

REGIONE SARDEGNA

COMUNE DI SILIGO (SS)

ATLAS SOLAR 6 s.r.l.

Rovereto (TN)
Piazza Manifattura n.1, CAP 38068
C.F. e P.IVA 03054610302
Pec: atlarsolar6@legalmail.it

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE ABBINATA AD ATTIVITA' ZOOTECNICA, SITO NEL COMUNE DI SILIGO (SS) PER UNA POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 30144 KW E POTENZA IN A.C. DI 27500 KW, ALLA TENSIONE RETE DI 36 KV, E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE RICADENTI ANCHE NEI COMUNI DI CODRONGIANOS (SS), PLOAGHE (SS) E SILIGO (SS)

**PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE
COMPRESIVO DELLE OPERE DI RETE PER LA CONNESSIONE**

ELABORATO

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

DATA: 03/11/2022

SCALA :

aggiornamento :

The image shows several professional stamps and handwritten signatures. On the left, there is a circular stamp for 'ING. NICOLA ROSSETTI' with the text 'ORDINE DEI PROGETTISTI E INGEGNERI DI LAVORO ASSOCIATI' and 'N. 137'. Below it is a stamp for 'ING. FORTO PIOME' and another for 'PROGETTISTA PARTI ELETTRICHE' for 'Per. Ind. Alessandro CORTI'. In the center, there is a large circular stamp for 'COLLEGIO degli AGROTECNICI e degli AGROTECNICI LAUREATI' with 'Agrotecnico Laureato MASSIMO MACCHIAROLA n. 211' and 'CAMPORASSO - ISENNA'. There are also several handwritten signatures in black ink over the stamps.

**ATLAS RE**
Energy for the Future
Udine (UD) Via Andreuzzi n°12, CAP 33100
Partita IVA 02943070306
www.atlas-re.eu

revisione	descrizione	data	DOC RP1
A	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	03/11/2022	
B			
C			

Indice generale

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	4
2.1	Localizzazione del sito di progetto.....	4
2.2	Dati generali del progetto	8
2.3	Sintesi preliminare sulla fase di cantierizzazione	14
2.4	Materiali	14
2.5	Risorse umane	15
2.6	Recinzione campo agrivoltaico.....	17
2.7	Livellamenti	18
2.8	Scolo delle acque meteoriche	19
2.9	Movimentazione terra	19
2.10	Dismissione	20
3	PROPOSTA DI MONITORAGGIO.....	23
3.1	Obiettivi generali e requisiti del PMA	23
3.2	Fasi della redazione del PMA.....	23
3.3	Identificazione delle componenti	23
3.4	Modalità temporale di espletamento delle attività	24
3.5	Atmosfera (in corso d’opera).....	25
3.5.1	Monitoraggio dei parametri chimici (monitoraggio della qualità dell’aria)	25
3.6	Suolo (ante opera e post opera)	28
3.6.1.1	Aspetti metodologici	29
3.6.1.2	Definizioni	30
3.6.1.3	Campionamento	31
3.6.1.4	Localizzazione e numero di campionamento.	31
3.6.1.5	Numero di campionamenti.	32
3.6.1.6	Profondità di prelevamento	33
3.6.1.7	Epoca di campionamento.....	34
3.6.1.8	Verbale di campionamento.....	34
3.6.1.9	Analisi e stato del terreno.....	35
3.6.1.10	Analisi fisico-chimiche	35
3.7	Analisi sui metalli pesanti	36

Indice delle Figure

Figure 2-1. Inquadramento su ortofoto dell'area oggetto di intervento	6
Figure 2-2. Immagini esplicative della perforazione teleguidata	7
Figure 2-3. Vista d'insieme dell'impianto e delle opere di connessione su base ortofoto	7
Figure 2-4. Schema di funzionamento e foto di una cella fotovoltaica.....	10
Figure 2-5. Struttura impianto agrivoltaico	11
Figure 2-6. Vista d'insieme del campo agrivoltaico su base catastale.....	13
Figure 2-7. Particolare opera di recinzione	18

Indice delle tabelle

Tabella 3-1. Caratterizzazione fisico-chimica del suolo (ante-operam), mentre i parametri asteriscati saranno analizzati in corso d'opera	36
Tabella 3-2. Concentrazioni di alcuni metalli pesanti in suolo coltivati e naturali	37
Tabella 3-3. Valori limite accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione "commerciale-industriale"	37

1 PREMESSA

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) fa riferimento alla proposta della ATLAS SOLAR 6 s.r.l., cod. fisc. 03054610302, con sede in via Manifattura, 1 - 38068 Rovereto (TN) (nel seguito anche SOCIETA') di un impianto agrivoltaico nel Comune di Siligo (Provincia di Sassari) ad una quota altimetrica di circa 330 m s.l.m. di potenza complessiva massima dell'impianto sarà pari a 30,144 MWp con potenza nominale in A.C. di 27,50 MWp.

L'impianto agrivoltaico, mediante un elettrodotto interrato della lunghezza di circa 12,6 km uscente dalla cabina d'impianto, sarà allacciato, nel comune di Codrongianos (SS), alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in antenna a 36 kV con un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/220/150 kV della RTN "Codrongianos".

L'intervento, ai sensi dell'Allegato II alla Parte Seconda del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. ricade nel punto 2. "impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW", così come modificato dall'Art. 31 comma 6 del DL 77/2021 con Legge 108 del 29/07/2021 (GURI n. 181 del 30/07/2021).

Per la definizione delle relative metodiche, frequenze delle campagne e le modalità di elaborazione dei dati, inerente a tutti gli interventi proposti in valutazione per le varie matrici ambientali si è fatto riferimento anche alle "Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs.152/2006 e s.m.i.; D.Lgs.163/2006 e s.m.i.)" e alle "Linee guida SNPA 28/2020 recanti le "Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale" approvate dal Consiglio SNPA il 9/7/2019".

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

2.1 Localizzazione del sito di progetto

L'Area è ubicata nella Regione Sardegna, nel Comune di Siligo (Provincia di Sassari) ad una quota altimetrica di circa 330 m s.l.m., con ingresso da Strada Provinciale 96 e non risulta acclive ma piuttosto pianeggiante.

L'Area oggetto dell'intervento è ubicata a nord - est del centro abitato del comune di Siligo.

L'Area ricade in zona omogenea "E" – Sottozona "E2a e E2b" con destinazione d'uso agricola – zona di primaria importanza per l'attività agricola.

Le coordinate geografiche del sito sono: Lat. 40.602720°, Long. 8.741937°.

L'impianto agrivoltaico, mediante un elettrodotto interrato della lunghezza di circa 12,6 km uscente dalla cabina d'impianto, sarà allacciato, nel comune di Codrongianos (SS), alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in antenna a 36 kV con un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/220/150 kV della RTN "Codrongianos".

L'area d'interesse per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico a terra ad inseguimento mono-assiale, presenta un'estensione complessiva di circa 91 ha di cui circa 34 ha in cui insiste il campo fotovoltaico e la potenza complessiva massima dell'impianto sarà pari a 30,144 MWp con potenza nominale in A.C. di 27,50 MWp.

Nello specifico l'Area totale d'intervento (campo fotovoltaico, linea elettrica di connessione alla RTN e ubicazione cabina utenza) riguarderà i seguenti comuni:

- Comune di Siligo (SS) – campo fotovoltaico – estensione complessiva dell'area a disposizione del proponente circa mq 920.799,00 mq – estensione complessiva dell'intervento mq 343.400,00;
- Comuni di Siligo (SS), Ploaghe (SS) e Codrongianos (SS)– Linea elettrica interrata di connessione a 36 kV, della lunghezza complessiva di circa 12.6 km;
- Comune di Codrongianos (SS) – Cabina di utenza- connessione.

Per quanto riguarda le specifiche catastali di seguito si riportano in forma tabellare.

N.	Comune	Foglio di mappa	Particella	Superficie mq
1	Siligo	3	299	104715
2	Siligo	3	100	AA 201946 AB 2148
3	Siligo	3	246	15528
4	Siligo	3	95	AA 48395 AB 11976
5	Siligo	3	300	AA 763

				AB 4614
6	Siligo	3	247	AA 9 AB 13
7	Siligo	3	96	856
8	Siligo	10	148	AA 24496 AB 30328
9	Siligo	10	146	14999
10	Siligo	10	84	9200
11	Siligo	10	83	AA 342 AB 258
12	Siligo	10	4	AA 27765 AB 5428
13	Siligo	10	16	AA 193 AB 1042
14	Siligo	10	17	AA 31267 AB 89
15	Siligo	10	20	AA 8769 AB 5157
16	Siligo	10	15	AA 643 AB 1056
17	Siligo	10	3	AA 1739 AB 1386
18	Siligo	10	276	1751
19	Siligo	10	144	AA 245291 AB 36627
20	Siligo	10	2	23987
21	Siligo	10	13	1267
22	Siligo	11	28	AA 2165 AB 4015
23	Siligo	11	29	AA 6346 AB 2333
24	Siligo	11	30	AA 5790 AB 4123

25	Siligo	11	31	AA 4879 AB 977
26	Siligo	11	32	AA 10688 AB 12840
TOTALE				920799

Di seguito si riporta l'inquadratura su ortofoto dell'area oggetto d'intervento.



Figure 2-1. Inquadratura su ortofoto dell'area oggetto di intervento

Tutto ciò attiene al parco agrivoltaico.

Per quanto riguarda le opere di connessione del campo fotovoltaico alla rete nazionale, queste sono state elencate da Terna nel "preventivo di connessione" e riguarda la costruzione di una linea elettrica a 36 KV in cavi interrati e necessarie al collegamento di una nuova cabina di connessione (costituita da un blocco prefabbricato), ubicata all'interno dell'area a disposizione del proponente, nel Comune di Siligo (SS), al foglio di mappa n. 3, particella n. 100 alla cabina utente di Terna "Codrongianos". Le opere di connessione, costituite da elettrodotto interrato, ricadono nei Comuni di Siligo (SS), Ploaghe (SS) e Codrongianos (SS).

Per quanto riguarda l'elettrodotto interrato di collegamento del campo fotovoltaico alla cabina utente questo avrà una lunghezza di circa 12,6 km e percorrerà la viabilità esistente.

Lungo tale percorso si dovranno attraversare dei canali d'acqua e dei tratti di sede stradale il superamento dei quali sarà possibile applicando la tecnica del "no dig" o "perforazione

teleguidata” e del “microtunneling” che permettono la posa in opera di tubazioni e cavi interrati senza ricorrere agli scavi a cielo aperto e senza compromettere il naturale flusso del corso d’acqua e il traffico veicolare

Di seguito delle immagini esplicative delle tecniche previste.

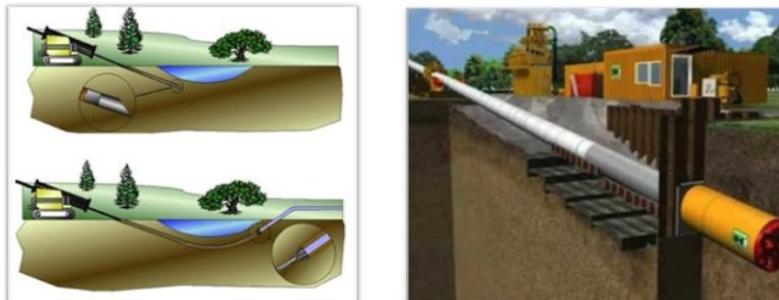


Figure 2-2. Immagini esplicative della perforazione teleguidata

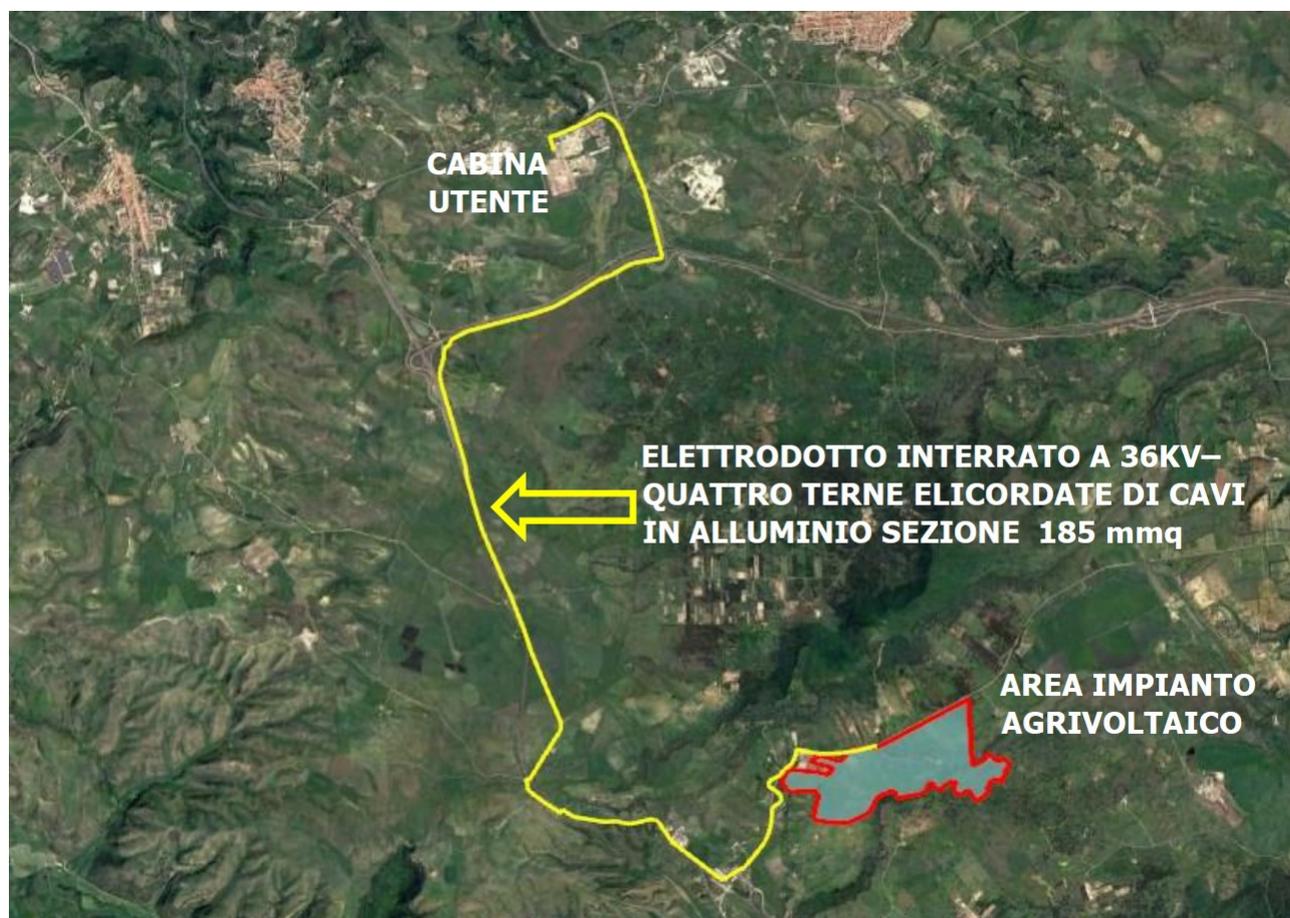


Figure 2-3. Vista d'insieme dell'impianto e delle opere di connessione su base ortofoto

2.2 Dati generali del progetto

Il progetto in oggetto riguarda la realizzazione di un impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra allacciato alla Rete Nazionale secondo il preventivo di connessione rilasciato da Terna.

Le opere necessarie alla realizzazione della connessione riguardano la costruzione di una linea elettrica a 36 KV in cavo interrato elicordato ad elica, atta al collegamento della cabina di consegna (costituita da un blocco prefabbricato), ubicata nel Comune Codrongianos (SS) al foglio di mappa n. 16, particella n.4.

L'impianto agrivoltaico di cui la presente sorgerà nella Regione Sardegna, Comune di Siligo (Provincia di Sassari) ad una quota altimetrica di circa 330 m s.l.m., ubicata geograficamente a Nord-Est del centro abitato del Comune di Siligo, ad una quota altimetrica media di circa 330 s.l.m. e non risulta acclive ma piuttosto pianeggiante.

Le coordinate geografiche del sito sono: Lat. 40.602720°, Long. 8.741937°.

L'impianto agrivoltaico, mediante un elettrodotto interrato della lunghezza di circa 12,6 km uscente dalla cabina d'impianto, sarà allacciato, nel comune di Codrongianos (SS), alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in antenna a 36 kV con un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/220/150 kV della RTN "Codrongianos".

L'area d'interesse per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico a terra ad inseguimento mono-assiale, presenta un'estensione complessiva di circa 91 ha di cui circa 34 ha in cui insiste il campo fotovoltaico e la potenza complessiva massima dell'impianto sarà pari a 30,144 MWp con potenza nominale in A.C. di 27,50 MWp..

L'intera area ricade in zona agricola "E" – sottozone E2a e E2b.

Le aree interessate dall'attraversamento dell'elettrodotto interrato e dalle opere di connessione ricadono nei comuni di Siligo (SS), Ploaghe (SS) e Codrongianus (SS).

Nello specifico l'Area totale d'intervento (campo fotovoltaico, linea elettrica di connessione alla RTN e ubicazione cabina utenza) riguarderà i seguenti comuni:

- Comune di Siligo (SS) – campo fotovoltaico – estensione complessiva dell'area circa mq 920.799,00 mq – estensione complessiva dell'intervento mq 343.400,00;
- Comuni di Siligo (SS), Ploaghe (SS) e Codrongianus (SS)– Linea elettrica interrata di connessione, della lunghezza complessiva di circa 12.6 km;
- Comune di Codrongianus (SS) – Cabina di utenza- connessione.

L'utilizzo delle energie rinnovabili associato ad una cultura della compatibilità agricola, infatti, rappresenta una 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.

Negli ultimi decenni, i cambiamenti che il sistema climatico terrestre sta subendo su scala globale rappresentano una problematica di crescente rilievo. Col termine "cambiamenti climatici globali" si fa riferimento ad una serie di eventi principalmente legati all'innalzamento della temperatura superficiale del pianeta, fenomeno a sua volta dovuto all'eccessiva emissione dei cosiddetti "gas-serra". Dal punto di vista fisico, tali composti gassosi hanno la proprietà di bloccare la radiazione solare riflessa dalla superficie terrestre. Poiché la radiazione maggiormente riflessa è quella infrarossa ad elevata lunghezza d'onda e ricca di calore, tale fenomeno, noto come "effetto serra", genera un innalzamento della temperatura negli strati bassi dell'atmosfera. In realtà, l'effetto serra, che sfrutta la capacità di alcuni gas atmosferici di comportarsi proprio come i teli o i vetri di un'immensa serra, è un processo naturale che, nel corso della coevoluzione tra biosfera e geosfera, ha reso possibile la vita sul pianeta. Infatti, in sua assenza, la temperatura media annuale sul pianeta, attualmente pari a circa 15°C, si abbasserebbe di parecchi gradi al di sotto dello zero (circa -18°C), ben oltre il limite compatibile con la vita. Tuttavia, in epoca industriale, le continue emissioni di natura antropica di gas-serra hanno aumentato l'effetto serra, causando una serie di squilibri che, nel loro insieme, caratterizzano i cambiamenti climatici globali. L'anidride carbonica (CO₂) rappresenta il più importante gas serra, in virtù della sua crescente concentrazione atmosferica, assieme al metano (CH₄), agli ossidi di azoto (NO_x), ai clorofluorocarburi (CFC) e all'ozono troposferico (degli strati bassi dell'atmosfera (O₃). Qualsiasi processo di combustione, nel quale vengano impiegati combustibili fossili (greggio petrolifero, gas naturale e carbone), produce, inevitabilmente, una certa quantità di CO₂, pertanto, le principali emissioni di questo gas sono legate al traffico veicolare, al riscaldamento domestico, alle centrali termoelettriche e ad impianti industriali di vario genere. Accanto a tali tipologie di inquinamento, esistono altri processi, anch'essi fortemente di origine antropica, che contribuiscono ad incrementare la quantità di CO₂ nell'atmosfera, come ad esempio la deforestazione. Tale pratica, seppur non produca direttamente CO₂, contribuisce in maniera rilevante a mantenerne un'elevata concentrazione nell'atmosfera, riducendo la quantità di tale gas assorbito ed organicato dalla vegetazione forestale.

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.

Quello dell'utilizzo delle fonti rinnovabili è diventato, negli ultimi tempi, un obiettivo di

indiscussa necessità, il tutto per favorire lo sviluppo dell'economia "green" e promuovere, allo stesso tempo, una riduzione delle emissioni nocive in atmosfera e incrementare lo "sviluppo sostenibile", quest'ultimo traguardo di tutte le principali comunità mondiali.

Gli impegni assunti dall'Italia in ambito internazionale, anche di recente costituzione, 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, associandolo a impianti paralleli (come quelli agricoli), tali da perseguire obiettivi di rispetto ambientale e continuità produttiva dei suoli interessati.

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.

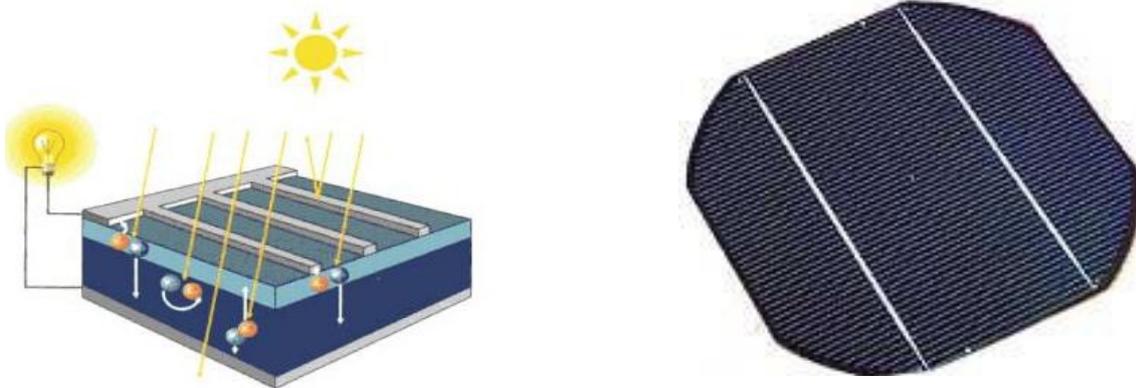


Figure 2-4. Schema di funzionamento e foto di una cella fotovoltaica

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.

La corrente elettrica prodotta aumenta con la radiazione incidente e la ricerca scientifica in questo settore sta lavorando molto sia sull'aumento dell'efficienza della conversione sia sulla ricerca di materiali meno costosi.

Si tratta di un sistema "sostenibile" molto promettente in continua evoluzione con la sperimentazione e l'utilizzo di nuovi materiali e nuove tecnologie.

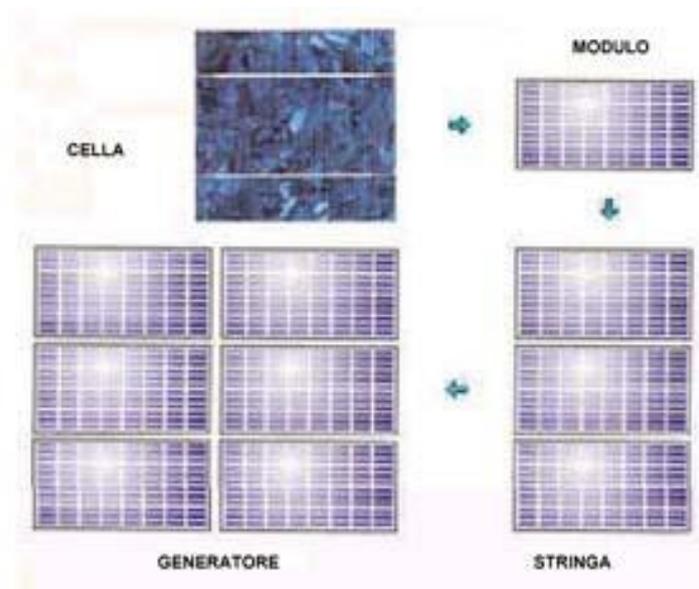


Figure 2-5. Struttura impianto agrivoltaico

La struttura del sistema agrivoltaico 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, impatto che, negli ultimi anni, si è venuto a ridurre drasticamente dato lo sviluppo anche di impianti agricoli "interconnessi" con l'impianto agrivoltaico che consentono la

continuità agricola delle superfici in parallelo alla produzione di energia elettrica "green". 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 agrivoltaico 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 agrivoltaico.

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.

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

Per le caratteristiche dell'impianto agrivoltaico in progetto si rimanda agli elaborati tecnici.

Di seguito uno schema di funzionamento dell'impianto agrivoltaico completo di storage.

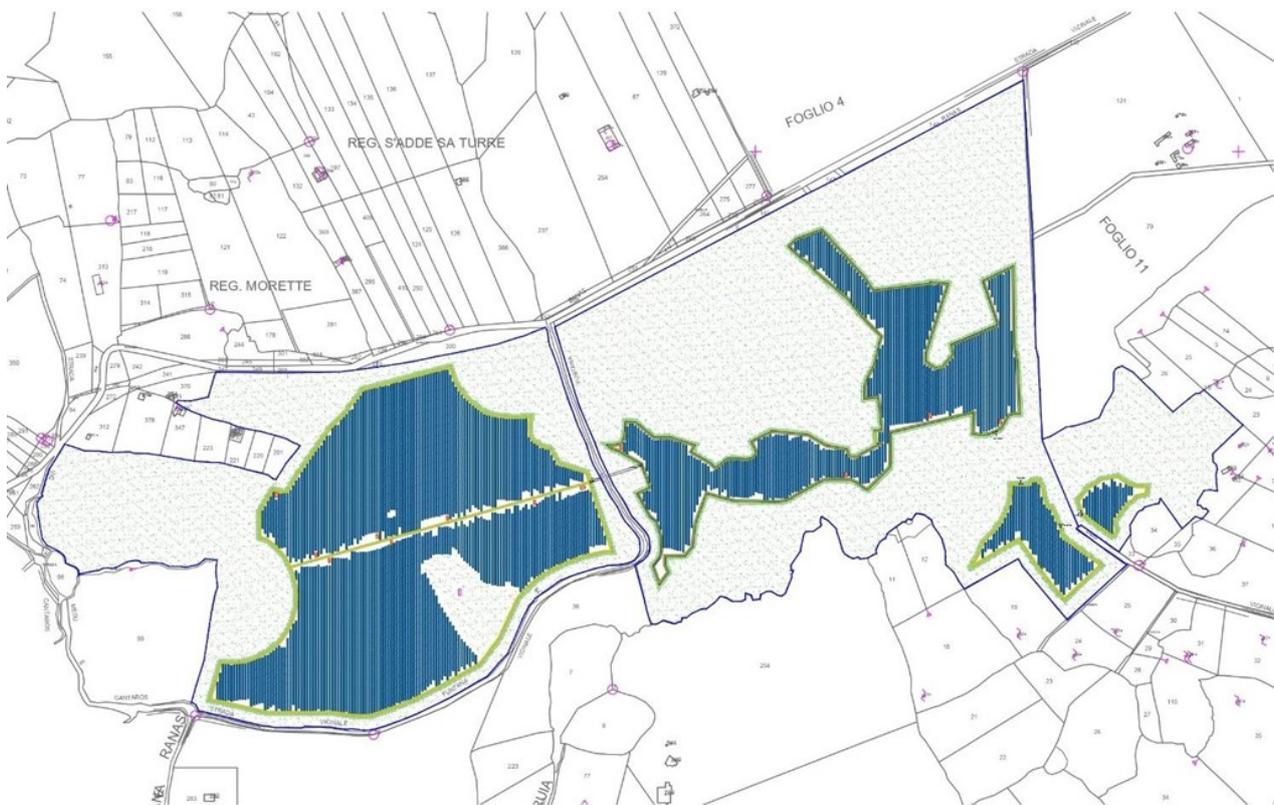


Figure 2-6. Vista d'insieme del campo agrivoltaico su base catastale

2.3 Sintesi preliminare sulla fase di cantierizzazione

La realizzazione dell'impianto sarà divisa in varie fasi.

Ogni fase potrà prevedere il noleggio di uno o più macchinari (muletti, escavatrici, gru per la posa della cabina prefabbricata, ecc.)

Nessuna nuova viabilità esterna sarà realizzata essendo l'area già servita da infrastrutture viarie, le cui dimensioni, su alcuni tratti, risultano adeguate a consentire il transito di mezzi idonei ad effettuare sia il montaggio che la manutenzione dell'impianto.

Per quanto riguarda l'approvvigionamento di energia elettrica e di acqua nelle fasi di cantiere, l'area risulta inserita in ambiente con presenza di tutti i servizi necessari per le attività di cantiere; potranno adottarsi gruppi elettrogeni nelle porzioni di aree non asservite da energia elettrica e opportuni serbatoi idrici per acqua potabile da applicare nelle zone non asservite da condutture idriche di acqua potabile.

2.4 Materiali

Nel seguito sono riportati i materiali necessari per la realizzazione dell'opera.

È previsto complessivamente un numero di viaggi al cantiere da parte di mezzi pesanti per trasporto materiale inferiore a 100 (per una media di circa 2 viaggi alla settimana), considerando ciascun campo agrivoltaico.

La tabella seguente fornisce una panoramica di tipo e quantità dei trasporti previsti.

Materiale di trasporto	N. Camion	N. Furgoni
Moduli fotovoltaici	20	
Inverters	5	
Strutture a profilato per pannelli – Tracker ad asse orizzontale	10	
Bobine di cavo	5	
Canalette per cavi e acqua	5	
Cabine prefabbricate	3	
Recinzione		5
Pali per pubblica illuminazione	3	
Impianti tecnologici (telecamere, ecc.)		3
Lampade e armature pali		2
Trasformatori	3	

Quadri	1	
Quadri BT	1	
Ghiaia – misto granulometrico per strade interne	3	
Asporto finale residui di cantiere	1	
TOTALE CAMION TRASPORTO MATERIALE	60	10
AUTOBETONIERE PER CALCESTRUZZO	3	
ASPORTO TERRA IN ECCEDEXZA	1	

Oltre ai veicoli per il normale trasporto giornaliero del personale di cantiere, saranno presenti in cantiere 1 autogru per la posa delle cabine e degli inverter, 1 o 2 muletti per lo scarico e il trasporto interno del materiale, 1 escavatore a benna ed 1 escavatore a pala.

2.5 Risorse umane

È previsto l'intervento di squadre di operai differenziate a seconda del tipo di lavoro da svolgere.

Verranno impiegati in prima analisi i seguenti tipi di squadre:

- Manovali edili;
- Elettricisti;
- Montatori meccanici
- Ditte specializzate.

Si riporta di seguito una tabella con le fasi principali previste e il tipo di squadra coinvolta:

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	4
	Direzione dei Lavori e supervisione - Project Management	Professionisti abilitati	3
	Coordinamento per la sicurezza	Professionisti abilitati	2
	Acquisti ed appalti	Impiegati amministrativi, commerciali, professionisti	6
	Lavori civili	Imprese edili, ditte specializzate, lavoratori autonomi	120
	Lavori meccanici ed elettromeccanici	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	50
	Lavori elettrici	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	50
	Lavori agricoli	Ditte specializzate, lavoratori autonomi	20
Sub-totale Campo agrivoltaico e dorsali BT/MT			255
IMPIANTO DI RETE - LINEE DI CONNESSIONE MT e AT	Progettazione esecutiva ed analisi in campo	Progettisti, Professionisti specialisti, topografi	2
	Direzione dei Lavori e supervisione - Project Management	Professionisti abilitati	2
	Coordinamento per la sicurezza	Professionisti abilitati	2
	Acquisti ed appalti	Impiegati amministrativi, commerciali, professionisti	3
	Lavori civili	Imprese edili, ditte specializzate, lavoratori autonomi	40
	Lavori elettrici	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	30
Sub-totale impianto di rete - linee di connessione MT e AT			79
TOTALE			334
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	6
	Controlli e manutenzione opere civili	Ditte specializzate, lavoratori autonomi	2
	Controlli e manutenzione opere meccaniche ed elettromeccaniche	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	2
	Controlli e manutenzione opere elettriche	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	2
	Attività agricole	Ditte specializzate, lavoratori autonomi	2
Sub-totale Campo agrivoltaico e dorsali BT/MT			16
IMPIANTO DI RETE - LINEE DI CONNESSIONE MT e	Controlli e manutenzione elettrodotti interrati - verifica giunti e terminali	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	3
Sub-totale impianto di rete - linee di connessione MT e AT			3
TOTALE			19

Per i tempi di esecuzione si rimanda al cronoprogramma dei lavori allegato come tavola progettuale.

FASE DI DISMISSIONE			
AMBITO LAVORATIVO	ATTIVITA'	PERSONALE	NUMERO UNITA'
CAMPO AGRIVOLTAICO E DORSALI BT/MT	Direzione dei Lavori e supervisione - Project Management	Professionisti abilitati	2
	Coordinamento per la sicurezza	Professionisti abilitati	2
	Appalti	Impiegati amministrativi, commerciali, professionisti	3
	Lavori di demolizione/rimozione opere civili	Imprese edili, ditte specializzate, lavoratori autonomi	20
	Lavori di smontaggio pannelli e rimozione strutture di supporto	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	40
	Lavori di rimozione opere elettriche ed elettromeccaniche	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	25
	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			127
IMPIANTO DI RETE - LINEE DI CONNESSIONE MT e AT	Direzione dei Lavori e supervisione - Project Management	Professionisti abilitati	1
	Coordinamento per la sicurezza	Professionisti abilitati	1
	Appalti	Impiegati amministrativi, commerciali, professionisti	2
	Lavori edili - scavi, rinterrati e sistemazione finale	Imprese edili, ditte specializzate, lavoratori autonomi	20
	Lavori di rimozione linee elettriche interrate	Ditte specializzate, elettricisti e lavoratori autonomi	15
Sub-totale dismissione impianto di rete - linee di connessione MT e AT			39
TOTALE			166

2.6 Recinzione campo agrivoltaico

Per garantire la sicurezza dell'impianto, l'area di pertinenza sarà delimitata da una recinzione con rete metallica integrata da un impianto d'illuminazione, da un impianto di allarme antintrusione e di videosorveglianza.

Tale recinzione costituirà anche la delimitazione dell'intera area oggetto delle operazioni di cantiere.

Tale recinzione sarà costituita da montanti metallici disposti ad interasse di ml. 2,00 con rete metallica interposta e rinforzata da controventature, anch'esse in profilati metallici.

I montanti saranno infissi direttamente nel terreno senza alcuna opera interrata; l'altezza totale della recinzione sarà pari a ml. 2,30 fuori terra.

La recinzione verrà arretrata, nelle zone in cui insistono fasce di rispetto stradale e/o di vincolo, per permettere l'inserimento di essenze floreali e/o alberature di schermatura tali da mitigare gli effetti visivi (potrebbero utilizzarsi anche le essenze già presenti qualora non costituiscono interferenza nella realizzazione delle opere di recinzione). In questo modo si potrà perseguire l'obiettivo di costituire una barriera viva per un miglior inserimento paesaggistico dell'impianto.

Il tipo di recinzione sopra descritto è rappresentato nel particolare seguente:

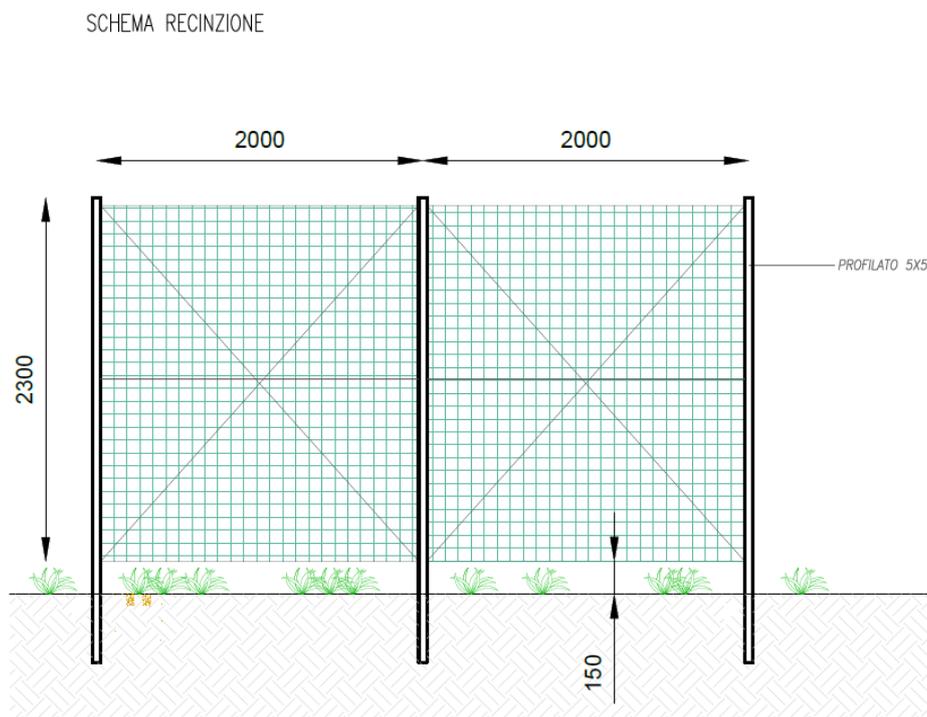


Figure 2-7. Particolare opera di recinzione

Al fine di permettere alla piccola fauna presente nella zona di utilizzare l'area di impianto, sono previsti dei ponti ecologici consistenti nell'innalzamento di cm. 15 dell'intera rete perimetrale dei sottocampi rispetto al piano campagna, come da figura precedente.

2.7 Livellamenti

Sarà necessaria una pulizia propedeutica del terreno dalle graminacee e dalle piante spontanee preesistenti nelle zone d'intervento, nonché da pietrame e altro materiale non afferente all'attività agricola.

Sono necessarie operazioni di livellamento del terreno in determinate zone dell'area per permettere la realizzazione della viabilità interna.

Saranno necessari degli sbancamenti localizzati nelle sole aree previste per la posa delle cabine di campo, di consegna e delle cabine ad uso tecnico e manutentivo.

La posa della recinzione sarà effettuata, per quanto possibile, in modo da seguire l'andamento del terreno.

La posa dei canali portacavi non necessiterà in generale di interventi di livellamento.

Il profilo generale del terreno non sarà comunque modificato, lasciando così intatto il profilo orografico preesistente del territorio interessato, già abbastanza pianeggiante. Né saranno necessarie opere di contenimento del terreno.

In generale gli interventi di spianamento e di livellamento, dovendo essere ridotti al minimo, saranno ottimizzati in fase di direzione lavori.

2.8 Scolo delle acque meteoriche

Si prevede un sistema di raccolta e incanalamento delle acque piovane verso i canali naturali esistenti, il tutto facendo sì che sia data idonea pendenza durante le fasi di livellamento e sistemazione del terreno. Tale sistema avrà il solo scopo di far confluire le acque meteoriche all'esterno del campo, seguendo la pendenza naturale del terreno, in modo da prevenire possibili allagamenti, preservando il più possibile lo stato attuale dell'intera area.

2.9 Movimentazione terra

Di seguito si riporta un quadro di sintesi delle voci di scavo con relativi volumi di terra movimentata per ciò che attiene all'intero intervento.

Platea cabine di campo, cabina principale d'impianto e vano tecnico			
Lungh. X Largh. X Profondità (ml)	Volume cad. (mc)	N.	Volume tot. (mc)
6.90 x 3.25 x 0.40	8.97	10	89.70
19.40 x 7.00 x 0.40	54.32	1	54.32
12.30 x 2.80 x 0.40	10.33	1	10.33
Fondazioni cancello d'ingresso			
Lungh. X Largh. X Profondità (ml)	Volume cad. (mc)	N.	Volume tot. (mc)
5.00 x 0.60 x 0.90	2.70	6	16.2
Per blocchi di fondazione dei pali d'illuminazione			
Lungh. X Largh. X Profondità (ml)	Volume cad. (mc)	N.	Volume tot. (mc)
0.60 x 0.60 x 0.60	0.22	118	25.96
Somma			196.51
Per stesura linee elettriche e di terra interne al campo			
Lungh. X Largh. X Profondità (ml)	Volume cad. (mc)	N.	Volume tot. (mc)
1600 x 2.50 x 1.00	1602.50	1	1602.50
(4400+5500) x 0.50 x 1.00	4950	1	4950.00
VOLUME TOTALE MC			6552.50

Opere di connessione - stesura linee elettriche a 36 kV interrate			
Lungh. X Largh. X Profondità (ml)	Volume cad. (mc)	N.	Volume tot. (mc)
12600.00 x 1.00 x 2.50	31500.00	1	31500.00
Totale mc			31500.00

Per quanto attiene la terra movimentata riferita alla realizzazione del campo fotovoltaico, verrà riutilizzata per ricoprire gli stessi scavi, quindi la quantità di terra in eccesso risultante dagli interventi di scavo e sbancamento del terreno necessari per la realizzazione dell'impianto è pari a circa 196,51 mc, alla quale bisogna aggiungere il terreno in eccedenza sostituito dalla sabbia per la posa in opera degli elettrodotti interrati e pari a 1965,00 mc, per un totale di 2161,51 mc.

Per quanto riguarda le opere di connessione, considerando che la terra movimentata per gli scavi necessari per la posa delle linee elettriche viene riutilizzata per ricoprire gli stessi scavi per una percentuale di circa l'70% (solo per quanto riguarda lo scavo a cielo aperto), se ne deduce la quantità di terra in eccesso risultante dagli interventi di scavo del terreno necessari per la realizzazione delle opere di connessione è pari a circa 9450.00 mc.

Fermo restando le analisi e i campionamenti di cui alla relazione dedicata "Terre e rocce da scavo", per smaltire la terra in eccesso (totale stimato pari a 11611,51 mc) risultante dalle attività di scavo e sbancamento, si potrà procedere in uno dei seguenti modi:

- spargimento sul terreno in modo omogeneo del volume accumulato (realizzabile a seconda dell'andamento dell'organizzazione di cantiere realizzabile a seconda dell'andamento dell'organizzazione di cantiere e fatta salva la verifica del materiale scavato per poter essere idoneo al successivo riutilizzo); in questo caso, considerando l'intera superficie a disposizione (pari a circa 504.200,00 mq), lo strato superficiale aggiunto avrebbe un'altezza media di circa 2.3 cm. Oppure:
- smaltimento del terreno mediante autocarri (tramite ditta specializzata in riciclaggio materiali edili).

Nella seconda ipotesi, considerando una densità di riferimento media per il terreno vegetale di 1,8 t/mc e una quantità orientativa di terreno da smaltire di 11611.51 mc, si ottiene una prima stima in peso di circa 20900 tonnellate da smaltire.

Supponendo l'utilizzo di autocarri della portata di 22 t ciascuno, si può calcolare in prima approssimazione un numero di viaggi intorno a 950 (ogni viaggio si intende come "andata" e "ritorno"). In fase di cantiere si può tuttavia optare per una soluzione ibrida tra le due sopra esposte oppure, visto i valori contenuti del materiale depositato in sito, si può tranquillamente optare per la prima soluzione.

Comunque nella relazione "Piano di gestione delle terre e rocce da scavo" saranno riportati i dettagli di quanto espresso nel presente paragrafo.

2.10 Dismissione

Si prevede una vita utile dell'impianto non inferiore ai 25 anni.

A fine vita dell'impianto è previsto l'intervento sulle opere non più funzionali attraverso uno dei modi seguenti:

- totale o parziale sostituzione dei componenti elettrici principali (moduli, inverter, trasformatori, ecc.), oppure:
- smantellamento integrale del campo e riutilizzazione del terreno per altri scopi.

In caso di smantellamento dell'impianto, i materiali tecnologici elettrici ed elettronici verranno smaltiti secondo la direttiva 2012/19/UE - WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) – direttiva RAEE – recepita in Italia con il Dlgs n. 49 del 14.03.2014.

Le fasi principali del piano di dismissione sono riassumibili in:

1. Sezionamento impianto lato CC e lato CA (Dispositivo di generatore)
2. Scollegamento serie moduli fotovoltaici mediante connettori tipo multicontact
3. Scollegamento cavi lato c.c. e lato c.a.
4. Smontaggio moduli fotovoltaici dalla struttura di sostegno
5. Impacchettamento moduli mediante contenitori di sostegno
6. Smontaggio sistema di illuminazione
7. Smontaggio sistema di videosorveglianza
8. Rimozione cavi elettrici e canalette
9. Rimozione pozzetti di ispezione
10. Rimozione parti elettriche dai prefabbricati per alloggiamento apparati di conversione
11. Smontaggio struttura metallica
12. Rimozione del fissaggio al suolo
13. Rimozione parti elettriche dalle cabine di trasformazione
14. Rimozione manufatti prefabbricati.

Il prodotto più tecnologicamente sviluppato e maggiormente presente in peso nel campo è il modulo agrivoltaico: è stata istituita, già da parecchio tempo, un'associazione/progetto di produttori di celle e moduli fotovoltaici, chiamata PV-Cycle, in continuo sviluppo e ammodernamento. Fondata nel 2012 come controllata dell'Associazione PV CYCLE – il primo programma mondiale per il riciclo e il ritiro collettivi dei moduli FV – PV CYCLE è oggi attiva in Italia con il suo sistema collettivo **Consorzio PV CYCLE Italia** e la società di gestione dei rifiuti **PV CYCLE Italia Service s.r.l.** che si occupa oltre allo smaltimento dei pannelli fotovoltaici, anche di inverter, batterie, ecc. Allo stato attuale la gestione dei rifiuti FV Professionali è finanziata dai "Produttori" – come definito nell'art. 4, comma 1, lettera g) del D.Lgs. 49/2014 – se il modulo FV da smaltire è classificato come nuovo, ovvero è stato immesso nel mercato dopo l'entrata in vigore della Normativa nazionale RAEE (12 aprile 2014).

Per le ragioni esposte lo smaltimento/riciclaggio dei moduli non rappresenterà un futuro problema.

Prodotti quali gli apparati di conversione, il trasformatore BT/MT, ecc., verranno ritirati e smaltiti a cura del produttore.

Essendo prevista la completa sfilabilità dei cavi, a fine vita ne verrà recuperato il rame e l'alluminio e smaltiti i rivestimenti in mescole di gomme e plastiche.

Le opere metalliche quali i pali di sostegno delle strutture verranno recuperate. Le strutture in alluminio saranno riciclabili al 100%.

I materiali edili (opere di fondazione delle cabine) in calcestruzzo, verranno frantumati e i detriti verranno e riciclati come inerti da ditte specializzate.

Per ulteriori dettagli sul piano di smaltimento dell'impianto si veda il documento allegato

“Piano di dimissione e smaltimento”.

Per i dettagli sul piano di smaltimento dell’impianto si veda il documento allegato “Piano di dimissione e ripristino”.

3 PROPOSTA DI MONITORAGGIO

3.1 Obiettivi generali e requisiti del PMA

Il Piano di Monitoraggio Ambientale relativo all'impianto agrivoltaico "**in Progetto**" persegue i seguenti obiettivi generali:

- verificare la conformità alle previsioni di impatto ambientale individuate nel SIA (fase di costruzione e di esercizio);
- correlare gli stati ante-operam, in corso d'opera e post-operam, al fine di valutare l'evolversi della situazione;
- garantire, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale;
- verificare l'efficacia delle misure di mitigazione;
- fornire gli elementi di verifica necessari per la corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio;
- effettuare, nelle fasi di costruzione e di esercizio, gli opportuni controlli sull'esatto adempimento dei contenuti e delle eventuali prescrizioni e raccomandazioni formulate nel provvedimento di compatibilità ambientale.

Tali obiettivi verranno raggiunti attraverso il monitoraggio dei parametri chimico-fisici e microbiologici del suolo (tessitura, pH, calcare totale, calcare attivo, sostanza organica, CSC, N totale, P assimilabile, conduttività elettrica, Ca scambiabile, K scambiabile, Mg scambiabile, rapporto Mg/K, Carbonio e Azoto della biomassa microbica) che descriva metodi di analisi, ubicazione dei punti di misura e frequenza delle rilevazioni durante la vita utile dell'impianto, e il monitoraggio del rumore prodotto nella fase di cantiere ed esercizio.

3.2 Fasi della redazione del PMA

Per la corretta redazione del PMA relativo all'impianto agri-agrivoltaico in progetto (condotta in riferimento alla documentazione relativa al Progetto Definitivo e allo Studio di Impatto Ambientale) si è proceduti a:

- analisi dei documenti di riferimento e definizione del quadro informativo esistente;
- identificazione ed aggiornamento dei riferimenti normativi e bibliografici;
- scelta delle componenti ambientali;
- scelta delle aree da monitorare;

3.3 Identificazione delle componenti

Le componenti ed i fattori ambientali ritenuti significativi, che sono stati analizzati all'interno della presente relazione, sono così intesi ed articolati:

- atmosfera: qualità dell'aria e caratterizzazione meteorologica;
- suolo: inteso sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro

dell'ambiente in esame ed anche come risorsa non rinnovabile;

- rumore: considerato in rapporto all'ambiente umano;

La documentazione sarà standardizzata in modo da rendere immediatamente confrontabili le tre fasi di monitoraggio ante - operam, in corso d'opera e post - operam.

A tal fine il PMA è pianificato in modo da poter garantire:

- il controllo e la validazione dei dati;
- l'archiviazione dei dati e l'aggiornamento degli stessi;
- confronti, simulazioni e comparazioni;
- le restituzioni tematiche;

3.4 Modalità temporale di espletamento delle attività

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale si articola in tre fasi temporali di seguito illustrate.

Monitoraggio ante-operam (AO)

Sulla base dei dati dello SIA, che dovranno essere aggiornati in relazione all'effettiva situazione ambientale che precede l'avvio dei lavori, il PMA dovrà prevedere:

- l'analisi delle caratteristiche climatiche e meteo diffuse dell'area di studio tramite la raccolta e organizzazione dei dati meteorologici disponibili per verificare l'influenza delle caratteristiche meteorologiche locali sulla diffusione e sul trasporto degli inquinanti;
- l'eventuale predisposizione dei dati di ingresso ai modelli di dispersione atmosferica a partire da dati sperimentali o da output di preprocessori meteorologici (qualora si intenda affrontare il monitoraggio della qualità dell'aria con un approccio integrato (strumentale e modellistico);

Monitoraggio in corso d'opera (CO)

Il monitoraggio in corso d'opera riguarda il periodo di realizzazione dell'infrastruttura, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento ed al ripristino dei siti. Questa fase è quella che presenta la maggiore variabilità, poiché è strettamente legata all'avanzamento dei lavori e perché è influenzata dalle eventuali modifiche nella localizzazione ed organizzazione dei cantieri apportate dalle imprese aggiudicatrici dei lavori. Pertanto, il monitoraggio in corso d'opera sarà condotto per fasi successive, articolate in modo da seguire l'andamento dei lavori. Preliminarmente sarà definito un piano volto all'individuazione, per le aree di impatto da monitorare, delle fasi critiche della realizzazione dell'opera per le quali si ritiene necessario effettuare la verifica durante i lavori. Le indagini saranno condotte per tutta la durata dei lavori con intervalli definiti e distinti in funzione della componente ambientale indagata.

Le fasi individuate in via preliminare saranno aggiornate in corso d'opera sulla base dell'andamento dei lavori.

Monitoraggio post-operam (PO)

Il monitoraggio post – operam comprende le fasi di pre-esercizio ed esercizio dell'opera, e deve iniziare tassativamente non prima del completo smantellamento e ripristino delle aree di cantiere.

Fase	Descrizione
ANTE-OPERAM (AO)	Periodo che precede l'avvio delle attività di cantiere e che quindi può essere avviato nelle fasi autorizzative successive all'emanazione del provvedimento di VIA.
IN CORSO D'OPERA (CO)	Periodo che comprende le attività di cantiere per la realizzazione dell'opera quali l'allestimento del cantiere, le specifiche lavorazioni per la realizzazione dell'opera, lo smantellamento del cantiere, il ripristino dei luoghi.
POST-OPERAM (PO)	Periodo che comprende le fasi di esercizio e di eventuale dismissione dell'opera, riferibile quindi: <ul style="list-style-type: none"> • al periodo che precede l'entrata in esercizio dell'opera nel suo assetto funzionale definitivo (pre-esercizio), • all' esercizio dell'opera, eventualmente articolato a sua volta in diversi scenari temporali di breve/medio/lungo periodo, • alle attività di cantiere per la dismissione dell'opera alla fine del suo ciclo di vita

3.5 Atmosfera (in corso d'opera)

3.5.1 Monitoraggio dei parametri chimici (monitoraggio della qualità dell'aria)

A seguito della caratterizzazione meteoclimatica dell'area, il monitoraggio è finalizzato a determinare lo stato di qualità dell'aria per il sito in esame, verificando gli eventuali incrementi nel livello di concentrazione degli inquinanti e le eventuali conseguenze sull'ambiente.

Il rilievo dei dati di monitoraggio è previsto prioritariamente mediante campagne di misura appositamente predisposte, integrando i dati eventualmente disponibili presso gli enti che gestiscono reti di monitoraggio esistenti.

I potenziali impatti sulla componente atmosfera durante la fase di realizzazione dell'opera sono sostanzialmente riconducibili a:

- sollevamento e dispersione di polveri legate alla movimentazione di inerti o al transito di mezzi d'opera su piste di cantiere;
- inquinanti da traffico emessi dai mezzi d'opera.

Il monitoraggio in fase di cantiere è finalizzato a determinare la riduzione della qualità dell'aria per effetto delle suddette attività, esso si basa sulla metodologia basata sulla raccolta di dati relativi alla concentrazione delle polveri sospese o aerodisperse, con particolare attenzione alla frazione respirabile PM10 ed al PM2,5.

Stante il numero di viaggi giorno e per prolungati periodi di tempo sarà necessario misurare anche la concentrazione dei principali inquinanti emessi dai mezzi di trasporto dei materiali sulle piste di cantiere e sulla viabilità ordinaria (NOx, CO, Benzene).

Il monitoraggio della qualità dell'aria sarà così effettuato:

monitoraggio dei livelli di concentrazione degli inquinanti emessi durante la fase di realizzazione dell'opera (in particolare PM10 e PM2,5), in prossimità dei cantieri operativi che si realizzeranno per la messa in opera dell'impianto e lungo il tragitto percorso dai mezzi in prossimità di nuclei abitati.

I parametri da rilevare durante il piano di monitoraggio saranno:

A) polveri aerodisperse:

- PTS
- PM10
- PM2,5

B) emissioni da traffico veicolare:

- NOx
- CO
- Benzene
- NO2
- SO2
- O3
- Metalli pesanti

La programmazione dei monitoraggi sarà effettuata adottando gli opportuni criteri atti a garantire un'efficace sorveglianza ambientale spazio-temporale in relazione agli andamenti delle attività dei cantieri.

La localizzazione su microscala delle stazioni di campionamento (altezza dal suolo, distanza dagli ostacoli, posizionamento in funzione delle caratteristiche meteorologiche del luogo, ecc.) sarà effettuata nel rispetto delle prescrizioni indicate dalla normativa vigente (D.Lgs. 155/10).

In particolare si avrà cura di:

- posizionare la sonda ad un'altezza dal piano campagna compresa tra 1,5 ÷ 4 m;
- scegliere punti di campionamento a meno di 2 metri da ostacoli (muri, supporti, superfici polverose);
- assicurare almeno 270° di campo di vento libero, angolo che dovrà contenere la

- direzione di vento più probabile durante il periodo previsto di maggiore inquinamento;
- evitare il posizionamento dell'ingresso della sonda proprio in concomitanza con fonti di inquinamento, al fine di evitare l'aspirazione diretta di emissioni non miscelate.

Al termine di ciascuna campagna di misura sarà fornito un rapporto riassuntivo contenente:

- la descrizione della postazione di misura con posizionamento su estratto dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 e coordinate UTM;
- i dati meteorologici relativi ai giorni di campionamento (temperatura min., med. e max., umidità relativa, andamento orario della velocità e direzione del vento, eventuali eventi atmosferici);
- una descrizione delle modalità di campionamento ed analisi per ogni parametro, con indicazione dei riferimenti alle metodiche standard utilizzate e descrizione di eventuali scostamenti da queste;
- i risultati delle attività di campionamento ed analisi;
- le schede di monitoraggio;
- la documentazione fotografica;
- il confronto con i limiti di legge previsti o le prescrizioni impartite dalle autorità.

Gli interventi di mitigazione saranno finalizzati a ridurre il carico emissivo, intervenendo con sistemi di controllo "attivi" e preventivi sulle sorgenti di emissione non eliminabili.

La gestione di cantiere e la programmazione dei lavori sarà inoltre finalizzata a contenere la durata delle fasi di attività di massimo impatto.

In caso di accertato superamento del PM10 dovuto al cantiere, si provvederà a far attuare tutti gli interventi di mitigazione riassunti nella tabella seguente, in modo da ridurre e/o eliminare i superamenti e valutare l'efficacia degli interventi di mitigazione nei giorni di misura successivi.

FENOMENO	INTERVENTI DI MITIGAZIONE
Sollevamento di polveri dai depositi temporanei di materiali di scavo e di costruzione	<ul style="list-style-type: none"> - riduzione dei tempi in cui il materiale stoccato rimane esposto al vento, - localizzazione delle aree di deposito in zone non esposte a fenomeni di turbolenza, - copertura dei depositi con stuoie o teli; - bagnatura del materiale sciolto stoccato.
Sollevamento di polveri dovuto alla movimentazione di terra nel cantiere	<ul style="list-style-type: none"> - movimentazione da scarse altezze di getto e con basse velocità di uscita, - copertura dei carichi di inerti fini che possono essere dispersi in fase di trasporto, - riduzione dei lavori di riunione del materiale sciolto, - bagnatura del materiale.
Sollevamento di polveri dovuto alla circolazione di mezzi all'interno del cantiere	<ul style="list-style-type: none"> - bagnatura del terreno, intensificata nelle stagioni più calde e durante i periodi più ventosi. È possibile interrompere l'intervento in seguito ad eventi piovosi. È inoltre consigliabile intensificare la bagnatura sulle aree maggiormente interessate dal traffico dei mezzi, individuando preventivamente delle piste di transito all'interno del cantiere, - bassa velocità di circolazione dei mezzi, - copertura dei mezzi di trasporto, - realizzazione dell'eventuale pavimentazione all'interno dei cantieri, già tra le prime fasi operative.
Sollevamento di polveri dovuto alla circolazione di mezzi su strade non pavimentate	<ul style="list-style-type: none"> - bagnatura del terreno, - bassa velocità di circolazione dei mezzi, - copertura dei mezzi di trasporto.
Sollevamento di polveri dovuto alla circolazione di mezzi su strade pavimentate	<ul style="list-style-type: none"> - interventi di pulizia delle ruote, - bassa velocità di circolazione dei mezzi, - copertura dei mezzi di trasporto.

3.6 Suolo (ante opera e post opera)

Il suolo è una matrice ambientale che si sviluppa dalla superficie fino ad una profondità di 1 metro circa. Il monitoraggio di questa componente ha l'obiettivo di verificare l'eventuale presenza e l'entità di fattori di interferenza della neocostruenda opera sulle caratteristiche pedologiche dei terreni, in particolare quelle dovute alle attività di cantiere. Il concetto di "qualità" si riferisce alla fertilità (compattazione dei terreni, modificazioni delle caratteristiche di drenaggio, rimescolamento degli strati, infiltrazioni, ecc.) e dunque alla capacità agro-produttiva, ma anche a tutte le altre funzioni utili, tra cui principalmente quella di protezione.

In un campo agrivoltaico, le caratteristiche del suolo che si intende monitorare sono quelle che influiscono sulla stabilità della copertura pedologica, *accentuando o mitigando* i processi di degradazione che maggiormente minacciano i suoli delle nostre regioni (cfr. Thematic Strategy for Soil Protection, COM (2006) 231), fra i quali la diminuzione della sostanza organica, l'erosione, la compattazione, la perdita di biodiversità, oltre alla presenza di metalli pesanti che potrebbero essere rilasciati dai moduli stessi.

Più in generale si misura la capacità del suolo di favorire la crescita delle piante, di proteggere la struttura idrografica, di regolare le infiltrazioni ed impedire il conseguente inquinamento delle acque. Le alterazioni della qualità dei suoli possono essere riassunte in tre

generiche tipologie:

- alterazioni fisiche;
- alterazione chimiche;
- alterazione biotiche.

Vanno individuate le principali categorie di suolo che si potrebbero incontrare, quali ad esempio:

- suoli soggetti ad erosione;
- suoli con accumulo di carbonati e sali solubili;
- suoli ricchi in ossidi di ferro e accumuli argillosi;
- suoli alluvionali;
- suoli su ceneri vulcaniche, (o altre categorie di suolo)

Poi vanno studiati i principali processi di degradazione del suolo in atto, quali erosione da parte dell'acqua, competizione tra uso agricolo e non agricolo del suolo, fenomeni di salinizzazione, movimenti di masse, scarso contenuto in sostanza organica, ecc.

Infine, vanno rilevati i diversi usi del suolo, quali: uso seminativo, uso irriguo, tipologie di coltivazioni, areaa vegetazione boschiva ed arbustiva, ecc..

3.6.1.1 Aspetti metodologici

Le caratteristiche del suolo che si intendono monitorare in un campo agrivoltaico sono quelle che influiscono sulla stabilità della copertura pedologica, accentuando o mitigando i processi di degradazione che maggiormente minacciano i suoli delle nostre regioni, fra i quali la diminuzione della sostanza organica, l'erosione, la compattazione, la perdita di biodiversità. In particolare verrà indagata la presenza di metalli pesanti, sia ante-operam che a cadenze regolari di due anni, per i primi cinque anni, e successivamente ogni cinque.

Per tali ragioni è stato prodotto un protocollo di monitoraggio che valuti nel tempo l'impatto sul suolo. Di seguito viene illustrata la metodologia utilizzata facendo riferimento alle seguenti fonti:

- Metodi di analisi chimica del suolo approvati dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (D.M.13.09.99 "Metodi Ufficiali di analisi chimica del suolo") e dal DM 471/99.
- "Linee guida per il campionamento dei suoli e per l'elaborazione del piano di concimazione aziendale" della Regione Sicilia;
- "Linee guida per il monitoraggio del suolo su superfici agricole destinate ad Impianti fotovoltaici a terra" della Regione Piemonte;
- IRSA-CNR Quaderno 64 Parte IIIa (relativo al campionamento dei metalli pesanti);
- MIPAF Osservatorio Nazionale Pedologico "Analisi Microbiologica del Suolo" Ed. 2002.

Il protocollo di monitoraggio si attua in due fasi:

- La prima fase del monitoraggio precede la realizzazione dell'impianto agrivoltaico e consiste nella **caratterizzazione stazionale e pedologica dell'appezzamento**, tramite una scala cartografica di dettaglio, osservazioni in campo e una caratterizzazione del suolo.
- La seconda fase del monitoraggio, invece, prevede la valutazione di alcune caratteristiche del suolo ad intervalli temporali prestabiliti (dopo 1-3-5-10-15-20-25-30 anni dall'impianto) attraverso il prelievo di campioni.

Tali intervalli sembrano essere sufficienti per rilevare le eventuali modifiche dei parametri del suolo. Tuttavia, verrebbero aumentati all'emergere di valori critici dei parametri monitorati.

Al fine di rendere rappresentative le analisi da effettuare rispetto all'area di intervento, il numero di campioni da prelevare sarà determinato in funzione della superficie occupata dai pannelli fotovoltaici e dalle caratteristiche dell'area (omogeneità od eterogeneità) ed estensione dell'area da campionare.

I punti di campionamento dovranno ricadere su almeno due siti dell'appezzamento, uno in posizione ombreggiata al di sotto del pannello agrivoltaico, l'altro nelle aree di controllo meno disturbate dalla presenza dei pannelli. I campioni di suolo prelevati dovranno essere distanti almeno 200 metri dal successivo.

Tali punti dovranno essere geo referenziati in modo tale da rimanere costanti per tutta la durata del protocollo di monitoraggio.

In tutte e due le fasi del monitoraggio deve essere effettuata un'analisi stazionale, con le analisi di laboratorio dei campioni di suolo.

Saranno poi oggetto di monitoraggio nella seconda fase solo quelle caratteristiche e proprietà che si ritiene possano essere influenzate dalla presenza del campo agrivoltaico.

3.6.1.2 Definizioni

Di seguito vengono riportate alcune definizioni che inserite nel decreto DM 471/99 Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo.

Analisi di caratterizzazione: insieme di determinazioni che contribuiscono a definire le proprietà fisiche e/o chimiche di un campione di suolo.

Zona di campionamento: area di terreno omogenea sottoposta a campionamento e suddivisa in più unità di campionamento.

Unità di campionamento: estensione definita di suolo, dotata di limiti fisici o ipotetici.

Campione elementare o subcampione: quantità di suolo prelevata in una sola volta in una unità di campionamento.

Campione globale: campione ottenuto dalla riunificazione dei campioni elementari prelevati nelle diverse unità di campionamento.

Campione finale: parte rappresentativa del campione globale, ottenuta mediante eventuale riduzione della quantità di quest'ultimo

3.6.1.3 Campionamento

Le modalità da seguire per il campionamento sono riportate:

- nell'Allegato 2 Parte Quarta del D.Lgs 152/2006
- nel capitolo 2 del Manuale APAT 43/2006
- nel "Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati", D.M. n. 471/1999 "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni"

Secondo le normative su esposte, per il progetto in essere, occorre predisporre un idoneo Piano di Campionamento (PdC) che dovrà riportare almeno le seguenti informazioni:

- Località di indagine
- N° campionamenti
- Posizione dei punti di campionamento su planimetria del sito investigato
- Epoca di campionamento
- Tipologia di campionamento
- Modalità di esecuzione dei sondaggi

Ai fini di un corretto campionamento occorrerà definire:

- I composti da ricercare: Vengono identificati in base alle informazioni
- I punti di campionamento secondo le seguenti possibilità:
- Ubicazione ragionata (se sono disponibili informazioni approfondite sul sito che consentano di prevedere la localizzazione delle aree più vulnerabili e delle più probabili fonti di contaminazione)
- Ubicazione Sistemica (a griglia, casuale, statistico)
- La profondità di campionamento: Idealmente il sottosuolo viene suddiviso in zone sovrapposte denominate, a partire dalla superficie: (suolo superficiale (top soil), zona insatura, frangia capillare, zona satura)
- Il metodo di campionamento: attraverso metodi di scavo manuale o meccanizzato: (scavo per mezzo di utensili manuali, scavo per mezzo di trivella o carotatore manuale, scavo per mezzo di pala meccanica, sistemi di perforazione a rotazione o a percussione)

3.6.1.4 Localizzazione e numero di campionamento.

Nell'ambito dell'area di progetto, l'individuazione di una porzione omogenea rappresenta il passaggio cruciale per la conseguente scelta della zona di campionamento, poiché da ciò dipende la rappresentatività del campione e, di conseguenza, la concreta applicabilità delle

informazioni desunte dalle analisi.

Al fine di verificare l'omogeneità del sito, la modalità più corretta di procedere consiste nel:

- Identificare la categoria nella quale ricade l'impianto mediante la Carta di Uso del Suolo della Regione Puglia
- Elaborare carte tematiche (pendenze e dislivelli) mediante la carta DEM (Digital Elevation Model)
- Esecuzione di un sopralluogo per confermare il risultato delle elaborazioni ai punti precedenti.

Dopo aver accuratamente determinato **l'omogeneità** delle caratteristiche del sito, si procede nel determinare il numero dei campioni e la loro geolocalizzazione.

In tal senso, saranno impiegate le seguenti regole:

- la distribuzione dei siti di campionamento deve essere sufficientemente omogenea sul territorio agricolo in modo da evitare buchi o eccessive concentrazioni; qualora vi siano delle zone evidentemente diverse per qualche caratteristica, come contenuto di scheletro, tessitura, drenaggio, pendenza, esposizione, queste vanno eliminate dal campionamento ed eventualmente campionate a parte. Allo stesso modo sono da eliminare i bordi dell'area per almeno 5 metri da fossi, cumuli di deiezioni o altri prodotti, e altre zone rimaneggiate.
- il numero dei siti deve essere statisticamente significativo a contenere la variabilità intrinseca del terreno per certe caratteristiche;
- i punti di campionamento dovranno essere eseguiti su almeno due punti dell'intera area, uno in posizione ombreggiata al di sotto dei moduli fotovoltaici, l'altro nelle aree di controllo meno disturbate dalla presenza dei pannelli;
- i campioni di suolo prelevati dovranno essere distanti almeno 200 metri dal successivo;
- tali punti dovranno essere geo referenziati in modo tale da rimanere costanti per tutta la durata del protocollo di monitoraggio.

3.6.1.5 Numero di campionamenti.

Come esposto precedentemente i punti di campionamento dovranno essere su almeno **due** aree distinte dell'appezzamento, uno in posizione ombreggiata al di sotto del pannello agrivoltaico l'altro nelle aree di controllo meno disturbate dalla presenza dei pannelli. I campioni di suolo prelevati dovranno essere distanti al meno 200 metri dal successivo.

Il Dlgs 152/2006, diversamente dal DM 471/99, non riporta indicazioni circa il Numero di sondaggi da effettuare, questo, infatti, definisce impossibile indicare un valore predefinito del rapporto fra campione e superficie di prelievo poiché questo dipende dal grado di uniformità ed omogeneità della zona di campionamento, dalle finalità del campionamento e delle relative

analisi. Alcune regioni, nelle loro "Linee guida per il campionamento dei suoli e per l'elaborazione del piano di concimazione aziendale" adotta 1 campione per 3-5 ettari, in presenza di condizioni di forte omogeneità pedologica e colturale, e nell'ottica di un contenimento dei costi un campione può essere ritenuto rappresentativo per circa 10 ettari.

Pertanto, considerato quanto esposto in precedenza, verificata la condizione di forte omogeneità dell'area oggetto dell'intervento si è ritenuto di utilizzare come campionamento n°1 campione ogni 8 ettari di terreno utilizzato, che complessivamente corrispondono a n°4 campioni, visto che la superficie totale dell'area che ospiterà il campo agrivoltaico è pari a circa 34 ettari di terreno.

Per assolvere all'obiettivo di uno in posizione ombreggiata al di sotto del pannello agrivoltaico, l'altro nelle aree di controllo meno disturbate dalla presenza dei pannelli. Si è deciso di arrivare ad un totale di 5 punti di campionamento di cui 3 sotto i pannelli fotovoltaici e 2 esterni come punti di controllo.

3.6.1.6 Profondità di prelevamento

Solitamente il prelievo di suolo destinato ad analisi microbiologiche e biochimiche si esegue alla profondità di 0-15 cm poiché, di norma, è questo lo strato di suolo maggiormente colonizzato dai microrganismi. Questo approccio non sempre risulta valido dal momento che la distribuzione della biomassa microbica lungo il profilo di un suolo è regolata da molteplici fattori e differisce anche in base al tipo di gestione da parte dell'uomo. A parità di tipo di suolo, infatti, un prato naturale polifita ed un campo arato devono essere campionati in modo differente; nel primo si avrà in linea di massima una biomassa localizzata nei primi 5 cm di profondità, nel secondo sarà necessario campionare anche gli strati più profondi. Avviene infatti che nei suoli agrari i microrganismi risultino distribuiti piuttosto uniformemente. Pertanto, è bene seguire le seguenti regole generali:

- nei suoli arativi soggetti a rovesciamento o rimescolamento, occorre prelevare il campione alla massima profondità di lavorazione del suolo ed eventualmente, distinguendo i due campioni, anche lo strato immediatamente sottostante al limite di lavorazione;
- nei suoli a prato da sfalcio è necessario prima eliminare attentamente la cotica erbosa, e successivamente campionare lo strato interessato dagli apparati radicali delle specie erbacee. In generale, per le analisi biochimiche è comunque sufficiente campionare a profondità di 0 -10 o 0 - 20 cm.

Per l'area in oggetto, le analisi saranno eseguite nei primi 20 cm di profondità.

Per le analisi nell'area in oggetto e per ogni campione, saranno prelevati 5 sub-campioni per campione, per un totale di 30 sub-campioni.

In sede di monitoraggio bisognerà fare attenzione al controllo del mantenimento delle

caratteristiche strutturali dei suoli nelle aree di cantiere, spesso utilizzate anche come siti di deposito temporaneo.

La contaminazione, sicuramente più probabile nelle aree di cantiere (per questo scelte come sedi dei punti di controllo), può essere tenuta sotto controllo.

Normalmente gli sversamenti accidentali, per lo più dovuti ai mezzi di trasporto e di movimentazione, sono vistosamente evidenti e pertanto si può correre ai ripari in tempi veloci garantendo un margine elevato di sicurezza. Nel caso dovessero verificarsi contaminazioni accidentali, si prevedranno delle indagini extra e specifiche, in modo da assicurare una soluzione tempestiva del problema, in contemporanea a controlli sulle acque superficiali e sotterranee. Si precisa che, ad ogni modo, tali circostanze sono estremamente remote nel caso di cantieri per la costruzione di impianti fotovoltaici.

3.6.1.7 Epoca di campionamento

Generalmente, l'epoca di campionamento di un suolo coltivato segue le lavorazioni principali e le concimazioni, al fine di poterne stimare i fabbisogni di fertilizzanti per una specifica coltura.

Il suolo su cui insisterà l'impianto agrivoltaico, essendo interessato da un seminativo non irriguo, rimarrà coperto da vegetazione erbacea, pertanto:

- per le analisi sulla microflora si dovrà far riferimento alle oscillazioni quali-quantitative ambientali, temperature, precipitazioni, umidità, ecc
- per quanto riguarda le analisi biochimiche, è anche possibile lavorare su suolo essiccato all'aria e successivamente condizionato in laboratorio. Pertanto è sufficiente evitare i periodi in cui i suoli da campionare sono intrisi di acqua o quando sono troppo asciutti.

Converrà quindi riferirsi ad una situazione media o comunque non estrema. Si eviterà di campionare dopo un periodo di particolare siccità o piovosità evitando i mesi estivi (luglio-agosto) e invernali (novembre - gennaio), in accordo con il laboratorio di analisi.

3.6.1.8 Verbale di campionamento

Dato che nel corso del tempo il soggetto che esegue i campionamenti potrebbe cambiare, è buona norma avere cura di allegare al campione una breve scheda di campagna che riassume le osservazioni di campo ed i dati essenziali relativi allo stesso prelievo di suolo.

Per ogni campione, il tecnico che provvederà al prelievo dei campioni di terreno dovrà stilare il "Verbale di campionamento del suolo" e certificazione di avvenuto prelievo da parte del laboratorio.

Nel rapporto di analisi, oltre ai parametri chimico fisici, dovranno essere contenuti una stima dell'incertezza associata alla misura, il valore dell'umidità relativa, l'analisi della granulometria e la georeferenziazione dei 5 punti di prelievo che costituiscono il singolo campione. Il prelievo e l'analisi devono essere eseguiti da laboratori accreditati secondo la norma UNI CEI EN

ISO/IEC 17025 o da laboratori di analisi degli organi tecnici della Regione Sardegna.

3.6.1.9 Analisi e stato del terreno

Al fine di monitorare lo stato del suolo in fase ante-operam e in corso d'opera saranno previste le seguenti analisi:

- Analisi fisico-chimiche
- Analisi microbiologiche

3.6.1.10 Analisi fisico-chimiche

Si distinguono in analisi di base o di caratterizzazione e analisi di controllo.

- **analisi di base** o di **caratterizzazione** sono necessarie per conoscere le caratteristiche fondamentali e la sua dotazione in elementi nutritivi e permettono di misurare alcune caratteristiche del terreno quali: scheletro e tessitura, reazione (pH), carbonati totali, calcare attivo, capacità di scambio cationico e conduttività elettrica, che si mantengono praticamente stabili nel tempo, oppure si modificano molto lentamente e sono poco influenzabili. Pertanto verranno effettuate una volta in fase ante-operam.
- **analisi di controllo** si effettuano su parametri che potrebbero variare nel tempo, pertanto verranno effettuate in corso d'opera. Rispetto alle analisi di base comprendono un minor numero di determinazioni analitiche e, quindi, consentono una riduzione dei costi e tempi di realizzazione più brevi. Nella fase post-operam, si ripeteranno le analisi microbiologiche e dei metalli pesanti, mentre per le analisi fisico-chimiche le analisi di base saranno ripetute solo i seguenti parametri: Scheletro, PAS, pH, Conducibilità 1:2, Conducibilità in pasta satura, Sostanza organica, Azoto totale, CSC, Calcio scambiabile, Magnesio scamb, Sodio scamb.).
- Nel rapporto di analisi, oltre ai parametri chimico fisici, dovranno essere contenuti una stima dell'incertezza associata alla misura, il valore dell'umidità relativa, l'analisi della granulometria e la georeferenziazione dei 5 punti di prelievo che costituiscono il singolo campione.

Tabella 3-1. Caratterizzazione fisico-chimica del suolo (ante-operam), mentre i parametri asteriscati saranno analizzati in corso d'opera

ANALISI CHIMICO-FISICHE DEL SUOLO		
Parametro	Unità di misura	Metodo
Tessitura (sabbia, limo e argilla)	g /kg	D.M 13/09/99 Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo G.U. 248/1999
(*) Scheletro	g /kg	
(*) PAS		
(*) pH	Unità pH g/Kg S.S. CaCO ³ g/Kg	
Cloruri		
(*) Sostanza organica	g/Kg S.S. C	
(*) CSC	meq/100 g. S.S.	
(*) Azoto totale	g/Kg S.S.N	
Fosforo assimilabile	Mg/Kg S.S.P	
(*) Conduttività elettrica 1:2	(S/m)	
(*) Conducibilità in pasta satura	mS/cm	
(*) Calcio scambiabile	meq/100 g. S.S.	
Potassio scambiabile	meq/100 g. S.S.	
(*) Magnesio scambiabile	meq/100 g. S.S.	
(*) Sodio scambiabile	meq/100 g. S.S.	
Microelementi (ferro-manganese, rame, zinco assimilabili)	mg/Kg	

3.7 Analisi sui metalli pesanti

I metalli pesanti al di sopra di determinate soglie sono tossici per gli organismi animali e/o vegetali. La presenza eccessiva di metalli pesanti nel suolo è in grado di influire negativamente sulle attività microbiologiche, sulla qualità delle acque di percolazione, sulla composizione delle soluzioni circostanti, nonché alterare lo stato nutritivo delle piante, modificandolo sino ad impedire la crescita ed influire sugli utilizzatori primari e secondari.

I metalli che generalmente vengono rilevati negli impianti industriali e considerati più pericolosi per la fertilità del suolo sono: arsenico, cadmio, cromo, mercurio, nichel, piombo, rame e zinco. Nei suoli esistono dei valori di fondo, cioè concentrazioni naturali di metalli pesanti, diverse per l'orizzonte superficiale e quello profondo, talvolta con concentrazioni superiori a quelle fissate dalla legge.

Secondo il decreto ministeriale del 13/09/1999 "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo", e il Testo Unico sull'Ambiente 152/06 e s.m.i., i valori di concentrazione di alcuni metalli pesanti accertati in suoli coltivati e naturali sono presenti nella Tabella 3-2, mentre in Tabella 3-3 sono riportati i valori limite accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione "commerciale- industriale".

Tabella 3-2. Concentrazioni di alcuni metalli pesanti in suolo coltivati e naturali

Elemento	Concentrazione (mg kg ⁻¹)
Cadmio	0,1- 5
Cobalto	1-20
Cromo	10-150
Manganese	750-1000
Nichel	5-120
** Piombo	5-120
* Rame	10-120
* Zinco	10-150

* Le concentrazioni più elevate di Rame e Zinco sono caratteristiche di molti suoli utilizzate per la viticoltura

** Gli elevati livelli di Piombo (sicuramente non naturali) tengono conto dei valori che spesso si riscontrano nei suoli ubicati nelle vicinanze di vie di comunicazione ed in suoli in cui le colture hanno reso necessario l'intervento con antiparassitari a base di arseniato di piombo

Tabella 3-3. Valori limite accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione "commerciale-industriale"

Elemento	Siti ad uso commerciale e industriale (mg kg ⁻¹) espressi come s.s.
Cadmio	15
Cromo totale	800
Nichel	500
Piombo	1000
Rame	600
Stagno	350
Zinco	1500