



The role of agroforestry areas in the potential provision of ecosystem services: the case of the Molise Region

Il ruolo delle aree agroforestali nella fornitura potenziale di servizi ecosistemici: il caso della Regione Molise

Angelo Marucci ^{(a)(*)} - Davide Marino ^(a) - Margherita Palmieri ^(a) - Silvia Pili ^(a)

^(a) Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università del Molise, contrada Fonte Lappone, 86090 Pesche, Isernia.

^(*) Corresponding Author; angelo.marucci@unimol.it

Abstract: Changes in land use and land cover represent the main cause of the loss of natural capital and the ecosystem services supply. Analyzing the dynamics and impacts of these changes is also important with respect to the implementation of the D.lgs 34/2018, which recognizes ecosystem services generated by forests and identifies payments for ecosystem services as innovative tools for sustainable forest management. mapping, quantification, and economic valuation of ecosystem services. In our study, we analyzed the change in the supply of ecosystem services in relation to land use and land cover dynamics that occurred between 1960 and 2018 in the Molise Region. To do this type of analysis, we employed a methodology based on the GIS analysis of the agroforestry landscape transformation processes and qualitative matrices of potential supply of ecosystem services linked to land cover. The results obtained could be functional to the prediction of future scenarios and to the identification of adaptive strategies for the mitigation of impacts due to land cover changes at regional and national scales.

Key words: land cover changes; transition categories; ecosystem services; payment for ecosystem services; GIS analysis.

Citation: Marucci A., Marino D., Palmieri M., Pili S., 2022 - *Il ruolo delle aree agroforestali nella fornitura potenziale di servizi ecosistemici: il caso della Regione Molise*. L'Italia Forestale e Montana, 77 (4): 153-163. <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1723>

Received: 30/06/2022 **Revised version:** 04/08/2022 **Published online:** 13/10/2022

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni abbiamo assistito ad un aumento della consapevolezza del ruolo svolto

dal capitale naturale nella fornitura dei beni e servizi ecosistemici (SE) e della necessità di attuare strategie di gestione del territorio per contrastare gli effetti indotti dalle attivi-

Lavoro svolto nell'ambito del programma Rete Rurale Nazionale 2014-2020 (Piano di azione biennale 2021-2022; scheda Foreste 22.2 WPI; autorità di gestione: Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali), con il contributo FEASR.

tà antropiche. I cambiamenti di uso e copertura del suolo, il cambiamento climatico e la frammentazione degli habitat naturali sono i principali responsabili della perdita di biodiversità. Secondo Balvanera *et al.* (2006) e Mendoza-González (2012) a livello globale la trasformazione di ecosistemi naturali in terreni agricoli e delle praterie e pascoli in aree urbane hanno provocato una perdita di biodiversità ed una riduzione della fornitura di beni e SE. Haynes-Young and Potschin (2010) hanno dimostrato come tali cambiamenti hanno modificato le relazioni biofisiche alla base dei processi e delle funzioni degli ecosistemi e di conseguenza la capacità di fornire beni e servizi indispensabili per il benessere umano. I cambiamenti nell'uso del suolo producono una variazione dei SE a scala spaziale e temporale (Costanza *et al.*, 1997, 2014; de Groot *et al.*, 2012) ed influenzano le relazioni tra i SE (Han *et al.*, 2017, Pereira *et al.*, 2012). Quantificare questi cambiamenti è fondamentale per comprendere gli impatti sul capitale naturale e sulle attività antropiche (Mendoza *et al.*, 2011).

In Italia i cambiamenti di uso e copertura del suolo si sono verificati con una velocità ed un impatto diverso coinvolgendo maggiormente le aree costiere e quelle di pianure in quanto caratterizzate da un tipo di agricoltura intensiva, dall'urbanizzazione e da uno sviluppo economico territoriale più accentuato rispetto alle aree montane. Uno studio condotto da Vizzarri *et al.* (2015) ha evidenziato la necessità di una *governance* adattativa per affrontare gli impatti dei cambiamenti dell'uso del suolo sulle foreste. Le aree forestali, oltre a produrre biomassa legnosa, svolgono altri servizi importanti come la protezione dal dissesto idrogeologico, la regolazione del clima attraverso la funzione di assorbimento di anidride carbonica e la regolazione dei cicli del carbonio, azoto e dell'acqua (Marchetti, 2011, Tomao *et al.*, 2013). Anche l'espansione delle aree forestali,

dovuta all'abbandono delle aree agricole ed alla scomparsa delle praterie e dei pascoli, causa la frammentazione degli habitat, aumenta la vulnerabilità degli ecosistemi forestali (Metzger *et al.*, 2006) e riduce la biodiversità del paesaggio (Geri *et al.*, 2008). Questo fenomeno è presente soprattutto nelle aree montane e nelle aree interne dislocate lungo l'appennino dove l'abbandono del territorio ha innescato anche problemi, quali il dissesto idrogeologico, legati alla mancata manutenzione delle aree agricole e forestali.

L'importanza dei SE forniti dalle aree agro-forestali è richiamata anche dall'articolo 70 della Legge 221/2015 che sottolinea la necessità di remunerare i SE di fissazione del carbonio delle foreste e dell'arboricoltura da legno, di regimazione delle acque nei bacini montani e di salvaguardia della biodiversità. I Pagamenti per i Servizi Ecosistemici (PES) vengono inoltre richiamati dall'articolo 7 comma 8 del Decreto legislativo n. 34 del 03/04/2018 (Testo Unico in materia di foreste e filiere forestali) e dalla Strategia Forestale Nazionale (GU Serie Generale n. 33 del 09-02-2022) quale strumento per la gestione forestale sostenibile coerentemente con quanto stabilito dalla Strategia forestale dell'Unione europea COM (2013) n. 659 del 20 settembre 2013.

L'implementazione dei PES implica una conoscenza dettagliata del territorio che può essere fornita attraverso la mappatura, la quantificazione e la valutazione economica dei SE (Marino e Palmieri, 2016). I SE devono essere analizzati sia a scala spaziale sia temporale in modo da comprendere le modalità e la velocità dei cambiamenti e prevedere degli scenari futuri.

La valutazione dei SE è funzionale a contrastare la perdita di biodiversità causata in maggior parte dalle crescenti vulnerabilità territoriali (Mooney *et al.*, 2009). Negli ulti-

mi anni sono state sviluppate diverse metodologie e strumenti per la valutazione dei SE così come raccomandato dall'Azione 5 *European Union Biodiversity Strategy 2020-EU BS (COM (2011) 244 final* del Progetto MAES - *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*. Per l'analisi qualitativa dei SE le metodologie impiegate si basano sugli approcci matriciali che associano a ciascuna classe di copertura del suolo dei coefficienti di fornitura potenziale e di domanda secondo una classe di rilevanza (Burkhard *et al.*, 2018; 2014; 2012). L'utilizzo di tali matrici permette di analizzare le risposte della fornitura e della domanda dei SE ai cambiamenti territoriali a diverse scale spaziali (locale, nazionale e globale) e temporali. All'analisi qualitativa, a livello internazionale, si associano quantificazioni biofisiche che dipendono strettamente dalla tipologia del servizio ecosistemico indagato e dalla disponibilità di dati (Marino *et al.*, 2021). Ad esempio il *software* GIS oltre ad essere utilizzato per la mappatura può essere uno strumento utile per la quantificazione biofisica di diversi SE di approvvigionamento e di regolazione. Anche la stima economica diviene un aspetto fondamentale per attribuire un valore sia all'uso sia al non uso delle risorse ambientali migliorando la gestione del capitale naturale.

Diversi sono gli studi condotti in ambito scientifico che mettono in relazione i cambiamenti dell'uso e copertura del suolo con la fornitura dei servizi ecosistemici (Marino *et al.*, 2022; Malandra *et al.*, 2018; Palmieri *et al.*, 2018; Schirpke *et al.*, 2021).

Prendendo a riferimento il contesto sopra descritto l'obiettivo del lavoro è stato quello di comprendere gli effetti del cambiamento della copertura del suolo sulla fornitura potenziale di beni e servizi ed i relativi *trade-off* rispetto ai fenomeni di transizione del paesaggio agro-forestale. Per valutare gli effetti a lungo termine di questi cambiamenti, è stato considerato un

intervallo temporale di lungo periodo (1960-2018) caratterizzato da dinamiche socio-economiche che hanno modificato il paesaggio agro-forestale e di conseguenza la capacità di fornire beni e SE.

2. MATERIALI E METODI

2.1 *Area studio*

L'area indagata è la Regione Molise situata nella zona di congiunzione delle catene appenniniche centro-meridionali. Il Molise si estende per una superficie di 4.437,73 km² ed è caratterizzato da ambienti diversificati costituiti principalmente da aree di alta montagna (fino a 2.000 m), ambienti collinari, bacini intermontani, valli fluviali, alta costa e pianura costiera (Amato *et al.*, 2017).

Negli ultimi decenni la Regione Molise è stata interessata da uno spopolamento generalizzato con particolare riguardo alle aree montane. Secondo i dati ISTAT il calo demografico della popolazione è stato del 15% nel periodo compreso tra il 1960 (366.113 abitanti) ed il 2018 (308.493 abitanti). Il Molise presenta una spiccata ruralità: la densità della popolazione "rurale" del Molise, pari a 77 ab./km², assume un valore intermedio tra quello che caratterizza le aree rurali europee (50 ab./km²) e quello delle aree rurali nazionali (90 ab./km²) (PSR, 2014-2020). Negli ultimi decenni il paesaggio naturale del Molise ha subito, in linea con lo scenario nazionale, profonde trasformazioni causate, oltre dallo spopolamento, anche all'abbandono delle pratiche agro silvo-pastorali che hanno portato ad una elevata colonizzazione delle aree forestali. Secondo il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura la Superficie Agricola Totale (SAT) è pari a 253.322 ettari di cui 197.517 ettari sono rappresentati dalla Superficie Agricola Utilizzabile (SAU). Di rilievo sono anche le superfici ricoperte da aree natu-

rali protette. Le aree Natura 2000 si estendono per una superficie complessiva di 118.724 ettari pari al 26,8% del territorio regionale (PSR, 2014-2020). Gli habitat che caratterizzano generalmente i “Boschi a prevalenza di querce caducifoglie”, sono il 91L0 (Querceti di rovere illirici (*Erythronio-Carpinion*) e il 91M0 (Foreste pannonicobalcaniche di cerro e rovere); mentre quelli dei “Boschi a prevalenza di faggio” sono il 9210*66 (Faggeti degli Appennini con *Taxus* e *Ilex*) e il 9220* (Faggeti degli Appennini con *Abies alba* e faggeti con *Abies nebrodensis*). Dall’Elenco Ufficiale Aree Naturali Protette (MITE, 2010), si può constatare che solo l’1,7% del territorio molisano è interessato da aree protette a fronte del 10,5% del territorio nazionale.

2.2 Iter metodologico

Per analizzare i principali cambiamenti di uso e copertura del suolo della Regione Molise e la relativa variazione in termini di fornitura di SE, è stata utilizzata una metodologia elaborata da Marino *et al.* (2016) che individua sei principali fenomeni di transizione del paesaggio agrario in Italia (Tab. 1). L’analisi diacronica 1960-2018 si è basata su due fonti di dati vettoriali costituite dalle Cartografie del Touring Club Italiano (1960) (curate dal Consiglio Nazionale della Ricerca - CNR) e *Corine Land Cover* III livello (1990, 2012 e 2018). Per consentire una comparazione, le categorie di uso del suolo di cui si compone la Cartografia del Touring Club Italiano (1960) sono state declinate nelle classi *Corine Land Cover* III livello (1990, 2012 e 2018). Sulla base di queste elaborazioni sono state analizzate le transizioni tra le diverse categorie di copertura del suolo avvenute nel periodo considerato.

L’approccio utilizzato prende origine da quello delle matrici di valutazione qualitativa dei SE che associano un valore a ciascuna classe di copertura del suolo in base alla ca-

pacità potenziale di fornire SE (Schirpke *et al.*, 2013). La nomenclatura utilizzata per i SE è stata quella definita da Schirpke *et al.*, (2013) che individua otto SE di approvvigionamento (F), nove SE di regolamento (R) e tre SE culturali (C). I valori qualitativi di fornitura potenziale variano tra 0 e 3: 3 corrisponde a molto rilevante, 2 a moderatamente rilevante, 1 a scarsamente rilevante e 0 a non rilevante. Per il calcolo della variazione qualitativa è stato elaborato un procedimento statistico-matematico descritto di seguito. Estendendo il metodo delle matrici di valutazione qualitativa all’approccio delle categorie di transizione, è stata generata una matrice di variazione dell’offerta potenziale di SE che associa un valore qualitativo (Var) compreso tra -3 e + 3 a ciascun cambio di copertura del suolo (es. 330-242).

Var = valore qualitativo (variazione associata a cambi copertura del suolo)

Tali valori sono stati prima ponderati sulla superficie percentuale ricoperta da ciascuna classe cambio di copertura del suolo rispetto all’intera area di studio (VarP) e, in seguito, normalizzati su una scala di rilevanza compresa in un *range* da -3 + 3 (VarNorm) in maniera da rendere confrontabili le variazioni tra i 20 SE considerati.

$VarP = Var * area\ classe\ copertura * 100 / area\ di\ studio$

$VarNorm = VarP * 3 / massimo\ registrato\ da\ ogni\ gruppo\ di\ SE$

I risultati ottenuti sono stati utilizzati per stimare la variazione complessiva avvenuta nei singoli gruppi di SE (approvvigionamento, regolazione e culturali) e nell’insieme all’interno del territorio molisano.

$V_{tot} = \sum VarNorm$

Tabella 1 - Elenco e descrizione dei processi di transizione e permanenze.

<i>Permanenze</i>
<p>Sono comprese tutte le aree nelle quali risulta la permanenza di utilizzazione di suolo. <i>Permanenza di colture permanenti</i>: permanenza di coltura specializzata di tipo arboreo (oliveto, vigneto, frutteto). Tale categoria, al grado di semplificazione consono ad una così ampia scala di analisi include le transizioni biunivoche e intra-categoriali tra colture specializzate di tipo arboreo (es. un vigneto che si trasforma in oliveto o viceversa) che ad un grado di definizione maggiore saranno leggibili come transizioni. <i>Permanenza dei sistemi a seminativo e prato</i>: permanenza di colture erbacee (seminativo, seminativo irriguo, risaia). <i>Permanenza di superfici artificiali</i>: tutte le aree nelle quali risulta la permanenza consolidate di aree urbanizzate. <i>Permanenza zone agricole eterogenee</i>: comprende la permanenza di colture annuali associate a colture permanenti (seminativo arborato), sistemi complessi (categoria CLC 2012 che comprende particelle ridotte di coltivi, orti urbani e periurbani, giardini e aree di pertinenza di residenze e altri tipi di insediamenti).</p>
<p><i>Permanenza boschi e aree seminaturali</i>: permanenza di utilizzazione di suolo a foresta e a prateria (nella legenda del CNR per la Carta di utilizzazione del suolo d'Italia le voci: bosco ceduo, bosco d'alto fusto, bosco promiscuo, pascolo ed incolto produttivo).</p>
<i>Urbanizzazione (artificializzazione)</i>
<p>La categoria include tutte le transizioni che, a partire da usi del suolo agro-silvo pastorali, si espletano nel senso di quei processi multiformi comunemente descritti con la definizione sintetica di consumo di suolo. Essa implica generalmente l'impermeabilizzazione (<i>soil sealing</i>) o la costruzione, a prescindere dalla destinazione d'uso (industriale, commerciale, residenziale, etc.) dei volumi costruiti o degli impianti (es. fotovoltaici) messi in opera.</p>
<i>Intensivizzazione</i>
<p>La categoria include tutte le transizioni che, a partire da usi del suolo agrari o rurali, evolvono nel senso di un aumento della pressione antropica, e quindi degli input energetici ed economici immessi nella patch in evoluzione. È questo il caso, ad esempio, dell'evoluzione dei pascoli in usi del suolo agrari, delle coltivazioni meno intensive in coltivazioni più intensive, nonché del bosco in coltivazioni agrarie. Non sono ascrivibili all'intensivizzazione le trasformazioni che implicano l'urbanizzazione o quei fenomeni di artificializzazione riconducibili alla comune definizione di consumo di suolo, che vengono a collocarsi nella categoria di Urbanizzazione.</p>
<i>Estensivizzazione</i>
<p>La categoria include tutte le transizioni che, a partire da usi del suolo agrari o rurali, evolvono nel senso di una diminuzione della pressione antropica, e quindi degli input energetici ed economici immessi nella patch che evolve nel senso di forme di agricoltura meno intensiva e specializzata rispetto a quelle che vi insistevano in precedenza, pur fatto salvo il mantenimento dell'aspetto preminentemente produttivo degli usi agrari.</p>
<i>Evoluzione in sistemi complessi</i>
<p>La categoria include le transizioni che si risolvono nel senso di una frammentazione delle patch di UDS, quando tale frammentazione interessa superfici cospicue di patch contigue. La connotazione della categoria prescinde dagli usi del suolo in cui si differenziano e specializzano le particelle polverizzate concentrandosi sugli aspetti quantitativi e sugli assetti formali. Generalmente, ma non necessariamente, tale parcellizzazione insiste su patch aventi, in precedenza usi agricoli preminentemente produttivi, che disgrega in un mosaico minuto di usi residenziali e auto-produttivi.</p>
<i>Rinaturazione</i>
<p>La categoria include tutte le transizioni che, a partire da usi del suolo caratterizzati da un più o meno alto grado di attività antropica, si innescano a seguito della sua cessazione. Tali processi, sono ascrivibili sempre ad una successione ecologica secondaria che può condurre ad un <i>disclimax</i> più o meno prossimo allo spettro della vegetazione climatica. La fattispecie più comune consta dell'evoluzione degli ex coltivi in bosco o bosaglia e quindi dell'evoluzione di una fitocenosi di specie agrarie in una cenosi spontanea dai tratti variabili in funzione delle condizioni di partenza, dei fattori biotici e abiotici che insistono sull'area e dello spettro della vegetazione potenziale. Più raramente si può assistere all'insediamento di successioni ecologiche secondarie in siti privi di vegetazione (ad esempio in ex aree industriali).</p>

3. RISULTATI

Nel territorio regionale i processi di trasformazione che maggiormente hanno influito sono i processi di intensivizzazione agricola (15%), rinaturazione (13%) e l'evoluzione in sistema complesso (12%), mentre il 35% è interessato da processi di permanenza di superfici artificiali ed aree agricole ed il 23% da permanenza di boschi ed aree seminaturali. Queste ultime aree di permanenza sono state analizzate in maniera distinta dalle aree di permanenza delle altre categorie di copertura del suolo al fine consentire una migliore interpretazione del contributo fornito dalle aree forestali e seminaturali nell'offerta dei SE.

Spostandosi dalla costa adriatica verso l'interno, il paesaggio agro-forestale ha un cambiamento strutturale dovuto soprattutto alle dinamiche socio economiche che hanno interessato il nostro Paese negli ultimi sessanta anni. Come mostra la cartografia riportata in figura 1 la Provincia di Isernia è caratterizzata da una permanenza delle superfici forestali e seminaturali, mentre la Provincia di Campobasso da una permanenza di altre superfici ascrivibili alle colture erbacee e colture permanenti (oliveto, vigneto, frutteto) e a praterie e pascoli. La Provincia di Isernia, che presenta una più marcata ruralità del territorio rispetto al capoluogo di regione, è stata interessata da un abbandono generalizzato e più diffuso delle pratiche agricole che ha innescato processi di rinaturazione. Secondo le analisi effettuate, a risentire maggiormente dei processi di intensivizzazione agricola è la Provincia di Campobasso ed in particolare le aree localizzate in prossimità della costa. In queste aree, con l'avvento della meccanizzazione agricola e dell'agricoltura industriale, le aree naturali e seminaturali sono state riconvertite ad uso agricolo con la finalità di massimizzare le produzioni. Vaste aree a sud di Termoli sono state

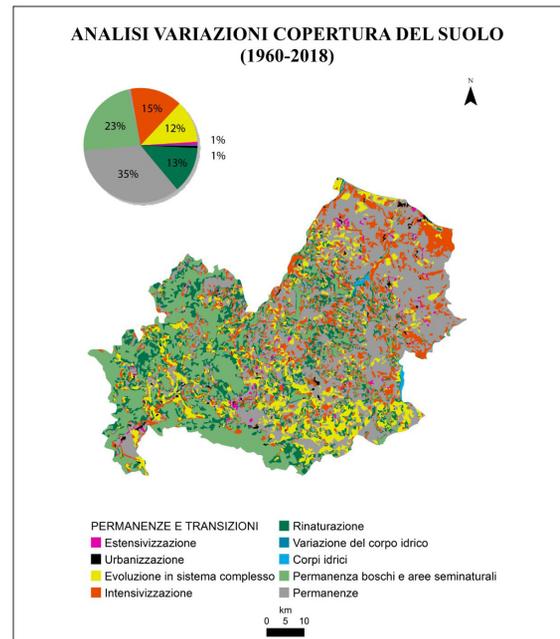


Figura 1 - Cartografia delle transizioni e delle permanenze nella copertura del suolo in Molise (1960-2018).

convertite da seminativi secchi o da aree agricole eterogenee a vigneti (transizione 211221, 241221). Nelle aree di media ed alta collina, ove l'agricoltura e la zootecnia di nicchia risentono delle caratteristiche orografiche e della fertilità dei suoli, si è verificato un abbandono generalizzato delle attività agro-zootecniche in aree agricole eterogenee che ha innescato i normali processi di successione ecologica delle comunità vegetazionali e forestali (vegetazione *climax*).

Le trasformazioni del paesaggio agro-forestale, appena descritto, hanno influenzato i processi e le funzioni ecosistemiche determinando una variazione nella fornitura dei SE. Come mostrano le cartografie riportate in figura 2, nelle aree in cui si è registrata una diminuzione dei SE di fornitura, in corrispondenza di fenomeni di rinaturazione, ad esempio, si è avuto un aumento dei servizi di regolazione. Analizzando i dati emersi dallo studio rispetto ai servizi di fornitura, più della metà del territorio è caratterizzata da una variazione nulla

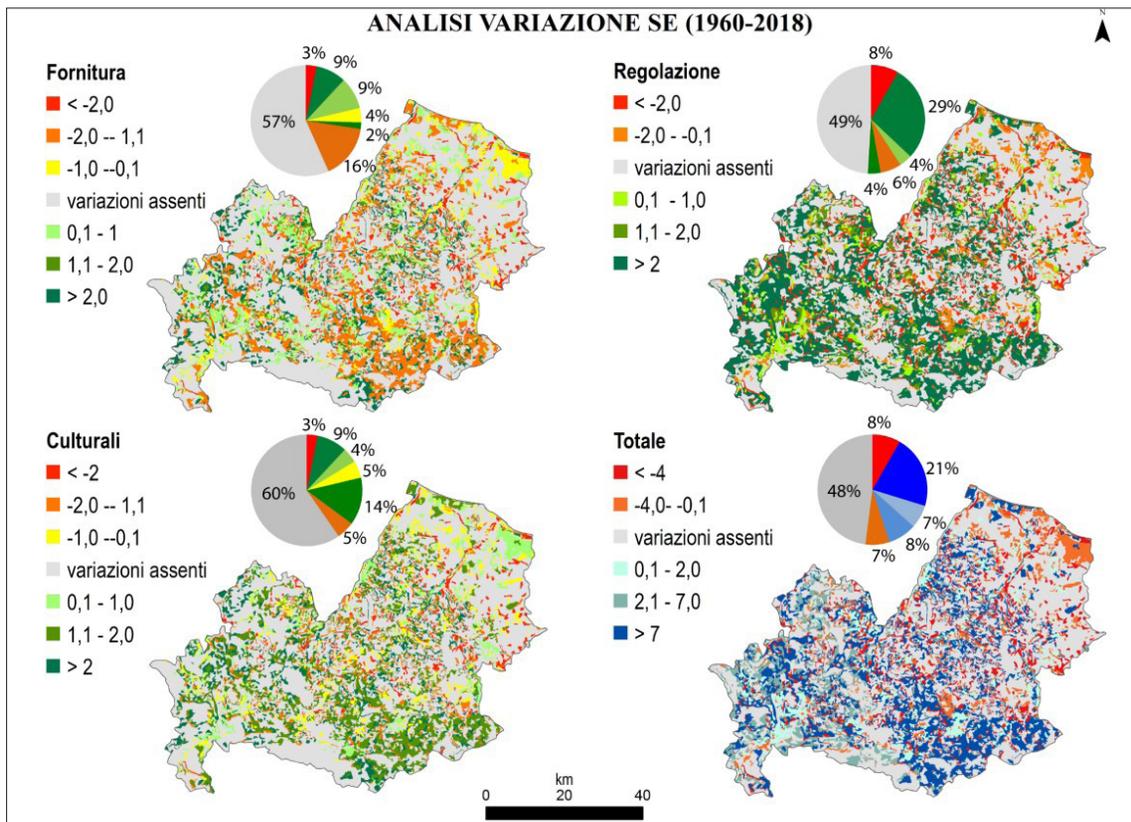


Figura 2 - Variazione dei SE nella Regione Molise (1960-2018).

(57%) mentre le perdite oscillano all'interno di un gradiente qualitativo che varia tra -0,1 e -2. La variazione più significativa (<-2) è stata registrata nelle aree in cui si sono verificati processi di intensivizzazione agricola e di evoluzione in sistemi complessi (Fig. 2) mentre le perdite di modesta portata mostrano una distribuzione compatta soprattutto in corrispondenza delle aree meridionali della Provincia di Campobasso e della Provincia di Isernia interessate da rinaturazione. Se le crescite moderate di fornitura potenziale sono distribuite in maniera diffusa, seppur scarsa (18% dell'area di studio) nel territorio molisano, la crescita più importante (> 2) si osserva nelle zone interessate dalla rinaturazione (da irriguo secco a bosco) che ha determinato un incremento (9%) dei SE di fornitura di materie prima, frutti di bosco e funghi. Per quanto riguarda invece i SE di Re-

golazione, l'offerta potenziale aumenta su una superficie stimata al 37% dell'area di studio per valori compresi in un range tra 0,1 e >2. L'aumento più importante (>2) è determinato soprattutto alle categorie di rinaturazione, evoluzione in sistema complesso e permanenza di boschi e aree naturali e seminaturali.

In accordo con la letteratura, una corretta gestione del territorio associata alla permanenza di aree forestali, seminaturali e agricole eterogenee, infatti, incrementa la protezione dal dissesto geologico ed idrogeologico, sottraggono carbonio dall'atmosfera e regolano il ciclo dell'acqua. Infine emerge che i cambiamenti nella copertura del suolo, hanno prodotto un aumento della fornitura dei SE di tipo culturale che ha interessato il 27% (valori compresi tra 0,1 e >2) della superficie complessiva (Fig. 2).

Analizzando i *trade-off* tra le tre macro categorie di SE (Fig. 2) si nota che il 48% non è stato interessato da variazioni mentre il 15% della superficie ha subito una riduzione della fornitura (*range* compreso tra -0,1 e <-4). L'incremento della fornitura complessiva dei SE ha riguardato il 21% della superficie regionale dovuto prevalentemente ai SE di regolazione. Le categorie di transizione che hanno avuto un ruolo importante nella crescita (>7) dell'offerta potenziale sono quelle di rinaturazione ed evoluzione in sistema complesso. Al contrario l'intensivizzazione ha determinato le perdite maggiori.

Lo studio inoltre ha evidenziato l'importanza delle foreste e dei sistemi agro forestali in generale nella capacità di fornire SE. Per un approfondimento sul tema sono stati presi in considerazione tre processi osservati negli ecosistemi forestali del territorio della Regione Molise: rinaturazione, evoluzione in sistema complesso e permanenze di boschi e aree semi naturali (Fig. 3).

L'aumento della superficie boscata, tra il 1960 ed il 2018, ha portato ad un conseguente incremento della fornitura potenziale dei SE di regolazione che assumono un valore qualitativo più elevato. Tra questi, oltre a quella di Sequestro di carbonio (R1), rientrano la Purificazione delle acque (SE R4), la Protezione del dissesto geologico (SE R5), il Controllo biologico (R8) e Habitat per la biodiversità (R9). La rinaturazione del territorio evidenzia anche dei *trade-off* tra i SE di fornitura: ad un incremento dei valori di fornitura potenziale dei SE legati alla produttività dei boschi quali Materie prime (F4) e Piante e funghi commestibili (F5), corrisponde un decremento dei SE Coltivazioni (F1) e Foraggio e pascolo (F2) erogati dai seminativi e dai prati e pascoli interessati da una contrazione in termini di superficie. Il legame tra aree boscate e benefici culturali è evidenziato an-

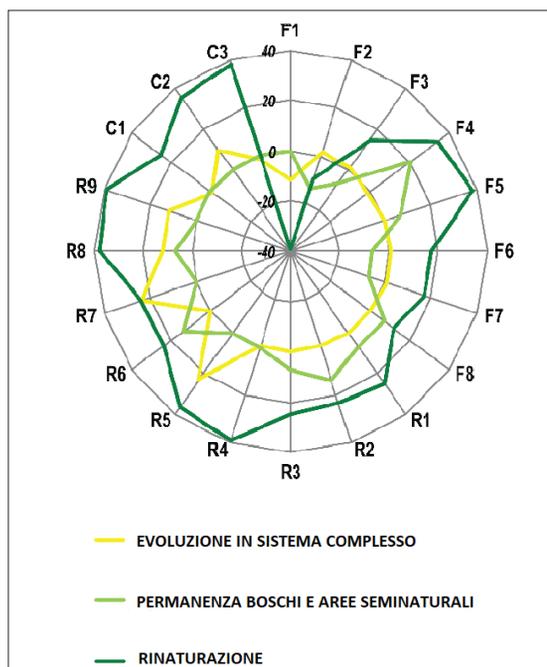


Figura 3 - Variazione dei SE in funzione dei processi di transizione che interessano le aree boscate. *Legenda:* Coltivazioni (F1), Produzione di foraggio (F2), Specie cacciabili e pesce (F3), Materie prime (es. legno, fibre) (F4), piante e funghi commestibili (F5), Piante medicinali (F6), Risorse genetiche (F7), Acqua potabile (F8); Sequestro del carbonio (R1), Regolazione locale del clima e purificazione dell'aria (R2), Ricarica delle acque sotterranee (R3), Purificazione delle acque (R4), Protezione dall'erosione e dal dissesto geologico (frane, dissesto dei versanti) (R5), Protezione dai disastri idrologici (inondazioni) (R6), Impollinazione (R7), Controllo biologico (parassiti) (R8), Habitat per la biodiversità (R9); Valore estetico (C1), Valore ricreativo (ecoturismo, attività all'aria aperta) (C2), Ispirazione per cultura, arte, valori educativi e spirituali, senso di identità (C3).

che dai valori sostenuti assunti, nel processo di rinaturazione, dai relativi SE (C1 Valore estetico, C2 Valore ricreativo e C3 Ispirazione per cultura, arti, valori educativi, spirituali e senso di identità). Analizzando il processo di permanenza di boschi ed aree seminaturali si nota che le variazioni positive più significative riguardano la fornitura dei SE di Materie prime (F4) oltre che di Regolazione

del clima locale e purificazione dell'aria (R2) e Protezione dai disastri idrogeologici (R6). Quest'ultimo SE, al contrario, subisce un decremento a causa della frammentazione delle patch che caratterizza l'evoluzione dei sistemi complessi. Inoltre la parcellizzazione dei sistemi agricoli influisce in maniera negativa sia sulla capacità di fornire cibo (F1 Coltivazioni) sia sul valore estetico (C1) quest'ultimo legato prevalentemente agli elementi paesaggistici agro-silvo-pastorali che caratterizzano il territorio della Regione Molise.

4. CONCLUSIONI

Questo studio ha come obiettivo fornire un quadro evolutivo del cambiamento del paesaggio agro forestale regionale attraverso l'applicazione di un procedimento che associa alle classi di transizione della coperta del suolo la variazione qualitativa dei SE. Questo tipo di analisi si rende necessaria per comprendere come le trasformazioni della copertura del suolo indotte da fattori sociali ed economici inducono dei cambiamenti nella fornitura di beni e servizi alla collettività. Disporre di strumenti in grado di mappare e quantificare i SE e la loro variazione a scala spaziale e temporale è importante per definire degli scenari evolutivi ed attuare una strategia di conservazione del capitale naturale che includa interventi di mitigazione degli effetti indotti dalle attività antropiche ed umane. Inoltre, la mappatura e la quantificazione dei SE sono importanti per implementare sistemi di contabilità economico ambientale, come quello proposto dall'ONU (*System of Environmental-Economic Accounting-Ecosystem Accounting (SEEA EA)*), che prevede la raccolta e la sistematizzazione di dati ambientali ed economici in riferimento alle attività economiche. Nel quadro descritto la realizzazione di un sistema di contabilità ambientale, con ap-

proccio ecosistemico, può fornire un supporto decisionale nella definizione degli strumenti di pianificazione e programmazione delle politiche territoriali e forestali e favorire il processo di transizione ecologica. Inoltre, l'attuazione dei PES così come previsto dal D.lgs. 34/2018 e dalla Strategia Forestale dell'Unione Europea, può contribuire a migliorare la gestione agro-forestale (Schirpke *et al.*, 2018).

RIASSUNTO

I cambiamenti nell'uso e copertura del suolo rappresentano la principale causa della perdita del capitale naturale e dell'offerta dei servizi ecosistemici. Analizzare le dinamiche e gli impatti di tali cambiamenti è importante anche rispetto all'attuazione del Nuovo Testo Unico Forestale, che riconosce i servizi ecosistemici generati dalle foreste ed individua, nei Pagamenti per i Servizi Ecosistemici, gli strumenti innovativi per la gestione forestale sostenibile. L'implementazione di tali strumenti richiedono informazioni inerenti alla mappatura, alla quantificazione ed alla valutazione economica dei servizi ecosistemici. Nel nostro studio abbiamo analizzato la variazione dell'offerta dei servizi ecosistemici in relazione alle dinamiche di uso e copertura del suolo avvenuti tra il 1960 ed il 2018 nella Regione Molise. Per fare questo tipo di analisi abbiamo impiegato una metodologia basata sull'analisi in ambiente GIS dei processi di trasformazione del paesaggio agro forestale e sulle matrici qualitative di fornitura potenziale dei servizi ecosistemici legati alla copertura del suolo. I risultati ottenuti potrebbero essere funzionali a prevedere scenari futuri ed identificare strategie di adattamento per la mitigazione degli impatti dovuti ai cambiamenti della copertura del suolo a scala regionale e nazionale.

BIBLIOGRAFIA

- Amato V., Aucelli P.P.C., Bracone V., Cesarano M., Roskopf, C.M., 2017 - *Long-term landscape evolution of the Molise sector of the central-southern Apennines, Italy*. *Geologica Carpathica*, 68 (1): 29-42. <https://doi.org/10.1515/geoca-2017-0003>
- Balvanera P., Pfisterer A.B., Buchmann N., He J.S., Nakashizuka T., Raffaelli D., Schmid B., 2006 - *Quantifying the evidence for biodiversity effects on*

- ecosystem functioning and services*. Ecol Lett., Oct, 9 (10): 1146-56. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00963.x>. PMID: 16972878
- Burkhard B., Santos-Martin F., Nedkov S., Maes J., 2018 - *An operational framework for integrated Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES)*. One Ecosystem, 3, e22831. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e22831>
- Burkhard B., Kandziora M., Hou Y., Müller F., 2014 - *Ecosystem service potentials, flows and demands-concepts for spatial localisation, indication and quantification*. Landscape Online, 34 (1): 1-32. <https://doi.org/10.3097/LO.201434>
- Burkhard B., Kroll F., Nedkov S., Müller F., 2012 - *Mapping ecosystem service supply, demand and budgets*. Ecological Indicators, 21: 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., Oneill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M., 1997 - *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. Nature, 387: 253-260.
- Costanza R., de Groot R., Sutton P., van der Ploeg S., Anderson S.J., Kubiszewski I., Farber S., Turner R.K., 2014 - *Changes in the global value of ecosystem services*. Glob. Environ. Change, 26: 152-158.
- de Groot R., Brander L., Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christi M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., McVittie A., Portela R., Rodriguez L.C., Brink P., van Beukering P., 2012 - *Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units*. Ecosyst. Serv., 1: 50-61.
- Geri F., Giordano M., Nucci A., Rocchini D., Chiarucci A., 2008 - *Analisi multitemporale del paesaggio forestale della Provincia di Siena mediante l'utilizzo di cartografie storiche*. Forest@ - Journal of Silviculture and Forest Ecology, 5 (1): 82-91. <http://dx.doi.org/10.3832/efor0508-0050082>
- Haines-Young R., Potschin M., 2010 - *The Links between Biodiversity, Ecosystem Services and Human Well-Being*. In: Ecosystem Ecology: A New Synthesis, p. 110-139. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511750458.007>
- Han Z., Song W., Deng X.Z., Xu X.L., 2017 - *Trade-offs and synergies in ecosystem service within the three-rivers headwater region*. China. Water, 9 (8): 558-572.
- Malandra F., Vitali A., Urbinati C., Garbarino M., 2018 - *70 Years of Land Use / Land Cover Changes in the Apennines (Italy): A Meta-Analysis*. Forests, 9, 551; <https://doi.org/10.3390/f9090551>
- Marchetti M., 2011 - *Radici globali*. La Nuova Ecologia, vol. 31: 45-46.
- Marino D., Palmieri M., Marucci A., Pili S., 2022 - *Long-term land cover changes and ecosystem services variation: have the anthropogenic transformations degraded human well-being in Italy?* Italian Review of Agricultural Economics, 77 (1): 7-23. <https://doi.org/10.36253/rea-13448>
- Marino D., Palmieri M., Marucci A., Tufano M., 2021 - *Comparison between Demand and Supply of Some Ecosystem Services in National Parks: A Spatial Analysis Conducted Using Italian Case Studies*. Conservation, 1: 36-57. <https://doi.org/10.3390/conservation1010004>
- Marino D., Palmieri M., 2016 - *Investing in nature: Working with public expenditure and private payments for a new governance model*. In: Re-connecting Natural and Cultural Capital Contributions from Science and Policy; Paracchini M.L., Zingari P.C., Blasi C. (Eds.); Office of Publications of the European Union, Luxembourg.
- Marino D., Nofroni L., Savelli S., 2016 - *Trasformazione e permanenze dei paesaggi agrari tradizionali alla scala nazionale. Un'indagine diacronica 1960-2012*. Conference paper in: Le sfide dell'antropocene: il ruolo dell'ecologia del paesaggio. Congresso Internazionale SIEP-IALE, Asti, http://siep-iale.it/_media/atti-siep-asti-challenges-of-antropocene-2016.pdf
- Mendoza-González G., Martínez M.L., Lithgow D., Pérez-Maqueo O., Simonin P., 2012 - *Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico*. Ecological Economics, 82: 23-32; <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.07.018>
- Mendoza M.E., Granados E.L., Geneletti D., Pérez-Salicrup D.R., Salinas V., 2011 - *Analysing land cover and land use change processes at watershed level: a multi temporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003)*. Applied Geography, 31: 37-50.
- Metzger M.J., Rounsevell M.D.A., Acosta-Michlik L., Leemans R., Schröter D., 2006 - *The vulnerability of ecosystem services to land use change*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 114 (1): 69-85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.025>
- Mooney H., Larigauderie A., Cesario M., Elmquist T., Hoegh-Guldberg O., Lavorel S., Mace G.M., Palmer M., Scholes R., Yahara, T., 2009 - *Biodiversity, climate change, and ecosystem services*. Current

- Opinion in Environmental Sustainability, 1 (1): 46-54. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2009.07.006>
- Palmieri M., Mastronardi L., Giaccio V., Giannelli A., Mazzocchi G., Marucci A., 2018 - *L'impatto del cambiamento di uso del suolo nelle aree rurali attraverso la valutazione dei trade-off tra servizi ecosistemici: un caso studio dell'area appenninica*, in: (a cura di) Munafò M., - Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, Rapporti 288/2018, ISPRA.
- Pereira H.M., Navarro L.M., Santos-Martins I., 2012 - *Global biodiversity change: the bad, the good, and the unknown*. Ann. Rev. Environ. Resour., 37: 25-50. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-042911-093511>
- Schirpke U., Tasser E., 2021 - *Trends in Ecosystem Services across Europe Due to Land-Use/Cover Changes*. Sustainability, 13, 7095. <https://doi.org/10.3390/su13137095>
- Schirpke U., Marino D., Marucci A., Palmieri M., 2018 - *Positive effects of payments for ecosystem services on biodiversity and socioeconomic development: Examples from Natura 2000 sites in Italy*. Ecosyst. Serv., 34: 96-105.
- Schirpke U., Scolozzi R., De Marco C., 2013 - *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, 43.
- Tomao A., Carbone F., Marchetti M., Santopuoli G., Angelaccio C., Agrimi M., 2013 - *Boschi, alberi forestali, eternalità e servizi ecosistemici*. L'Italia Forestale e Montana, 68 (2): 57-73. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2013.2.01>
- Vizzarri M., Sallustio L., Tognetti R., Paganini E., Garfi V., La Mela Veca D.S., Munafò M., Santopuoli G., Marchetti M., 2015 - *Adaptive forest governance to face land use change impacts in Italy: a review*. L'Italia Forestale e Montana, 70 (4): 237-256. <http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2015.4.01>