



Regione Sardegna



Provincia di Sassari



Comune di Sassari

## REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO.

**PRODUZIONE AGRICOLA DA IMPIANTO INTENSIVO DI MELOGRANI E  
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA CONVERSIONE SOLARE  
FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI – POTENZA  
46.175 MWdc  
(Immissione in rete 39MWac)**

## SIA 13 – PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

<b>Committente:</b>			
VERDE 7 SRL – Via Cino del Duca 5 20121 Milano (MI)			
<b>Il Tecnico</b>		Revisioni	DATA
		Protocollo Iter Autorizzativo	Giu/2021
Descrizione	<b>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>		
Commessa	Sassari – Due Mari		

## Indice

1.	Introduzione .....	3
1.1	Dati Generali .....	5
1.1.1	Dati del Proponente.....	5
1.1.2	Dati catastali .....	5
1.1.3	Connessione .....	5
1.2	Localizzazione del progetto .....	6
1.2.1	Inquadramento Geografico e Territoriale .....	6
2.	Obiettivi generali e requisiti del PMA .....	8
2.1	Fasi della redazione del PMA.....	8
2.2	Identificazione delle componenti .....	8
2.3	Modalità temporale di espletamento delle attività .....	9
3.	Atmosfera.....	11
3.1	Criteri metodologici adottati .....	11
3.2	Identificazione degli impatti da monitorare.....	12
3.2.1	Monitoraggio dei parametri microclimatici.....	13
4.	Suolo.....	15
4.1	Aspetti metodologici .....	15
4.2	Definizioni .....	17
5.	Campionamento.....	19
5.1	Localizzazione e numero di campionamento.....	19
5.2	Identificazione degli impatti da monitorare.....	21
5.3	Numero di campionamento. ....	21
5.4	Ripartizione dei campioni elementari.....	24
5.5	Profondità di prelevamento.....	24
5.6	Epoca di campionamento .....	25
5.7	Verbale di campionamento.....	25
5.8	Analisi e stato del terreno .....	25
5.9	Analisi fisico-chimiche .....	26
5.10	Analisi microbiologiche.....	27
5.11	Analisi sui metalli pesanti .....	27
6.	Aspetti metodologici relativi alle Zone Climatiche - Vegetazione – Flora - Fauna .....	29
6.1	Zone Climatiche .....	29
5.2	Flora.....	30
6.3	Vegetazione, considerazioni in relazione all'intervento.....	31
6.4	Definizione degli indicatori e dei parametri del monitoraggio .....	31
6.5	Principali caratteri della fauna .....	32
7.	Rumore .....	35

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA  
CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI –  
POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

7.1	Criteri metodologici adottati .....	37
7.1	Definizione degli indicatori e dei parametri del monitoraggio .....	37
7.2	Parametri acustici.....	37
7.3	Parametri Meteorologici .....	38
7.4	Parametri di inquadramento territoriale.....	38
8.	Vibrazioni .....	41
8.1	Criteri metodologici adottati .....	41
8.2	Identificazione degli Impatti da Monitorare .....	42
8.3	Definizione degli indicatori e dei parametri del monitoraggio .....	42
8.4	Identificazione dei punti di monitoraggio.....	45
9.	Conclusioni .....	46

## 1. Introduzione

Il progetto per cui è stato previsto il PMA è riferito alla realizzazione di un impianto solare per la produzione di energia elettrica con tecnologia agrovoltaica da realizzarsi nel Comune di Sassari (SS). Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia della potenza di 46,175 MWp e in immissione di 39 MWac, diviso in due lotti, uno in Località Bazzinitta e uno in località Serra Fenosa nel Comune di Sassari, provincia di Sassari. L'impianto fotovoltaico ricade sulle particelle del Comune di Sassari Sez. B al Fg. 78 - p.lle 17, 21, 30, 80, 174, 175, 176, 186, 187 e al Fg. 92 p.lle 32, 33, 99. La superficie catastale dell'area inerente all'impianto fotovoltaico è di 798.699 mq. Le linee di connessione elettrica interessano le particelle del Comune di Sassari Sez. B:

- Fg.78 - p.lle 26, strada vicinale e SP18;
- Fg.79 - SP18, strada vicinale, p.lle 79, 80, 76, 152, 59, 30, 97, 35, 36, 9, 46, 51, 244, 47, strada vicinale;
- Fg.92 – p.lle 25, 35, SP65;
- Fg.80 – p.lle 41, SP65;
- Fg.94 – P.lle 91, 96, 89, 51, Strada vicinale Saccheddu.

Le opere di connessione Stazione Utente AT e futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea 380 kV “Fiumesanto Carbo – Ittiri” interessano le particelle del Comune di Sassari Sez. B, Fg.82, p.lle 13, 171 e 172.

Tale elaborato redatto a corredo del progetto definitivo così come previsto dalle normative vigenti per tutti i progetti sottoposti alla procedura di VIA, mira ad essere uno strumento di controllo veritiero su tutti i componenti su cui si andrà ad inserire, Aria, Acqua, Suolo e Sottosuolo, Atmosfera circostante.

Il Piano di Monitoraggio proposto oltre ad essere uno strumento eventualmente adattabile e modificabile durante l'iter autorizzativo, secondo gli scriventi è uno strumento imprescindibile di controllo dell'intervento progettuale proposto, che può permettere, tramite il monitoraggio delle componenti sopraesposte, di individuare eventuali problematiche nascenti sull'inserimento del nuovo progetto con il territorio presente e dare opportune indicazioni su errori e scelte progettuali eseguite.

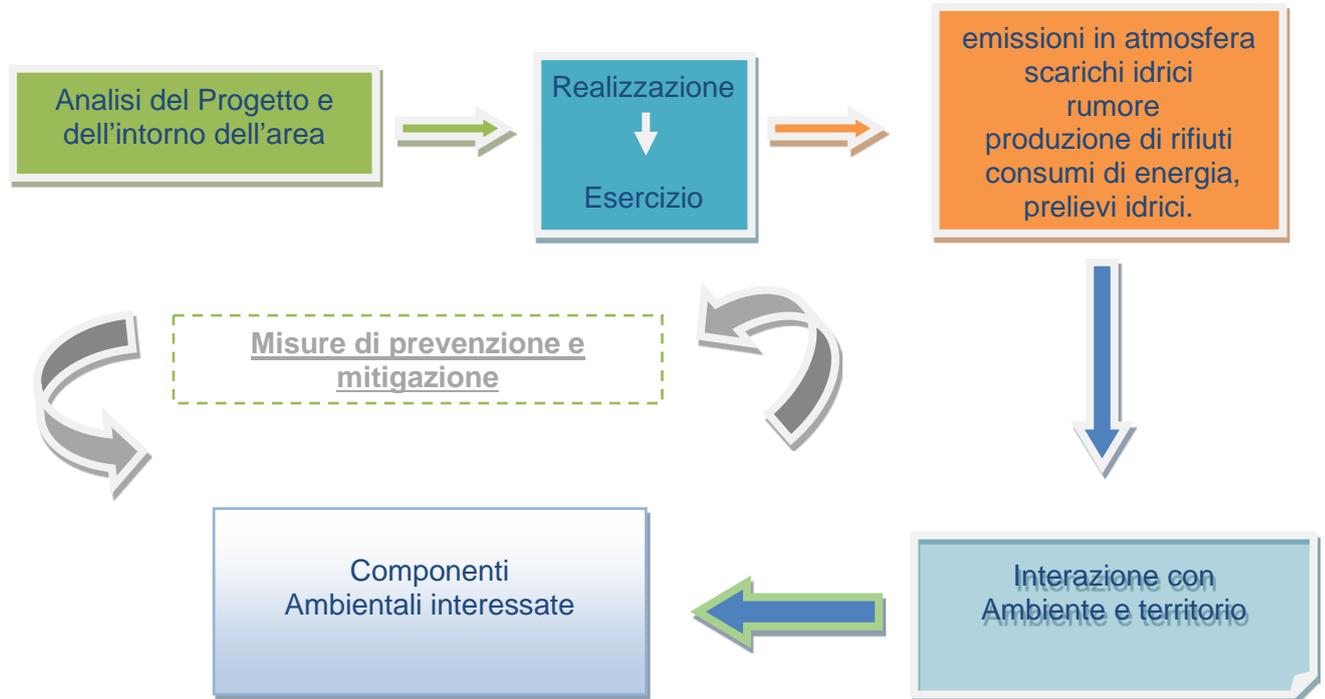
Con il presente lavoro saranno fornite tutte le informazioni necessarie relative alle varie fasi del cantiere in modo tale da potere determinare le possibili interazioni sull'ambiente derivanti dagli interventi in progetto ed il loro conseguente impatto.

Sono stati definiti due scenari o stati di riferimento ai quali riferirsi per la valutazione:

- scenario *ante – operam* (o stato di fatto), rappresentativo della situazione attuale delle componenti ambientali, economiche e sociali;
- scenario *post – operam* (o stato futuro), rappresentativo della situazione delle componenti ambientali, economiche e sociali dopo la realizzazione degli interventi in progetto.

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI – POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

La metodologia utilizzata per l'individuazione delle interazioni ambientali è rappresentata nel seguente schema grafico:



## 1.1 Dati Generali

### 1.1.1 Dati del Proponente

Ragione Sociale: VERDE 7 S.r.l.

Indirizzo: Via Cino del Duca 5 20121 Milano (MI)

Partita IVA: 02848920902

Indirizzo PEC: [verde7srl@pec.buffetti.it](mailto:verde7srl@pec.buffetti.it)

Località di realizzazione dell'intervento: Bazzinitta e località Serra Fenosa - Comune di  
Destinazione d'uso

L'area oggetto dell'intervento ha una destinazione d'uso agricolo.

### 1.1.2 Dati catastali

L'impianto fotovoltaico ricade sulle particelle del Comune di Sassari Sez. B al Fg. 78 - p.lle 17, 21, 30, 80, 174, 175, 176, 186, 187 e al Fg. 92 p.lle 32, 33, 99.

### 1.1.3 Connessione

Le linee di connessione elettrica interessano le particelle del Comune di Sassari Sez. B:

- Fg.78 - p.la 26, strada vicinale e SP18;
- Fg.79 - SP18, strada vicinale, p.lle 79, 80, 76, 152, 59, 30, 97, 35, 36, 9, 46, 51, 244, 47, strada vicinale;
- Fg.92 – p.lle 25, 35, SP65;
- Fg.80 – p.lle 41, SP65;
- Fg.94 – P.lle 91, 96, 89, 51, Strada vicinale Saccheddu.

Le opere di connessione Stazione Utente AT e futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea 380 kV “Fiumesanto Carbo – Ittiri” interessano le particelle del Comune di Sassari Sez. B, Fg.82, p.lle 13, 171 e 172.

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI – POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

## 1.2 Localizzazione del progetto

### 1.2.1 Inquadramento Geografico e Territoriale

L'area presa in considerazione nel presente progetto ricade nel territorio comunale di Sassari e si divide in due lotti, uno in località Bazzinitta e l'altro in località Serra Fenosa, posizionati ad una distanza di circa 17 km in direzione Ovest rispetto al nucleo urbano della città di Sassari, ad una distanza media di circa 2 km in direzione Sud rispetto al nucleo urbano di Campanedda, ad una distanza di circa 2.3 km in direzione Nord rispetto al nucleo urbano di Rumanedda; la porzione nord dell'impianto è localizzata a Nord-Est rispetto all'incrocio viario tra la SP42 e la SP18 e la porzione Sud dell'impianto confina a Sud con la SP65. L'area di studio ricade amministrativamente all'interno del territorio di Sassari (SS), ovvero, più in dettaglio, nel settore Ovest del territorio comunale. Cartograficamente questa area è all'interno delle tavole CTR regionali alla scala 1:10.000 denominate Elemento n. 458080 ed Elemento n. 459050. L'area interessata dal progetto è raggiungibile grazie ad una fitta rete di strade di vario ordine presenti in zona; tra queste l'arteria di collegamento più importante è costituita dalle Strade Provinciali SP42 e SP65, oltre che da varie strade comunali che collegano le porzioni di campo fotovoltaico oggetto del presente studio. I due lotti dell'impianto sono rispettivamente a circa 6,4 km (porzione Nord) e 4 km (porzione SUD) in direzione Ovest, distanti in linea aerea dalla Stazione Elettrica Utente SE.

I due lotti verranno collegati tramite un cavidotto interrato della lunghezza di circa 8.650 ml.

La Stazione Elettrica Utente SE realizzata in adiacenza alla futura Stazione Elettrica di Trasformazione RTN 380/150 kV che verrà inserita in entra – esce alla linea 380 kV "Fiumesanto Carbo – Ittiri".



**Fig. 1 - Inquadramento generale dell'area**

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA  
CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI –  
POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

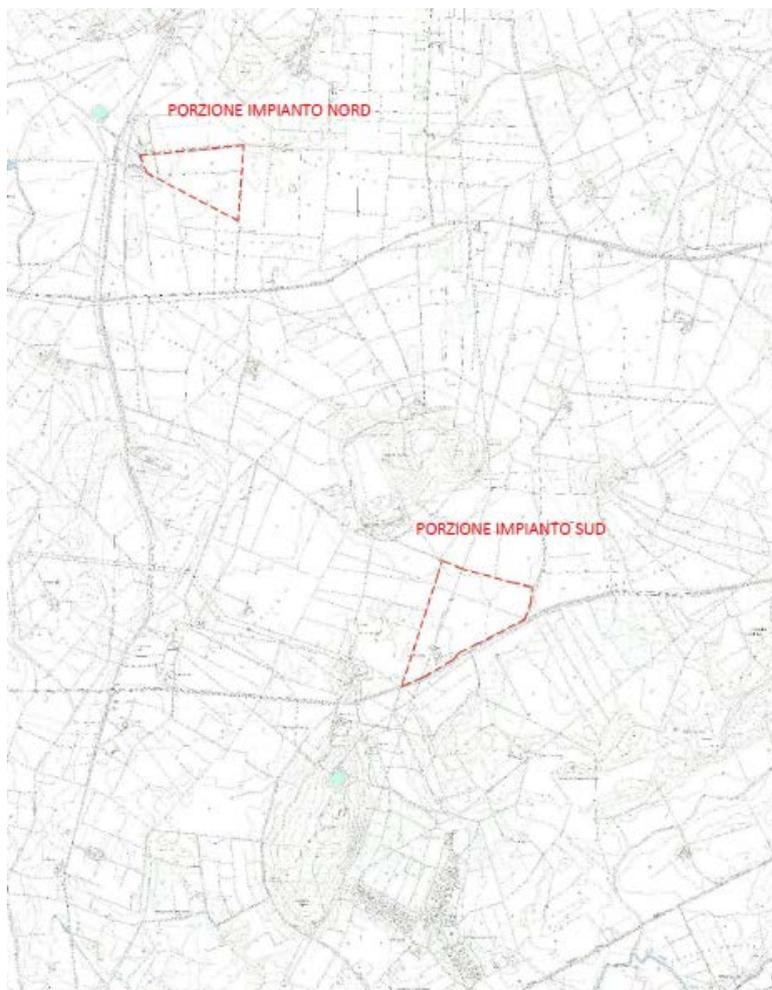


Fig. 2 - Inquadramento dell'area di intervento su CTR

## 2. Obiettivi generali e requisiti del PMA

Il Piano di Monitoraggio Ambientale relativo all'impianto fotovoltaico ***"In Progetto"*** e che è in procinto di avvio dell'Iter Amministrativo ai fini del rilascio del parere di Compatibilità Ambientale presso il Ministero dell'Ambiente e del nuovo Ministero della Transizione Ecologica per il rilascio dei relativi pareri e/o Nulla Osta di competenza, 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 microclimatici (temperatura, umidità, velocità e direzione del vento, pressione atmosferica, precipitazione e radiazione solare) nonché 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 preveda una caratterizzazione del sito ante-operam.

### 2.1 Fasi della redazione del PMA

Per la corretta redazione del PMA relativo all'impianto fotovoltaico in progetto (condotta in riferimento alla documentazione relativa al Progetto Definitivo, allo Studio di Impatto Ambientale, alla relativa procedura di V.I.A.) 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;

### 2.2 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;
- complessi di componenti e fattori fisici, chimici e biologici tra loro interagenti ed interdipendenti;
- rumore, considerato in rapporto all'ambiente umano;
- vibrazioni, considerato in rapporto all'ambiente umano;
- Campi elettromagnetici, considerati 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;
- le informazioni ai cittadini.

### 2.3 Modalità temporale di espletamento delle attività

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

#### Monitoraggio ante-operam

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

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

***REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA  
CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI –  
POTENZA PARI A 46,175 MWdc)***

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***

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.

***La durata del monitoraggio per le opere in oggetto è stata fissata pari alla vita utile dell'impianto.***

### 3. Atmosfera

#### 3.1 Criteri metodologici adottati

La campagna di monitoraggio riguardante la componente atmosfera ha lo scopo di valutare: Temperatura, umidità, velocità e direzione del vento, pressione atmosferica, precipitazione e radiazione solare;

##### - Temperatura dell'aria

La temperatura dell'aria è influenzata da vari fattori, tra cui la latitudine, l'altitudine, l'alternarsi del dì e della notte e delle stagioni, la vicinanza del mare; essa, a sua volta, influisce sulla densità dell'aria e ciò è alla base di importanti processi atmosferici.

La temperatura dell'aria verrà misurata tramite sensori di temperatura dell'aria per applicazioni meteorologiche montati in schermi antiradianti (a ventilazione naturale o forzata) ad alta efficienza.

##### - Umidità

L'umidità è una misura della quantità di vapor acqueo presente nell'aria. La massima quantità di vapor d'acqua che una massa d'aria può contenere è tanto maggiore quanto più elevata è la sua temperatura. Pertanto le elaborazioni non sono espresse in umidità assoluta, bensì la in umidità relativa, che è il rapporto tra la quantità di vapor d'acqua effettivamente presente nella massa d'aria e la quantità massima che essa può contenere a quella temperatura. Nel periodo estivo, valori pari al 100% di umidità relativa corrispondono a condensazione, ovvero ad eventi di pioggia. La componente umidità verrà misurata e monitorata tramite termoigrometri specificatamente disegnati per applicazioni meteorologiche dove possono essere richieste misure in presenza di forti gradienti termici ed igrometrici, considerato che il clima della regione e del sito di installazione hanno valori percentuali di umidità specie nei periodi estivi molto elevati.

##### - Velocità e direzione del vento

In meteorologia il vento è il movimento di una massa d'aria atmosferica da un'area con alta pressione (anticiclonica) a un'area con bassa pressione (ciclonica). In genere con tale termine si fa riferimento alle correnti aeree di tipo orizzontale, mentre per quelle verticali si usa generalmente il termine correnti convettive che si originano invece per instabilità atmosferica verticale. Le misurazioni saranno effettuate tramite sensori combinati di velocità e direzione del vento, con anemometri a coppe e banderuola e ultrasonici, per l'installazione dei dispositivi di misurazione si sceglieranno dei punti idonei in modo tale da reperire in maniera coerente sia la velocità massima- minima e media e soprattutto la direzione prevalente del vento.

##### - Pressione atmosferica

La pressione atmosferica normale o standard è quella misurata alla latitudine di 45°, al livello del mare e ad una temperatura di 0 °C su una superficie unitaria di 1 cm<sup>2</sup>, che corrisponde alla pressione di una colonnina di mercurio di 760 mm che corrisponde a 1013,25 hPa (ettopascal) o mbar (millibar).

La pressione atmosferica è influenzata dalla temperatura dell'aria e dall'umidità che, al loro aumentare, generano una diminuzione di pressione.

Gli spostamenti di masse d'aria fredda e calda generano importanti variazioni di pressione. Infatti, non è tanto il valore assoluto di pressione che deve interessare, ma la sua variazione nel tempo.

Nelle giornate di alta pressione, l'umidità e gli inquinanti contenuti nell'atmosfera vengono "premuti" verso il basso e costretti a rimanere concentrati in prossimità del suolo, generando inevitabilmente un peggioramento della qualità dell'aria. Tra le sostanze principali che "subiscono" questo meccanismo di accumulo vi sono senz'altro il biossido di azoto, l'ozono e le polveri sottili.

La pressione atmosferica verrà rilevata attraverso appositi sensori barometrici.

#### - Precipitazioni

Quando l'aria umida, riscaldata dalla radiazione solare si innalza, si espande e si raffredda fino a condensarsi (l'aria fredda può contenere meno vapore acqueo rispetto a quella calda e viceversa) e forma una nube, costituita da microscopiche goccioline d'acqua diffuse dell'ordine dei micron. Queste gocce, unendosi (coalescenza), diventando più grosse e pesanti, cadono a terra sotto forma di pioggia, neve, grandine.

Le precipitazioni vengono in genere misurate utilizzando due tipi di strumenti:

#### - Pluviometro e pluviografo

Il primo strumento consiste in un piccolo recipiente, in genere di forma cilindrica, e dalle dimensioni standardizzate che ha il compito di raccogliere e conservare la pioggia che si è verificata in un certo intervallo di tempo, generalmente un giorno, sul territorio dove è installato. In questo modo è possibile ottenere una misura giornaliera delle precipitazioni in una data località. Diversamente il pluviografo è uno strumento che ha il compito di registrare la pioggia verificatasi a una scala temporale inferiore al giorno, attualmente sono disponibili pluviografi digitali con risoluzione temporale dell'ordine di qualche minuto. Convenzionalmente in Italia la pioggia viene misurata in millimetri (misura indipendente dalla superficie).

#### - Radiazione solare

La radiazione solare globale, espressa in  $W/m^2$ , è ottenuta dalla somma della radiazione solare diretta e della radiazione globale diffusa ricevuta dall'unità di superficie orizzontale.

La radiazione solare verrà misurata tramite un piranometro che è un radiometro per la misura dell'irraggiamento solare secondo la normativa ISO 9060 e WMO N. 8

Questi sensori sono classificati come Standard Secondario ISO9060, con un'incertezza giornaliera totale di solo il 2%, tempi di risposta rapidi, sensori ideali per gli utenti che richiedono accuratezza e affidabilità di alto livello.

### 3.2 Identificazione degli impatti da monitorare

Nella scelta delle aree oggetto dell'indagine si fa riferimento ai diversi livelli di criticità dei singoli parametri, con particolare riferimento a:

- tipologia dei recettori;
- localizzazione dei recettori;
- morfologia del territorio interessato.

Gli impatti sull'atmosfera connessi alla presenza del cantiere per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico sono collegati alle lavorazioni relative alle attività di scavo a sezione obbligatoria e che interessa solo la coltre superficiale del substrato areato in posto, ed alla movimentazione di

piccole porzioni di terreno che serviranno a livellare alcune aree all'interno del sito per creare delle zone omogenee ed uniforme, oltre al transito dei mezzi pesanti e di servizio, che in determinate circostanze, specie durante la fase di cantiere possono causare il sollevamento di polvere (originata dalle suddette attività) oltre a determinare l'emissione di gas di scarico nell'aria.

Per quanto riguarda la fase di cantiere le azioni di lavorazione maggiormente responsabili delle emissioni sono:

- operazioni di scotico delle aree di cantiere;
- movimentazione dei materiali sulla viabilità ordinaria e di cantiere, con particolare riferimento alle attività dei mezzi d'opera nelle aree di stoccaggio;
- formazione della viabilità di servizio ai cantieri.

Dalla realizzazione ed esercizio della viabilità di cantiere derivano altre tipologie di impatti ambientali:

- dispersione e deposizione al suolo di polveri in fase di costruzione;
- dispersione e deposizione al suolo di frazioni del carico di materiali incoerenti trasportati dai mezzi pesanti;
- risollevarimento delle polveri depositate sulle sedi stradali o ai margini delle stesse.

Le maggiori problematiche sono generalmente determinate dal risollevarimento di polveri dalle pavimentazioni stradali dovuto al transito dei mezzi pesanti, dal risollevarimento di polveri dalle superfici sterrate dei piazzali ad opera del vento e da importanti emissioni di polveri localizzate nelle aree di deposito degli inerti.

I punti di monitoraggio vengono individuati considerando come principali bersagli dell'inquinamento atmosferico recettori isolati particolarmente vicini al tracciato stradale e centri abitati o piccole frazioni o eventualmente case sparse disposti in prossimità dello stesso.

In generale si possono individuare 4 possibili tipologie di impatti:

- l'inquinamento dovuto alle lavorazioni in prossimità dei cantieri;
- l'inquinamento prodotto dal traffico dei mezzi di cantiere;
- l'inquinamento dovuto alle lavorazioni effettuate sul fronte avanzamento lavori;
- l'inquinamento prodotto dal traffico veicolare della strada in esercizio.

I punti di monitoraggio possono essere collocati seguendo i criteri sottoelencati:

- verifica della presenza di altri recettori nelle immediate vicinanze in modo da garantire una distribuzione dei siti di monitoraggio omogenea rispetto alla lunghezza del tratto stradale;
- possibilità di posizionamento del mezzo in aree circostanti e rappresentative della zona inizialmente scelta;
- copertura di tutte le aree recettore individuate lungo il tracciato;
- posizionamento in prossimità di recettori ubicati lungo infrastrutture stradali esistenti.

### 3.2.1 Monitoraggio dei parametri microclimatici

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI – POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

Per il monitoraggio dei parametri microclimatici sarà prevista l'installazione di una **Stazione agrometeorologica completa**, completa di sensori per il rilevamento di:

- Radiazione solare globale,
- Anemometro,
- Termo-igrometro,
- Bagnatura fogliare,
- Barometro

La centralina verrà posizionata in prossimità della parte centrale dell'**Area Impianto vedi (Fig. 1 di seguito)**, in modo baricentrica rispetto all'area totale dell'impianto. Dato che i parametri da rilevare non presentano particolari variazioni su brevi distanze, non sarà necessario installare altre unità di rilevamento. La stazione agrometeorologica acquisirà dati giornalieri e questi verranno immagazzinati in un cloud per essere visualizzati da remoto.

I punti di misura dovranno essere collocati ad un'altezza dal suolo significativa affinché i dati rilevati siano rappresentativi delle modifiche determinate dall'impianto sul microclima.

I dati rilevati saranno elaborati, per ogni punto e per ogni parametro, al fine di ottenere l'andamento annuale del valore misurato.

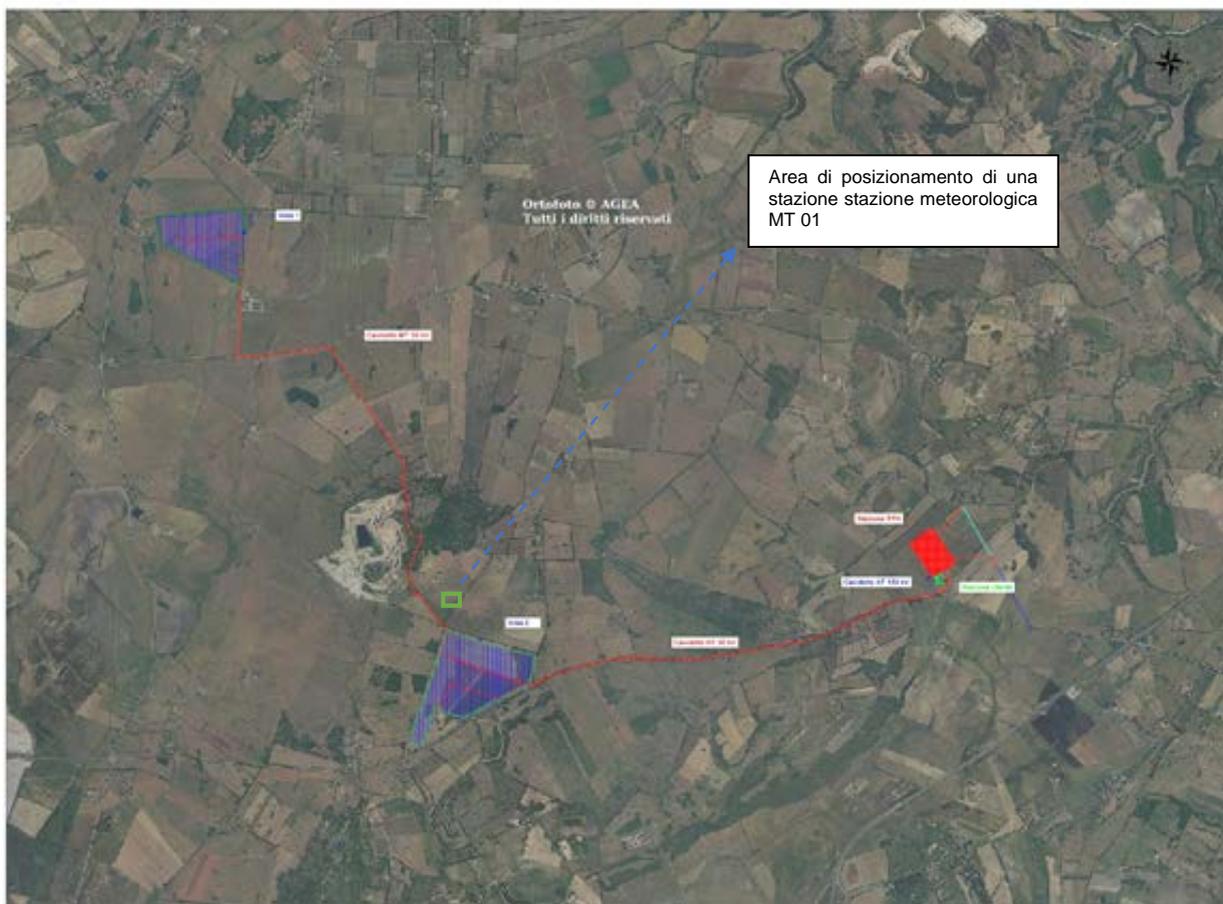


Fig.3 - Area identificata per l'installazione della stazione meteorologica MT 01

#### 4. Suolo

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 fotovoltaico, 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, aree a vegetazione boschiva ed arbustiva, ecc..

##### 4.1 Aspetti metodologici

Considerato l'evolversi delle tecnologie presenti, le scelte in materia di Energia vedasi "pacchetto Clima 2030 l'adozione del Piano denominato PNRR (*Piano Nazionale di ripresa e resilienza*) e il PNIEC (*Piano Nazionale Integrato Energia e Clima*) e le strategie aziendali dei grossi gruppi Energetici è chiaro che per produrre energia necessaria al funzionamento di un paese industrializzato ed abbandonare definitivamente le fonti tradizionali, negli anni ad avvenire i grossi impianti saranno realizzati su terreni agricoli. Il compito delle aziende che saranno chiamate a partecipare a questo processo di conversione energetica deve essere quello di sfruttare al

massimo le tecnologie presenti ma nel contempo quello di preservare il bene più prezioso “Il Suolo Agricolo produttivo”.

Se si guarda al presente la costruzione di un parco Fotovoltaico su Tracker monoassiali oltre ad essere molto innovativo e molto produttivo in termini di energia prodotta limita fortemente, anzi annulla l'utilizzo del cemento per l'installazione dei suoi componenti rendendo di fatto il campo totalmente reversibile a fine ciclo, infatti secondo gli scriventi, un campo fotovoltaico **non consuma suolo**, ma cambia il modo di utilizzarlo.

Come si può evincere dal progetto allegato si è scelto mediante il coinvolgimento di gruppi di lavoro coordinati ad hoc e specializzati nel settore come (*Agronomi – Geologi – Ingegneri, Esperti Ambientali e tecnici specializzati in realizzazioni di impianti di Melograni*) di inserire, in fase di progettazione definitiva un impianto produttivo di Melograni, dimostrando così che è possibile pensare a raggiungere gli obiettivi energetici non sacrificando per nulla i terreni agricoli (*per tutti gli aspetti progettuali si rimandano alle relazioni specialistiche preposte*).

Uno strumento essenziale che si pone a garanzia del territorio e che in maniera univoca può dare le risposte ambientali nei prossimi anni è l'attuazione di tutti i PMA di tutti i progetti presentati, cioè solo monitorando sul campo le scelte progettuali, le tecniche agronomiche utilizzate si può dire se si va nella giusta direzione. Il compito della Pubblica Amministrazione mediante le strutture convenzionate (ARPA ecc..) deve essere quello di controllare i dati e verificare che vengano attuati tutti i protocolli e i controlli necessari al monitoraggio.

L'obiettivo del Piano di monitoraggio deve essere quello di controllare periodicamente l'evoluzione della componente Suolo e cioè quali caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche del suolo verranno alterati, migliorati e eventualmente peggiorati.

Le caratteristiche del suolo che si intendono monitorare in un campo fotovoltaico sono quelle che influiscono sulla stabilità della copertura pedologica, accentuando o mitigando i processi di degradazione che maggiormente minacciano i suoli delle nostre regioni, anche a causa di scelte di agricoltura intensiva dove in pratica non esistono regole che coordinano e diano le linee guida su come mantenere e lavorare i suoli agricoli con tecniche di lavorazione adatta al tipo di terreno ad esempio (esposizione – pendenze e tipo di suolo), infatti nella maggior parte dei casi dei terreni lavorati in maniera tradizionale si assiste a fenomeni quali la diminuzione della sostanza organica, all'erosione, alla compattazione, la perdita di biodiversità.

Nell'adozione del seguente PMA 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.

Facendo riferimento alle “LINEE GUIDA PER IL MONITORAGGIO DEL SUOLO SU SUPERFICI AGRICOLE DESTINATE AD IMPIANTI FOTOVOLTAICI A TERRA” della Regione Piemonte, il protocollo di monitoraggio si attua in due fasi:

1. La prima fase del monitoraggio precede la realizzazione dell’impianto fotovoltaico e consiste nella **caratterizzazione stazionale e pedologica dell’appezzamento**, tramite una scala cartografica di dettaglio, osservazioni in campo e una caratterizzazione del suolo.

2. 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, collaudati in altri parchi fotovoltaici del Piemonte, 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 fotovoltaico, 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.

Per ciascun punto d’indagine, i campioni devono essere prelevati in conformità a quanto previsto nell’allegato 1 del Decreto Ministeriale 13/09/1999, pubblicato in Gazzetta Ufficiale Suppl. Ordin. n° 248 del 21/10/1999.

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 fotovoltaico.

## 4.2 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 (figura 1).

*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

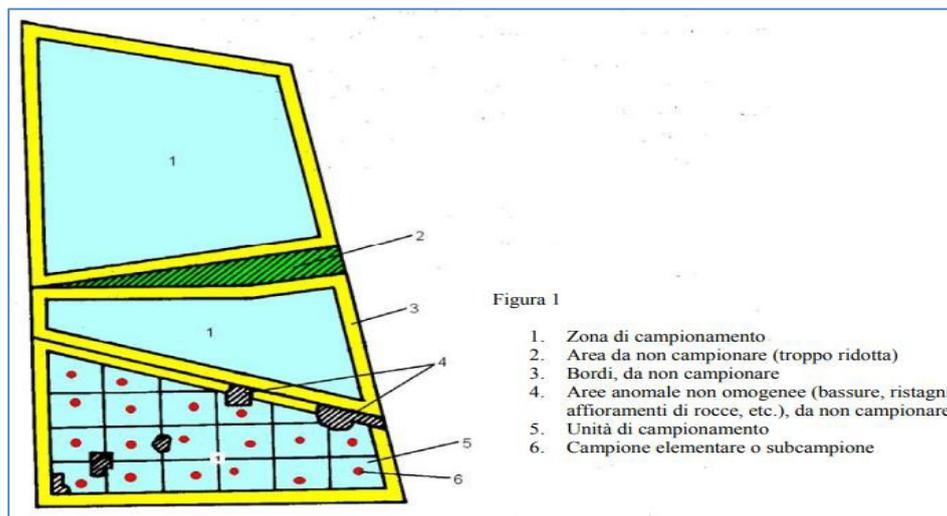


Figura 4 – Esempio e/o schema di zona di campionamento

Fonte "Linee guida per il campionamento dei suoli e per l'elaborazione del piano di concimazione aziendale" Regione Sicilia

## 5. 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"
- nelle "Linee Guida in materia di bonifica dei siti inquinati nella Regione Siciliana" (G.U.R.S. parte prima S.O. – n. 17 del 22/04/2016)

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:

1. I composti da ricercare: Vengono identificati in base alle informazioni
2. 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)
3. 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)
4. 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)

### 5.1 Localizzazione e numero di campionamento.

#### 5.1.1 Localizzazione

Nell'ambito dell'area di progetto, l'individuazione di una porzione omogenea rappresentano 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 proposta dalla Regione Sardegna
- Elaborare carte tematiche (pendenze e dislivelli) mediante la carta DEM (Digital Elevation Model) (già elaborate nel SIA)

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI – POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

- Esecuzione di un sopralluogo per confermare il risultato delle elaborazioni ai punti precedenti.

La figura da 1 rappresenta schematicamente un estratto della Carta di Uso del Suolo CLC 2012, dove sono presenti le aree di progetto e da cui si evince che l'impianto ricade nella categoria **“seminativi semplici in aree non irrigue”**.

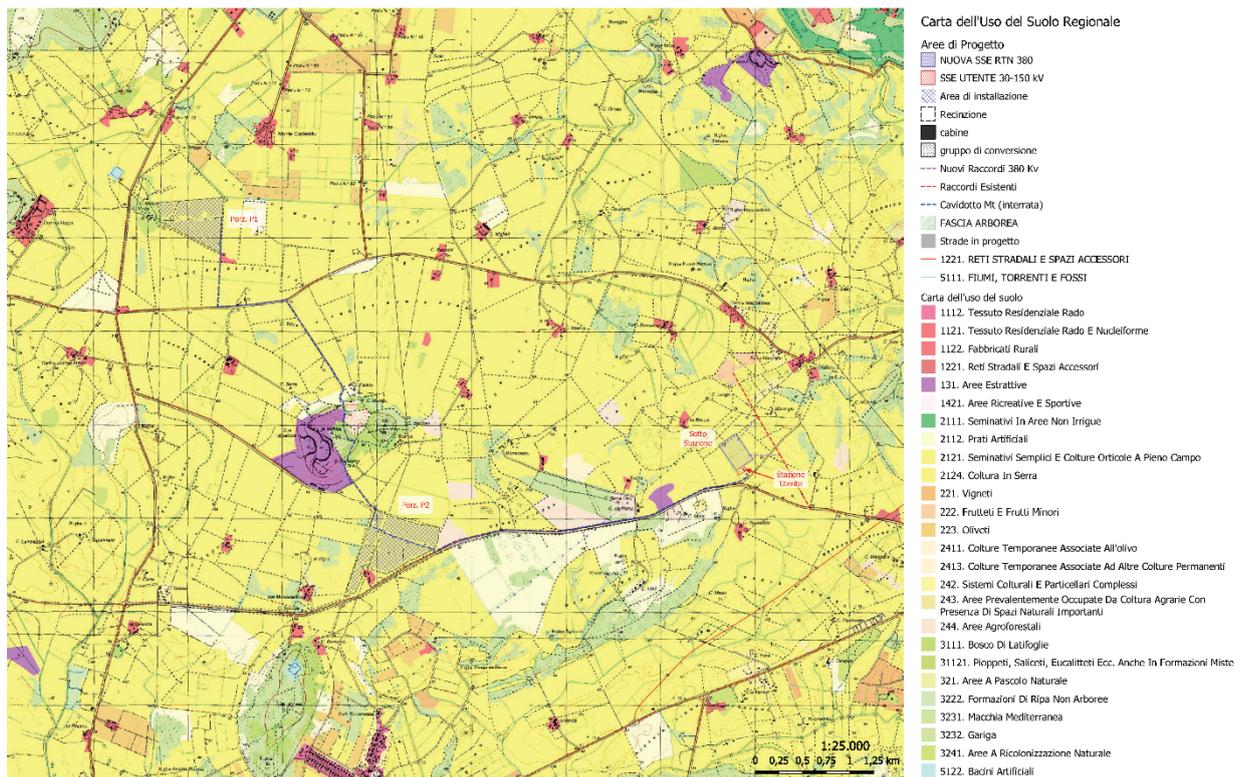
Successivamente, per verificare l'omogeneità dal punto di vista morfologico, è stata sovrapposta la carta DEM all'area di impianto e su cui sono state eseguite le seguenti elaborazioni:

- La carta è stata ritagliata su un'area consona e pertinente all'area di impianto,
- Elaborata e riclassificata utilizzando una scala di valori che in QGis viene definita “Natural Breaks (Jenks)”. Questo algoritmo raggruppa le classi di intervallo in modo da avere una varianza massima tra le singole classi e una minima varianza all'interno di ciascuna classe. L'utilizzo di questo algoritmo rende ben visibile le differenze tra classi.

**Ciò ha permesso di avere con precisione le classi altimetriche all'interno delle aree d'impianto con pendenze che variano per tutto l'areale di impianto in un range compreso tra 0 – 5 % con altimetrie comprese tra i 490 – 494 Fig 4 m.l.s nella fascia Est dell'impianto per passare a quote comprese tra i 495 m ai 515 m.l.s, Fig 3.**

Tale osservazione è stata confermata in campo mediante un rilievo un altimetro.

**Pertanto, si può affermare che le aree per l'installazione dell'impianto sono del tutto omogenee.**



**Fig 5 – Estratto della Carta Uso del suolo CLC 2012**

## 5.2 Identificazione degli impatti da monitorare.

Dopo aver, accuratamente determinato **l'omogeneità**, riferita alle pendenza e alla morfologia e infine anche litologia, che rappresentano le caratteristiche peculiari 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.

## 5.3 Numero di campionamento.

Come esposto nel [par.\*] precedente i punti di campionamento dovranno essere su almeno **due aree distinte dell'appezzamento, uno in posizione ombreggiata al di sotto del pannello fotovoltaico 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, come la Sicilia nelle sue "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.

Anche la Regione Puglia, nel suo Disciplinare di Produzione Integrata – anno 2017 BURP n. 42 (paragrafo 11.3) utilizza lo stesso criterio:

- 2.000 m<sup>2</sup> per le colture orticole;
- 5.000 m<sup>2</sup> per le colture arboree;
- **10.000 m<sup>2</sup> per le colture erbacee**

**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 10 ettari di terreno utilizzato, che complessivamente corrispondono a n°6 campioni, visto che la superficie totale dell'area è pari a circa 60 ha di terreno.**

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI – POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

Per assolvere all'obiettivo di uno in posizione ombreggiata al di sotto del pannello fotovoltaico, l'altro nelle aree di controllo meno disturbate dalla presenza dei pannelli. Si è deciso di arrivare ad un totale di 6 punti di campionamento di cui 3 sotto i pannelli fotovoltaici e 3 esterni come punti di controllo.

L'identificazione dei punti è avvenuta utilizzando le cartografie CTR e DEM, contestualmente utilizzando i layout prodotti sia per il SIA che per la progettazione e sono state seguite le seguenti fasi

1. Sono state eliminate le aree perimetrali di 25 m dal bordo, attraverso la funzione "Buffer interno" all'area di progetto, ottenendo il poligono "Area interna", su cui verranno fatte le elaborazioni,
2. E' stata creata una griglia 25 mt per lato, per un totale di 592 poligoni (Fig.10),
3. Sono stati generati mediante "Creazione punti random" all'interno di ogni poligono dei punti, ottenendone così una moltitudine di punti da campionare
4. In fine sono stati scelti casualmente 6 punti, di cui 3 sotto i moduli e 3 all'esterno dei moduli come punti di controllo ((Fig.8d e Figura 9) con la seguente geolocalizzazione:

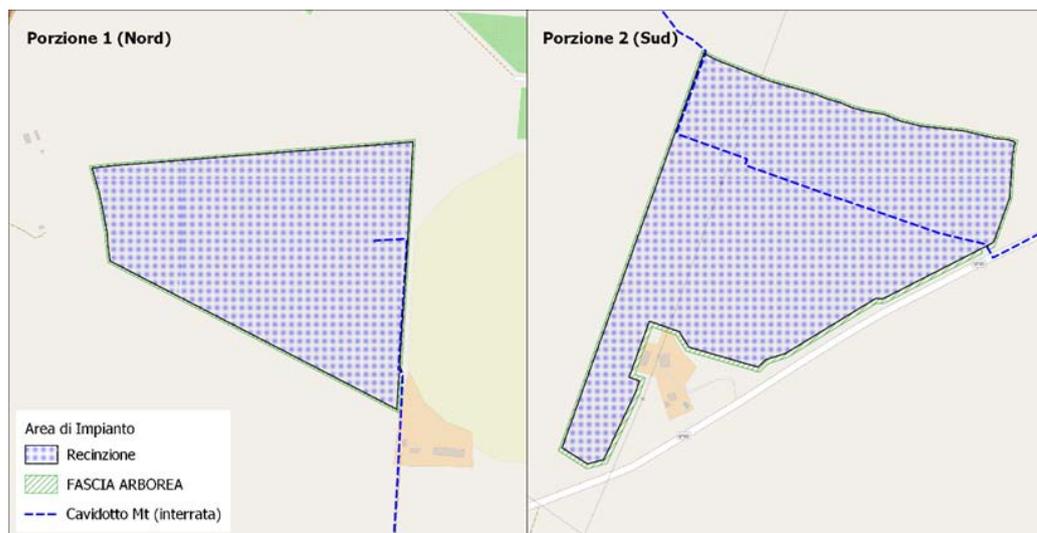
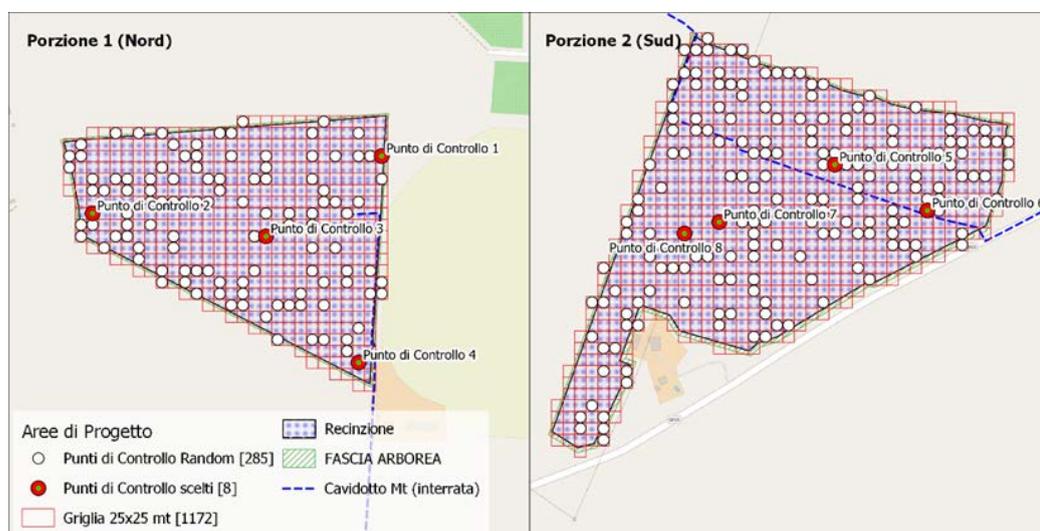


Fig. 6 Area Impianto con bordura di 25 mt



**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI – POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

Fig. 7 Area Impianto con maglie quadrate da 25\*25 mt

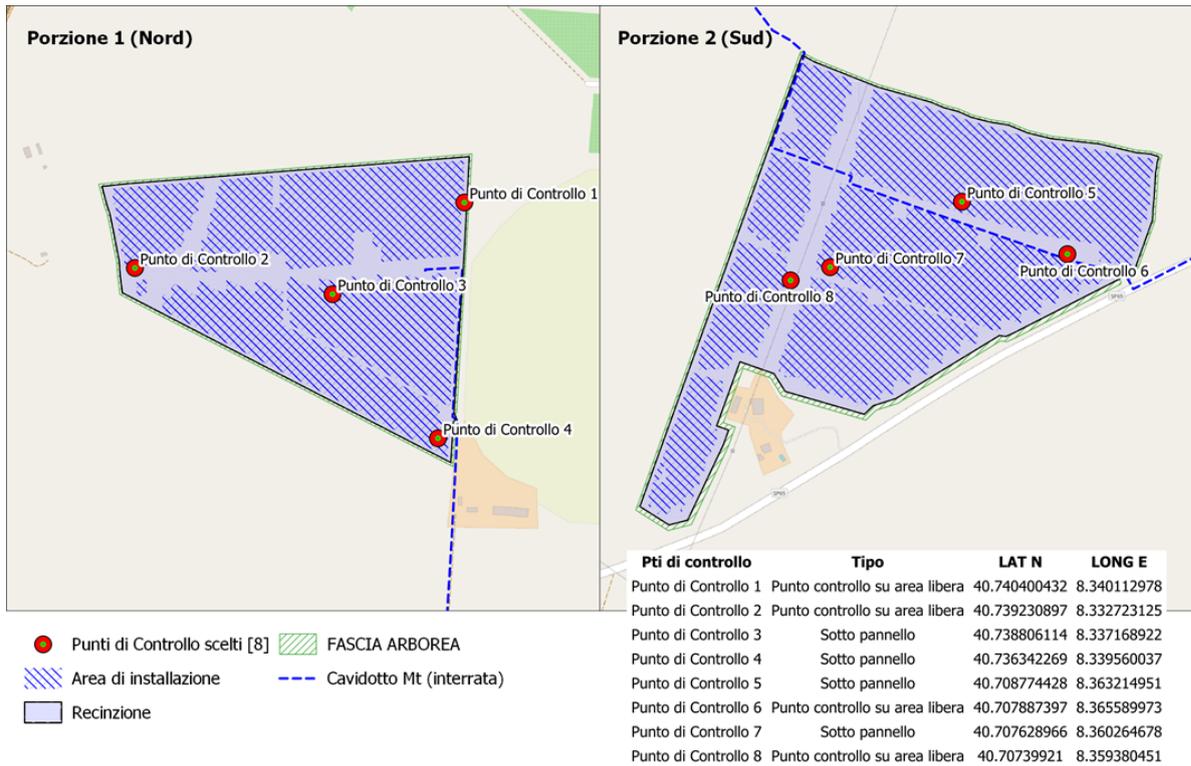


Fig. 8 - Area Impianto con maglie quadrate da 25\*25 e indicazione dei punti da campionare

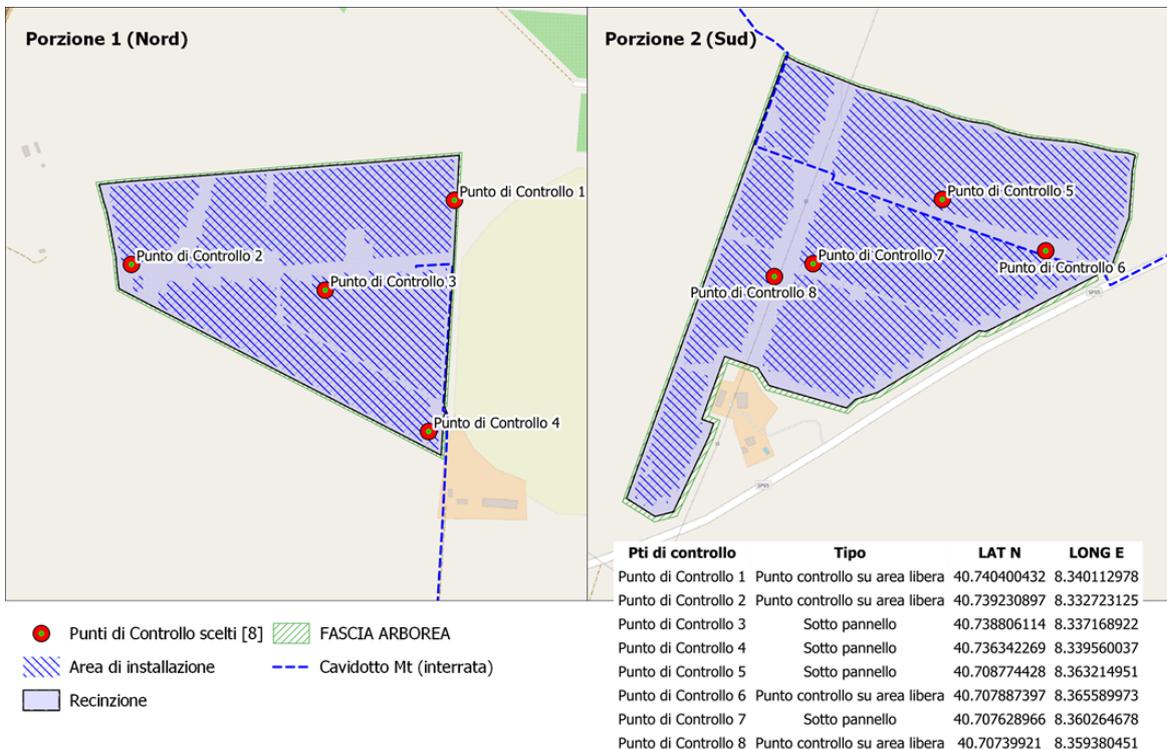


Tabella 1 - Localizzazione punti campionamento

<b>Punto</b>	<b>Coordinate X Latitudine Wgs 84</b>	<b>Coordinate Y Longitudine Wgs 84</b>	<b>Localizzazione</b>
<b>1</b>	40,74040043	8,340112978	Punto controllo su area libera
<b>2</b>	40,7392309	8,332723125	Punto controllo su area libera
<b>3</b>	40,73880611	8,337168922	Sotto pannello
<b>4</b>	40,73634227	8,339560037	Sotto pannello
<b>5</b>	40,70877443	8,363214951	Sotto pannello
<b>6</b>	40,7078874	8,365589973	Punto controllo su area libera
<b>7</b>	40,70762897	8,360264678	Sotto pannello
<b>8</b>	40,70739921	8,359380451	Punto controllo su area libera

#### 5.4 Ripartizione dei campioni elementari.

Il campione rappresentativo di terreno da sottoporre ad analisi (campione globale) viene costituito con il mescolamento di più campioni elementari o subcampioni, tutti prelevati alla stessa profondità e di volume simile. Per essere rappresentativo, il numero dei subcampioni non deve assolutamente essere inferiore a 10. I diversi subcampioni che man mano vengono prelevati, saranno a loro volta trasferiti e amalgamati in modo da avere un campione globale rappresentativo.

#### 5.5 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:

a) 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;

b) nei suoli a prato naturale e a pascolo 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 subcampioni per campione, per un totale di 30 subcampioni.**

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 che dovranno essere impiantati per la costruzione di impianti fotovoltaici.

## 5.6 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 fotovoltaico, 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.

## 5.7 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 prelevamento 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 tre 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 Sicilia.

## 5.8 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:

1. Analisi fisico-chimiche
2. Analisi microbiologiche
3. Analisi sui metalli pesanti

## 5.9 Analisi fisico-chimiche

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

a) **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 (Tabella 2).

b) **analisi di controllo** si effettuano su parametri che potrebbero variare nel tempo, pertanto verranno effettuare 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-chimico 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 tre punti di prelievo che costituiscono il singolo campione.

<b>ANALISI CHIMICO-FISICHE DEL SUOLO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Metodo</b>
Tessitura (sabbia, limo e argilla)	g /kg	D.M 13/09/99 Metodi di analisi chimica del 248
(*) Scheletro	g /kg	
(*) PAS		
(*) pH	Unità pH g/Kg	
Calcare totale	S.S. CaCO <sup>3</sup> g/Kg	
Calcare attivo	S.S. CaCO <sup>3</sup>	
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	
(*) Conducibilità 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 assibimilabili)	mg/Kg	

Tabella 2 – Caratterizzazione fisico-chimica del suolo (ante-operam), mentre i parametri asteriscati saranno analizzati in corso d'opera

## 5.10 Analisi microbiologiche

E' la componente biotica del suolo, responsabile dello svolgimento dei principali processi del suolo, è considerata la più vulnerabile; in letteratura esistono molti indici ecologici che vengono calcolati sulla base della struttura tassonomica della comunità biotica.

Seguendo le indicazioni del MIPAF - Osservatorio Nazionale Pedologico -Analisi Microbiologica del

Suolo - uno dei metodi più immediati per misurare la quantità di biodiversità microbica è la "Carica microbica".

Si considera il numero di microrganismi, appartenenti ad un gruppo fisio-tassonomico generale (batteri filamentosi e non, lieviti, microfunghi, protozoi) oppure ad uno specifico gruppo fisiologico o funzionale (es. batteri aerobi ed anaerobi), presenti in una quantità unitaria di suolo (normalmente in un grammo di peso secco).

## 5.11 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, i valori di concentrazione di alcuni metalli pesanti accertati in suoli coltivati e naturali sono presenti nella tabella 3, mentre in tabella 4 sono riportati i valori limite accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione "commerciale- industriale". Per la loro determinazione verrà utilizzato il metodo IRSA.

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

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

\* 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

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA  
CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI –  
POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

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

*Tabella 4 - valori limite accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione  
"commerciale-industriale"*

## 6. Aspetti metodologici relativi alle Zone Climatiche - Vegetazione – Flora - Fauna

La redazione della presente parte del Piano di Monitoraggio è finalizzata alla verifica della variazione della qualità naturalistica ed ecologica nelle aree direttamente o indirettamente interessate dall'Opera.

Per gli ambiti vegetazionali e floro-faunistici, i principi base del monitoraggio consistono:

- nel caratterizzare lo stato della componente (e di tutti i recettori prescelti) nella fase ante operam con specifico riferimento alla copertura del suolo e allo stato della vegetazione naturale e semi-naturale;
- nel verificare la corretta attuazione delle azioni di salvaguardia e protezione delle componenti;
- nel controllare, nelle fasi di costruzione e post operam, l'evoluzione della vegetazione e degli habitat presenti e predisporre, ove necessario, adeguati interventi correttivi;
- nell'accertamento della corretta applicazione delle misure di mitigazione e compensazione ambientale indicate nel SIA, al fine di intervenire per risolvere eventuali impatti residui;
- nella verifica dello stato evolutivo della vegetazione di nuovo impianto nelle aree soggette a ripristino vegetazionale;
- nella verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione realizzati per diminuire l'impatto sulla componente faunistica.

In particolare, gli accertamenti non saranno finalizzati esclusivamente agli aspetti botanici ma riguarderanno anche i contesti naturalistici ed ecosistemici (in particolare habitat faunistici) entro cui la vegetazione si sviluppa.

### 6.1 Zone Climatiche

Nel mondo le zone climatiche sono classificate secondo diversi metodi; in Italia il metodo più utilizzato è quello dell'ecologo Pavari (e successive integrazioni) la cui classificazione compara il clima al tipo di alberi che allignano spontaneamente. Si parla in questo caso di "Zone fitoclimatiche" associate a "zone geografiche". Per zona fitoclimatica s'intende la distribuzione geografica, associata a parametri climatici, di un'associazione vegetale rappresentativa composta da specie omogenee per quanto riguarda le esigenze climatiche. In altri termini il presupposto su cui si basa la suddivisione del territorio in zone fitoclimatiche è l'analogia fra associazioni vegetali simili dislocate in aree geografiche differenti per altitudine e latitudine, ma simili nel regime termico e pluviometrico.

L'area oggetto di intervento risente di due zone fitoclimatiche, riconducibili al Lauretum freddo e Lauretum caldo. Il Lauretum caldo costituisce la fascia dal livello del mare fino a circa 300 metri di altitudine, sostanzialmente lungo le coste delle regioni meridionali (fino al basso Lazio sul versante tirrenico e fino al Gargano su quello adriatico), incluse Sicilia e Sardegna. Questa zona è botanicamente caratterizzata dalla cosiddetta macchia mediterranea, ed è un habitat del tutto favorevole alla coltivazione degli agrumi. Per Lauretum freddo ci si riferisce ad una fascia intermedia, tra il Lauretum caldo e le zone montuose appenniniche più interne, nelle regioni meridionali già citate; ma questa fascia si spinge anche più a nord lungo le coste della penisola (l'intero Tirreno e il mar Ligure a occidente e spingendosi fino alle Marche sull'Adriatico) interessando il territorio dal livello del mare fino ai 700-800 metri di altitudine sull'Appennino; inoltre si riferisce ad alcune ridotte aree influenzate dal clima dei grandi bacini lacustri prealpini (soprattutto il lago di Garda). Dal punto di vista botanico questa zona è fortemente caratterizzata dalla coltivazione dell'olivo ed è l'habitat tipico del leccio.

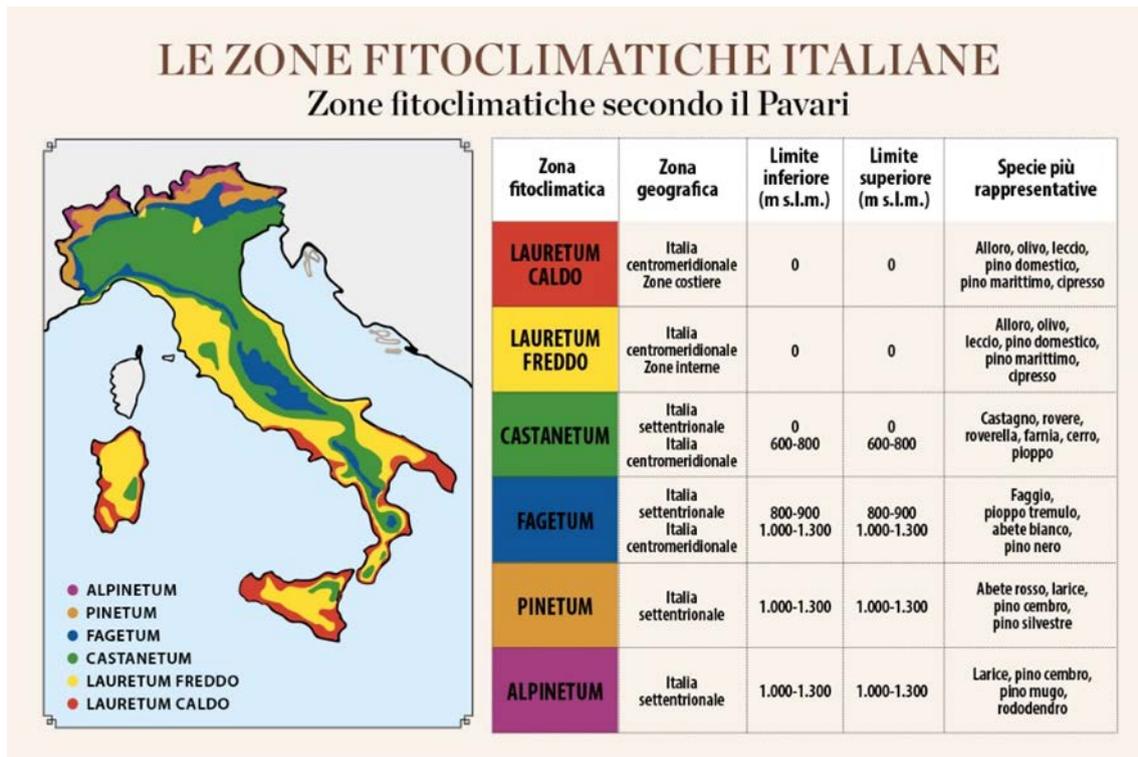


Fig.9 – Mappa delle aree Fitoclimatiche

## 5.2 Flora

Allo stato attuale non si conosce esattamente il numero delle entità che costituiscono la flora sarda e non esiste un elenco floristico aggiornato. L'ultima opera di tale tipo, infatti, risale alla fine del diciannovesimo secolo (Barbey, 1885). In Flora Europaea, Tutin et al. (1964-80) riportano per la Sardegna 1768 taxa, mentre Pignatti (1982) in Flora d'Italia ne annovera 2013. Bocchieri (1986) ne cita 2054 considerando anche i taxa riportati in Ferrarini et al. (1986). Infine, la Check-list della Flora Vascolare Italiana (Conti et al., 2005) attribuisce alla Sardegna una flora composta da 2407 entità. Le 291 entità della flora sarda indicate nella Lista Rossa regionale delle piante d'Italia (Conti et al., 1997) sono così ripartite nelle categorie IUCN: 5 EW, 39 CR, 41 EN, 69 VU, 119 LR, 17 DD e 1 NE. L'elemento corologico dominante è quello stenomediterraneo (29%), seguito dall'euroasiatico (17%) e dall'eurimediterraneo (16%) (Pignatti, 1994). Il contingente endemico è rappresentato, secondo Arrigoni et al. (1977-1991), da 202 entità di cui circa 60 in comune con la Corsica. Recentemente Conti et al. (2005) indicano 243 taxa endemici (pari al 10,1% della Flora Sarda), mentre Bacchetta et al. (2005a) hanno censito per l'Isola 347 endemismi.

L'area oggetto di intervento rientra nel distretto Nurra e Sassarese, distretto che si estende sul settore nordoccidentale della Sardegna. Il distretto, estendendosi per buona parte del sottodistretto biogeografico nurrico (distretto Nord-Occidentale), è caratterizzato da una prevalenza di cenosi forestali a sclerofille, dove le specie arboree principali sono rappresentate dal leccio, sughera, ginepro feniceo e olivastro. Sulla base delle ampie corrispondenze esistenti tra i substrati geolitologici, le caratteristiche floristiche e le serie di vegetazione, è possibile delineare all'interno del Distretto Forestale n. 2 quattro sub-distretti: quello in oggetto è rappresentato dal sub-distretto metamorfico paleozoico dove risulta ampiamente presente la serie sarda, termo-mesomediterranea del leccio. Rappresenta una delle più diffuse nell'Isola e compare anche nelle zone interne in corrispondenza di fondovalle e versanti montani ad

esposizione meridionale, non sempre possibili da cartografare. La fisionomia, la struttura e la caratterizzazione floristica dello stadio maturo fanno capo a micro- mesoboschi climatofili a *Quercus ilex*, con *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*, *J. phoenicea* subsp. *turbinata* e *Olea europaea* var. *sylvestris*. Nello strato arbustivo sono presenti *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus*, *Phillyrea latifolia*, *Erica arborea* e *Arbutus unedo*. *Phillyrea angustifolia*, *Myrtus communis* e *Quercus suber* differenziano gli aspetti più acidofili su graniti e metamorfiti (subass. *phyllireetosum angustifoliae* Bacchetta, Bagella, Biondi, Farris, Filigheddu & Mossa 2004). Consistente la presenza di lianose come *Clematis cirrhosa*, *Prasium majus*, *Smilax aspera*, *Rubia peregrina*, *Lonicera implexa* e *Tamus communis*. Abbondanti le geofite *Arisarum vulgare*, *Cyclamen repandum*, *Asparagus acutifolius*, *Ruscus aculeatus* mentre le emicriptofite sono meno frequenti *Carex distachya*, *Pulicaria odora*, *Asplenium onopteris*

### 6.3 Vegetazione, considerazioni in relazione all'intervento

Quando si progetta un intervento di costruzione di un parco fotovoltaico, la prima componente a cui si fa riferimento è la vegetazione che insiste nell'area. Infatti, nella fase di scelta del sito e di progettazione si cerca in tutti i modi di prestare attenzione alla sottrazione di vegetazione naturale, in particolare verso quegli elementi di pregio naturalistico che andrebbero in contrasto con un'attività di origine antropica. L'effetto potrebbe determinare l'alterazione di popolamenti vegetali in fase di realizzazione dell'opera.

La vegetazione presente nel sito è costituita da uno strato erbaceo coltivato a cereali con presenza di piante autoctone infestanti di natura spontanea. Le aree a seminativo caratterizzano il paesaggio per la quasi totalità e rappresentano il principale tessuto agricolo della zona. Facendo riferimento all'area che sarà interessata dall'intervento, le specie arboree e arbustive risultano per lo più assenti con qualche presenza isolata e sporadica

Le opere di mitigazione previste come la realizzazione di una fascia alberata attorno al parco fotovoltaico consentiranno di ridurre gli impatti dell'opera e migliorare la percezione sia visiva che di areale. Nella fattispecie il mantenimento di tali superfici a verde salvaguarderà, per esempio, la vegetazione spontanea mantenendola ad un livello accettabile. Verranno, pertanto, ricostruiti e, successivamente, preservati, tutti i corridoi ecologici (rappresentati da siepi arbustive autoctone, fasce arboree, ecc...)

### 6.4 Definizione degli indicatori e dei parametri del monitoraggio

Per quanto riguarda la componente vegetazionale un parametro molto importante è quello del livello di antropizzazione comparato alla flora nelle aree di interesse. Tale parametro è basato sul rapporto tra le percentuali dei corotipi (insieme di specie ad areale simile) multizonali e quelli stenomediterranei (appartenenti alla omonima categoria).

Il rapporto "specie sinantropiche (specie parassite indesiderate)/totale specie censite" rappresenta uno degli indici utilizzabili per il confronto dei risultati delle fasi di monitoraggio ed un modo per evidenziare le variazioni nell'ambiente naturale connesse alla realizzazione dell'opera.

Le comunità ornitiche si prestano bene a rappresentare e descrivere la situazione qualitativa ambientale e le sue variazioni nel tempo; infatti, questo gruppo faunistico risponde velocemente agli eventuali cambiamenti degli habitat, grazie alla sua elevata mobilità e sensibilità.

Alcuni parametri e indici che possono essere considerati ed elaborati sono:

- S = ricchezza di specie, numero totale di specie nel biotopo; questo valore è direttamente collegato all'estensione del biotopo campionato ed al suo grado di maturità e complessità (il biotopo è un'area di limitate dimensioni, uno stagno, una torbiera o un altipiano) di un ambiente dove vivono organismi vegetali ed animali di una stessa specie o di specie diverse, che nel loro insieme formano una biocenosi. Biotopo e biocenosi formano un'unità funzionale chiamata ecosistema. Il biotopo è dunque la componente dell'ecosistema caratterizzata da fattori abiotici (non viventi), come terreno o substrato);

- H = indice di diversità calcolato attraverso l'indice Shannon & Wiener (1963) in cui:

$$H = - \sum p_i \ln p_i$$

dove  $p_i$  è la frequenza dell'iesima specie ed  $\ln$  il suo logaritmo naturale; questo indice dà una misura della probabilità di incontrare nel corso del campionamento individui diversi; ad H maggiori corrispondono biotopi più complessi, con un numero maggiore di specie e con abbondanze ben ripartite;

- J = indice di equiripartizione di Lloyd & Ghelardi (1964); l'indice misura il grado di ripartizione delle frequenze delle diverse specie nella comunità; tale indice varia tra 0 e 1; % non-Pass. = percentuale delle specie non appartenenti all'ordine dei Passeriformi; il numero di non-Passeriformi è direttamente correlato, almeno negli ambienti boschivi, al grado di maturità della successione ecologica (Ferry e Frochet, 1970);

- d = dominanza; sono state ritenute dominanti quelle specie che compaiono nella comunità con una frequenza relativa uguale o maggiore di 0,05; le specie dominanti diminuiscono con l'aumentare del grado di complessità e di maturità dei biotopi.

Abbondanza: numero di individui/15' = numero di individui osservati di una determinata specie nell'unità di tempo di 15'; numero di individui/1000 m = numero di individui osservati di una determinata specie in 1000 mt di osservazione.

## 6.5 Principali caratteri della fauna

La fauna della Sardegna è di notevole interesse grazie alla presenza di un cospicuo contingente di endemismi. La fauna vertebrata terrestre autoctona dell'Isola conta circa 370 specie, di cui 41 specie di mammiferi, 18 di rettili, 9 di anfibi e circa 300 specie di uccelli tra stanziali e di passo (senza considerare le specie erratiche o accidentali). L'area in esame attorno al futuro parco fotovoltaico, pur essendo caratterizzata da ambienti privi a occhio nudo di copertura vegetale ospita una ricca diversità faunistica. La presenza di formazioni erbaceo-arbustive, originatesi in seguito alle opere del pascolamento, degli incendi, per abbandono delle pratiche agricole o semplicemente esistenti perché localizzate ai margini delle aree coltivate, hanno rappresentato e rappresentano importanti zone di nidificazione, di alimentazione e di rifugio per molte specie animali.

Nell'area in esame prevale l'effetto sull'ambiente delle attività antropiche che hanno determinato e determinano, seppur in parte, sottrazione delle superfici occupate precedentemente da vegetazione naturale. L'estensione di diverse attività non ha spesso tenuto conto della salvaguardia minima di corridoi ecologici o di zone rifugio quali le siepi che, formate generalmente da vegetazione arborea/arbustiva autoctona e da muretti a secco, costituiscono delle importanti superfici che favoriscono la presenza di diverse specie ed aumentano il livello di biodiversità di una data area. La fauna presente è potenzialmente individuabile sulla base di alcuni macrohabitat

che, tuttavia, non sono esaustivi della fauna presente sul territorio.

La zoocenosi terrestre è rappresentata in particolare da Anfibi e Uccelli; tra questi ultimi si trovano in particolare specie svernanti e di passo. Tra gli Anfibi diverse specie frequentano le zone umide tra cui quelle d'acqua dolce interne. Si ricordano in particolare il Discoglossus sardo (*Discoglossus sardus*), rinvenibile anche in acque salmastre, la Raganella sarda (*Hyla sarda*) e la Rana verde minore (*Rana esculenta*). Tra i Rettili, la Natrice viperina (*Natrix maura*) frequenta le acque salmastre ed interne, così come la Tartaruga d'acqua (*Emys orbicularis*). Tra le specie ornitiche che costituiscono la fauna più numerosa si rilevano tra le svernanti il Tarabuso (*Botaurus stellaris*), la Garzetta (*Egretta garzetta*), l'Airone cenerino (*Ardea cinerea*), l'Airone bianco maggiore (*Egretta alba*), l'Oca selvatica (*Anser anser*), la Valpoca (*Tadorna tadorna*), la Moretta tabaccata (*Aythya nyroca*), l'Albanella reale (*Circus cyaneus*), il Falco pescatore (*Pandion haliaetus*), il Fenicottero rosa (*Phoenicopterus ruber*), il Corriere grosso (*Charadrius hiaticula*), il Beccaccino (*Gallinago gallinago*) e la Pettegola (*Tringa totanus*). Relativamente alle specie nidificanti, si trovano l'Airone rosso (*Ardea purpurea*), il Falco di palude (*Circus aeruginosus*), il Pollo sultano (*Porphyrio porphyrio*) che nidificano lungo i canneti ai bordi degli specchi d'acqua. Il Cavaliere d'Italia (*Himantopus himantopus*), il Gabbiano comune (*Larus ridibundus*), la Sterna comune (*Sterna hirundo*) ed il Fraticello (*Sterna albifrons*) nidificano nelle distese di fango, ai bordi degli specchi d'acqua, negli isolotti sabbiosi e nelle zone di vegetazione cespugliosa ai bordi dell'acqua. Tra i Passeriformi, l'Usignolo di fiume (*Cettia cetti*), la Cisticola (*Cisticola jundicis*), la Cannaiola (*Acrocephalus scirpaceus*) e il Cannareccione (*Acrocephalus arundinaceus*). Tra gli esempi di uccelli meno appariscenti di quelli menzionati in precedenza, e sempre frequentatori dello Stagni di Pilo, la Spatola (*Platalea leucorodia*), molto simile ad una garzetta ma con il becco a mo' di mestolo con cui setaccia l'acqua e la colorata Ghiandaia marina (*Coracias garrulus*). Non mancano in loco uccelli più comuni come la Pantana (*Tringa nebularia*), la Garzetta (*Egretta garzetta*), l'Airone cenerino (*Ardea cinerea*) e il Cavaliere d'Italia (*Himantopus himantopus*) i quali danno spesso e volentieri luogo a delle liti per il territorio che si risolvono in un gran vociare e nella fuga di uno dei contendenti. In autunno arrivano numerose specie di anatidi tra cui Morette (*Aythya fuligola*), Alzavole (*Anas crecca*), Moriglioni (*Aythya ferina*), Germani (*Anas platyrhynchos*), che destano l'interesse di appassionati birdwatchers.

Per ciò che concerne la fauna dei territori interni diverse sono le classificazioni in essere. Nell'ambito del bosco mediterraneo, distribuito in modo frammentario nell'area vasta in esame è presente un interessante popolamento faunistico. Le specie presenti sono legate ad habitat forestali in particolare di avifauna tra cui il Colombaccio (*Columba palumbus*) e la Tortora dal collare orientale (*Streptopelia turtur*), il Torcicollo (*Jynx torquilla*), il Picchio rosso maggiore (*Picoides major*), il Pettiroso (*Erithacus rubecola*), l'Usignolo (*Luscinia megarhynchos*), la Tordella (*Turdus viscivorus*), il Fiorrancino (*Regulus ignicapillus*) e la Ghiandaia (*Garrulus glandarius*) e rapaci diurni come la Poiana (*Buteo buteo*). Tra le specie di Mammiferi si rilevano diversi Chiroterti e tra i Carnivori la Martora (*Martes martes*) ed il Gatto selvatico (*Felis silvestris*) e l'Ungulato Cinghiale (*Sus scrofa*). Nell'ambito della macchia mediterranea, abbastanza diffusa, è presente un popolamento faunistico abbastanza ricco, caratterizzato da diverse specie. Tra gli Anfibi si rilevano il Discoglossus sardo (*Discoglossus sardus*), il Rospo smeraldino (*Bufo viridis*) e la Raganella sarda (*Hyla sarda*) sebbene nel periodo riproduttivo frequentino ambienti umidi. Tra le specie di Rettili la Testugine comune o Tartaruga terrestre (*Testudo hermanni*) e la Testugine marginata (*Testudo marginata*), l'Algiroide nano (*Algyroides fitzingeri*) e la Lucertola sarda (*Podarcis tiliguerta*), il Colgilo (*Chalcides ocellatus*) ed il Biacco (*Coluber viridiflavus*). Tra le specie ornitiche la Tottavilla (*Lullula arborea*) e il Calandro (*Anthus campestris*) nidificano al suolo,

la Magnanina sarda (*Sylvia sarda*), la Magnanina (*Sylvia undata*), la Sterpazzolina (*Sylvia cantillans*), l'Occhiocotto (*Sylvia melanocephala*) e la Capinera (*Sylvia atricapilla*) nidificano a pochi metri dal suolo. Tra le specie di Mammiferi gli Insettivori il Riccio (*Erinaceus europaeus*), il Mustiolo etrusco (*Suncus etruscus*) e la Crocidura rossiccia (*Crocidura russula*), i Lagomorfi la Lepre sarda (*Lepus capensis*) e il Coniglio selvatico (*Oryctolagus cuniculus*), tra i Roditori il Topo quercino (*Elyomis quercinus*) e il Topo selvatico (*Apodemus sylvaticus*) e il Cinghiale (*Sus scrofa*). Per quanto riguarda la fauna dei prati e dei pascoli, tale ambiente è frequentato da Rettili quali la Lucertola campestre (*Podarcis sicula*), il Gongilo (*Chalcides ocellatus*) e la Luscengola (*Chalcides chalcides*). Tra le specie ornitiche rilevate si segnala la presenza della Pernice sarda (*Alectoris barbara*), della Quaglia (*Coturnix coturnix*), della Gallina prataiola (*Tetrax tetrax*), dell'Occhione (*Burhinus oedicephalus*), della Calandra (*Melanocorypha calandra*), della Calandrella (*Calandrella brachydactyla*) e dell'Allodola (*Alauda arvensis*). In merito al popolamento faunistico che caratterizza le colture erbacee c'è da dire che questo risulta essere piuttosto monotono anche se con specie interessanti la cui presenza è condizionata dalle attività antropiche. Tra i Rettili si rilevano la Testuggine comune e la Tartaruga marginata. Le specie ornitiche sono le più numerose tra cui la Quaglia, la Pernice sarda, la Gallina prataiola e l'Occhione. Alcune specie sono legate alla presenza di manufatti umani in cui nidificano; si rilevano il Barbagliani (*Tyto alba*), la Rondine comune (*Hirundo rustica*) e il Balestruccio (*Delichon urbica*), la Calandrella, la Calandra e l'Allodola. Tra i Mammiferi i Lagomorfi la Lepre sarda e il Coniglio selvatico.

Il popolamento faunistico del territorio urbanizzato risulta povero e influenzato dalle attività umane. Tra i Rettili si rilevano Tarantola muraiola e l'Emidattilo (*Hemidactylus turcicus*); tra le specie ornitiche il Rondone (*Apus apus*) ed il Rondone pallido (*Apus pallidus*) nidificano sotto le tegole o le grondaie, il Merlo (*Turdus merula*) e la Capinera colonizzano le aree con un po' di vegetazione. Tra i Mammiferi si rilevano alcune specie di Roditori, tra cui il Ratto nero (*Rattus rattus*) e il Ratto delle chiaviche (*Rattus norvegicus*), legati agli ambienti più degradati, e Chiroterri antropofili come il Pipistrello albolimbato (*Pipistrellus kuhlii*) e il Pipistrello nano (*Pipistrellus pipistrellus*).

In generale si può ritenere che il contesto ambientale in cui si propone l'istallazione dell'impianto di produzione di energia solare sia evidentemente condizionato dalla presenza di diverse attività umane sviluppatasi al contorno, che hanno portato nel tempo la riduzione di specie faunistiche. Il microhabitat presente è quello della fauna mediterranea e pertanto è potenzialmente presente la fauna tipica di tale contesto limitatamente alle specie che mostrano una maggiore adattabilità al contesto in cui si opera.

Come specificato nelle tavole di progetto e nella relazione agronomica, considerata la realizzazione della recinzione metallica perimetrale, saranno previste delle aperture sotto la recinzione, ad intervalli continui e regolari, che consentano il passaggio della fauna locale da tutti i punti del parco fotovoltaico. Inoltre, le diverse aree a verde realizzate a corredo dell'opera:

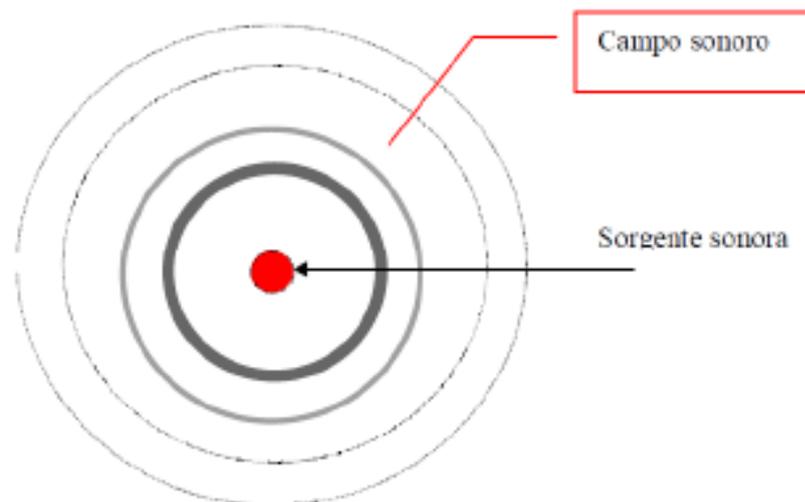
- ridurranno l'effetto rifrazione della luce e conseguentemente minimizzeranno i fastidi per la fauna;
- creeranno ex-novo dei microambienti dove la fauna, di vario genere, potrà avere la possibilità di svilupparsi (riappropriandosi di zone che prima risultavano incolte);
- determineranno la creazione di nuovi e ampi corridoi ecologici dove la fauna potrà proliferare in piena libertà.

## 7. Rumore

Da un punto di vista fisico per suono in un certo punto dello spazio si intende una rapida variazione di pressione (compressione e rarefazione) intorno al valore assunto dalla pressione atmosferica in quel punto. Si definisce sorgente sonora qualsiasi dispositivo, apparecchio ecc. che provochi direttamente o indirettamente (ad esempio per percussione) dette variazioni di pressione: in natura le sorgenti sonore sono quindi praticamente infinite.

Affinché il suono si propaghi occorre poi che il mezzo che circonda la sorgente sia dotato di elasticità. La porzione di spazio interessata da tali variazioni di pressione è definita campo sonoro.

Si può esemplificare che la generazione del suono avvenga mediante una sfera pulsante in un mezzo elastico come l'aria; le pulsazioni provocano delle variazioni di pressione intorno al valore della pressione atmosferica che si propagano nello spazio circostante a velocità finita come onde sferiche progressive nell'aria stessa (vedi figura seguente), similmente a quanto si osserva gettando un sasso in uno stagno: le varie particelle del mezzo entrano in vibrazione propagando la perturbazione alle particelle vicine e così via fino alla cessazione del fenomeno perturbatorio.



Qualora le oscillazioni sonore abbiano una frequenza (numero di cicli in un secondo) compresa all'incirca tra 20 e 20.000 Hz (campo di udibilità) ed una ampiezza, ovvero contenuto energetico, superiore ad una certa entità minima di pressione pari a  $2 \times 10^{-5}$  Pa, definita soglia di udibilità, (inferiore di circa 5 miliardi di volte alla pressione atmosferica standard di 1013 mbar), queste sono allora udibili dall'orecchio umano e possono talora suscitare sensazioni avvertite come fastidiose o sgradevoli, cui attribuiamo genericamente la denominazione di "rumore", anziché di suono.

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale della componente "Rumore" è redatto allo scopo di caratterizzare, dal punto di vista acustico, l'ambito territoriale interessato dall'opera progettata. Il monitoraggio di tale componente ambientale deve essere articolato nelle tre fasi di:

- ante-operam;
- corso d'opera;
- post-operam.

Ha lo scopo di esaminare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente a seguito della costruzione dell'opera, risalendo alle loro cause. Ciò per determinare se tali variazioni sono

***REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI – POTENZA PARI A 46,175 MWdc)***

imputabili all'opera in costruzione o realizzata e per ricercare i correttivi che meglio possano ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni compatibili con la situazione ambientale preesistente. Il monitoraggio dello stato ambientale, eseguito prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera consentirà di:

- verificare l'effettivo manifestarsi delle previsioni d'impatto;
- verificare l'efficacia dei sistemi di mitigazione posti in essere;
- garantire la gestione delle problematiche ambientali che possono manifestarsi nelle fasi di costruzione e di esercizio dell'infrastruttura stradale;
- rilevare tempestivamente emergenze ambientali impreviste per potere intervenire con adeguati provvedimenti.

Nell'ambito di tali fasi operative si procederà, rispettivamente, alla rilevazione dei livelli sonori attuali (assunti come "punto zero" di riferimento), alla misurazione del clima acustico nella fase di realizzazione dell'opera e delle attività di cantiere e alla rilevazione dei livelli sonori nella fase post-operam.

In particolare, il monitoraggio della fase ante-operam è finalizzato ai seguenti obiettivi:

- testimoniare lo stato dei luoghi e le caratteristiche dell'ambiente naturale ed antropico esistenti precedentemente all'apertura dei cantieri ed all'esercizio dell'infrastruttura di progetto;
- quantificare un adeguato scenario di indicatori ambientali tali da rappresentare, per le posizioni più significative, la "situazione di zero" a cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione e dall'esercizio dell'opera;
- consentire un agevole valutazione degli accertamenti effettuati, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali ed orientare opportunamente gli eventuali interventi di mitigazione previsti nel progetto acustico.

Le finalità del monitoraggio della fase di corso d'opera sono le seguenti:

- documentare l'eventuale alterazione dei livelli sonori rilevati nello stato ante-operam dovuta allo svolgimento delle fasi di realizzazione dell'infrastruttura di progetto;
- individuare eventuali situazioni critiche che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere delle modifiche alla gestione delle attività delle cantiere e/o al fine di realizzare degli adeguati interventi di mitigazione, di tipo temporaneo

Il monitoraggio della fase post-operam è finalizzato ai seguenti aspetti:

- confronto degli indicatori definiti nello "stato di zero" con quanto rilevato in corso di esercizio dell'opera e con quanto rilevato nella fase di esercizio dell'impianto;
  - controllo ed efficacia degli eventuali interventi di mitigazione realizzati (collaudo, ecc.).
- L'individuazione dei punti di misura deve essere effettuata in conformità a criteri legati alle caratteristiche territoriali dell'ambito di studio, alle tipologie costruttive previste per l'opera di cui si tratta, alle caratteristiche dei recettori individuati nelle attività di censimento, oltre che a quanto prescritto dalla normativa vigente (L. 447/95, DM 16/03/98 e s.m.i.).

## 7.1 Criteri metodologici adottati

Deve essere rilevato sia il rumore emesso direttamente dai cantieri operativi e dal fronte di avanzamento lavori, che il rumore indotto, sulla viabilità esistente, dal traffico dovuto allo svolgimento delle attività di cantiere.

Deve essere effettuata una valutazione preventiva dei luoghi e dei momenti caratterizzati da un rischio di impatto particolarmente elevato (intollerabile cioè per entità e/o durata) nei riguardi dei recettori presenti, che consenta di individuare i punti maggiormente significativi in corrispondenza dei quali realizzare il monitoraggio.

La campagna di monitoraggio consentirà inoltre di verificare che sia garantito il rispetto dei limiti previsti dalle normative vigenti nazionali e comunitarie; a tale proposito, infatti, le norme per il controllo dell'inquinamento prevedono sia i limiti del rumore prodotto dalle attrezzature sia i valori massimi del livello sonoro ai confini delle aree di cantiere e presso i recettori o punti sensibili individuati.

Per quanto concerne, invece, il monitoraggio del rumore indotto dal traffico dei mezzi di cantiere, le rilevazioni previste hanno allo scopo di controllare la rumorosità del traffico indotto dalle attività di costruzione. I punti di misura vanno previsti principalmente nei centri abitati attraversati dai mezzi di cantiere ed in corrispondenza dei recettori limitrofi all'area di cantiere

## 7.1 Definizione degli indicatori e dei parametri del monitoraggio

La campagna di monitoraggio acustico ha lo scopo di definire i livelli sonori relativi alla situazione attuale, di verificare gli incrementi indotti dalla realizzazione dell'infrastruttura di progetto (corso d'opera) rispetto all'ante - operam (assunta come "punto zero" di riferimento) e gli eventuali incrementi indotti nella fase post-operam.

Nel corso delle campagne di monitoraggio nelle 3 fasi temporali devono essere rilevate le seguenti categorie di parametri:

- parametri acustici;
- parametri meteorologici;
- parametri di inquadramento territoriale.

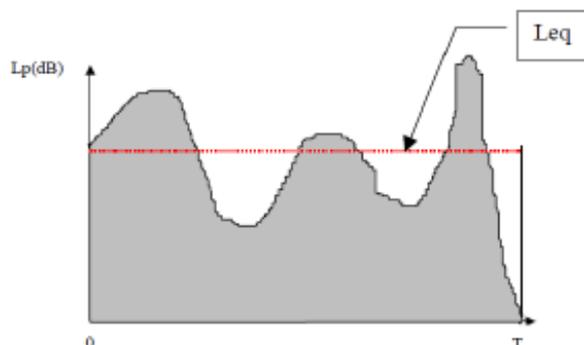
Tali dati vanno raccolti in schede riepilogative per ciascuna zona acustica di indagine con le modalità che verranno di seguito indicate.

## 7.2 Parametri acustici

Generalmente le grandezze acustiche variano con il tempo, in relazione alle caratteristiche della sorgente sonora; volendo quindi rappresentare un evento sonoro comunque variabile nel tempo T di integrazione con un unico valore del livello sonoro è stato definito il Livello continuo equivalente di pressione sonora  $L_{eq}$ :

$$L_{eq} = 10 \lg [1/T \int_0^T p^2(t) / p_0^2 dt] \text{ (dB)}$$

Esso rappresenta pertanto un rumore comunque fluttuante mediante il livello di un rumore uniforme avente il medesimo contenuto energetico del rumore fluttuante:



Per valutare l'effetto di disturbo che il rumore provoca sugli individui sono state elaborate altre grandezze e tra queste quella di maggiore diffusione, soprattutto per la praticità di misurazione mediante un semplice fonometro, è quella del livello sonoro in dB (A).

Il livello di pressione sonora LP(A) in dB (A) è la grandezza psicoacustica base per esprimere le risposte soggettive degli individui ai rumori.

Infatti da numerosi studi è emersa la conferma che i livelli sonori ottenuti con un fonometro utilizzando un criterio di pesatura "A" esprimono con molta buona approssimazione l'effetto simultaneo di suono e di disturbo di rumori qualunque sia il loro livello di pressione sonora: tale criterio consiste nella correzione dei livelli energetici in funzione della sensibilità dell'orecchio alle varie frequenze.

Per quanto riguarda i Descrittori Acustici, i parametri da rilevare sono:

- Livello equivalente (Leq) ponderato "A" espresso in decibel
- Livelli statistici L1, L10, L50, L90, L99 che rappresentano i livelli sonori superati per l'1, il 10, il 50, il 95 e il 99% del tempo di rilevamento. Essi rappresentano la rumorosità di picco (L1), di cresta (L10), media (L50) e di fondo (L90 e, maggiormente, L99).

### 7.3 Parametri Meteorologici

Nel corso della campagna di monitoraggio possono essere rilevati i seguenti parametri meteorologici:

- temperatura;
- velocità e direzione del vento;
- presenza/assenza di precipitazioni atmosferiche;
- umidità.

Le misurazioni di tali parametri saranno effettuate allo scopo di determinare le principali condizioni climatiche e di verificare il rispetto delle prescrizioni che sottolineano di non effettuare rilevazioni fonometriche nelle seguenti condizioni meteorologiche:

- velocità del vento > 5 m/s;
- temperatura dell'aria < 5°C,
- presenza di pioggia e di neve.

### 7.4 Parametri di inquadramento territoriale

Nell'ambito del monitoraggio è prevista l'individuazione di una serie di parametri che consentono di indicare l'esatta localizzazione sul territorio delle aree di studio e dei relativi punti di misura.

In corrispondenza di ciascun punto di misura saranno riportate le seguenti indicazioni:

- Ubicazione precisa dei recettori;
- Comune con relativo codice ISTAT; Stralcio planimetrico in scala adeguata;
- Zonizzazione acustica da DPCM 1/3/91 o da DPCM 14/11/1997 (quest'ultima se già disponibile);
- Presenza di altre sorgenti sonore presenti, non riconducibili all'opera in progetto;
- Caratterizzazione acustica delle sorgenti sonore individuate, riportando ad esempio le tipologie di traffico stradale presente sulle arterie viarie, etc.;
- Riferimenti della documentazione fotografica a terra;
- Descrizione delle principali caratteristiche del territorio;
- Copertura vegetale, tipologia dell'edificato.

Allo scopo di consentire il riconoscimento ed il riallestimento dei punti di misura nelle diverse fasi temporali in cui si articola il programma di monitoraggio, durante la realizzazione delle

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI – POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

misurazioni fonometriche saranno effettuate delle riprese fotografiche, che permetteranno una immediata individuazione e localizzazione delle postazioni di rilevamento.

Criteria temporali di campionamento

Tipo misura	Descrizione	Durata	Parametri	Fasi		
				A.O.	C.O.	P.O.
				Frequenza		
<b>TV</b>	Rilevamento di rumore indotto da traffico veicolare	Una settimana	Leq Settimanale – Leq Diurno Leq Notturno	Una volta	-	Una volta
<b>LF</b>	Rilevamento di rumore indotto dalle lavorazioni effettuate sul fronte di avanzamento lavori	24 h	Leq 24 ore - Leq Diurno Leq Notturno	Una volta	Una volta	-
<b>LC</b>	Rilevamento del rumore indotto dalle lavorazioni effettuate all'interno delle aree di cantiere	24 h	Leq 24 ore - Leq Diurno Leq Notturno	Una volta	Semestrale.	-
<b>LM</b>	Rilevamento di rumore indotto dal traffico dei mezzi di cantiere	Una settimana	Leq Settimanale – Leq Diurno Leq Notturno	Una volta	Semestrale	-

## 7.5 Identificazione dei punti di monitoraggio

I punti sensibili individuati sono riportati con indicatori triangolari di colore Giallo nella planimetria seguente. Le posizioni dei punti di misura potranno subire variazioni durante lo svolgimento delle misure in funzione delle condizioni reperite in sito, al fine di caratterizzare acusticamente al meglio l'area di interesse



Fig.9 – Ortofoto con ubicazione dei punti di misura del rumore

## 8. Vibrazioni

Per una data opera inserita in un determinato contesto territoriale, la causa di immissione di fenomeni vibranti all'interno di edifici presenti nelle zone limitrofe dell'opera, è rappresentata dai macchinari utilizzati nelle lavorazioni durante le fasi di costruzione, mentre, in fase di esercizio dell'opera, è attribuibile a macchinari eventualmente impiegati durante attività lavorative proprie di processi produttivi.

Il monitoraggio ambientale della componente "Vibrazioni" viene effettuato allo scopo di verificare che i ricettori interessati dalla realizzazione dell'infrastruttura siano soggetti ad una sismicità in linea con le previsioni progettuali e con gli standard di riferimento. Le attività di monitoraggio permetteranno di rilevare e segnalare eventuali criticità in modo da poter intervenire in maniera idonea al fine di ridurre al minimo possibile l'impatto sui recettori interessati.

Il progetto di monitoraggio ambientale si occuperà di conseguenza di:

- individuare gli standard normativi da seguire;
- individuare gli edifici da sottoporre a monitoraggio;
- individuare le tipologie di misura da effettuare;
- definire la tempistica in cui eseguire le misure;
- individuare i parametri da acquisire;
- individuare le caratteristiche tecniche della strumentazione da utilizzare.

### 8.1 Criteri metodologici adottati

Il monitoraggio ambientale della componente Vibrazioni consiste in una campagna di misure atte a rilevare la presenza di moti vibratorii all'interno di edifici e a verificarne gli effetti sulla popolazione e sugli edifici stessi. Per quanto concerne gli effetti sulla popolazione, le verifiche riguardano esclusivamente gli effetti di "annoyance", ovvero gli effetti di fastidio indotti dalle vibrazioni percettibili dagli esseri umani.

Tali effetti dipendono in misura variabile dall'intensità, dal campo di frequenza delle vibrazioni, dalla numerosità degli eventi e dal contesto abitativo nel quale gli stessi eventi si manifestano (ambiente residenziale, fabbrica, etc.). Tale disturbo non ha un organo bersaglio, ma è esteso all'intero corpo e può essere ricondotto ad un generico fastidio all'insorgenza di ogni vibrazione percettibile. Le norme di riferimento per questo tipo di disturbo sono la ISO 2631 e la UNI 9614 che indicano nell'accelerazione del moto vibratorio, il parametro fisico che può caratterizzare le vibrazioni ai fini della valutazione del disturbo indotto sulle persone.

Per quanto riguarda gli effetti sulle strutture, in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, possono osservarsi danni strutturali ad edifici e/o strutture. È da notare, però, che tali livelli sono più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, i cui livelli sono riportati nelle norme ISO 2631 e UNI 9614. In definitiva, soddisfatto l'obiettivo di garantire livelli di vibrazione accettabili per le persone, risulta automaticamente realizzata l'esigenza di evitare danni strutturali agli edifici, almeno per quanto concerne le abitazioni civili.

Come unica eccezione sono da annoverare le vibrazioni che incidono su monumenti e beni artistici di notevole importanza storico-monumentale, i quali devono essere trattati come punti singoli con studi e valutazioni mirate.

Ne consegue che all'interno dei normali edifici non saranno eseguite misure finalizzate al danno delle strutture ma solo quelle relative al disturbo delle persone. Il riscontro di livelli di vibrazione che recano disturbo alle persone sarà condizione sufficiente affinché si intervenga nei tempi e nei modi opportuni per ridurre i livelli d'impatto.

## 8.2 Identificazione degli Impatti da Monitorare

Si procederà inizialmente alla rilevazione degli attuali livelli di vibrazione, che sono assunti come "punto zero" di riferimento e poi alla misurazione dei livelli vibrazionali determinati durante le fasi di realizzazione dell'opera. Il monitoraggio della fase ante-operam è finalizzato a testimoniare lo stato attuale dei luoghi in relazione alla sismicità indotta dalla pluralità delle sorgenti presenti (traffico veicolare, etc) prima dell'apertura dei cantieri.

Tale monitoraggio viene previsto allo scopo di:

- rilevare i livelli vibrazionali dovuti alle lavorazioni effettuate nella fase di realizzazione dell'opera progettata;
- individuare eventuali situazioni critiche (superamento dei limiti normativi) che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere modifiche alla gestione delle attività di cantiere e/o di adeguare la conduzione dei lavori.

Per le rilevazioni in corso d'opera si deve tenere conto del fatto che le sorgenti di vibrazione possono essere numerose e realizzare sinergie d'emissione e esaltazioni del fenomeno se s'interessano le frequenze di risonanza delle strutture degli edifici monitorati.

## 8.3 Definizione degli indicatori e dei parametri del monitoraggio

Esistono norme di riferimento internazionali per la definizione dei parametri da monitorare: esse sono la ISO 2631 e la UNI 9614, che indicano nell'accelerazione del moto vibratorio il parametro fisico che può caratterizzare le vibrazioni ai fini della valutazione del disturbo indotto sulle persone. Poiché l'accelerazione è una grandezza vettoriale, la descrizione completa del fenomeno vibratorio deve essere effettuata misurando la variabilità temporale della grandezza in tre direzioni mutuamente ortogonali. Un altro parametro assai importante da quantificare ai fini del disturbo alle persone è il contenuto in frequenza dell'oscillazione dei punti materiali. Per quanto riguarda l'organismo umano, è noto che esso percepisce in maniera più marcata fenomeni vibratorii caratterizzati da basse frequenze (1-16 Hz) mentre, per frequenze più elevate la percezione diminuisce. Il campo di frequenze d'interesse è quello compreso tra 1 e 80 Hz. Questo è quanto si evince dalla norma ISO 2631, che riporta i risultati di studi effettuati sottoponendo l'organismo umano a vibrazioni pure (ossia monofrequenza) di frequenza diversa.

Nel caso di vibrazioni multifrequenza, ossia composte dalla sovrapposizione di armoniche di diversa frequenza, del tipo di quelle indotte da lavorazioni, per la definizione di indicatori di tipo psico-fisico, legati alla capacità percettiva dell'uomo, occorre definire un parametro globale, poiché la risposta dell'organismo umano alle vibrazioni dipende oltre che dalla loro intensità anche dalla loro frequenza, Tale parametro globale, definito dalla UNI 9614 (che recepisce la ISO 2631), è l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza  $a_w$ , che risulta essere il valore efficace (r.m.s.) dell'accelerogramma misurato adottando degli opportuni filtri che rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo.

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI – POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

$$a_w = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{0.5}$$

Nella formula precedente T è il tempo di durata della misura e a (t) w è l'accelerogramma misurato adottando i filtri di pesatura riportati nella stessa norma. A tal proposito, poiché non risulta noto a priori se l'individuo soggetto al fenomeno vibratorio risulta sdraiato, seduto o in piedi, bisognerà utilizzare la curva di pesatura per "postura non nota o variabile" (UNI 9614 Prospetto I). Pertanto, è consigliabile esprimere il valore dell'accelerazione in dB secondo la seguente relazione:

$$L_w = 20 \log \left( \frac{a_w}{a_0} \right)$$

in cui  $a_0$  è l'accelerazione di riferimento pari a  $10^{-6} \text{ m/s}^2$ .

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	$\text{m/s}^2$	dB
Aree critiche	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni notte	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77
Abitazioni giorno	$10,0 \cdot 10^{-3}$	80
Uffici	$20,0 \cdot 10^{-3}$	86
Fabbriche	$40,0 \cdot 10^{-3}$	92

**Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per gli assi X e Y (Prospetto III - UNI 9614)**

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	$\text{m/s}^2$	dB
Aree critiche	$3,6 \cdot 10^{-3}$	71
Abitazioni notte	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni giorno	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77
Uffici	$14,4 \cdot 10^{-3}$	83
Fabbriche	$28,8 \cdot 10^{-3}$	89

I valori sopra riportati sono riferiti a vibrazioni di livello costante con periodi di riferimento diurni compresi tra le ore 7:00 e le ore 22:00 e viceversa notturni tra le 22:00 e le 7:00. È da precisare che la UNI 9614 definisce una vibrazione di livello costante quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante costante di tempo "slow" (1 s), varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB.

Nel caso di vibrazioni di livello non costante (quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante costante di tempo "slow" (1 s), varia nel tempo in

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA CONVERSIONE SOLARE FOTOVOLTAICA E OPERE DI CONNESSIONE SITO IN SASSARI – POTENZA PARI A 46,175 MWdc)**

un intervallo di ampiezza maggiore a 5 dB), il parametro fisico da misurare è l'accelerazione equivalente  $a_{w-eq}$  o il corrispondente livello definiti come segue:

$$a_{w-eq} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{0.5}$$

$$L_{w-eq} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \left[ \frac{a_w(t)}{a_0} \right]^2 dt \right]$$

dove T è la durata del rilievo in secondi.

Per quanto attiene ai valori limite si considerano ancora quelli esposti nelle tabelle precedenti. La norma UNI 9614 definisce le vibrazioni impulsive quando sono generate da eventi di breve durata costituiti da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.

Per tale tipologia di vibrazioni, se il numero di eventi giornalieri N è non maggiore di 3, il valore dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza va confrontato con i limiti riportati nella seguente tabella, (Prospetto V - UNI 9614):

Destinazione d'uso	Asse Z		Asse X e Y	
	m/s <sup>2</sup>	dB	m/s <sup>2</sup>	dB
Aree critiche	5 10 <sup>-3</sup>	74	3,6 10 <sup>-3</sup>	71
Abitazioni notte	7 10 <sup>-3</sup>	76	5,0 10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni giorno	0.3	109	0.22	106
Uffici	0.64	116	0.46	113
Fabbriche	0.64	116	0.46	113

Nel caso in cui il numero di impulsi giornaliero N sia maggiore di 3, i limiti della precedente tabella, relativamente alle "Abitazioni giorno", alle "Fabbriche" e agli "Uffici" vanno diminuiti in base al numero di eventi e alla loro durata.

Nessuna riduzione è prevista per le "Aree critiche" e per le "Abitazioni notte".

I nuovi limiti si ottengono dai precedenti (valori in m/s<sup>2</sup>) moltiplicandoli per il coefficiente F così definito:

Impulsi di durata inferiore ad un secondo	Impulsi di durata superiore ad un secondo
$F = 1.7N^{-0.5}$	$F = 1.7N^{-0.5}t^{-k}$

Con:

t = durata dell'evento

k = 1.22 per pavimenti in calcestruzzo k = 0.32 per pavimenti in legno.

Qualora i limiti così calcolati fossero minori dei limiti previsti per le vibrazioni di livello costante dovranno essere adottati come limiti questi ultimi valori. Vanno intesi come ambienti critici in relazione al disturbo alle persone le aree critiche come le camere operatorie ospedaliere o i laboratori in cui si svolgono operazioni manuali particolarmente delicate.

Nel caso in cui le vibrazioni misurate superino i valori limite riportati nelle tabelle precedenti i fenomeni vibratorii possono essere considerati oggettivamente disturbanti per un individuo presente all'interno di un edificio.

I trasduttori devono essere posizionati nei punti in cui la vibrazione interessa l'organismo ad essa soggetto. Nel caso in cui la posizione delle persone sia variabile la misura deve essere eseguita al centro degli ambienti in cui soggiornano le persone esposte.

#### 8.4 Identificazione dei punti di monitoraggio

In linea generale devono essere previste campagne di monitoraggio nelle tipologie di ricettori che risultano più sensibili.

Per l'impianto **"In Progetto"** i punti di monitoraggio sono quelli evidenziati con il pallino giallo nella immagine successiva.



Figura 10 - Individuazione dei punti di misura delle vibrazioni

## 9. Conclusioni

Il protocollo di monitoraggio relativo al progetto di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte e opere di connessione sito in Sassari della potenza pari a 46,175 mwdc), risulta idoneo a monitorare i parametri climatici, fisici, chimici e microbiologici del suolo, in fase ante-operam e in opera.

Data l'elevata omogeneità, dimostrata nel [par.6.3] lo stato del suolo sarà monitorato attraverso un campionamento di n°6 punti georeferenziati e localizzati metà in posizione ombreggiata al di sotto dei pannelli fotovoltaici, e l'altra metà nelle aree di controllo meno disturbate dalla presenza dei pannelli.

Come abbondantemente trattato nel [par. 6,] le analisi sui parametri microbiologici e sui metalli pesanti saranno le stesse sia in fase ante-operam e in corso d'opera.

Mentre per i parametri fisico-chimici del suolo vi sarà un'analisi di base o caratterizzazione prima della realizzazione dell'impianto e successivamente saranno svolte analisi di controllo.

Le analisi saranno eseguite nei primi 20 cm di profondità, perché sarà la parte più esposta ai processi di interazione con l'impianto.

La frequenza di campionamento prevista (1-3-5-10-15-20-25-30), ed utilizzata dalla Regione Piemonte per i monitoraggi nei campi fotovoltaici, è da prendere in considerazione anche per l'intervento *de quo*, anche se non si hanno notizie di problematiche particolari relativamente ad inquinanti sia della Matrice Suolo che Sottosuolo, in ogni caso considerato che il sistema suolo è composto da parametri che si modificano molto lentamente il periodo di campionamento sembra essere opportunamente calcolato. Inoltre, studi a livello internazionale e svolti negli ultimi anni in diversi impianti, hanno evidenziato che i processi di cambiamento microclimatico, ecosistemico e vegetazionale relativi agli ombreggiamenti dei moduli sul terreno sono stati del tutto positivi.

Per la pulizia dell'area, dalle erbe infestati e la manutenzione delle due aree in cui dovranno sorgere gli impianti è volontà della società attivare un contratto per la manutenzione del verde con ditte specializzate ed in possesso delle certificazioni opportune, sia all'interno dell'area di impianto effettuando periodicamente lo sfalcio dell'erba ed eventualmente apportare sostanze organiche o concimazioni se il terreno presenterebbe segni di insofferenza, e sia all'esterno del perimetro dell'impianto attuando tutti quei processi ( potatura – concimazione – trattamenti ) che permetteranno alla fascia arborea impiantata, di svilupparsi.

Relativamente all'impianto di Melograno che verrà impiantato tra le fila dei tracker esso sarà stabilmente monitorato e seguito da un gruppo di esperti poiché è intenzione della società sviluppare una filiera agro-energetica che dia continuità al settore.

Come specificato ampiamente, attraverso il presente protocollo, con analisi periodiche, e report fotografici oltre a relazioni sullo stato di fatto delle due aree si potranno prontamente monitorare gli effetti dell'impianto fotovoltaico sia sul suolo che sull'ambiente circostante. Tuttavia, si dichiara sin d'ora che all'emergere di criticità in alcuni dei parametri monitorati, verrebbero implementati sia il numero di campionamento che la frequenza delle analisi ed informati gli organi competenti.