

La valutazione dei Servizi Ecosistemici Forestali per la pianificazione e il progetto del territorio e del paesaggio

Roberta Ingaramo*, Emma Salizzoni**,
Angioletta Voghera***

parole chiave: servizi ecosistemici, foreste, valutazione e mappatura, politiche di pianificazione e gestione

Abstract

I paesaggi forestali assolvono molteplici funzioni, non solo di carattere ambientale, ma anche socio-economico e culturale, costituendo preziose fonti di Servizi Ecosistemici (SE). Nei paesi dell'Europa sud-occidentale i sempre più diffusi incendi, connessi non solo al cambiamento climatico ma anche alle dinamiche di uso del suolo (rinaturalizzazione e dispersione urbana, con incremento dell'interfaccia "foresta-città"), mettono a repentaglio la fornitura dei Servizi Ecosistemici Forestali (SEF). La valutazione e mappatura dei SEF, volta ad una più approfondita cognizione del rischio connesso ad incendi forestali (valutazione del "valore esposto"), oltre che alla sensibilizzazione di istituzioni e stakeholders rispetto al valore dei paesaggi forestali, rappresenta un passo importante verso la definizione di politiche efficaci per la prevenzione incendi. Questo contributo, sviluppato nell'ambito del progetto europeo "Advanced Forest Fire Fighting" (AF3, Settimo programma quadro), definisce un metodo per la valutazione e mappatura dei SEF nella Regione Sardegna, territorio particolarmente soggetto al rischio di incendi forestali. Il metodo è stato concepito per essere applicato, a fini di monitoraggio, anche da parte di amministratori pubblici non esper-

ti e prevede dunque non l'utilizzo di modelli, bensì l'applicazione di indicatori GIS-based di tipo biofisico, esplicitati anche attraverso la stima del loro valore economico. La valutazione economica dei SEF, che risponde ad un approccio di Valore Economico Totale (VET), si è basata su diversi metodi di stima nell'intento di ricercare un costante equilibrio tra attendibilità della valutazione e sua potenziale replicabilità da parte degli attori istituzionali.

La georeferenziazione degli indicatori ha consentito inoltre l'elaborazione di mappe dei valori forestali, potenziali strumenti di supporto per politiche di pianificazione dei paesaggi forestali.

L'articolo riporta premesse, struttura, risultati e prospettive di approfondimento del metodo, che è stato applicato alle foreste della Regione Sardegna sia a scala regionale che locale. In ultimo, ne evidenzia, oltre alle potenzialità rispetto agli specifici obiettivi di sensibilizzazione in relazione al rischio di incendi forestali, le implicazioni più generali per le politiche di pianificazione, gestione e progetto del territorio e del paesaggio.

¹ Il contributo - esito di una ricerca coordinata da Angioletta Voghera (Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, DIST, Politecnico di Torino) e Roberta Ingaramo (Dipartimento di Architettura e Design, DAD, Politecnico di Torino) nell'ambito del progetto europeo AF3 - è frutto dell'elaborazione congiunta delle tre autrici. Tuttavia, la versione finale del par. 5 è da attribuirsi a Roberta Ingaramo, quella dei parr. 1 e 3 ad Angioletta Voghera e quella del par. 4 ad Emma Salizzoni.

1. I SERVIZI ECOSISTEMICI, PONTE TRA NATURA, SOCIETÀ ED ECONOMIA PER UNA PIANIFICAZIONE SOSTENIBILE

L'attenzione crescente che viene rivolta, nel campo della pianificazione territoriale, al tema dei Servizi Ecosistemici (SE) – intesi, secondo una definizione ormai consolidata

ta, come i benefici forniti dagli ecosistemi al genere umano (MEA, 2005)² – trova ragione, oltre che, più generalmente, nella ormai diffusa consapevolezza della necessità di integrare i temi ambientali nelle politiche territoriali, nella riconosciuta potenzialità del concetto stesso di “servizio ecosistemico”. Esso infatti collega con estrema efficacia sfera ambientale e socio-economica, aspetti biofisici-ecosistemici e benessere antropico, traducendo i “valori” ambientali in “benefici” per l’uomo e mettendo dunque in luce il valore aggiunto che gli ecosistemi forniscono alla società e all’economia. È questo carattere di “bridging concept” dei SE (Braat e de Groot, 2012), connesso alla prospettiva che li sottende, eminentemente antropocentrica (Wunder e Thorsen, 2014), che ne fa un potenziale strumento per la definizione, attuazione e comunicazione di politiche sostenibili, che coniughino efficacemente prospettive di conservazione e sviluppo. Questa potenzialità è ovviamente strettamente relazionata alla esplicitazione e comunicazione dei benefici connessi ai SE, che non può che passare attraverso la loro valutazione.

La valutazione dei SE è stata al cuore, in anni recenti, di diverse iniziative istituzionali, tra cui il *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB, 2010), la *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES, 2013). Alcune di queste iniziative sono tuttora in corso, come ad esempio la *Mapping and Assessment Ecosystems and their Services* (MAES, 2013, 2014), volta a supportare l’attuazione della Strategia Europea per la Biodiversità³. Alle iniziative istituzionali si sono affiancati negli anni numerosi studi accademici che hanno affrontato il tema della valutazione dei SE. In particolare, sulla scia del pionieristico, quanto discusso (Krieger, 2001), studio di Costanza et al. (1997), che ha proposto una valutazione economica dei SE a scala globale, si sono moltiplicati studi tesi a valutare non solo la dimensione biofisica dei SE ma anche, appunto, quella economica (interessante in merito lo studio ricognitivo di metodi valutativi in Häyhä e Franzese, 2014). L’opportunità di una valutazione congiunta e complementare dei due aspetti viene richiamata a livello internazionale (UN, 2010), in relazione alla conseguente possibilità non

² “Goods provided by natural ecosystems are the basic building blocks of human welfare” (Krieger, 2001, p. 1).

³ Sulla base del quadro classificatorio dei SE fornito dal CICES, nel 2014 il working group MAES (*Mapping and Assessment Ecosystems and their Services*, biodiversity.europa.eu/maes) – istituito nell’ambito del *Common Implementation Framework* (CIF), la struttura addetta alla supervisione dell’attuazione della Strategia Europea per la Biodiversità – ha sviluppato uno studio finalizzato a definire un set di linee guida che possa sostenere gli Stati membri nel rispondere all’azione 5 della Strategia, ossia mappare e valutare, anche economicamente, lo stato degli ecosistemi e dei relativi servizi (“Map and assess the state and economic value of ecosystems and their services in the entire EU territory; promote the recognition of their economic worth into accounting and reporting systems across Europe”, Target 2: “Maintain and restore ecosystems”).

solo di dar conto dell’effettivo “stock” di capitale naturale disponibile, ma anche di *comunicare* nel modo più efficace il valore di questo capitale naturale. La valutazione economica dei SE (vedi par. 2) presenta infatti un indubbio potere comunicativo in termini di sensibilizzazione degli attori sociali rispetto al ruolo giocato dai SE (Nasi et al., 2002). Inoltre, supporta la definizione di politiche, «providing useful information to policy-makers by highlighting the economic consequences of an alternative course of action» (Mavsar e Varela, 2014, p. 44).

A questi fini, la mappatura dei valori dei SE – che, con lo sviluppo delle tecnologie GIS, sta acquisendo crescente diffusione e importanza (si veda in proposito la rassegna di studi e metodi di valutazione e mappatura in Maes et al., 2012 e Schägner et al., 2013) – riveste un ruolo cruciale. È infatti noto il valore “pedagogico” delle mappe (Hauck et al., 2013), in grado di convalidare efficacemente e semplicemente informazioni convergenti complesse, in questo caso il valore dei SE. La “spazializzazione” del valore dei SE è inoltre ovviamente indispensabile per lo sviluppo di politiche di *pianificazione* che considerino in modo sistematico al loro interno i benefici connessi ai SE (Albert et al., 2017; Von Haaren et al., 2016).

La valutazione e la mappatura dei SE dunque, per quanto ad oggi non trovino ancora una collocazione stabile e codificata nel processo di costruzione dei piani (Lerouge et al., 2017), costituiscono fondamentali step nella definizione di processi di governo del territorio sostenibili, a scala vasta come locale.

2. LA VALUTAZIONE DEI BENI AMBIENTALI: PARADIGMI E METODI APPLICATI AI SERVIZI ECOSISTEMICI

Come detto, la valutazione economica dei SE è stata oggetto di attenzione crescente negli ultimi due decenni. Sulla scia dell’affermarsi e consolidarsi, a partire dagli anni Settanta, della “coscienza ambientale” (Gambino, 1997), è emersa la consapevolezza della necessità di ricercare un nesso tra economia ed ecologia (Bresso, 1993) che “desse voce” al contributo che le risorse naturali apportano all’economia, pericolosamente sottostimato (Hardin, 1968). Tale necessità ha richiesto la formulazione di nuovi paradigmi teorici che consentissero la valutazione economica dei beni ambientali i quali, intesi come beni pubblici, spesso non hanno mercato di riferimento e dunque prezzo. L’introduzione, all’inizio degli anni Novanta, del concetto di Valore Economico Totale, VET (Pearce, 1993; Turner e Pearce, 1996), consente una valutazione “comprensiva” dei beni ambientali, permettendo di valutarne anche quegli aspetti per cui non esiste mercato. Tale approccio consente di evidenziare, in termini monetari, il valore economico dei benefici apportati dagli ecosistemi e dunque dai SE.

Secondo quest’ottica, il Valore Economico Totale di un ecosistema si compone di:

– valori d’uso – diretti, ossia i benefici derivanti dall’uso

diretto di un ecosistema (estrattivi, ad esempio il legname, e non estrattivi, ad esempio la fruizione turistica), e indiretti (ad esempio la protezione idrogeologica) – e dei relativi valori d'opzione, dati dalla possibilità di godimento futuro dei valori d'uso diretti e indiretti;

– valori di non uso, ossia di esistenza, altruismo e lascito, connessi, rispettivamente, al fatto che i SE esistano e che possano essere goduti da altri oggi (equità intra-generazionale) e in futuro (equità inter-generazionale).

I metodi utilizzabili per stimare in termini monetari, entro un approccio di VET, i valori di uso e non uso degli ecosistemi sono molteplici e la loro selezione dipende principalmente da scala e obiettivi della valutazione, oltre che ovviamente dalla disponibilità dei dati. Tendenzialmente, si differenzia tra (TEEB, 2010): (i) metodi di valutazione di mercato (ad esempio prezzo di mercato, o metodi “cost-based”, come costo evitato o di surrogazione), (ii) metodi delle preferenze rivelate (valutazione edonimetrica, metodo del costo di viaggio), (iii) metodi delle preferenze espresse (valutazione di contingenza, valutazione di gruppo).

Oltre ai metodi sopra citati, definibili come “primary valuation methods”, fondati sull'utilizzo di dati originali, si può ricorrere anche al cosiddetto “value transfer method”, meglio noto come “benefit transfer method”, che invece fa riferimento a dati e informazioni già esistenti per contesti simili a quello di valutazione, esportandoli (per una disamina di caratteri, vantaggi e limiti del value transfer method si veda Brander e Crossman, 2017).

Questo contributo, in coerenza con un approccio di VET (Tab. 2) e applicando alcuni dei metodi sopra citati, riporta esiti e implicazioni di una sperimentazione di valutazione e mappatura biofisica ed economica dei SE resi, in particolare, dalle foreste, un patrimonio paesaggistico di eccezionale valore non solo da un punto di vista ambientale, ma anche socio-economico e culturale (Ritter e Dauksa, 2011).

3. MULTIFUNZIONALITÀ E RISCHI DEI PAESAGGI FORESTALI

La multifunzionalità è un tratto tipico dei paesaggi forestali (Merlo e Croitoru, 2005; MEA, 2005). Esistono diversi sistemi di interpretazione e classificazione delle funzioni forestali in termini di SE (per una rassegna dei principali quadri classificatori esistenti a livello internazionale dei Servizi Ecosistemici Forestali, SEF, si veda Forest Europe, 2014), basati su differenti criteri tassonomici, ma in tutti emerge la ricchezza di funzioni assolute dalle foreste, di carattere ambientale (es. regimazione e filtrazione acque, protezione idrogeologica, fissazione del carbonio, ecc.), socio-economico (es. prodotti forestali legnosi e non legnosi, ecc.) e culturale (es. fruizione turistica, valori estetici e spirituali, ecc.).

Si tratta di paesaggi che sono tuttavia soggetti a rischi elevati. In Europa, le dinamiche di rinaturalizzazione che hanno interessato diffusamente, dal secondo dopoguerra, i territori agricoli abbandonati, in particolare montani,

hanno comportato sì un aumento della superficie forestata, ma hanno anche incrementato uno dei rischi attualmente più gravi per i paesaggi forestali, ossia quello connesso agli incendi (EEA, 2008). Dati recenti mostrano infatti come il numero degli incendi sia in costante aumento, in particolare nei Paesi dell'Europa sud-occidentale e nelle aree prossime agli insediamenti (EEA, 2016). Ciò è dovuto non solo alle generali condizioni di aridità connesse ad un sempre più evidente cambiamento climatico, ma anche alle citate dinamiche di rinaturalizzazione che hanno contribuito, assieme alle dinamiche urbanizzative concretizzate in una crescente suburbanizzazione, all'incremento dell'estensione della cosiddetta “Wildland-Urban Interface” (WUI), ossia l'area di interfaccia tra ambiente vegetale e costruito, particolarmente soggetta a rischio incendi (Chas-Amil *et al.*, 2013; Modugno *et al.*, 2016).

La prevenzione e riduzione del rischio di incendi forestali è pertanto una sfida corrente, non solo in relazione alla loro crescente diffusione, ma anche rispetto all'impatto che un incendio di grande scala può avere su un'area forestale, con conseguenze di lungo termine che incidono significativamente sulla resilienza di questi paesaggi, non più in grado, per lunghi periodi, di fornire i SEF sopra citati:

“in addition to the destruction of vegetation, forest fires produce other damaging effects [...]. Among these are [...] the destruction of the organic layer of the soil, and the changes in the water infiltration rates in the soil, which makes burnt areas prone to erosion, soil loss, and landslides” (EEA, 2008).

Il progetto di ricerca AF3 (*Advanced Forest Fire Fighting, Grant Agreement n. 607276*, finanziato nell'ambito del Settimo programma quadro europeo, *theme SEC-2013.4.1-6*, cui hanno partecipato 19 partners internazionali, tra cui anche il Politecnico di Torino, e conclusosi nel luglio 2017), ha riconosciuto l'urgenza di politiche efficaci per la prevenzione e riduzione del rischio incendi boschivi e si è posto come obiettivo quello di superare le attuali carenze gestionali in tema di rischio incendi – che è noto contribuiscano anch'esse alla crescente diffusione di incendi (MEA, 2005) – sviluppando nuovi metodi e tecnologie⁴. Nell'ambito del progetto, il gruppo di ricerca DIST/DAD del Politecnico di Torino⁵ ha sviluppato un metodo per la valutazione dei SEF, applicandolo alla Regione Sardegna.

⁴ “These so-called ‘mega-fires’ are particularly destructive and difficult to control with the technologies and systems currently available to fire fighters and emergency agencies. The AF3 project intends to provide an improvement to the efficiency of current fire-fighting operations and to the protection of human lives, the environment and property by developing innovative technologies and means to ensure a high level of integration between existing and new systems” (<http://af3project.eu/description/>, ultimo accesso luglio 2017).

⁵ L'attività svolta dal Politecnico di Torino nell'ambito del progetto AF3 è stata coordinata da Vittorio Verda, Dipartimento Energia (DENERG).

4. LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI NELLA REGIONE SARDEGNA

4.1 Il quadro metodologico

La ricerca inerente la valutazione dei SEF nella Regione Sardegna si è posta un duplice obiettivo: da una parte, arricchire la definizione del rischio di incendi forestali, fornendo una valutazione più dettagliata del cosiddetto “valore esposto”, uno dei fattori di calcolo del rischio⁶; dall'altra, elaborare uno strumento valutativo ad alta comunicatività, utile a sensibilizzare sia gli stessi amministratori pubblici, sia gli stakeholders, relativamente al valore dei paesaggi forestali e a sostenere politiche efficaci di prevenzione e riduzione del rischio incendi.

Considerando questi obiettivi, il metodo elaborato ha previsto:

- la valutazione non solo biofisica ma anche economica dei SEF, “spazializzata” attraverso strumenti GIS al fine di definire mappe dei valori dei paesaggi forestali, strumenti ad elevata comunicatività⁷;
- il ricorso, per la valutazione dei SEF, non a complessi modelli matematico-informatici, bensì ad indicatori calcolabili sulla base di dati facilmente reperibili e aggiornabili, per consentirne un'eventuale applicazione, a fini di monitoraggio, anche da parte degli amministratori pubblici.

La scelta degli indicatori utilizzati in questo studio è stata operata a partire dal quadro classificatorio dei SE fornito dal CICES (2013), quadro consolidato a livello internazionale (Forest Europe, 2014), che raccoglie i frutti di precedenti iniziative classificatorie e valutative (in particolare MEA 2005 e TEEB, 2010, vedi par. 1) e propone una struttura tassonomica dei SE articolata in tre grandi classi: di approvvigionamento, di regolazione e culturali. Rispetto a questo ampio ventaglio di SE (oltre 30 quelli specificatamente relazionati agli ecosistemi forestali), ne sono stati selezionati sei (Tab. 1), sulla base dei seguenti criteri:

⁶ Ricordiamo che il rischio, così come diffusamente inteso in letteratura e anche nel “Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi 2014-2016” della Regione Sardegna, è frutto del rapporto tra i fattori di Pericolo, Vulnerabilità e Valore Esposto ($R=P*V*VE$). Il metodo proposto mira ad integrare e arricchire la definizione del Valore Esposto con particolare riferimento agli elementi vegetazionali, attualmente considerato, da un punto di vista economico, in riferimento ai soli “Valori Agricoli Medi della Provincia” e, da un punto di vista ambientale, attraverso indici di valore ambientale (da 0 a 10), non meglio specificati, connessi alle classi di uso del suolo delle aree boscate definite da Corine Land Cover (cfr. “Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi” 2014-2016, pp. 70-71).

⁷ In Italia sono stati elaborati diversi studi relativi alla valutazione – Valore Economico Totale, VET – dei SEF in vari contesti regionali, si vedano ad esempio Marangon e Gottardo (2001), Gios *et al.* (2003), Tempesta e Marangon (2004). Tuttavia la “spazializzazione” del VET è oggetto di attenzione solo recente. Interessante in merito, in ambito nazionale, il lavoro condotto da Marinelli e Marone, 2013, relativo ai boschi della Toscana. In ambito internazionale, di particolare interesse, tra gli altri, gli studi di Pearce (2001), Emerton and Ming Aung (2013), Häyä *et al.* (2015).

- rappresentatività delle principali classi di SE (di approvvigionamento, di regolazione e culturali);
- rappresentatività delle principali funzioni svolte dalle foreste, così come diffusamente individuate in letteratura (tra gli altri, Pearce, 2001; Merlo e Croitoru, 2005; Ciancio *et al.*, 2007).
- rilevanza dei SEF rispetto al contesto locale, in questo caso la Regione Sardegna;
- effettiva possibilità di condurre, a scala regionale, non solo una valutazione quali-quantitativa dei SEF, ma anche una spazializzazione dei risultati di tale valutazione, condizionata a sua volta dalla disponibilità, per il calcolo degli indicatori dei SEF, di dati al contempo: (i) quali-quantitativi, di tipo sia biofisico sia economico, (ii) georiferibili e riconducibili alla Carta dell'Uso del Suolo della Regione Sardegna (CUS, 2008), (iii) omogenei per la scala regionale;
- effettiva possibilità di condurre una valutazione dei SEF replicabile da parte degli amministratori pubblici a fini di monitoraggio, a sua volta condizionata dalla disponibilità, per il calcolo degli indicatori dei SEF, di dati facilmente accessibili e soggetti ad aggiornamenti periodici.

I SEF selezionati fanno riferimento, nell'ottica di un approccio di Valore Economico Totale (VET, vedi par. 2), a valori di uso diretti e indiretti, mentre non sono stati valutati, a causa di carenza di dati, i valori di non uso dei paesaggi forestali (Tab. 2).

La valutazione economica si è avvalsa di diversi metodi estimativi (prezzo di mercato, costo di surrogazione, *benefit transfer*) definiti rispetto a obiettivo valutativo (carattere del SEF oggetto di valutazione) e disponibilità dei dati. In particolare, non sono stati applicati i metodi di preferenza espresa, come la valutazione contingente (si veda in merito, ad esempio, Tempesta e Marangon, 2004 e Comino *et al.*, 2013), nell'ottica di favorire una facile applicabilità del metodo valutativo da parte di attori non sempre esperti in tecniche di valutazione, come le stesse istituzioni di governo del territorio e del patrimonio forestale, e soprattutto di offrire la possibilità di aggiornamento e monitoraggio dei risultati.

Rispetto ad ogni SEF sono stati calcolati i valori annuali (fornitura dei SEF nell'arco dei 12 mesi⁸).

4.2 Gli indicatori biofisici ed economici: strumenti

La funzione di *approvvigionamento* delle foreste sarde⁹ è stata valutata rispetto a tre SEF, relativi alla fornitura di Prodotti Forestali Legnosi (PFL, *Legname da lavoro e Legname per uso energetico*) e Non Legnosi (PFNL, *Sughero*).

⁸ L'anno di riferimento è definito, per ogni indicatore, sulla base del più recente aggiornamento disponibile dei dati di base. Dove necessario, i prezzi sono stati attualizzati, rivalutandoli, al 2017.

⁹ Si intende per “foreste” le aree con copertura arborea costituita da specie forestali a densità superiore al 20%, così come definite dalla Carta Uso del Suolo (CUS) della Regione Sardegna. Solo rispetto alle sugherete, come specificato più avanti nel testo, si è fatto riferimento anche ad aree boschive a minore densità.

Tabella 1 - Indicatori biofisici ed economici per la valutazione dei Servizi Ecosistemici Forestali (SEF) nella Regione Sardegna

	SEF	Indicatore biofisico	Struttura	UM	Indicatore economico	Struttura	UM
APPROVVIGIONAMENTO	Legname da lavoro	Volume di legname da lavoro	mc/ha/anno	mc	Valore di mercato del legname da lavoro	€/anno	€
	Legname per uso energetico	Volume di legname per uso energetico	mc/ha/anno	ma	Valore di mercato del legname per uso energetico	€/anno	€
	Sughero	Quantità di sughero	q/ha/anno	q	Valore di mercato del sughero	€/anno	€
REGOLAZIONE	Protezione idrogeologica	Estensione della superficie protetta dalle foreste rispetto a fenomeni erosivi	ha	ha	Valore di surrogazione della funzione protettiva delle foreste	€/anno	€
	Sequestro di carbonio	Quantità di carbonio assorbito	t/ha/anno	t	Valore di mercato del carbonio assorbito	€/anno	€
CULTURALI	Turismo	Arrivi annuali	num. arrivi/anno	num	Valore delle visite annuali	€/anno	€

Tabella 2 - La valutazione economica dei Servizi Ecosistemici Forestali (SEF) nella Regione Sardegna nel quadro di un approccio VET e metodi di stima

Valori VET			SEF		Indicatore economico	Metodo di stima
USO	Diretto	Estrattivo	Legname da lavoro	APPROVVIGIONAMENTO	Valore di mercato del legname da lavoro	Prezzo di mercato
			Legname per uso energetico		Valore di mercato del legname per uso energetico	Prezzo di mercato
			Sughero		Valore di mercato del sughero	Prezzo di mercato
	Indiretto	Non estrattivo	Turismo	CULT.	Valore delle visite annuali	Benefit Transfer
			Protezione idrogeologica	REGOLAZIONE	Valore di surrogazione della funzione protettiva delle foreste	Costo di surrogazione
Sequestro di carbonio	Valore di mercato del carbonio assorbito	Prezzo di mercato				
NON USO	Esistenza					
	Altruismo					
	Lascito					

È stato scelto di valutare, rispetto ai PFL, sia la produzione legnosa a fini costruttivi sia quella a fini energetici – in linea con recenti studi valutativi (si veda ad esempio Häyhä *et al.*, 2015) – per distinguere due aspetti che lo stesso CICES tratta in modo distinto¹⁰, in quanto rispondono a caratteri produttivi, oltre che a valori (vedi prezzi ISTAT in nota 11), differenti.

Per la stima del valore biofisico ed economico dei PFL si è potuto fare riferimento ai dati di produzione annua (mc/anno), forniti dall'ISTAT (“Utilizzazioni legnose forestali per assortimento e tipo di bosco”, 2015) e ai prezzi medi del legname all'imposto forniti sempre dall'ISTAT (“Prezzi medi all'imposto per assortimento e tipo di bosco”, 2011¹¹). È tuttavia opportuno sottolineare come sia presumibile che tale fonte (ISTAT) sconti una sottovalutazione del volume di legname effettivamente estratto dalle foreste (pur in un contesto di comunque scarsa produttività, vedi par. 4.3). Ciò è vero soprattutto per quanto riguarda il legname per uso energetico (legna da ardere), consuetudinariamente prelevato dalle foreste sarde in modo informale e dunque solo parzialmente registrato dai dati di utilizzazione forniti dall'ISTAT.

Gli indicatori *Legname da lavoro* e *Legname per uso energetico* sono stati calcolati correlando i dati della produzione annua (mc/anno), forniti dall'ISTAT per tipo di bosco (latifoglie, conifere e misto), e la classe di copertura dei tre tipi di bosco disponibile nella CUS (tre classi di copertura – 21-50%, 51-80%, >80% – cui è stato associato un coefficiente di densità supponendo che a maggiore copertura corrisponda, potenzialmente, una maggiore densità vegetazionale e dunque una maggiore produzione di legname). Il volume così definito, ossia il valore biofisico dei due SEF, è stato rapportato al prezzo medio del legname all'imposto, fornito sempre dall'ISTAT, ai fini di ottenere il valore monetario.

Per quanto ogni indicatore sia stato calcolato seguendo procedure differenti e specificatamente definite, può essere utile riportare di seguito, a titolo parzialmente esemplificativo, le modalità di calcolo del primo indicatore, *Legname da lavoro*, chiarendo i diversi passaggi valutativi.

In primo luogo è stato calcolato un indicatore biofisico relativo al Volume del Legname da Lavoro (LL) secondo la formula (1):

$$\text{Volume LL (mc)} = \text{ha (latifoglie, conifere, misto)} \times \text{produzione media}^{12} \text{ LL (mc/ha)} \times \text{coefficiente di densità}^{13} \quad (1)$$

Tale volume è stato in seguito convertito in unità moneta-

rie attraverso il calcolo di un indicatore economico relativo al Valore di Mercato del Legname da Lavoro (LL) secondo la formula (2):

$$\text{Valore LL (€)} = \text{volume LL (mc)} \times \text{prezzo medio LL (€/mc)} \quad (2)$$

La Tabella 3 riporta i valori numerici relativi ai calcoli effettuati per la valutazione dell'indicatore relativo al *Legname da Lavoro* (LL).

Il SEF connesso alla produzione di *sughero* è stato selezionato in relazione al ruolo di primo piano che la produzione sughericola riveste nell'economia agro-forestale dell'isola e ritenuto rappresentativo dei PFNL della Regione Sardegna (questo anche in mancanza di dati regionali riferibili ad altri prodotti, comunque presenti, in primo luogo il miele). Come nei casi precedenti (*Legname da lavoro* e *Legname per uso energetico*), la valutazione biofisica ed economica del SEF si è potuta avvalere di dati di produzione media annua e di un prezzo di mercato medio, forniti entrambi da Agris Sardegna, il Servizio Ricerca per la Sughericoltura e la Selvicoltura della Regione Sardegna. In questo caso, a differenza dei PFL, i valori di produzione media annua sono considerati altamente attendibili, essendo l'estrazione del sughero strettamente regolata, nei modi e nei tempi, da normative regionali (LR 4/1994, “Disciplina e provvidenze a favore della sughericoltura e dell'industria sughericola”).

Più specificatamente, l'indicatore *Sughero* è stato valutato facendo riferimento sia alle sugherete (quercia da sughe-

ISTAT di produzione legnosa, disponibile per tutte le latifoglie e conifere della Sardegna, al dato CUS di estensione complessiva (ha) di latifoglie e conifere. Tale procedura di calcolo – che rapporta due fonti differenti – è stata supportata da un confronto con gli Uffici regionali incaricati della trasmissione dati all'ISTAT relativi alla produzione legnosa, che hanno indicato nella CUS un riscontro plausibile delle aree effettivamente oggetto di valutazione per la produzione annua. Nel caso specifico, la produzione unitaria di legname da lavoro (mc/ha) eccezionalmente bassa è in linea con una pressoché assente gestione delle aree forestali sarde per la produzione di legname da lavoro, già confermata peraltro, diversi anni or sono, dall'Atlante Economico della Sardegna (1988), anch'esso indicante una produzione media annua di massa legnosa (legname da lavoro e legname per uso energetico) «che non raggiunge il mezzo metro cubo per ettaro» (Boggio, 1988, p. 162). I dati ricavati in questo studio (considerando anche quelli relativi al legname energetico: latifoglie: 0,20 mc/ha/anno, conifere: 0,76 m/ha/anno, misto: 0,48 mc/ha/anno) sono in linea con questo riscontro bibliografico, denotando peraltro una sostanziale staticità nella gestione a fini produttivi delle foreste sarde.

Si segnala infine che l'ISTAT fornisce il dato di produzione annua solamente rispetto ai boschi di latifoglie e di conifere. Il dato relativo al bosco misto (ossia, un bosco dove, come definito nella CUS, né le latifoglie, né le conifere superano il 75% della composizione forestale) è stato calcolato come valore medio tra produzione di latifoglie e conifere. Lo stesso procedimento è stato attuato per individuare il prezzo medio del legname fornito dai boschi misti.

¹³ Coefficiente di densità (classi di copertura): classe 0: 0,98, classe 1: 0,73, classe 2: 1,03, classe 3: 1,28. La classe di densità 0 si riferisce a quelle aree boscate rispetto a cui la CUS non specifica la classe di copertura. In questi casi, il coefficiente di densità applicato è frutto della media dei tre coefficienti relativi alle tre classi di densità segnalate dalla CUS.

¹⁰ Entro lo schema CICES 2013 (<https://cices.eu/>) la produzione di legname da costruzione e di legname a scopo energetico viene distinta entro due sottoclassi specifiche (“divisions”) afferenti entrambe alla classe principale di “approvvigionamento”: la prima è la sottoclasse “materials”, la seconda è la sottoclasse “energy”.

¹¹ Legname da lavoro: latifoglie - 74,11 €/mc; conifere - 65,72 €/mc. Legname per uso energetico: latifoglie - 54,50 €/mc; conifere - 24,15 €/mc.

¹² Produzione media annua di legname da lavoro: latifoglie - 0,004 mc/ha/anno, conifere - 0,02 m/ha/anno, misto - 0,01 mc/ha/anno. La produzione unitaria (mc/ha) è stata ricavata riportando il dato

Tabella 3 - Valori numerici relativi al calcolo degli indicatori biofisici e economici del SEF Legname da Lavoro

Classe di uso del suolo	Classe di copertura	Superficie (ha)	Produzione media (mc/ha)	Coefficiente di densità	Volume LL (mc)	Prezzo medio (€/mc)	Valore economico LL (€)
Latifoglie	Classe 0	39.308,07	0,004	0,98	154,09	74,11	11.419,43
	Classe 1	91.941,75	0,004	0,73	268,47	74,11	19.896,31
	Classe 2	132.027,91	0,004	1,03	543,95	74,11	40.312,50
	Classe 3	129.131,39	0,004	1,28	661,15	74,11	48.998,03
Conifere	Classe 0	1.827,85	0,02	0,98	35,83	65,72	2.354,48
	Classe 1	6.968,30	0,02	0,73	101,74	65,72	6.686,17
	Classe 2	18.881,31	0,02	1,03	388,95	65,72	25.562,12
	Classe 3	11.051,35	0,02	1,28	282,91	65,72	18.593,14
Misto	Classe 0	0	0,01	0,98	0	69,92	0
	Classe 1	2.384,52	0,01	0,73	20,89	69,92	1.460,52
	Classe 2	6.370,64	0,01	1,03	78,74	69,92	5.505,58
	Classe 3	3.652,81	0,01	1,28	56,11	69,92	3.923,01
TOT					2.592,83		184.711,29

ro) con densità maggiore al 25%, così come individuate dalla CUS, sia a quelle di densità minore (5%-25%), individuate sempre dalla CUS e corrispondenti a pascoli arborati. In questo caso specifico, dunque, si sono considerate anche le aree boschive a densità minore del 20% (vedi nota 8) in quanto le sugherete intervallate a pascoli contribuiscono anch'esse in modo significativo alla produzione di sughero. Alle aree così individuate è stato attribuito un indice di produzione omogeneo (q/anno) fornito da Agris Sardegna. Non esistono infatti parametri di densità boschiva che consentano di differenziare in maniera efficace e verosimile la maggiore o minore produttività di sughero delle diverse aree a scala regionale; spesso infatti alla minore densità boschiva di alcune aree sopperisce il maggiore diametro e dunque la maggiore produttività delle piante. Per una valutazione monetaria della produzione si è fatto riferimento al prezzo medio del sughero per l'anno 2016 (70 €/q), fornito sempre da Agris Sardegna. In questo caso, a differenza del prezzo relativo ai prodotti legnosi (vedi sopra), fornito "all'imposto", ossia post taglio, si tratta di un prezzo cosiddetto "in pianta", frutto di una valutazione visiva delle querce da sughero pre estrazione.

Per quanto riguarda la funzione di *regolazione* svolta dalle foreste, questa è stata valutata con riferimento a due SEF: protezione idrogeologica e assorbimento del carbonio.

La funzione di *Protezione idrogeologica* viene qui letta con riferimento alla cosiddetta "funzione generale o indiretta" delle foreste (che si differenzia dalla "protezione diretta", svolta dalle foreste a favore di manufatti o insediamenti esposti a pericoli naturali, es. valanghe o cadute massi), ossia alla capacità delle foreste di contrastare, tramite intercettazione e mitigazione della forza cinetica delle precipi-

tazioni, i fenomeni erosivi del suolo, particolarmente significativi in Sardegna a causa di un regime pluviometrico irregolare. La valutazione biofisica del SEF ha fatto riferimento, interrelandoli, a parametri geomorfologici e di specie (vedi seguito), mentre la valutazione economica del SEF ha previsto l'applicazione del metodo del costo di surrogazione, evidenziando i costi che sarebbero necessari per supplire alla funzione protettiva della foresta realizzando opere di ingegneria naturalistica. Il ricorso a questo metodo di stima, pur nei limiti evidenziati in letteratura (Barbier, 2007; Ayres, 2007), è in linea con i metodi comunemente usati per la valutazione dei SE di regolazione (TEEB, 2010), privi di mercato di riferimento.

Per valutare la funzione di *Protezione idrogeologica* sono state interrelate le informazioni relative a: (i) classe di pendenza dei terreni (<40%, 40%-70%, >70%), rispetto a cui è stata ipotizzata una crescente funzione protettiva della foresta (non significativa nel caso di aree con pendenza <40%); (ii) tipo di bosco (latifoglie, conifere, misto), rispetto a cui è stata definita una maggiore o minore capacità delle specie di assolvere alla funzione di protezione dall'erosione¹⁴; (iii) classe di copertura della vegetazione (21-50%, 51-80%, >80%) rispetto alla quale è stata ipotizzata una crescente capacità di intercettare le precipitazioni. Questa valutazione di tipo biofisico, che restituisce l'estensione delle aree forestali che svolgono una funzione protettiva significativa, è stata poi arricchita dalla valutazione economica, che ha in questo caso adottato, come

¹⁴ Secondo Motroni *et al.* (2004), i boschi misti sono quelli che assolvono in modo più efficace alla funzione di protezione dai fenomeni erosivi, seguiti da conifere e latifoglie.

detto, il metodo del costo di surrogazione. Per la definizione dei costi sono stati presi a riferimento, come opere di ingegneria naturalistica, per le aree con pendenza 40%-70%, interventi di idrosemina, mentre per le aree con pendenza maggiore (>70%), interventi con palificate vive a parete doppia¹⁵ (per le aree con pendenza <40% non viene generalmente individuata una necessità di intervento, Ciancio *et al.*, 2007). In questo modo si è potuto definire il valore di surrogazione annuale della funzione protettiva delle foreste rispetto ai fenomeni erosivi.

Con riferimento, poi, alla funzione di *Sequestro di carbonio* da parte delle foreste – ossia alla quantità di carbonio rimosso annualmente dall’atmosfera mediante fotosintesi e immagazzinamento nei tessuti vegetali di nuova formazione (viene qui considerata la massa epigea), funzione cruciale per la regolazione del clima (Stern, 2007; Wunder e Thorsen, 2014) – questa è stata valutata applicando i valori unitari di assorbimento (t/ha), definiti dall’Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio, INFC (Gasparini *et al.*, 2013), alle differenti specie vegetazionali individuate dalla CUS¹⁶. La valutazione economica del SEF si è avvalsa del prezzo di mercato delle emissioni così come regolato dallo *European Union Emissions Trading Scheme*¹⁷. Si tratta di uno dei possibili metodi per la valutazione monetaria dell’assorbimento del carbonio che, a fronte di altri metodi come il calcolo del costo sociale o del valore sociale del carbonio (Mavsar *et al.*, 2014), presenta evidenti vantaggi in termini di rapidità di stima (adatto dunque ad una valutazione speditiva a scala regionale, come quella qui presentata), ma che sconta anche alcuni limiti, tipicamente la mancata considerazione della componente sociale e l’estrema variabilità del prezzo di riferimento, sia sul medio termine (si pensi alla crisi del 2008 che ha comportato un significativo ridimensionamento del prezzo, vedi seguito), sia sul breve termine (il valore presenta oscillazioni giornaliere).

Infine, lo studio ha valutato la dimensione *culturale* dei FES guardando alla *funzione ricreativo-turistica* svolta dalle foreste. Pur assolvendo le foreste a diverse funzioni culturali – oltre alle funzioni ricreative, quelle ad esempio este-

tiche, simboliche, educative, parte integrante della multifunzionalità forestale – è indubbio che la funzione turistica sia quella maggiormente indagata in letteratura, non solo per quanto riguarda i SEF, ma anche, più generalmente, i SE (si veda al proposito l’interessante rassegna di studi valutativi curata da Milcu *et al.*, 2013); ciò in ragione della innegabile complessità di operare una stima economica di fattori culturali “immateriali” come quelli citati, che non a caso sono spesso oggetto di metodi valutativi alternativi, anche non economici (si vedano ad esempio Edwards *et al.*, 2012 o Plieninger, 2013).

La scelta attuata in questo studio di focalizzare l’attenzione sulla funzione turistica – scelta che non intende sottovalutare l’importanza di altri SEF culturali¹⁸ – è stata condotta principalmente per ragioni di disponibilità dati. Si è infatti potuto fare riferimento ai dati relativi agli arrivi annuali nelle aree forestali (Sardegna Foreste, 2011)¹⁹, per quanto limitati solo a 13 foreste (13 Unità Gestionali di Base gestite dall’Agenzia Forestale Regionale Fo.Re.S.T.A.S, corrispondenti a circa il 9% della complessiva area forestale dell’isola). Il valore di una visita giornaliera è stato determinato attraverso un approccio di *benefit transfer*, e in particolare attraverso un metodo di “*unity value transfer*” (Brander e Crossman, 2017), mutuando parametri di valore definiti in contesti simili (aree forestali italiane) e modulandoli rispetto al contesto sardo²⁰.

4.3 Il paesaggio forestale della Sardegna: risultati

Il metodo valutativo è stato applicato sia a scala regionale (l’insieme delle foreste della Regione Sardegna, territorio coperto al 20% da vegetazione boschiva), sia a scala locale (foresta demaniale di Monte Pisanu, Provincia di Sassari).

La Tabella 4, riportata di seguito, evidenzia i valori biofisici ed economici²¹ annuali relativi ai sei indicatori calcolati a

¹⁸ “An overemphasis on recreation and ecotourism, although pointing to a general helplessness towards measuring other cultural ecosystem services, may lead researchers and policymakers to assume that these represent cultural ecosystem services as a whole, thereby contributing to an unconscious marginalization of other important cultural ecosystem services” (Milcu *et al.*, 2013).

¹⁹ Fatto questo raro e dunque apprezzabile, essendo più spesso i dati turistici riferiti a territori amministrativi, generalmente comunali, e dunque difficilmente riconducibili alle aree prettamente boschive.

²⁰ I parametri considerati sono stati: scopo della visita, tipologia sociale dei visitatori, provenienza dei visitatori, tipologia della stazione e accessibilità (Ciancio *et al.*, 2007). Il costo di una visita giornaliera è stato individuato in circa 6 €

²¹ A questo proposito è opportuno sottolineare che, per quanto la valutazione sia stata condotta sulla base di dati ufficialmente validati a attraverso rigorose procedure di calcolo, i risultati degli indicatori sono necessariamente soggetti ad un certo grado di incertezza, connesso in particolare alle elaborazioni resesi necessarie per correlare diverse fonti di dati improntate a criteri valutativi differenti. È inoltre opportuno ricordare che la valutazione economica dei FES è fortemente condizionata dai metodi valutativi scelti. È infatti noto come la valutazione economica, per quanto di strategica utilità (vedi par. 1), non sia esente da limiti e criticità, soprattutto perché fortemente soggettiva (Spangenberg e Settele, 2010; Mavsar e Varela, 2014).

¹⁵ Idrosemina: 1,48 €/mq; palificata viva a parete doppia, con interdistanza di 10m: 160 €/mc (Prezziario dei Lavori Pubblici, Regione Sardegna, 2009). I costi relativi alle due tipologie di intervento sono stati annualizzati, attraverso la formula iniziale di annualità, considerando un saggio di sconto dell’1% e un periodo di 30 anni.

¹⁶ Essendo la distinzione di specie proposta dall’INFC più dettagliata di quella presente nella CUS – che resta tuttavia un riferimento obbligato per la georeferenziazione dei dati quali-quantitativi che strutturano gli indicatori e dunque per la mappatura dei valori forestali – è stata attuata una sintesi semplificativa riportando le categorie di specie individuate dall’INFC alle macro-categorie della CUS. Gli indici di assorbimento del carbonio forniti dall’INFC sono pertanto stati applicati alle seguenti categorie forestali (tra parentesi sono segnalate le categorie INFC accorpate): latifoglie (boschi a rovere, boschi igrofili, altri boschi caducifogli, leccete, altri boschi di latifoglie sempreverdi), sugherete, castagneti, arboricoltura di latifoglie, conifere (pini neri, pini mediterranei, altri boschi di conifere), arboricoltura di conifere, misto.

¹⁷ 5,16 €/t (<http://carbon-pulse.com>, ultimo accesso marzo 2017).

Tabella 4 - Valori biofisici ed economici annuali dei SEF della Sardegna a scala regionale (il VET in questo caso non considera il SEF relativo al Turismo*, essendo stato calcolato solo per 13 foreste)

	SEF	Valore biofisico	UM	Valore economico	UM	VET (%)
APPROVVIGIONAMENTO	Legname da lavoro	2.593	mc	184.711	€	0,14%
	Legname per uso energetico	113.921	mc	5.393.994	€	4,12%
	Sughero	166.091	q	11.626.376	€	8,88%
REGOLAZIONE	Protezione idrogeologica	167.241	ha	111.226.897	€	84,90%
	Sequestro di carbonio	497.148	t	2.565.283	€	1,96%
CULTURALI	Turismo*	150.764	num	[940.345]	€	-
			VET	130.997.261	€	100%

scala regionale e il Valore Economico Totale, VET (che in questo caso non considera il SEF relativo al turismo, essendo stato questo calcolato solo per 13 foreste).

Dalla lettura dei dati, e in particolare dalla lettura disaggregata del VET (valori percentuali), emerge evidente il ruolo di primo piano giocato dal SEF correlato alla *protezione idrogeologica*. L'elevato valore economico, in questo caso, è connesso agli importanti costi di surrogazione che bisognerebbe sostenere per supplire alla funzione protettiva della foresta, in particolare nelle aree ad elevata acclività (pendenza >70%). Queste infatti, benché rappresentino solo il 5% delle aree forestali regionali, svolgono una funzione cruciale in termini di protezione dall'erosione, la cui eventuale "sostituzione" dovrebbe essere operata tramite interventi di ingegneria naturalistica onerosi, come appunto la palificata viva a parete doppia, ma indispensabili per garantire la stabilità di versanti scoscesi e privi di vegetazione²². Gli interventi di idrosemina, invece, che hanno costituito il riferimento per la definizione del costo di surrogazione della funzione protettiva delle foreste situate nelle aree di pen-

²² Si vedano in proposito le schede tecniche allegate allo "Studio generale per la definizione delle Linee Guida regionali per la realizzazione degli interventi di riassetto idrogeologico con tecniche di Ingegneria Naturalistica" che la Regione Sardegna ha elaborato nel 2010 (http://www.regione.sardegna.it/documenti/1_327_20110208185054.pdf, ultimo accesso luglio 2017).

denza 40%-70%, incidono in modo meno significativo sulla valutazione economica del SEF: nonostante facciano riferimento a più del 30% della superficie forestata, il prezzo dell'intervento infatti è molto più contenuto (vedi nota 14).

L'elevato peso percentuale assunto dal SEF di protezione idrogeologica entro il VET è anche connesso alla scarsa performance degli altri indicatori. In particolare, risultano estremamente bassi i valori relativi alla produzione di *legname da lavoro* e *legname per uso energetico*, non essendo le foreste sarde gestite e sfruttate sistematicamente in tal senso. Infatti, il legname da lavoro estratto dalle foreste dell'isola corrisponde solamente allo 0,13% della produzione italiana, mentre quello destinato ad uso energetico al 4%. Rispetto al valore complessivo della produzione di legname da lavoro e per uso energetico, giocano un ruolo di primo piano le latifoglie, estesamente presenti sull'isola; le conifere, tuttavia, si contraddistinguono per valori economici *unitari* (€/ha) più elevati rispetto alle latifoglie poiché, pur a fronte di prezzi del legname inferiori (vedi nota 10), sono connotati da indici di produzione (mc/ha) sensibilmente più alti, soprattutto per quanto riguarda il legname per uso energetico (Fig. 1).

Sempre con riferimento alla funzione di approvvigionamento delle foreste, molto più significativa è, rispetto alla produzione di legname, la produzione di *sughero*: la Sardegna contribuisce infatti a circa l'80% della produzione italiana di sughero (più di 160.000 q/anno) e il valore annuo pre estrazione derivante dalle querce da sughero (al netto dunque dei ricavi connessi alla lavorazione del materiale, tra industria diretta e indotto) ammonta a più di 11 milioni di euro.

Meno rilevante, invece, il valore delle foreste sarde in termini di *assorbimento del carbonio*. Nonostante infatti la Regione Sardegna presenti la quarta superficie forestata per estensione a livello nazionale, il suo contributo in termini di sequestro del carbonio è relativamente basso (la Sardegna è quattordicesima in Italia, Gasparini *et al.*, 2013) a causa della predominanza di specie con valori unitari di assorbimento di carbonio (t/ha) non elevati. Nella Regione il bosco alto costituisce la principale fonte di assorbimento, ma si distingue anche l'arboricoltura da latifoglie, pioppeti in particolare, che presenta l'indice di assorbimento unitario più elevato (Fig. 2). Il basso valore economico del SEF relativo all'assorbimento del carbonio è anche connesso al prezzo definito dallo *European Union Emissions Trading Scheme*, che ha subito drastici ridimensionamenti a partire dal 2009 a causa del crollo dei consumi energetici connesso alla crisi economica.

Emerge infine il ruolo del SEF correlato al *turismo*. Come detto, essendo stato calcolato solo per 13 foreste, non è stato compreso nella definizione del VET a scala regionale, ma, se si considera che circa il 9% delle foreste dell'isola sono visitate annualmente da oltre 150.000 turisti, con un valore stimato di circa 940.000 euro annuali, non è peregrino considerare il turismo un SEF importante e promettente. Se infatti applicassimo, in un'operazione di carattere puramente teorico ma comunque indicativo, il medesimo valore economico medio unitario (€/ha/anno) rintracciato per le 13 foreste a tutte le foreste dell'isola, otter-

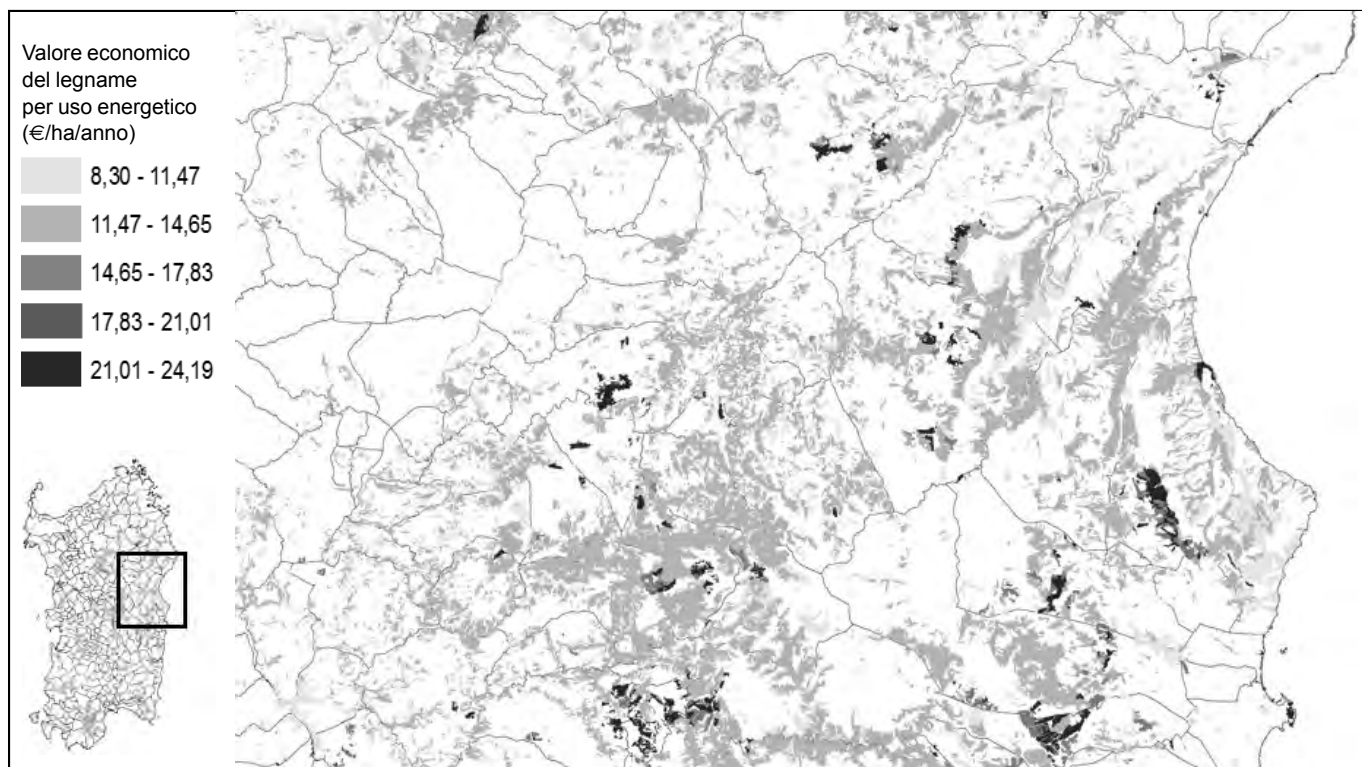


Figura 1 - Valori economici unitari ed annuali (€/ha/anno) della produzione di legname per uso energetico (Sardegna centro-orientale, golfo di Orsoi). Sono evidenziati nelle tonalità del grigio scuro e nero i boschi di conifere.

Fonte: elaborazione a cura degli autori, con la collaborazione di Antonio Cittadino (LARTU, Laboratorio di Analisi e Rappresentazioni Territoriali e Urbane, Politecnico di Torino)

remmo un valore economico complessivo di più di 10 milioni di euro, corrispondenti a circa il 7% del VET ricalcolato. È questo peraltro il valore percentuale (VET) rivestito dal turismo nella foresta demaniale di Monte Pisanu, ambito forestale situato nella Provincia di Sassari, rispetto a cui è stato condotto un approfondimento applicativo del metodo di valutazione (Tab. 5). Trattandosi di una delle 13 aree rispetto a cui è disponibile il dato relativo alle visite turistiche, è stato possibile calcolare un VET complessivo di tutti e sei gli indicatori previsti dal metodo, entro cui, appunto, il turismo riveste un ruolo significativo, “ridimensionando” tra l’altro il ruolo della protezione idrogeologica (che tuttavia resta, anche nel caso locale, il SEF dal “peso” più rilevante entro il VET, sostanzialmente in linea con i valori regionali). Risulta significativa inoltre, nella foresta di Monte Pisanu, la produzione di legname ad uso energetico (mentre quella ad uso costruzioni si attesta sui modesti valori regionali), il cui valore (€/mc) è sensibilmente più alto rispetto a quello regionale, connesso alla presenza diffusa, in questo caso, di aree di latifoglie ad elevata densità (ricordiamo che il legname da latifoglie per uso energetico è caratterizzate da un prezzo più che doppio rispetto a quello delle conifere, vedi nota 10). Più ridotto invece il “peso” della produzione di sughero entro il VET della foresta, rispetto a quello rivestito a scala regionale, essendo presenti nell’area solo 112 ha di querce da sughero. I valori connessi all’assorbimento del carbonio, infine, sono in linea, con i valori regionali (€/t).

4.4 Dalla valutazione alla pianificazione

Il metodo valutativo elaborato, per quanto concepito per la realtà locale della Regione Sardegna, è applicabile anche ad altri contesti. I punti di forza del metodo risiedono nella definizione di un set agile, ma al contempo comprensivo, di indicatori dei SEF, che ne consentono una duplice valutazione (biofisica ed economica) e, soprattutto, spazializzata, dunque utile a politiche di pianificazione territoriale e paesaggistica. La relativa semplice applicabilità del metodo – che ha guidato anche la scelta di alcuni metodi di stima (si veda in generale il non utilizzo di modelli, oppure, più specificatamente, la valutazione del sequestro di carbonio fondata sul prezzo di mercato, o la traduzione della dimensione culturale dei SEF nei servizi di tipo ricreativo-turistico, par 4.2) – risponde, come detto (par. 4.1), alla volontà di predisporre uno strumento utilizzabile dagli stessi amministratori: “*Incorporating ES in decision-making can make the planning process more complex. This is a significant challenge that might be alleviated by developing (...) simple but robust methods and tools (...)*” (Albert et al., 2017, p. 306). Questi stessi vantaggi del metodo – in particolare spazializzazione e facile applicabilità – ne costituiscono ovviamente anche gli aspetti di parziale debolezza, indirizzandolo verso una necessaria semplificazione procedurale.

In una prospettiva di ulteriore sviluppo della ricerca qui presentata, è possibile prevedere, pur non volendo abban-



Figura 2 - Valori economici unitari ed annuali (€/ha/anno) dell'assorbimento di carbonio (Sardegna centro-occidentale, piana di Oristano). Sono evidenziate nella tonalità del grigio scuro le aree di arboricoltura da latifoglia (pioppeti).

Fonte: elaborazione a cura degli autori, con la collaborazione di Antonio Cittadino (LARTU, Laboratorio di Analisi e Rappresentazioni Territoriali e Urbane, Politecnico di Torino)

donare l'approccio indicato, un approfondimento, più che una complessificazione, di alcuni degli indicatori individuati, facendoli poggiare su dati di maggiore dettaglio e ricchezza (che consentano ad esempio un rilievo più fedele dei PFL, con particolare riferimento a quelli ad uso energetico, o un'estensione della valutazione dei SEF culturali ad aspetti non solo ricreativo-turistici).

Inoltre, intendendo questo strumento valutativo come potenziale supporto di politiche di pianificazione e gestione dei paesaggi forestali, è opportuno che la valutazione venga integrata con un'analisi dei trade-off tra i diversi SEF (de Groot *et al.*, 2010), identificando così potenziali conflitti e sinergie tra le molteplici funzioni dei paesaggi forestali e sostenendo efficacemente le scelte di pianificazione e gestione – secondo le prospettive applicative delineate nel seguente paragrafo – che si fonderanno, a seconda degli obiettivi, su diversi scenari e ordini di priorità (si veda ad esempio in merito Lerouge, 2017).

5. LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI PER IL PIANO, IL PROGETTO E LA GESTIONE

Al di là degli obiettivi specifici del metodo – sensibilizzazione di istituzioni e stakeholder rispetto ai rischi connessi agli incendi forestali per la definizione di politiche di

prevenzione efficaci, vedi par. 4.1 – è utile sottolineare le ulteriori e più generali implicazioni che questo può avere per le politiche di pianificazione, gestione e progetto del territorio e del paesaggio, forestale in particolare.

In generale, considerare nelle politiche di *pianificazione* dei paesaggi forestali il tema dei SEF sostiene una pianificazione orientata, in una prospettiva di sviluppo sostenibile (vedi par.1), alla conservazione della biodiversità. La biodiversità, infatti, è un valore sotteso a quello dei SE: garantire la fornitura di SE significa garantire un alto livello di biodiversità²³ (per una trattazione del discusso rapporto tra SE e biodiversità, si veda UWE 2015), sostenendo dunque un'interpretazione delle foreste, diffusa nelle politiche di pianificazione, quali sedi di valori naturalistici e di biodiversità, elementi strutturali della rete ecologica.

Con specifico riferimento, invece, al contesto della Regione Sardegna e guardando a come il metodo proposto può interagire e supportare i principali strumenti di pianificazione delle aree forestali, occorre anzitutto specificare che,

²³ «In summary, the answer to the central question – will use of the ecosystem services approach protect biodiversity? – is likely to be a qualified yes. As long as the approach is implemented via policies based on sound evidence, and in conjunction with strategies that recognise the intrinsic value of biodiversity, it has the potential to be a powerful instrument in the struggle to halt biodiversity decline» (UWE, 2015).

Tabella 5 - Valori biofisici ed economici annuali dei SEF nella foresta di Monte Pisanu (il VET in questo caso considera il SEF relativo al Turismo, essendo la foresta di Monte Pisanu, Provincia di Sassari, una delle 13 foreste per cui è stato calcolato)

	SEF	Valore biofisico	UM	Valore economico	UM	VET (%)
APPROVVIGIONAMENTO	Legname da lavoro	12	mc	870	€	0,35%
	Legname per uso energetico	540	mc	26.504	€	10,51%
	Sughero	134	q	9.417	€	3,73%
REGOLAZIONE	Protezione idrogeologica	353	ha	187.765	€	74,44%
	Sequestro di carbonio	1.833	t	9.458	€	3,75%
CULTURALI	Turismo	2.921	num	18.219	€	7,22%
			VET	252.233	€	100%

nonostante il Piano Forestale Ambientale regionale (PFAR, 2007) e il Piano Paesaggistico Regionale (PPR, 2006) tendano ad una virtuosa integrazione tra obiettivi e indicazioni normative con particolare riferimento agli aspetti di conservazione e gestione della naturalità delle foreste, il PFAR fornisce una lettura più complessa degli ambiti forestali rispetto al PPR, interpretandoli come sistemi di cui si esplicita il valore protettivo-regolativo (stabilità idrogeologica e assorbimento di carbonio), naturalistico-paesaggistico, produttivo (attività agro-forestale), culturale e sociale (ricerca, educazione e sensibilizzazione). Il PPR, al contrario, fornisce una lettura delle foreste con riferimento prevalente agli aspetti di naturalità ed uso (differenziando tra "aree naturali", "seminaturali" e "aree ad utilizzazione agro-forestale"). Il metodo valutativo dei SEF qui proposto si pone in linea con l'interpretazione complessa delle foreste data dal PFAR, rispetto al quale si propone come potenziale supporto, contribuendo ad evidenziare i valori protettivi-regolativi (protezione idrogeologica e assorbimento di carbonio), produttivi (legname da lavoro e per uso energetico, sughero) e socio-culturali (turismo) delle foreste. La valutazione dei SEF, inoltre, può sostenere l'azione locale del PFAR che si esplica attraverso i POS (Progetti Operativi Strategici, programmi d'intervento direttamente promossi dal PFAR), grazie all'elaborazione di una cartografia di dettaglio che rende evidente, anche a scala locale, la ricchezza dei valori fore-

stali (Figg. 1, 2). Tale lettura coadiuva una trasmissione più efficace, tra scale di governo del territorio, degli indirizzi di pianificazione e gestione forestali, garantendo che ogni livello, compreso quello comunale (piani urbanistici comunali), possa contribuire alla valorizzazione e gestione delle foreste, favorendo così anche l'efficacia delle misure finanziate dal Programma di Sviluppo Rurale (PSR)²⁴.

Rispetto al PPR, invece, nella prospettiva della sua estensione dalle coste alle aree interne (è in atto l'integrazione ed estensione a tutto il territorio dell'attuale Piano), una lettura delle aree forestali fondata anche sulla valutazione dei SEF può costituire un efficace supporto per elaborare un'analisi articolata e completa dei valori dei paesaggi forestali (non solo naturalistici e di uso, come avviene ora) e, conseguentemente, per declinare in modo appropriato ad ogni livello di governo del territorio le misure di tutela, (specificando e differenziando i vincoli relativi alle foreste, in quanto bene paesaggistico), gestione e pianificazione.

Da un punto di vista prettamente *gestionale*, il metodo proposto può contribuire a legittimare i costi delle attività di gestione delle risorse forestali, che si presentano in genere ingenti (in Sardegna si stima che gravino su ogni residente nella misura di ca. 100 euro annuali, cfr. intervista Agenzia regionale Fo.Re.S.T.A.S, giugno 2017), evidenziando i benefici sociali derivanti da tali attività. Ciò può risultare particolarmente utile proprio rispetto all'attività antincendio che, almeno nella Regione Sardegna, rappresenta circa il 30%-40% dell'attività svolta dall'Agenzia regionale. Se infatti i valori misurati attraverso il metodo qui proposto vengono letti in termini di "mancato danno" rispetto ai fenomeni di incendio, questi restituiscono efficacemente i benefici, biofisici e soprattutto economici, apportati alla società dall'attività di gestione e monitoraggio svolta dall'Agenzia.

In una prospettiva *progettuale*, infine, la valutazione dei SE è uno strumento di particolare utilità per la costruzione della rete ecologica alla scala locale²⁵, supportando l'individuazione di aree strategiche per la rete, di cui vengono evidenziate le potenzialità per il rafforzamento della funzionalità ecologica, in termini di fornitura di SEF, derivanti dai progetti di rinaturalizzazione. In questa prospettiva la rete ecologica è ovviamente intesa come portatrice di una molteplicità di valori, non solo quelli prettamente correlati alla biodiversità, ma anche valori paesaggistici, fruitivi ed economici.

²⁴ Interessanti in merito sono le esperienze di valutazione dell'efficacia delle misure forestali nei PSR in Puglia a Toscana (De Blasi *et al.*, 2011, Locandro e Saccheli, 2014). La valutazione dei SEF può costituire una misura dell'efficacia della spesa pubblica anche in relazione alle specifiche misure forestali del PSR.

²⁵ Si rimanda, sul tema, alle ricerche sviluppate negli ultimi quattro anni dal Politecnico di Torino, con ENEA e Città Metropolitana, sui territori dell'Eporediese, di Bruino e di Chieri, coordinate da Angioletta Voghera (Voghera e Negrini, 2016; Voghera, 2016).

* **Roberta Ingaramo**, Dipartimento di Architettura e Design (DAD), Politecnico di Torino.

e-mail: roberta.ingaramo@polito.it

** **Emma Salizzoni**, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST), Politecnico di Torino

e-mail: emma.salizzoni@polito.it

*** **Angioletta Voghera**, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST), Politecnico di Torino.

e-mail: angioletta.voghera@polito.it

Riferimenti bibliografici

ALBERT C., GENELETTI D., KOPPEROINEN L., "Application of ecosystem services in spatial planning", in Burkhard B., Maes J. (a cura di), *Mapping Ecosystem Services*, Pensoft Publishers, Sofia, 2017.

AYRES R.U., *Analysis on the practical limits to substitution*, Ecological Economics, Vol. 61, num. 1, 2007, pp. 115-128.

BARBIER E.B., *Valuing ecosystem services as productive inputs*, Economic Policy, Vol. 22, 2007, pp. 177-229.

BOGGIO F. (a cura di), *Atlante economico della Sardegna*, Jaca Book, Milano, 1988.

BRAAT L.C., DE GROOT R., *The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy*, Ecosystem Services, Vol. 1, n. 1, 2012, pp. 4-15.

BRANDER L.M., CROSSMAN N.D., "Economic quantification", in Burkhard B., Maes J. (a cura di), *Mapping Ecosystem Services*, Pensoft Publishers, Sofia, 2017.

BRESSO M., *Per un'economia ecologica*, Nuova Italia Scientifica, Roma, 1993.

CHAS-AMILA M.L., TOUZAB J., GARCÍA-MARTÍNEZA E., *Forest fires in the wildland-urban interface: A spatial analysis of forest fragmentation and human impacts*, Applied Geography, n. 43, 2013, pp. 127-137.

CIANCIO O., CORONA P., MARINELLI M., PETTENELLA D., *Valutazione dei danni da incendi boschivi*, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 2007.

CICES, COMMON INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF ECOSYSTEM SERVICES (2013), <http://cices.eu/resources/> (ultimo accesso luglio 2017).

COMINO E., BOTTERO M., POMARICO S., ROSSO M., *Exploring the environmental value of ecosystem services for a river basin through a spatial multicriteria analysis*, Land use policy, n. 36, 2014, pp. 381-395.

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., *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, Nature, n. 387, 1997, pp. 253-260.

DE BLASI G., DE BONI A., MORETTI M., ROMA R., *Efficacia degli indicatori di valutazione delle politiche. Un'analisi delle misure previste per la forestazione nel PSR 2007-'13 della Regione Puglia*, Aestimium, Atti del XL incontro di studio (Napoli) "La valutazione dei finanziamenti pubblici per le politiche strutturali", n. 2, 2011, pp. 213-234.

DE GROOT R.S., ALKEMADE R., BRAAT L.C., HEIN L., WILLEMEN L., *Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making*, Journal of Ecological Complexity, Vol. 7, n. 3, 2010, pp. 260-272.

EDWARDS D. M., JAY M., JENSEN F.S., LUCAS B., MARZANO M., MONTAGNÉ C., PEACE A., WEISS G., *Public preferences across Europe for different forest stand types as sites for recreation*, Ecology and Society, Vol. 17, num. 1, art. 27, 2012.

EEA, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, *European forests - ecosystem conditions and sustainable use*, EEA Report, n. 3, Copenhagen, 2008.

EEA, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, *Forest fire risk affecting urban areas, Data and maps*, www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/forest-fire-risk-affecting-urban-areas/forest-fire-risk-affecting-urban-areas, 2016 (ultimo accesso luglio 2017).

EMERTON, L. YAN MING A., *The Economic Value of Forest Ecosystem Services in Myanmar and Options for Sustainable Financing*. International Management Group, Yangon, 2013.

FOREST EUROPE, *Expert Group and Workshop on a pan-European approach to valuation of forest ecosystem services. Final Report*, Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Madrid, 2014.

GAMBINO R., *Conservare, innovare. Paesaggio, ambiente, territorio*, UTET Libreria, Torino, 1997.

GASPARINI P., DI COSMO L., POMPEI E. (a cura di), *Il contenuto di carbonio delle foreste italiane. Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC2005. Metodi e risultati dell'indagine integrativa*, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Trento, 2013.

GIOS G., GOIO I., POLLINI C., *Ambiente e territorio: la valutazione economica dei beni ambientali: il bosco di montagna*, Economia Montana, Vol. 35, n. 4, 2003, pp. 19-24.

HARDIN G., *The tragedy of the commons*, Science, num. 162, 1968, pp. 1243-1248.

HÄYHÄ T., FRANZESE P., *Ecosystem services assessment: A review under an ecological-economic and systems perspective*, Ecological Modelling, Vol. 289, 2014, pp. 124-132.

HÄYHÄ T., FRANZESE P., PALETTO A., FATH B.D., *Assessing, valuing, and mapping ecosystem services in Alpine forests*, Ecosystem Services, n. 14, 2015, pp. 12-23.

HAUCK J., GÖRG C., VARIJOPURO R., RATAMÄKI O., MAES J., WITTMER

- H., JAX K., "Maps have an air of authority": Potential benefits and challenges of ecosystem service maps at different levels of decision making, *Ecosystem Services*, n. 4, 2013, pp. 25-32.
- KRIEGER D.J., *Economic Value of Forest Ecosystem Services: A Review*, The Wilderness Society, Washington D.C., 2001.
- LEROUGE F., GULINCK H., VRANKEN L., *Valuing ecosystem services to explore scenarios for adaptive spatial planning*, *Ecological Indicators*, n. 81, 2017, pp. 30-40
- LOCANDRO E., SACCHELLI S., *Misure forestali e monetizzazione dei servizi ecosistemici: una valutazione di efficacia del PSR 2007-2013 della Toscana*, Semestrale dell'Associazione Forestale del Trentino, Anno 35, n. 1-1 semestre 2014, pp. 67-75.
- MAES, MAPPING AND ASSESSMENT OF ECOSYSTEMS AND THEIR SERVICES, *Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020*, European Union, 2014.
- MAES J., EGOH B., WILLEMEN L., LIQUETE C., VIHervaara P., SCHÄGNER J.P., GRIZZETTI B., DRAKOU E.G., LA NOTTE A., ZULIAN G., BOURAOUI F., PARACCHINI M.L., BRAAT L., BIDOGLIO G., *Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union*, *Ecosystem Services*, n. 1, 2012, pp. 31-39.
- MARANGON F., GOTTARDO E., "La valutazione monetaria dei danni ai boschi del Friuli Venezia Giulia", in Marangon F. e Tempesta T. (a cura di), *La valutazione dei beni ambientali come supporto alle decisioni pubbliche*, Forum Editrice, Udine, 2001.
- MARINELLI A., MARONE E. (a cura di), *Il valore economico totale dei boschi della Toscana*, Franco Angeli, Milano, 2013.
- MAVSAR R., VARELA E., "Why should we estimate the value of ecosystem services?", in THORSEN B.G., MAVSAR R., TYRVÄINE L., PROKOFIEV I., STENGER A. (a cura di), *The Provision of Forest Ecosystem Services. Volume I: Quantifying and valuing non-marketed ecosystem services*, European Forest Institute, Joensuu, Finland, 2014.
- MAVSAR R., VARELA E., PETTENELLA D., VEDEL S.E., JACOBSEN J.B., "The Value of Carbon Sequestration", in THORSEN B.G., MAVSAR R., TYRVÄINE L., PROKOFIEV I., STENGER A. (a cura di), *The Provision of Forest Ecosystem Services. Volume I: Quantifying and valuing non-marketed ecosystem services*, European Forest Institute, Joensuu, Finland, 2014.
- MEA, MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, *Ecosystems and Human Assessment. Current State and Trends. Forest and Woodland Systems*, Hassan R., Scholes R., Ash N. (a cura di), Islandpress, Washington, Covelo, London, 2005.
- MERLO M., CROITORU L. (a cura di), *Valuing Mediterranean Forests. Towards Total Economic Value*, CABI Publishing, Wallingford, 2005.
- MILCU A.I., HANSPACH J., ABSON D., FISCHER J., *Cultural ecosystem services: a literature review and prospects for future research*, *Ecology and Society*, Vol. 18, num. 3, art. 44, 2013.
- MODUGNO S., BALZTER H., COLE B., BORRELLI P., *Mapping regional patterns of large forest fires in Wildland Urban Interface areas in Europe*, *Journal of Environmental Management*, n. 172, 2016, pp. 112-126.
- MOTRONI A., CANU S., BIANCO G., LOJ G. (a cura di), *Realizzazione di un Sistema Informativo Territoriale per lo studio delle aree sensibili alla desertificazione in Sardegna*, Arpa Sardegna, 2004 (<http://www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/miscel-lanea/desertificazione/index.asp>, ultimo accesso luglio 2017).
- NASI R., WUNDER S., J.J. CAMPOS A., *Forest Ecosystem Services: Can they pay our way out of deforestation?* CIFOR for the Global Environmental Facility (GEF), Bogor, Indonesia, 2002.
- PEARCE D.W., *Economic Values and the Natural World*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1993.
- PEARCE D.W., *The Economic Value of Forest Ecosystems*, *Ecosystem Health*, Vol. 7, n.4, 2001, pp. 284-296.
- PLIENINGER T., DIJKS S., OTEROS-ROZAS E., BIELING C., *Assessing, mapping and quantifying cultural ecosystem services at community level*, *Land Use Policy*, Vol. 33, 2013, pp. 118-129.
- RITTER E., DAUKSTRA D. (a cura di), *New Perspectives on People and Forests*, Springer, Dordrecht, 2011.
- SARDEGNA FORESTE, *Monitoraggio del flusso turistico nei Complessi Forestali gestiti dall'Ente Foreste della Sardegna*, Regione Autonoma della Sardegna, 2011.
- SCHÄGNER J.P., BRANDER L., MAES J., HARTJE V., *Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects*, *Ecosystem Services*, n. 4, 2013, pp. 33-46.
- SPANGENBERG J.H., SETTELE J., *Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services*, *Ecological Complexity*, n. 7, 2010, pp. 327-337.
- STERN N., *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2007.
- TEEB, THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY, *Ecological and Economic Foundations*, Pushpam K. (a cura di), Earthscan, London and Washington, 2010.
- TEMPESTA T., MARANGON F., *Una stima del valore economico totale dei paesaggi forestali italiani tramite la valutazione contingente*, *Genio Rurale*, n. 11, 2004.
- TURNER R.K., PEARCE D.W., *Economia ambientale*, Il Mulino, Bologna, 1996.
- UN, *The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets*, 2010.
- UWE, *Ecosystem Services and the Environment*, In-depth Report 11 produced for the European Commission, DG Environment, 2015.
- VOGHERA A., "Approaches, Tools, Methods and Experiences for Territorial and Landscape Design", in Ingaramo R., Voghera A. (a cura di), *Topics and Methods for Urban and Landscape Design. From the river to the project*, Springer, Dordrecht, 2016.
- VOGHERA A., NEGRINI G., "Parks and landscape: Land use plan experimentation for biodiversity", in Hammer T., Mose I., Siegrist D., Weixlbaumer N. (a cura di), *Parks of the Future. Protected Areas in Europe Challenging Regional and Global Change*, Oekom, Munchen, 2016.
- VON HAAREN, C., ALBERT, C., GALLER, C., "Spatial and Landscape planning: A place for ecosystem services" in Potschin M., Haines-Young R., Fish R. Turner R.K. (a cura di), *Routledge Handbook of Ecosystem Services*, Routledge, London and New York, 2016, pp. 568-578.
- WUNDER S., THORSEN B.J., "Ecosystem services and their quantification", in THORSEN B.G., MAVSAR R., TYRVÄINE L., PROKOFIEV I., STENGER A. (a cura di), *The Provision of Forest Ecosystem Services. Volume I: Quantifying and valuing non-marketed ecosystem services*, European Forest Institute, Joensuu, Finland, 2014.