

REGIONE LAZIO  
Provincia di LATINA

PROGETTO:

REALIZZAZIONE DELL' IMPIANTO AGROVOLTAICO "CACCIANOVA"  
DA 21.010,86 kWp E DELLE RELATIVE OPERE ED  
INFRASTRUTTURE CONNESSE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI  
CISTERNA DI LATINA (LT)

*Potenza Nominale Impianto: 21.010,86 kWp*

*Potenza Immissione: 19.000 kW*

**PROGETTO DEFINITIVO**

TITOLO:

## ANALISI DEI COSTI E DEI BENEFICI

COMMITTENTE

 **sonnedix**  
**SONNEDIX SAN GABRIELE S.R.L.**  
Corso Buenos Aires, n. 54  
20124 - Milano (MI)  
P. IVA 12044350960  
P.e.c. sxsangabriele.pec@maildoc.it

PROGETTISTI

Ing. Roberto Di MONTE



Gruppo di Lavoro: Ing. R. Di Monte, Arch. V. Lauriero, Dott. Geol. N. Pellecchia, Ing S. Scaramuzzi, Dott. Agr. T. Vamerai

02					
01					
00	Emissione	18/02/22	Ing. Di Monte	Arch. Lauriero	Ing. Di Monte
<b>Rev</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Data</b>	<b>Eseguito</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
	Formato A4	SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI			
	N. Pagine 16+copertina				
	Ing Roberto Di Monte Via Vittorio Veneto, 38 70128 - Bari Palese <a href="mailto:info@dimonte.eu">info@dimonte.eu</a>				
		Commessa L2120	Documento Rel 14 ANALISI COSTI E BENEFICI		N. Doc. <b>Rel 14</b>

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. PROBLEMATICHE DI FONDO NELL'ACB.....</b>	<b>2</b>
2.1 I metodi di valutazione del valore economico dei beni ambientali .....	5
2.2 Il Progetto ExternE .....	8
2.3 Il costo globale delle fonti energetiche .....	10
<b>3. ANALISI DEI COSTI .....</b>	<b>12</b>
3.1 Occupazione di suolo agricolo .....	12
3.2 Costo di produzione dell'energia.....	13
<b>4. ANALISI DEI BENEFICI.....</b>	<b>14</b>
4.1 Prezzo dell'Energia.....	14
4.2 Benefici Ambientali .....	15
<b>5. RISULTATI .....</b>	<b>16</b>

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione viene effettuata un'analisi dei costi per la realizzazione dell'impianto agrovoltaiico "CACCIANOVA" e dei benefici che lo stesso produce sfruttando l'effetto fotovoltaico per generare energia elettrica rinnovabile e nel contempo utilizzando i terreni sottostanti ai pannelli per la produzione agricola. L'impianto sarà realizzato in Zona Agricola del territorio Comunale di Cisterna di Latina (LT).

L'Analisi Costi-Benefici (ACB) è un metodo di valutazione ex ante di progetti privati applicata anche nel campo delle scelte di investimento pubbliche: essa può essere utilizzata per valutare la convenienza di un singolo progetto, di un programma, o di uno strumento di politica economica. In realtà, essa è parte integrante del progetto stesso, in quanto consente di valutarne la convenienza e di scegliere, tra diverse alternative progettuali, quella più conveniente.

L'ACB prende in esame diverse prospettive di valutazione: quella finanziaria, quella economica e quella sociale.

Nell'**analisi finanziaria** l'investimento viene considerato dal punto di vista privato: il progetto viene valutato in rapporto alla sua capacità di contribuire al profitto del proponente, e pertanto vengono considerate le tipiche variabili che influenzano direttamente la funzione del profitto (flusso di ricavi e dei costi). Il progetto sarà considerato conveniente se il profitto da esso derivante sarà positivo. Nel caso di confronto tra diverse alternative progettuali si considererà più conveniente il progetto cui è associato un livello di profitto più elevato.

Nell'**analisi economica** la prospettiva rispetto alla quale deve essere valutata la convenienza di un progetto è invece quella collettiva. L'operatore pubblico che finanzia l'intervento dovrà valutare i benefici per la collettività massimizzando la funzione di benessere collettivo e sarà quindi quest'ultima funzione la discriminante che consentirà di decidere se attuare (o finanziare) un progetto o quale alternativa progettuale realizzare.

Nel caso in esame è evidente che l'approccio da seguire sia quello dell'analisi economica e che la massima rilevanza è data dagli effetti ambientali associati all'intervento in progetto.

Prima di procedere con la quantificazione dei costi e dei benefici economici correlati alla realizzazione delle opere di progetto, si riportano alcune considerazioni relativamente alle problematiche intrinsecamente connesse all'ACB ed alle metodologie comunemente utilizzate per la valutazione dei beni economici.

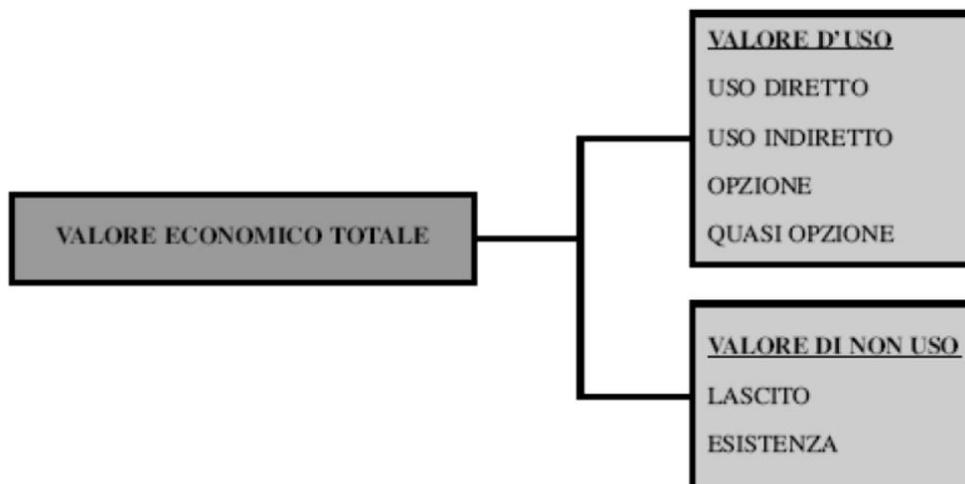
## 2. PROBLEMATICHE DI FONDO NELL'ACB

Nella valutazione degli effetti ambientali relativi alla realizzazione di un intervento, bisogna considerare che i beni ambientali sfuggono alla logica di mercato e, pertanto, il loro valore non può essere determinato attraverso l'analisi tradizionale delle curve di domanda ed offerta. È evidente, allora, come la definizione del valore economico di una risorsa ambientale, ossia l'attribuzione di un corrispettivo monetario ad essa, debba superare i limiti del valore di scambio ed abbracciare una nozione di valore più ampia che consideri tutte le ragioni per le quali la risorsa ambientale è fonte di utilità per la collettività.

In linea generale, quindi, l'attività di valutazione di un bene ambientale implica la misurazione, attraverso una qualche unità di misura convenzionale, della capacità del bene di essere utile e quindi di soddisfare determinati bisogni. In presenza di esternalità negative, risulta necessario identificare la curva del costo esterno, ossia cercare di misurare i danni ambientali. Tale misurazione dovrà essere effettuata in termini monetari, dal momento che i benefici privati sono espressi in questa unità di misura: la moneta, infatti, è utilizzata come strumento di misurazione dei guadagni e delle perdite di utilità (o di benessere). L'idea fondamentale per la misurazione in termini monetari dei benefici è che gli individui rivelino le loro **preferenze per i beni ambientali mostrando la loro Disponibilità A Pagare (DAP) per quei beni**. Il prezzo di mercato costituisce la guida iniziale per misurare tale disponibilità, e quindi, la spesa totale per il bene rappresenta la prima approssimazione del beneficio ricevuto. Ovviamente, la ragione per la quale la moneta viene utilizzata come unità di misura è che tutti esprimono le proprie preferenze nei termini di questa unità di misura: se acquistiamo un bene, ad esempio, esprimiamo la nostra disponibilità a pagare offrendo moneta in cambio di quel bene, e indirettamente riflettiamo il valore economico che viene attribuito al bene in questione.

Naturalmente **l'approccio monetario presenta numerosi limiti**. In primo luogo, tale approccio "monetizza" le preferenze degli individui per una variazione nella fornitura di un bene non di mercato (es. qualità ambientale) non il valore del bene in sé. Spesso **le persone non hanno preferenze ben definite in termini monetari per i beni non di mercato**; può quindi essere necessario fornire informazioni aggiuntive per consentire la formazione di tali preferenze. **La disponibilità a pagare, inoltre, dipendendo dalla capacità di pagare, è distorta dalla distribuzione del reddito**.

A livello teorico, il problema della valutazione economica dei beni ambientali ha subito, negli ultimi decenni, una profonda rielaborazione, soprattutto a causa delle pressioni politiche rivolte al cambiamento della politica ambientale. Nel corso degli anni '80, in particolare, le critiche rivolte alla teoria microeconomica tradizionale di non tenere conto, nelle valutazioni monetarie dei beni ambientali, dei valori diversi da quelli di puro utilizzo ha spinto verso **l'introduzione del concetto di Valore Economico Totale (VET)**. Nonostante esistano approcci diversi, e non vi sia accordo unanime circa la terminologia utilizzata, in economia ambientale si è giunti ad identificare una precisa tassonomia dei valori economici dei beni ambientali, così come riportato nel seguente schema.



Il Valore Economico Totale è composto da "valori d'uso" e "valori di non uso" (o intrinseci). Appartengono alla prima categoria, i valori d'uso (diretto ed indiretto) ed i valori d'opzione e quasi

---

opzione; rappresentano, invece, valori di non uso, il valore di lascito ed il valore d'esistenza. Il valore economico totale risulta quindi pari a:

**VET = valore d'uso diretto + valore d'uso indiretto + valore d'opzione + valore di quasi opzione + valore di esistenza + valore di lascito**

Analizziamo brevemente le diverse componenti:

Il **valore d'uso** rappresenta la principale componente del valore economico di una risorsa ambientale. Gran parte del valore che da questo deriva è legato, infatti, all'utilità percepita dai consumatori attraverso la fruizione. Alcuni autori distinguono tra valore d'uso diretto, che deriva dalla fruizione diretta della risorsa naturale (si pensi, ad esempio, al piacere che deriva dall'utilizzo di una spiaggia), e valore d'uso indiretto, legato ai benefici indiretti che gli individui ricevono dall'utilizzo della risorsa (si pensi, ad esempio, ai fruitori di una spiaggia che beneficiano, nel corso della loro permanenza, degli effetti paesaggistici del territorio circostante).

Il **valore di opzione** è legato al desiderio di assicurare la disponibilità del bene per un potenziale utilizzo futuro. Esso assume particolare rilevanza quando vi sono situazioni di incertezza sulla disponibilità futura della risorsa ambientale, come, ad esempio, per i c.d. beni irriproducibili o per i beni la cui offerta non è in grado di adeguarsi alle variazioni della domanda. Il valore d'opzione corrisponde, in linea teorica, all'ammontare di un ipotetico premio assicurativo pagato al fine di avere la garanzia della disponibilità futura del bene per un uso diretto o indiretto. I soggetti avversi al rischio saranno, infatti, disposti a pagare una somma di denaro per garantirsi tale disponibilità in futuro.

Il **valore di quasi opzione** individua, invece, il valore attribuito alla possibilità di preservare la risorsa per utilizzi futuri non ancora identificati e conseguenti al processo di sviluppo tecnologico. In altre parole, esso rappresenta il valore del potenziale aumento di conoscenza che può derivare dalla semplice esistenza di quel bene.

Oltre al valore d'uso, esistono altre valenze, sinteticamente definite come valori di non uso, del tutto indipendenti dall'utilizzo individuale del bene. Ad esempio, il **valore di lascito** si identifica con l'utilità derivante dalla consapevolezza che, grazie al proprio interessamento, anche le generazioni future potranno godere di determinate risorse ambientali (atteggiamento di tipo altruistico). Dal punto di vista economico, tale valore è esprimibile quindi come la disponibilità a pagare da parte di un soggetto per la conservazione di un certo bene affinché le generazioni future possano disporne. È evidente, allora, come tale concetto sia affine al valore di opzione, nel senso che come questo si riferisce a fruizioni differite nel tempo, è correlato all'uso di una risorsa, ma è condizionato dall'incertezza sulla sua disponibilità futura.

Il **valore di esistenza** è invece legato alla possibilità di preservare il bene da una possibile distruzione a prescindere da qualunque considerazione legata all'uso attuale o futuro di tale risorsa. Tale valore si riferisce, infatti, all'utilità percepita dai soggetti per il solo fatto che le risorse continuano ad esistere, indipendentemente dalla possibilità di trarne un beneficio dall'uso. In termini economici, tale valore è misurato dalla disponibilità a pagare per l'esistenza o la salvaguardia di determinati beni.

**L'introduzione del Valore Economico Totale ha segnato un indubbio passo in avanti nelle valutazioni economiche dei beni ambientali.** In letteratura, oggi, esiste un sostanziale accordo sul fatto che le componenti appena richiamate possano influire, almeno in linea teorica, sul valore di una risorsa ambientale. Tuttavia, **esistono numerose perplessità legate alla possibilità di quantificare valori come quelli di esistenza, per i quali non esiste un riferimento di mercato.** Naturalmente, **tale problema può essere ridimensionato considerando il peso relativo che le diverse componenti assumono in termini di effettivo contributo al valore economico totale.** Nel caso della stima degli effetti misurabili del danno ambientale, infatti, tale operazione consente una notevole semplificazione delle operazioni di stima, garantendo la possibilità di **trascurare alcune componenti irrilevanti.**

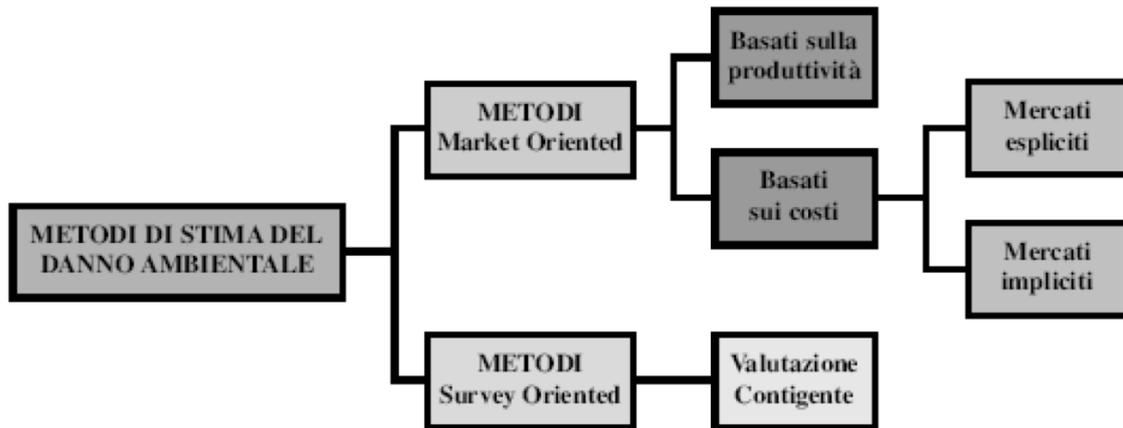
- In linea generale, la rilevanza delle componenti di non uso dipende da tre elementi fondamentali: **l'irreversibilità del bene** - se il bene non viene preservato, le possibilità di rigenerazione sono assai complesse e i tempi ancor più lunghi;
- **l'incertezza** - in quanto il futuro non è noto e gli attuali errori di gestione della risorsa possono generare dei costi potenziali futuri difficili da determinare;
- **l'unicità** - il bene in questione non è facilmente sostituibile, si preferirà quindi la preservazione piuttosto che lo sfruttamento indiscriminato.

## 2.1 I metodi di valutazione del valore economico dei beni ambientali

Negli ultimi anni sono state definite numerose e differenti metodologie di stima dei costi e benefici esterni ambientali. Malgrado la maggior parte degli approcci si basi su un apparato teorico comune ben definito, esistono notevoli differenze tra loro. Naturalmente, è al di là dello scopo del presente lavoro presentare una rassegna esaustiva delle diverse tecniche di "monetizzazione" esistenti, tuttavia, è opportuno descrivere sinteticamente le principali tecniche al fine di spiegare quali sono i loro ambiti specifici di applicazione e perché diversi approcci applicati ad un medesimo problema di valutazione ambientale producono risultati diversi.

In primo luogo, è necessario sottolineare come, **dal punto di vista giurisprudenziale, il valore economico di un bene ambientale per la collettività sia pari al danno (costo) subito dalla collettività a causa di un'attività di alterazione, deterioramento e distruzione del bene stesso.** E' evidente allora come gran parte delle tecniche di valutazione sviluppate sia rivolta alla quantificazioni dei danni arrecati all'ambiente.

Come rilevato da numerosi autori (vedi, ad esempio, Stirling, 1992) esiste una notevole confusione nella classificazione e nomenclatura dei diversi metodi. Malgrado la maggior parte degli autori distingua tra metodi diretti (o delle preferenze dichiarate) e metodi indiretti (o delle preferenze rivelate), i differenti significati attribuiti alla parola 'diretto' da parte dei diversi autori, ha infatti impedito la formazione di un linguaggio comune (Fontana, 2005). Al fine di superare (evitare) tale confusione, si distinguerà tra metodi di stima "market oriented" e metodi di stima "survey oriented". Consideriamo la seguente figura.



Per quanto riguarda i metodi **market oriented**, basati sui costi, assumono particolare rilevanza le tecniche orientate a mercati espliciti, ossia basate su dati di prezzo e quantità ricavati da mercati effettivi. È possibile distinguerle in:

- costo di ripristino: ricostruzione e stima delle spese che sarebbe necessario sostenere per riportare i beni ambientali danneggiati alla situazione precedente il danno (baseline);
- costo di sostituzione: ricostruzione e stima delle spese che sarebbe necessario sostenere per beni prodotti dall'uomo che possano sostituire i beni o i servizi ambientali compromessi;
- costo del progetto ombra: ricostruzione e stima delle spese che sarebbe necessario sostenere per creare un progetto alternativo alla risorsa ambientale danneggiata;
- costo di rilocalizzazione: ricostruzione e stima delle spese che sarebbe necessario sostenere per spostare altrove le attività economiche danneggiate a causa della riduzione della qualità ambientale;
- spese difensive: ricostruzione e stima delle spese che sarebbe necessario sostenere per evitare o prevenire impatti sulle componenti ambientali.

Le tecniche orientate a **mercati impliciti** utilizzano, invece, dati di prezzo e quantità ricavati da mercati di beni surrogati rispetto a quello ambientale da valutare. È possibile distinguerle in:

- prezzi edonici (Griliches, 1971; Rosen, 1974): si fa riferimento al valore di mercato di particolari beni succedanei complementari ai beni ambientali. Si ricorre a questi metodi quando i beni ambientali danneggiati sono intangibili (paesaggio incontaminato, aria pulita, silenziosità di un luogo);
- costi di viaggio (Hotelling, 1931; Clawson, 1959; Claxton e Knetsch, 1966): si fa riferimento alle spese sostenute dagli individui per raggiungere una determinata località, e si assume che tali cifre rappresentino l'effettivo valore che gli individui attribuiscono al sito.

Le tecniche orientate alla produttività considerano l'ambiente naturale come fattore di produzione (Ellis e Fisher, 1987; Maler, 1992; Freeman, 1993):

$$Q = f(K, L, E)$$

dove  $Q$  rappresenta il prodotto,  $K$  il capitale,  $L$  il lavoro ed  $E$  un indicatore di qualità ambientale.

Qualora la forma algebrica della funzione di produzione sia nota è possibile calcolare l'effetto che una variazione della qualità ambientale ha sulla produzione. Se un danno altera la quantità o il prezzo di un bene (o di un servizio) fornito da una qualità ambientale, il valore monetario di tale cambiamento costituisce, quindi, una misura del danno alla qualità ambientale stessa. In linea generale, i metodi orientati al mercato presentano una serie di criticità:

- le stime sono dipendenti dal mercato e dunque da fattori contingenti;
- esistono delle difficoltà nella ripartizione della responsabilità dei danni nello spazio e nel tempo, in caso di più inquinatori;
- sono difficilmente applicabili ai casi di danno atmosferico, alla falda, a bacini idrici di vaste dimensioni;
- sono di difficile applicabilità al concetto di biodiversità;
- non sono applicabili qualora i danni ambientali siano, in massima parte, localizzati in aree marginali, di pregio modesto e con scarso valore d'uso per la collettività.

Per quanto riguarda i metodi "survey oriented", le tecniche orientate a mercati ipotetici, o di valutazione contingente, sono invece basate su interviste attraverso le quali viene stimata la disponibilità a pagare degli individui, o di un insieme di individui, per particolari beni e servizi ambientali. In alternativa, sempre tramite interviste, tali tecniche si affidano a valutazioni di tali beni e servizi fornite da esperti. Il valore di un bene ambientale viene così individuato attraverso la ricostruzione della disponibilità a pagare (DAP) degli individui per un beneficio ambientale o la disponibilità ad accettare compensi per un costo ambientale (DAC). Tale disponibilità viene stimata attraverso domande dirette su preferenze personali riguardo l'ambiente, o dedotta analizzando le scelte da essi effettuate in simulazioni in cui vengono proposti beni o servizi ambientali alternativi.

Naturalmente anche questo metodo non è esente da criticità, quali:

- la scarsa conoscenza da parte dell'individuo relativa ai beni ambientali;
- il rischio di comportamenti strategici (free riding);
- non neutralità delle modalità di pagamento;
- il fatto che le preferenze non sono sempre transitive e sommabili;
- il rischio distorsione in ragione del tipo di domanda o del campione.

Dal punto di vista della quantificazione del valore economico totale delle risorse ambientali, i diversi metodi di valutazione presentano, quindi, delle evidenti criticità. **Le metodologie market oriented permettono di stimare solo il valore d'uso, diretto ed indiretto, dei beni ambientali; mentre le metodologie survey oriented, malgrado permettano di individuare sia il valore d'uso che il valore di non uso, risultano altamente arbitrarie.**

Sebbene il concetto di Valore Economico Totale di una risorsa ambientale rappresenti, quindi, un avanzamento dal punto di vista teorico, i metodi utilizzati per la sua valutazione non permettono una chiara quantificazione dei diversi elementi che lo compongono. Tale fenomeno non è sorprendente: da una parte, l'Economia Ambientale, tentando di riportare all'interno dell'impostazione standard i problemi di carattere ambientale, non permette di considerare in maniera soddisfacente parte dei valori di non uso; dall'altra, l'Economia Ecologica, sebbene interessata al valore intrinseco del capitale naturale non sembra ancora in grado di esprimere, a livello operativo, metodi in grado di quantificare il valore economico di una risorsa.

Queste considerazioni evidenziano in ultima analisi le criticità intrinsecamente connesse alla quantificazione economica dei beni ambientali.

Noto quanto sopra, **ai fini della presente analisi si è deciso di utilizzare quale riferimento la metodologia sviluppata nell'ambito del progetto ExternE**, acronimo di "External Costs of Energy" e riferimento di una serie di progetti promossi dalla Commissione Europea a partire dagli anni novanta. Le analisi condotte in tale progetto sono stati utilizzati anche nell'ambito di analisi costi benefici a livello "macro" per valutare il costo globale di produzione dell'energia e gli effetti dello sviluppo delle rinnovabili.

Nel successivo paragrafo si riporta una breve descrizione della metodologia adottata per l'implementazione del progetto ExternE.

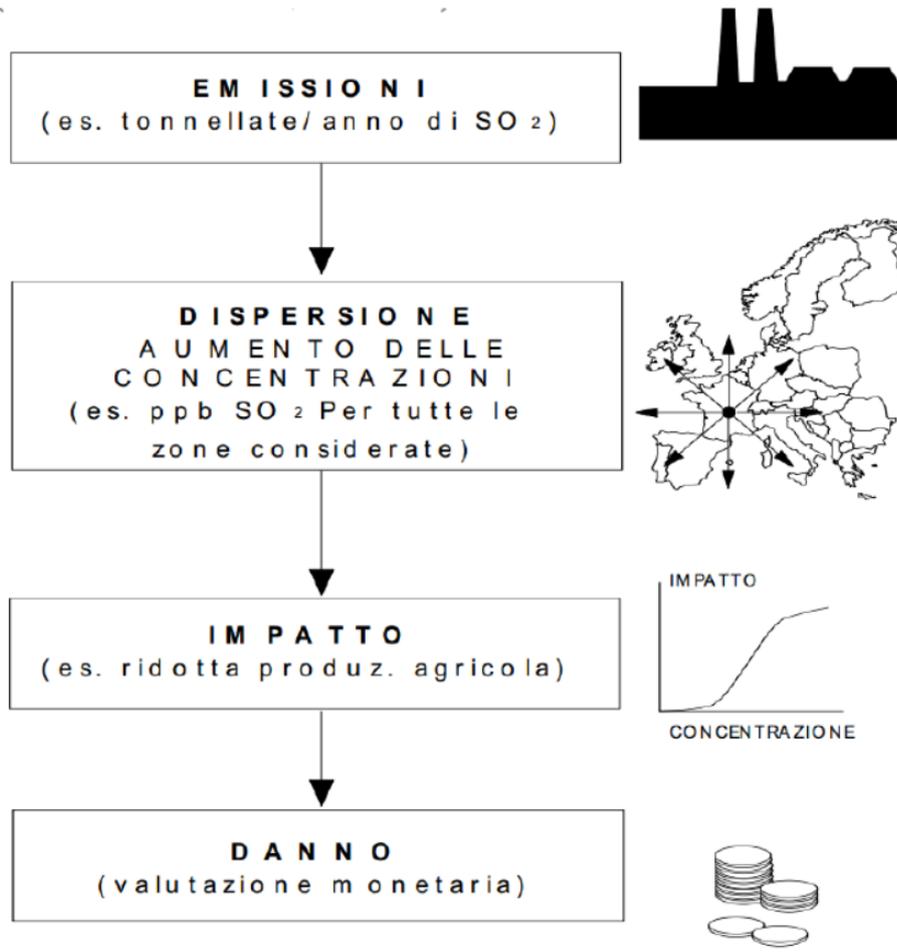
## 2.2 Il Progetto ExternE

Il progetto ExternE, "External Costs of Energy", è stato inizialmente promosso dalla Commissione Europea in collaborazione con il Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti nel 1991, in seguito alla convinzione che gli impatti ambientali connessi alla produzione di energia non fossero debitamente considerati nei processi decisionali. Il progresso nella conoscenza scientifica aveva dimostrato che talune fonti energetiche possono provocare impatti negativi anche molto significativi su un ampio numero di recettori, influenzando sulla salute umana, sugli ecosistemi e sull'ambiente in generale.

La scelta di approfondire le esternalità riconducibili al settore dell'energia è stata, quindi, dettata da diversi fattori, tra cui:

- la necessità di considerare l'interesse ambientale nella scelta tra differenti fonti energetiche e tecnologie ad esse associate;
- la necessità di valutare i costi ed i benefici dell'applicazione di standard ambientali più rigorosi;
- la maggiore attenzione verso l'utilizzo di strumenti economici nelle politiche ambientali;
- la promozione di politiche volte all'incoraggiamento dello sviluppo dei meccanismi di mercato e della competizione nel settore dell'energia (privatizzazione, liberalizzazione dei mercati energetici...)

La metodologia sviluppata nell'ambito del progetto ExternE rappresenta il primo approccio sistematico per la valutazione monetaria dei costi esterni di una vasta gamma di cicli di produzione di energia. L'approccio al calcolo delle esternalità è di tipo bottom-up e si basa sullo studio del percorso degli impatti (Impact Pathway): l'analisi procede in maniera sequenziale dalla quantificazione dei fattori d'impatto (emissioni atmosferiche, rumore ecc..) alla stima delle modificazioni ambientali, alla valutazione degli impatti fisici fino a giungere alla loro quantificazione in termini monetari. Gli impatti ed i costi sono sommati per i diversi recettori sensibili e lo studio si delinea come un'analisi di tipo multidisciplinare.



Il primo studio prodotto dal progetto ExternE è stato pubblicato negli Stati Uniti ed in Europa tra il 1994 e 1995 e propone una metodologia di lavoro da applicarsi per un dettagliata quantificazione dei costi esterni del ciclo di vari carburanti o fonti energetiche. In particolare, lo studio comprende i seguenti volumi:

- Vol. 1: Sintesi;
- Vol. 2: Metodologia;
- Vol. 3: Carbone e lignite;
- Vol. 4: Petrolio e gas;
- Vol. 5: Nucleare;
- Vol. 6: Eolico ed idroelettrico.

Negli anni la metodologia è stata ulteriormente sviluppata (l'ultima pubblicazione comprendente l'aggiornamento della stessa risale al 2005) e lo studio esteso ad altri settori come **il fotovoltaico**, i rifiuti o i danni riconducibili al riscaldamento globale.

Ai fini della presente analisi, ci si concentrerà sulla metodologia proposta da ExternE per la monetizzazione dei danni riconducibili alla produzione di energia tramite lo sfruttamento delle risorse naturali in generale.

Gli impatti identificati come maggiormente rilevanti da ExternE relativamente alla fonte energetica in esame sono i seguenti:

- consumo di suolo;
- costo della produzione di energia.

### 2.3 Il costo globale delle fonti energetiche

Tra i numerosi studi condotti su questo argomento, decisamente significativi sono quelli condotti per **assoRinnovabili** e **ANEV** rispettivamente da Althesys e da eLeMeNS.

Lo studio commissionato da **assoRinnovabili** ha la finalità di stimare i costi e i benefici legati allo sviluppo delle energie rinnovabili per l'Italia, analizzando i costi di generazione elettrica e confrontando le fonti fossili con quelle rinnovabili. Di seguito si riportano le valutazioni principali e le conclusioni.

*“... l'analisi si è sviluppata su due livelli: innanzitutto si sono confrontati e valutati i costi di generazione elettrica delle varie fonti disponibili, rinnovabili e non, considerando sia i costi industriali e finanziari che i relativi costi ambientali e sociali legati alla generazione elettrica (esternalità).”*

Di seguito si riportano le tabelle elaborate, dalle quali si evince come, già oggi, in alcuni casi le rinnovabili possano essere competitive sul piano economico rispetto alle fonti fossili anche senza tener conto degli aspetti ambientali. **Se si includono nel computo del costo di generazione elettrica anche quelli esterni legati agli impatti ambientali e sociali delle diverse fonti (Global Cost), le rinnovabili hanno costi inferiori a quelli del carbone e, a seconda del costo del combustibile, anche a quelli del gas.**

#### Gli LCOE stimati in Italia

€/MWh	Carbone		Gas Naturale		Eolico		Fotovoltaico <sup>1</sup>		Idroelettrico	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
RSE, 2014	53,0	65,0	70,0	86,0	123,0		150,0		77,0	165,0
Ecofys, 2014	60,0	90,0	80,0	135,0	55,0	120,0	75,0	105,0	25,0	135,0
IEA, 2015					69,5		108,1		130,2	
Irex Monitor, 2014-2015 <sup>2</sup>					81,5		112,3	147,3		
<b>MEDIA</b>	<b>67,0</b>		<b>92,8</b>		<b>89,8</b>		<b>116,3</b>		<b>106,4</b>	

<sup>1</sup> Impianti Utility Scale (> 1 MW)

<sup>2</sup> Eolico: Irex Annual Report 2015; Fotovoltaico: Irex Annual Report 2014

#### Gli LCOE stimati a livello globale

€/MWh	Carbone		Gas Naturale		Eolico		Fotovoltaico		Idroelettrico	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Ecofys, 2014 <sup>1</sup>	55,0	95,0	75,0	135,0	55,0		90,0		30,0	160,0
IRENA, 2015 <sup>1</sup>					31,6	105,4	94,1	185,2	26,3	173,1
IEA, 2015 <sup>2</sup>	30,1	67,7	30,1	90,3	41,4		71,5		15,1	173,1
Irex Monitor, 2015 <sup>3</sup>					60,2		126,8			
<b>MEDIA</b>	<b>62,0</b>		<b>82,6</b>		<b>58,7</b>		<b>113,5</b>		<b>96,3</b>	

<sup>1</sup> Media UE 28

<sup>2</sup> Media mondiale

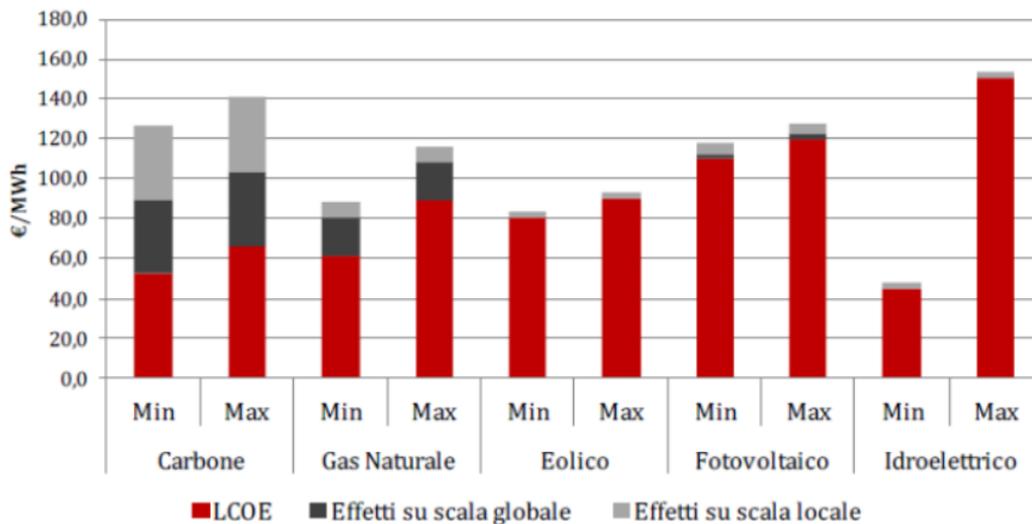
<sup>3</sup> Eolico: Irex Annual Report 2015; Fotovoltaico (utility scale): Irex Annual Report 2014; media (IT, FR, DE, ES, DK, EL, UK, RO, PL)

Stime dei costi esterni per le diverse fonti di generazione

€/MWh	Carbone		Gas Naturale		Eolico		Fotovoltaico		Idroelettrico	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
RSE, 2014	50,00	70,00	20,00		trascurabili		2,00		trascurabili	
Ecofys, 2014	81,70	95,30	34,30		4,20		14,20		1,00	
ExternE, 2005	86,37		25,34		1,28		6,11		4,90	
REN 21, 2012	64,42		26,48		3,24		7,69		3,24	
MEDIA	74,6		26,5		2,9		7,5		3,0	

Global Cost of Electricity per le diverse fonti di generazione

€/MWh	Carbone		Gas Naturale		Eolico		Fotovoltaico		Idroelettrico	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
LCOE	52,1	65,9	61,1	89,3	80,0	90,0	110,0	120,0	45,0	150,0
Costi esterni	74,6		26,5		2,9		7,5		3,0	
Global cost	126,7	140,5	87,6	115,8	82,9	92,9	117,5	127,5	48,0	153,0



In seguito, tenendo conto dei risultati della prima parte, si è svolta l'analisi costi-benefici per il sistema Paese relativa allo sviluppo delle rinnovabili, considerando due possibili scenari di crescita. Il primo, inerziale, che prevede una quota moderata di nuove installazioni (**Business as Usual - BAU**) e il secondo, più spinto, che prevede una produzione da FER del 58,5% sulla domanda elettrica al 2030 (**Accelerated Deployment Policy - ADP**).

Costi	dati in mln €	
	BAU	ADP
Incentivi	158.347	171.043
<i>di cui nuovi</i>	2.467	15.164
Detrazioni fiscali fotovoltaico	2.429	3.495
Costi carenze infrastrutturali	1.585	1.815
<b>TOTALE</b>	<b>162.361</b>	<b>176.354</b>
Benefici	BAU	ADP
Riduzione del prezzo dell'elettricità	72.091	92.254
Riduzione del fuel risk	7.586	11.825
Emissioni di CO <sub>2</sub> evitate	25.289	48.369
Altre esternalità evitate	13.537	16.575
Ricadute economiche dirette	50.246	74.538
<i>di cui per l'occupazione</i>	20.862	34.051
Ricadute economiche indirette	15.899	25.959
Ricadute economiche indotte	7.344	11.092
<b>TOTALE</b>	<b>191.992</b>	<b>280.612</b>
<b>Saldo benefici-costi</b>	<b>29.631</b>	<b>104.258</b>

L'analisi costi-benefici evidenzia come gli effetti positivi apportati al sistema Paese dalle FER (fonti energetiche rinnovabili) siano considerevolmente superiori agli incentivi erogati per il loro sviluppo. Il saldo dell'analisi è ampiamente positivo in entrambi gli scenari ipotizzati, con benefici netti compresi tra i 29,6 mld € (BAU) e i 104,2 mld € (ADP).

### 3. ANALISI DEI COSTI

#### 3.1 Occupazione di suolo agricolo

I costi relativi all'occupazione di suolo per la realizzazione dell'impianto agrovoltaiico possono essere stimati facendo riferimento al valore agricolo del terreno sulla base delle colture praticate. Nel caso specifico il suolo sottratto sarà riferito alle sole aree della viabilità, delle cabine e ad una fascia di 2,5 m sottostante le sottostrutture.

Nella stima dei costi sociali si fa riferimento ai redditi mancati (costo opportunità) che non potranno essere goduti a causa dell'utilizzo del suolo per altre finalità. Tali redditi sono quelli derivanti dalla coltivazione e corrispondono al reddito ritraibile dal conduttore del fondo in base alla tipologia di attività praticata. Per questa valutazione si fa ricorso al Reddito Lordo Standard (RLS), che rappresenta il criterio economico utilizzato per classificare le aziende agricole della UE, conosciuta come Tipologia comunitaria delle aziende agricole.

In generale, il RLS aziendale è pari alla sommatoria dei prodotti tra:

- per le produzioni vegetali: RLS/anno per Ha di superficie coltivata e le rispettive superfici interessate alle colture praticate in azienda;

- per le produzioni animali: RLS/anno per capo allevato e numero di capi per specie allevati in azienda. Il coefficiente di evoluzione agro – economica da utilizzare per la definizione dell'Unità di Dimensione Europea è pari a 1,2 (Decisione 90/36/CEE) e pertanto ad ogni UDE corrispondono 1.200 EURO di RLS/anno.

Si po', in questo caso, fare riferimento ai dati pubblicati nel Rapporto CREA per la Regione Lazio del 2004. Nel caso specifico, il RLS ha un valore pari a € 672,67.

Tale valore va attualizzato alla data odierna e diviene, quindi, € 818,82 (valore attualizzato al mese di settembre 2021).

Il totale delle superfici occupate in fase di cantiere, sono pari alle aree recintate c.a. 26,6 ha, invece le aree occupate definitivamente dalle cabine, e dai pali è c.a.1,39 ha. Quindi per ogni anno di vita utile dell'impianto avremo dei redditi mancati (e dunque costi) stimabili in:

Area di cantiere (con durata di 6 mesi): 26,6 ha

Area definitiva occupata dalle cabine: 160 m<sup>2</sup>

Area definitiva occupata dalla viabilità: 13.632 m<sup>2</sup>

Area definitiva sottostante le sottostrutture (2,5 x 20367 m): 5,1 ha

Totale aree occupate definitivamente: 13.892 m<sup>2</sup> = 6,4 ha

\*\*\*\*\*

Mancato reddito agricolo per il cantiere: 26,6 ha x 818,82 €/ha x 0,6 anni = 13.068,36 €

Mancato reddito agricolo annuo = 6,4 ha x 818,82 €/ha = 5.240 €/anno

Il valore calcolato sui 25 anni di esercizio è pari a:

5.240,00 €/anno x 25 anni = 131.000,00 +13.068,36 € = **144.068,00 €**

In considerazione della tecnologia installata e considerato che la produzione di energia in 25 anni è, pari a 915.770 MWh, il costo esterno unitario è pari a 0,16 €/MWh.

### 3.2 Costo di produzione dell'energia

Ai costi sopra stimati va aggiunto il costo di produzione dell'energia elettrica per l'impianto in studio. In generale, i costi della generazione di elettricità dal sole dipendono da vari fattori, in particolare: latitudine di installazione, inclinazione, orientamento, temperatura di funzionamento, dal costo e dalla tecnologia utilizzata.

Inoltre, rispetto ad una tradizionale centrale alimentata con combustibili fossili, una centrale a fonte rinnovabile è caratterizzata dall'assenza di oneri per il "combustibile", in quanto l'energia solare è una risorsa assolutamente gratuita e perciò disponibile liberamente. Si deve tener anche conto del fatto che, nel breve termine, i costi iniziali di investimento predominano rispetto a quelli di esercizio,

comportando una particolare attenzione alla copertura finanziaria dell'investimento, in modo particolare se si ricorre a finanziamenti di terzi.

Da oltre venti anni, ossia da quando l'industria del settore ha cominciato a raggiungere la sua maturità commerciale, il costo dell'energia solare è in continua diminuzione, grazie alle economie di scala legate all'ottimizzazione dei processi produttivi, alle innovazioni e al conseguente miglioramento delle prestazioni dei pannelli fotovoltaici.

In campo solare nel 2018 sono stati aggiunti 94 GW di nuova capacità, pari al 55% della nuova potenza rinnovabile installata. I maggiori contributi sono arrivati dal Cina (più 44 GW), India (9 GW), Stati Uniti (8 GW), Giappone (6 GW), Australia e Germania (4 GW) e Repubblica di Corea, Messico e Turchia (circa 2 GW ciascuno). Parte di questa crescita è stata supportata direttamente dalla diminuzione dell'LCOE fotovoltaico su scala utility: un meno 13% che ha portato il costo medio ponderato della produzione elettrica a 0,10 €/kWh. A titolo di confronto l'LCOE fotovoltaico nel 2010 era di 0,45 €/kWh.

Se si guarda alla singola situazione nazionale, nel lasso di tempo che va dal 2010 al 2018, l'LCOE Paese specifico è diminuito da un minimo del 62% (in Giappone) ad un massimo dell'80% (in Italia).

In letteratura esistono vari studi che stimano i costi dell'energia generata da impianti fotovoltaici. Il più utilizzato è quello che utilizza l'approccio del "costo di produzione costante dell'energia", rapportato all'intera vita operativa dell'impianto, meglio conosciuto con l'acronimo LCOE (Levelized Cost of Energy). Questo tipo di approccio, utilizzato, fra l'altro, per confrontare il costo della generazione elettrica delle diverse fonti (fossili e non), tiene conto dei costi di investimento del capitale, del costo delle operazioni di manutenzione degli impianti (O&M) e del costo del combustibile; costituisce inoltre un punto di riferimento nelle analisi dei costi di produzione dell'energia elettrica derivante dalle diverse fonti esistenti.

È evidente che il costo del capitale risulti essere il principale componente per le tecnologie rinnovabili, mentre, al contrario, il costo del combustibile ha un peso molto grande per la maggior parte di quelle fossili.

Come indicato dai dati rilevati da Althesis nell'ultimo IREX Report il costo medio dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili in Europa nel 2020, inteso come Levelized Cost of Electricity (LCOE), è stato di 43,30 €/MWh, in Italia di **68,50 €/MWh**, per il fotovoltaico, con una riduzione rispetto al 2017 del - 12.7%.

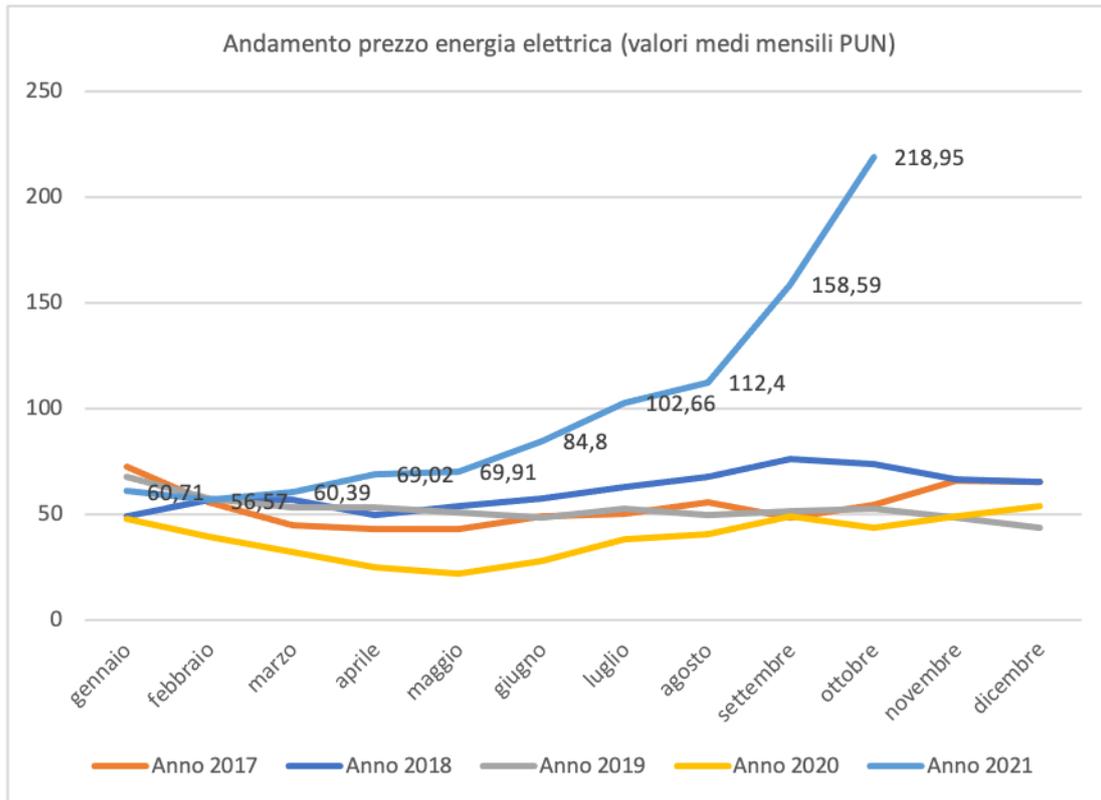
## 4. ANALISI DEI BENEFICI

### 4.1 Prezzo dell'Energia

Per poter valutare compiutamente costi e benefici va stimato il prezzo dell'energia, in altri termini il valore di quanto prodotto dal parco agrovoltaiico.

Il prezzo medio di acquisto dell'energia in Italia nel 2020 è stato di 38,92 €/MW, invece la media nei primi 10 mesi del 2021 è schizzata a **99,4 €/MWh** (Fonte GME).

Di seguito si riporta il grafico dell'andamento del PUN a partire da 2016.



Fonte: dati del Gestore dei Mercati Energetici (GME)

#### 4.2 Benefici Ambientali

Come è ormai riconosciuto a livello unanime dalla comunità scientifica, le emissioni di anidride carbonica, tra i principali responsabili del riscaldamento globale del pianeta, derivano in gran parte dallo sfruttamento dei combustibili fossili. Tali emissioni possono essere evitate preferendo la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. I benefici ambientali che derivano dall'esercizio dell'impianto sono connessi dunque alla mancata immissione in atmosfera di gas ad "effetto serra" (CO<sub>2</sub>), oltre che di gas nocivi alla salute, quali i NOX e SOX.

Nel caso specifico, il quantitativo di emissioni evitate può essere valutato moltiplicando la produzione di energia elettrica dell'agrovoltaico di progetto per il fattore di emissione del mix energetico nazionale. Tale fattore rappresenta la quantità di un determinato inquinante immessa in atmosfera per unità di energia elettrica prodotta, considerando la composizione percentuale delle varie fonti di produzione di energia elettrica che concorrono nella rete nazionale. In particolare, ogni kWh prodotto comporta l'immissione in atmosfera di 0,531 kg di CO<sub>2</sub> (Fonte Ministero Ambiente).

Assumendo un prezzo medio della CO<sub>2</sub> pari a circa 35 €/t, il beneficio che si ottiene è pari a:

$$0,531 \text{ t/MWh} \times 35 \text{ €/t} = 18,59 \text{ €/MWh}$$

## 5. RISULTATI

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa in cui sono indicati i singoli contributi fin qui valutati ed il relativo saldo.

Prezzo di vendita dell'energia elettrica	99,4 €/MWh
LCOE (Levelized Cost of Energy)	- 68,50 €/MWh
Costo esterno per occupazione suolo	- 0,16 €/MWh
Valore delle emissioni di CO <sub>2</sub>	18,59 €/MWh
<b>SALDO COSTI/BENEFICI</b>	<b>49,33 €/MWh</b>

Al saldo positivo che emerge dalla suddetta tabella si aggiungono i benefici associati alla costruzione dell'impianto, in grado di generare un investimento che porta un sicuro indotto sul territorio: oltre alle imposte locali (IMU e TASI) che il proponente dovrà versare nel periodo associato alla vita utile dell'impianto ed ai costi di realizzazione che saranno con ogni probabilità riversati in favore di imprese e tecnici locali, ci si riferisce agli interventi previsti nell'ambito del progetto di paesaggio, definiti con la finalità di ottenere una valorizzazione del territorio interessato attraverso meccanismi di riqualificazione ambientale, urbanistica, sociale e di sviluppo economico.

\*\*\*\*\*