



PROGETTO DI COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 99,2 MW DENOMINATO "ORRIA" DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI NULVI (SS) E SEDINI (SS) CON LE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ELETTRICHE

ANALISI COSTI-BENEFICI

Rev. 0.0

Data: Settembre 2023

WIND002-RA14



Repsol Orria S.r.l.
Via Michele Mercati 39
00197 Roma (RM)
C. F. e P. IVA: 17089321008
PEC: repsolorria@pec.it

Incaricato:

Queequeg Renewables, Ltd
2nd Floor, the Works,
14 Turnham Green Terrace Mews,
W41QU London (UK)
Company number: 11780524
email: mail@quren.co.uk
Progettazione e SIA:

I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.



www.iatprogetti.it

PROGETTAZIONE:

I.A.T. Consulenza e Progetti S.r.l.

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore Tecnico)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Dott. Pian. Andrea Cappai

Ing. Paolo Desogus

Pian. Terr. Veronica Fais

Dott. Fabio Mancosu

Ing. Gianluca Melis

Dott. Fabrizio Murru

Ing. Andrea Onnis

Pian. Terr. Eleonora Re

Ing. Elisa Roych

Ing. Marco Utzeri

COLLABORAZIONI SPECIALISTICHE:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Maria Francesca Lobina

Aspetti faunistici: Dott. Nat. Maurizio Medda

Caratterizzazione pedologica: Agr. Dott. Nat. Nicola Manis

Acustica: Ing. Antonio Dedoni

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Nat. Francesco Mascia

Aspetti archeologici: Dott. Luca Doro, Dott. Gabriele Carenti e Dott.ssa Rosana Pla Orquìn

SOMMARIO

1	L’analisi costi - benefici: aspetti teorici e metodologici.....	4
1.1	Premessa generale.....	4
1.2	Introduzione alla valutazione degli effetti esterni ed il concetto di esternalità nel settore energetico 5	
1.3	Monetizzazione delle esternalità: disponibilità a pagare e disponibilità ad accettare una compensazione.....	7
1.4	Il valore economico totale	8
1.5	Tecniche di valutazione.....	9
1.6	Il metodo del valore attuale netto	13
2	Il caso di studio	15
2.1	Premessa.....	15
2.2	Atmosfera, consumo di risorse non rinnovabili, salute pubblica ed effetti dei cambiamenti climatici a livello globale	16
2.2.1	Premessa.....	16
2.2.2	Le esternalità della produzione energetica.....	18
2.2.3	Bilancio delle esternalità associate alla realizzazione dell’impianto eolico a livello globale	24
2.3	Paesaggio	25
2.4	Rumore	29
2.5	Vegetazione	34
2.6	Fauna	34
2.6.1	Premessa metodologica.....	34
2.6.2	Stima delle esternalità associate ai potenziali abbattimenti di avifauna.....	44
2.7	Uso ed occupazione di suolo.....	47
2.7.1	Premessa.....	52
2.7.2	Sottrazione temporanea e permanente di suolo	52
2.7.3	Limitazioni all’edificabilità.....	53
2.8	Campi elettromagnetici	53
2.9	Componente socio-economica	54
2.9.1	Sviluppo progettuale.....	54
2.9.2	Processo costruttivo	54
2.9.3	Fase gestionale.....	55
2.9.4	Misure compensative a favore dei comuni interessati	55
3	Quadro riepilogativo e Conclusioni	57

1 L'analisi costi - benefici: aspetti teorici e metodologici

1.1 Premessa generale

In termini generali, nella valutazione di un progetto o, più in generale, di una politica d'azione nasce di frequente l'esigenza di effettuare analisi e verifiche che vanno aldilà del semplice controllo del flusso monetario connesso all'investimento. A tale scopo, in particolare, le attuali norme sulle opere pubbliche prevedono obbligatoriamente il ricorso all'analisi costi-benefici come strumento di valutazione, attribuendogli un ruolo di crescente importanza.

Una delle caratteristiche peculiari dell'analisi costi-benefici è la separazione fra analisi finanziaria ed analisi economica che, pur avendo entrambe l'obiettivo della determinazione del flusso attualizzato dei benefici e costi relativi ad un dato investimento, così da rilevarne gli eventuali vantaggi, muovono da differenti punti di vista, quello del singolo per la prima e quello della collettività per la seconda. A tale proposito, si fa rilevare che l'investimento pubblico, a differenza di quello privato, avente come obiettivo prioritario la redditività dei capitali impiegati, non viene intrapreso al solo scopo di acquisire entrate monetarie a vantaggio dell'amministrazione interessata, ma soprattutto per assicurare un incremento di reddito (o benessere) a favore della collettività. A livello di semplice analisi finanziaria si ha a che fare con flussi di costi ed entrate, espressi in unità monetarie; tale analisi tende a stabilire soltanto se un progetto è fattibile in senso assoluto, perché darà un profitto. Naturalmente, affinché un progetto sia realizzabile, occorre comunque che i costi siano inferiori al *budget* stanziato per il finanziamento. Tale circostanza, se può talvolta essere sufficiente per l'analisi di progetti finanziati da soggetti privati, il cui scopo principale è la massimizzazione del profitto, non lo è per le opere finanziate dagli enti pubblici.

La teoria alla base dell'Analisi economica costi-benefici (ACB) è stata sviluppata principalmente nel corso degli ultimi 50 anni e si fonda sul concetto di "*preferenza sociale*". Le "*preferenze sociali*", a favore o contro qualcosa, sono legate da regole rigorose e assiomi ai concetti di "*utilità*" o "*Benessere*". Le preferenze si manifestano nel "mercato" attraverso decisioni espresse in termini di volontà di "spendere" o "non spendere" per un determinato obiettivo. Quindi "disponibilità a pagare" diventa il mezzo principale di misura le preferenze e il denaro diventa lo strumento di misurazione che permette l'aggregazione di preferenze.

Sebbene l'analisi costi-benefici abbia origine dalla necessità dell'operatore pubblico di dotarsi di uno strumento di calcolo per orientare le proprie scelte di intervento, poiché la stessa basa il proprio giudizio di opportunità anche su criteri sociali, l'ACB è in fase di crescente applicazione nei processi decisionali riguardanti la valutazione degli impatti ambientali afferenti iniziative progettuali in campo pubblico e/o privato.

Al fine di contribuire al processo decisionale concernente il proposto progetto del parco eolico denominato "Orria" nei Comuni di Nulvi e Sedini (Città Metropolitana di Sassari), quanto segue si propone, pertanto, di introdurre nella valutazione ambientale gli interessi degli interlocutori sociali, attraverso la stima

di quelle che sono le principali esternalità positive e negative associate all’iniziativa, come più oltre definite e individuate.

In assenza di metodologie consolidate per la valutazione delle “esternalità” ambientali connesse agli impianti eolici, da condursi attraverso l’identificazione degli impatti più significativi e la loro quantificazione economica, quanto segue deve essere necessariamente inteso come un contributo analitico-conoscitivo alla valutazione di impatto complessiva e non come una sintesi della valutazione stessa, più diffusamente articolata e sviluppata nei restanti documenti dello Studio di impatto ambientale.

1.2 Introduzione alla valutazione degli effetti esterni ed il concetto di esternalità nel settore energetico

L’Analisi costi-benefici è ancora considerata uno strumento controverso, in particolare nell’ambito dell’analisi ambientale. Ogni progetto è, infatti, accompagnato da effetti “collaterali” per i quali non esiste un prezzo di mercato, giacché lo stesso implica tipicamente, oltre a costi e benefici finanziari, effetti non direttamente monetizzabili, definiti comunemente esternalità o effetti indiretti.

Il progressivo incremento dei consumi energetici associato alla crescita delle economie ha comportato, negli ultimi decenni, l’intensificarsi degli impatti ambientali locali e il manifestarsi di cambiamenti dell’ambiente su scala globale.

Intorno a questo tema si è sviluppato un esteso corpo di letteratura che, in parte, poggia sulla precedente riflessione economica in materia di effetti esterni.

Per esternalità s’intende un effetto esercitato dall’azione di un “agente”, per es. attraverso la produzione o il consumo di un bene, su un altro “agente”. Un caso classico è quello del fumo di sigaretta. L’agente A fuma una sigaretta (azione dalla quale trae piacere), ma la sua azione genera un impatto negativo sull’agente B, che non tollera il fumo. In altri termini, nella funzione di utilità di B compare una variabile (la sigaretta) che è sotto il controllo dell’agente A, il cui valore è deciso dall’agente A, senza tener conto dell’effetto su B, e la cui crescita distrugge l’utilità (o benessere) dell’agente B. In questo caso si parla di esternalità negativa. Ulteriori condizioni affinché si possa parlare di esternalità negativa, evidenziate dalla letteratura, sono: che *l’esternalità sia un effetto non intenzionale di un’attività comunque legittima* (Mishan, 1971); che *l’agente che causa il danno non compensi il danneggiato* (Baumol e Oates, 1988).

Per completezza, si precisa che vi sono anche casi di esternalità positive. Per esempio, se si considerano i due soggetti A e B come due vicini di casa, e si assume che A possieda un giardino adiacente alla casa di B e da essa visibile, allora siamo di fronte a un’esternalità positiva: l’utilità di B cresce come effetto della crescita della qualità del giardino di A, una variabile che non è sotto il controllo di B.

Sono possibili, inoltre, casi di funzioni di utilità che incorporano, senza possibilità di controllo da parte dell’agente, variabili presenti in funzioni di produzione di altri agenti: una persona che vive in prossimità di una

centrale elettrica a forte impatto inquinante è danneggiata dalla bassa qualità dell’aria conseguente alle emissioni dell’impianto.

Sebbene questa definizione possa apparire semplice e univoca, e sebbene il concetto di esternalità venga studiato dal tempo di Alfred Marshall, uno dei padri della teoria economica, esso è caratterizzato da notevoli ambiguità.

Tibor Scitovsky, in un famoso articolo sull’argomento (Scitovsky, 1954), lo definisce uno dei concetti più elusivi della teoria economica. In particolare, tale ambiguità concerne la distinzione tra *esternalità tecnologiche* ed *esternalità pecuniarie* (Viner, 1931). I due esempi della sigaretta e del giardino costituiscono casi di esternalità tecnologiche, ovvero di effetti esterni che si realizzano indipendentemente dai meccanismi di mercato. Al contrario, le esternalità pecuniarie sono una conseguenza del funzionamento del mercato e si realizzano in virtù di variazioni dei prezzi; generalmente, esse si riferiscono a variazioni dei prezzi degli input produttivi utilizzati da un’impresa, conseguenti a una variazione dell’output di un’altra impresa. Per es., un produttore tessile, che insedia una nuova attività produttiva in un’area in cui vi è piena occupazione, causa una crescita del costo del lavoro in quell’area, arrecando un danno economico alle altre imprese presenti nello stesso territorio. Analogamente, l’insediamento di un vasto centro direzionale in un’area può causare la crescita dei prezzi degli immobili presenti in quel territorio, arrecando vantaggi economici ai proprietari di case (esternalità pecuniaria positiva) e svantaggi economici a coloro che intendono comprare o prendere in affitto una casa (esternalità pecuniaria negativa).

Le esternalità pecuniarie sono state al centro di un ampio dibattito nella teoria economica che si è essenzialmente concentrato sull’opportunità di un intervento pubblico finalizzato a controllarle, come pure sul loro funzionamento in un contesto statico oppure dinamico.

Con il diffondersi dell’industrializzazione e il conseguente manifestarsi dei problemi ambientali, le esternalità tecnologiche (in particolare quelle negative) hanno assunto una crescente importanza.

Un particolare tipo di esternalità è quella da congestione da traffico automobilistico, nella quale gli agenti sono nello stesso tempo danneggianti e danneggiati. Nel caso in cui il danno si scarichi direttamente sull’ambiente e solo indirettamente coinvolga l’uomo, si può parlare di esternalità ambientale (per es., acidificazione delle foreste). Essa, in relazione alla scala geografica prescelta, può avere carattere locale (per es., elevate concentrazioni di particolati in una città), regionale (per es., piogge acide) o globale (per es., riscaldamento globale). L’ampiezza della scala è rilevante poiché la sua estensione comporta spesso il crescere dell’incertezza scientifica intorno al fenomeno e della complessità negoziale associata agli accordi internazionali necessari per fronteggiare il problema.

È proprio il manifestarsi delle esternalità ambientali di carattere globale ad aver dato un forte impulso al concetto di sviluppo sostenibile. Secondo la definizione del Rapporto Brundtland (WCED, 1987), *per sviluppo sostenibile s’intende uno sviluppo che soddisfi i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere le*

possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri. Pur nella sua concisione, tale definizione esprime un concetto alquanto complesso; cruciali, in esso, sono le due idee di equità intergenerazionale ed equità intragenerazionale: affinché vi sia sostenibilità, occorre che non solo le generazioni future possano realizzare i propri obiettivi, ma anche che quelle presenti, in particolare quelle appartenenti ai paesi poveri, possano soddisfare i propri bisogni.

Pertanto, la protezione dell’ambiente e lo sviluppo armonico dei paesi poveri costituiscono i due cardini dell’idea di sostenibilità: la riflessione sulla reale possibilità di coesistenza tra questi due obiettivi costituisce un tema di grande interesse. Numerosi autori hanno esplorato il tema della sostenibilità da diversi punti di vista.

Dal punto di vista economico, le esternalità rappresentano una forma di fallimento del mercato, ovvero esistono in quanto non vi è un mercato che, assegnando a esse un prezzo, realizzi un’allocazione ottimale delle risorse.

L’incorporazione dei costi esterni nel prezzo dei beni costituisce l’oggetto della politica ambientale. Essa può essere realizzata essenzialmente in due modi: attraverso una strategia di comando e controllo, ossia ricorrendo a standard ambientali restrittivi il cui superamento sia sanzionato, oppure, attraverso gli strumenti economici di controllo dell’inquinamento (tasse pigouviane, permessi negoziabili d’inquinamento) che, non punitivi, sfruttano la razionalità degli agenti per portarli nel punto di esternalità ottima. Questa idea è alla base della tassazione energetico-ambientale (tasse sulle emissioni, carbon tax, tasse sul contenuto energetico dei combustibili, ecc.).

Tanto l’approccio di comando e controllo quanto gli strumenti economici sono tesi a internalizzare l’esternalità, ovvero a farne ricadere il costo sull’inquinatore, in applicazione del principio “*chi inquina paga*”. Pertanto, più in generale, per internalizzazione dell’esternalità s’intende la sua considerazione all’interno del sistema economico, attraverso forme di regolazione o di negoziazione privata tra danneggianti e danneggiati.

1.3 Monetizzazione delle esternalità: disponibilità a pagare e disponibilità ad accettare una compensazione

I due concetti con cui, più di frequente, si misura in termini monetari il danno ambientale sono quelli di *Disponibilità a Pagare* (*Willingness to pay* - WTP), per evitare un danno ambientale, e *Disponibilità ad Accettare una Compensazione* (*Willingness to accept* - WTA), per un danno ambientale subito. In termini più rigorosi, si tratta delle misure hicksiane del surplus del consumatore (ossia la differenza tra il prezzo che un consumatore sarebbe disposto a pagare per comprare una determinata quantità di un bene e quello effettivamente pagato), che fanno riferimento ai concetti di variazione compensativa e variazione equivalente. La prima rappresenta la somma di denaro che, sottratta all’agente, previene il verificarsi di un danno ambientale nel futuro (WTP);

la seconda, invece, rappresenta l’ammontare di denaro che deve essere dato all’agente per compensarlo della perdita di benessere subita a seguito di un danno ambientale (WTA).

Numerosi studi, sia empirici sia teorici (Bishop e Heberlein, 1979; Hanemann, 1991; Shogren et al., 1994), mostrano come queste due misure non siano equivalenti, essendo la seconda più elevata della prima. David Brookshire e Don Coursey (1987) hanno evidenziato come la differenza tra WTA e WTP possa essere notevole (tra 2,4 e 61 volte), mentre John Horowitz e Kenneth McConnell (2002) hanno rilevato come il rapporto WTA/WTP sia più alto per i beni pubblici rispetto a quelli privati.

All’origine della divergenza tra WTA e WTP vi sono ragioni che appartengono sia alla sfera dell’economia sia a quella della psicologia. Tra le prime, va citato il ruolo dell’effetto reddito e dell’effetto sostituzione, la possibilità di un atteggiamento di protesta verso il pagamento di una somma di denaro per un danno subito (Mitchell e Carson, 1989) e il fatto che la WTP, al contrario della WTA, sia limitata da un vincolo di bilancio. Tra le seconde, si ricordano la teoria della dissonanza cognitiva e la *prospect theory* di Daniel Kahneman e Amos Tversky (1979), che mostrano come gli agenti abbiano, nel dominio dei guadagni, comportamenti diversi rispetto al dominio delle perdite: alla perdita di un bene è annesso un valore maggiore del guadagno derivante dall’acquisto del medesimo bene.

Sul piano operativo, la possibilità di valori di WTA molto elevati, e conseguentemente di compensazioni monetarie per danni ambientali eccessivamente onerose per le imprese, ha indotto studiosi prestigiosi, quali i due Nobel per l’economia Kenneth Arrow e Robert Solow, a suggerire l’utilizzo della WTP nella monetizzazione delle esternalità (NOAA, 1993).

1.4 Il valore economico totale

La disponibilità a pagare per proteggere un bene ambientale (per es., un parco naturale) da possibili danni esprime il *Valore Economico Totale* (VET) del bene stesso.

Il VET è la somma di tre valori: valore d’uso, valore d’opzione, valore di esistenza.

Il primo si riferisce all’uso corrente del bene (per es., raccolta della legna), il secondo a un uso potenziale che potrà esservi nel futuro (per es., visitare il parco tra dieci anni), il terzo alla disponibilità a pagare per la semplice esistenza del bene, indipendentemente da qualsiasi uso, presente e futuro.

La considerazione del valore d’opzione e, ancor più, di quello di esistenza pone numerosi problemi, concettuali e operativi. Sul concetto di valore di opzione, e su quello più sottile di quasi-opzione (il valore dell’informazione resa disponibile dalla preservazione di una risorsa naturale), esiste un’ampia letteratura che si è concentrata tanto sulle condizioni della sua esistenza e sul ruolo dell’incertezza, quanto sulla questione del suo segno, positivo o negativo (Freeman, 1993).

Per quanto concerne il valore di esistenza (Krutilla, 1967), mentre secondo alcuni autori (Pearce e Turner, 1990) esso avrebbe origine in un atteggiamento altruista da parte degli interessati e sarebbe un

concetto pregno di significato, secondo altri (Cummings e Harrison, 1995; Weikard, 2002) si tratterebbe invece di un concetto debole sul piano operativo e inutile. Tale opposizione di opinioni ha grande rilevanza a ragione delle implicazioni operative: la contabilizzazione, o meno, del valore di esistenza può alterare in modo significativo la valutazione monetaria di un danno ambientale.

A tale proposito, un caso paradigmatico è quello dell'incidente ambientale di cui fu protagonista la petroliera Exxon Valdez, che nel 1989 riversò sulle coste dell'Alaska circa 257.000 barili di greggio. Nella contabilizzazione del danno ambientale si tenne conto anche del valore di esistenza, scelta che concorse a originare un dibattito, scientifico oltre che legale, tra la compagnia Exxon, lo Stato dell'Alaska e il governo degli Stati Uniti.

In particolare, il concetto di valore di esistenza e la possibilità di una sua misurazione vennero attaccati in uno studio sponsorizzato dalla stessa Exxon (Desvouges et al., 1993), che costituisce un punto di riferimento della letteratura sull'argomento.

Altro nodo critico nella monetizzazione dei danni ambientali è quello concernente l'operazione di sconto, che tende ad assegnare un peso minore ai danni che si verificheranno nel futuro rispetto a quelli che occorrono nel presente. In altri termini, l'estensione della tradizionale operazione di sconto al campo ambientale costituisce un'implicita discriminazione delle generazioni future e, quindi, una negazione del concetto di sviluppo sostenibile. Questi limiti sono stati segnalati, in periodi diversi, da numerosi studiosi che hanno posto in discussione le due fonti dell'operazione di sconto: la preferenza temporale e il costo di opportunità sociale. Circa la prima, che sintetizza la preferenza assegnata dagli agenti al consumo di un bene oggi piuttosto che nel futuro, alcuni autori (Pigou, 1920; Strotz, 1956) hanno messo in evidenza l'irrazionalità dell'impazienza da cui ha origine tale preferenza temporale. Circa la seconda fonte, che riflette la produttività del capitale nel tempo, alcuni studiosi hanno criticato l'assunzione implicita che i rendimenti originati dall'investimento di un certo capitale siano totalmente reinvestiti di periodo in periodo e non consumati (Parfit, 1983).

L'ampiezza della letteratura critica sul tasso sociale di sconto, arricchita da interventi ora molto forti (Cowen e Parfit, 1992), ora più moderati (Markandya e Pearce, 1991), riflette la complessità della questione e il ruolo centrale dell'operazione di sconto nel contesto del dibattito ambientale.

1.5 Tecniche di valutazione

Al di là dei problemi teorici illustrati (valore di opzione, valore di esistenza, tasso di sconto), la monetizzazione dei danni ambientali è caratterizzata da notevoli difficoltà di misurazione. Le tecniche di valutazione disponibili sono essenzialmente tre: i *prezzi edonici*, i *costi di viaggio*, la *valutazione contingente* di cui si è accennato al par. 1.3.

Le prime due monetizzano il valore dell’ambiente, per il quale non vi è un mercato di riferimento, facendo ricorso a un mercato surrogato. Nel caso dei prezzi edonici il mercato è quello immobiliare. L’idea su cui si basa questa tecnica è che, a parità di condizioni, il prezzo degli immobili tende a crescere al migliorare della qualità ambientale, e pertanto la riflette. La clausola, a parità di condizioni, è di estrema importanza poiché il valore di mercato degli immobili risente, oltre che della qualità ambientale, di altre classi di variabili: proprietà (caratteristiche e dimensione delle abitazioni); vicinato (caratteristiche del quartiere, disponibilità di servizi); accesso (disponibilità di mezzi di trasporto, qualità dei collegamenti con il centro cittadino). Pertanto, in alcuni casi, come nelle aree metropolitane, può accadere che il prezzo degli immobili sia alto nonostante la bassa qualità ambientale; al contrario, in aree rurali caratterizzate da elevata qualità ambientale esso può essere basso. Ciò accade a ragione dell’influenza che altre variabili, non ambientali, esercitano sul prezzo delle case.

La tecnica dei prezzi edonici, in definitiva, consiste in stime di carattere statistico che cercano di valutare in che misura ciascuna variabile, e quindi anche quelle ambientali, influisca sul prezzo degli immobili. Come oggetto d’indagine si può considerare la serie storica del prezzo degli immobili di un’area, oppure ci si può riferire ai prezzi di più aree nel medesimo anno (*cross section*).

In tal modo, dato un certo parco immobiliare, spiegando in che misura la variazione del suo valore monetario complessivo dipenda dalla qualità dell’ambiente, si perverrà alla monetizzazione del valore d’uso dell’ambiente.

Naturalmente, si tratta di esercizi piuttosto complessi che ereditano tutti i problemi tecnici dell’indagine statistica, tra cui la possibilità di correlazione tra variabili esplicative e/o di omissione di variabili rilevanti. Inoltre, la possibile imperfezione del mercato immobiliare, la bassa mobilità degli agenti e l’imperfetta informazione circa i danni ambientali possono inficiare in modo significativo la monetizzazione della qualità ambientale.

L’affidabilità della tecnica dei prezzi edonici crescerebbe, invece, qualora la variazione del prezzo delle case fosse legata al verificarsi di un preciso evento di carattere ambientale (per es., danni a un litorale in seguito a una perdita di combustibile).

Analogamente a quella dei prezzi edonici è la tecnica dei costi di viaggio che, impiegata soprattutto per la valutazione di luoghi di ricreazione (per es., parchi), utilizza come mercato surrogato le spese sostenute dagli interessati per raggiungere tali luoghi. Tra le difficoltà insite in tale tecnica occorre segnalare: ostacoli statistici (legati sia alla disomogeneità dei dati rilevati, sia alla stima di essi); individuazione delle classi di spese di viaggio da considerare (per es., carburante, pedaggi stradali, deterioramento auto, assicurazione auto); monetizzazione del costo opportunità del tempo libero speso per la visita al luogo oggetto di valutazione; individuazione dei viaggiatori fittizi per i quali la visita non è l’obiettivo principale.

La terza tecnica, quella della valutazione contingente, si differenzia dalle altre due in quanto non fa ricorso a un mercato surrogato, ma deriva il valore del bene ambientale attraverso un’intervista. Si tratta di una tecnica caratterizzata da una grande flessibilità che consente di valutare numerose classi di beni e di danni ambientali, riuscendo a catturare non solo i valori di uso corrente, ma anche il valore di opzione e quello di esistenza.

Essa è stata anche utilizzata, soprattutto nei paesi in via di industrializzazione, per la valutazione dei beni e delle infrastrutture pubbliche (per es., fognature, servizio raccolta rifiuti, acqua potabile), mentre nei paesi industrializzati è stata impiegata principalmente nella valutazione di beni ambientali e di politiche a favore dell’ambiente.

Nell’ambito di tale procedimento, il questionario viene somministrato in intervista diretta, oppure, più raramente, via posta o telefono. Esso si compone, tradizionalmente, di tre sezioni: una introduttiva, con informazioni e domande sulle attitudini ambientali del rispondente; una centrale, in cui si pone la domanda sulla WTP per un certo bene; una conclusiva, con domande sulle caratteristiche sociodemografiche del rispondente. La domanda sulla WTP può essere posta attraverso: a) domanda aperta; b) *bidding game*, ossia gioco al rialzo o al ribasso, partendo da un valore di WTP proposto dall’intervistatore che l’intervistato può accettare, nel qual caso seguirà un rialzo, o rifiutare, nel qual caso seguirà un ribasso; c) carte, quando il rispondente sceglie tra diversi valori monetari di riferimento indicati su una carta, alcuni dei quali riportano quanto l’intervistato già paga per alcuni servizi pubblici; d) *take it or leave it*, in cui il rispondente deve scegliere se accettare (take) o rifiutare (leave) un prezzo estratto a sorte da un insieme di prezzi precedentemente definiti.

Tra i limiti intrinseci della valutazione contingente vi è, in primo luogo, l’ipotesicità, ossia il fatto che l’intervista non dà luogo a pagamenti reali (Seip e Strand, 1992). In secondo luogo, può esservi un problema informativo dato che l’intervistato in molti casi non ha una conoscenza diretta del bene (per es., nella valutazione di una politica pubblica oppure di una specie minacciata da estinzione).

Più in generale, la tecnica della valutazione contingente è ostacolata da possibili distorsioni delle quali le più importanti sono (Mitchell e Carson, 1989):

- la distorsione strategica, legata ai fenomeni del *freeriding* (dichiarazione di una WTP più bassa di quella vera, nell’aspettativa che altri intervistati paghino per il bene proposto) e dell’*overpledging* (dichiarazione di una WTP più alta di quella vera al fine di influenzare positivamente l’offerta per il bene valutato, nella convinzione che non vi sia una relazione tra quanto dichiarato e l’eventuale futuro pagamento reale);
- la distorsione da punto di partenza, ossia la possibilità che i valori di WTP dichiarati possano essere condizionati dai valori proposti nel *bidding game*;

- la distorsione da veicolo di pagamento, ovvero la probabilità di una risposta di protesta (WTP più bassa di quella vera) associata a uno strumento di pagamento (per es., tassa) che invece dovrebbe essere neutrale;
- la distorsione da vincolo di bilancio, ossia la possibilità che il rispondente esprima la propria WTP facendo riferimento non alle proprie condizioni economiche ma a un vincolo di bilancio ipotetico;
- la distorsione parte/tutto (fenomeno dell'*embedding*), ossia la possibilità di ampie variazioni nella WTP dichiarata a seconda che il bene sia valutato isolatamente oppure come parte di un insieme più ampio di beni;
- la distorsione da simbolicità, ossia la possibilità che il bene specifico oggetto di valutazione sia percepito dal rispondente come un simbolo dell'ambiente in generale, dando luogo a valutazioni eccessivamente elevate.

Ciascuna di queste distorsioni può comportare, rispetto alla WTP, errori sistematici (non validità) e/o errori casuali (non affidabilità). La possibilità di errori invalidanti, congiuntamente al citato episodio della Exxon Valdez, ha posto la valutazione contingente al centro di un ampio dibattito (Hausman, 1993; Bjornstad e Kahn, 1996) dai risvolti fortemente operativi, tanto da indurre la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 1993) degli Stati Uniti a istituire un gruppo di studio (NOAA Panel) incaricato di definire linee guida sulla valutazione contingente.

Tra i suggerimenti del NOAA Panel vanno ricordati:

a) l'intervista diretta, svolta da un intervistatore; b) un pre-test, che precede il *survey* vero e proprio, finalizzato a individuare possibili effetti indotti dall'intervistatore o dall'uso di fotografie; c) l'esecuzione delle interviste in periodi di tempo distanti dall'evento che ha causato il danno, al fine di mitigare l'influenza di reazioni emotive negli intervistati; d) l'opportunità di ricordare al rispondente l'esistenza di beni sostituti; e) la produzione, da parte del governo federale, di *survey* e valori standard di riferimento, in particolare per le perdite di combustibile, che possano essere adottati come riferimento per successivi studi di valutazione contingente.

Nell'ambito della letteratura sulla valutazione dei danni ambientali va ricordato l'approccio dose/risposta che, pur non pervenendo a un'effettiva monetizzazione del danno, ambisce a definire in che misura una certa quantità di inquinante (dose) ha effetto sulla salute umana (risposta), in termini di mortalità e morbilità. Definito tale effetto, la monetizzazione del danno alla salute umana e della morte costituisce un ulteriore, complesso esercizio che, coinvolgendo concetti quali VSL (*Value of Statistical Life*) e YOLL (*Years Of Life Lost*), necessariamente si svolge su un piano nel quale sono implicati anche i valori morali e, più in generale, l'etica.

In tale contesto, ExternE (*Externality from Energy*) certamente rappresenta un punto di riferimento della letteratura sulla valutazione dei danni ambientali originati dall'energia. ExternE è un progetto di ricerca della

Commissione Europea (*European Commission* 1995a,b, 1999a,b, 2003) finalizzato a monetizzare le esternalità originate dall’uso dell’energia. Lo studio è caratterizzato da notevole estensione e complessità e, partendo da una metodologia comune, perviene alla monetizzazione delle esternalità dei diversi combustibili a livello di singolo paese europeo. Un possibile sentiero d’impatto degli inquinanti (*impact pathway*) adottato da ExternE è illustrato nella Figura 1.1, che offre un quadro sintetico della valutazione delle esternalità ambientali, mostrando i diversi e numerosi nodi critici del percorso che va dall’emissione inquinante al danno ambientale monetizzato. Ciascun nodo è oggetto di analisi quantitative, spesso modellistiche, e ciò conferma quanto l’operazione di monetizzazione delle esternalità rappresenti un esercizio complesso, soggetto a notevoli incertezze. I valori che emergono dalla monetizzazione, pertanto, devono necessariamente essere interpretati come un riferimento orientativo.

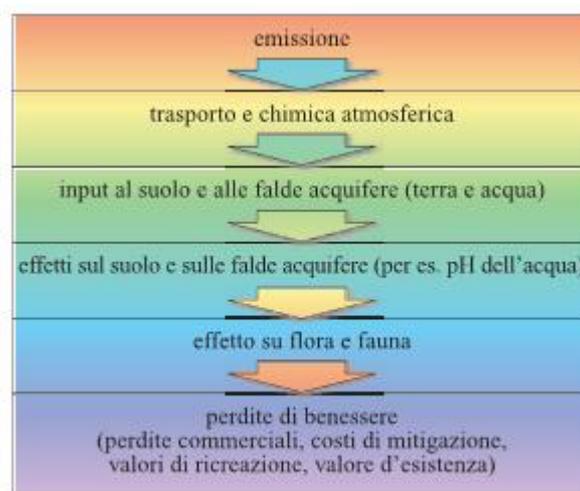


Figura 1.1: Dall’emissione ai costi ambientali (Commissione Europea, 1999)

Un ulteriore metodo di valutazione (metodo indiretto), infine, prevede la valutazione dell’impatto ambientale conseguente alla realizzazione del progetto, ricercando la relazione tra l’entità del fenomeno e quella dei danni conseguenti. In tal senso si può assumere un criterio fatto proprio già dalla Convenzione di Lugano, stabilendo che *“la quantificazione del danno (o dell’impatto ndr.) debba basarsi sui costi delle soluzioni alternative, finalizzate all’introduzione nell’ambiente di risorse equivalenti a quelle distrutte”*.

1.6 Il metodo del valore attuale netto

Il Valore Attuale Netto (VAN) di un progetto è un criterio di investimento che, operativamente, richiede lo sconto al tempo presente, ad un tasso determinato, della somma di tutti i benefici netti futuri (=benefici meno costi) derivanti dal progetto.

In pratica, il VAN fornisce la dimensione assoluta dei benefici netti ricavabili dal progetto stesso. Conseguentemente, con il criterio di investimento così formulato si assume che ogni progetto che presenti un VAN positivo risulti economicamente, o finanziariamente, ammissibile.

Una volta noto il flusso di cassa del progetto, ed individuato il saggio di sconto ottimale per lo stesso, il valore attuale netto risulta, sulla base della definizione datane sopra, dalla formula seguente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + s)^t}$$

Il valore attuale netto è individuato come criterio di investimento perché, qualora non esistesse una concreta alternativa progettuale, cioè a dire che, se il decisore (pubblico) non debba scegliere fra più progetti che si escludono vicendevolmente, l'opzione in esame s'intende accettata allorché sussista la condizione per cui il $VAN > 0$.

Il rispetto di questa condizione per l'accettazione del progetto esaminato risiede nel fatto che un VAN positivo, ossia un progetto caratterizzato da un flusso di benefici che supera il flusso dei costi, identifica un utilizzo delle risorse a disposizione volto ad incrementare il benessere della collettività interessata. Grazie alla contabilizzazione dei costi opportunità, un VAN positivo implica il fatto che l'alternativa progettuale è più conveniente dell'opzione zero; nel caso particolare di un VAN pari a zero, il progetto si trova al limite della convenienza economica.

Il decisore (pubblico) dovrà, peraltro, considerare criteri aggiuntivi per decidere sulla sua realizzazione o meno, poiché il benessere della collettività apparentemente non muta, ma potrebbero esistere benefici aggiuntivi che l'ACB tradizionale non considera.

2 Il caso di studio

2.1 Premessa

Quanto segue si propone di pervenire ad una monetizzazione dei principali effetti ambientali, positivi e negativi, attesi a seguito della realizzazione del proposto parco eolico denominato “Orria”, utili a fini di una sommaria analisi economica costi-benefici del progetto. L’obiettivo della presente analisi è, pertanto, la verifica della sostenibilità economico-ambientale della configurazione impiantistica di n. 16 aerogeneratori.

In coerenza con quanto sviluppato nell’ambito del citato progetto ExternE, promosso dalla Commissione Europea, e in analogia con quanto proposto dal CESI Ricerca in ordine alla valutazione delle esternalità ambientali delle linee elettriche aeree ad alta tensione¹, la metodologia seguita è quella del “percorso degli impatti” (*impact pathway*). Tale metodologia prevede l’individuazione dei fattori agenti, la determinazione dell’impatto e la quantificazione di tale impatto in termini monetari (danno o beneficio).

Nello specifico sono state considerate le componenti ambientali più esposte e gli impatti più rilevanti per la specifica categoria progettuale, distinte in base al contesto di riferimento: globale o locale. Al contesto globale sono riconducibili le principali esternalità evitate dal proposto progetto, associate alla produzione energetica da fonte convenzionale.

Livello globale

- Atmosfera, consumo di risorse non rinnovabili, salute pubblica e biodiversità

Livello locale

- Paesaggio
- Rumore
- Fauna
- Perdita di servizi ecosistemici
- Uso e occupazione di suolo
- Limitazioni all’edificabilità
- Componente socio-economica.

¹ CESI Ricerca, Esternalità delle linee elettriche. Metodi di quantificazione per i diversi comparti ambientali, 2008

2.2 Atmosfera, consumo di risorse non rinnovabili, salute pubblica ed effetti dei cambiamenti climatici a livello globale

2.2.1 Premessa

L'economia del settore eolico mostra che i costi di investimento, quelli di gestione e manutenzione ordinaria, le imposte, le spese assicurative e qualunque altra voce di costo, unitamente all'utile per il produttore, costituiscono la base per la formazione del prezzo del chilowattora di energia prodotta. In termini generali, sulla base della specifica situazione di mercato e delle eventuali misure incentivanti, la produzione di energia eolica può risultare o meno competitiva con le fonti energetiche tradizionali.

D'altro canto, è considerazione comune che, sebbene l'energia da fonte eolica e le altre energie rinnovabili presentino degli indubbi benefici ambientali al confronto con le altre fonti tradizionali di produzione di energia elettrica, proprio tali innegabili benefici non si riflettano pienamente nel prezzo di mercato dell'energia elettrica. In definitiva il prezzo dell'energia sembra non tenere conto in modo appropriato dei costi sociali conseguenti alle diverse tecnologie di produzione energetica.

La valutazione dei cosiddetti costi esterni o esternalità della produzione energetica risponde all'obiettivo di stimare proprio i benefici (o costi) ambientali e sociali conseguenti alla produzione di energia elettrica che non sono tenuti in debita considerazione nella formazione del prezzo del chilowattora. Come espresso in sede introduttiva, tali costi sono definiti “esterni” in quanto gli stessi risultano comunque pagati da terzi e dalle future generazioni. Per quanto sopra, un'analisi costi-benefici del progetto proposto, per quanto sommaria, necessita di operare un'adeguata valutazione economica dei costi esterni indotti dalle possibili alternative strategiche di produzione di energia elettrica (c.d. centrali convenzionali), considerando opportunamente tutte le possibili voci di costo pagate dalla società, siano esse interne o esterne.

Come noto, le esternalità negative principali della produzione energetica si riferiscono, a livello globale, all'emissione di sostanze inquinanti, o climalteranti, in atmosfera, ai conseguenti effetti del decadimento della qualità dell'aria sulla salute pubblica, alle conseguenze dei cambiamenti climatici sulla biodiversità, alla riduzione delle terre emerse per effetto dell'innalzamento dei mari, agli effetti delle piogge acide sul patrimonio storico-artistico e immobiliare.

Sebbene i mercati non tengano in considerazione i costi delle esternalità, risulta comunque estremamente significativo identificare gli effetti esterni dei differenti sistemi di produzione di energia elettrica e procedere alla loro monetizzazione; ciò, a maggior ragione, se si considera che gli stessi sono dello stesso ordine di grandezza dei costi interni di produzione e variano sensibilmente in funzione della fonte energetica considerata, così come avviene tra la produzione di energia elettrica da fonti convenzionali e da fonte eolica.

Se il mercato, infatti, non internalizza i costi esterni, il processo di internalizzazione dovrebbe essere conseguito attraverso adeguate misure di carattere politico-economico quali l'introduzione di tasse o di

adeguamento delle tariffe elettriche. È evidente, a tale proposito, l'importanza di assicurare una quantificazione attendibile dei costi esterni preliminarmente all'introduzione di tali azioni di politica economica.

L'analisi e quantificazione dei costi esterni non è certamente un obiettivo semplice ed investe questioni di carattere scientifico (per capire la reale portata dell'impatto) ed economico (per monetizzare tale impatto).

Quanto più è complessa la valutazione dei beni intangibili (per esempio la quantificazione economica di una persona ammalatasi a seguito di un incidente nucleare o del costo conseguente all'intrusione visiva di una turbina eolica o, ancora, del danno futuro conseguente all'emissione in atmosfera di una tonnellata di CO₂) tanto più la stima delle esternalità è affetta da incertezze. Questa circostanza è alla base, molto spesso, di estreme difficoltà nell'implementazione delle esternalità nelle misure di politica economica. D'altro canto, proprio la stima dei costi esterni offre l'opportunità al livello politico di migliorare il processo di distribuzione delle quote di mercato tra le varie fonti energetiche. La questione si pone in tutta chiarezza allorché l'internalizzazione dei costi esterni nel meccanismo del prezzo di mercato può riflettersi pesantemente sulla competitività di differenti tecnologie di produzione energetica. La Figura 2.1, relativa alla tecnologia dell'eolico ma trasponibile alle altre fonti energetiche rinnovabili, illustra con estrema chiarezza le precedenti considerazioni.

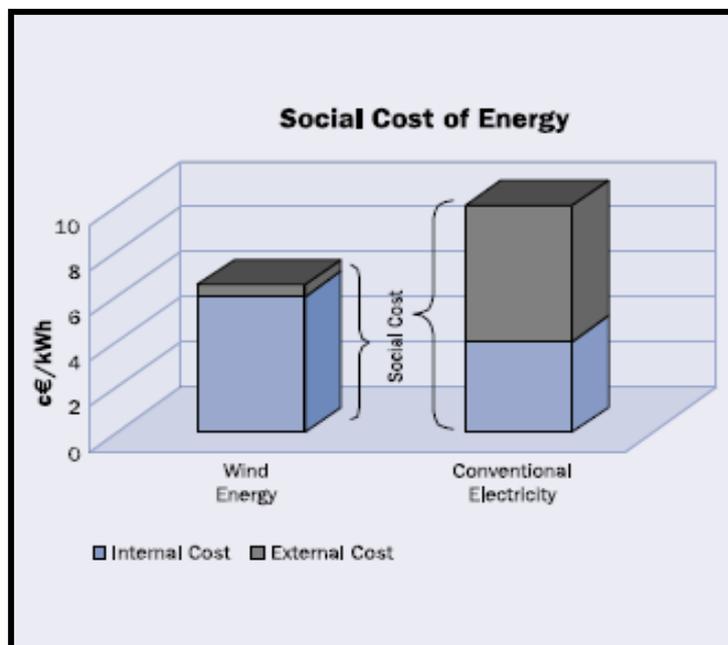


Figura 2.1 – Grafico esemplificativo di comparazione dei costi totali (interni ed esterni) dell'energia da fonte rinnovabile e da fonti convenzionali (Fonte Commissione Europea)

Con l'intento di fornire alcuni elementi di valutazione utili per un'analisi costi-benefici del progetto, nel prosieguo sarà illustrato l'attuale stato di conoscenze sulla valutazione dei costi esterni conseguenti alla produzione di energia elettrica in Europa e si procederà a quantificare approssimativamente le più sopra

richiamate esternalità a livello globale (negative e positive) che presumibilmente scaturiranno dalla realizzazione dell'intervento in progetto, stimate sulla base di costi unitari medi e della producibilità attesa degli aerogeneratori in progetto.

2.2.2 Le esternalità della produzione energetica

Le attività di produzione energetica possono dar luogo a impatti significativi a carico di numerosi potenziali recettori, quali la salute pubblica, gli ecosistemi naturali e l'ambiente costruito, e tali impatti sono da intendersi come costi esterni dell'energia (Commissione Europea, 1994).

Le principali emissioni associate alla produzione di energia elettrica da combustibili fossili, alle quali deve attribuirsi una quota significativa dei costi esterni, si riferiscono all'anidride carbonica (CO₂), al biossido di zolfo (SO₂), agli ossidi di azoto (NO_x) ed al pulviscolo atmosferico con diametro inferiore a 10 millesimi di millimetro (PM₁₀). Le caratteristiche delle emissioni dipendono, evidentemente, dal tipo di combustibile considerato. Ad oggi non esistono tecniche efficaci a costi sostenibili che consentano la riduzione delle emissioni di CO₂ attraverso sistemi di depurazione fumi; d'altro canto, in un prossimo futuro, l'impiego di ossigeno puro come comburente e la segregazione del gas di combustione potrebbe ridurre il contenuto in carbonio delle emissioni (IPPC, 2002).

Relativamente alla SO₂, la quantità emessa per kWh di elettricità generata dipende dal contenuto di zolfo del combustibile. Peraltro, la presenza di SO₂ nei gas di combustione può essere ridotta attraverso la separazione del biossido di zolfo e la sua successiva conversione in gesso o zolfo elementare. In linea generale il contenuto di zolfo nella lignite è piuttosto alto, l'olio combustibile ed il carbone hanno un contenuto medio di zolfo mentre il gas naturale ne è pressoché privo.

Le emissioni di NO_x, viceversa, non sono necessariamente correlate alla qualità del combustibile. Poiché la formazione del composto consegue dalla naturale presenza di azoto nell'aria di combustione, la sua formazione dipende principalmente dalla temperatura di combustione. Conseguentemente le emissioni di NO_x possono essere ridotte attraverso la regolazione di una temperatura di combustione convenientemente bassa oppure attraverso la denitrificazione del gas esausto (con filtrazione ad umido).

Nel settore della produzione energetica i costi esterni incominciarono ad essere quantificati nell'ambito di studi pionieristici alla fine degli anni '80 e all'inizio degli anni '90. Tali studi furono la base per accrescere l'interesse attorno a tali problematiche e rappresentarono il punto di partenza per l'assunzione delle esternalità come strumento decisionale nell'ambito dello sviluppo delle politiche energetiche. Il principale studio avviato in Europa nell'ottica di procedere alla quantificazione dei costi esterni della produzione energetica è certamente il già richiamato progetto ExternE. Di particolare interesse, inoltre, sono le risultanze del più recente progetto CASES - *Cost Assessment for Sustainable Energy Systems (Valutazione dei costi per sistemi energetici sostenibili)*, sviluppato da un Consorzio di 26 partner accreditati (in prevalenza centri di

ricerca e/o istituti universitari), attraverso un’azione di coordinamento della Commissione Europea nell’ambito del Sesto Programma Quadro per la sostenibilità dei sistemi energetici.

I vari studi si sono proposti di delineare un quadro consistente e completo dei costi totali di produzione dell’energia e di diffondere questa conoscenza tra tutti gli operatori del settore, sia economici che politici.

Una valutazione completa ed omogenea dei costi totali dell’energia, che includa sia i costi privati di produzione che il costo delle esternalità, è infatti di fondamentale importanza per le decisioni politiche nell’ambito sia produttivo che ambientale. Le decisioni di politica energetica riguardano da un lato l’offerta e dall’altro la domanda di fornitura di energia. Sul lato dell’offerta, la conoscenza del costo totale per ogni fonte di energia permette di scegliere tra possibilità alternative di investimento. Dal lato della domanda, la massimizzazione del benessere sociale dovrebbe portare alla formulazione di politiche energetiche, che indirizzino il comportamento del consumatore in modo da portare alla minimizzazione dei costi sociali ed ambientali imposti alla società nel suo complesso.

Al riguardo, va rilevato che i costi sono dinamici. I costi privati ed i costi esterni variano, infatti, nel tempo, con lo sviluppo delle tecnologie, con l’aumento della conoscenza sull’impatto dell’uso dell’energia sull’ambiente e con il cambiamento delle preferenze individuali per l’ambiente.

Un aspetto importante di qualunque analisi delle esternalità ambientali associate alle fasi di produzione dell’energia elettrica è quello di individuare le attività correlate che possono determinare impatti sull’ambiente. In quest’ottica, gli impatti conseguenti alla produzione energetica non sono unicamente quelli associati al ciclo produttivo ma anche quelli derivanti dall’intera filiera di produzione e distribuzione, come ad esempio l’estrazione del materiale di alimentazione, la sua lavorazione e trasformazione, la costruzione ed installazione delle infrastrutture necessarie, così come la realizzazione ed esercizio dei relativi impianti di smaltimento dei residui di processo. I vari stadi che costituiscono la catena della produzione e distribuzione dell’energia elettrica sono noti come *“fuel cycle”* e ogni tecnologia di produzione (eolica, idroelettrica, a carbone, a gas, ecc.) è caratterizzata da un distinto *“fuel cycle”*.

L’approccio della metodologia di valutazione dei costi esterni è generalmente del tipo *“bottom-up”*, ossia si concentra inizialmente sui primi livelli del *“fuel cycle”* relativo allo specifico sistema (p.e. sulla produzione di carbone per le centrali termoelettriche), individuando le attività associate alla tecnologia di produzione. In una fase successiva si definiscono con completezza il quadro delle possibili attività generatrici di potenziali impatti, i conseguenti effetti ambientali e la portata degli stessi in termini di magnitudo e distribuzione spaziale prevedibile. In ultimo, la metodologia prevede una quantificazione economica dei costi e dei benefici ambientali indotti da ciascuna attività considerata. I risultati, per i singoli processi, sono generalmente riferiti all’unità funzionale di un chilowattora di energia elettrica netta prodotta ed immessa in rete.

Per le finalità in premessa, i costi esterni della produzione energetica sono stati desunti dai più recenti studi reperiti sull’argomento (Karkour S. et al., 2020).

L’obiettivo perseguito dallo studio citato è stato quello di stimare i più recenti costi esterni della produzione energetica dei paesi del G20 considerando un più ampio spettro di categorie di impatto, alcune delle quali non considerate dai principali studi pubblicati sull’argomento (p.e. il consumo di suolo o l’occupazione di territorio).

Detti studi, infatti, tra cui quello della commissione europea pubblicato nel 2008², hanno focalizzato l’attenzione sui danni conseguenti all’inquinamento atmosferico o al cambiamento climatico in atto, il che può condurre facilmente ad una sottostima dei costi esterni. Le stime di seguito riportate, di contro, assumono categorie di impatto non considerate in precedenza, quali il consumo di risorse (minerali, fossili e acqua) e le trasformazioni di territorio.

Al fine di pervenire ad una stima più attendibile dei costi esterni della produzione energetica, pertanto, il richiamato studio pubblicato nel 2020 ha fatto riferimento ad un approccio basato sull’impostazione del *Life Cycle Assessment*, avuto riguardo delle seguenti 7 linee di impatto: cambiamento climatico, inquinamento atmosferico, ossidanti fotochimici, consumi idrici, consumo di suolo, consumo di risorse minerali, fossili e combustibili. L’approccio schematico seguito dallo studio è illustrato in Figura 2.2.

² <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/en35-external-costs-of-electricity-production-1>

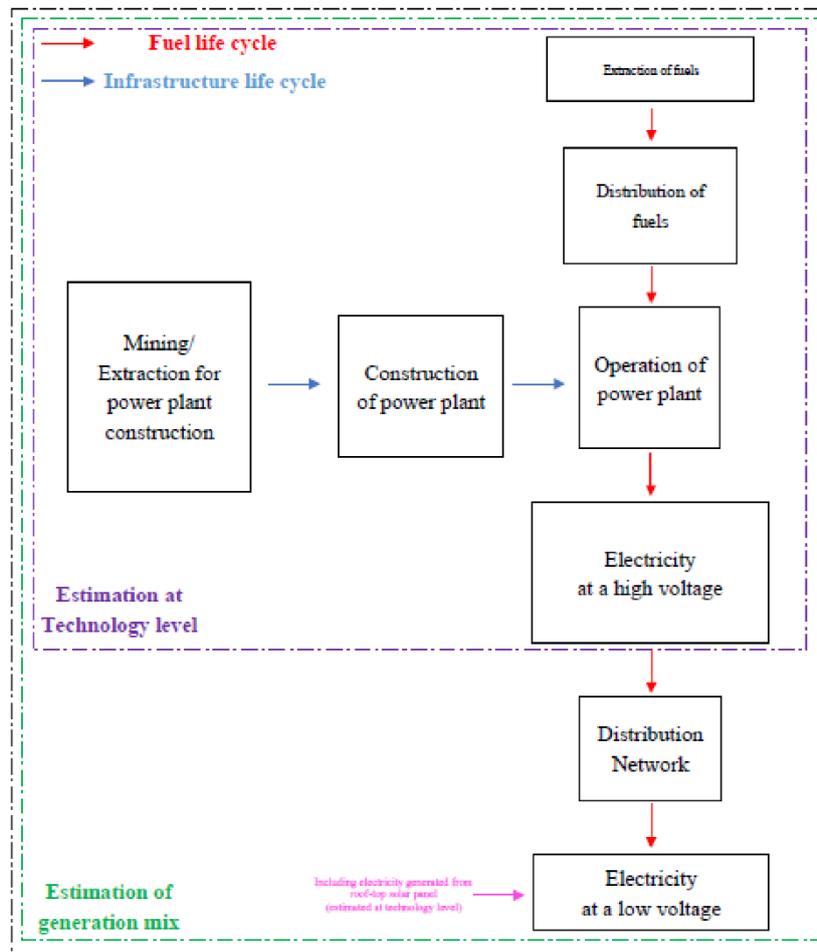


Figure 3. Studied system boundaries.

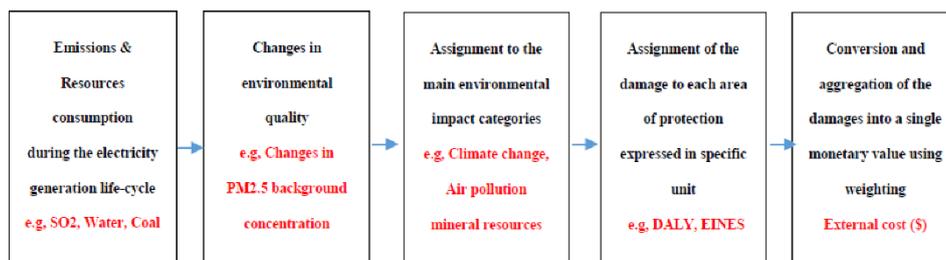


Figura 2.2 – Percorso seguito per la stima dei costi esterni della produzione energetica (Fonte Karkour, et al, 2020)

La Figura 2.3 mostra la valutazione dei costi esterni della produzione energetica nei paesi del G20, stimata nell’ambito del recente studio citato.

I costi sterna riferiti alla generazione elettrica delle diverse tecnologie nei paesi del G20 sono riportati in Tabella 2.1. La Tabella 2.2 riporta i *range* di variabilità dei costi esterni per le diverse linee di impatto della produzione energetica, anch’essi riferiti ai paesi del G20.

Tabella 2.1 – Stima dei costi esterni per ogni tecnologia in ognuno dei paesi del G20
(Fonte Karkour, et al, 2020)

	HC	Lignite	NG C/CC	Oil	Wind ON/OFF	GEO	Hydro RR/PS/R	Nuclear BW/PW	Solar OG/Roof
ARG	-	-	-/-	-	-/-	-	-/-/-	-/-	-
AUS	0.026	0.026	0.013/0.008	0.096	0.002/-	-	0.000/0.031/-	-/-	0.004/0.003
BRA	0.023	0.047	0.013/0.009	0.081	0.003/-	-	-/-/0.002	-/0.001	-/0.006
CAN	0.034	0.029	0.022/0.014	0.071	0.004/-	-	0.001/0.017/0.002	-/0.004	0.008/0.009
CHN	0.101	-	0.021/0.020	0.146	0.009/0.006	0.009	0.001/0.112/-	-/0.004	0.015/0.014
DEU	0.021	0.027	0.019/0.012	0.083	0.005/0.004	0.005	0.001/0.024/0.004	0.002/0.002	0.011/0.010
FRA	0.037	-	0.017/0.012	0.087	0.003/0.003	0.004	0.001/0.005/0.004	-/0.002	0.009/0.008
GBR	0.064	-	0.017/0.012	0.24	0.004/0.005	0.007	0.001/0.058/-	0.005/0.005	0.014/0.017
IDN	-	0.194	0.020/0.012	0.133	0.002/-	0.006	-/0.005	-/-	-/0.010
IND	0.174	0.143	0.021/0.020	0.112	0.006/-	0.009	0.001/0.227/0.068	0.005/0.004	-/0.010
ITA	0.041	0.133	0.019/0.011	0.083	0.005/-	0.005	0.001/0.028/0.006	-/-	0.010/0.009
JPN	0.036	-	0.020/0.013	0.041	0.005/0.005	0.005	0.001/0.038/0.028	0.005/0.005	0.011/0.010
KOR	0.062	0.282	0.020/0.011	0.082	0.004/0.004	-	0.001/0.062/0.042	-/0.007	0.015/0.015
MEX	0.027	0.043	0.022/0.014	0.134	0.003/-	0.004	0.001/-/-	0.003/-	0.009/0.005
RUS	0.033	0.069	0.031/0.008	0.141	0.015/-	0.004	0.000/0.032/0.002	0.001/0.001	-/0.008
SAU	-	-	0.015/0.008	0.046	-/-	-	-/-/-	-/-	-/0.005
TUR	0.048	0.141	0.014/0.009	0.133	0.003/-	0.005	0.001/-/0.009	-/-	-/0.008
USA	0.028	0.055	0.020/0.013	0.138	0.003/-	0.004	0.001/0.029/0.011	0.002/0.002	0.007/0.007
ZAF	0.035	-	-/0.007	0.047	0.006/-	0.004	0.001/0.049/0.013	-/0.002	-/0.009
AVG	0.049	0.099	0.019/0.012	0.105	0.005/0.005	0.005	0.001/0.055/0.015	0.003/0.003	0.011/0.009

Tabella 2.2 – Variabilità dei costi esterni relativi alle principali linee di impatto della produzione energetica nei paesi del G20 (Fonte Karkour, et al, 2020)

CO ₂	0.001–0.026 [0.012] [0.006]
SO ₂	0–0.020 [0.005] [0.006]
NO _x	0–0.027 [0.004] [0.006]
NMVOc	0–0 [0] [0]
PM2.5	0–0.089 [0.013] [0.027]
Oil_R	0–0.017 [0.003] [0.006]
Coal_R	0–0.015 [0.002] [0.004]
Natural Gas_R	0–0.004 [0.001] [0.001]
Water	0–0.006 [0.001] [0.001]
Land transformation	0–0.003 [0.001] [0.001]
Land Occupation	0–0.001 [0.000] [0]
Mineral	0.001–0.002 [0.002] [0]

I danni derivanti dal cambiamento climatico, associato alle elevate emissioni di gas a effetto serra, nonché gli impatti sulla qualità dell’aria, derivanti dalla produzione di energia elettrica da combustibili fossili, incidono significativamente sui costi esterni. Tuttavia, in considerazione dell’estensione temporale degli scenari di riferimento e della mancanza di uno scenario univoco sui futuri impatti del cambiamento climatico in sé, vi è una notevole incertezza nelle stime dei danni conseguenti. L’incertezza dei costi esterni del cambiamento climatico riguarda non solo il “reale” valore degli impatti che sono previsti dai modelli, ma anche l’incertezza sugli impatti che non sono ancora stati quantificati e valutati. Inoltre, nessuna delle attuali stime dei costi esterni comprende tutti gli effetti del cambiamento climatico.

Il livello complessivo delle esternalità dipende da una serie di fattori tra cui:

- il mix di combustibili per la generazione di energia elettrica;
- l’efficienza della produzione di energia elettrica;
- l’uso di tecnologie di abbattimento dell’inquinamento;
- l’ubicazione dell’impianto di riferimento rispetto ai centri abitati, terreni agricoli, ecc.

I costi esterni della produzione elettrica stimati per i paesi del G20 sono diagrammati in Figura 2.3.

In Italia, il relativo costo esterno è stato stimato in **0.021 \$/kWh (2.0 c€/kWh)** al cambio attuale), riferito al mix di generazione dell’anno 2014.

L’ammontare complessivo dei costi esterni della generazione elettrica a livello nazionale è stato stimato in circa 6 miliardi di euro/anno.

La progressiva diminuzione dei costi esterni registrata in alcuni paesi dell’UE, tra cui l’Italia, è principalmente il risultato della dismissione di impianti obsoleti e inefficienti a carbone e della loro sostituzione con impianti più efficienti a carbone o impianti nuovi a gas, nonché dell’adozione di più efficaci sistemi di abbattimento delle emissioni. In Europa orientale questo processo è stato innescato soprattutto dalla ristrutturazione economica e declino dell’industria pesante (in Germania questo si è verificato nella prima parte del 1990 a causa di riunificazione). Al contrario, nel Regno Unito il fenomeno è stato principalmente spinto da fattori economici, con il gas che è diventato il combustibile principale per i nuovi impianti. Ciò ha portato anche a conseguire elevate efficienze di generazione complessive attraverso l’uso di turbine a gas a ciclo combinato (CCGT).

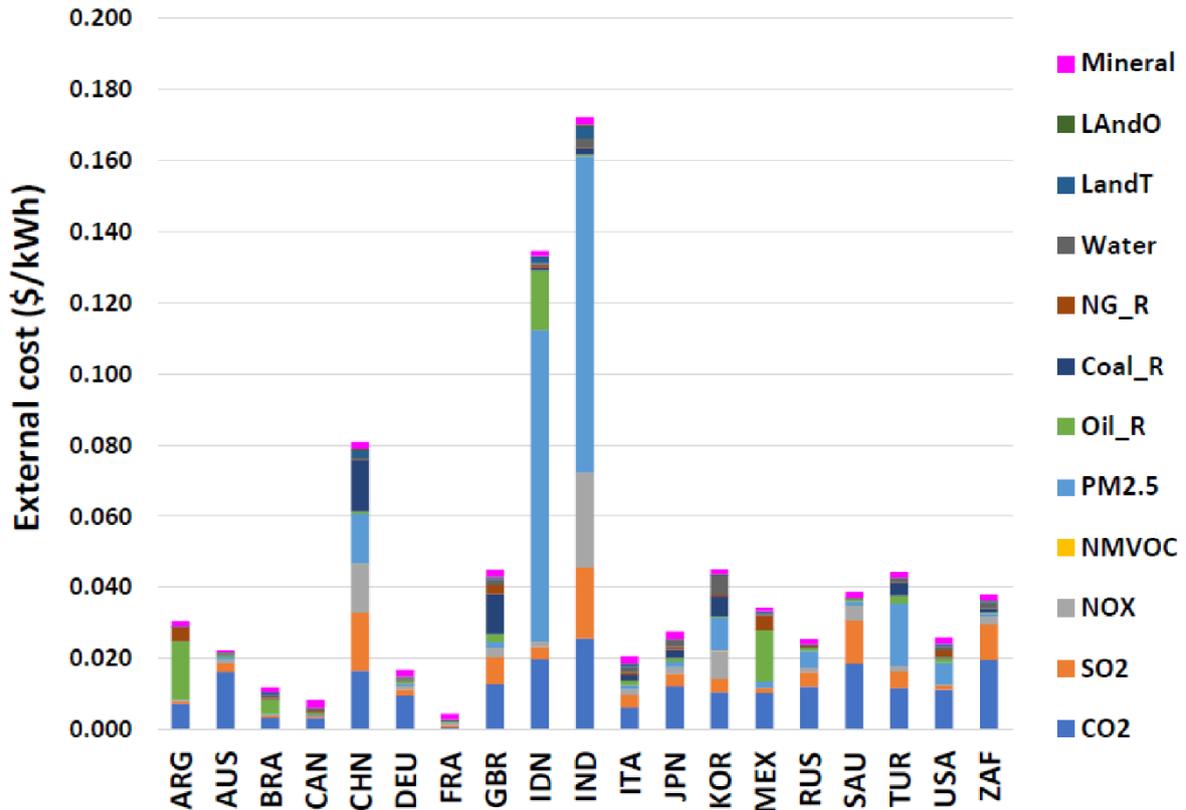


Figura 2.3 – Costi esterni di generazione elettrica nei paesi del G20 (valori espressi in \$/kWh)

2.2.3 Bilancio delle esternalità associate alla realizzazione dell’impianto eolico a livello globale

Sulla base dei dati sopra riportati, riferiti ai costi esterni stimati per la produzione energetica nei paesi del G20, si propone nel prosieguo una stima delle esternalità a livello globale, indotte ed evitate, conseguenti all’entrata in esercizio del parco eolico in progetto.

Come espresso in precedenza, trattandosi di una materia piuttosto complessa ed essendo i parametri di riferimento dati medi, stimati sulla base di contesti ambientali sensibilmente differenti tra loro, le valutazioni monetarie non hanno affatto la pretesa di essere attendibili ma hanno il solo obiettivo di rappresentare l’ordine di grandezza dei valori in gioco al fine di fornire elementi comunque utili per il processo di valutazione ambientale del progetto. Corre l’obbligo di ribadire, a questo proposito, i principali limiti intrinseci della metodologia di stima dei costi esterni:

- le stime, per loro intrinseca natura, sono sito-specifiche e sono correlate al grado di sviluppo delle tecnologie di riferimento e, conseguentemente non si prestano a generalizzazioni;
- i valori di riferimento riflettono lo stato dell’arte delle tecnologie di produzione dell’energia elettrica al momento della loro determinazione;
- la stima dei costi esterni di riferimento tiene conto, principalmente, degli impatti derivanti dai cambiamenti climatici, del decadimento della qualità dell’aria, degli effetti sulla salute pubblica, sugli

ecosistemi e sulle attività agricole.

Con tali doverose premesse il prospetto seguente illustra l'ordine di grandezza dei costi esterni indotti dal progetto proposto, su scala globale, nonché di quelli evitati.

Le esternalità negative della produzione energetica con tecnologia dell'eolico sono state desunte dal citato studio pubblicato nel 2020 e quantificate in **0.50 c€/kWh**.

Producibilità dell'impianto (kWh/anno)	Costi esterni indotti (€/anno)	Costi esterni evitati (€/anno)
341.550.000	1.707.750,00	6.831.000,00

2.3 Paesaggio

Il paesaggio agricolo è un bene estremamente complesso. La Convenzione Europea del Paesaggio definisce il paesaggio come "una zona, come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere è il risultato dell'azione e dell'interazione di fattori naturali e / o umani" (Consiglio d'Europa 2000). Paesaggio agricolo è il risultato visibile delle interazioni tra agricoltura, risorse naturali e ambiente, e comprende valenze socio-economiche, ricreative, culturali e altri valori sociali. In accordo con quanto sostenuto dall'OCSE (2000), il paesaggio può considerarsi composto da tre elementi chiave: 1) la struttura o l'aspetto: comprendente le caratteristiche ambientali (ad esempio flora, la fauna, habitat ed ecosistemi), i tipi di uso del suolo (ad esempio tipi di colture e sistemi di coltivazione), e gli elementi antropici o le caratteristiche culturali (ad esempio siepi, fabbricati agricoli), 2) gli aspetti funzionali: come luoghi in cui vivere, lavorare, visitare il sito, e fornire vari servizi ambientali, 3) il sistema di valori: i costi sostenuti dagli agricoltori per conservare il paesaggio ed i valori sociali del paesaggio agrario, quali le valenze culturali e ricreative. Il valore del paesaggio è determinato da diverse componenti, come ad esempio: la diversità biologica (ad esempio, le specie e la diversità genetica degli ecosistemi, agro-biodiversità); gli aspetti culturali e storici (es. modalità gestionali del paesaggio naturale, gli edifici, le tradizioni, l'artigianato, la storia, le tradizioni musicali); l'amenità del paesaggio (valore estetico); gli aspetti ricreazionali e di fruibilità (ad esempio, attività ricreative all'aperto, sci, mountain bike, campeggio) e gli aspetti di carattere scientifico ed educazionali (ad esempio l'archeologia, la storia, la geografia, l'ecologia, l'economia e architettura) (Romstad et al, 2000; Vanslembrouck e van Huylbroeck 2005).

Negli ultimi decenni c'è stato un grande sforzo della ricerca finalizzato ad attribuire un valore (o attribuire un prezzo) al paesaggio agrario (ad esempio Drake, 1992; Garrod e Willis, 1995; Hanley e Ruffell, 1993; Pruckner, 1995; Campbell, Hutchinson Scarpa e 2005; Johns et al 2008). Poiché il paesaggio non è un bene di mercato il suo valore monetario non può essere osservato e quindi non è disponibile da fonti statistiche

tradizionali. La letteratura, quindi, il più delle volte applica un approccio di valutazione legato alle preferenze dichiarate, utilizzando metodi basati su specifiche indagini per scoprire la disponibilità dei consumatori a pagare (WTP) per la conservazione del paesaggio. La maggior parte di questi studi indicano che la società valuta positivamente paesaggio agrario. Tuttavia, un inconveniente importante di questi studi è che quasi tutti riguardano contesti estremamente specifici. Ci sono pochi studi che si sono prefissi di aggregare i risultati per gli Stati membri o per l'Unione europea nel suo complesso.

Uno tra gli studi principali, a cui si può fare riferimento per una stima monetaria degli impatti paesaggistici introdotti dal progetto proposto, è stato promosso dalla Commissione Europea e raccoglie i risultati di numerosi studi condotti nei paesi dell'Unione nel periodo 1991-2009. Le analisi condotte nell'ambito del citato studio indicano che la WTP nella UE varia dai 134 ai 201 €/ettaro x anno, con un valore medio di 149 €/ettaro x anno nel 2009.

Con specifico riferimento ai paesaggi agrari caratterizzati dalla prevalente presenza di prati, ai quali può assimilarsi astrattamente il territorio di interesse, lo studio valuta, per il territorio italiano, una WTP media di 207 €/ettaro x anno (**268 €/ha nel 2023** in riferimento al coefficiente di rivalutazione Istat di 1,296).

In accordo con l'impostazione dell'OCSE (2000), il paesaggio può considerarsi articolato su tre componenti chiave: (i) *la struttura*: comprendente le componenti naturali (i.e. flora, fauna, habitat ed ecosistemi), l'uso del suolo (le colture ed i sistemi di coltivazione), i manufatti antropici o le tessiture tradizionali (i.e. siepi, muri a secco, edificato storico); (ii) *le funzioni*: ossia i posti di vita, di lavoro, di svago, comprendenti i servizi ecosistemici; (iii) *i valori*: concernenti i costi di mantenimento del paesaggio da parte degli agricoltori ed il valore che la società attribuisce al paesaggio rurale, in termini di valore culturale e ricreazionale.

Atteso che i potenziali effetti introdotti dai proposti aerogeneratori:

- attengono principalmente alla sfera dei *valori* attribuiti al paesaggio, ossia alla componente immateriale dello stesso come “percepito” dalle popolazioni, determinando una modifica temporanea e reversibile del “paesaggio visuale”, la cui lettura, peraltro, presenta inevitabilmente marcati elementi di soggettività. Sul tema del valore della qualità visiva del paesaggio, infatti, la ricerca non è pervenuta a definire una “teoria estetica” universalmente condivisa ed accettata proprio, perché spiccatamente influenzata dallo specifico contesto culturale e dalle personali caratteristiche dell'osservatore;
- non intaccano, se non in minima misura, le componenti materiali del paesaggio, ossia la sua *struttura* e le sue *funzioni*. Il progetto non determina, infatti, effetti irreversibili di alterazione e/o destrutturazione delle caratteristiche funzionali ed ecologiche del paesaggio agrario e la stessa presenza dell'impianto non altera in maniera apprezzabile le potenzialità d'uso dei terreni (ossia le componenti materiali del paesaggio).

Valutato, inoltre, che i dati bibliografici di WTP (ossia della disponibilità dei “consumatori” a pagare per la conservazione del paesaggio) da cui origina il valore sopra determinato per il territorio italiano:

- sono estremamente variabili in funzione dello specifico paesaggio, della metodologia utilizzata per la loro determinazione, del tipo di sondaggio proposto agli interlocutori e della stessa composizione del *panel* di riferimento per la somministrazione del sondaggio;
- si riferiscono prevalentemente ad una disponibilità del consumatore a pagare per la preservazione delle preesistenti coltivazioni agricole a fronte dell’introduzione di nuove colture o, piuttosto, per il proseguimento delle pratiche agricole Vs l’abbandono della produzione agricola.

Tutto ciò considerato, ai fini della stima del costo ambientale conseguente all’impatto del progetto sul paesaggio agrario - del tutto indicativa ed affetta da numerosi limiti per le ragioni sopra esposte - si ritiene appropriato assumere le seguenti ipotesi:

- considerare, in via del tutto conservativa e ridondante rispetto alle aree effettivamente occupate dall’impianto, un **areale di riferimento esteso entro 1 km dagli aerogeneratori**;
- valutare la “perdita” del valore paesaggistico entro il suddetto areale **in misura del 30% rispetto all’importo precedentemente indicato** (Figura 2.4), in ragione del fatto che, nel predetto areale di riferimento, **nessuna apprezzabile modifica sarà indotta rispetto alla prosecuzione delle attuali pratiche agricole né si prevede di intaccare le tessiture territoriali, gli ecosistemi o il patrimonio storico-culturale.**

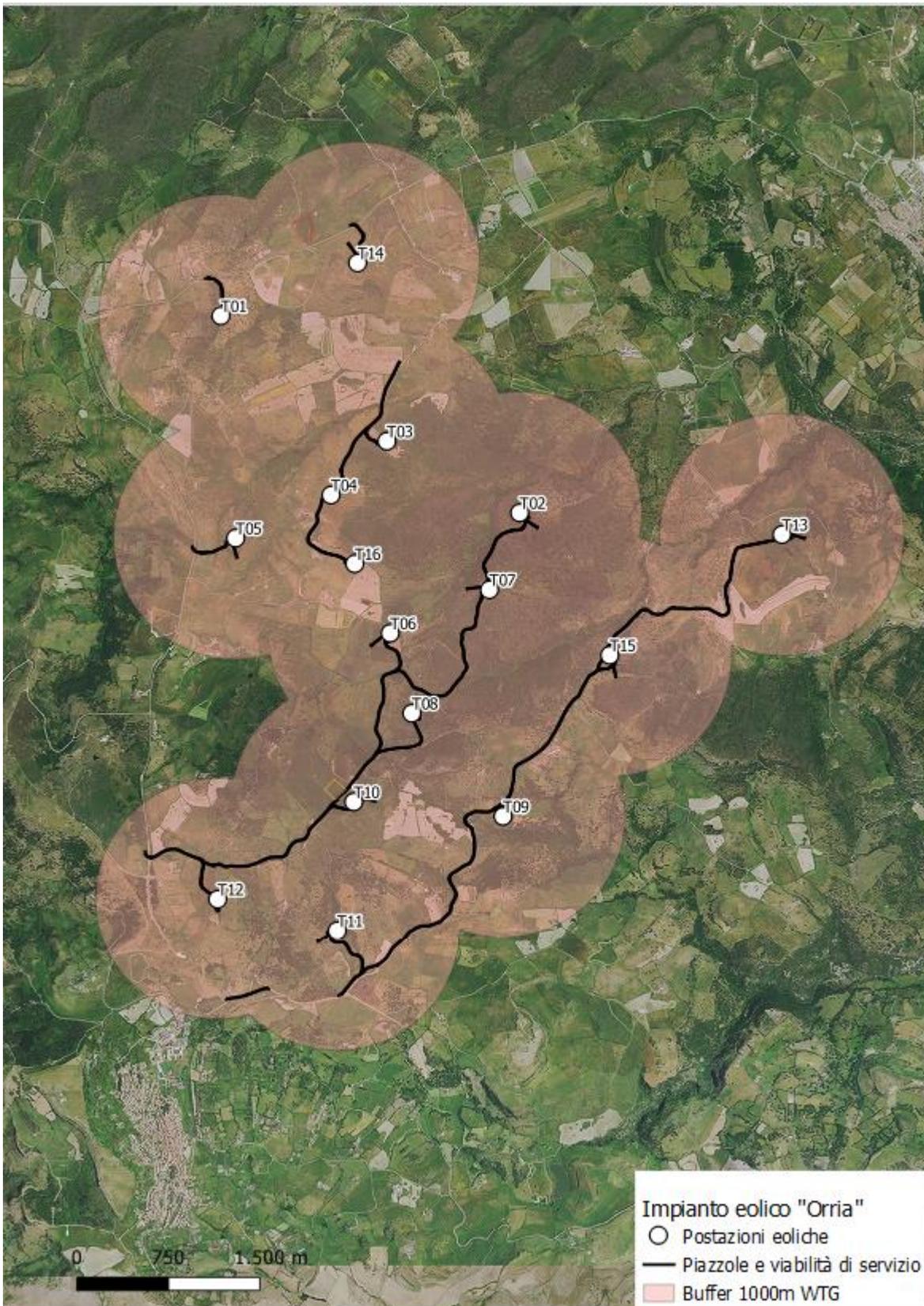


Figura 2.4 – Superfici entro il buffer di 1km dagli aerogeneratori in progetto.

Con tali presupposti, posto che le superfici in cui si è stimata una più marcata interferenza paesaggistica sono risultate pari a 28.479.132 m² (28,5 km² circa), il costo esterno da attribuirsi all'impatto paesaggistico è stimato in 2848 ha x 268 €/ha x anno x 30% = 229.211,60 euro/anno.

2.4 Rumore

Negli ultimi anni l'inquinamento acustico è stato oggetto di studio anche da parte della Comunità Europea; infatti, la Commissione Europea ha riconosciuto l'inadeguatezza delle misure finora adottate per l'abbattimento del rumore e ha inteso riaprire un dibattito sull'argomento. Inoltre, progetti quali ExternE (1998) hanno cercato di produrre metodi, applicabili a livello europeo, per la valutazione economica dei danni, stimando il costo marginale derivante dall'incremento di un'unità del livello acustico. La comunità europea ha avviato due progetti a riguardo: un primo dedicato all'analisi costi benefici per le politiche del rumore (Vainio et al. 2001) ed un secondo dedicato alla verifica dello stato dell'arte in materia di valutazione economica del rumore (Navrud 2002; Vainio e Paque 2002).

Tra tutti i lavori analizzati, i più significativi per completezza e chiarezza nelle metodologie proposte sono risultati due:

- lo studio di Navrud (Navrud s, 2002), che consiste in una *review* degli studi di impatto condotti in America e in Europa, con un'indagine approfondita della bibliografia e della letteratura grigia correlata;
- lo studio ExternE (Bickel P., Friedrich R. 2005), che focalizza la propria attenzione sul rumore generato dalla produzione di energia eolica. Questa, se confrontata con altre fonti di energia, è caratterizzata da un minor impatto acustico; tuttavia, il fatto che vi siano poche esternalità di altro tipo (ad es. assenza di emissioni atmosferiche) e che le strutture siano collocate in aree rurali (con scarsa presenza di forti rumori di fondo - *background noise*), ha fatto sì che l'impatto acustico generato dall'eolico sia stato oggetto di dettagliate analisi. Comunque, la metodologia proposta è applicabile e riferita anche ad altri contesti.

La funzione dose risposta è, nell'approccio metodologico definito da ExternE (European Commission, 1998), una funzione che lega una variazione dello stato dell'ambiente ad un impatto. Tipicamente una data concentrazione di inquinanti e il conseguente numero di ricoveri ospedalieri o giorni di malattia. Nel caso del rumore quindi la funzione dose risposta dovrebbe legare un dato incremento di livello acustico ad un certo numero di giorni di malattia o di persone “disturbate”. Tali tipologie di funzioni dose risposta sono effettivamente presenti in letteratura. Tuttavia, i risultati di tali funzioni sono difficilmente traducibili in un danno economico (Bickel P., Friedrich R. 2005). Le funzioni di monetizzazione più accreditate in letteratura, utilizzano come dati di ingresso direttamente l'incremento di livello acustico, saltando la quantificazione degli effetti.

In analogia con quanto concluso dal CESI Ricerche a valle di un'approfondita disamina delle tecniche di valutazione economica dei danni da rumore generato dalle linee elettriche, l'approccio proposto per le finalità del presente studio si basa sul metodo dei prezzi edonici (*Hedonic Price Method*, HPM). Tale approccio consiste

nello stimare la minor rendita del patrimonio immobiliare all'interno del dominio di calcolo per ogni dB(A) di aumento del livello sonoro equivalente Leq.

Importanti indicazioni sul NDSI (*Noise Depreciation Sensitivity Index*, cioè la percentuale di deprezzamento causato da un'unità aggiuntiva del livello di rumore) derivano da una serie di studi condotti a livello internazionale e raccolti in un rapporto di Bateman (Bateman et al. 2000), da cui si ricavano i seguenti valori:

- valore minimo: 0,08%; valore massimo: 2,30%;
- 0,722% media complessiva relativa a tutti i 57 studi citati da Bateman stesso (studi comprendenti città europee, nordamericane, giapponesi e australiane, sia su rumore stradale che aeroportuale; per il rumore stradale vengono utilizzati diversi descrittori del rumore, quali Leq, Ldn, L10, ecc.);
- 0,835% media delle sole città europee per il solo rumore stradale (studi basati su diversi parametri descrittori del rumore).
- 0,713% media di tutti i casi con utilizzo di Leq per il solo rumore stradale;
- 0,822% media degli studi europei che utilizzano il parametro Leq.

In definitiva si può assumere un valore di 0,822% di diminuzione del valore immobiliare per dB(A) aggiuntivo del L_{eq} , ottenuto come media degli studi relativi alle città europee per il rumore stradale. Poiché occorre distribuire temporalmente il danno, è opportuno applicare la perdita dello 0,822% alla rendita annua degli immobili e non al loro intero valore. Per il coefficiente di rendita si ha come riferimento la rendita catastale, che è pari a circa l'1% del valore di catasto. Poiché però, com'è noto, il valore catastale è in generale inferiore al valore di mercato, per evitare di sottostimare il danno, è bene riferire l'1% della rendita al valore del mercato reale. Quindi il danno annuo associabile ad un incremento del rumore di ΔL_{eq} risulta pari a:

$$\text{Costo esterno annuo} = 0,01 \times \{\text{valore immobile}\} \times \Delta L_{eq} \times 0,0082$$

in cui ΔL_{eq} si può ricavare dalle risultanze dello Studio previsionale di impatto acustico (Elaborato REN-WBIN-RA13). Con tali assunzioni, il danno annuo **per ogni milione di euro di valore** degli immobili risulterebbe pari a $1.000.000 \times 1\% \times 0,822\% = 82,2$ euro per ogni decibel in più rispetto ai valori di rumore residuo.

Ai fini della stima delle esternalità associate all'aspetto ambientale rumore, ritenuta indispensabile una semplificazione del problema, anche in rapporto alle finalità del presente elaborato, sono state formulate le seguenti assunzioni:

- il territorio interessato da una apprezzabile modifica del clima acustico si caratterizza per un livello di rumore residuo nel periodo di riferimento notturno nell'intervallo 23÷35 dB(A), come risultante dai rilievi fonometrici condotti³;

³ Valore riferito al descrittore L90

- l'estensione dell'area di influenza del proposto impianto eolico, in termini di apprezzabile impatto acustico, si estende al massimo entro 1.000 m di distanza dalle postazioni di macchina, laddove il contributo al livello sonoro attribuibile all'impianto è stimabile in circa 33 dB(A) ed il rumore attribuibile al funzionamento delle turbine non sarà realisticamente distinguibile dal rumore residuo;
- il numero di edifici classificabili come ambienti abitativi entro tale fascia di territorio è quantificabile in 33 unità (si veda planimetria nell'Elaborato *WIND002-RA11-1_Carta con individuazione dei fabbricati*);
- il valore immobiliare medio nel territorio di Nulvi e Sedini può stimarsi in circa 400 €/m² (Fonte <https://www.immobiliare.it> riferito all'agosto 2023);
- valutata la tipologia costruttiva dell'edificio di interesse (edificio indipendente a 2 piani), la superficie dello stabile è stimata complessivamente in 300 m².

In base alle risultanze della modellazione acustica previsionale (Elaborato *WIND002-RA10-1_Mappa del campo sonoro generato dall'impianto eolico*) e sulla scorta delle assunzioni più sopra esposte, si stimano costi associati al decadimento del clima acustico piuttosto contenuti, come di seguito riportato.

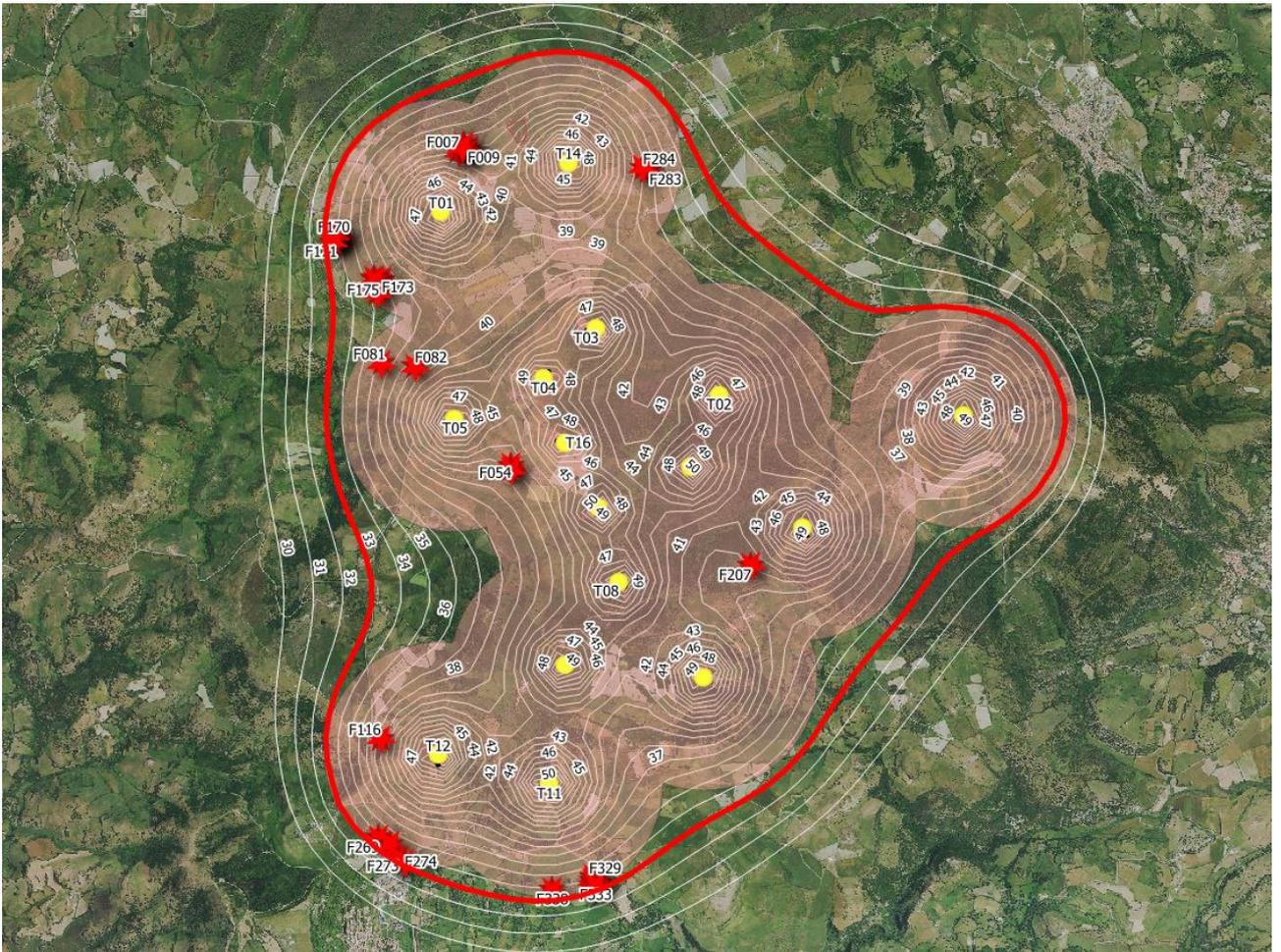


Figura 2.5 – Campo sonoro generato dall'impianto. In rosso l'isofonica dei 33 dBA, attestata ad una distanza indicativa di 1.000 m dalle postazioni eoliche in progetto. In giallo le postazioni eoliche e in rosso i potenziali i ricettori.

Tabella 2.3 – Stima economica del deterioramento del clima acustico presso i ricettori individuati (periodo di riferimento notturno)

Fascia acustica da isofoniche	Numero di ricettori acustici	Rumore impianto [dB(A)]	Rumore residuo [dB(A)]	Rumore ambientale [dB(A)]	L _A -L _R [dB(A)]	Costo deterioramento clima acustico (€/anno)
31 a 32 (dB)	0	32	23,0	32,5	9,5	-
32 a 33 (dB)	0	33	23,0	33,4	10,4	-
33 a 34 (dB)	16	34	23,0	34,3	11,3	1.784,10
34 a 35 (dB)	0	35	23,0	35,3	12,3	-
35 a 36 (dB)	4	36	23,0	36,2	13,2	520,04
36 a 37 (dB)	3	37	23,0	37,2	14,2	418,28
37 a 38 (dB)	1	38	23,0	38,1	15,1	148,93
38 a 39 (dB)	6	39	23,0	39,1	16,1	951,00
39 a 40 (dB)	1	40	23,0	40,1	17,1	168,12
40 a 41 (dB)	0	41	23,0	41,1	18,1	-
41 a 42 (dB)	2	42	23,0	42,1	19,1	374,99
42a 43 (dB)	0	43	23,0	43,0	20,0	-
43 a 44 (dB)	0	44	23,0	44,0	21,0	-
44 a 45 (dB)	0	45	23,0	45,0	22,0	-
					Totale (€/anno)	4.365,47

2.5 Vegetazione

La tradizionale stima dei danni sui sistemi vegetali, naturali e/o antropici (aree agricole), consiste nel determinare il valore relativo alla perdita di produzione del terreno (laddove la stessa sia ravvisabile) oltre i costi necessari per ripristinare la situazione *ex ante* (costi di ripristino). Questa stima, ampiamente impiegata in passato, è da ritenersi tuttavia riduttiva, in quanto non tiene conto del valore ambientale complessivo attribuibile alla copertura vegetale, in relazione alle sue differenti funzioni, che hanno progressivamente assunto significati e pesi differenti. Si pensi, a titolo di esempio, ai concetti di “paesaggio” o di “habitat”, rispetto ai quali la componente vegetazionale costituisce un importante tassello; o, allo stesso modo, alla funzione protettiva che la stessa vegetazione esercita ai fini della protezione contro l’erosione, nonché al ruolo cruciale legato alla produzione di ossigeno e alla cattura della CO₂. Esiste quindi un’importante dimensione economica legata alle funzioni socio-ambientali dei sistemi vegetali che, sebbene spesso indirette, non sono per questo di minore importanza. Una parte significativa di questa dimensione economica, per le finalità del presente studio, è computata attraverso la stima del danno monetario al paesaggio. Al fine di pervenire ad una stima esaustiva dei costi esterni che tenga conto anche degli altri aspetti sopra descritti, si è deciso di utilizzare i costi di ripristino in analogia con quanto proposto dal progetto ExternE (Bickel & Rainer, 2004). In linea di principio si tratterebbe di quantificare i costi necessari ad un intervento che ripristini una vegetazione autoctona, o comunque analoga alla preesistente, e che scongiuri, per quanto possibile, l’infiltrazione di specie alloctone.

Poiché gli effetti del progetto in termini di alterazione della copertura vegetale si riferiscono al coinvolgimento di superfici con vegetazione di tipo erbaceo nonché arboreo/arbustiva, i costi di ripristino per delle superfici delle piazzole di macchina, comprese le scarpate, unitamente ai costi previsti per la compensazione delle superfici a copertura arboreo/arbustiva **sono quantificabili in € 1.240.009,25, come desunti dal Computo metrico estimativo delle opere civili allegato al progetto definitivo.**

2.6 Fauna

2.6.1 Premessa metodologica

Il fine di una funzione di monetizzazione è quello di tradurre un impatto potenziale (nel caso in esame “n” uccelli morti per collisione con le pale appartenenti alla i-esima specie), in un danno economico. Questo significa assegnare un valore monetario a ciascuna specie di uccello potenzialmente impattato dai rotori in movimento. Evidentemente non esistono valori di mercato, o per lo meno non per tutte le specie, e quindi occorre necessariamente rifarsi a tecniche di monetizzazione.

Condividendo l’approccio del citato studio del CESI Ricerche sulle esternalità delle linee elettriche, si ritiene che nel caso dell’avifauna il ricorso alla valutazione contingente sia poco indicato. Lo stesso rapporto del NOAA panel (Arrow et al 1993) cita la valutazione contingente della salvaguardia dell’avifauna come uno dei casi in cui si verifica il fenomeno del “warm-glow”. In altri termini la valutazione monetaria della

preservazione di un dato numero di uccelli risulterebbe indipendente da tale numero, in quanto gli intervistati tenderebbero in realtà a valutare la soddisfazione legata al “fare qualcosa per l’ambiente” piuttosto che il valore degli uccelli salvati. Più rispondente all’obiettivo sembrerebbe invece utilizzare il metodo dell’*averting cost*, che muove dalla valutazione delle risorse (economiche ed umane) messe in campo dalle amministrazioni pubbliche ed associazioni non governative (LIPU, WWF, ecc.) per il mantenimento dell’avifauna. Proprio le associazioni non governative, essendo associazioni che si basano su lavoro volontario e donazioni, tramite il loro bilancio consentirebbero di applicare un metodo di preferenza rilevata (cioè, basato su comportamenti reali e non dichiarati, come la valutazione contingente).

In tal senso, ancorché le problematiche aperte siano molteplici, il budget della LIPU può senz’altro costituire un indice dell’ordine di grandezza del valore annuo dell’avifauna italiana: in un certo senso risponde alla domanda, “quanto sareste disposti a pagare per garantire una maggiore protezione dell’avifauna Italiana”, ipotizzando una perfetta conoscenza della LIPU e dei rischi che corre l’avifauna presso la popolazione italiana.

Come più sopra accennato, attribuire un valore economico alle singole specie è estremamente complesso, così come risulta arduo attribuire un valore complessivo all’avifauna italiana. In ogni caso, sia in presenza di un valore complessivo sia di dati puntuali, al fine di assegnare un valore monetario per tutte le specie è fondamentale stabilire una gerarchia. Meglio ancora, attribuire un valore adimensionale alle specie di avifauna Italiane, così come proposto da Brichetti e Gariboldi (Brichetti e Gariboldi, 1997) costituisce un primo passo verso la loro monetizzazione.

Il metodo proposto ha il pregio riuscire a considerare il valore che all’avifauna viene assegnato da diversi tipi di utenti, talvolta in antitesi tra loro (si pensi al naturalista ed al cacciatore). Il valore di ogni uccello (V_{si}) viene definito infatti come somma di tre componenti: il valore intrinseco (V_i), la vulnerabilità (V_{vul}) e il valore antropico (V_a).

$$V_{si} = V_i + V_{vul} + V_a$$

Il peso dei tre parametri varia molto, avendo assegnato un valore molto maggiore ai valori ecologici e di vulnerabilità rispetto a quelli antropici. V_i assume un valore massimo di 2,65 (corrispondente al Grifone) V_{vul} di 0,4 (corrispondente, ad esempio, all’aquila del Bonelli) e V_a di 0,33 (corrispondente al Falco Pellegrino).

Il Valore intrinseco, a sua volta, risulta essere derivato dalla somma di altri sottoparametri:

- Valore biogeografico (V_b), parametro che assegna il valore più basso alle specie cosmopolite e più alto a quelle endemiche;
- Valore di distribuzione Nazionale (V_d), derivato dal numero di regioni in cui è presente la specie e dal numero di fogli I.G.M. in cui è presente la specie;
- Trend dell’areale (T_a) esprime la tendenza all’espansione (valori bassi) e contrazione (valori elevati) dell’area di diffusione della specie;

- Livello di territorialità (St) che esprime il legame con il territorio circostante, per classi da forte (St=1) a medio (St=0,5) fino a basso (St=0);
- Rarità Ecologica (R), esprime la disponibilità sul territorio italiano di ambienti adatti alla riproduzione;
- Consistenza (C), divisa in classi derivate dal numero di coppie nidificanti presenti in Italia;
- Trend della popolazione (Tp) che attribuisce valori alti alle specie in diminuzione e bassi a quelle in crescita;
- Importanza dell’areale e della popolazione (Ip) che stabilisce l’importanza della popolazione e dell’areale italiano rispetto all’intera popolazione mondiale (parametro soggetto, per ammissione degli stessi autori ad una certa soggettività);
- Livello trofico (Lt) esprime, attraverso 4 classi il livello della specie all’interno della catena trofica

Il Valore di Vulnerabilità invece tiene conto dell’inserimento degli uccelli nelle *red list* di specie minacciate nonché dei livelli di tutela a livello comunitario e nazionale.

Il valore antropico, infine, tiene conto di quattro componenti:

- Il valore ricreativo (Vn) che esprime l’interesse di un pubblico appassionato ma non specialistico. È determinato dalla frequenza di articoli dedicati alla specie apparsi sulle riviste OASIS o AIRONE;
- Il valore scientifico (Vsc) che esprime invece l’interesse della comunità scientifica sempre in base ad articoli, apparsi questa volta su riviste specializzate o in atti di convegni;
- Il Valore di Fruibilità (Vf) somma del Valore venatorio (Vv), derivato dalla frequenza di articoli riguardanti la specie apparsi sulla rivista Diana e dal valore di allevamento dedotto in base alle specie presenti in allevamenti utilizzate per reintroduzioni, ripopolamenti e fini amatoriali;
- Grado di antropofilia (Ga) indica l’adattabilità della specie a vivere e riprodursi in ambienti antropizzati;

Il metodo presenta indubbi vantaggi, ma risalendo l’ultima classifica al 1997 risulta leggermente datato non solo per gli ultimi parametri riguardanti il valore antropico (in cui le apparizioni sulle riviste sono ovviamente da aggiornare a quanto avvenuto nell’ultimo decennio) ma soprattutto per parametri del Valore Intrinseco, in quanto alcune specie non presenti all’epoca sono state ora reintrodotte (si pensi al Gipeto o al Gobbo rugginoso) ed i relativi trend di popolazione ed areale possono essere notevolmente cambiati.

Nonostante ciò, la classifica proposta risulta comunque il lavoro più dettagliato presente ad oggi e rappresenta meglio della singola classe SPEC un valore di mercato delle diverse specie dell’avifauna italiana. Infatti, il tenere conto della sola classe di conservazione, pur più rigoroso da un punto di vista tecnico, non tiene conto né della domanda del pubblico vasto, e quindi del fatto che alcuni uccelli (aquila, cicogna) hanno un richiamo maggiore né delle differenze presenti tra uccelli appartenenti alla stessa SPEC.

Al fine di aggiornare, per quanto possibile, i valori proposti da Brichetti e Gariboldi, alle specie mancanti è stato assegnato un valore selezionando le specie della stessa SPEC e della stessa famiglia ed assegnando, tra queste, il valore della specie più vicina per numero di coppie nidificanti.

Il metodo Brichetti-Gariboldi, tuttavia, non è direttamente applicabile al problema della monetizzazione. Infatti, il lavoro aveva un carattere strettamente ornitologico e conservazionistico e non si poneva lo scopo di confrontare le specie tra di loro. In termini pratici il valore della specie più alta (il grifone) è solo 4 volte il valore della specie più bassa, mentre è impensabile che il valore di specie per cui sono in corso programmi di reinserimento o ripopolamento sia così vicino ad uccelli comunemente ed abbondantemente presenti nel territorio che non corrono rischi di estinzione.

A partite dal metodo Brichetti-Gariboldi, ma al fine di arrivare ad un valore delle specie riconducibile ad un valore monetario, il CESI Ricerche ha sviluppato un metodo che viene proposto di seguito. Il metodo tiene conto, in ordine di importanza dei seguenti fattori:

- SPEC, che riassume il livello di rischi estinzione della specie tenendo conto della numerosità della popolazione europea, del trend, dello stato di conservazione e dei rischi che corre la specie (quindi riassume il valore intrinseco e di vulnerabilità del metodo Brichetti-Gariboldi);
- Numero di coppie nidificanti in Italia, che tiene conto della rarità, e quindi in termini economici della non sostituibilità del bene;
- Percentuale della popolazione italiana rispetto al resto d'Europa, che tiene conto della sostituibilità o reintegrabilità degli individui italiani con individui europei.

Al fine di poter determinare una funzione matematica è stata assegnata a ciascuna SPEC un valore numerico (Non-SPEC=1, SPEC3=2, SPEC2=3, SPEC1=4).

Inoltre, anche per la popolazione, cioè per il numero di coppie presenti a vario titolo in Italia è stato considerata non solo il numero stesso di coppie ma anche una divisione in classi associando a ciascuna classe di popolazione un valore numerico.

Poiché il fine è quello di determinare il prezzo di “mercato” per le specie selvatiche si sono considerati alcuni valori economici acquisiti attraverso indagini di mercato. Per quanto riguarda il valore della cicogna bianca, questo deriva dai costi del progetto “cicogna bianca” dell’associazione Olduvai mentre per il Gipeto il valore deriva dai costi del progetto LIFE “*International program for the Bearded Vulture in the Alps*”. Gli altri costi acquisiti sono prezzi di vendita di alcuni rivenditori specializzati. Si noti che tali prezzi si riferiscono ad animali non selvatici, ma domestici. Il valore dell’animale selvatico è certamente superiore. Un animale domestico, infatti, non sopravviverebbe in natura, in quanto non abituato a procacciarsi il cibo o a migrare. Il rilascio di animali selvatici comporta un periodo di addestramento e di monitoraggio e quindi, in definitiva, un costo che deve essere opportunamente valutato.

A tal fine, attraverso analisi economiche condotte su progetti di reintroduzione, si è stimato che il costo di reintroduzione è circa quattro volte il costo di allevamento e che quindi sia possibile introdurre un fattore 4 tra il valore di un animale domestico ed uno “selvatico”.

In definitiva, combinando attraverso complesse analisi statistiche i dati economici dei progetti di reintroduzione in natura di alcune specie avifaunistiche ed il prezzo di mercato di altre, si è pervenuti alla determinazione della seguente funzione di monetizzazione.

$$Val_{eco} = 27.63481 \times (1.885721^{ASPEC} \times 5.125194^{CLASSEPOP}) / -\log(PERC-EU) - 29$$

Nella Tabella 2.4 si riportano, per le specie presenti in Italia, il valore intrinseco ed il valore economico determinato in accordo con la metodologia più sopra descritta.

Tabella 2.4: Valore economico delle specie avifaunistiche Italiane (Fonte CESI Ricerche, 2008)

FamName	SciName	NOME COMUNE	SPEC	Valore intrinseco	Valore €
ANATIDAE	Marmaronetta angustirostris	ANATRA MARMORIZZATA	SPEC 1	37870	€ 1 046 509
ANATIDAE	Aythya nyroca	MORETTA TABACCATA	SPEC 1	17876	€ 493 983
PHALACROCORACIDAE	Phalacrocorax pygmeus	MARANGONE MINORE	SPEC 1	10406	€ 287 551
CICONIIDAE	Ciconia nigra	CICOGNA NERA	SPEC 2	4978	€ 137 543
FALCONIDAE	Falco biarmicus	LANARIO	SPEC 3	2805	€ 77 498
SCOLOPACIDAE	Numenius arquata	CHIURLO	SPEC 2	2795	€ 77 224
LARIDAE	Larus audouinii	GABBIANO CORSO	SPEC 1	2495	€ 68 918
RALLIDAE	Crex crex	RE DI QUAGLIE	SPEC 1	2373	€ 65 549
THRESKIORNITHIDAE	Platalea leucorodia	SPATOLA	SPEC 2	2267	€ 62 614
OTIDIDAE	Tetrax tetrax	GALLINA PRATAIOLA	SPEC 1	2203	€ 60 841
SCOLOPACIDAE	Limosa limosa	PITTIMA REALE	SPEC 2	2107	€ 58 185
FALCONIDAE	Falco naumanni	GRILLAIO	SPEC 1	1973	€ 54 493
ACCIPITRIDAE	Gypaetus barbatus	GIPETO	SPEC 3	1780	€ 49 168
CICONIIDAE	Ciconia ciconia	CICOGNA BIANCA	SPEC 2	1287	€ 35 538
STURNIDAE	Sterna bengalensis	STERNA DEL RUPPEL	Non-SPEC	1192	€ 32 902
THRESKIORNITHIDAE	Plegadis falcinellus	MIGNATTAIO	SPEC 3	940	€ 25 955
CORACIIDAE	Coracias garrulus	GHIANDAIA MARINA	SPEC 2	927	€ 25 587
ACCIPITRIDAE	Hieraaetus fasciatus	AQUILA DEL BONELLI	SPEC 3	886	€ 24 447
ACCIPITRIDAE	Neophron percnopterus	CAPOVACCAIO	SPEC 3	791	€ 21 823
ACCIPITRIDAE	Circus cyaneus	ALBANELLA REALE	SPEC 3	685	€ 18 895
ACCIPITRIDAE	Milvus milvus	NIBBIO REALE	SPEC 2	671	€ 18 520
PHASIANIDAE	Alectoris graeca	COTURNICE	SPEC 2	659	€ 18 190
FALCONIDAE	Falco eleonorae	FALCO DELLA REGINA	SPEC 2	626	€ 17 280
FALCONIDAE	Falco vesperinus	FALCO CUCULO	SPEC 3	592	€ 16 318
LANIIDAE	Lanius minor	VERLA CENERINA	SPEC 2	552	€ 15 217
ANATIDAE	Aythya ferina	MORIGLIONE	SPEC 2	484	€ 13 351
LARIDAE	Larus genei	GABBIANO ROSEO	SPEC 3	392	€ 10 808
ARDEIDAE	Botaurus stellaris	TARABUSO	SPEC 3	380	€ 10 480
ANATIDAE	Anas strepera	CANAPIGLIA	SPEC 3	335	€ 9 225
LARIDAE	Sterna sandvicensis	BECCAPESCI	SPEC 2	318	€ 8 761
SCOLOPACIDAE	Tringa totanus	PETTEGOLA	SPEC 2	303	€ 8 345
GLAREOLIDAE	Glareola pratincola	PERNICE DI MARE	SPEC 3	251	€ 6 908
LARIDAE	Chlidonias niger	MIGNATTINO	SPEC 3	220	€ 6 043
ANATIDAE	Aythya fuligula	MORETTA	SPEC 3	218	€ 5 988
LARIDAE	Sterna nilotica	STERNA ZAMPENERE	SPEC 3	215	€ 5 916
Scolopacidae	Calidris alpina	GAMBECCIO	SPEC 3	200	€ 5 490
ANATIDAE	Anas clypeata	MESTOLONE	SPEC 3	191	€ 5 241

FamName	SciName	NOME COMUNE	SPEC	Valore intrinseco	Valore €
EMBERIZINAE	<i>Emberiza melanocephala</i>	ZIGOLO CAPINERO	SPEC 2	187	€ 5 138
ARDEIDAE	<i>Ardeola ralloides</i>	SGARZA CIUFFETTO	SPEC 3	184	€ 5 056
ACCIPITRIDAE	<i>Circaetus gallicus</i>	BIANCONE	SPEC 3	181	€ 4 974
Scolopacidae	<i>Limosa lapponica</i>	PITTIMA MINORE	Non-SPEC	179	€ 4 927
PICIDAE	<i>Picoides tridactylus</i>	PICCHIO TRIDATTELO	SPEC 3	179	€ 4 921
STRIGIDAE	<i>Otus scops</i>	ASSIOLO	SPEC 2	169	€ 4 645
CHARADRIIDAE	<i>Eudromias morinellus</i>	PIVIERE TORTOLINO	Non-SPEC	166	€ 4 572
STRIGIDAE	<i>Strix uralensis</i>	ALLOCCO DEGLI URALI	Non-SPEC	165	€ 4 529
PICIDAE	<i>Picus viridis</i>	PICCHIO VERDE	SPEC 2	161	€ 4 409
EMBERIZINAE	<i>Miliaria calandra</i>	STRILLOZZO	SPEC 2	151	€ 4 136
PROCELLARIIDAE	<i>Calonectris diomedea</i>	BERTA MAGGIORE	SPEC 2	148	€ 4 055
LARIDAE	<i>Chlidonias hybrida</i>	MIGNATTINO PICMBATO	SPEC 3	145	€ 3 965
ANATIDAE	<i>Anas querquedula</i>	MARZAIOLA	SPEC 3	139	€ 3 801
CAPRIMULGIDAE	<i>Caprimulgus europaeus</i>	SUCCIACAPRE	SPEC 2	135	€ 3 712
ACCIPITRIDAE	<i>Aquila chrysaetos</i>	AQUILA REALE	SPEC 3	133	€ 3 642
ANATIDAE	<i>Mergus merganser</i>	SMERGO MAGGIORE	Non-SPEC	132	€ 3 630
TURDINAE	<i>Oenanthe hispanica</i>	MONACHELLA	SPEC 2	128	€ 3 499
ALAUDIDAE	<i>Lullula arborea</i>	TOTTAVILLA	SPEC 2	128	€ 3 498
STRIGIDAE	<i>Bubo bubo</i>	GUFO REALE	SPEC 3	126	€ 3 463
CHARADRIIDAE	<i>Vanellus vanellus</i>	PAVONCELLA	SPEC 2	117	€ 3 208
SYLVIINAE	<i>Phylloscopus bonelli</i>	LUI BIANCO	SPEC 2	115	€ 3 149
PHASIANIDAE	<i>Alectoris barbara</i>	PERNICE SARDA	SPEC 3	114	€ 3 126
LARIDAE	<i>Chlidonias leucopterus</i>	MIGNATTINO ALBIANCHE	Non-SPEC	113	€ 3 100
RALLIDAE	<i>Porphyrio porphyrio</i>	POLLO SULTANO	SPEC 3	112	€ 3 066
LARIDAE	<i>Sterna albifrons</i>	FRATICELLO	SPEC 3	111	€ 3 040
TURDINAE	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	CODIROSSO	SPEC 2	110	€ 3 009
SCOLOPACIDAE	<i>Scolopax rusticola</i>	BECCACCIA	SPEC 3	109	€ 2 973
EMBERIZINAE	<i>Emberiza hortulana</i>	ORTOLANO	SPEC 2	107	€ 2 937
ARDEIDAE	<i>Nycticorax nycticorax</i>	NITTICORA	SPEC 3	104	€ 2 840
LANIIDAE	<i>Lanius senator</i>	AVERLA CAPIROSSA	SPEC 2	104	€ 2 836
PHASIANIDAE	<i>Alectoris rufa</i>	PERNICE ROSSA	SPEC 2	99	€ 2 709
ANATIDAE	<i>Somateria mollissima</i>	EDRODDE	Non-SPEC	98	€ 2 687
ARDEIDAE	<i>Ardea purpurea</i>	AIRONE ROSSO	SPEC 3	98	€ 2 673
SYLVIINAE	<i>Sylvia undata</i>	MAGNANINA	SPEC 2	84	€ 2 299
SYLVIINAE	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	LUI VERDE	SPEC 2	84	€ 2 281
ARDEIDAE	<i>Casmerodius albus</i>	AIRONE BIANCO MAGGIORE	Non-SPEC	82	€ 2 238
CUCULIDAE	<i>Clamator glandarius</i>	CUCULO DAL CIUFFO	Non-SPEC	82	€ 2 238
PARIDAE	<i>Parus cristatus</i>	CINCIA DAL CIUFFO	SPEC 2	81	€ 2 200
ARDEIDAE	<i>Ixobrychus minutus</i>	TARABUSINO	SPEC 3	80	€ 2 170
ACCIPITRIDAE	<i>Milvus migrans</i>	NIBBIO BRUNO	SPEC 3	78	€ 2 130
BURHINIDAE	<i>Burhinus oedicnemus</i>	OCCHIONE	SPEC 3	72	€ 1 959
ANATIDAE	<i>Netta rufina</i>	FISTIONE TURCO	Non-SPEC	69	€ 1 891
CHARADRIIDAE	<i>Charadrius alexandrinus</i>	FRATINO	SPEC 3	68	€ 1 848
PICIDAE	<i>Jynx torquilla</i>	TORCICOLLO	SPEC 3	66	€ 1 803
Scolopacidae	<i>Tringa erythropus</i>	TOTANO MORO	SPEC 3	64	€ 1 726
FRINGILLIDAE	<i>Carduelis cannabina</i>	FANELLO	SPEC 2	62	€ 1 678
ACCIPITRIDAE	<i>Gyps fulvus</i>	GRIFONE	Non-SPEC	60	€ 1 635
RALLIDAE	<i>Porzana parva</i>	SCHIRIBILLA	Non-SPEC	59	€ 1 608

FamName	SciName	NOME COMUNE	SPEC	Valore intrinseco	Valore €
PHOENICOPTERIDAE	Phoenicopterus ruber	FENICOTTERO	SPEC 3	58	€ 1 584
CORVIDAE	Pyrrhocorax pyrrhocorax	GRACCHIO CORALLINO	SPEC 3	57	€ 1 534
TURDINAE	Monticola solitarius	PASSERO SOLITARIO	SPEC 3	52	€ 1 414
LARIDAE	Larus minutus	GABBIANELLO	SPEC 3	52	€ 1 399
SCOLOPACIDAE	Actitis hypoleucos	PIRO PIRO PICCOLO	SPEC 3	46	€ 1 253
RALLIDAE	Porzana porzana	VOLTOLINO	Non-SPEC	45	€ 1 202
TURDINAE	Monticola saxatilis	CODIROSSONE	SPEC 3	44	€ 1 180
HIRUNDINIDAE	Hirundo daurica	RONDINE ROSSICIA	Non-SPEC	43	€ 1 160
ANATIDAE	Anas crecca	ALZAVOLA	Non-SPEC	41	€ 1 116
PICIDAE	Picus canus	PICCHIO CENERINO	SPEC 3	40	€ 1 079
ACCIPITRIDAE	Circus aeruginosus	FALCO DI PALUDE	Non-SPEC	38	€ 1 013
STRIGIDAE	Athene noctua	CIVETTA	SPEC 3	37	€ 987
SYLVIINAE	Acrocephalus schoenobaenus	FORAPAGLIE	Non-SPEC	36	€ 976
ALCEDINIDAE	Alcedo atthis	MARTIN PESCATORE	SPEC 3	36	€ 961
ANATIDAE	Tadorna tadorna	VOLPOCA	Non-SPEC	33	€ 893
ANATIDAE	Anser anser	OCA SELVATICA	Non-SPEC	32	€ 859
PICIDAE	Dendrocopos leucotos	PICCHIO DORSO BIANCO	Non-SPEC	32	€ 849
PROCELLARIIDAE	Puffinus yelkouan	BERTA MINORE	Non-SPEC	31	€ 830
SYLVIINAE	Sylvia hortensis	BIGIA GROSSA	SPEC 3	30	€ 800
TYTONIDAE	Tyto alba	BARBAGIANNI	SPEC 3	28	€ 735
UPUPIDAE	Upupa epops	UPUPA	SPEC 3	27	€ 706
MOTACILLIDAE	Anthus campestris	CALANDRO	SPEC 3	26	€ 695
ACCIPITRIDAE	Circus pygargus	ALBANELLA MINORE	Non-SPEC	26	€ 684
COLUMBIDAE	Columba oenas	COLOMBELLA	Non-SPEC	25	€ 675
LANIIDAE	Lanius collurio	AVERLA PICCOLA	SPEC 3	25	€ 673
ALAUDIDAE	Galerida cristata	CAPPELLACCIA	SPEC 3	25	€ 670
FALCONIDAE	Falco peregrinus	PELLEGRINO	Non-SPEC	25	€ 666
HAEMATOPODIDAE	Haematopus ostralegus	BECCACCIA DI MARE	Non-SPEC	25	€ 654
PHASIANIDAE	Perdix perdix	STARNA	SPEC 3	25	€ 652
FALCONIDAE	Falco tinnunculus	GHEPPIO	SPEC 3	23	€ 619
EMBERIZINAE	Emberiza cia	ZIGOLO MUCIATTO	SPEC 3	23	€ 614
PARIDAE	Parus palustris	CINCIA BIGIA	SPEC 3	23	€ 602
MEROPIIDAE	Merops apiaster	GRUCCIONE	SPEC 3	22	€ 591
COLUMBIDAE	Streptopelia turtur	TORTORA	SPEC 3	22	€ 591
ANATIDAE	Cygnus olor	CIGNO REALE	Non-SPEC	20	€ 520
LARIDAE	Larus melanocephalus	GABBIANO CORALLINO	Non-SPEC	20	€ 519
TURDINAE	Oenanthe oenanthe	CULBIANCO	SPEC 3	20	€ 513
PHASIANIDAE	Coturnix coturnix	QUAGLIA	SPEC 3	19	€ 495
TETRAONIDAE	Tetrao tetrix	FAGIANO DI MONTE	SPEC 3	18	€ 467
PASSERINAE	Montifringilla nivalis	FRINGUELLO ALPINO	Non-SPEC	18	€ 461
PICIDAE	Dendrocopos medius	PICCHIO ROSSO MEZZANO	Non-SPEC	18	€ 459
ALAUDIDAE	Calandrella brachydactyla	CALANDRELLA	SPEC 3	18	€ 457
SYLVIINAE	Acrocephalus melanopogon	FORAPAGLIE CASTAGNOLO	Non-SPEC	17	€ 431
HIRUNDINIDAE	Delichon urbica	BALESTRUCCIO	SPEC 3	16	€ 423
SITTIDAE	Tichodroma muraria	PICCHIO MURAILOLO	Non-SPEC	15	€ 395
FALCONIDAE	Falco subbuteo	LODOLAI	Non-SPEC	15	€ 382
HIRUNDINIDAE	Hirundo rustica	RONDINE	SPEC 3	15	€ 380
PASSERINAE	Passer montanus	PASSERA MATTUGIA	SPEC 3	15	€ 380

FamName	SciName	NOME COMUNE	SPEC	Valore intrinseco	Valore €
ALAUDIDAE	Melanocorypha calandra	CALANDRA	SPEC 3	15	€ 374
STRIGIDAE	Glaucidium passerinum	CIVETTA NANA	Non-SPEC	15	€ 372
RECURVIROSTRIDAE	Himantopus himantopus	CAVALIERE D'ITALIA	Non-SPEC	14	€ 370
HIRUNDINIDAE	Riparia riparia	TOPINO	SPEC 3	14	€ 369
ACCIPITRIDAE	Pernis apivorus	FALCO PECCHIAIOLO	Non-SPEC	14	€ 355
MUSCICAPINAE	Muscicapa striata	PIGLIAMOSCHE	SPEC 3	13	€ 333
ARDEIDAE	Egretta garzetta	GARZETTA	Non-SPEC	13	€ 322
APODIDAE	Tachymartus melba	RONDONO MAGGIORE	Non-SPEC	12	€ 312
ACCIPITRIDAE	Accipiter gentilis	ASTORE	Non-SPEC	12	€ 310
ALAUDIDAE	Alauda arvensis	ALLODOLA	SPEC 3	12	€ 306
PASSERINAE	Passer domesticus	PASSERA OLTREMONTANA	SPEC 3	12	€ 306
CHARADRIIDAE	Charadrius dubius	CORRIERE PICCOLO	Non-SPEC	11	€ 266
PHALACROCORACIDAE	Phalacrocorax carbo	CORMORANO	Non-SPEC	11	€ 263
ARDEIDAE	Bubulcus ibis	AIRONE GUARDABUOI	Non-SPEC	11	€ 262
PRUNELLIDAE	Prunella collaris	SORDONE	Non-SPEC	10	€ 255
STRIGIDAE	Aegolius funereus	CIVETTA CAPOGROSSO	Non-SPEC	10	€ 253
MOTACILLIDAE	Anthus spinoletta	SPIONCELLO	Non-SPEC	10	€ 252
STURNIDAE	Sturnus vulgaris	STORNO	SPEC 3	10	€ 251
RECURVIROSTRIDAE	Recurvirostra avosetta	AVOCETTA	Non-SPEC	10	€ 249
REMIZIDAE	Remiz pendulinus	PENDOLINO	Non-SPEC	10	€ 248
PHALACROCORACIDAE	Phalacrocorax aristotelis	MARANGONE DAL CIUFFO	Non-SPEC	10	€ 234
PODICIPEDIDAE	Tachybaptus ruficollis	TUFFETTO	Non-SPEC	9	€ 227
CORVIDAE	Nucifraga caryocatactes	NOCCIOLAIA	Non-SPEC	9	€ 209
LARIDAE	Sterna hirundo	STERNA COMUNE	Non-SPEC	8	€ 204
SYLVIINAE	Locustella luscinioides	SALCIAIOLA	Non-SPEC	8	€ 200
RALLIDAE	Rallus aquaticus	PORCIGLIONE	Non-SPEC	8	€ 200
SYLVIINAE	Cettia cetti	USIGNOLO DI Fiume	Non-SPEC	8	€ 195
PANURINAE	Panurus biarmicus	BASETTINO	Non-SPEC	8	€ 190
SYLVIINAE	Sylvia sarda	MAGNANINA SARDA	Non-SPEC	8	€ 183
LARIDAE	Larus ridibundus	GABBIANO COMUNE	Non-SPEC	8	€ 183
CORVIDAE	Corvus corax	CORVO IMPERIALE	Non-SPEC	8	€ 181
LARIDAE	Larus cachinnans	GABBIANO REALE	Non-SPEC	7	€ 174
ACCIPITRIDAE	Accipiter nisus	SPARVIERE	Non-SPEC	7	€ 172
HYDROBATIDAE	Hydrobates pelagicus	UCCELLO DELLE TEMPESTE	Non-SPEC	7	€ 168
PODICIPEDIDAE	Podiceps cristatus	SVASSO MAGGIORE	Non-SPEC	7	€ 168
PASSERINAE	Passer hispaniolensis	PASSERA SARDA	Non-SPEC	7	€ 166
PICIDAE	Dryocopus martius	PICCHIO NERO	Non-SPEC	7	€ 164
TURDINAE	Turdus torquatus	MERLO DAL COLLARE	Non-SPEC	7	€ 161
PICIDAE	Dendrocopos minor	PICCHIO ROSSO MINORE	Non-SPEC	7	€ 159
CORVIDAE	Pyrrhocorax graculus	GRACCHIO ALPINO	Non-SPEC	7	€ 159
RALLIDAE	Gallinula chloropus	GALLINELLA DACQUA	Non-SPEC	6	€ 150
SYLVIINAE	Sylvia noria	BIGIA PADOVANA	Non-SPEC	6	€ 150
MUSCICAPINAE	Ficedula albicollis	BALIA DAL COLLARE	Non-SPEC	6	€ 150
SYLVIINAE	Acrocephalus arundinaceus	CANNARECCIONE	Non-SPEC	6	€ 146
SYLVIINAE	Cisticola juncidis	BECCAMOSCHINO	Non-SPEC	6	€ 145
MOTACILLIDAE	Motacilla cinerea	BALLERINA GIALLA	Non-SPEC	6	€ 145
APODIDAE	Apus pallidus	RONDONO PALLIDO	Non-SPEC	6	€ 133
ARDEIDAE	Ardea cinerea	AIRONE CENERINO	Non-SPEC	6	€ 130

FamName	SciName	NOME COMUNE	SPEC	Valore intrinseco	Valore €
TETRAONIDAE	Tetrao urogallus	GALLO CEDRONE	Non-SPEC	6	€ 127
TETRAONIDAE	Lagopus mutus	PERNICE BIANCA	Non-SPEC	6	€ 124
STRIGIDAE	Strix aluco	ALLOCCO	Non-SPEC	5	€ 122
CUCULIDAE	Cuculus canorus	CUCULO	Non-SPEC	5	€ 116
EMBERIZINAE	Emberiza cirius	ZIGOLO NERO	Non-SPEC	5	€ 114
HIRUNDINIDAE	Hirundo rupestris	RONDINE MONTANA	Non-SPEC	5	€ 113
SYLVIINAE	Hippolais polyglotta	CANAPINO	Non-SPEC	5	€ 113
CINCLIDAE	Cinclus cinclus	MERLO ACQUAILO	Non-SPEC	5	€ 111
STRIGIDAE	Asio otus	GUFO COMUNE	Non-SPEC	5	€ 109
SYLVIINAE	Sylvia conspicillata	STERPAZZOLA DI SARDEGNA	Non-SPEC	5	€ 109
SYLVIINAE	Sylvia melanocephala	OCCHIOCOTTO	Non-SPEC	5	€ 102
FRINGILLIDAE	Serinus citrinella	VENTURONE	Non-SPEC	5	€ 98
TURDINAE	Luscinia megarhynchos	USIGNOLO	Non-SPEC	5	€ 97
FRINGILLIDAE	Loxia curvirostra	CROCIERE	Non-SPEC	5	€ 96
STURNIDAE	Sturnus unicolor	STORNO NERO	Non-SPEC	4	€ 95
ORIOIDAE	Oriolus oriolus	RIGOGOLO	Non-SPEC	4	€ 94
TURDINAE	Turdus viscivorus	TORDELA	Non-SPEC	4	€ 92
COLUMBIDAE	Columba livia	PICCIONE SELVATICO	Non-SPEC	4	€ 89
EMBERIZINAE	Emberiza schoeniclus	MIGLIARINO DI PALUDE	Non-SPEC	4	€ 89
CORVIDAE	Corvus monedula	TACCOLA	Non-SPEC	4	€ 87
SYLVIINAE	Acrocephalus scirpaceus	CANNAIOLA	Non-SPEC	4	€ 87
CERTHIIDAE	Certhia familiaris	RAMPICHINO ALPESTRE	Non-SPEC	4	€ 86
APODIDAE	Apus apus	RONDONE	Non-SPEC	4	€ 85
PICIDAE	Dendrocopos major	PICCHIO ROSSO MAGGIORE	Non-SPEC	4	€ 77
MOTACILLIDAE	Motacilla flava	CUTRETTOLA	Non-SPEC	4	€ 76
SYLVIINAE	Regulus ignicapilla	FIORRANCINO	Non-SPEC	4	€ 74
COLUMBIDAE	Streptopelia decaocto	TORTORA DAL COLLARE ORIENTALE	Non-SPEC	4	€ 73
PASSERINAE	Petronia petronia	PASSERA LAGIA	Non-SPEC	4	€ 71
FRINGILLIDAE	Pyrrhula pyrrhula	CIUFFOLOTTO	Non-SPEC	4	€ 70
ACCIPITRIDAE	Buteo buteo	POIANA	Non-SPEC	4	€ 70
SYLVIINAE	Sylvia cantillans	STERPAZZOLINA	Non-SPEC	4	€ 69
SYLVIINAE	Acrocephalus palustris	CANNAIOLA VERDOGNOLA	Non-SPEC	3	€ 67
PARIDAE	Parus montanus	CINCIA BIGIA ALPESTRE	Non-SPEC	3	€ 67
RALLIDAE	Fulica atra	FOLAGA	Non-SPEC	3	€ 65
TURDINAE	Saxicola torquata	SALTIPALO	Non-SPEC	3	€ 63
AEGITHALIDAE	Aegithalos caudatus	CODIBUGNOLO	Non-SPEC	3	€ 61
TETRAONIDAE	Bonasa bonasia	FRANCOLINO DI MONTE	Non-SPEC	3	€ 59
FRINGILLIDAE	Coccothraustes coccothraustes	FROSONE	Non-SPEC	3	€ 59
TURDINAE	Saxicola rubetra	STIACCINO	Non-SPEC	3	€ 59
ANATIDAE	Anas platyrhynchos	GERMANO REALE	Non-SPEC	3	€ 57
TURDINAE	Phoenicurus ochruros	CODIROSSO SPAZZACAMINO	Non-SPEC	3	€ 55
CORVIDAE	Pica pica	GAZZA	Non-SPEC	3	€ 53
CORVIDAE	Corvus corone	CORNACCHIA	Non-SPEC	3	€ 53
CORVIDAE	Garrulus glandarius	GHIANDAIA	Non-SPEC	3	€ 53
MOTACILLIDAE	Anthus trivialis	PRISPOLONE	Non-SPEC	3	€ 52
FRINGILLIDAE	Serinus serinus	VERZELLINO	Non-SPEC	3	€ 51
CERTHIIDAE	Certhia brachydactyla	RAMPICHINO	Non-SPEC	3	€ 50
SYLVIINAE	Sylvia borin	BECCAFICO	Non-SPEC	3	€ 48

FamName	SciName	NOME COMUNE	SPEC	Valore intrinseco	Valore €
COLUMBIDAE	<i>Columba palumbus</i>	COLOMBACCIO	Non-SPEC	3	€ 48
FRINGILLIDAE	<i>Carduelis spinus</i>	LUCARINO	Non-SPEC	3	€ 45
PHASIANIDAE	<i>Phasianus colchicus</i>	FAGIANO COMUNE	Non-SPEC	3	€ 43
EMBERIZINAE	<i>Emberiza citrinella</i>	ZIGOLO GIALLO	Non-SPEC	3	€ 42
TURDINAE	<i>Turdus pilaris</i>	CESENA	Non-SPEC	3	€ 40
FRINGILLIDAE	<i>Carduelis chloris</i>	VERDONE	Non-SPEC	2	€ 39
PARIDAE	<i>Parus ater</i>	CINCIA MORA	Non-SPEC	2	€ 36
PARIDAE	<i>Parus caeruleus</i>	CINCIARELLA	Non-SPEC	2	€ 35
SYLVIINAE	<i>Sylvia atricapilla</i>	CAPINERA	Non-SPEC	2	€ 35
SYLVIINAE	<i>Regulus regulus</i>	REGOLO	Non-SPEC	2	€ 33
SYLVIINAE	<i>Phylloscopus collybita</i>	LUI PICCOLO	Non-SPEC	2	€ 33
TURDINAE	<i>Turdus philomelos</i>	TORDO BOTTACCIO	Non-SPEC	2	€ 30
SITTIDAE	<i>Sitta europaea</i>	PICCHIO MURATORE	Non-SPEC	2	€ 30
SYLVIINAE	<i>Sylvia communis</i>	STERPAZZOLA	Non-SPEC	2	€ 29
MOTACILLIDAE	<i>Motacilla alba</i>	BALLERINA BIANCA	Non-SPEC	2	€ 28
FRINGILLIDAE	<i>Carduelis carduelis</i>	CARDELLINO	Non-SPEC	2	€ 27
PRUNELLIDAE	<i>Prunella modularis</i>	PASSERA SCOPAIOLA	Non-SPEC	2	€ 20
TROGLODYTIDAE	<i>Troglodytes troglodytes</i>	SCRICCIOLO	Non-SPEC	2	€ 19
TURDINAE	<i>Turdus merula</i>	MERLO	Non-SPEC	2	€ 19
TURDINAE	<i>Erithacus rubecula</i>	PETTIROSSO	Non-SPEC	2	€ 13
PARIDAE	<i>Parus major</i>	CINCIALLEGRA	Non-SPEC	1	€ 8
FRINGILLIDAE	<i>Fringilla coelebs</i>	FRINGUELLO	Non-SPEC	1	€ 1

2.6.2 Stima delle esternalità associate ai potenziali abbattimenti di avifauna

Come noto, i dati disponibili e pubblicati circa la mortalità diretta per collisione dell'avifauna contro i rotori in movimento sono estremamente eterogenei. Ciò in relazione alla notevole variabilità delle metodiche di rilevamento, delle caratteristiche costruttive degli impianti (interdistanze tra le turbine, velocità di rotazione delle pale, altezza dal suolo delle torri, tipologia costruttiva delle torri, ecc.) e delle stesse caratteristiche ecologiche ed ambientali dei siti monitorati. Inoltre, a discapito della diffusione di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica nel mondo, le informazioni pubblicate sul loro impatto a danno dell'avifauna si basa ancora su un numero relativamente ridotto di parchi eolici. È accertato, in ogni caso, che la mortalità diretta causata dalla collisione con le turbine sia sensibilmente inferiore a quella causata da altre cause antropogeniche (Tabella 2.5) (Crockford, 1992; Colson et al, 1995, Gill et al, 1996, Erickson et al, 2001; Kerlinger, 2001; Percival, 2001; Langston e Pullan, 2002; Kingsley e Whittam, 2007).

Tabella 2.5 - Cause antropogeniche di mortalità dell'avifauna stimate negli Stati Uniti (Erickson et al., 2005).

Causa di mortalità	Mortalità annuale stimata	Percentuale
Edifici	550 milioni	58,2 %
Linee elettriche	130 milioni	13,7 %
Gatti domestici	100 milioni	10,6 %
Veicoli	80 milioni	8,5 %
Pesticidi	67 milioni	7,1 %
Ripetitori	4,5 milioni	0,5 %
Aerogeneratori eolici	28,5 mila	< 0,01 %
Aviazione	25 mila	< 0,01 %
Altre fonti	non calcolato	non calcolato

Da quanto precede emerge in tutta evidenza come risulti estremamente complesso ricavare un dato sufficientemente realistico dell'impatto da collisione sulla componente avifaunistica.

Nel caso in esame, gli unici dati a disposizione degli scriventi si riferiscono alle risultanze di attività di monitoraggio avifaunistico *post operam* condotte su parchi eolici in esercizio nel territorio della regione Sardegna (Tabella 2.6).

Tabella 2.6 – Dati di abbattimento di avifauna presso parchi eolici del territorio regionale

PARCO EOLICO N. 1	
Periodo monitoraggio:	2007 – 2008
Numero collisioni/turbina/anno:	0,115
Esemplari avifauna abbattuta:	2
Specie abbattute prevalenti:	Falco di palude, Passera lagia
Altre specie:	nessuna
Periodo monitoraggio:	2012 – 2013
Numero collisioni/turbina/anno:	0,25
Esemplari avifauna abbattuta:	1 uccello
Specie abbattute prevalenti:	Gheppio
Altre specie:	nessuna
Periodo monitoraggio:	2013 – 2014
Numero collisioni/turbina/anno:	0,20
Esemplari avifauna abbattuta:	1
Specie abbattute prevalenti:	Piccione selvatico
Altre Specie:	nessuna
PARCO EOLICO N. 2	
Periodo monitoraggio:	2019 – 2020
Numero collisioni/turbina/anno:	3,31
Esemplari avifauna abbattuta:	21
Specie abbattute prevalenti:	gabbiano reale
Altre Specie:	falco di palude, rondone, falco pellegrino
PARCO EOLICO N. 3	
Periodo monitoraggio:	2013 – 2018
Numero collisioni/turbina/anno: (medio)	0,61
Esemplari avifauna abbattuta (media annua):	1
Specie abbattute prevalenti:	gabbiano reale
Altre Specie:	nessuna
PARCO EOLICO N. 4	
Periodo monitoraggio:	2013 – 2015
Numero collisioni/turbina/anno: (medio annuo)	1,42
Esemplari avifauna abbattuta: (media annua)	14
Specie abbattute prevalenti:	gabbiano reale, poiana
Altre Specie:	falco di palude, falco pescatore, gheppio, cardellino, fringuello

Avuto riguardo delle informazioni disponibili si assumerà il dato medio aritmetico di collisioni che scaturisce dalle suddette attività di monitoraggio, pari a n. 1 collisioni/WTGxanno.

Con tali assunzioni, pertanto, sulla base della configurazione di progetto proposta (n. 16 WTG di nuova installazione) si può ipotizzare un numero complessivo di abbattimenti pari a n. 16 esemplari/anno.

Sulla base dei riscontri fino ad oggi acquisiti (si veda la Tabella 2.6) si assume che gli esemplari prevalentemente coinvolti possano riferirsi prevalentemente alla specie dei rapaci.

Nello specifico si ipotizza che gli abbattimenti annui interessino i seguenti esemplari:

- Falco di palude 5
- Gabbiano reale 3
- Poiana 4
- Gheppio 4.

In base ai costi stimati di reintroduzione di tali specie in natura (Tabella 2.4), il valore economico degli abbattimenti ipotizzati è così stimato:

N. esemplari abbattuti stimati / anno	Specie	Valore economico (€/anno)
5	Falco di palude	6.392,03
3	Gabbiano reale	658,76
4	Gheppio	3.124,71
4	Poiana	353,36
	TOTALE	10.528,87

2.7 Perdita di servizi ecosistemici

2.7.1 Premessa

La valutazione dei servizi ecosistemici (SE) è un processo complesso. Mentre per la valutazione di alcuni SE la metodologia è piuttosto consolidata, come ad es. la valutazione dello stoccaggio di carbonio, e la discussione in questi casi verte sull'approfondimento delle fonti di dati, per altri si stanno sperimentando diverse modalità di valutazione.

Nella valutazione a scala nazionale prodotta da ISPRA-SNPA, viene stimata la variazione di SE conseguente al consumo di suolo prodotto ogni anno. Viene considerata sia la variazione dei servizi offerti, sia la variazione dello stock di risorse, a seconda dei casi e in funzione di metodi e dati disponibili. Questo è un aspetto attualmente oggetto di discussione e approfondimento, in particolare rispetto alla componente di perdita di capacità degli ecosistemi all'interno dell'impatto complessivo, che va oltre la valutazione del servizio effettivamente fornito e assume secondo alcuni un ruolo simile a quello della perdita dello stock di risorse.

Partendo dai sette servizi inizialmente identificati nell’ambito del progetto Life SAM4CP, già nella prima edizione della valutazione nazionale (ISPRA, 2016) il rapporto 2018 ha considerato alcuni SE diversi o aggiuntivi, ulteriormente selezionati nella edizione 2017 e proposti per la edizione del 2018 come evidenzia la tabella che segue.

Alcuni aspetti restano delle sfide per il prossimo futuro, come ad esempio la valutazione del valore del capitale naturale in un dato periodo, la valutazione delle variazioni dei SE anche rispetto ai cambiamenti da copertura artificiale a naturale e in generale tra le diverse classi (*tradeoff*), o l’analisi di ulteriori servizi, quali quelli culturali, finora poco investigati. In futuro sarà opportuno lo sviluppo di Linee guida per la valutazione a scala locale, poiché la pianificazione urbanistica ha esigenze incompatibili con l’utilizzo di dati/metodi utilizzati a scala nazionale nonché indirizzi ed azioni per aumentare la percezione del pubblico sui temi del suolo e dei servizi ecosistemici che esso è in grado di fornire.

Tabella 7 - Servizi ecosistemici considerati nel Rapporto 2018

Servizi	u.m. biofisica	u.m. economica	LIFE SAM4CP ¹	Rapporto 2016	Rapporto 2017	Rapporto 2018
Stoccaggio e sequestro di carbonio						
Flusso	t/ha	€/t				x
Stock	t/ha	€/t	x	x	x	x
Qualità degli habitat	adim	€/ha	x	x	x	x
Produzione agricola						
Flusso	ha	€/ha				x
Stock	ha	€/ha	x	x	x	x
Produzione di legname						
Flusso	m ³	€/m ³				x
Stock		€/ha	x	x	x	x
Impollinazione	adim	€/ha	x	x	x	x
Regolazione del microclima	stima	stima		x	x	x
Rimozione particolato e ozono	t/ha	€/t		x	x	x
Protezione dall’erosione	t/ha	€/t	x	x	x	x
Disponibilità di acqua	m ³	€/m ³				x
Regolazione del regime idrologico	m ³	€/m ³	Come Water Yield	x	x	x
Purificazione dell’acqua	adim	€/ha/anno	x	x	-	x
Supporto alle attività umane	adim	-				x

Nel caso del progetto in esame sono stati considerati pertinenti e di interesse per la presente ACB i seguenti servizi ecosistemici.

- Stoccaggio e sequestro di carbonio,
- Qualità degli habitat.

2.7.2 Stoccaggio e sequestro del carbonio

Il sequestro e lo stoccaggio di carbonio costituiscono un servizio di regolazione assicurato dai diversi ecosistemi terrestri e marini grazie alla loro capacità di fissare gas serra, seppur con diversa entità (Hutyra et al., 2011), secondo modalità incrementali rispetto alla naturalità dell’ecosistema considerato (tale regola vale in generale e nel contesto mediterraneo e del nostro Paese). Questo servizio contribuisce alla regolazione del clima a livello globale e gioca un ruolo fondamentale nell’ambito delle strategie di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici. Fra tutti gli ecosistemi, quelli forestali naturali e seminaturali presentano il più alto potenziale di sequestro di carbonio. Il danno peggiore è pertanto il consumo di suolo nelle aree a copertura naturale e seminaturale o, più in generale, nei contesti territoriali connotati da un elevato grado di naturalità.

La valutazione di questo servizio di regolazione viene effettuata sia rispetto al valore di stock sia al valore del flusso di servizio. Per quanto riguarda il valore di stock, la valutazione viene fatta con riferimento alla stima del quantitativo di carbonio stoccato a seconda della tipologia d’uso/copertura del suolo.

Non esiste un unico valore monetario corretto per il SCC (Isacs et al., 2016), in letteratura è disponibile un rilevante numero di stime, che tuttavia differiscono per diversi ordini di grandezza, lasciando ambiguità e confusione su quale usare. L’incertezza di queste stime è intrinseca, in quella dei fenomeni da cui dipende tra cui la sensibilità al clima, le ipotesi sulle emissioni future e le posizioni etiche dei decisori. Nella valutazione del costo sociale, in particolare, a seconda delle scelte fatte in merito ai punti di vista etici e alle ipotesi sulle emissioni future e sulla sensibilità al clima, le stime possono essere significativamente più alte di quelle normalmente utilizzate negli strumenti di valutazione.

Il costo sociale considera il danno evitato, a livello globale, grazie al sequestro di CO₂. Questo tipo di costo è variabile a causa dell’incertezza della stima.

Per la valutazione economica del servizio ecosistemico di stoccaggio e sequestro di carbonio esistono diversi approcci, ma due sono quelli più utilizzati: uno basato sul costo sociale, l’altro sul valore di mercato dei permessi di emissione. Per le finalità in esame si farà riferimento al prezzo utilizzato frequentemente per la valutazione dei costi potenziali associati al cambiamento climatico (US EPA - *Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government, 2016*), come assunto nel Rapporto ISPRA pari a 101.85 €/tC.

I valori di contenuto di carbonio per classe d’uso del suolo (da Sallustio et al. 2015), come riportati nel citato report ISPRA, sono indicati in *Tabella 8*.

Tabella 8 - Valori di contenuto di carbonio per classe d'uso del suolo (da Sallustio et al. 2015)

Classe d'uso del suolo	Epigeo (Mg C ha ⁻¹)	Ipogeo (Mg C ha ⁻¹)	Sostanza organica morta (Mg C ha ⁻¹)	Suolo (Mg C ha ⁻¹)	Totale (Mg C ha ⁻¹)
Foreste	50.5 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	11.525 (Est. ISPRA, 2014)	5.295 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	76.1 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	143.42
Aree agricole	5 (ISPRA, 2014)	/	/	53.1 (Chiti et al., 2012)	58.1
Arboricoltura da frutto	10 (ISPRA, 2014)	/	/	52.1 (Chiti et al., 2012)	62.1
Arboricoltura da legno	28.55 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	5.25 (Est. ISPRA, 2014)	1.75 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	63.9 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	99.45
Prati e pascoli	/	/	/	78.9 (ISPRA, 2014)	78.9
Altre terre boscate	3.05 (IPCC, 2003)	/	/	66.9 (ISPRA, 2014; Alberti et al. 2011)	69.95
Urbano	*	*	*	*	*
Aree con vegetazione rada o assente	**	**	**	**	**

Per il territorio in esame lo stock di Carbonio di riferimento può ricondursi a quello indicato per la categoria dei prati e pascoli, pari a 78.9 t C ha⁻¹.

Valutato che le superfici per le quali è prevista una effettiva trasformazione dell'uso del suolo possono ricondursi esclusivamente a quelle occupate in modo permanente dalle nuove opere (viabilità di servizio, piazzole definitive, fondazioni), la stima economica della perdita di stock di CO₂ è di seguito riportata:

S = Superficie sottratta [ha] = 12,60

C = Contenuto di Carbonio [t] = 78,9 t C ha⁻¹ x 12,60 ha= 994,14

P = Prezzo delle emissioni di carbonio [€/tC] = 101,85

Valore economico perdita di Stock [€] = 101.253,16.

2.7.3 Qualità degli habitat

Il servizio ecosistemico relativo alla qualità degli habitat, anche denominato nelle diverse classificazioni come habitat per gli organismi o tutela della biodiversità, consiste nella fornitura di diversi tipi di habitat essenziali per la vita di qualsiasi specie e il mantenimento della biodiversità stessa, e rappresenta uno dei principali valori di riferimento nella valutazione dello stato ecosistemico dei suoli. Questo servizio è

considerato come un indice della biodiversità complessiva, e rientra nella categoria dei cosiddetti servizi di supporto, secondo alcune classificazioni, o incluso nei servizi di Regolazione e mantenimento, o in altri casi ancora escluso come nello schema CICES.

Per quanto riguarda il valore economico da associare a questo servizio, ISPRA ha scelto di fare riferimento a valutazioni come quella di Costanza (Costanza et al.1997 e 2014) che fornisce il valore economico a scala globale di 17 servizi ecosistemici, tra cui anche l’habitat/refugia, suddivisi in 16 biomi.

Per il Rapporto ISPRA 2018, al fine di migliorare i valori economici, sempre a partire dai valori proposti da Costanza sono stati derivati i valori per gli altri ecosistemi per i quali non sono presenti valori nello studio citato (Tabella 9).

Tabella 9 - Valori economici per tipologia di Habitat

Classe	Tipologie di habitat	Suitability	Valore id\$ 2007/ha	Valore €/ha 2017
1	Spiagge, dune e sabbie	0,74	794,4	740,6
2	Corpi idrici permanenti	0,83	891	830,7
3	Zone umide	0,96	12452	11609,1
4	Praterie	0,86	1214	1131,8
5	Cespuglieti	0,81	869,6	810,7
6	Foreste di latifoglie	0,93	862	803,6
7	Foreste di conifere	0,82	862	803,6
8	Aree interne con vegetazione scarsa o assente	0,55	590,4	550,4
9	Superfici agricole a uso intensivo	0,26	279,1	260,2
10	Superfici agricole a uso estensivo	0,52	558,2	520,4
11	Edifici e altre aree artificiali	0,09	96,6	90,1
12	Aree aperte urbane	0,27	289,9	270,3
	Media pesata sulle superfici	0,58	633,2	590,4

Con tali presupposti, sulla base di un valore stimato del servizio ecosistemico di 520,4 €/ettaro, valutato per le superfici agricole ad uso estensivo alle quali possono assimilarsi le aree di progetto, e di una superficie “coperta” occupata dall’impianto eolico pari a circa 12,60 ettari, può stimarsi un costo esterno derivante dalla perdita di qualità dell’habitat pari a **6.557,04 euro**.

2.8 Uso ed occupazione di suolo

2.8.1 Premessa

Gli impianti eolici e le relative infrastrutture, civili ed elettriche, possono potenzialmente interferire, in vario modo, con le attività economiche e con l'utilizzo del suolo ad esse correlato. Un effetto diretto è conseguente alla sottrazione diretta di terreno (piazzole di macchina, aree per le stazioni di utenza e/o connessione alla RTN, nuove strade, ecc.). Gli impianti eolici possono, inoltre, localmente risultare incompatibili o scarsamente compatibili con la presenza di civili abitazioni nelle immediate vicinanze delle installazioni, in particolare per problemi associati all'emissione di rumore.

D'altro canto, la presenza degli aerogeneratori è assolutamente compatibile con l'esercizio delle normali pratiche agricole e zootecniche.

Un ulteriore effetto potenziale, riscontrato anche per linee elettriche AT (CESI, 2008), può riferirsi alla modifica del valore delle abitazioni, mentre non si hanno segnalazioni analoghe riguardo alle industrie o al commercio.

2.8.2 Sottrazione temporanea e permanente di suolo

La perdita economica connessa alla sottrazione di suolo per l'installazione degli aerogeneratori e delle opere connesse può essere stimata facendo riferimento al valore agricolo del terreno per il tipo di colture o uso praticato.

Ai fini della stima dei costi relativi al mancato utilizzo dei terreni interessati dalle opere si è assunto, a titolo conservativo, di far riferimento al valore della PLS che potrebbe essere generato laddove i terreni sottratti fossero adibiti, come plausibile, a colture foraggere. In tale prospettiva la PS sarebbe di 542,12 euro/ettaro x anno (dati CRA-INEA per la Sardegna relativi al 2017 rivalutati al 2023).

Il totale delle superfici impegnate dalla realizzazione dell'opera è desumibile dall'esame degli elaborati di progetto ed è pari a 12,60 ha di occupazione permanente a cui si aggiungono circa 11,70 ettari di occupazione temporanea.

I costi attribuibili alle superfici di terreno agricolo sottratte in modo permanente sono, pertanto, così valutabili:

Mancato reddito agricolo (occ. Perm.) = 12,60 ha x 542,1 euro/ha x anno = 6.830,67 €/anno.

Relativamente alle superfici occupate in modo temporaneo dalle aree di lavorazione, i costi per il mancato reddito agricolo sono così stimati:

Mancato reddito agricolo (occ. temp.) = 11,70 ha x 542,1 euro/ha x anno x 2 anni = 12.685,53 €.

2.8.3 Limitazioni all’edificabilità

La realizzazione del progetto introduce, potenzialmente, delle limitazioni all’edificabilità nell’immediato intorno dell’impianto. Ciò nella misura in cui l’eventuale costruzione di fabbricati agricoli, eventualmente a fini residenziali, nelle più immediate pertinenze delle proposte installazioni eoliche potrebbe risultare poco appetibile, in prevalenza per aspetti legati alla rumorosità delle turbine.

Muovendo dalla considerazione che la rumorosità indotta dagli aerogeneratori decade sensibilmente a poche centinaia di metri dalle postazioni eoliche e valutato che gli attuali indirizzi regionali (DGR 59/90 del 2020) suggeriscono di ubicare le installazioni eoliche a distanze superiori ai 500 metri dalle unità abitative, si ritiene che la potenziale area in cui sussistano limitazioni delle opportunità di edificazione possa essere ricondotta a tali porzioni di territorio.

Con tali presupposti, la superficie per la quale la possibilità di edificazione successiva alla realizzazione delle opere risulterebbe astrattamente penalizzata, è valutata in circa 1152 ettari.

Il costo sostenuto dalla collettività per un’eventuale mancata capacità edificatoria è valutabile nella rendita degli immobili che potrebbero realisticamente realizzarsi nelle superfici potenzialmente influenzate dalla presenza dell’impianto, come sopra individuate. Assunto che la densità media degli ambienti abitativi, è di appena 0.012 edifici per ettaro (sono stati individuati 33 fabbricati di tale categoria in circa 2848 ettari corrispondente ad un’areale compreso entro 1000 metri dagli aerogeneratori), è ragionevolmente ipotizzabile che un ipotetico sviluppo edificatorio delle aree entro 500 metri dalle postazioni eoliche (~1152 ettari) sia quantificabile conservativamente in circa 14 edifici destinati ad abitazione.

Assumendo una superficie media degli immobili di 300 m², un valore immobiliare pari a quello del territorio agricolo in esame (~400 €/m², fonte <http://www.immobiliare.it>) ed una rendita del 1% sul valore immobiliare, il costo per le limitazioni indotte sulla capacità edificatoria è così quantificabile:

$14 \text{ ab.} \times 300 \text{ m}^2/\text{ab.} \times 400 \text{ €/m}^2 \times 0.01 = 16.800,00 \text{ €/anno.}$

2.9 Campi elettromagnetici

Nel caso dei campi elettromagnetici uno spunto metodologico per procedere con una valutazione delle esternalità può venire dalla normativa nazionale che prevede la definizione di fasce di rispetto (Distanze di prima approssimazione – DPA) all’interno delle quali non si possono condurre pratiche edilizie continuative o attività che comportino la permanenza di persone per tempi prolungati. Il progetto delle opere elettromeccaniche contiene uno specifico elaborato, concernente lo studio sulla propagazione dei campi elettromagnetici (Elaborato WIND002-RA8), all’interno del quale è stata determinata l’ampiezza della fascia di rispetto associata alle varie infrastrutture elettriche. Poiché per i cavidotti a 36kV interrati la DPA è minima, la

monetizzazione si ritiene possa essere sostanzialmente interiorizzata dalle analisi delle esternalità sull’uso e l’occupazione di suolo, esposte nei precedenti paragrafi.

2.10 Componente socio-economica

2.10.1 Sviluppo progettuale

Una quota significativa dei costi sostenuti dal proponente per lo sviluppo delle attività tecnico-progettuali autorizzative ed esecutive sarà affidata a professionisti e/o ditte locali. Su un totale dei costi di sviluppo ed ingegneria esecutiva, stimato complessivamente in circa 725.000,00 euro il 70% circa si stima possa essere svolto da operatori locali, con conseguenti ricadute positive sul tessuto socio-economico regionale.

Il beneficio diretto per servizi di ingegneria a livello locale (rilievi, indagini, progettazione, DL) è pertanto quantificabile, indicativamente, in 507.500,00 euro, pari a circa 18 annixuomo di lavori e con un impegno di risorse professionali stimato in circa 20 unità.

2.10.2 Processo costruttivo

Realisticamente si stima che possano essere affidate a ditte locali le seguenti opere;

Costruzioni stradali e piazzole	€ 10.990.453,42
Fondazioni	€ 4.665.964,80
Recupero ambientale	€ 1.240.009,25
Realizzazione cavidotti	€ 1.050.000,00
TOTALE	€ 25.557.126,08

L’ammontare complessivo dei lavori appaltati a ditte locali è stimabile, pertanto, in € 25.557.126,08. Ipotizzata una incidenza media della manodopera del 25% sulle lavorazioni (6.389.281,52 €) ed una durata dei lavori di circa 18 mesi, può stimarsi un numero complessivo di addetti coinvolti in fase di cantiere pari a circa 154⁴.

⁴ Il numero di unità impiegate è stimato sulla base di un costo della manodopera di circa 6.389.281,52 €, una durata del cantiere di 360 giorni lavorativi ed una retribuzione annua media di 30.000,00 €/addetto x anno (~115 €/giorno x addetto)

2.10.3 Fase gestionale (O&M)

Valutata la prospettiva di instaurare un contratto di O&M con il costruttore per ogni aerogeneratore ed assumendo un costo medio di €/anno×WTG pari a 30.000,00, si stima un costo complessivo indicativo di 480.000,00 €/anno per i 16 aerogeneratori.

L'incidenza della manodopera sull'ammontare stimato dei costi di manutenzione WTG si stima almeno pari al 50%.

Valutando che le suddette attività manutentive sono di norma svolte da personale residente in Sardegna, la ricaduta sul territorio per attività di O&M è stimata mediamente in **240.000,00 €/anno**, valutabile nel contributo di circa 8 addetti locali/anno.

2.10.4 Misure compensative a favore dei comuni interessati

L'attuale disciplina autorizzativa degli impianti alimentati da fonti rinnovabili stabilisce che per l'attività di produzione di energia elettrica da FER non è dovuto alcun corrispettivo monetario in favore dei Comuni. L'autorizzazione unica può prevedere l'individuazione di misure compensative, a carattere non meramente patrimoniale, a favore degli stessi Comuni e da orientare su interventi di miglioramento ambientale correlati alla mitigazione degli impatti riconducibili al progetto, ad interventi di efficienza energetica, di diffusione di installazioni di impianti a fonti rinnovabili e di sensibilizzazione della cittadinanza sui predetti temi, nel rispetto dei criteri di cui all'Allegato 2 del D.M. 10/09/2010.

Le eventuali misure di compensazione ambientale e territoriale non possono, in ogni caso, essere superiori al 3 per cento dei proventi, comprensivi degli incentivi vigenti, derivanti dalla valorizzazione dell'energia elettrica prodotta annualmente dall'impianto.

Come indicazione di massima degli interventi di compensazione ambientale che, previo accordo con le Amministrazioni comunali coinvolte, potranno essere attuati dalla Repsol Orria S.r.l., possono individuarsi, a titolo esemplificativo e non esaustivo:

Interventi sul territorio

- Realizzazione di interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sulla viabilità e segnaletica miranti al contenimento dell'inquinamento acustico e ambientale, anche attraverso la realizzazione di opere che determinano una maggiore fluidità del traffico o riducono l'inquinamento (es. rifacimento/manutenzione stradale anche con asfalto fonoassorbente);
- interventi di regimazione idraulica o riduzione del rischio idraulico;
- interventi di stabilizzazione/consolidamento di versanti;

- sostegno alla lotta agli incendi boschivi in coordinamento con il Corpo Forestale e la Protezione Civile;
- contributo azioni e interventi di protezione civile a seguito di calamità naturali;
- realizzazione di interventi sulla rete idrica fognaria;
- realizzazione / sistemazione di piste ciclabili e percorsi pedonali;
- acquisto automezzi, mezzi meccanici ed attrezzature per la gestione del patrimonio comunale (territorio, viabilità, impianti);

Interventi di efficientamento energetico:

- contributo all’installazione di impianti fotovoltaici su immobili comunali;
- installazione di sistemi di illuminazione a basso consumo e/o a basso inquinamento luminoso;
- acquisto di mezzi di trasporto pubblici basso emissivi;
- interventi finalizzati al miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici comunali;
- contributo alla creazione di comunità energetiche.

La società proponente, inoltre, è disponibile a sostenere altri interventi compensativi comunque orientati alle finalità di compensazione ambientale e territoriale eventualmente individuati dai comuni e preventivamente approvati da Repsol Orria S.r.l.

Per l’impianto in oggetto la tariffa incentivante sarà ragionevolmente disciplinata dal meccanismo delle aste, come già disposto dal Decreto del 4 luglio 2019, pertanto non definibile a priori in modo puntuale. Allo scopo di fornire un valore indicativo della compensazione ambientale, sulla base degli attuali prezzi di mercato dell’energia, può stimarsi una tariffa di 50 €/MWh.

Sulla base di una producibilità annua calcolata di 341.550.000 kWh/anno e di una aliquota delle compensazioni valutata, nei propositi della Repsol Orria S.r.l., in misura del 3% dei proventi della vendita dell’energia, si ottiene un importo delle risorse da destinare a misure compensative territoriali pari a 512.325,00 €/anno.

Si precisa che le suddette cifre sono puramente indicative e che quelle reali saranno dettate dalla tariffa base di riferimento ed al contingente d’asta al quale rientrerà il progetto

Per quanto precede l’importo dei corrispettivi da destinare a misure compensative territoriali a favore dei comuni è indicativamente valutabile in **512.325,00 €/anno**.

3 Quadro riepilogativo e Conclusioni

I flussi annuali delle grandezze economiche considerati sono nel quadro sinottico riportato in Allegato 1 mentre i risultati dell’ACB sono sintetizzati nella Tabella 3.1.

I parametri di riferimento per l’analisi economica sono i seguenti:

Tasso di inflazione 1,5%

Tasso di sconto 3%

Tabella 3.1 – Sintesi dei risultati dell’Analisi costi - benefici

	Soluzione progettuale
Benefici attualizzati (€)	162.112.489,03
Costi attualizzati (€)	- 44.376.636,52
VANE	117.735.852,51 €
Benefici / costi economici	3,65

Il progetto presenta un Valore attuale netto economico (VANE) significativamente positivo

La performance economica dell’investimento è conseguenza della specificità degli impianti energetici a fonte rinnovabile e della loro funzione strategica in termini di contrasto all’azione dei cambiamenti climatici. Si ricorda, a tale proposito, come la Direttiva 2014/52/UE, che modifica la direttiva 2011/92/UE concernente la valutazione dell’impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati, sottolinei la necessità che alcune questioni ambientali, come **l’efficienza delle risorse e la sostenibilità, la tutela della biodiversità, i cambiamenti climatici e i rischi di incidenti e calamità**, debbano costituire elementi importanti all’interno dei processi di valutazione e decisionali.

Anche volendo focalizzare le analisi sulla sola scala locale, ancorché tale ipotesi non sia coerente con i predetti obiettivi di un’esaustiva analisi ambientale, i risultati mostrano in tutta evidenza come l’iniziativa proposta sia suscettibile di determinare significative ricadute positive sul territorio, attraverso l’attuazione delle previste azioni compensative.

A tale riguardo, in particolare, si fa notare come la cumulata delle compensazioni territoriali (circa 10,4 M€ in 25 anni) sia abbondantemente superiore alla cumulata dei costi attualizzati riferibili alle esternalità ambientali misurate alla scala locale (circa 7,2 M€ in 25 anni).

