sfruttata dalla geoter-

mia), nell'altro come non esistano collegamento tra le due. La geologia del Monte Amiata è piena di fratture ed è inverosimile immaginare che non esista in un territorio così ampio neanche una piccolissima fessura che unisce le due falde. Se così fosse, ovvero se effettivamente esistesse un collegamento, sarebbe plausibile pensare che la falda superficiale si abbassi perché quella più profonda viene svuotata mediante la fuoriuscita di vapor d'acqua con lo sfruttamento geotermico.

Nel dibattito viene sottolineato come la questione della geotermia sia spinosa e presenti dati contrastanti. Ci sono infatti molti studi autorevoli di geologi e altri professionisti che affermano che non sussistono problemi legati alla geotermia.

Sono stati negli anni fatti ricorsi al TAR e al Consiglio di Stato per quanto riguarda l'attività di tutte le centrali geotermiche e i possibili illeciti o danni ambientali che potevano creare, ma nessuna delle centrali è stata considerata un pericolo e infatti sono ancora tutte in esercizio. E questo perché ci sono pareri tecnici, giuridici e amministrativi che asseriscono le centrali rispettano tutti i parametri di legge, da tutti i punti di vista.

Sarebbe allora necessario agire allora sulle leggi: difatti le leggi nazionali e quelle europee ad oggi tutelano la risorsa idrica ma non vietano la geotermia, ma anzi vanno sempre di più in quella direzione.

Viene inoltre sottolineato come l'energia si possa fare anche in altri modi, ad esempio le comunità energetiche, e sono in programma tavoli di discussione proprio su questo argomento.

Il Sindaco del comune di Seggiano e Presidente dell'Unione dei Comuni dell'Amiata grossetana sottolinea come il suo comune sia tra quelli non geotermici e che fa quindi da cuscinetto per evitare che la geotermia diventi una "monocoltura" sul territorio amiatino, una seconda Larderello; viceversa, il comune promuove un' Amiata turistica, con un ecosistema tutelato.

Per quanto riguarda l'acqua il sindaco sottolinea come questa risorsa rappresenti una volta e mezzo il fatturato della centrale di Bagnore; questo dà la misura di quanto vale l'acqua dell'Amiata.

Eppure, è un beneficio che i comuni produttori non hanno, ma di cui giovano principalmente i comuni più grandi e popolosi - come Grosseto, Siena, Follonica, Castiglion della Pescaia - che utilizzano l'acqua dell'Amiata e che prendono la maggior parte degli utili derivanti dall'acqua (in quanti i comuni più grandi sono quelli che hanno maggiori azioni e di conseguenza prendono più utili).

Il sindaco sottolinea che se è vero che l'acqua è di tutti gli oneri della tutela sono solo del territorio Amiatino; quindi, sarebbe giusto avere una sorta di ristoro. Il sindaco sarebbe favorevole ad uno sconto in bolletta ai cittadini dei comuni produttori, come proposto dal progetto.

Il Sindaco di Santa Fiora è invece a favore della geotermia (Santa Fiora è comune produttore) e sottolinea come questa attività porti al territorio risorse economiche, che in altro modo non avrebbe, che possono essere destinate al turismo, ai servizi, ai cittadini.

I soldi che arrivano sul territorio sono di due tipi:

- Una tantum, a tutti gli effetti una compensazione ambientale, anche se nel protocollo con Enel e Regione Toscana non viene chiamata così. Perché che ci sia un impatto ambientale è più che evidente. L'una tantum viene pagato in 10 rate, una all'anno a partire dall'anno di apertura della centrale, la cui entità economica dipende da ogni MWh installato (o il 4% della realizzazione dell'impianto). Nel caso di Santa Fiora è 1 milione e mezzo all'anno per 10 anni (2022 ultimo anno).
- Una quota annua. Vengono dati, in base a un D.lgs. del 2010, 0, 13 centesimi a KWh prodotto, calcolati in base alla produzione dell'anno prima. La parte più cospicua viene data sulla base di un accordo volontario del 2007 che prevede un'ulteriore linea di finanziamento che passa attraverso la Regione Toscana e che raddoppia circa l'entità di questo prezzo. Santa Fiora, ad esempio, prende 400.000 euro di produzione e più di 300.000 euro da quest'altra linea che riguarda progetti di sviluppo socioeconomico dell'area geotermica.

Ovviamente questi finanziamenti sono un'attrattiva per comuni che hanno pochissime entrate.

A questo proposito il sindaco si dice d'accordo con il sindaco di Seggiano sul fatto che l'acqua potrebbe e dovrebbe essere una risorsa economica per l'Amiata e sottolinea come di quei 130 milioni di fatturato derivante dall'acqua all'Amiata non torni quasi niente, ma vada tutto ai comuni grandi in base alla distribuzione dei dividendi. È giusto quindi che ai comuni produttori venga data una quota aggiuntiva, magari sul modello dell'Emilia-Romagna con una quota in bolletta.

Ci vuole un equilibrio e le città dovrebbero pagare una piccola quota che possa essere sostenibile. Ci sono 1 milione e mezzo di utenze per l'AdF e se venisse ipotizzata una minima aggiunta in bolletta, per ogni utenza, al mese, di 20-30 centesimi i comuni produttori potrebbero avere fino a qualche milione di euro all'anno come indennizzo.

La quota in bolletta andrebbe spiegata bene ai cittadini, che devono essere consapevoli dell'importanza di questa piccola quota aggiuntiva che singolarmente è una piccola somma ma in totale è una grande patrimonio che serve sia per la salvaguardia della risorsa, sia per la salvaguardia della resilienza di quei territori montani che la risorsa acqua la producono.

Viene quindi sottolineato all'interno della discussione come se è vero che l'acqua sia un bene di tutti è altrettanto vero che i vincoli sono solo di alcuni territori; dunque, sarebbe corretto che questi territori montani produttori, potessero avere qualcosa indietro a livello economico in quanto produttori.

Queste risorse economiche potrebbero essere utilizzate sia come ristoro ma anche per avviare sul territorio progetti dedicati alla tutela della risorsa idrica e per implementare azioni che possano portare un reddito a chi produce S.E. legati alla risorsa idrica. Viene sottolineato come si debba però stare attenti a non mercificare l'ecosistema e che i ristori, giustissimi, per i territori produttori dovrebbero arrivare da altre fonti e non dalla quota per la tutela dei S.E.

In conclusione, i principali temi portati all'attenzione sono stati:

- Le preoccupazioni per come la prevista espansione delle attività di sfruttamento dell'energia geotermica potrà compromettere ulteriormente la qualità e la quantità delle risorse idriche nel prossimo futuro;
- Le difficoltà dei settori agricolo e forestale locali;
- I disagi dovuti alla fauna selvatica e in particolare a lupi e cinghiali.

Dall'incontro sul territorio è apparso chiaramente come l'acqua, elemento caratterizzante dell'Amiata, sia il tema di centrale interesse per quanto riguarda la strutturazione di possibili modelli di governance dei SE. È in particolare emerso come le risorse idriche debbano essere messe al centro di una particolare attenzione alla tutela e alla gestione del territorio in un'ottica di multifunzionalità, tenendo in considerazione i molti SE ad esse strettamente connessi: non solo l'approvvigionamento idrico, ma anche ad esempio la produzione di biomassa forestale, la protezione dai dissesti idrogeologici, la protezione dall'erosione e la fornitura di servizi culturali.

Viene quindi sottolineato come sia imprescindibile, per affrontare correttamente il tema della tutela e gestione delle risorse idriche, affrontare anche il tema della geotermia e delle molteplici criticità che il suo sviluppo comporta.

È infine emerso come allora le Cooperative di Comunità nell'area amiatina, dove ce ne sono ben 4, possono, attraverso una serie di attività, svolgere un ruolo centrale per la gestione e il mantenimento dei S.E.

17. Strategia integrata territorializzata

Gli interventi strategici proposti mirano a costruire una strategia complessiva di gestione patrimoniale dei SE integrata, territorializzata, e condivisa con la comunità insediata.

La strategia proposta, condivisa e dibattuta anche durante l'incontro sul territorio, è incentrata sul tema di principale interesse emerso dalle analisi effettuate, dalle interviste somministrate agli attori locali, e dal focus group sul territorio: *la salvaguardia e la valorizzazione dei SE legati alle risorse idriche*.

I SE su cui intende intervenire la strategia fanno parte di tutte e quattro le categorie di SE originariamente individuate dal MEA (2005), ovvero supporto alla vita, approvvigionamento, regolazione, valori culturali.

In particolare, nello schema seguente vengono individuati, per ognuna categoria di SE, i principali su cui la strategia proposta intende agire (a questa divisione in colori delle quattro categorie di SE faranno riferimento anche gli schemi successivi).

Fig. 90. Principali SE considerati dalla strategia proposta

Tale proposta ha la finalità di avviare delle ipotesi per un progetto integrato territoriale, per superare alcune criticità attraverso la gestione comunitaria delle risorse idriche e la loro valorizzazione patrimoniale.

Nei paragrafi successivi saranno illustrate le diverse linee di azione della strategia territoriale per l'Amiata, riprendendo alcuni punti emersi dall'incontro sul territorio, e considerando che sarà necessario attivare una pluralità di strumenti economico-finanziari messi in atto attraverso collaborazioni/contratti tra i diversi attori (pubblico-privato/pubblico-pubblico/privato-privato):

- Strumenti fiscali;
- Sgravi;

- Incentivi;
- Riduzioni delle tariffe idriche per i cittadini residenti nei Comuni che forniscono le risorse ai territori circostanti;
- Pagamenti diretti per le buone pratiche messe in atto dalle aziende agricole che operano nei territori in cui sono presenti le fonti di captazione idrica; in questo caso, le risorse per i pagamenti diretti potrebbero provenire da molteplici fonti:
  - Da quote specifiche in bolletta per il mantenimento delle risorse idriche, sul modello della Regione Piemonte esposto nella prima parte del rapporto;
  - Dal Piano di Sviluppo Rurale;
  - Da specifici bandi regionali.

La strategia si basa sulla valorizzazione degli elementi patrimoniali e delle opportunità offerte dal territorio, e intende rispondere alle principali criticità emerse, ovvero:

- La diminuzione della riserva idrica sul territorio a causa dell'elevato prelievo, e dei cambiamenti climatici;
- La riduzione degli habitat di specie ittiche;
- La marcata percezione della comunità di non avere adeguato riconoscimento del proprio impegno nella tutela delle risorse idriche, messo in atto, in modo particolare, attraverso le numerose limitazioni al pieno utilizzo dei terreni (e talvolta degli immobili) da parte dei proprietari.

A partire da tali criticità, e al fine di dare rilevanza ai principali temi di interesse emersi dalle interviste e dagli incontri sul territorio, gli obiettivi della proposta strategica sono i seguenti:

- La tutela quali-quantitativa delle risorse idriche;
- La salvaguardia degli habitat legati agli ecosistemi acquatici;
- L'implementazione di un cambio di percezione nella popolazione, supportando e diffondendo una rinnovata consapevolezza del ruolo di "custodi delle acque";
- L'attivazione di nuove economie locali legate alla gestione delle risorse idriche, ad esempio: nuove tecniche agroforestali, didattica, turismo.

A partire da questi obiettivi gli indirizzi per l'Amiata sono molteplici e multi-obiettivo, e individuano al loro interno le diverse azioni che possono essere realizzate:

- *Sostenere la centralità dei boschi nello stoccaggio naturale dell'acqua*
  - Proteggere e favorire l'evoluzione naturale dei boschi d'alto fusto, formatisi spontaneamente o per sterzo del ceduo;
  - Incentivare il passaggio dal governo a ceduo al governo a fustaia nei boschi gestiti, con tagli a scelta colturale, per favorire un'evoluzione verso associazioni forestali più efficienti nella protezione del suolo;
  - Mantenere la necromassa e la vegetazione arbustiva di sottobosco per favorire la ricarica delle falde, il mantenimento dell'umidità e la resistenza alla siccità delle formazioni forestali.

- *Riattivare o costruire cisterne di accumulo di acqua piovana nei paesi*
- *Costruire piccoli invasi pubblici e nelle aziende agricole per l'irrigazione e la prevenzione degli incendi*
- *Prevenire e limitare fenomeni di dissesto idrogeologico*
  - Avviare un cambio di gestione forestale che razionalizzi, e limiti i tagli;
  - Sostituire i tagli rasi effettuati ad oggi su ampie superfici con tagli su superfici limitati e a scelta colturale;
  - Favorire la pulizia dei fossetti a seguito del taglio dei boschi.
- *Attivare reti di soggetti pubblici e privati per sviluppare la multifunzionalità del bosco*
  - Implementare "contratti di foresta", come avanzamento delle finalità delle "foreste modello", già sperimentate nella Montagna Fiorentina;
  - Incentivare la fruizione consapevole e sostenibile del bosco, con attività rispettose del ruolo ecosistemico delle foreste (turismo a piedi, meditazione, bagni in foresta, didattica, glamping) e attraverso la strutturazione di una rete di percorsi idonei al cicloturismo.
- *Incentivare buone pratiche agronomiche*
  - Sostenere la conversione alla produzione e all'allevamento secondo protocolli biologici per non inquinare suolo, corsi d'acqua e falda;
  - Sostenere pratiche agro-ecologiche per il riequipaggiamento dei terreni agricoli a seminativo semplice con filari arborei e siepi per diminuire l'evapotraspirazione e l'erosione di terreno fertile;
  - Sostenere la realizzazione di impianti di fitodepurazione per il trattamento delle acque reflue e il loro riuso a fini irrigui.
- *Manutenzione e monitoraggio comunitario delle opere di drenaggio superficiale del reticolo idrografico pubblico da parte degli agricoltori del territorio, secondo protocolli definiti dalle autorità pubbliche (consorzi etc.) che ne incrementino la valenza ecologica e l'efficienza di cattura dei sedimenti*
- *Realizzazione di un Ecomuseo delle acque e delle sorgenti*
  - Aumentare i percorsi alla scoperta delle acque e delle opere acquedottistiche: le sorgenti dell'Ermicciolo e del Fiora, i torrenti, le opere idrauliche storiche utilizzate ancora oggi, le Vie dell'Acqua.
  - Recuperare le strutture pubbliche inutilizzate o sottoutilizzate per la realizzazione di centri visite, espositivi, didattici e informativi sulla storia e gli usi dell'acqua;
  - Incentivare il turismo legato alla storia degli usi dell'acqua.
- *Individuare modalità di sostegno per la funzione di Custodi dell'acqua della Comunità di Santa Fiora*

Le diverse azioni sopra elencate agiscono principalmente su una categoria di SE (supporto alla vita, servizi culturali, di regolazione, approvvigionamento), ma hanno molteplici ricadute positive sugli altri SE, come evidenziato dallo schema seguente.

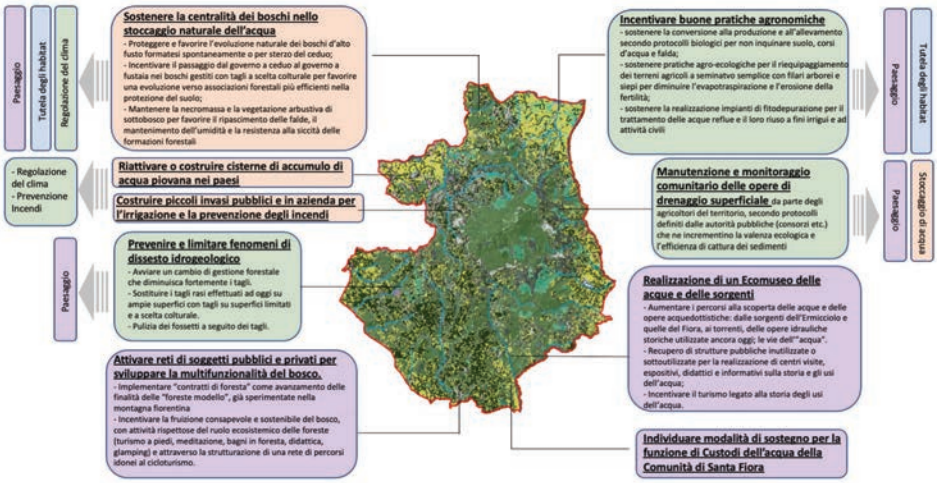


Fig. 91. Carta delle azioni strategie integrate e territorializzate per il territorio dell'Amiata (elaborazione di Daniela Poli ed Elisa Butelli)

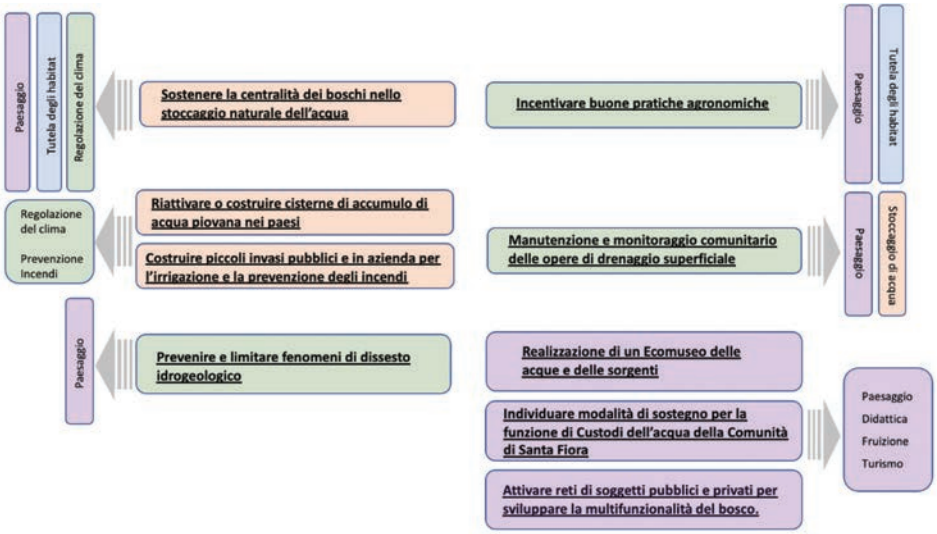


Fig. 92. Sintesi delle azioni strategiche per il territorio dell'Amiata (elaborazione di Daniela Poli ed Elisa Butelli)

In modo particolare, durante l'incontro sul territorio, nel dibattito che è seguito alla presentazione della strategia, è stato sottolineato come sia necessario e prioritario agire:

- Sostenendo le attività della Cooperativa di Comunità di Castell'Azzara, per il suo progetto di gestione di pascoli e boschi per il sequestro del CO_2, estendendolo anche ad altre realtà del territorio;
- Promuovendo iniziative di *citizen science*, con il contributo di questa Cooperativa, così come di altre, per identificare, attraverso la conoscenza locale, altre possibili modalità di interventi, in particolare per la gestione delle risorse idriche;

- Verificando la possibilità e le modalità per la realizzazione di interventi di ricarica gestita degli acquiferi;
- Approfondendo il modello di governance per la gestione dei SE con i soggetti potenzialmente interessati (costruzione dei PES e dei contratti, individuazione dei soggetti interessati prioritari, coinvolgimento delle aziende pubbliche, etc.);
- Affrontando in modo concreto il tema della geotermia.

L'attuazione della strategia è immaginata attraverso contratti – di tipo pubblico-privato, pubblico-pubblico o privato-privato - tra i fornitori dei SE (ovvero le aziende agricole e forestali, le Cooperative di Comunità, i soggetti pubblici come Comuni e Unioni dei Comuni, ma anche i cittadini in forma singola o associata) e gli acquirenti dei SE, pubblici o privati (ovvero il gestore del servizio idrico, la Regione Toscana, le Province, il Consorzio di bonifica, le Autorità di Bacino, aziende o imprese, etc.). Tali contratti dovrebbero essere garantiti e facilitati da un'agevolazione normativa posta in essere dalle amministrazioni pubbliche.

Nell'ipotesi proposta, la facilitazione del processo di costruzione dei contratti è affidata ad associazioni ben strutturate sul territorio e/o ad altri soggetti, che possono garantire un ruolo di mediazione e cooperazione tra le parti. Tra questi, ad esempio, anche la stessa Regione Toscana che potrebbe operare non solo come pagatore del servizio, ma anche come mediatore.

È inoltre previsto un comitato di garanzia costituito ad hoc - con la rappresentanza dei diversi attori interessati - per supervisionare e monitorare la corretta implementazione di tutta la strategia.

La dimensione comunitaria e condivisa degli interventi proposti e delle modalità di attuazione sottolinea la logica win-win della strategia, così come sintetizzato nello schema seguente.

Fig. 93. Schema di PES (elaborazione di Daniela Poli ed Elisa Butelli)

Ovviamente, al fine di affinare la strategia con indicazioni più precise sulla localizzazione specifica degli interventi, sarà necessaria una caratterizzazione più approfondita dei sistemi locali dal punto di vista idrogeologico e ambientale. Allo stesso modo, nell'ampio e vario insieme degli attori potenzialmente interessati alle strategie e ai singoli interventi, composto sia da soggetti pubblici, istituzionali e gestori, che da soggetti privati (cittadini, aziende agricole e forestali, associazioni), è necessario individuare quelli la cui partecipazione è prioritaria e intensificare le discussioni tecniche, economiche e amministrativo-burocratiche).

18. PES per i SE legati alle risorse idriche

In continuità con la *strategia integrata territorializzata* descritta, viene illustrata di seguito un'ipotesi di **progetto pilota** per la governance dei SE, con la formulazione di una prima proposta di schema di PES per la gestione patrimoniale e la remunerazione dei SE funzionali alla tutela e valorizzazione delle risorse idriche.

Il progetto pilota è stato dunque estrapolato dai numerosi interventi inseriti nella strategia precedentemente descritta. Il suo obiettivo generale è quello di tutelare le caratteristiche quali-quantitative delle risorse idriche, attraverso una transizione delle modalità di gestione delle aree agricole e forestali verso modelli caratterizzati da una maggior sostenibilità e resilienza, in modo da garantire e supportare non solo la tutela delle risorse idriche, ma anche la fornitura di SE collegati (cibo, biodiversità, paesaggio, etc.), senza pregiudicare il capitale territoriale.

Fig. 94. Le azioni di un accordo di PES (elaborazione di Elisa Butelli)

I principali SE interessati dallo schema di PES proposto sono i seguenti.

PES per gestione sostenibile delle foreste

Per territorio dell'Amiata, la proposta è incentrata sulla gestione delle aree forestali nella zona del Cono dell'Amiata, dove si verifica un più abbondante prelievo delle risorse idriche, con il coinvolgimento delle aziende agro-forestali.

Obiettivo

Gestione delle foreste con tecniche selvicolturali più sostenibili, contenimento dei tagli, e avvio di attività alternative al taglio che possono garantire un reddito: attività didattiche, fruitive, culturali, etc.

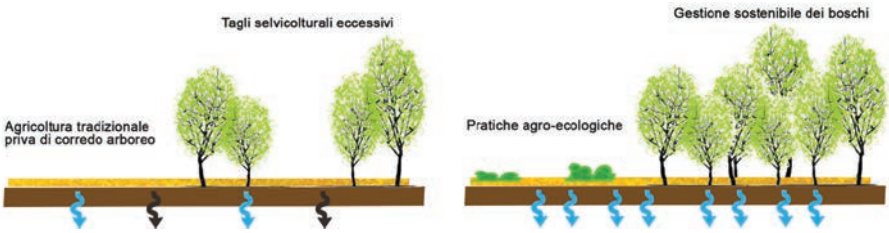


Fig. 95. Confronto degli gli effetti sull'infiltrazione delle acque nel sottosuolo tra differenti gestioni selvicolturali (elaborazione di Elisa Butelli e Daniela Poli)

Fig. 96. Principali SE interessati dallo schema di PES (elaborazione di Elisa Butelli e Daniela Poli)

Azioni

Uno schema di PES per la gestione sostenibile del bosco, sull'esempio del caso di New York riportato nella prima parte del rapporto, potrebbe essere fattivamente realizzato garantendo:

- Il bando di tagli rasi e troppo estesi (introduzione di un limite max di superficie), a favore di tagli più contenuti e a scelta colturale, per ottimizzare la ricarica della falda;
- Il mantenimento della necromassa e della vegetazione del sottobosco per contrastare l'evapotraspirazione;
- Il passaggio, laddove possibile, da governo a ceduo a governo a fustaia, per migliorare l'infiltrazione delle acque piovane;
- Per i torrenti e corsi d'acqua presenti all'interno del bosco, la manutenzione sostenibile delle sponde, la pulizia dell'alveo (con il taglio degli alberi di ostacolo al deflusso idrico), il corretto mantenimento della vegetazione ripariale.

Ipotesi di attori coinvolti nel PES

- Produttori del SE: Aziende agricole forestali;
- Soggetti beneficiari del SE: Consorzio di Bonifica, Acquedotto del Fiora;
- Possibili soggetti intermediari: Cooperative di Comunità/associazioni (che potrebbero avviare, di concerto ai proprietari, attività in foresta alternative ai tagli come attività didattiche, servizi culturali etc.), Regione Toscana.

Tipo di contratto

- Pubblico-privato;
- Possono essere implementati contratti di foresta o/e "contratti di fiume" o "di torrente".

Fig. 97. Possibili azioni di gestione sostenibile delle foreste. A sinistra: passaggio da governo a ceduo a governo a fustaia. A destra: diradamento selettivo con mantenimento della necromassa (fonte: https://www.argealp.org/fileadmin/user_upload/Archiv/Projekte/italiano/Guida_ai_casi_concreti_IT_2014.pdf)

Possibili fonti di finanziamento

Le azioni implementate in questa proposta possono essere avviate grazie a pagamenti diretti e/o sgravi fiscali.

I pagamenti diretti possono provenire da:

- ERC (Costi ambientali e della risorsa);
- Ente gestore del servizio idrico: Acquedotto del Fiora spa;
- Consorzio di Bonifica (tributi di bonifica).

I pagamenti diretti possono essere rivolti alle aziende agro-forestali per:

- Indennizzare i "mancati redditi" derivanti dalla riduzione dell'intensità dei tagli rasi e/o dal passaggio dal governo a ceduo a fustaia (finanziamenti provenienti dall'ente gestore, Acquedotto del Fiora, con gli ERC);
- Finanziare i costi degli interventi di manutenzione dei corsi d'acqua presenti all'interno del bosco (finanziamenti provenienti dal Consorzio di Bonifica, con i Tributi di Bonifica, come nel caso degli "agricoltori custodi della Valle del Serchio")
- Introdurre crediti di carbonio, in questo caso il taglio viene evitato perché all'azienda forestale viene pagata la quota di CO2 sequestrata dagli alberi non tagliati (ipotesi da approfondire, ci sono esempi già in essere: fra altri, la stessa Cooperativa di Comunità di Castel'Azzara, e il Parco dell'Appennino Tosco-Emiliano: http://www.parcoappennino.it/newsdettaglio.php?id=68292)

Conclusioni e prospettive di ricerca

La ricerca ha proposto una metodologia sperimentale di definizione operativa dei servizi ecosistemici in contesti montani che ha attraversato terreni analitici, valutativi e progettuali. Dalla ricerca sono emerse numerose opportunità di applicazione in strumenti di governance territoriale. La complessità dell'argomento trattato e la difficoltà nell'integrare approcci e discipline diverse, non ha consentito di completare le attività che erano state previste nel framework metodologico che ha dato avvio alle attività di ricerca, ma ha comunque consentito di evidenziare alcune prospettive per potenziali ulteriori ricerche e applicazioni che riepiloghiamo qui di seguito.

Progetti pilota di governance territoriale legata ai PES.

Come emerge dai capitoli dedicati alle strategie e alle proposte progettuali nei due ambiti di studio selezionati, quello del Mugello e quello dell'Amiata, la ricerca si è conclusa con le indicazioni di alcune proposte operative di PES concernenti la gestione della risorsa idrica. La gestione dei SE legati all'acqua è risultato essere uno dei temi più sentiti sui territori oggetto di indagine essendo questa una risorsa che, in buona parte, viene utilizzata nei contesti urbani esterni ai territori di riferimento.

Sulla scorta di queste indicazioni, puntualmente verificate con gli attori locali nel corso di incontri sul territorio, Anci Toscana sta coordinando un tavolo di concertazione con Regione Toscana, Cispel e altri soggetti istituzionali per verificare la possibilità concreta di dar vita a dei progetti pilota territoriali incentrati sulla tutela quali-quantitativa delle risorse idriche in un'ottica di multifunzionalità provando a introdurre un modello di governance innovativa fondata sui PES. Appare dunque rilevante che le proposte emerse dalla ricerca possano proseguire in progetti pilota operativi, così come ormai consuetudine in molti contesti nazionali e internazionali, per testare, verificare e diffondere nel contesto regionale buone pratiche che si sono dimostrate vincenti nella rigenerazione delle risorse ambientali e nella capacità di contrastare lo spopolamento delle aree interne e montane.

Passaggi operativi per l'implementazione di un sistema di PES – Esemplificazione riguardante pratiche agro-selvicolturali per la gestione dell'acqua (fonte: Nisbet et al., 2021)

1. *Definizione del problema di gestione dell'acqua*
Ad esempio, per il Mugello, un livello eccessivo di inquinanti diffusi o di sedimenti nelle acque del Fiume Sieve o dell'invaso di Bilancino; per l'Amiata, la minaccia alle funzioni naturali di protezione e infiltrazione delle acque delle foreste, dovuta a pressioni ambientali o antropiche, come i cambiamenti climatici o i tagli rasi.
2. *Identificazione degli attori locali*
Identificare e coinvolgere tutti i soggetti collegati e/o interessati alla gestione dell'acqua: *organismi di regolamentazione*, come autorità o enti regionali; *produttori del SE*, come aziende agricole o forestali; *beneficiari del SE*, come gestori del servizio idrico o Consorzi di Bonifica; *intermediari*, come Regione, Comuni, o Cooperative di Comunità; *progettisti*, come esperti pianificatori, idrogeologi, forestali.
3. *Valutazione della fattibilità di un sistema di PES*
Riunire le parti interessate per: approfondire i problemi di gestione dell'acqua, e prendere in considerazione potenziali soluzioni e opportunità; valutare l'attuale distanza dai livelli di riferimento, e i margini di miglioramento necessari per soddisfare un obiettivo o uno standard, oppure, nel caso di minacce alle funzioni forestali, i danni che possono essere causati; esaminare eventuali misure alternative, analizzare i costi, benefici e rischi evitati legati alle diverse opzioni, e identificare quella meno costosa e più accettabile (valutare anche i costi di transazione, gestione e monitoraggio).
4. *Esplorazione di potenziali soluzioni doppiamente vantaggiose*
Valutare se l'opzione o le opzioni individuate potrebbero portare anche ulteriori benefici (ad esempio, sequestro del carbonio, protezione dalle alluvioni, biodiversità, attività ricreative) e, in caso affermativo, se esiste un mercato per tali SE. Se acquirenti sono disponibili, valutare la possibilità di sviluppare un sistema integrato che consideri anche questi altri SE.
5. *Definizione dei ruoli e delle responsabilità*
Definire ruoli e responsabilità degli attori chiave, includendo la definizione di chiari confini spaziali per il sistema di PES, e l'accordo sulle misure da applicare, i costi associati, i pagamenti e le scadenze. Ricercare e redigere un accordo fra gli attori.
6. *Risoluzione o riduzione delle potenziali questioni giuridiche*
Considerare e risolvere tutte le questioni giuridiche, fiscali e regolamentari che riguardano gli attori chiave, in particolare coloro che effettuano o ricevono i pagamenti. Ad esempio, le questioni legate alle imposte o tariffe, ai diritti di proprietà e ai controlli.
7. *Elaborazione delle specifiche tecniche*
Elaborare e concordare specifiche tecniche per la progettazione e gestione delle misure da applicare. Ad esempio, per la piantagione di alberi, le specifiche tecniche - che variano da sito a sito devono considerare le caratteristiche del luogo (ad esempio il clima locale, la geologia, il suolo e la topografia), l'estensione della piantagione, il tipo di alberi, la combinazione di specie, la densità, e le pratiche di gestione necessarie (ad esempio la preparazione del terreno, la lotta contro le infestanti e le recinzioni). Per boschi già esistenti, le specifiche tecniche possono prevedere la loro riprogettazione per ridurre i rischi o migliorare la resilienza.
8. *Formalizzazione del contratto*
Stipulare un contratto formale tra produttori e beneficiari del SE, che copra le specifiche tecniche, i tempi delle scadenze, i livelli di riferimento per la qualità dell'acqua, i criteri di monitoraggio, l'organizzazione dei pagamenti, e la pianificazione di aggiornamenti e revisioni.

Meccanismi di perequazione territoriale per i Comuni, come compensazione per la fornitura di servizi ecosistemici

Il tema della perequazione territoriale suggerisce che anche in Regione Toscana si avvii una riflessione sull'opportunità di sviluppare un sistema analogo a quello introdotto in Regione Emilia Romagna con la L.R. 24/2017 con la possibilità di stipulare accordi territoriali tra comuni e unioni dei comuni e città metropolitane (o, anche, comuni urbani) attraverso la costituzione di fondi perequativi finanziati dagli enti locali con risorse proprie o con quote dei proventi dagli oneri di urbanizzazione, dalle entrate fiscali, dai proventi derivanti dall'uso di risorse come l'acqua e/o l'energia. Tali accordi territoriali dovrebbero contenere la definizione delle attività finalizzate alla rigenerazione di alcuni SE le modalità di finanziamento e distribuzione tra gli aderenti ed ogni altro adempimento che ciascun soggetto partecipante si impegna a realizzare, con l'indicazione dei relativi tempi di attuazione e delle modalità di coordinamento.

Implementazione di un sistema di contabilità degli ecosistemi

La ricerca ha analizzato il sistema di contabilità ambientale e dei servizi ecosistemici SEEA-EA che è considerato il sistema di riferimento ampiamente riconosciuti a livello internazionale e che molti stati e regioni stanno cercando di implementare a livello locale.

Il modello SEEA-EA permette di fornire al decisore pubblico informazioni inerenti allo stato dell'ecosistema e del capitale naturale e arrivare alla valutazione della fornitura di beni e servizi ecosistemici (vedi seconda parte). Il SEEA-EA è, infatti, concepito come una serie integrata e coerente di conti, la cui implementazione può essere flessibile e modulare a, soprattutto, ha un approccio spaziale al fine di rendere esplicito il fatto che i benefici derivanti dagli ecosistemi dipendono intrinsecamente dalla loro localizzazione.

La focalizzazione spaziale aiuta, infatti, a identificare l'ubicazione delle risorse e dei SE, così come dei loro beneficiari specifici (famiglie, imprese e istituzioni) e, pertanto, si fa un uso congiunto di tavole contabili integrate con mappe. Concettualmente, per ogni unità spaziale, la contabilità ecosistemica comporta la registrazione su un periodo temporale:

- Dello stock e delle variazioni dello stock di ciascun ecosistema, comprese voci relative al miglioramento o degrado;
- Dei flussi dagli ecosistemi sotto forma di SE.

Come spiegato nella parte 1, il SEEA-EA è articolato su cinque livelli contabili fortemente interconnessi, e che forniscono una visione completa e coerente degli ecosistemi e delle loro interrelazioni con i sistemi economici:

1. Il conto dell'estensione;
2. Il conto delle condizioni;
3. Il conto dei flussi dei servizi ecosistemici in termini fisici;
4. Il conto dei flussi dei servizi ecosistemici in termini monetari;
5. Il conto degli asset ecosistemici in termini monetari.

Nella nostra ricerca, sono stati impostati i *primi quattro livelli contabili* gettando le basi affinché a livello regionale possa essere impostata una *contabilità SEEA-EA* utilizzando differenti unità spaziali di riferimento:

- Il *comune* per il livello amministrativo e per, eventualmente, integrarla con i dati socioeconomici e del bilancio comunale;
- Gli *agroecomosaici* per il livello della pianificazione / progettazione territoriale e in sostituzione degli ecosistemi così come sono stati utilizzati a livello internazionale - di fatto, un'aggregazione del livello 1 dell'uso del suolo - e che, pertanto, non considera il valore patrimoniale dei luoghi che, dal nostro punto di vista, assume una rilevanza fondamentale;
- E, infine, le *unità spaziali omogenee* per tutto il territorio di forma esagonale e delle dimensione di 5 ha utilizzate per questa ricerca ma che potrebbero essere anche di dimensione differente e che consentono di percepire l'entità e la localizzare delle trasformazioni nel corso del tempo dello stock e deflussi dei SE.

Individuazione delle unità spaziali adeguate alla valutazione: gli agroecomosaici

Come già anticipato nel punto precedente, per superare la semplificazione delle valutazioni effettuate su ecosistemi definiti sulla base degli usi del suolo e tener conto del fatto che in Toscana il paesaggio rurale è considerato uno degli elementi fortemente identitari nonché capace di attrarre e generare sviluppo, è stata scelta come unità di analisi spaziale l'*agroecomosaico* che si configura come un'unità di analisi spaziale complessa, che mette a sistema le principali componenti che costituiscono l'ecosistema stesso e contiene al suo interno la dimensione "patrimoniale" dei luoghi. Per questo motivo può rappresentare un efficace strumento valutativo e un valido supporto alla pianificazione, al fine di sviluppare strategie territorializzate ancorate alle reali criticità e ai valori territoriali.

Dalla nostra ricerca emerge infatti come la mappatura e la contabilità dei SE sia strettamente dipendente dalle unità spaziali utilizzate. È emerso che in molti casi, in studi e progetti nazionali e internazionali, vengono usate come unità spaziali gli elementi delle mappe di uso del suolo, o delle loro aggregazioni, in un modo che non permette di considerare la complessità delle relazioni ecosistemiche tra i diversi tipi di uso del suolo e gli altri caratteri del paesaggio.

In un contesto come quello della Toscana, in cui il paesaggio è un elemento fortemente identitario, nonché attrattivo, si propone di fare riferimento, per la contabilità e la valutazione dei SE, agli *agroecomosaici*, come definiti nella seconda parte del rapporto, che - rispetto ad analisi condotte unicamente sulla base dell'uso del suolo - mettono a sistema le principali componenti che costituiscono l'ecosistema.

La proposta prevede l'elaborazione di tali unità spaziali a partire dalle cartografie comunemente utilizzate, come le mappe di uso del suolo secondo la classificazione Corine Land Cover, ma sovrapposte ad altre informazioni, attraverso una metodologia che può essere schematizzata come segue:

- Utilizzo della mappa di uso e copertura del suolo contenente il IV livello della classificazione Corine Land Cover;
- Valutazione delle informazioni e delle indicazioni sulla vegetazione boschiva;
- Costruzione di un processo di *overlay mapping* che permetta l'interpolazione delle sopracitate informazioni con altri tematismi di base, indispensabili a costruire conoscenza sugli ecosistemi (geologia, pedologia, sistema delle acque, aree umide, governo del bosco, aree urbane, etc.);
- Realizzazione di una cartografia degli agroecomosaici su cui realizzare la valutazione dei SE.

Valutazione economico-ambientale degli scenari di trasformazione eco-paesaggistica del territorio e delle strategie territoriali

Il framework teorico-metodologico della ricerca ha dato ampia rilevanza al riconoscimento delle condizioni degli ecosistemi e delle criticità eco-territoriali, prima di definire e quantificare la produzione di SE, cercando di mettere a punto strumenti in grado di correlare la salute degli ecosistemi, le regole di rigenerazione e l'erogazione dei SE.

A questo fine è stata introdotta la rappresentazione grafica degli agroecomosaici, le unità spaziali di riferimento utilizzate dalla ricerca per l'individuazione e la quantificazione dei SE. La loro rappresentazione grafica costituisce uno strumento utile ed efficace per visualizzare e confrontare scenari alternativi di gestione (sostenibile e non sostenibile) del territorio e del paesaggio.

Una fertile prospettiva di ricerca quali-quantitativa è data dalla valutazione economico-ambientale delle trasformazioni territoriali e paesaggistiche delineate negli scenari per mettere in luce vantaggi e svantaggi delle diverse opzioni nella gestione e all'erogazione di SE.

La valutazione economico-ambientale delle trasformazioni territoriali è applicabile sia a livello dei diversi agroecomosaici - cosa che consentirebbe di impostare politiche regolative e di programmazione di ampio spettro - sia a livello di strategie territoriali legate all'individuazione di soluzioni per le specifiche criticità presenti, tramite il confronto di più scenari possibili. Nel primo caso si pensi alla valutazione quali-quantitativa nei diversi agroecomosaici delle politiche di *greening*, che consentirebbe di definire la migliore configurazione spaziale possibile del mantenimento o della costituzione di aree di interesse ecologico, le EFA (Ecological Focus Area). Nel secondo caso si pensi ad esempio alle strategie legate al mantenimento quali-quantitativo della risorsa idrica, che implicano la gestione forestale, le modalità di gestione agricola, le forma di stoccaggio delle acque valutando di volta in volta i vantaggi e gli svantaggi economico ambientali delle diverse soluzioni.

Questo strumento rappresenta un efficace supporto alla pianificazione e alla programmazione per individuare indirizzi e strategie di gestione territoriale più idonee al contesto.

Affinando le metodologie valutative e producendo serie a lungo termine di dati di contabilità degli ecosistemi (es. da effettuarsi ogni 3-5 anni), è possibile migliorare l'analisi dei costi/benefici dell'attuazione di interventi integrati sul territorio. Inoltre, valutare il costo per l'attuazione di progetti territoriali si configura come uno strumento strategico di rilevante interesse come supporto al decisore pubblico per individuare i finanziamenti da stanziare e definire gli obiettivi di programmazione territoriale, che potranno essere raggiunti anche tramite progetti di PES con il coinvolgimento dei soggetti locali.

Integrazione nel PRS di buone pratiche di governance dei Servizi Ecosistemici

A seguito del lavoro effettuato dal CURSA con il contributo di tutto il gruppo di ricerca per valutare la coerenza tra obiettivi, azioni e strategie proposte nel prossimo PRS della Regione Toscana, la ricerca effettuata ha messo in luce le effettive possibilità di sviluppare sia un sistema di contabilità ambientale e dei servizi ecosistemici, sia dei modelli di governance innovativi basati sulla remunerazione dei servizi ecosistemici (PES) evidenziando, tra l'altro, il forte interesse delle comunità che vivono nelle aree della montagna toscana (vedi il rapporto di ricerca consegnato alla Regione Toscana).

Una nuova legge regionale sulla governance dei Servizi Ecosistemici legati alle risorse idriche

Come già presente in altri contesti regionali si propone la possibilità di ipotizzare una Legge Regionale per la Toscana - sul modello del Piemonte e dell'Emilia-Romagna - che preveda una quota aggiuntiva in tariffa da destinarsi ai territori produttori di acqua e in modo particolare alle attività di difesa e tutela quali-quantitativa della risorsa idrica nonché dell'assetto idrogeologico del territorio montano.

Al fine di dare la possibilità alle comunità insediate di accedere a risorse e potenzialità economiche per salvaguardare e tutelare i territori è possibile pensare alla costruzione di una Legge Regionale per la Toscana - sul modello del Piemonte e dell'Emilia-Romagna - che preveda una quota aggiuntiva in tariffa da destinarsi ai territori produttori di acqua e in modo particolare alle attività di difesa e tutela quali-quantitativa della risorsa idrica nonché dell'assetto idrogeologico del territorio montano.

Tali finanziamenti dovranno essere destinati ad implementare una progettualità integrata territoriale che, con gli obiettivi di regolazione, purificazione delle acque, controllo dell'erosione preveda:

- Interventi di riqualificazione delle aree perifluviali e peri-lacuali;
- Interventi di salvaguardia in area montana a favore della riproducibilità e della conservazione della risorsa;
- Interventi di ricarica artificiale della falda nelle aree di pianura;
- Il coinvolgimento proattivo della comunità insediata.

Con l'obiettivo di costruire una nuova legge regionale che preveda una quota aggiuntiva alla tariffa idrica sarà necessario strutturare e supportare incontri tra i principali attori istituzionali coinvolti nel servizio idrico:

- Regione Toscana;
- Cispel;
- AIT;
- ARERA;
- Enti gestori della risorsa idrica della Toscana.

Allo stesso modo, si propone anche di fare una riflessione sull'opportunità di proporre una modifica all'attuale legge regionale sulla Bonifica LR 79/2012 per rafforzare il ruolo dei Consorzi di Bonifica non solo negli interventi finalizzati ad assicurare lo scolo delle acque, la salubrità e la difesa idraulica del territorio, la regimazione dei corsi d'acqua naturali, ma anche il potenziamento degli interventi per trattenere e stoccare le acque meteoriche in relazione ai cambiamenti climatici e non limitato all'ambito dell'utilizzazione a prevalenti usi agricoli.

Sperimentazione integrazione PES / PSR

La componente agricola risulta quella maggiormente implicata nella gestione degli ecosistemi e nella fornitura dei servizi ecosistemici. Una fertile prospettiva di ricerca dovrebbe essere indirizzata all'analisi e valutazione di possibili interazioni tra le misure del PSR (Piano di Sviluppo Rurale) con la progettualità dei PES al fine di recuperare una dimensione locale degli ecoschemi previsti con il nuovo PSR che, viceversa, sembrano sempre più assumere una dimensione top-down e standardizzata su tutto il territorio nazionale.

Valutazione degli impatti dei progetti in Regione Toscana

Nello scenario della transizione ecologica, la centralità dell'ecosistema per la rigenerazione del territorio acquista sempre più importanza. Risulta quanto mai prioritario, pertanto, uscire da una dimensione valutativa dei progetti in chiave di analisi costi/benefici e che sia in grado di introdurre all'interno delle procedure di valutazione di impatto ambientale anche la dimensione legata alla valutazione monetarie delle esternalità ambientali e sociali, delle variazioni degli stock e dei flussi di SE nonché quelle relative all'intero ciclo bioeconomico delle risorse coinvolte così come attualmente accade a livello della valutazione dei progetti da parte dell'UE.

Bibliografia

- Bemelmans-Videc M. L., Vedung E., Rist R. C. (1998), "Policy instruments: typologies and theories" In "Carrots, sticks, and sermons: Policy instruments and their evaluation" (p. 21-58).
- Blasi C et al. (2017), Ecosystem mapping for the implementation of the European Biodiversity Strategy at the national level: The case of Italy, Environmental Science & Policy 78.
- Bolognesi M., Corrado F. (2021), "La centralità della montagna", Scienze del territorio vol. 9.
- Bonomi A. (2013), Il capitalismo in-finito. Indagini sui territori della crisi, Torino, Einaudi.
- Borucke M, et al. (2013), Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework, Ecological Indicators, 24.
- Brotto L., Leonardi A., Masiero M. e Amato G. (2017), "Investire nella natura: guida per la promozione dei meccanismi volontari per la compensazione della carbon, biodiversity e water footprint", ETIFOR Srl – Spin-off dell'Università di Padova.
- Burkhard B, Kandziora M, Hou Y, Müller F. Ecosystem service potentials, flows and demands-concepts for spatial localisation, indication and quantification. Landscape Online, 2014, 34. 1-32. https://doi.org/10.3097/lo.201434.
- Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. Ecological Indicators, (2012b), 21. 17-29. https://doi.org/10.1016/j.ecolind. 2011.06.019 16.
- Burkhard B., de Groot R., Costanza R., Seppelt R., Jørgensen S.E., Potschin M. (2012a), Solutions for sustaining Natural capital and ecosystem services, Ecol. Indic. 21, 1–6.
- Burkhard B., Kroll F., Muller F., Windhorst W. (2009), Landscapes' capacity to provide ecosystem services: a concept for land cover-based assessments, Landscape online 15, 1–22.

- Caporali, E., Chiarello V., Rossi, G., (2014) Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme. Attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana.
- Castelli, F., (2014), Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC. Addendum: Parametrizzazione HMS. Attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana.
- CCN - Comitato Capitale Naturale (2017), "Primo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia", Roma.
- CCN - Comitato Capitale Naturale (2018), "Secondo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia", Roma.
- CCN - Comitato Capitale Naturale (2021), "Quarto Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia", Roma.
- Cooper P. (2013), "Socio-ecological accounting: DPSWR, a modified DPSIR framework, and its application to marine ecosystems" Ecological Economics 94 (2013): 106-115.
- Corrado F., Dematteis G. (2016 a cura di), "Riabitare la montagna", Scienze del Territorio, Vol. 4.
- Costanza R. et al (1997), "The value of the world's ecosystem services and natural capital", Nature 387, pp. 253–260.
- Croci, E., e Lucchitta, B. (2016) Strategie per piani e progetti in ambito urbano, Strategie di riequilibrio ecosistemico. Corso di formazione INU La dimensione ecologica nel progetto di città e territori, Milano, 22 Novembre 2016, link: Cosa sono i servizi ecosistemici (inulombardia.it).
- Crutzen, P. J. (2005), "Benvenuti nell'Antropocene. L'uomo ha cambiato il clima, la Terra entra in una nuova era", Mondadori.
- Daily G. et al (1997), Nature's Services: Societal dependence on natural ecosystems. Island Press, Washington.
- EPA (2016) Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866.
- Fang K., Heijungs R., De Snoo G. R., (2015), Understanding the complementary linkages between environmental footprints and planetary boundaries in a footprint–boundary environmental sustainability assessment framework, Ecological Economics 114.
- Fondazione Montagne Italia (2015) Rapporto Montagne Italia. https://montagneitalia.it/rapporto-montagne-italia-2015/
- Giupponi C., Galassi S., Pettenella D. (2010), "Definizione del metodo per la classificazione e quantificazione dei servizi ecosistemici in Italia. Verso la Strategia Nazionale per la Biodiversità", Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.
- Haines-Young R., Potschin M., Kienast F. (2012), Indicators of ecosystem service potential at European scales: mapping marginal changes and trade-offs, Ecological Indicators, 21 (2012), pp. 39–53.

- Haines-Young, R., & Potschin-Young, M. (2018). Common international classification for ecosystem services (CICES) V5.1. Guidance on the Application of the Revised Structure. Fabis consulting, Nottingham, UK.
- Häyhä T, Lucas P L, van Vuuren D P, Cornell S E, Hoff H, (2016) From Planetary Boundaries to national fair shares of the global safe operating space — How can the scales be bridged?, Global Environmental Change.
- ISPRA (2016). Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2016. Report 248/2016, Roma, Italia.
- ISPRA (2021). Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2021, Roma, Italia.
- Jack B. K., Kousky C., Sims K. E. (2008), "Designing payments for ecosystem services: lessons from previous experience with incentive-based mechanisms", Proceedings of the National Academies of Sciences of the United States of America n. 105, p. 9465-9470.
- Laboratorio REF (2017), Il capitale naturale: l'ambiente che vale. Acqua N°85, Milano, link: https://laboratorioref.it/il-capitale-naturale-lambiente-che-vale/.
- Kandziora M., Burkhard B. and Müller F. (2013), "Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators - A theoretical matrix exercise" Ecological Indicators 28 (2013): 54-78.
- Liu et al., (2015), Systems integration for global sustainability, 347 (6225).
- MAES (2013) An analytical framework for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. Discussion paper – Final, April 2013.
- MAES (2018) An analytical framework for mapping and assessment of ecosystem condition in EU. Discussion paper – Final January 2018.
- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Condé, S., Vallecillo, S., Barredo, J.I., Paracchini, M.L., Abdul Malak, D., Trombetti, M., Vigiak, O., Zulian, G., Addamo, A.M., Grizzetti, B., Somma, F., Hagyo, A., Vogt, P., Polce, C., Jones, A., Carré, A., Hauser, R., EU Ecosystem Assessment: Summary for policymakers. EUR 30599 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021.
- Magnaghi A. (2010), "Il progetto locale. Verso la coscienza di luogo", Bollati Boringhieri, Torino.
- Magnaghi A. (2020), Il principio territoriale, Bollati Boringhieri, Torino.
- Malcevschi S. (2010), Reti ecologiche polivalenti. Infrastrutture e servizi ecosistemici per il governo del territorio, Il Verde Editoriale, Milano.
- Marino D., Marucci A., Palmieri M., Pili S., (2021b). Analisi del flusso di servizi ecosistemici generati dalle aree interne e mappatura dei beneficiari nelle aree urbane. Elementi per un bilancio. In: PROGETTO RINASCITA CENTRO ITALIA "Nuovi sentieri di sviluppo per l'Appennino centrale interessato dal sisma". Primo Rapporto pp. 94-103.
- Marino D., Palmieri M., Marucci A., Pili S. (2022) Long-term land cover changes and ecosystem services variation: have the anthropogenic transfor-

mations degradated human well-being in Italy? Italian Review of Agricultural Economics 77(1): 7-23. DOI: 10.36253/rea-13448.

- Marino D., Palmieri M., Marucci A., Tufano M., (2021a). Comparison between Demand and Supply of Some Ecosystem Services in National Parks: A Spatial Analysis Conducted Using Italian Case Studies. Conservation, 2021, 1, 36–57. https://doi.org/10.3390/conservation1010004.
- Marino, D., Poli, D., Rovai, M., Marucci, A., Butelli, E., Trinchetti, T. (2022) Individuazioni di buone pratiche di gestione a supporto dell'implementazione di strumenti per migliorare la governance del capitale naturale in Regione Toscana, CURSA, Report finale Progetto PROGRESS, Anci Toscana.
- Marucci A., Marino D., Palmieri M., Pili S., (2022 i.c.s.). Il ruolo delle aree agroforestali nella fornitura potenziale di servizi ecosistemici: il caso della Regione Molise. L'Italia Forestale e Montana
- Millennium Ecosystem Assessment (2005), "Millennium Ecosystem Assessment 2005 Ecosystems and human well-being: the assessment series", Island Press, Washington DC.
- Morri E., Pruscini F., Scolozzi R., Santolini R., (2014) A forest ecosystem services evaluation at the river basin scale: Supply and demand between coastal areas and upstream lands (Italy), Ecological Indicators 37A.
- Palmieri M, Gaglioppa P, Guadagno R, Marino D, Marucci A, Pellegrino D, Picchi S (2014). Modello dimostrativo di valutazione dell'efficacia di gestione. Report del progetto Making Good Natura (LIFE+11ENV/IT/000168), CURSA, Roma, pp. 129.
- Panagos, P., et al. (2015) Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale, Land Use Policy 48, 38-50.
- Pellegrino, G.,Di Paola M. (2018), Nell'Antropocene. Etica e politica alla fine di un mondo, Derive e Approdi;
- Perongini S., (2015) Profili giuridici della pianificazione urbanistica perequativa, Giuffrè, Milano.
- Pettenella D., Gatto P., Secco L., Vidale E. (2013), "Strumenti innovativi per le politiche della montagna: pagamenti per i servizi ambientali. In Varotto M., Castiglioni B., "Di chi sono le Alpi? Appartenenze politiche, economiche e culturali nel mondo alpino contemporaneo", Padova University Press, Padova, p. 117-131;
- Pettenella D., Vidale E., Gatto P., Secco L. (2012), "Paying for water-related forest services: a survey on Italian payment mechanisms", iForest - Biogeosciences and Forestry, n. 5(4), 210–215;
- Poli D. (2015), "Il patrimonio territoriale fra capitale e risorsa nei processi di patrimonializzazione proattiva", in Meloni B. (a cura di), Aree interne e progetti d'area, Rosenberg & Sellier, Torino, pp. 123-140.
- Poli D. (2019), Le comunità progettuali della bioregione urbana. Un parco agricolo in riva sinistra d'Arno, Quodlibet, Macerata.

- Poli D. (2020 - a cura di), I servizi ecosistemici nella pianificazione bioregionale, FUP, Firenze;
- Poli D., Chiti M., Granatiero G. (2020), "L'approccio patrimoniale ai servizi ecosistemici" in Poli D. (a cura di), I servizi ecosistemici nella pianificazione bioregionale, FUP, Firenze;
- Richards, D.R.; Friess, D.A. A rapid indicator of cultural ecosystem service usage at a fine spatial scale: Content analysis of social media photographs. Ecol. Ind. 2015, 53, 187–195. [CrossRef]
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. et al. A safe operating space for humanity. Nature 461, 472–475 (2009). https://doi.org/10.1038/461472a
- Saragosa C. (2001), "L'ecosistema territoriale e la sua base ambientale", in Magnaghi A. (a cura di), Rappresentare i luoghi. Metodi e tecniche, Alinea, Firenze, pp. 55-138;
- Sbandati A. (2020), "Servizi ecosistemici, servizio idrico integrato e componenti tariffarie: l'opportunità dei Payments for Ecosystem Services" " in Poli D. (a cura di), I servizi ecosistemici nella pianificazione bioregionale, FUP, Firenze;
- Schirpke, U., Scolozzi, R., De Marco, C. (2014) Modello dimostrativo di valutazione qualitativa e quantitativa dei servizi ecosistemici nei siti pilota. Parte1: Metodi di valutazione. Report del progetto Making Good Natura (LIFE+11 ENV/IT/000168), EURAC research, Bolzano, p. 75.
- Schirpke, U.; Scolozzi, R.; De Marco, C. (2014) Analisi dei Servizi Ecosistemici Nei Siti Pilota. Parte 4: Selezione dei Servizi Ecosistemici. Report del Progetto Making Good Natura; (LIFE+11 ENV/IT/000168); EURAC Research: Bolzano, Italy, 2013; p. 43
- Steffen, W., et al., (2015) Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet, Science, 347, 6223.
- Stoll S, Frenzel M, Burkhard B, Adamescu M, Augustaitis A, Baeßler C, Bonet F, Carranza ML, Cazacu C, Cosor G, Díaz-Delgado R, Grandin U, Haase P, Hämäläinen H, Loke R, Müller J, Stanisci A, Staszewski T, Müller F (2015) Assessment of ecosystem integrity and service gradients across Europe using the LTER Europe network. Ecological Modelling 295: 75-87. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel. 2014.06.019
- Sukhdev, P. (2008). L'economia degli ecosistemi e della biodiversità (TEEB). Relazione intermedia. Commissione Europea, Lussemburgo.
- UNSD (2021) System of environmental-economic accounting - Ecosystem accounting, SEEA-EA
- Van Hulle, et al. (2010) Engineering aspects and practical application of autotrophic nitrogen removal from nitrogen rich streams, Chemical Engineering Journal. 162 (1), 1-20
- Van Oudenhoven, Alexander PE, et al. (2012), "Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services." Ecological Indicators 21 (2012): 110-122

- Vanham, D., et al., (2019) Environmental footprint family to address local to planetary sustainability and deliver on the SDGs, Science of the Total Environment, 693.
- 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, n. 15, pp. 114-121.
- Vysna, V., Maes, J., Petersen, J.E., La Notte, A., Vallecillo, S., Aizpurua, N., Ivits, E., Teller, A., (2021) Accounting for ecosystems and their services in the European Union (INCA). Final report from phase II of the INCA project aiming to develop a pilot for an integrated system of ecosystem accounts for the EU. Statistical report. Publications office of the European Union, Luxembourg
- Wei H., Fan W., Wang X., Lu N., Dong X., Zhao Y., Ya X., Zhao Y. (2017). Integrating supply and social demand in ecosystem services assessment: A review. Ecosystem Services, 25: 1-2
- Wunder, S. (2005). "Payments for environmental services: some nuts and bolts", Center for International Forestry Research.
- WWAP/UN-Water (2018) Nature-based solutions for water, UNESCO, Parigi
- WWAP/UN-Water (2022) Groundwater: Making the invisible visible, UNESCO, Parigi

Riferimenti relativi alle esperienze di PES

Caso della sorgente Vittel

- Enrico Cancila, Alessandro Bosso, Irene Sabbadini (2015), Il pagamento dei servizi ecosistemici, i casi di studio, ECOSCIENZA Numero 1/2015,
- <https://www.arpae.it/it/ecoscienza/numeri-ecoscienza/anno-2015/numero-1-anno-2015/capitale-naturale/il-pagamento-dei-servizi-ecosistemici-casi-di-studio/view> (ultima visita: Maggio 2023)
- ERVET (2015), La valorizzazione economica delle infrastrutture verdi e dei servizi ecosistemici. Indagine su casi studio italiani e internazionali, < http://www.ervet.it/wp-content/uploads/2013/09/Rapporto_infrastrutture_verdi_2015.pdf> (ultima visita: novembre 2020)
- Perrot-Maître, D. (2006) *The Vittel payments for ecosystem services: a "perfect" PES case?* International Institute for Environment and Development, London, UK, <https://pubs.iied.org/pdfs/G00388.pdf>, (ultima visita: novembre 2020)

Esperienza della Waterpenny nella Bassa Sassonia in Germania

- Enrico Cancila, Alessandro Bosso, Irene Sabbadini (2015), Il pagamento dei servizi ecosistemici, i casi di studio, ECOSCIENZA Numero 1/ 2015, https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2015_1/Cancila_et_al_es01_15.pdf

- ERVET (2015), La valorizzazione economica delle infrastrutture verdi e dei servizi ecosistemici. Indagine su casi studio italiani e internazionali, < http://www.ervet.it/wp-content/uploads/2013/09/Rapporto_infrastrutture_verdi_2015.pdf> (ultima visita: novembre 2020)
- Thomas Greiber, Chantal van Ham, Gerben Jansse, Marta Gaworska (2009), Final report study on the Economic value of groundwater and biodiversity in European forests, <https://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/grounwater_report.pdf>(ultima visita: novembre 2020)

Gestione integrata delle colture in Sassonia-Anhalt

- Sbandati, A., (2020) Servizi ecosistemici, servizio idrico integrato e componenti tariffarie: l'opportunità dei Payments for Ecosystem Services, in Poli D (2020 - a cura di), I servizi ecosistemici nella pianificazione bioregionale, FUP, Firenze.
- "Payment for ecosystem services"
- https://www.face.eu/sites/default/files/documents/english/payments_for_ecosystem_services_final_en_0.pdf

Caso PES New York

- Obeng E., Aguilar F., McCann L. (2018) "Payments for forest ecosystem services: A look at neglected existence values, the free-rider problem and beneficiaries' willingness to pay », International Forestry Review. 20. 206-219
- Sbandati, A., (2020), Servizi ecosistemici, servizio idrico integrato e componenti tariffarie: l'opportunità dei Payments for Ecosystem Services, in Poli D (2020 - a cura di), I servizi ecosistemici nella pianificazione bioregionale, FUP, Firenze.
- Landell-Mills, N and Porras, T. I. 2002. "Silver bullet or fools' gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor". Instruments for sustainable private sector forestry series. International Institute for Environment and Development, London.
- https://www.nycwatershed.org

Il Consorzio di bonifica Pedemontano Brenta e la ricarica artificiale della falda

- https://www.ambientidiacqua.it/p/territories/835-i-boschi-di-ricarica
- http://www.consorziobrenta.it/ricarica_falda_schiavon.asp
- Sbandati, A., (2020), Servizi ecosistemici, servizio idrico integrato e componenti tariffarie: l'opportunità dei Payments for Ecosystem Services, in Poli D (2020 - a cura di), I servizi ecosistemici nella pianificazione bioregionale, FUP, Firenze

PES per la riduzione dell'erosione delle sponde della diga di Ridracoli

- ERVET (2015), La valorizzazione economica delle infrastrutture verdi e dei servizi ecosistemici. Indagine su casi studio italiani e internazionali, http://www.ervet.it/wp-content/uploads/2013/09/Rapporto_infrastrutture_verdi_2015.pdf (ultima visita: novembre 2020)

- Francesco Fatone e Andrea Guerrini (2017), Riutilizzo delle acque e servizi ecosistemici: un'analisi critica per una governance più sostenibile, articolo on-line, https://www.ilmerito.org/8-nel-merito/324-riutilizzo-delle-acque-e-servizi-ecosistemici-un-analisi-critica-per-una-governance-piu-sostenibile-di-francesco-fatone-e-andrea-guerrini (ultima visita: novembre 2020)
- Enrico Cancila, Alessandro Bosso, Irene Sabbadini (2015), Il pagamento dei servizi ecosistemici, i casi di studio, ECOSCIENZA Numero 1/ 2015, https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2015_1/Cancila_et_al_es01_15.pdf