

REGIONE PUGLIA
Comune di San Paolo di Civitate
Provincia di Foggia



Ing. Nicola Roselli - Termoli (CB)
email ing.nicolaroselli@gmail.com



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO NECESSARIO ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA E DELLE RELATIVE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE DELLA POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 54998 KW E POTENZA IN A.C. DI 50400 KW, SITO NEL COMUNE DI SAN PAOLO DI CIVITATE (FG) CON OPERE DI CONNESSIONE RICADENTI ANCHE NEI COMUNI DI SERRACAPRIOLA (FG) E DI LESINA (FG)

TITOLO TAVOLA
ANALISI COSTI E BENEFICI AMBIENTALI

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI
<p>PROGETTISTI</p> <p>Ing. Nicola ROSELLI</p> <p>Ing. Rocco SALOME</p> <p>PROGETTISTI PARTI ELETTRICHE</p> <p>Per.Ind. Alessandro CORTI</p> <p>CONSULENZE E COLLABORAZIONI</p> <p>Arch. Gianluca DI DONATO Dott. Massimo MACCHIAROLA Ing. Elvio MURETTA Archeol. Gerardo FRATIANNI Geol. Vito PLESCIA</p>	<p>LIMES 4 S.R.L SEDE LEGALE Milano, cap 20121 via Manzoni n.41 P.IVA 10307450964</p>	

4.2.6_9	FILE B4XNJR9_4.2.6_9_AnalisiCostiBeneficiAmb	CODICE PROGETTO B4XNJR9	SCALA
----------------	---	----------------------------	-------

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	26/06/2023	EMISSIONE	MACCHIAROLA	LIMES4	LIMES4
B					
C					
D					
E					
F					

Tutti i diritti sono riservati. E' vietata qualsiasi utilizzazione, totale o parziale, senza previa autorizzazione

Indice generale

1	DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	3
1.1	Localizzazione del sito di progetto.....	3
1.2	Dati generali del progetto.....	5
1.3	Viste d'insieme dell'impianto.....	12
1.1.	Disponibilità aree ed individuazione delle interferenze.....	17
2	SERVIZI ECOSISTEMICI.....	24
2.1	Introduzione.....	24
2.2	La valutazione biofisica ed economica dei servizi ecosistemici.....	26
3	LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI NELL'AREA DI PROGETTO.....	36
3.1	Calcolo variazione dei servizi ecosistemici ante/post operam.....	38
3.2	Bilancio tra benefici e costi ambientali.....	39
4	RICADUTE SOCIALI E OCCUPAZIONALI.....	41
4.1	impianto agrivoltaico in progetto: analisi ricadute sociali, occupazionali ed economiche.....	42

Indice delle figure

Figure 4-1.	Vista d'insieme dell'impianto con collegamento cavo a 36 kV (in rosso).....	4
Figure 4-2.	Vista d'insieme del punto di connessione presso la stazione Terna in progetto. ...	5
Figure 4-3.	Schema di funzionamento e foto di una cella fotovoltaica.....	7
Figure 4-4.	Struttura impianto fotovoltaico.....	8
Figure 4-5.	Particolare esempio di impianto agri-fotovoltaico.....	12
Figure 4-6.	Vista d'insieme dell'impianto con collegamento cavo a 36 kV (in verde).....	13
Figure 4-7.	Modulo fotovoltaico – dimensioni.....	14
Figure 4-8.	Struttura di supporto vista laterale.....	15
Figure 4-9.	Vista laterale e in pianta di due stringhe fotovoltaiche.....	15
Figure 4-10.	Immagine dell'inverter con trasformatore – MV POWER STATION 2930 S2 o simile.....	16
Figure 4-11.	Immagine dell'inverter – SUNNY CENTRAL 2930 -S2 o similari.....	16
Figure 4-12.	Schema tecnica "No dig".....	17

Figure 4-13. Schema tecnica "Microtunneling" 17

Figure 8-13. Area d'interesse – Interferenze rilevate..... 18

Figure 8-14. Planimetria d'insieme con interferenze..... 19

Figure 8-16. Il pallino blu mostra le sorgenti censite nell'area di progetto (www.sit.puglia.it
) 23

Indice delle tabelle

Tabella 4-1. Estremi catastali delle particelle interessate dal campo fotovoltaico..... 3

1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

1.1 Localizzazione del sito di progetto

L'area d'interesse (di seguito "Area") per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra ad inseguimento mono-assiale, presenta un'estensione complessiva di circa 92 ha di cui circa 78 ha in cui insiste il campo fotovoltaico e la potenza complessiva massima dell'impianto sarà pari a 54,998 MWp con potenza nominale in A.C. di 50,40 MWp e sarà realizzato in un unico lotto.

L'Area è ubicata Regione Puglia, nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia) ad una quota altimetrica di circa 80 m s.l.m., in c/da "Difensola" presso la Masseria "Faugno Nuovo" e non risulta acclive ma piuttosto pianeggiante.

L'Area oggetto dell'intervento è ubicata geograficamente a Nord- Est del centro abitato del San Paolo di Civitate e le coordinate geografiche del sito sono: Lat. 41,769583°, Long. 15,316412°. L'intera area ricade in zona agricola "E" - "verde agricolo".

Le aree interessate dall'attraversamento dell'elettrodotto interrato e dalle opere di connessione ricadono nei comuni di San Paolo di Civitate (FG), Lesina (FG) e Serracapriola (FG).

L'intera area ricade in zona agricola, la destinazione d'uso è "produttiva agricola".

Nello specifico l'Area totale d'intervento (campo fotovoltaico e linea elettrica di connessione a 36 kV alla RTN) riguarderà i seguenti comuni:

- Comune di San Paolo di Civitate (FG) – campo fotovoltaico – estensione complessiva dell'area circa mq 920.345,00mq – estensione complessiva dell'intervento mq 780.000,00;
- Comuni di San Paolo di Civitate (FG), Lesina (FG) e Serracapriola (FG) – Linea elettrica interrata di connessione della lunghezza complessiva di circa 23 km;
- Comune di Serracapriola (FG) – Ampliamento Sottostazione Terna- connessione.

Si riporta, nel seguito, il dettaglio catastale con l'elenco delle particelle dell'area in cui ricade il campo agrivoltaico.

Tabella 1-1. Estremi catastali delle particelle interessate dal campo fotovoltaico.

COMUNE DI SAN PAOLO DI CIVITATE				
N	Foglio	Particella	Estensione (mq)	Destinazione urbanistica
1	11	12	AA 152660 AB 94429	Seminativo Seminativo irriguo
2	11	16	29010	Seminativo irriguo
3	11	144	AA 12000 AB 685	Seminativo irriguo Seminativo
4	11	321	66927	Seminativo irriguo

5	11	322	AA 3766 AB 32538	Seminativo Seminativo irriguo
6	11	323	AA 305423 AB 131	Seminativo irriguo Uliveto
7	11	324	197936	Seminativo irriguo
8	11	325	18854	Seminativo irriguo
9	11	326	AA 1293 AB 4693	Seminativo Seminativo irriguo
TOTALE			920345	



Figure 1-1. Vista d'insieme dell'impianto con collegamento cavo a 36 kV (in rosso)

Per quanto riguarda l'elettrodotto interrato di collegamento del campo fotovoltaico alla sottostazione Terna, questo avrà una lunghezza di circa 23 km e percorrerà gran parte della

viabilità esistente, per poi raggiungere la zona in cui è ubicata la sottostazione.

Le strade esistenti che saranno percorse dall'elettrodotto interrato sono le seguenti:

- Strada Comunale Contrada Defensuola per circa 1300 m per lo più asfaltata;
- Strada Vicinale Serracapiola – Apricena per circa 3100 m per alcuni tratti sterrata;
- Strada interpodereale per circa 700 m non asfaltata;
- Strada Provinciale 31 per circa 9200 m;
- Strada Provinciale 41b per circa 5800 m;
- Strada interpodereale non asfaltata fino al raggiungimento della futura sottostazione

Terna per circa 3500 m.

Il parco agrivoltaico, mediante un cavidotto interrato della lunghezza di circa 23 km, uscente dalla cabina elettrica generale di campo, sarà collegato a 36 kV alla futura sottostazione Terna nel Comune di Serracapiola (FG).

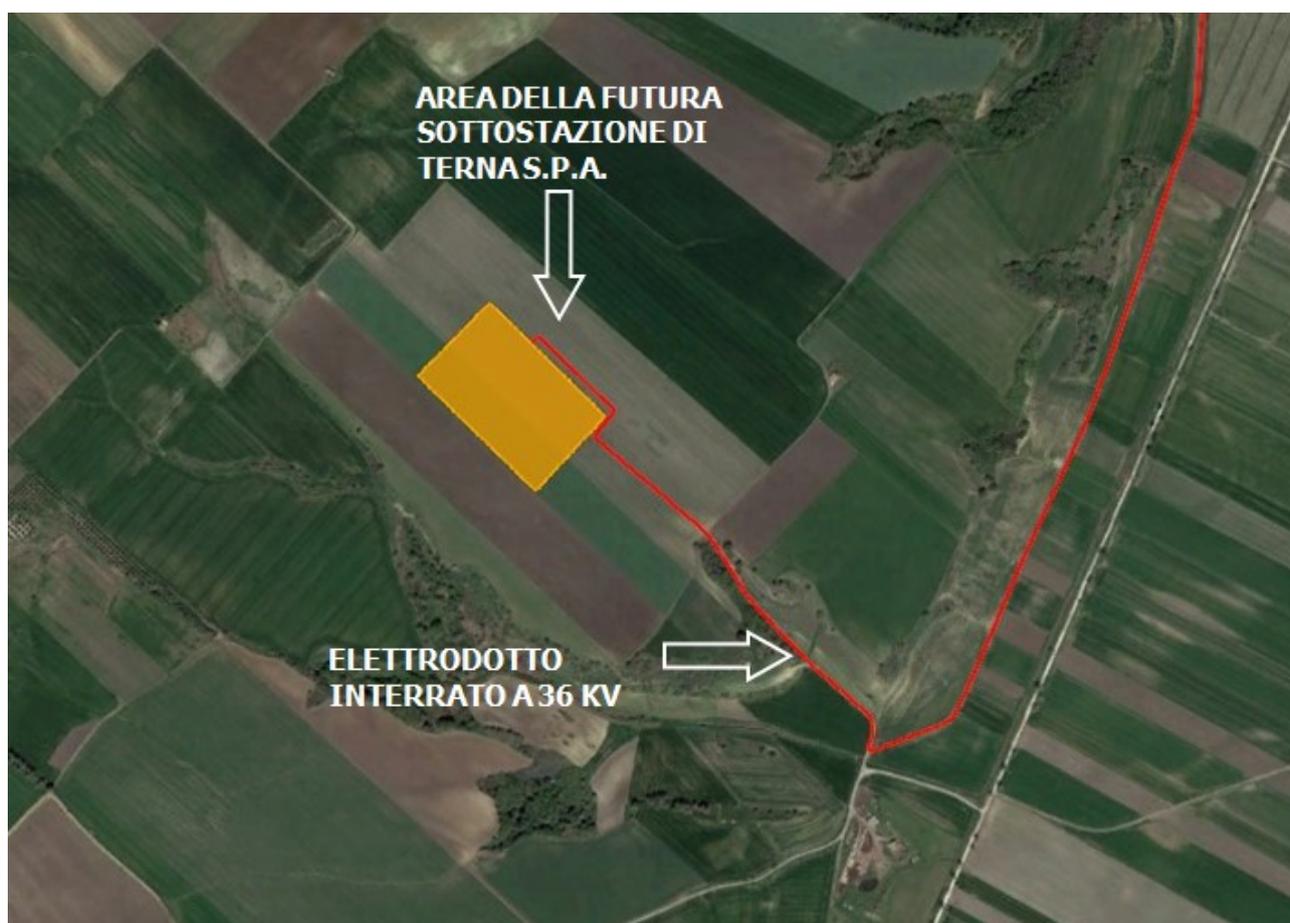


Figure 1-2. Vista d'insieme del punto di connessione presso la stazione Terna in progetto.

1.2 Dati generali del progetto

L'impianto agrivoltaico di cui la presente sorgerà nella Regione Puglia, Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia) ad una quota altimetrica di circa 80 m s.l.m., in c/da "Difensola" presso la Masseria "Faugno Nuovo" e non risulta acclive ma piuttosto pianeggiante.

L'estensione complessiva sarà pari a circa 92 ha di cui circa 78 ha in cui insiste il campo fotovoltaico, e la potenza complessiva massima dell'impianto sarà pari a 54,998 MWp con potenza nominale in A.C. di 50,400 MWp.

L'utilizzo delle energie rinnovabili rappresenta un'esigenza crescente sia per i paesi industrializzati che per quelli in via di sviluppo.

I primi necessitano, nel breve periodo, di un uso più sostenibile delle risorse, di una riduzione delle emissioni di gas serra e dell'inquinamento atmosferico, di una diversificazione del mercato energetico e di una sicurezza di approvvigionamento. Per i paesi in via di sviluppo le energie rinnovabili rappresentano una concreta opportunità di sviluppo sostenibile e di sfruttamento dell'energia in aree remote.

In particolar modo l'Unione Europea mira ad aumentare l'uso delle risorse rinnovabili per limitare la dipendenza dalle fonti fossili convenzionali e allo stesso tempo far fronte ai pressanti problemi di carattere ambientale che sono generati dal loro utilizzo.

Il Decreto Legislativo del 29 dicembre 2003 n. 387 recepisce la direttiva 2001/77/CE e introduce una serie di misure volte a superare i problemi connessi al mercato delle diverse fonti di energia rinnovabile.

Gli impegni assunti dall'Italia in ambito internazionale impongono al nostro paese di attuare degli interventi urgenti al fine di ridurre le emissioni di CO₂ e di incentivare al contempo l'uso di fonti energetiche rinnovabili, tra cui anche il solare fotovoltaico.

Il progetto di un impianto fotovoltaico (FV) per la produzione di energia elettrica ha degli evidenti effetti positivi sull'ambiente e sulla riduzione delle emissioni di CO₂ se si suppone che questa sostituisca la generazione da fonti energetiche convenzionali.

Sono infatti impianti modulari che sfruttano l'energia solare convertendola direttamente in energia elettrica.

Il fotovoltaico è una tecnologia che capta e trasforma l'energia solare direttamente in energia elettrica, sfruttando il cosiddetto effetto fotovoltaico. Questo si basa sulla proprietà che hanno alcuni materiali semiconduttori opportunamente trattati (fra cui il silicio, elemento molto diffuso in natura), di generare elettricità quando vengono colpiti dalla radiazione solare, senza l'uso di alcun combustibile.

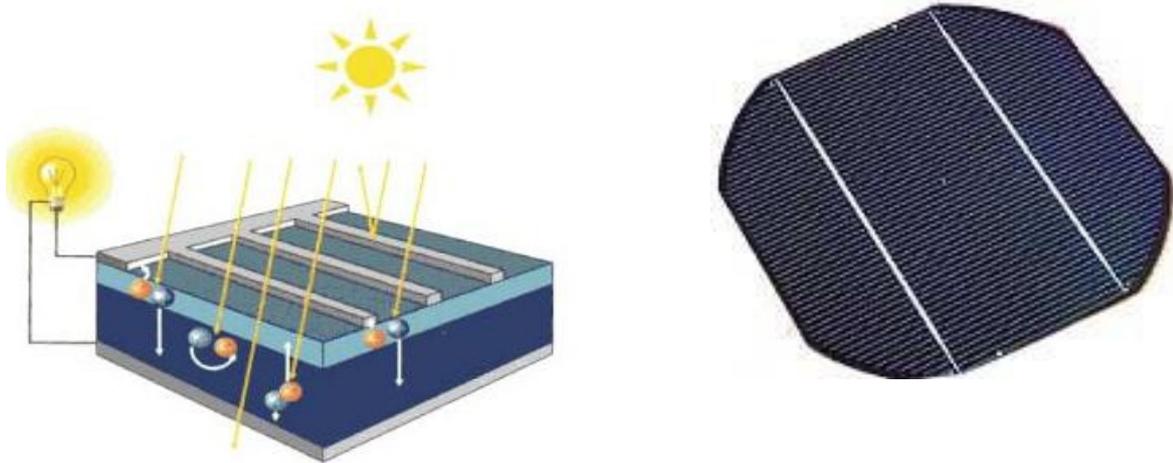


Figure 1-3. Schema di funzionamento e foto di una cella fotovoltaica

Il dispositivo più elementare capace di operare la conversione dell'energia solare in energia elettrica è la cella fotovoltaica, una lastra di materiale semiconduttore (generalmente silicio) di forma quadrata e superficie di 100 cm² che genera una piccola differenza di potenziale tra la superficie superiore (-) e inferiore (+) e che tipicamente eroga 1-1,5 W di potenza quando è investita da una radiazione di 1000 W/mq (condizioni standard di irraggiamento). La radiazione solare incidente sulla cella è in grado di mettere in movimento gli elettroni interni al materiale, che quindi si spostano dalla faccia negativa a quella positiva, generando una corrente continua. Un dispositivo, l'inverter, trasforma la corrente continua in alternata.

Le celle sono connesse tra loro e raggruppate in elementi commerciali unitari strutturati in maniera da formare delle superfici più grandi, chiamati moduli, costituiti generalmente da 60-72 celle.

L'insieme di moduli collegati prima in serie (stringhe) e poi in parallelo costituiscono il campo o generatore FV che, insieme ad altri componenti come i circuiti elettrici di convogliamento, consente di realizzare i sistemi FV.

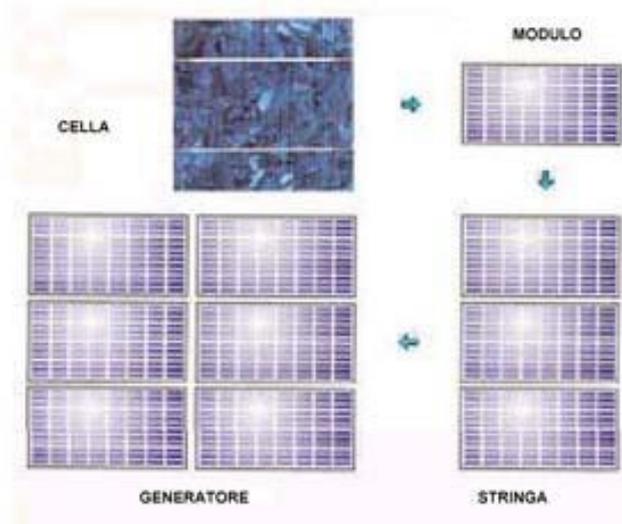


Figure 1-4. Struttura impianto fotovoltaico

La struttura del sistema fotovoltaico può essere molto varia a seconda del tipo di applicazione. Una prima distinzione può essere fatta tra sistemi isolati (stand-alone) e sistemi collegati alla rete (grid-connected); questi ultimi a loro volta si dividono in centrali fotovoltaiche e sistemi integrati negli edifici.

Nei sistemi fotovoltaici isolati l'immagazzinamento dell'energia avviene, in genere, mediante degli accumulatori elettrochimici (tipo le batterie delle automobili). Nei sistemi grid-connected invece tutta la potenza prodotta viene immessa in rete.

I vantaggi dei sistemi fotovoltaici sono la modularità, le esigenze di manutenzione ridotte, la semplicità d'utilizzo, e, soprattutto, un impatto ambientale estremamente basso. In particolare, durante la fase di esercizio, l'unico vero impatto ambientale è rappresentato dall'occupazione di superficie. Tali caratteristiche rendono la tecnologia fotovoltaica particolarmente adatta all'integrazione negli edifici in ambiente urbano e industriale o all'utilizzo di aree rurali con assenza di elementi di particolar pregio e/o già compromesse dalla presenza di manufatti con caratteristiche di non ruralità e già ampiamente antropizzate. I benefici ambientali ottenibili dall'adozione di sistemi FV sono proporzionali alla quantità di energia prodotta, supponendo che questa vada a sostituire l'energia altrimenti fornita da fonti convenzionali.

Gli impianti fotovoltaici sono inoltre esenti da vibrazioni ed emissioni sonore e se ben integrati, non deturpano l'ambiente ma consentono di riutilizzare e recuperare superfici e spazi altrimenti inutilizzati.

Inoltre la produzione massima si ha nelle ore diurne, quando c'è maggiore richiesta di energia, alleggerendo la criticità del sistema elettrico.

Gli impianti fotovoltaici si distinguono inoltre in sistemi fissi e ad inseguimento. In un

impianto fotovoltaico fisso i moduli vengono installati direttamente su tetti e coperture di edifici mediante ancoraggi oppure al suolo su apposite strutture. Gli impianti fotovoltaici ad inseguimento sono la risposta più innovativa alla richiesta di ottimizzazione della resa di un impianto fotovoltaico.

Poiché la radiazione solare varia nelle diverse ore della giornata e nel corso delle stagioni, gli inseguitori solari sono strutture che seguono i movimenti del sole, orientando i moduli per ottenere sempre la migliore esposizione e beneficiare della massima captazione solare.

Attualmente esistono in commercio due differenti tipologie di inseguitori:

inseguitori ad un asse: il sole viene "inseguito" esclusivamente o nel suo movimento giornaliero (est/ovest, azimut) o nel suo movimento stagionale (nord/sud, tilt). Rispetto a un impianto fisso realizzato con gli stessi componenti e nello stesso sito, l'incremento della produttività del sistema su scala annua si può stimare dal +5% (in caso di movimentazione sul tilt) al +25% (in caso di movimentazione sull'azimut);

inseguitori a due assi: qui l'inseguimento del Sole avviene sia sull'asse orizzontale in direzione est-ovest (azimut) sia su quello verticale in direzione nord-sud (tilt). Rispetto alla realizzazione su strutture fisse l'incremento di produttività è del 35-40% su scala annua, con picchi che possono raggiungere il 45-50% con le condizioni ottimali del periodo estivo, ma con costi di realizzazione e gestione ancora piuttosto alti.

L'energia solare è dunque una risorsa pulita e rinnovabile con numerosi vantaggi derivanti dal suo sfruttamento attraverso impianti fotovoltaici di diverso tipo (ambientali, sociali, economici, etc) e possono riassumersi in:

- assenza di qualsiasi tipo di emissioni inquinanti;
- risparmio di combustibili fossili;
- affidabilità degli impianti;
- costi di esercizio e manutenzione ridotti;
- modularità del sistema.

L'impianto in oggetto è di tipo a terra ad inseguimento solare mono-assiale, non integrato, da connettere alla rete (grid-connected) in modalità trifase a 36 kV.

Si tratta di impianti a inseguimento solare con moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, di tipo bi-facciali, montati in configurazione bifilare su strutture metalliche (tracker) aventi un asse rotante (mozzo) per permettere l'inseguimento solare.

Inoltre, l'impianto si configura come **agrivoltaico**, cioè integra alla produzione di energia elettrica anche la produzione agronomica conservando quindi l'utilizzo e la funzione attuale del territorio.

Per il progetto dell'impianto agro-fotovoltaico in esame, considerate le dimensioni relativamente ampie dell'interfila tra le strutture, tutte le lavorazioni del suolo, nella parte centrale dell'interfila, possono essere compiute tramite macchine operatrici convenzionali senza particolari problemi. A ridosso delle strutture di sostegno risulta invece necessario mantenere costantemente il terreno libero da infestanti mediante diserbo meccanico, avvalendosi della fresa interceppo.

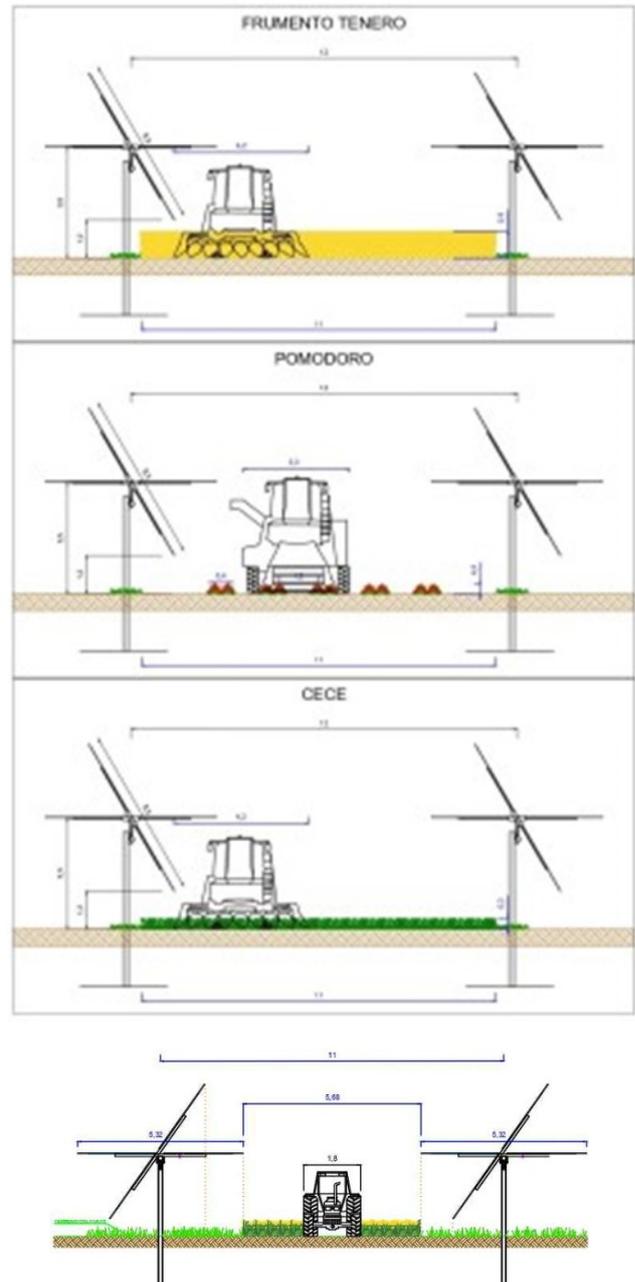
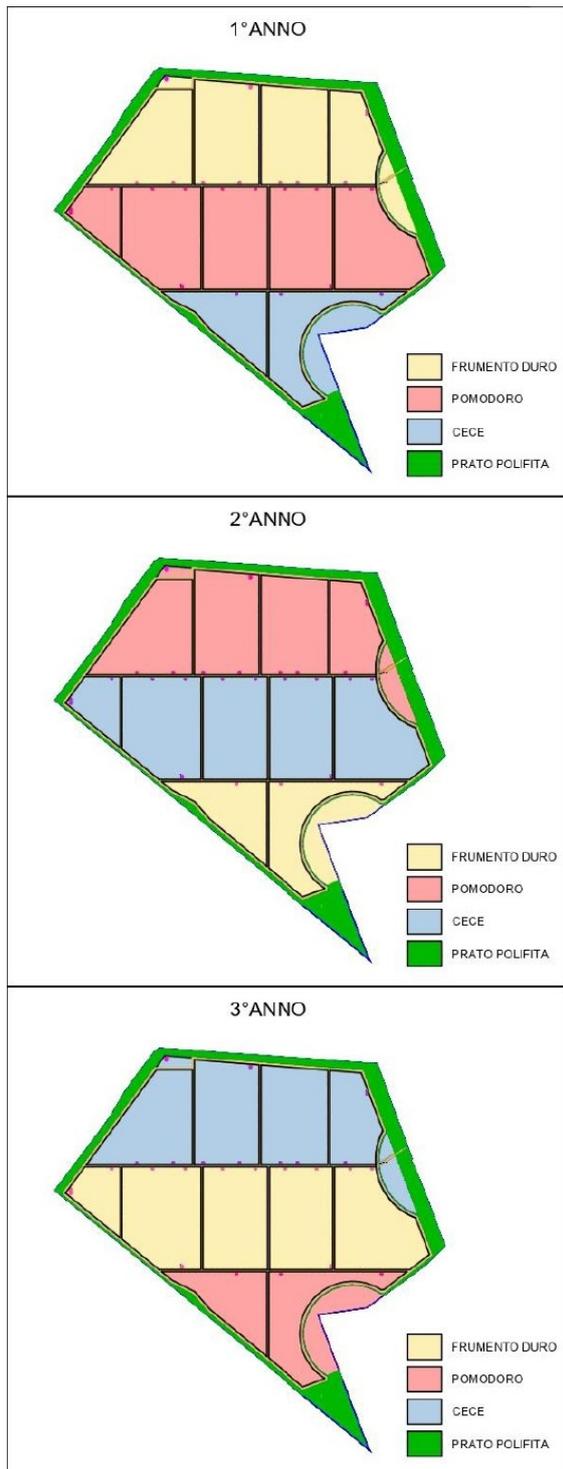
Trattandosi di terreni già regolarmente coltivati e irrigati, non vi sarà la necessità di compiere importanti trasformazioni idauliche e agrarie. Per quanto concerne le lavorazioni periodiche del terreno dell'interfila, quali aratura, erpicatura o rullatura, queste vengono generalmente effettuate con mezzi che presentano un'altezza da terra molto ridotta, pertanto potranno essere utilizzate varie macchine operatrici presenti in commercio senza particolari difficoltà, in quanto ne esistono di tutte le larghezze e per tutte le potenze meccaniche.

L'esposizione diretta ai raggi del sole è fondamentale per la buona riuscita di qualsiasi produzione agricola. L'impianto in progetto, ad inseguimento, di fatto mantiene l'orientamento dei moduli in posizione perpendicolare a quella dei raggi solari, proiettando delle ombre sull'interfila che saranno tanto più ampie quanto più basso sarà il sole all'orizzonte. È bene però considerare che l'ombreggiamento creato dai moduli fotovoltaici non crea soltanto svantaggi alle colture: si rivela infatti eccellente per quanto riguarda la riduzione dell'evapotraspirazione, considerando che nei periodi più caldi dell'anno le precipitazioni avranno una maggiore efficacia.

La presenza dei cavi interrati nell'area dell'impianto fotovoltaico non rappresenta una problematica per l'effettuazione delle lavorazioni periodiche del terreno durante la fase di esercizio dell'impianto fotovoltaico. Infatti queste lavorazioni non raggiungono mai profondità superiori a 40 cm, mentre i cavi interrati saranno posati ad una profondità minima di 80 cm.

E' stata condotta una valutazione preliminare su quali colture impiantare all'interno del parco fotovoltaico. Si è scelto un set di colture che fosse adatto alla coltivazione nell'areale del sito d'impianto e che avesse uno stretto legame con il territorio. La scelta è quindi ricaduta su piante erbacee spontanee della flora italiana e già coltivate in zona, quali frumento duro, pomodoro da industria, cece e prato polifita, quest'ultimo coltivato nelle aree perimetrali e destinato alla produzione di foraggio. Le quattro colture verranno piantumate tra le file dei moduli fotovoltaici e seguiranno un sistema di rotazione annuale per limitare al minimo il fenomeno della stanchezza del terreno.

Si riporta di seguito una schematizzazione dell'impianto:



L'utilizzo di colture non destinate alla raccolta, viene impiegato per migliorare la fertilità del suolo e mitigare gli impatti ambientali agricoli. I vantaggi di questa tecnica agronomica inoltre

includono incremento della sostanza organica, miglioramento della biodiversità ambientale e microbiologica e miglioramento della struttura del suolo grazie alla maggiore stabilità degli aggregati e al migliore equilibrio tra macro e micro porosità del suolo.



Figure 1-5. Particolare esempio di impianto agri-fotovoltaico

Per quanto riguarda i dettagli della coltivazione agricola, si rimanda all'apposita relazione specialistica.

Nella progettazione agronomica è stata prevista anche la presenza di una fascia di mitigazione costituita da specie autoctone arboree ed arbustive sempreverdi la cui gestione non prevede l'impiego di prodotti fitosanitari. Tale fascia di essenze tipiche del luogo verrà sistemata lungo il perimetro dell'impianto ad un'altezza pari a quella della recinzione perimetrale in modo da schermare l'impianto stesso e contribuire all'inserimento paesaggistico e ambientale dell'opera.

1.3 Viste d'insieme dell'impianto

L'impianto fotovoltaico installato su terreno agricolo presenta anche il vantaggio di poter sfruttare la capacità del suolo per la coltivazione di diverse colture agricole riducendo i consumi di acqua; un impianto agro- fotovoltaico permette di ottimizzare i rendimenti di energia e agricoltura, come dimostrato da recenti studi, in quanto in grado di migliorare la percentuale di efficienza di utilizzo del terreno. Inoltre il sistema combinato influenza anche la distribuzione dell'acqua durante le precipitazioni e la temperatura del suolo; infatti in primavera e in estate la temperatura risulta inferiore rispetto ad un campo fotovoltaico e le condizioni di

ombreggiamento parziali permettono alle colture di affrontare meglio le condizioni calde e secche.



Figure 1-6. Vista d'insieme dell'impianto con collegamento cavo a 36 kV (in verde)

Il parco agrivoltaico, mediante un cavidotto interrato della lunghezza di circa 23 km, uscente dalla cabina elettrica generale di campo, sarà collegato a 36 kV alla futura sottostazione Terna nel Comune di Serracapriola (FG).

Il dimensionamento del parco fotovoltaico è stato realizzato con un modulo fotovoltaico, bifacciale, composto da celle fotovoltaiche in silicio monocristallino ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva del singolo pannello di 580 Wp.

L'impianto in oggetto, di potenza massima di picco di 54,998 MWp, produrrà circa 99974 MWh/anno di energia.

I moduli fotovoltaici saranno montati su strutture con inseguitore mono assiale dotati di una tecnologia elettromeccanica per seguire ogni giorno l'esposizione solare Est-Ovest su un asse di rotazione orizzontale Nord-Sud, posizionando così i pannelli sempre con la perfetta angolazione.

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da struttura metallica (tracker) mono-assiali ad inseguimento solare del tipo "Convert TRJ" o equivalente, un sistema innovativo che sta trovando impiego in molte progettazioni; i moduli fotovoltaici in progetto saranno posizionati in modalità 2 x "portrait" e l'interasse delle stesse strutture sarà pari a ml 11,00.

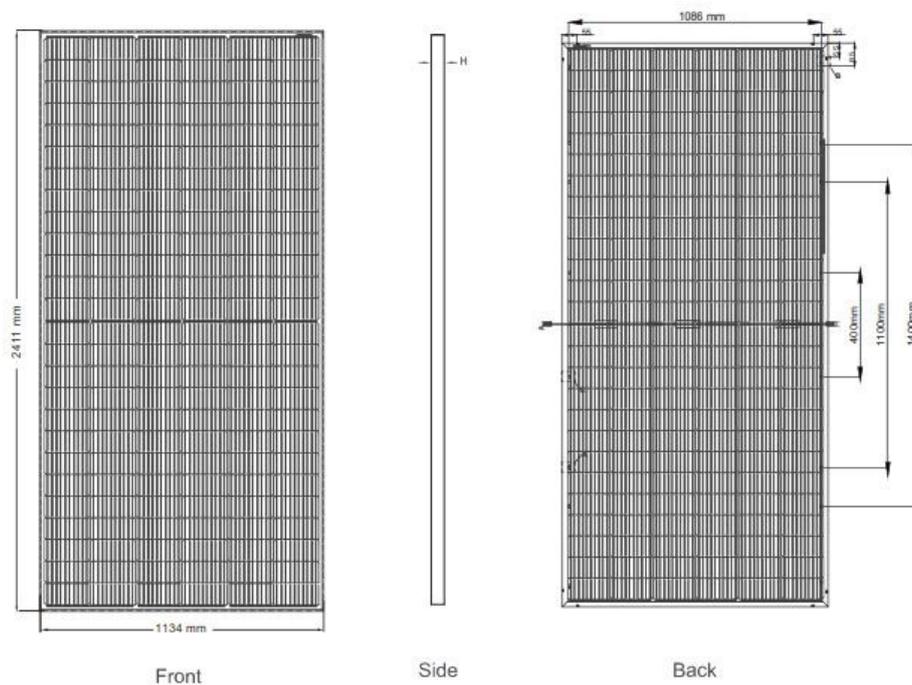


Figure 1-7. Modulo fotovoltaico – dimensioni

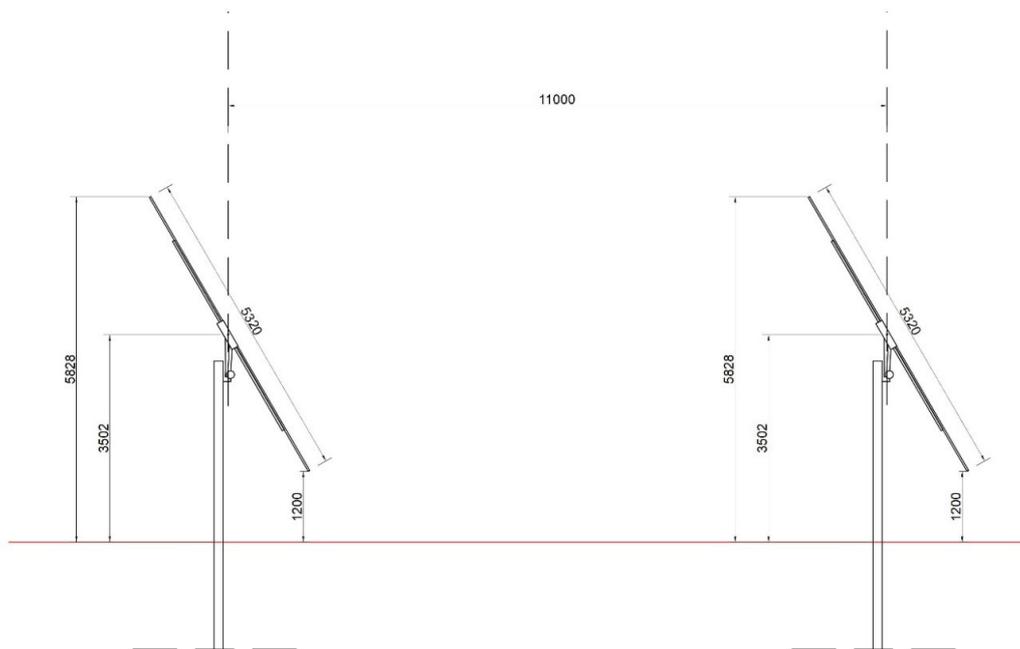


Figure 1-8. Struttura di supporto vista laterale



Figure 1-9. Vista laterale e in pianta di due stringhe fotovoltaiche

Ciascun modulo fotovoltaico sarà dotato di diodi di by-pass, così da escludere la parte di modulo contenente una o più celle guaste/ombreggiate al fine di evitarne la contro alimentazione e conseguente danneggiamento (tali diodi saranno inclusi nella scatola di giunzione abbinata al modulo fotovoltaico stesso).

Le cabine previste nel campo fotovoltaico saranno del tipo:

- Cabina elettrica di campo (semplicemente cabina elettrica o cabina di campo);
- Cabina generale di campo di raccolta delle linee provenienti dalle cabine di campo.

Le cabine elettriche di campo svolgono la funzione di locali tecnici per la posa dei quadri, del trasformatore, delle apparecchiature di telecontrollo, di consegna e misura. In esse verranno convogliate le linee provenienti dagli inverter di stringa.

Esse saranno assemblate direttamente dalla ditta fornitrice degli inverter e saranno realizzate con struttura metallica leggera con zattera inferiore, anch'essa in metallo, predisposta con forature prestabilite per il passaggio dei cavi MT/BT.

Sono previste 16 cabine elettriche di campo dotate di trasformatore di potenza.

Le cabine elettriche, situate all'interno del campo fotovoltaico come da planimetrie allegate, saranno di tipo modulare e saranno costituiti dai seguenti elementi:

- Due/tre moduli per il trasformatore MT/BT;
- Un modulo locale distribuzione BT/MT con tutti gli apparati elettrici completo di porta metallica.

La superficie complessiva occupata da tale cabina sarà di circa 15,25 mq (6,10 ml x 2,50 ml) per un'altezza complessiva di circa 2,90 ml e sarà sistemata su una base di cemento di poco superiore alle dimensioni in pianta della cabina elettrica.

Ogni cabina elettrica viene fornita completa di impianto elettrico di illuminazione, impianto di terra interno, kit di dispositivi di protezione individuale.

L'accesso alle cabine elettriche di trasformazione avviene tramite la viabilità interna.



Figure 1-10. Immagine dell'inverter con trasformatore – MV POWER STATION 2930 S2 o similare



Figure 1-11. Immagine dell'inverter – SUNNY CENTRAL 2930 -S2 o similari

Ogni cabina elettrica viene fornita completa di impianto elettrico di illuminazione, impianto di terra interno, kit di dispositivi di protezione individuale.

L'accesso alle cabine elettriche di trasformazione avviene tramite la viabilità interna.

La ripartizione dei vari moduli su ognuno degli inverter utilizzati sarà effettuata sulla base delle caratteristiche tecniche sotto riportate.

I criteri e le modalità per la connessione alla Rete AT saranno conformi a quanto prescritto dalle normative CEI 11-20, CEI 0-16, CEI 82-25 e dalle prescrizioni TERNA (TICA), per clienti produttori dotati di generatori che entrano in parallelo continuativo con la rete elettrica.

Il parco fotovoltaico su indicazione del documento preventivo di connessione di Terna che

riporta la soluzione tecnica minima generale (STMG) per la connessione dell'impianto in oggetto alla rete di trasmissione nazionale, prevede, la realizzazione di un cavidotto a 36 kV, che allaccerà il parco fotovoltaico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a 36 kV con una nuova Sottostazione Elettrica (SE) della RTN (prevista nel comune di Serracapriola).

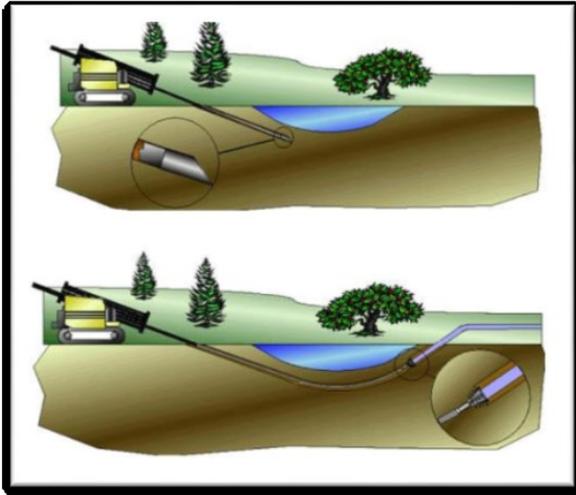


Figure 1-12. Schema tecnica "No dig"



Figure 1-13. Schema tecnica "Microtunneling"

1.1. Disponibilità aree ed individuazione delle interferenze

La disponibilità delle aree è assicurata attraverso la stipula di un contratto preliminare di costituzione del diritto di superficie sottoscritto tra il soggetto proponente l'intervento in oggetto (Limes 4 s.r.l.) e i proprietari delle aree (concedenti) interessate dallo stesso intervento, comunque allegato al progetto.

Sull'area relativa al campo agrivoltaico sono state rilevate interferenze dovute alla presenza del corso d'acqua Vallone Fontanelle, dalla Masseria Faugno Nuovo (bene storico culturale) e dall'eventuale realizzazione di una pala eolica in fase di autorizzazione come di seguito rappresentate:



Figure 1-14. Area d'interesse – Interferenze rilevate

Per le interferenze rappresentate dal corso d'acqua Vallone Fontanelle e dalla Masseria "Faugno Nuovo" il progetto prevede una fascia di rispetto di 150 m; per quanto riguarda la pala eolica da realizzare il progetto prevede la realizzazione dell'impianto agrivoltaico a debita distanza.

L'elettrodotto interrato a 36 kV di collegamento del parco agrivoltaico con l'ampliamento della sottostazione utente, ubicata in corrispondenza del punto di connessione alla RTN, presenta le seguenti interferenze:

- Attraversamento del Vallone del Rovello in prossimità del campo agrivoltaico;
- Attraversamento del Vallone Carapelle;
- Attraversamento di canali e ponticelli stradali;
- Attraversamento del Fiume Fortore;
- Attraversamento del Vallone S. Maria dell'Ischia;
- Eventuale presenza di linee elettriche interrate di altri produttori.



Figure 1-15. Planimetria d'insieme con interferenze

Nel seguito le rappresentazioni grafiche di tali presenze.



Attraversamento Vallone del Rovello



Attraversamento Vallone Carapelle



Attraversamento canale idrico



Attraversamento canale idrico



Attraversamento ponticello stradale



Attraversamento ponticello stradale



Attraversamento ponticello stradale



Attraversamento ponticello stradale



Attraversamento Fiume Fortore



Attraversamento Vallone S.Maria dell'Ischia



Attraversamento Vallone S.Maria dell'Ischia



Attraversamento canale di scolo

Le modalità di esecuzione degli attraversamenti e delle interferenze riscontrate, nonché le modalità proposte per la gestione di altre possibili interferenze, saranno realizzate, in sovrappasso o in sottopasso, in accordo alle Norme Tecniche applicabili e comunque secondo le indicazioni degli Enti proprietari dei sottoservizi, sono possibili in linea generale le seguenti interferenze (trasversale e/o longitudinali):

- 1) con condotte metalliche (acquedotto, condotte di irrigazione, etc.);
- 2) con linee elettriche interrato MT e BT;
- 3) con linee di telecomunicazioni;
- 4) con condotte del gas;
- 5) attraversamenti stradali, di corsi d'acqua e di tombini idraulici.

Relativamente agli attraversamenti stradali, di corsi d'acqua e di tombini idraulici, questi saranno utilizzate le tecniche del "NO DIG" e di "MICROTUNNELING". Il directional drilling rappresenta sicuramente la più diffusa tra le tecnologie No-Dig. Altri termini possono essere usati come TOC (trivellazione orizzontale controllata). Questa tecnologia permette di effettuare la posa di cavi con un sistema di aste teleguidate che perforano il sottosuolo creando lo spazio necessario alla posa. Essa può essere impiegata sia per sottoattraversamenti di tombini idraulici che di condotte idriche o cavidotti elettrici presenti lungo il tracciato dell'elettrodotta in progetto. La tecnica prevede una perforazione eseguita mediante una portasonda teleguidata ancorata a delle aste metalliche. L'avanzamento avviene per la spinta esercitata a forti pressioni di acqua o miscele di acqua e polimeri totalmente biodegradabili; per effetto della spinta il terreno è compresso lungo le pareti del foro. L'acqua è utilizzata anche per raffreddare l'utensile. Questo sistema non comporta alcuno scavo preliminare, ma eventualmente necessita effettuare solo delle buche di partenza e di arrivo; non comporta quindi, la demolizione prima e il ripristino dopo di eventuali sovrastrutture esistenti. Di tale tecnica, comunque, se ne parlerà più diffusamente nelle relazioni specialistiche allegate alla presente.

Il directional drilling rappresenta sicuramente la più diffusa tra le tecnologie No-Dig. Altri termini possono essere usati come TOC (trivellazione orizzontale controllata). Questa tecnologia permette di effettuare la posa di cavi con un sistema di aste teleguidate che perforano il sottosuolo creando lo spazio necessario alla posa. Essa può essere impiegata sia per sottoattraversamenti di tombini idraulici che di canali esistenti presenti lungo il tracciato dell'elettrodotta in progetto.

Questo tipo di perforazione consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante il radio-controllo del suo andamento piano-altimetrico. Il controllo della perforazione è reso possibile dall'utilizzo di una sonda radio montata in cima alla punta di perforazione, questa sonda dialogando con l'unità operativa esterna permette di controllare e correggere in tempo reale gli eventuali errori.

Le condotte idriche interrato e le bocchette superiori presenti all'interno del campo agrivoltaico e a servizio esclusivamente dell'area interessata dall'intervento, saranno delocalizzate lungo la viabilità interna.

Parallelismi ed interferenze tra cavi elettrici e condotte metalliche verranno realizzati secondo quanto previsto dalla Norma CEI 11-17 o, comunque, secondo le modalità indicate dagli enti

proprietari.

Nei parallelismi i cavi elettrici e le tubazioni metalliche devono essere posati alla maggiore distanza possibile tra loro.

La distanza misurata in proiezione orizzontale tra le superfici esterne di eventuali altri manufatti di protezione non deve essere inferiore a 0,30 m.

La suddetta prescrizione può essere superata, previo accordo tra gli enti proprietari o concessionari, nei seguenti casi:

- se la differenza di quota tra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m;
- se tale differenza di quota è compresa tra 0,30 e 0,50 m ma tra le strutture sono interposti separatori non metallici, oppure se la tubazione è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Negli incroci, invece, deve essere rispettata una distanza di almeno 50 cm tra cavi elettrici e condotte metalliche.

Inoltre, è stata anche verificato che durante le attività di installazione del cavidotto o del parco fotovoltaico non si intercettassero sorgenti idriche, che rimangono distanti dalle aree interessate dai lavori come mostra l'immagine seguente e a monte dell'intervento stesso.

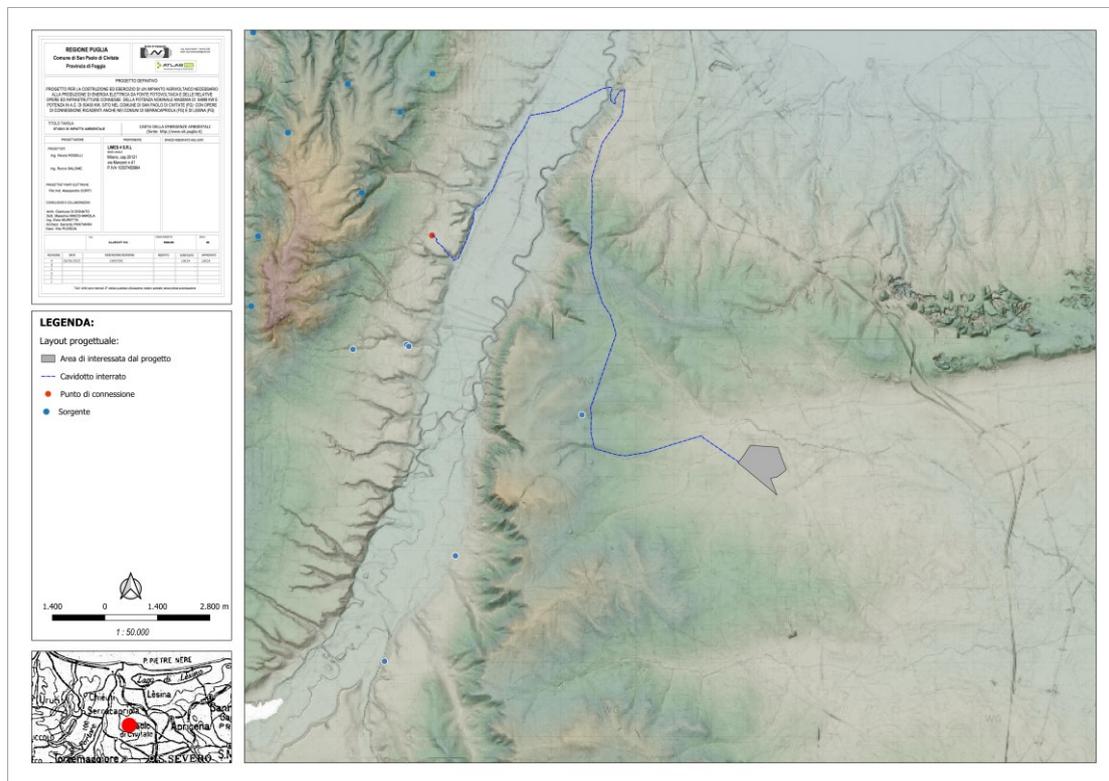


Figure 1-16. Il pallino blu mostra le sorgenti censite nell'area di progetto (www.sit.puglia.it)

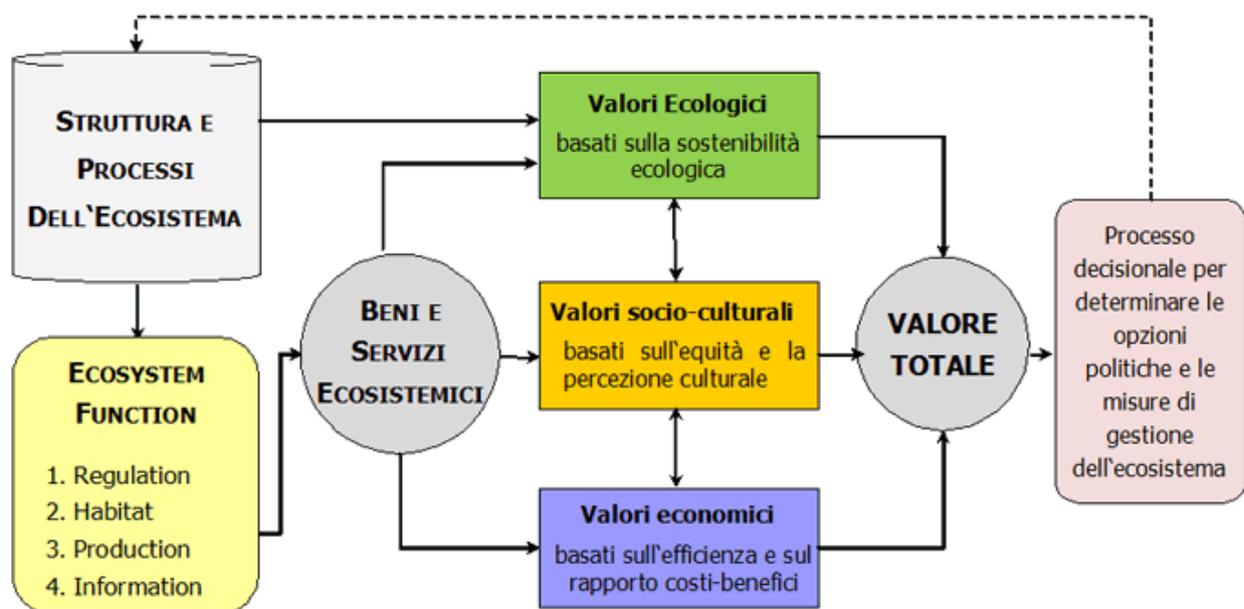
2 SERVIZI ECOSISTEMICI

2.1 Introduzione

Lo sviluppo di strumenti adeguati per una corretta gestione dell'ambiente passa necessariamente attraverso l'integrazione di elementi ecologici, economici e socio politici all'interno di un quadro interdisciplinare.

La struttura sottostante costituisce una cornice concettuale generale, all'interno della quale è possibile arrivare all'individuazione e alla quantificazione delle funzioni, dei beni e dei servizi ecosistemici (**SE**).

Si definiscono funzioni ecosistemiche: la capacità dei processi e dei componenti naturali di fornire beni e servizi che soddisfino, direttamente o indirettamente, le necessità dell'uomo e garantiscano la vita di tutte le specie.



modificato da De Groot, 1992

Il Millennium Ecosystem Assessment (2005), la più ampia e approfondita sistematizzazione delle conoscenze sino ad oggi acquisite sullo stato degli ecosistemi del mondo ha fornito una classificazione utile suddividendo le funzioni ecosistemiche in 4 categorie principali:

- **Supporto alla vita (Supporting):** queste funzioni raccolgono tutti quei servizi necessari per la produzione di tutti gli altri servizi ecosistemici e contribuisce alla conservazione (in situ) della diversità biologica e genetica e dei processi evolutivi.

- **Regolazione (Regulating):** oltre al mantenimento della salute e del funzionamento degli ecosistemi, le funzioni regolative raccolgono molti altri servizi che comportano benefici diretti e indiretti per l'uomo (come la stabilizzazione del clima, il riciclo dei rifiuti), solitamente non riconosciuti fino al momento in cui non vengono persi o degradati;
- **Approvvigionamento (Provisioning):** queste funzioni raccolgono tutti quei servizi di fornitura di risorse che gli ecosistemi naturali e semi-naturali producono (ossigeno, acqua, cibo, ecc.).
- **Culturali (Cultural):** gli ecosistemi naturali forniscono una essenziale "funzione di consultazione" e contribuiscono al mantenimento della salute umana attraverso la fornitura di opportunità di riflessione, arricchimento spirituale, sviluppo cognitivo, esperienze ricreative ed estetiche.

Queste funzioni ecosistemiche racchiudono i beni e i servizi utilizzati dalla società umana per soddisfare il proprio benessere. Sulla base di tali funzioni, il Millennium Ecosystem Assessment ha individuato i (potenziali) aspetti utili degli ecosistemi naturali per il genere umano sotto forma di beni e servizi, definendoli con il termine generale di servizi ecosistemici (ecosystem services): i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano.

I cambiamenti nell'uso del suolo determinati dalla realizzazione delle opere in progetto, influenzano i valori dei SE, sia biofisici che economici, che aumentano o diminuiscono sulla base delle trasformazioni territoriali i cui effetti sono valutabili nel breve e lungo periodo.

La descrizione e quantificazione di tali effetti, qui condotta attraverso l'uso del software SimulSoil, un'applicazione informatica che analizza le variazioni di valore derivate da trasformazioni d'uso del suolo, registrando la sensibilità dei servizi ambientali erogati ai cambiamenti del territorio e quantificando il costo complessivo di tali trasformazioni sul Capitale Naturale esistente. Il software, costituisce uno dei prodotti "tangibili" del progetto europeo LIFE SAM4CP e consiste in un software di supporto analitico territoriale alla mappatura e valutazione dei Servizi Ecosistemici resi dal suolo.

La sua finalità è di favorire e facilitare processi virtuosi di pianificazione urbanistica, siano essi estesi all'intero territorio comunale o a porzioni di esso: SimulSoil è infatti nato dall'esigenza di rendere il processo di conoscenza dei Servizi Ecosistemici direttamente scalabile alle reali "pratiche" urbanistiche, ovvero quelle necessarie al rilascio dei titoli abilitativi, ma anche tutte le altre procedure che implicano trasformazioni degli usi del suolo, sia attraverso alterazioni che ne determinano il "consumo" o il "degrado", che nei casi in cui ne generano una "valorizzazione" sotto il profilo ambientale ed ecosistemico.

Partendo dal presupposto che il suolo è una risorsa in grado di generare contemporaneamente molteplici Servizi Ecosistemici la cui conoscenza è imprescindibile per i processi del buon governo del territorio, SimulSoil è, in breve, uno strumento di aiuto ai decisori pubblici per effettuare scelte consapevoli e sostenibili nello sfruttamento di una risorsa sostanzialmente limitata e non rinnovabile.

SimulSoil "automatizza" processi informatici complessi che normalmente vengono gestiti separatamente mediante l'utilizzo di differenti modelli del software InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs²) determinandone l'immediata e semplificata utilizzabilità.

Nello specifico sono stati automatizzati gli algoritmi di calcolo riferiti ai seguenti 8 differenti Servizi Ecosistemici offerti dal suolo libero e selezionati tra i molteplici che la natura fornisce:

- qualità degli Habitat,
- stoccaggio di carbonio,
- disponibilità idrica,
- trattenimento dei sedimenti,
- trattenimenti dei nutrienti,
- produzione agricola,
- impollinazione,
- produzione legnosa.

La mappatura dei Servizi Ecosistemici (SE) costituisce ad oggi il riferimento di base per pianificatori e amministratori locali per poter "intervenire" oltre che "valutare" o "misurare" le quantità (stock) e le variazioni (trend) dei valori ecosistemici riferiti al suolo.

2.2 La valutazione biofisica ed economica dei servizi ecosistemici

Come già evidenziato, SimulSoil è un'applicazione informatica che consente di eseguire bilanci delle funzioni ecosistemiche del territorio, automatizzando processi informatici complessi che dovrebbero essere gestiti separatamente mediante l'utilizzo di differenti modelli, alcuni dei quali proprietari del software InVEST. Esso produce una quantificazione biofisica della mappatura dei SE e, associando "costi" parametrici ai SE forniti dai suoli ne sviluppa la valutazione economica, secondo il seguente approccio: ai SE con valori biofisici assoluti è associato un prezzo unitario (per esempio, 1 tonnellata di carbonio sequestrato equivale a 100 euro del costo sociale evitato per il mancato rilascio in atmosfera), mentre per i SE con valori biofisici espressi da valori indice l'associazione del costo avviene ipotizzandone un mercato e definendone un valore derivato dalla "disponibilità a pagare" per il godimento del bene stesso. È

evidente, tuttavia, come l'associazione di un valore economico ad un indice presenti molti limiti e non sia da assumere come valore paradigmatico.

Si sottolinea, inoltre, che, indipendentemente dal modello di valutazione adottato, l'associazione di un valore economico ad un beneficio ambientale si riferisce sempre ad un valore "marginale" e non "totale" (poiché il valore complessivo del Capitale Naturale non è quantificabile). SimulSoil, pertanto, non determina il "prezzo" del Capitale Naturale, ma costituisce piuttosto la stima parametrica del possibile valore monetario di alcuni servizi ecosistemici.

Nello specifico, la valutazione ha ad oggetto i seguenti 8 SE:

1. STOCCAGGIO DI CARBONIO (Carbon Sequestration) - CS - servizio di regolazione secondo la classificazione TEEB CICES;
2. PRODUZIONE AGRICOLA (Crop Production) - CPR- servizio di approvvigionamento secondo la classificazione TEEB CICES;
3. PRODUZIONE LEGNOSA (Timber Production) - TP - servizio di approvvigionamento secondo la classificazione TEEB CICES;
4. QUALITÀ DEGLI HABITAT (Habitat Quality) - HQ - servizio di supporto secondo la classificazione TEEB CICES;
5. TRATTENIMENTO DEI NUTRIENTI (Nutrient Retention) - NR - servizio di regolazione secondo la classificazione TEEB CICES;
6. DISPONIBILITÀ IDRICA (Water Yield) - WY - servizio di regolazione secondo la classificazione TEEB CICES;
7. TRATTENIMENTO DEI SEDIMENTI (Sediment Retention) - SDR - servizio di regolazione secondo la classificazione TEEB CICES;
8. IMPOLLINAZIONE (Crop Pollination) - CPO - servizio di approvvigionamento secondo la classificazione TEEB CICES.

Di seguito si specificano le modalità di calcolo e di imput di ogni uno degli otto SE utilizzati.

Stoccaggio di Carbonio (CS)

L'incremento di CO₂ in atmosfera è causato principalmente dalle attività antropiche: una volta che un terreno naturale viene impermeabilizzato o subisce altre forme di degrado, perde la capacità di trattenere il carbonio che, di conseguenza, viene emesso in atmosfera. Per valutare questo SE il simulatore utilizza il modello InVEST "Carbon Storage and Sequestration". L'output fornito è costituito da mappe della quantità di carbonio immagazzinato dagli ecosistemi terrestri in termini biofisici (espresso in tonnellate di C per pixel) e da una valutazione dello stesso in termini economici espressa in euro/tonnellata. Il modello stima la quantità di carbonio

in funzione della categoria di uso del suolo con riferimento ai quattro principali serbatoi (pools) presenti in natura: biomassa epigea, biomassa ipogea, suolo e sostanza organica morta.

I dati di input, oltre all'uso del suolo, sono i valori di stoccaggio del carbonio associati alle differenti classi d'uso del suolo divisi in suolo, lettiera, fitomassa ipogea e fitomassa epigea. Per le categorie forestali i valori di tutti i pool sono stati ricavati tramite l'utilizzo di apposite metodologie e coefficienti di conversione, dai volumi di provvigione forniti dall'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (INFC) per ogni regione; per le altre aree naturali e per le superfici agricole i valori di default del carbonio contenuto nella biomassa epigea, nella biomassa ipogea e nella sostanza organica morta sono quelli proposti da Sallustio et al. (2015), mentre per il carbonio contenuto nel suolo il valore inserito è stato stimato sulla base dei dati del progetto SIAS (Sviluppo Indicatori Ambientali sul Suolo), relativi al carbonio immagazzinato nei primi 30 cm di suolo.

Alle aree artificiali è stato assegnato un valore pari a zero per tutti i pool, assumendo una perdita completa del servizio.

A livello locale vi è stato un adattamento delle soglie di stoccaggio del carbonio del suolo e soprassuolo per considerare anche tutte le classi ad uso antropico, (macroclasse 1 Land Cover Puglia – aree artificiali) a partire dalle quantità segnalate per i prati e pascoli, con una rimodulazione delle soglie sulla base dell'indice di permeabilità rilevato per ogni classe d'uso del suolo.

Nello specifico: per le classi "SOIL" e "DEAD" sono stati rimodulati i valori corrispondenti ai prati rispetto all'indice di permeabilità espresso nella singola classe di copertura (le aree industriali impermeabilizzate al 99%, ed esempio, non hanno valore di stoccaggio), mentre per tutte le altre coperture si utilizzano i valori nazionali dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. Per le classi "ABOVE" and "BELOW" soil è stato adottato un procedimento di adeguamento dei valori a partire dalla biomassa legnosa iniziale. In particolare, la quantità di carbonio organico unitario (in ton/ha), corrispondenti alla biomassa iniziale, viene calcolata moltiplicando la biomassa legnosa complessiva per un opportuno coefficiente (0,17 per le conifere e 0,25 per le latifoglie). Successivamente tale quantità viene ripartita tra quella sviluppata soprassuolo (l'84%) e quella sviluppata nel sottosuolo (il 16%).

L'output generato dal simulatore è la spazializzazione dell'indicatore Carbon Sequestration nel territorio con valori biofisici assoluti di carbonio stoccato per pixel (ton/pixel).

Per la valutazione economica della funzione di stoccaggio del carbonio il simulatore si basa sulla quantificazione del costo sociale del carbonio (SCC) ovvero quello che contabilizza il danno marginale associato al rilascio di tonnellate di carbonio in atmosfera. Secondo questo approccio, ad ogni tonnellata di carbonio immagazzinata nel suolo viene associato un costo sociale evitato per il mancato rilascio del carbonio organico in atmosfera, e la conseguente produzione di CO₂

pari a 100 euro/ton.

Produzione agricola (CPR)

La produzione agricola è un servizio ecosistemico di approvvigionamento essenziale poiché è alla base della fornitura di materie prime per la sopravvivenza dell'uomo. Descrivere l'agricoltura e più in generale l'utilizzo del territorio agroforestale in termini di servizi ecosistemici forniti dal suolo è una operazione complessa. L'agricoltura, infatti, utilizza i servizi forniti dal capitale naturale e influisce a sua volta su di essi, ad esempio aumentando l'infiltrazione nel suolo di nutrienti contenuti nei fertilizzanti come azoto e fosforo, ma al contempo fornisce un servizio essenziale come principale fonte di cibo. La stima del valore della produzione agricola coinvolge, ovviamente, non solo i terreni propriamente agricoli, ma anche quelli destinati alla produzione di foraggio (prati) ed al pascolo.

Il consumo di suolo a fini edificatori annulla completamente il servizio di produzione agricola, rendendo impossibile qualsiasi possibilità di sfruttamento agricolo del terreno impermeabilizzato, sia nel breve che nel medio-lungo periodo, dato che il suolo è una risorsa che necessita di lunghi periodi per recuperare le sue funzioni e le sue caratteristiche biologiche originali. Per tutte le aree artificiali il simulatore ha dunque assunto un valore del servizio CPR pari a zero.

Il metodo di valutazione utilizzato nel simulatore si basa sulla spazializzazione dei Valori Agricoli Medi (VAM) proposti dall'Agenzia delle Entrate, suddivisi per regioni agrarie secondo lo schema di classificazione definito dall'Istat. Per condurre tale analisi a ciascuna classe di uso e copertura del suolo sono state associate la corrispondente regione agraria e il relativo VAM. L'unità di misura dell'output è Euro per ettaro.

In questo caso l'indicatore considerato è solo biofisico; per la mancata Produzione Agricola, le perdite ecosistemiche sono di tipo reversibile e recuperabili con il ripristino delle attività agricole sui terreni, garantite dopo le attività di dismissione dell'impianto.

Produzione legnosa (TP)

La produzione di legname è un importante servizio di approvvigionamento. Anche in questo caso si tratta di un servizio complesso, poiché la gestione della produzione legnosa, in particolare la gestione dell'intensità e della velocità di raccolta, influenza il mantenimento dell'erogazione di molti altri servizi ecosistemici: la qualità degli habitat, la quantità di carbonio sequestrato, la prevenzione dell'erosione e la purificazione dell'acqua dai nutrienti, ma anche l'impollinazione, in quanto i boschi sono particolarmente adatti ad ospitare i nidi di impollinatori. Nel simulatore è stata utilizzata la stessa metodologia di calcolo proposta per la valutazione della produzione agricola, cioè si è considerato il Valore Agricolo Medio come proxy del potenziale di

produzione legnosa su larga scala. Anche in questo caso l'indicatore ottenuto è sia biofisico che economico: esso infatti esprime parametricamente il livello di servizio di produzione ottenuto, con un valore parametrico espresso in €/ha, e la redditività assoluta, costituita dalla moltiplicazione di tale valore per la superficie delle aree destinate a fini produttivi forestali.

Qualità degli habitat (HQ)

Gli habitat e la biodiversità che essi ospitano, forniscono tutto quello di cui le diverse specie animali e vegetali necessitano per la sopravvivenza, garantendo cioè le risorse per la nutrizione, la riproduzione e lo sviluppo. Gli impatti antropici, in particolare i cambiamenti di uso del suolo che determinano processi di artificializzazione, minacciano gravemente la biodiversità e la conservazione delle specie.

Il modello di InVEST per l'Habitat Quality utilizzato nel simulatore, si basa sull'ipotesi che le aree con una qualità degli habitat più alta ospitano una ricchezza maggiore di specie native mentre la diminuzione delle dimensioni di uno specifico habitat e della sua qualità portano al declino della persistenza delle specie.

Per funzionare, il modello utilizza come dati di input sia valori (da 0 a 1) di qualità dell'habitat in termini di compatibilità delle specie con ciascuna classe di uso e copertura del suolo, sia valori corrispondenti alle minacce. In particolare, il modello genera una carta raster per ogni minaccia, in cui è rappresentato il livello di minaccia in funzione della distanza dall'impatto, del tipo di decadimento e della pressione sugli habitat.

Le tipologie di habitat considerate dal simulatore sono 12 ed i valori dei relativi parametri a scala nazionale sono stati ricavati attraverso un approccio expert based, cioè sottoponendo un questionario a oltre 100 esperti nazionali con affiliazioni diverse nei settori della conservazione e della gestione della biodiversità. Per quanto riguarda le minacce e relativi valori di interferenza con gli habitat sono stati considerati: il sistema antropizzato, le aree agricole ed il reticolo infrastrutturale con classificazione di strade principali, secondarie e locali.

L'output generato è una spazializzazione dell'indicatore Habitat Quality nel territorio con valori relativi al contesto di analisi che variano da 0 a 1.

Per la valutazione economica della funzione di qualità degli habitat il modello utilizzato da SimulSoil si basa sulla valutazione di contingenza in grado di stimare, attraverso lo strumento dell'intervista, la disponibilità a pagare (DAP) dei singoli soggetti per la gestione di aree verdi naturali e semi-naturali con elevato valore ambientale ed è espresso in euro al mq (i valori spaziano da 1,70 a 3,87 euro/mq per il verde urbano, da 0,30 a 0,39 euro/mq per il verde agricolo e da 1,63 a 24,15 euro/mq per il verde naturale o seminaturale).

Trattenimento dei nutrienti (NR)

Si tratta di un SE di regolazione fornito dagli ecosistemi acquatici e terrestri che concorrono a filtrare e decomporre reflui organici che giungono nelle acque interne e negli ecosistemi costieri e marini, contribuendo così alla fornitura di acqua potabile. Le foreste naturali, in particolare, contribuiscono ad una qualità superiore delle acque, con meno sedimenti e filtrando gli inquinanti rispetto a sorgenti di inquinamento sia diffuse (fertilizzanti agricoli) che localizzate (presenza di impianti con produzione e diffusione di inquinanti nel suolo). Spesso si fa riferimento alla rimozione di nitrati e fosfati poiché sono gli elementi più diffusi nei reflui domestici e agricoli e particolarmente deleteri per la potabilità dell'acqua e l'eutrofizzazione dei laghi. L'impermeabilizzazione genera una perdita irreversibile della capacità di infiltrazione dell'acqua nel suolo e quindi rappresenta la maggiore minaccia a tale tipo di servizio. Il consumo di suolo, inoltre, generando una compromissione delle superfici naturali permeabili e impedendone la filtrazione dell'acqua può anche portare, in particolari circostanze, a fornire un maggior carico di inquinanti ai corsi d'acqua, per via di un maggior scorrimento superficiale.

Il simulatore utilizza il modello InVEST NDR, che restituisce in output mappe di capacità di purificazione dell'acqua da parte dell'attuale, o futura, configurazione d'uso del suolo.

I dati di input utilizzati, oltre alle mappe di uso del suolo, sono:

- Digital Elevation Model. Formato raster – Dtm passo 20 m.
- Mappa dei bacini idrografici. Formato vettoriale (sit.puglia.it - Bacini idrografici Bacini idrografici e morfologici dei principali fiumi pugliesi).
- Root restricting layer depth: la profondità del suolo dove la penetrazione delle radici è fortemente inibita per colpa delle caratteristiche fisiche o chimiche.
- Precipitazioni. Valore annuale medio delle precipitazioni in millimetri.
- Plant Available Water Content (PAWC): la frazione d'acqua che può essere immagazzinata nel suolo e disponibile per le piante.
- Average annual potential evapotranspiration (PET): la perdita potenziale di acqua dal suolo sia per evaporazione che per traspirazione dell'erba medica, nel caso in cui ci sia una quantità d'acqua sufficiente. Formato raster. (utilizzo dei valori nazionali nelle tabelle csv).
- Dati biofisici: tabella che associa, ad ogni classe di uso del suolo:
 - massima profondità delle radici delle piante
 - Kc, il coefficiente di evapotraspirazione delle piante, usato per ottenere l'evapotraspirazione potenziale della classe modificando quella di riferimento già inserita in formato raster
 - load_n / load_p, carico annuale di azoto e fosforo
 - eff_n / eff_p, valore tra 0 e 1 che indica la capacità di filtraggio della vegetazione
- Water purification threshold: tabella che esprime il carico massimo consentito di azoto e fosforo per ogni bacino idrografico.

Per la stima del carico di inquinanti è stata scelta come proxy una tipologia di coltivazione per ogni categoria agricola della carta di uso del suolo. Questo approccio, seppur semplificato, è stato ritenuto il più adatto, poiché altri approcci sarebbero stati insostenibili in termini di tempi di elaborazione, dimensioni della cartella di lavoro del software e interpretazione dei risultati.

L'output è la spazializzazione dell'indicatore Nutrient Retention nel territorio con valori assoluti di chilogrammi di nitrato annualmente confluito nel sistema delle acque correnti per pixel di riferimento.

Relativamente ai risultati che riguardano i modelli di trattenimento dei nutrienti, sottolineiamo che il loro "valore" biofisico è rappresentato dalla presenza di nutriente per pixel e pertanto all'aumentare del valore si ha una diminuzione del servizio ecosistemico reso. Per tale motivo il loro valore è stato convertito dal simulatore al negativo nel caso di una valutazione comparativa tra scenari differenti.

Per la stima economica la valutazione associa al valore biofisico dei nitrati che confluiscono nei bacini idrici il costo di sostituzione evitato per un'equivalente depurazione artificiale. Nello specifico è stato scelto di associare il costo per la costruzione di fasce tampone boscate (64 euro/kg), poiché soluzioni in grado di attenuare naturalmente il carico di inquinanti provenienti da sorgenti diffuse, tra le più difficili da individuare e contenere. Si è scelto di non adottare il criterio di valutazione del costo evitato dell'equivalente depurazione ottenuta con mezzi meccanici e/o chimici poiché esso non considera il fenomeno delle sorgenti di inquinamento diffuso, oltre ad essere soggetto ad elevata variabilità dovuta all'elevata oscillazione dei costi dipendenti dal tipo di tecnologia adottata per la depurazione dell'acqua.

Disponibilità idrica (WY)

La disponibilità idrica è riconducibile alla funzione ecologica di filtraggio dell'acqua da parte del suolo a partire dal grado di impermeabilizzazione delle diverse tipologie d'uso.

L'individuazione delle aree maggiormente permeabili e che, per caratteristiche pedogenetiche (profondità, tessitura e capacità di assorbimento), contribuiscono maggiormente a trattenere l'acqua in seguito ad eventi piovosi costituiscono il servizio di "capacità idrica" inteso come il servizio regolativo del suolo di "stoccare" e rendere disponibile alla vegetazione superficiale notevoli quantità di acqua prima che queste scorrano superficialmente o si infiltrino per processi di ricarica degli acquiferi profondi.

Il servizio riduce la possibilità di inondazioni grazie al maggior drenaggio dei suoli. La metodologia di valutazione adottata assegna maggior valore ai suoli che maggiormente trattengono e restituiscono l'acqua in falda anziché permetterne il flusso superficiale. Il valore del servizio equivale dunque al costo del danno evitato a causa di fenomeni di piena, esondazioni e alluvioni ed è stabilito in 64 euro/mq.

I dati di input utilizzati, oltre alle mappe di uso del suolo, sono:

- Profondità media del suolo;
- Profondità media delle radici per tipologia vegetazionale;
- Precipitazioni nell'area di indagine;
- Plant Available Water Content fraction (frazione d'acqua stoccabile dal suolo – rispetto alla caratterizzazione pedogenetica – utilizzabile dalle piante);
- Evapotraspirazione di riferimento media nell'area di indagine;
- Bacino idrografico di riferimento;
- Coefficiente di evapotraspirazione potenziale per specie vegetazionali.

Trattenimento dei sedimenti (SDR)

È un SE di regolazione che considera la capacità di un suolo in buone condizioni di mitigare l'asportazione della parte superficiale del terreno (la parte più ricca di sostanza organica) a seguito dell'azione delle acque di ruscellamento superficiale e delle piogge. Per quanto il fenomeno dell'erosione idrica sia un processo naturale, questo può subire un'accelerazione a causa di alcune attività antropiche (prevalentemente agricole, ma anche dovute ad altri processi di degrado del suolo). Ciò comporta danni alla funzionalità del suolo, alla produzione agricola e, in generale, all'ambiente. La rimozione della parte superficiale del suolo, ricca di sostanza organica, ne riduce, anche in modo rilevante, la produttività e può portare a una perdita irreversibile di terreni coltivabili nel caso di suoli poco profondi.

Il simulatore utilizza il modello di InVEST SDR (Sediment Delivery Ratio Model), che restituisce in output le mappe della capacità dei diversi usi del suolo, attuali e futuri, di evitare l'asportazione di suolo ed il suo accumulo all'interno dei corsi d'acqua. Il modello utilizza informazioni relative alla geomorfologia, clima, vegetazione e pratiche di gestione e stima la perdita annuale di suolo partendo dall'equazione matematica RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) ovvero la revisione dell'equazione USLE (Universal Soil Loss Equation) adattata ad ambiente topografici complessi:

$$V = R_i * K_i * L_{Si} * C_i * P_i$$

con:

V = stima del tasso di perdita di suolo medio

R_i = fattore di erosività della pioggia (MJ * mm(ha * hr)),

K_i = fattore di erodibilità del suolo (ton * ha * hr(MJ * ha * mm))

L_{Si} = fattore di pendenza

c_i = copertura del suolo

p_i = fattore di influenza del controllo artificiale

La perdita di suolo così calcolata, moltiplicata per un coefficiente di trasporto dei sedimenti

(SDR) che rappresenta la quota parte di sedimenti che effettivamente raggiunge i corpi idrici, costituisce l'output del modello. Relativamente ai risultati che riguardano i modelli di trattenimento dei sedimenti, sottolineiamo che il loro "valore" biofisico è rappresentato dalla presenza di erosione per pixel e pertanto all'aumentare del valore si ha una diminuzione del servizio ecosistemico reso. Per tale motivo il loro valore è stato convertito dal simulatore al negativo nel caso di una valutazione comparativa tra scenari differenti. La carta esprime i quantitativi in termini di tonnellate di suolo eroso/pixel.

I dati di input utilizzati, oltre alle mappe di uso del suolo, sono:

- Indice di erosività della pioggia (parametro che definisce l'energia erosiva della pioggia);
- Indice di erodibilità associato alla composizione pedogenetica del suolo (parametro che dà conto della facilità con cui il suolo può venire eroso);
- Bacino idrografico di riferimento;
- Modello digitale del terreno;
- Fattore di coltivazione "c" (incidenza del tipo di lavorazione del suolo ai fini produttivi sull'erosione totale) e al fattore di erosività derivato dalla pratica colturale "p" (incidenza del tipo di pratica antierosiva associata alle tipologie colturali).

Dal momento che il modello biofisico adottato produce una mappatura di erosione potenziale dei suoli, espressa in tonnellate per pixel, si è scelto di adottare un modello di valutazione economica che associ alla qualità dei suoli soluzioni di protezione artificiali che abbiano equivalente funzionalità, come ad esempio il "costo di ripristino" della fertilità dei suoli funzionale alla protezione dall'erosione e pari a 150 euro/tonnellata.

Impollinazione (CPO)

È un SE di regolazione e approvvigionamento fondamentale per la produttività di moltissime colture dipendenti da processi naturali di impollinazione entomofila. La fecondazione delle piante e, conseguentemente, la produzione di cibo, dipendono in parte dalle specie impollinatrici selvatiche.

Quasi il 10% delle specie di api europee sono attualmente minacciate dall'estinzione: senza di esse molte specie di piante si estinguerebbero e gli attuali livelli di produttività colturale potrebbero essere mantenuti solamente ad altissimi costi attraverso processi di impollinazione artificiale. Fenomeni antropici quali l'espansione urbana, l'aumento delle infrastrutture e l'applicazione in agricoltura di pratiche non sostenibili come l'utilizzo intensivo di insetticidi e fertilizzanti, incidono fortemente sulla salute delle specie impollinatrici. Il modello Pollinator Abundance - Crop Pollination di InVEST che viene ripreso nel simulatore restituisce come output mappe relative al contributo degli impollinatori selvatici alla produzione agricola in funzione dell'attuale configurazione del paesaggio e degli usi del suolo.

I dati inseriti oltre alle mappe dell'uso del suolo sono:

- Caratteristiche delle specie impollinatrici in relazione alle classi di copertura del suolo e possibile presenza/assenza di particolari essenze vegetali;
- Caratteristiche delle classi di copertura del suolo relativamente alla disponibilità di luoghi ospitali ai vari impollinatori.

Sono richieste diverse caratteristiche per ciascuna specie di impollinatori considerata: la tipologia di nidificazione, il periodo di attività di impollinazione e il range di volo poiché influenza il servizio offerto alle colture. Ad ogni categoria di uso del suolo viene inoltre associato un valore che indica l'abbondanza di fiori nei vari periodi dell'anno (con valori compresi fra 0 e 1) e un altro che indica la disponibilità ad ospitare le varie specie in base alla tipologia di nidificazione.

Le elaborazioni partono dalla stima dell'abbondanza delle specie impollinatrici nelle varie celle del raster di uso e copertura del suolo, basata sulla disponibilità di luoghi adatti alla nidificazione e al cibo (fiori) nelle celle adiacenti.

Il risultato è una mappa di abbondanza con valori compresi tra 0 e 1 per ciascuna specie, che rappresenta la potenziale disponibilità di impollinatori per un'area agricola da impollinare. Il modello utilizza per le aree ad uso agricolo un calcolo dell'abbondanza delle specie a partire dal dato sul range di volo.

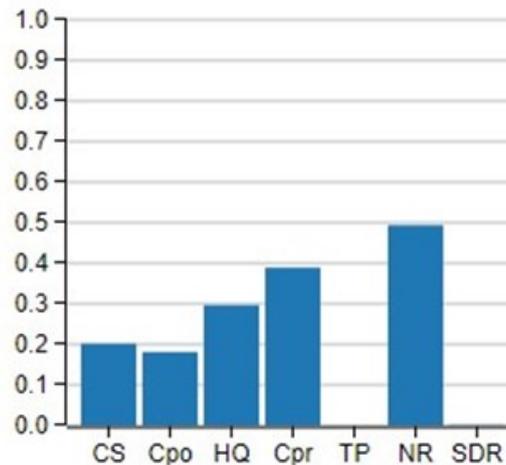
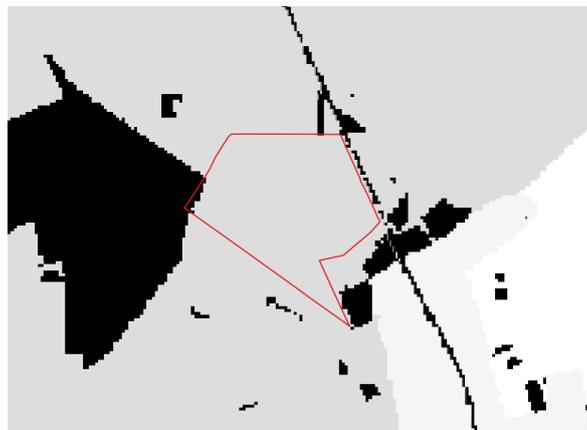
Il servizio è inteso come surplus al valore di produttività agricola garantito dalla presenza di specie impollinatrici. L'output è costituito dalla spazializzazione dell'indicatore crop pollination nel territorio con valori assoluti di presenza di specie impollinatrici nelle aree agricole oggetto del servizio di impollinazione (N.api/ pixel). La valutazione economica (226 euro/ha) è derivata dal grado di dipendenza delle coltivazioni dall'impollinazione: si valuta il fattore percentuale di vulnerabilità del valore complessivo delle colture rispetto ai benefici dovuti dall'impollinazione e lo si moltiplica per la presenza di api per singolo habitat.

3 LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI NELL'AREA DI PROGETTO

Attraverso la simulazione SimulSoil descritta precedentemente, è stato calcolato il valore ecologico ante operam in corrispondenza del campo fotovoltaico di San Paolo di Civitate (FG), usando come repertori di input la carta dell'uso del suolo della Regione Puglia, riferita all'anno 2011 e quindi più conservativa rispetto allo stato attuale dell'utilizzo dei suoli.

Ciò premesso, a seguire si determina la perdita economica specifica (espressa in €/mq) per il campo FV, come differenza tra lo stato ante e quello post operam.

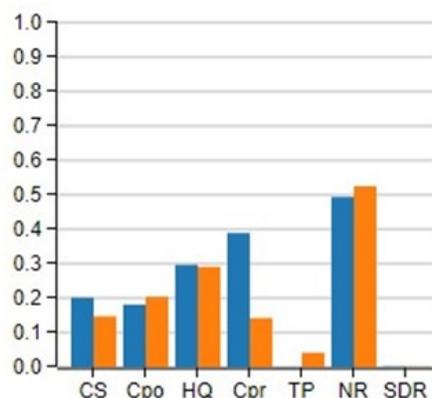
Simulazione del valore Ecologico ante operam del sito di installazione



Valore medio per un'area di 28.48 ha (712 pixel).

servizio	v.m.	Δ bio	u.m.	Δ €/mq
CS - Carbonio	66.47		t/ha	-
Cpo - Impollinazione	0.18		-	-
HQ - Qualità Habitat	0.30		-	-
Cpr - Produzione Agricola	36038.62		€/ha	-
TP - Produzione Legnosa	0.00		€/ha	-
NR - Purificazione Acqua	38.48		kg/ha	-
SDR - Mitigazione Erosione	5.91		t/ha	-

Valore Ecologico post operam del sito di installazione



Valore medio per un'area di 28.48 ha (712 pixel).

servizio	v.m.	Δbio	u.m.	Δ €/mq
CS - Carbonio	66.47	-17.88	t/ha	-0.19
Cpo - Impollinazione	0.18	0.02	-	0.00
HQ - Qualità Habitat	0.30	-0.01	-	-0.00
Cpr - Produzione Agricola	36038.62	-22852.60	€/ha	-2.29
TP - Produzione Legnosa	0.00	786.60	€/ha	0.08
NR - Purificazione Acqua	38.48	2.44	kg/ha	0.00
SDR - Mitigazione Erosione	5.91	-1.77	t/ha	-0.03

Valore Ecologico post operam del sito di installazione:

servizio	Δ €/mq	Δ €/mq	u.m.	Δ €/mq
CS - Carbonio	66.47	17.88	t/ha	-0.19
Cpo - Impollinazione	0.18	0.02	-	0.00
HQ - Qualità Habitat	0.30	-0.01	-	-0.00
Cpr - Produzione Agricola ¹	36251.70	-22852.60	€/ha	-2.29
TP - Produzione Legnosa	0.00	786.60	€/ha	0.08
NR - Purificazione Acqua	38.48	2.44	Kg/ha	0.00
SDR - Mitigazione Erosione	5.91	-1.77	t/ha	-0.03
Totale				-2.42

¹ * Data la natura dell'opera e il mantenimento dell'attività agricola tra le stringhe del campo fotovoltaico, si considera che la riduzione della produzione agricola in ragione della minore superficie sia abbondantemente sovrastimata in via cautelativa. Inoltre, le perdite ecosistemiche sono di tipo reversibile e recuperabili con il ripristino delle attività agricole sui terreni dopo le attività di dismissione dell'impianto, ancor che, perimetralmente l'installazione fotovoltaica è prevista la piantumazione di essenze arboree/arbustive, totalmente assenti nel contesto di riferimento.

Data la natura dell'opera e della sua localizzazione **NON** si è considerata la mancata produzione agricola (Cpr) poiché la tipologia progettuale proposta è un agrivoltaico che **rispetta tutte le indicazioni delle "Linee guida in materia di impianti agrivoltaici"** pubblicate a giugno 2022 dal Ministero per la Transizione Ecologica (di seguito, le "Linee Guida") nonché dei requisiti necessari all'accesso ai fondi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (di seguito, il "PNRR"); infatti nelle aree libere del campo fotovoltaico proseguirà la coltivazione con piante erbacee già coltivate in zona. Le colture verranno piantumate tra le file dei moduli fotovoltaici e seguiranno un sistema di rotazione annuale per limitare al minimo il fenomeno della stanchezza del terreno.

3.1 Calcolo variazione dei servizi ecosistemici ante/post operam

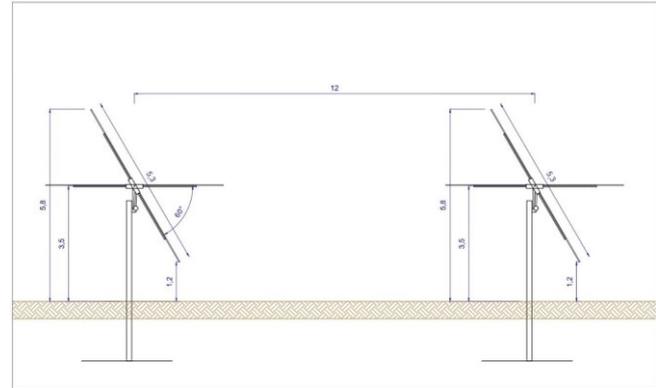
Il simulatore SimulSoil attribuisce alla trasformazione del suolo in proposta, una perdita su alcuni servizi ecosistemici e l'incremento di altri. Il bilancio dovuta al campo fotovoltaico è pari a **-2.42 €/mq**, con una prevalenza nella perdita del parametro della "produzione agricola (Cpr)" sovrastimato, poiché l'impianto fotovoltaico è integrato con una coltivazione erbacea e arborea/arbustiva perimetrale. Per quanto riguarda gli altri parametri il bilancio è quasi sempre positivo o nullo, per esempio lo stoccaggio di carbonio (CS) ha un bilancio positivo grazie alla piantumazione arborea perimetrale.

Di seguito, vengono individuati il layout dell'impianto e l'installazione dei pannelli. L'impianto in questione ha una distanza tra le fila di 12 m di cui 11 m utili (Figura 3). I pannelli presentano un'altezza da terra di 3,5 m -punto di innesto del pannello sul palo di sostegno- e una larghezza di 5,3 m.

L'area d'interesse per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico ad inseguimento mono-assiale presenta un'estensione complessiva di circa 92 ha, la cui potenza complessiva massima sarà pari a 54.998 kWp.

La superficie risulta essere così ripartita:

- Superficie Totale Impianto APV 91.03.72 ha,
- Superficie Coltivata APV: 74.91.57 ha,
- Superficie non Coltivata APV: 05.55.90 ha,
- Fascia di mitigazione: 01.70.67 ha,
- Tare: 08.85.58 ha.



L'area interessata sottratta alla coltivazione per tanto sarà pari a circa 9 ha, poiché l'impianto in proposta è un agrivoltaico.

Pertanto, moltiplicando il delta economico (€/mq) per la superficie interessata dall'opera (9,00 ha), si calcola che la realizzazione dell'opera comporterà una perdita annua del valore dei servizi ecosistemici **pari a 217.800 €**.

L'impianto in oggetto, di potenza massima di picco di 54,998 MWp, produrrà circa 99974 MWh/anno di energia. Il dimensionamento dell'impianto è stato condotto con il programma PVSYST di cui si riporta il report completo del dimensionamento elettrico.

Considerando, quindi, che ogni KWh prodotto da un sistema fotovoltaico sul lato di media tensione, evita l'emissione di 0.4657 kg di anidride carbonica, se ne deduce che l'impianto in esame eviterà quindi all'ambiente un'emissione totale di:

- anidride carbonica pari a $99.974.000 \text{ KWh/anno} \times 0,4657 \text{ Kg/kWh} = 46.557.891,80 \text{ kg}$ di CO2 l'anno.

Volendo attribuire un valore economico marginale a tale contributo, si considera il valore medio dei titoli di CO2 scambiati nel sistema europeo delle emissioni EU ETS (European Emissions Trading Scheme) nel corso del 2022, pari a 80,69² €/ton CO2, pertanto il beneficio ambientale determinato dalle mancate emissioni di CO2 è pertanto stimato pari a **3.756.756,28 €/anno**.

3.2 Bilancio tra benefici e costi ambientali

Il Bilancio ecologico, confronto tra costi e benefici ambientali, si chiude positivamente.

Il beneficio ambientale determinato dalle mancate emissioni di CO2, tolta la perdita economica teorica data dai servizi ecosistemici (217.800 €), determina un **bilancio positivo** di

² Fonte: www.sendeco2.com

+3.538.956,28 €/anno.

La stima economica dei benefici ambientali del resto è ampiamente sottostimata, là dove non considera i costi sanitari, soprattutto, dovuti alle morti premature e all'insorgere di determinate malattie cardiovascolari e respiratorie provocate dall'inquinamento atmosferico delle centrali termoelettriche, oltre ai costi ecologici per contrastare gli effetti più rovinosi dei cambiamenti climatici, attraverso bonifiche ambientali, ripristino di ecosistemi danneggiati, eccetera.

Come dimostrato, il decremento dei costi ecologici delle opere in progetto è attribuibile alla riduzione della capacità di assorbimento del Carbonio (CS) che è compensata ampiamente dalle emissioni evitate.

In una lettura ecosistemica del progetto pertanto è corretto compensare i costi ambientali con il valore delle emissioni evitate di CO₂ dovute alla produzione di energia elettrica rinnovabile.

A tutto ciò va considerato:

- che dei circa 92 ettari oggetto della proposta solo circa 9 ha sono utilizzati per l'istallazione e dette superfici non sono né "consumati" e nemmeno "impermeabilizzati", poiché la produzione agricola persisterà anche con l'impianto in funzione;
- che le variazioni ecosistemiche sono di tipo reversibile con il ripristino delle attività agricole sui terreni, garantite dopo le attività di dismissione dell'impianto;
- che nel campo fotovoltaico sarà garantita la produzione agricola anche durante la produzione energetica e sarà istallato un impianto apiario.

Inoltre, in un territorio altamente sovrasfruttato dal punto di vista dell'utilizzo del suolo, delle acque superficiali e sotterranee, la proposta progettuale non contribuisce all'aumento della desertificazione anzi, la soluzione di realizzare un agrivoltaico con coltivazione a rotazione tra le stringhe dei pannelli fotovoltaici rende ancor più sostenibile l'utilizzo del suolo riducendo il fenomeno della desertificazione tipico di suoli sovrasfruttati a monocoltura estensiva.

Premettendo che, l'associazione di un valore economico ad un beneficio ambientale si riferisce sempre ad un valore "marginale" e non "totale", poiché il valore complessivo del Capitale Naturale non è quantificabile e che le voci economiche utilizzate nel bilancio non sono da considerare il "prezzo" del Capitale Naturale, ma piuttosto la stima parametrica del possibile valore monetario di alcuni servizi ecosistemici, l'analisi condotta ha consentito di confrontare scenari e conseguenze dovute alla realizzazione delle opere in progetto, concludendo con un bilancio ecologico certamente positivo e inoltre non vi è perdita di servizi ecosistemici, al contrario sono presenti vantaggi ambientali generati in termini di mancate emissioni di CO₂.

4 RICADUTE SOCIALI E OCCUPAZIONALI

Negli ultimi anni la crescita delle fonti rinnovabili in Italia si è praticamente arrestata in tutti i settori: la nuova potenza annua installata dei nuovi impianti di generazione elettrica è stata ben al di sotto del GW; le pompe di calore e il solare termico sono cresciuti in modo marginale; le rinnovabili nei trasporti, in termini reali dal 2010, sono addirittura diminuite di circa il 25%.

Questa frenata ci ha allontanato dagli obiettivi di Parigi, segnando l'arresto del processo di decarbonizzazione negli ultimi tre anni, caratterizzati da emissioni di gas serra pressoché costanti, con ricadute negative anche per gli investimenti e l'occupazione. Non si dimentichi che l'Italia, per diversi anni, era stata uno dei top player mondiali del settore, seconda in Europa solo alla Germania.

Oggi ha un ruolo sempre più marginale nel panorama internazionale in uno dei comparti economici più dinamici, con un indotto occupazionale che ha ormai superato i 10 milioni di posti di lavoro nel mondo.

L'ultimo rapporto 2016 del GSE – che utilizzeremo nella fase di determinazione delle Unità Lavorative

–, stima per l'Italia un indotto del settore delle rinnovabili (trasporti esclusi) di 115.000 unità lavorative, di cui circa 65.000 nel comparto delle rinnovabili termiche e circa 50.000 in quello elettrico.

L'impatto su quest'ultimo è stato particolarmente duro, considerando che tra il 2011 e il 2016 gli investimenti sono passati da oltre 14 a meno di 2 miliardi di euro e gli occupati, sempre nel 2011, erano quasi 130.000. Gli obiettivi di crescita per le rinnovabili al 2023 sono stati calcolati a partire dagli scenari della Strategia energetica nazionale (Sen), con alcune variazioni, ma aumentando l'impegno previsto per tenere conto della nuova Direttiva Red II che rivede al rialzo il target al 2030, passato dal 27% (si veda il "Quadro per il clima e l'energia della Commissione Europea) di rinnovabili sul Consumo finale lordo al 32%.

Si tratta di un obiettivo ancora insufficiente a rispettare l'impegno di mantenere l'aumento della temperatura globale ben al di sotto dei 2°C annui, ma comunque con un rialzo che ci consentirebbe di fare un importante passo avanti verso l'attuazione degli impegni sottoscritti nel 2015 a Parigi. Lo scenario proposto richiederebbe di far crescere il consumo finale lordo da fonti rinnovabili dagli attuali 22 Mtep circa a oltre 28 Mtep in cinque anni.

Il conseguimento degli obiettivi di sviluppo delle fonti rinnovabili richiede dunque una spesa per investimenti che ammonta a 68,8 miliardi di euro per l'intero quinquennio di previsione dello scenario, a cui si associa una spesa di manutenzione di oltre 6,4 miliardi di euro. Oltre il 53% degli investimenti andrà a favore delle rinnovabili termiche, il 46% per lo sviluppo delle rinnovabili elettriche e la parte rimanente per lo sviluppo del biometano.

Se si guarda soltanto agli impatti diretti e indiretti attivati dagli investimenti, l'impatto economico e occupazionale può così essere quantificato nei cinque anni per le principali macrovoci della contabilità nazionale, come segue:

- oltre 155 miliardi di euro di nuova produzione, di cui l'83% interna e la parte rimanente di importazione;
- oltre 47 miliardi di euro di nuovo valore aggiunto;
- circa 702.000 unità di lavoro classificabili come green job, tra occupati diretti e indiretti.

Se si inseriscono nel conteggio anche gli effetti indotti, ossia gli impatti causati dalla retroazione positiva che l'incremento dei redditi monetari genera sul livello dei consumi e degli investimenti, nei cinque anni si generano quasi 1.150.000 unità lavorative. Va osservato come, sia per le biomasse che per il biometano, resti esclusa dal calcolo la componente legata agli approvvigionamenti, che in questa analisi viene affrontata con l'intervento in favore della circular-economy e con quello per la gestione forestale.

4.1 impianto agrivoltaico in progetto: analisi ricadute sociali, occupazionali ed economiche.

Con la realizzazione dell'impianto in oggetto, si intende conseguire un significativo contributo energetico in ambito di produzione di energia elettrica, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole, associandolo ad un impianto agricolo quale la realizzazione di un apiario e di tutte le essenze arboree ivi associate.

Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- ✓ la compatibilità con esigenze di tutela ambientale;
- ✓ nessun inquinamento acustico;
- ✓ un risparmio di combustibile fossile;
- ✓ una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti;
- ✓ continuazione dell'attività agricola in un ambito territoriale agricolo.

La promozione e la realizzazione di centrali di produzione elettrica da fonti rinnovabili abbinati agli impianti agricoli trovano come primo contributo sociale da considerare quello della tutela dell'ambiente che si ripercuote a beneficio della salute dell'uomo.

Il contributo ambientale conseguente dalla promozione dell'intervento in questione si può definire secondo tre parametri principali:

- ✓ Risparmio di combustibile;
- ✓ Emissioni evitate in atmosfera di sostanze nocive;
- ✓ Continuazione dell'attività agricola per non contribuire al cosiddetto "consumo del suolo".

Ad oggi, la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti

termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile. Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

Dato il parametro dell'energia prodotta indicata nella premessa del paragrafo, il contributo al risparmio di combustibile relativo all'impianto agrivoltaico può essere valorizzato secondo la seguente tabella:

Risparmio di combustibile	
Risparmio di combustibile in	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.187
TEP risparmiate in un anno	0.187 x produzione in MWh/anno di energia x 1 anno
TEP risparmiate in 20 anni	0.187 x produzione in MWh/anno di energia x 20 anni

Fonte dati: Delibera EEN 3/08, art. 2

Oltre ai benefici di carattere ambientale per cui la realizzazione dell'impianto comporta un forte contributo, l'iniziativa della realizzazione dell'impianto agrivoltaico ha una importante ripercussione a livello occupazionale ed economico considerando tutte le fasi, dalle fasi preliminari di individuazione delle aree a quelle legate all'ottenimento delle autorizzazioni, dalla fase di realizzazione, a quelle di esercizio e manutenzione durante tutti gli anni di produzione della centrale elettrica.

Secondo i parametri riportati dalle analisi di mercato redatte dal Gestore dei Servizi Energetici, possiamo assumere i seguenti parametri sintetici relativi alla fase di Realizzazione e alla fase di Esercizio e manutenzione (O&M):

- Realizzazione - Unità lavorative annue (dirette e indirette): 11 ULA/MW
- O&M - Unità lavorative annue (dirette e indirette): 0.6 ULA/MW

ai quali si aggiungeranno le unità lavorative per l'impianto agricolo.

Il valore 0,6 ULA/MW durante la fase di esercizio dell'impianto agrivoltaico, viene preso in considerazione nel calcolo di cui la presente, anche per tener conto dell'impianto agricolo associato all'impianto fotovoltaico.

Nello specifico l'impianto agrivoltaico contribuirà alla creazione delle seguenti unità lavorative annue:

- Realizzazione: 605 ULA
- O&M: 33 ULA

Tenendo presente il cronoprogramma lavori e le varie categorie di lavorazione, la stima del personale impiegato nella fase di **Realizzazione/Costruzione**, suddiviso per tutti gli ambiti, può sinteticamente riassumersi come di seguito riportato:

FASE DI CANTIERE - REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO			
AMBITO LAVORATIVO	ATTIVITA'	PERSONALE	NUMERO UNITA' LAVORATIVE
CAMPO AGRIVOLTAICO E DORSALI BT/MT	Progettazione esecutiva ed analisi in campo	Progettisti, Professionisti specialisti, topografi	5
	Direzione dei Lavori e supervisione - Project Management	Professionisti abilitati	5
	Coordinamento per la sicurezza	Professionisti abilitati	4
	Acquisti ed appalti	Impiegati amministrativi, commerciali, professionisti	7
	Lavori civili	Imprese edili, ditte specializzate, lavoratori autonomi	200
	Lavori meccanici ed elettromeccanici	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	120
	Lavori elettrici	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	75
	Lavori agricoli	Ditte specializzate, lavoratori autonomi	30
Sub-totale Campo agrivoltaico e dorsali BT/MT			446
IMPIANTO DI RETE - LINEE DI CONNESSIONE MT e AT	Progettazione esecutiva ed analisi in campo	Progettisti, Professionisti specialisti, topografi	5
	Direzione dei Lavori e supervisione - Project Management	Professionisti abilitati	5
	Coordinamento per la sicurezza	Professionisti abilitati	4
	Acquisti ed appalti	Impiegati amministrativi, commerciali, professionisti	5
	Lavori civili	Imprese edili, ditte specializzate, lavoratori autonomi	80
	Lavori elettrici	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	60
Sub-totale impianto di rete - linee di connessione MT e AT			159
TOTALE			605

Analogamente, la stima del personale impiegato nella fase di esercizio e manutenzione, suddiviso per tutti gli ambiti, può sinteticamente riassumersi come di seguito riportato:

FASE DI ESERCIZIO E MANUTENZIONE			
AMBITO LAVORATIVO	ATTIVITA'	PERSONALE	NUMERO UNITA' LAVORATIVE
CAMPO AGRIVOLTAICO E DORSALI BT/MT	Monitoraggio impianto da remoto	Tecnici specialisti	2
	Lavaggio moduli	Ditte specializzate, lavoratori autonomi	15
	Controlli e manutenzione opere civili	Ditte specializzate, lavoratori autonomi	2
	Controlli e manutenzione opere meccaniche ed elettromeccaniche	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	3
	Controlli e manutenzione opere elettriche	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	3
	Attività agricole	Ditte specializzate, lavoratori autonomi	3
Sub-totale Campo agrivoltaico e dorsali BT/MT			28
IMPIANTO DI RETE - LINEE DI CONNESSIONE MT e	Controlli e manutenzione elettrodotti interrati - verifica giunti e terminali	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	5
Sub-totale impianto di rete - linee di connessione MT e AT			5
TOTALE			33

Poca è la letteratura disponibile sulla fase di dismissione che viene descritta con "decommissioning", termine con il quale si intendono le attività di dismissione degli impianti e di recupero dei moduli e materiali al termine del ciclo di vita delle tecnologie.

Si tratta di un insieme di attività, al momento non ancora presenti, che avranno un peso crescente con il corso degli anni, con la progressiva dismissione degli impianti la cui tecnologia prevede una durata temporale media di circa 25 anni.

Comunque si può tranquillamente affermare che nella fase di dismissione dell'impianto fotovoltaico (continuando a essere presente l'impianto agricolo) possono individuarsi fasi lavorative analoghe alla fase di realizzazione ma con lavorazioni che mirano alla dismissione e rimozione di tutte le apparecchiature meccaniche ed elettromeccaniche, elettriche e civili.

Alla luce di quanto sopra detto, si può stimare il numero del personale impiegato secondo la tabella di seguito riportata:

FASE DI DISMISSIONE			
AMBITO LAVORATIVO	ATTIVITA'	PERSONALE	NUMERO UNITA'
CAMPO AGRIVOLTAICO E DORSALI BT/MT	Direzione dei Lavori e supervisione - Project Management	Professionisti abilitati	3
	Coordinamento per la sicurezza	Professionisti abilitati	3
	Appalti	Impiegati amministrativi, commerciali, professionisti	5
	Lavori di demolizione/rimozione opere civili	Imprese edili, ditte specializzate, lavoratori autonomi	80
	Lavori di smontaggio pannelli e rimozione strutture di supporto	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	60
	Lavori di rimozione opere elettriche ed elettromeccaniche	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	40
	Lavori di rimozione linee elettriche interne al campo	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	30
	Lavori di assistenza per la tutela dell'impianto agricolo	Ditte specializzate, lavoratori autonomi	5
Sub-totale dismissione campo agrivoltaico e dorsali BT/MT			226
IMPIANTO DI RETE - LINEE DI CONNESSIONE MT e AT	Direzione dei Lavori e supervisione - Project Management	Professionisti abilitati	3
	Coordinamento per la sicurezza	Professionisti abilitati	3
	Appalti	Impiegati amministrativi, commerciali, professionisti	3
	Lavori edili - scavi, rinterri e sistemazione finale	Imprese edili, ditte specializzate, lavoratori autonomi	35
	Lavori di rimozione linee elettriche interrate	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	30
Sub-totale dismissione impianto di rete - linee di connessione MT e AT			74
TOTALE			300

Il periodo di realizzazione dell'impianto è stimato essere di circa 12 mesi dall'inizio dei lavori alla entrata in esercizio dell'impianto. Le attività lavorative nelle fasi di costruzione possono essere sviluppate così come riportato nella tabella successiva.

Il mercato delle rinnovabili conosce una fase ormai matura ed è quindi facile reperire sul territorio competenze qualificate il cui contributo è sicuramente da considerare come una risorsa per la realizzazione dell'iniziativa in questione, dalla fase di sviluppo progettuale ed autorizzativo fino a quella di esercizio e manutenzione.

Oltre al contributo specialistico e qualificato, le competenze locali giocano un ruolo importante sotto l'aspetto logistico. La seguente tabella descrive le percentuali attese del contributo locale, a seconda delle macro attività della fase operativa dell'iniziativa:

Fase di Costruzione	Percentuale attività Contributo Locale
Progettazione esecutiva – Direzione Lavori	50%
Preparazione area cantiere	100%
Preparazione area	100%
Recinzione	100%
Installazione strutture fondazione	90%
Installazione strutture di supporto	90%
Installazione moduli ftv.	90%
Cavidotti AT/MT/BT	100%
Preparazione aree e basamenti per Conversion Units	100%
Installazione Conversion Units	90%
Installazione elettrica Conversion Units	90%
Installazione cavi AT/MT/BT	100%
Cablaggio pannelli fv+cassette stringa	90%
Impianto agricolo	100%
Commissioning	80%
Fase di Esercizio e manutenzione	
Controlli da remoto	90%
Lavaggio pannelli	100%
Controllo e manutenzione opere civili	100%
Controlli e manutenzione opere meccaniche ed elettromeccaniche	90%
Controlli e manutenzione opere elettriche	90%
Attività agricole	100%
Fase di dismissione	
decommissioning	90%

In linea generale il principale apporto locale nella fase di realizzazione è rappresentato dalle attività legate alle opere civili ed elettriche che rappresentano approssimativamente il 15-20% del totale dell'investimento.

La restante percentuale è rappresentata dalle forniture delle componenti tecnologiche, tra cui le principali sono rappresentate dai moduli fotovoltaici, dalle unità di conversione ("Inverter"), dai trasformatori MT/BT e dalle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (tracker).

Per quanto riguarda la fornitura delle strutture di supporto "tracker", la porzione di carpenteria metallica può tuttavia essere acquistata sulla filiera del territorio regionale, incrementando il contributo locale di un'ulteriore porzione variabile tra l'8 e il 10% del totale dell'investimento.

Anche per quanto riguarda la realizzazione dell'impianto agricolo si può considerare il contributo totale della filiera del territorio locale, soprattutto in riferimento alle maestranze e ai vivai presenti sul territorio oggetto del presente intervento.

Ovviamente vanno anche considerate le attività direttamente connesse alle opere di recinzione, nonché le maestranze qualificate tanto per l'installazione, quanto per la manutenzione del verde all'interno dell'area di impianto.

In definitiva, oltre ai benefici di carattere ambientale che scaturiscono dall'utilizzo di fonti rinnovabili, esplicitabili in barili di petrolio risparmiati, tonnellate di anidride carbonica, anidride solforosa, polveri, e monossidi di azoto evitate si hanno anche benefici legati agli sbocchi occupazionali derivanti dalla realizzazione di impianti agrivoltaici.

Saranno coinvolte persone direttamente nella progettazione esecutiva, costruzione e gestione dell'impianto agrivoltaico senza considerare tutte le competenze tecniche e professionali che svolgono lavoro sotto forma indiretta e che sono parte del sistema economico a monte e a valle della realizzazione dell'impianto.

Oltre a ciò è importante valutare l'indotto economico che si può instaurare utilizzando le aree e le infrastrutture degli impianti per organizzare attività ricreative, educative, sportive e commerciali, sempre nel rispetto dell'ambiente e del territorio di riferimento.

Si tratta, infine, di aspetti di rilevante importanza in quanto vanno a connotare l'impianto proposto non solo come un inserimento in un contesto agricolo, ma anche come "fulcro" di notevoli benefici intesi sia in termini ambientali (riduzione delle emissioni in atmosfera ad esempio), che in termini occupazionali e sociali, perché sorgente di innumerevoli occasioni di crescita e lavoro, oltre al fatto che l'attività agricola prosegue la sua attività con perfetta integrazione all'impianto di produzione energetica.