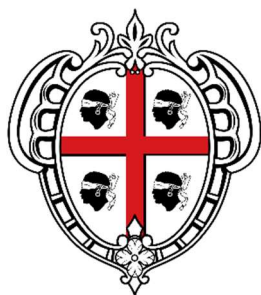


REGIONE SARDEGNA



PROVINCIA
DEL SUD SARDEGNA



COMUNE DI
SERRAMANNA



COMUNE DI
VILLASOR



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 VILLASOR E
SERRAMANNA – POTENZA 45,524 MWdc**

(Immissione in rete 38,532 MWac)

SIA12 – PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Committente:

VERDE 8 SRL

Il Tecnico		Revisioni	DATA
Ing. Daniele Cavallo			
Geol. Michele Ognibene			
Agr. Paolo Castelli			
		Protocollo Iter Autorizzativo	DIC/2022
Descrizione	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE		
Commessa	Villasor		

INDICE

1. Introduzione	4
2. Soggetti Proponenti e Dati Generali	5
2.1 Soggetto Proponente	5
2.2 Dati Generali.....	5
3. Inquadramento Geografico e Territoriale	7
4. Obiettivi generali e requisiti del PMA	11
4.1 Fasi della redazione del PMA.....	11
4.2 Identificazione delle componenti oggetto di monitoraggio	11
4.3 Modalità temporale di espletamento delle attività	12
- <i>Monitoraggio in corso d'opera</i>	12
- <i>Monitoraggio post-operam</i>	13
5 Atmosfera	13
5.1 Criteri metodologici adottati.....	13
5.2 Identificazione degli impatti da monitorare	15
5.3 Monitoraggio dei parametri microclimatici (ante e post operam).....	16
6 Suolo	18
6.1 Aspetti metodologici.....	19
6.2 Definizioni	21
6.3 Campionamento	22
6.4 Definizione del numero e dei punti di campionamento	26
- <i>Numero dei punti di campionamento</i>	26
- <i>Ripartizione dei campioni elementari</i>	30
- <i>Profondità di prelevamento</i>	30
- <i>Periodo di campionamento annuale</i>	31
- <i>Verbale di campionamento</i>	31
6.5 Analisi previste per la componente Suolo	32
- Analisi fisico-chimiche	32
- Analisi microbiologiche	33
- Analisi sui metalli pesanti	34
6.6 Valutazioni finali sul monitoraggio della componente suolo.....	35
6.6.1 Monitoraggio delle aree non coltivate.....	36
6.7 Piano di Monitoraggio	39
7. Aspetti metodologici relativi alle Zone Climatiche; Vegetazione, Flora, Fauna	41
7.1 Zone Climatiche	41
7.2 Flora	42
7.3 Vegetazione, considerazioni in relazione all'intervento	43
7.4 Definizione degli indicatori e dei parametri del monitoraggio.....	43
7.5 Principali caratteri della fauna	44
8. Rumore	47

8.1 Criteri metodologici adottati.....	49
8.2 Definizione degli indicatori e dei parametri del monitoraggio.....	49
- <i>Parametri acustici</i>	50
- <i>Parametri Meteorologici</i>	51
- <i>Parametri di inquadramento territoriale</i>	51
8.3 Identificazione dei punti di monitoraggio	52
9. Vibrazioni	54
9.1 Criteri metodologici adottati.....	54
9.2 Identificazione degli Impatti da Monitorare	55
9.3 Definizione degli indicatori e dei parametri del monitoraggio.....	55
9.4 Identificazione dei punti di monitoraggio	59

1. Introduzione

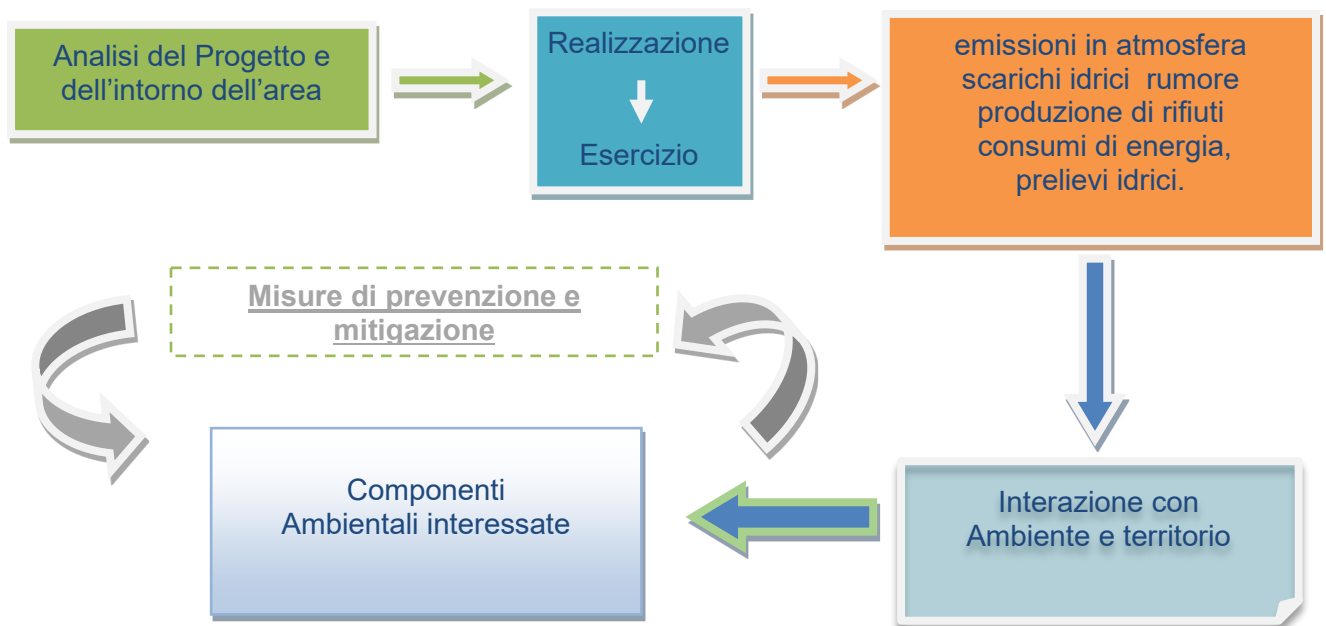
Nell'ambito del progetto che prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica, da realizzarsi in agro nei comuni di Villasor (SU) e Serramanna (SU) della potenza di 45,524 MWp e in immissione di 38,532 MWac, è stato redatto un *Piano di Monitoraggio Ambientale* (PMA) a corredo del progetto definitivo, così come previsto dalle normative vigenti per tutti i progetti sottoposti alla procedura di VIA, da intendersi come strumento di controllo veritiero sui processi di trasformazione delle componenti ambientali sulle quali il progetto andrà ad inserirsi, ovvero *Aria, Acqua, Suolo e Sottosuolo, Atmosfera*.

Il PMA proposto è ideato per essere uno strumento all'occorrenza adattabile e modificabile durante l'iter autorizzativo e nei fatti, risulta uno strumento imprescindibile di controllo dell'intervento progettuale proposto, che può permettere, attraverso il monitoraggio delle componenti sopraesposte, di individuare tempestivamente eventuali problematiche scaturite dall'inserimento del nuovo progetto nel contesto territoriale esistente e dare opportune indicazioni per correggere eventuali errori nelle scelte progettuali iniziali.

Al fine di valutare al meglio le azioni sulle varie componenti ambientali, derivanti dagli interventi in progetto, la redazione del PMA ha tenuto conto dei vari stadi progettuali, che sinteticamente possono essere discretizzati in 3 fasi:

- fase *ante-operam* (o stato di fatto), rappresentativo della situazione iniziale delle componenti ambientali, economiche e sociali;
- fase *di cantiere*, ovvero il periodo transitorio relativo alla realizzazione dell'opera caratterizzato dalla presenza e gestione di mezzi meccanici (macchine, strumenti, materiali) e uomini.
- fase *post-operam* (o fase di esercizio), rappresentativo della situazione delle componenti ambientali, economiche e sociali dopo la realizzazione degli interventi in progetto, durante la fase di esercizio.

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



2. Soggetti Proponenti e Dati Generali

L'impianto agrivoltaico è proposto dalla società Verde 8 s.r.l. con sede Via Mike Bongiorno n. 13 a Milano e andrà a realizzarsi nei territori comunali di Villasor (SU) e Serramanna (SU) con superficie nominale complessiva pari a circa 81,00 ettari e potenza complessiva installata di 45,524 MWp.

2.1 Soggetto Proponente

a) L'impianto agrivoltaico verrà realizzato e gestito dalla società:

Ragione Sociale: VERDE 8 SRL

Indirizzo: Via Mike Bongiorno, 13 – CAP 20124, Milano

PEC: verde8srl@pec.buffetti.it

2.2 Dati Generali

Località di realizzazione dell'intervento

Comuni di Serramanna in località Mitza Porcedda e Villasor in località Stradoni de Biddaxirdu (province del Sud Sardegna).

Destinazione d'uso

L'area oggetto dell'intervento secondo quanto indicato nei P.R.G. dei Comuni interessati ricade in *Zona E Agricola-Pastorale* “

Dati catastali

L'impianto agrivoltaico e le opere connesse ricadono sulle seguenti particella catastali:

Comune di Serramanna:

- Fg.45 p.lle 337, 338, 339, 340, 341, 56, 67;
- Fg.54 p.lle 68, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 64, 60, 326, 324, 322, 320, 318, 316, 314, 595, 596, 598, 312, 705, 704, 307, 703, 306, 308, 309, 310, 498, 699, 452, 450, 305, 303, 55, 299, 296, 297, 298, 157, 436, 127, 665, 666, 668, 438, 667, 185, 45, 186;
- Fg. 42 p.lle 835, 557, 558, 559, 837, 222, 262, 263;

Comune di Villasor:

- Fg. 5 p.lle 15, 17, 12;
- Fg.21 p.lle 1, 159, 407, 467, 466, 446, 400, 401, 534, 440, 115, 116, 117, 442, 18, 373, 81, 375, 372, 434, 80, 436, 420, 435, 16, 422, 87, 437, 83, 84, 118, 119, 443, 445, 552, 553, 452sub2, 452sub5, 452sub6, 452sub7, 144, 146, 145, 151, 152, 477, 480, 484, 486, 394, 393, 395, 383, 24, 458, 461, 397, 460, 389, 563, 496, 130, 562sub1, 562sub2, 538, 535, 11;
- Fg.22 p.lle 365, 369, 352, 354, 113, 114, 374, 139, 216, 148, 226, 228, 271, 272, 183, 144, 186, 212, 211, 145, 128, 129, 214, 207, 208, 130, 131, 133, 103, 102, 101, 100, 99, 98, 97, 96, 95, 94, 92, 91, 90, 89, 83, 82, 273, 274, 275, 84, 378, 81, 238, 251, 123;
- Fg.23 p.lle 96, 85, 84, 74, 73.

Connessione

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che la centrale venga collegata in antenna a 150 kV su un nuovo stallo a 150 kV della stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 220/150 kV di Villasor; le particelle interessate rientrano nel Comune di Villasor al Fg.22 e sono la 378 e la 81.

3. Inquadramento Geografico e Territoriale

L'area presa in considerazione nel presente progetto ricade nel territorio comunale di Serramanna (SU) in Località Mitza Porcedda e nel territorio comunale di Villasor (SU) in località Stradoni de Biddaxirdu. L'area è posizionata ad una distanza media di circa 4 km in direzione Sud-Ovest rispetto al nucleo urbano della città di Serramanna e ad una distanza media di circa 5 km in direzione Ovest rispetto al nucleo della città di Villasor. L'area interessa dall'impianto è tagliata dalla Strada Statale 196 che collega Villasor al Comune di Villacidro.

Cartograficamente questa area è all'interno delle tavole CTR regionali alla scala 1:10.000 denominate Elemento n. 547150 ed Elemento n. 556030.

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 SS196, oltre che da varie strade comunali che collegano le porzioni del campo agrivoltaico oggetto del presente studio.

L'area di impianto è a circa 3,5 km in direzione Ovest, distanti in linea aerea dalla Stazione Elettrica Utente SE. I lotti verranno collegati alla SE Utente tramite un cavidotto interrato della lunghezza di circa 8.5 km. La Stazione Elettrica Utente SE sarà collegata in antenna a 150 kV su un nuovo stallo a 150 kV della stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 220/150 kV di Villasor.

Coordinate Geografiche Sito:

Lat. 39.409294° - Lat. 39.389261°

Long. 8.862496° - Long. 8.896497°

Coordinate Geografiche Stazione Elettrica connessione:

Lat. 39.391813°

Long. 8.915276°



Fig. 1: Inquadramento generale dell'area

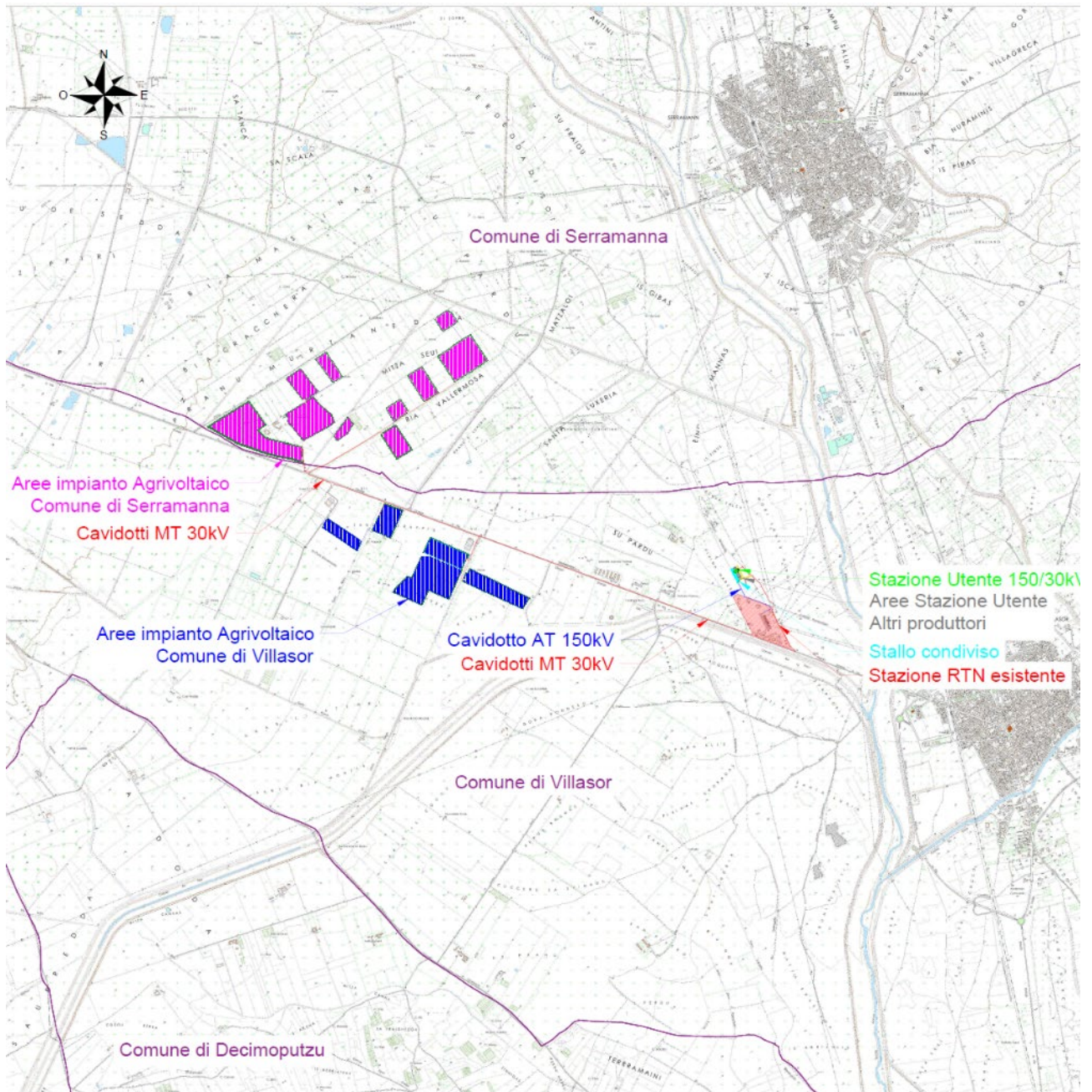


Fig. 2a: Inquadramento dell'area di intervento su C.T.R.

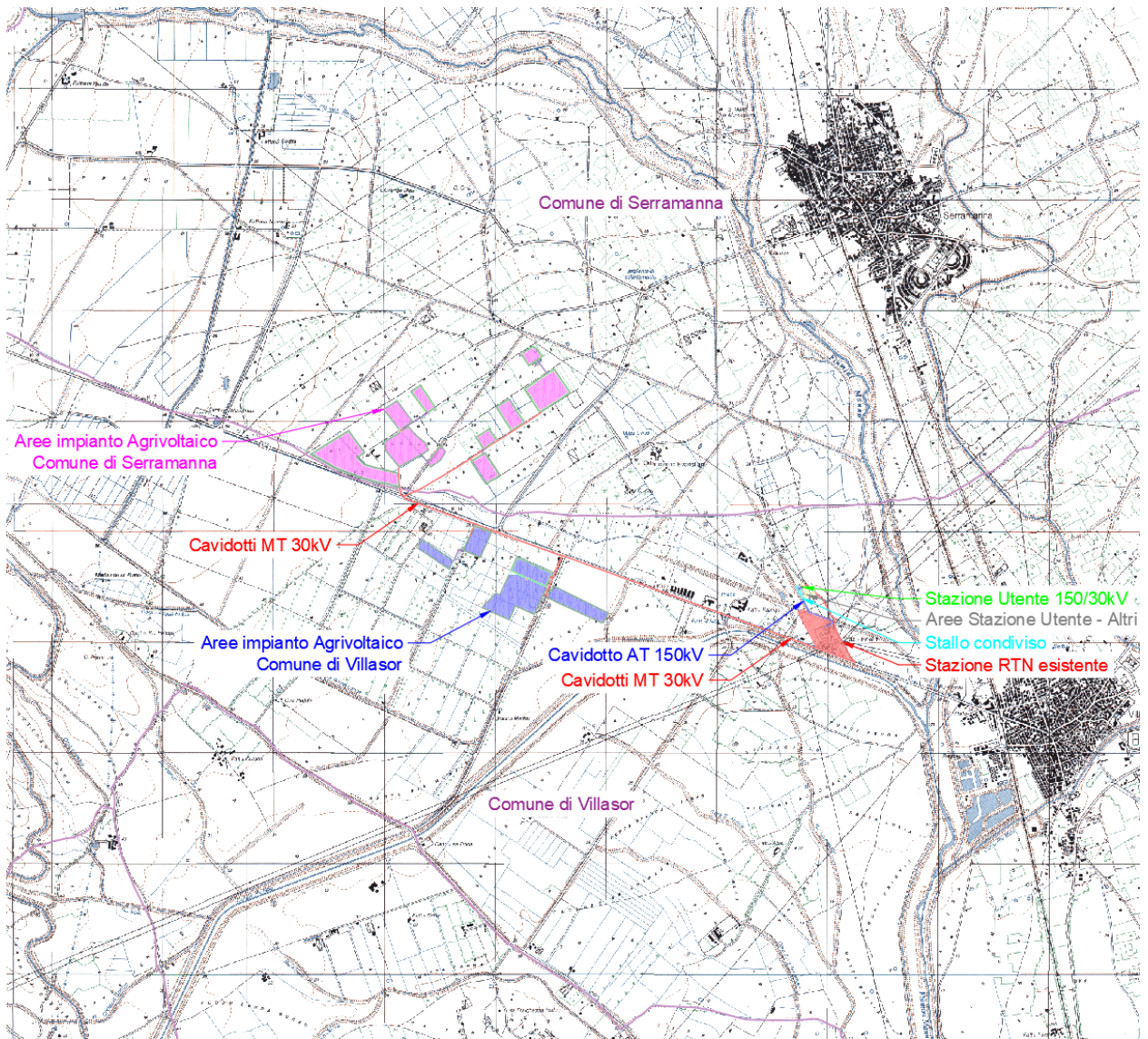


Fig. 2b: Inquadramento dell'area di intervento su IGM.

4. Obiettivi generali e requisiti del PMA

Il Piano di Monitoraggio Ambientale relativo all'impianto fotovoltaico in progetto e 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*, con 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 del contesto ambientale;
- 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), per la cui determinazione verranno descritti i metodi di analisi, l'ubicazione dei punti di misura e la frequenza delle rilevazioni durante la vita utile dell'impianto, e naturalmente è prevista una caratterizzazione del sito ante-operam.

4.1 Fasi della redazione del PMA

Con riferimento alla documentazione relativa al Progetto Definitivo, allo Studio di Impatto Ambientale ed alla relativa procedura di V.I.A., per la corretta redazione del PMA si è proceduti alle seguenti attività:

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

4.2 Identificazione delle componenti oggetto di monitoraggio

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 meteo climatica;
- suolo: inteso sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro dell'ambiente in esame ed anche come risorsa non rinnovabile;
- Flora e Fauna: qualità naturalistica ed ecologica delle aree direttamente o indirettamente interessate dall'Opera.
- rumore: considerato in rapporto all'ambiente umano;
- vibrazioni, considerato in rapporto all'ambiente umano;
- complessi di componenti e fattori fisici, chimici e biologici tra loro interagenti ed interdipendenti;

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.

4.3 Modalità temporale di espletamento delle attività

- 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 meteo climatici disponibili, al fine di verificare l'influenza delle caratteristiche meteorologiche locali sul trasporto e sulla diffusione 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 eventualmente interessati da tali operazioni.

Questa fase è quella che presenta la maggiore variabilità, poiché è strettamente legata all'avanzamento dei lavori e perché è influenzata dalle eventuali modifiche nella localizzazione ed organizzazione dei cantieri apportate dalle imprese aggiudicatrici dei lavori; pertanto, il monitoraggio in corso d'opera sarà condotto per fasi successive, articolate in modo da seguire l'andamento dei lavori.

Preliminarmente sarà definito un piano volto all'individuazione, per le aree di impatto da monitorare, delle fasi critiche della realizzazione dell'opera per le quali si ritiene necessario effettuare la verifica durante i lavori. Le indagini saranno condotte per tutta la durata dei lavori con intervalli definiti e distinti in funzione della componente ambientale indagata. Le fasi individuate in via preliminare saranno aggiornate in corso d'opera sulla base dell'andamento dei lavori.

- Monitoraggio post-operam

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.

5 Atmosfera

5.1 Criteri metodologici adottati

La campagna di monitoraggio riguardante la componente atmosfera ha lo scopo di valutare: Temperatura e umidità dell'aria, 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 vapore acqueo presente nell'aria. La massima quantità di vapore d'acqua che una massa d'aria può contenere è tanto maggiore quanto più elevata è la sua temperatura, pertanto, le misurazioni non sono generalmente espresse in umidità assoluta, bensì in umidità relativa, che è il rapporto tra la quantità di vapore 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 termo-igrometri 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) ad 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*, le quali 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 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 25 °C su una superficie unitaria di 1 cm², che corrisponde alla pressione di una colonna di mercurio di 760 mm e 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 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 possibili tipologie di strumenti, il *Pluviometro* ed il *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, generalmente 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 misure accurate ed affidabili.

5.2 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 obbligata 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 dalle 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.

5.3 Monitoraggio dei parametri microclimatici (ante e post operam)

Per il monitoraggio dei parametri microclimatici sarà prevista già prima dell'inizio dei lavori l'installazione di una **Stazione agrometeorologica completa**, dotata di sensori per il rilevamento di:

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

Considerata la disposizione a cluster dell'impianto in oggetto, verrà collocata n.1 centralina, posizionata in corrispondenza di una zona, che sia la più rappresentativa possibile e che sia

centrale (vedi Fig. 3), in posizione baricentrica rispetto all'area totale dell'impianto. Data la natura dei parametri da rilevare, i quali non presentano particolari variazioni su brevi distanze, non si ritiene necessario installare ulteriori unità di rilevamento. La stazione agro-meteorologica acquisirà i dati giornalieri, i quali 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 rilevazione e per ogni parametro, al fine di ottenere l'andamento annuale o a scala temporale inferiore, del valore misurato.

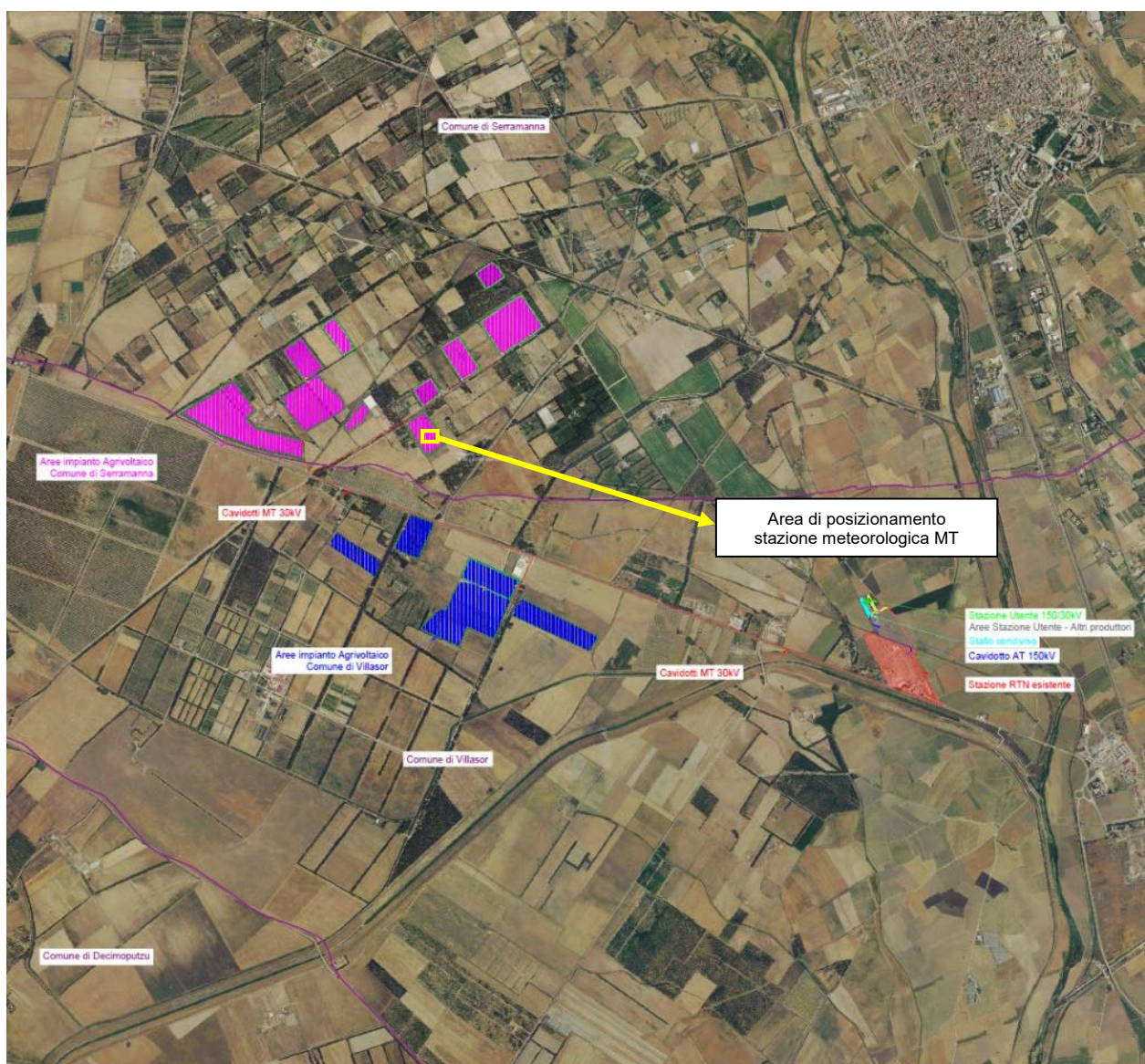


Fig.3: Area identificata per l'installazione della stazione meteorologica MT

6 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 neo-costruenda 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 teoricamente, 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 innanzitutto 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.

6.1 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 grandi *Gruppi Produttori Energetici* è chiaro che per produrre l'energia necessaria al funzionamento di un paese industrializzato ed abbandonare definitivamente le tradizionali e nocive fonti fossili, negli anni a venire i grossi impianti fotovoltaici saranno/dovranno essere realizzati anche 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, l'areale utilizzato praticamente totalmente reversibile a fine ciclo, infatti secondo gli scriventi, un campo fotovoltaico **non consuma suolo**, se diamo un senso corretto alla definizione (*tale concetto è ampiamente trattato nello SIA ed opportunamente argomentato nel capitolo di riferimento*)

Uno strumento essenziale che si pone a garanzia del territorio e che in maniera univoca può dare le risposte ambientali cercate, nei prossimi anni, è l'attuazione dei 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 (ARPAS 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 alterate, peggiorate e eventualmente anche migliorate.

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.

Con l'adozione del presente PMA verranno indagati i principali parametri fisici, chimici e biologici del suolo sia ante-operam che a cadenze regolari durante tutta la vita dell'impianto.

Per la redazione del piano di monitoraggio della componente suolo è stato fatto 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 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.*

Con particolare riferimento alle citate “Linee Guida Per Il Monitoraggio Del Suolo su superfici agricole destinate ad Impianti Fotovoltaici a Terra” della Regione Piemonte, il protocollo di monitoraggio si svolgerà in due fasi:

1. La prima fase del monitoraggio precede la realizzazione dell'impianto fotovoltaico e consiste nella caratterizzazione del suolo ante-operam.

2. La seconda fase del monitoraggio, invece, prevede la valutazione delle stesse caratteristiche valutate ante-operam ad intervalli temporali prestabiliti (vedi tabella) attraverso prove meccaniche, prove fisiche e prelievo di campioni con relative analisi di laboratorio.

La frequenza di campionamento e/o prove potrà essere aumentata 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 moduli fotovoltaici e dalle caratteristiche dell'area (omogeneità od eterogeneità).

I punti di campionamento all'interno dell'area di Impianto, in ogni caso, non potranno essere inferiori a 2, uno in posizione ombreggiata al di sotto dei moduli fotovoltaici e l'altro nelle aree di controllo non interessate dalla presenza dei moduli. Per un numero di campioni superiore, essi andranno prelevati ad almeno 200 metri di distanza.

Tutti i punti di prelievo 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.

6.2 Definizioni

Di seguito vengono riportate alcune definizioni inserite nel decreto D.M. 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 4).

- *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.

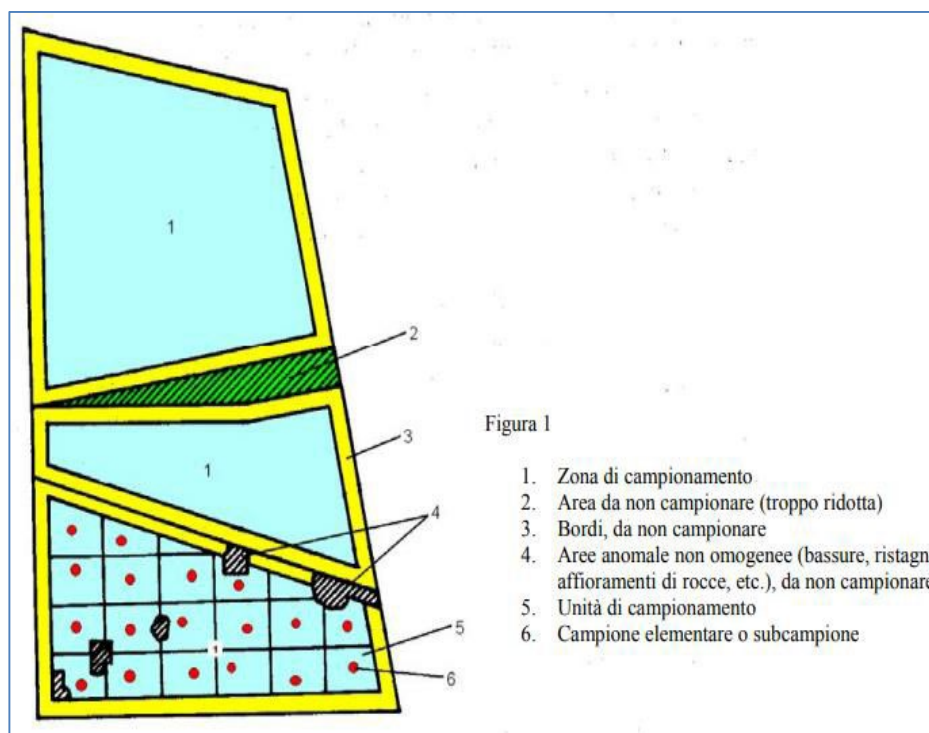


Fig. 4: Esempio e/o schema di zona di campionamento. Fonte “*Linee guida per il campionamento dei suoli e per l’elaborazione del piano di concimazione aziendale*” Regione Sicilia

6.3 Campionamento

Per la definizione dei punti di campionamento e delle metodologie di campionamento è stato fatto riferimento a:

- Allegato 2 Parte Quarta del D.Lgs 152/2006;
- Manuale APAT 43/2006; Capitolo 2;
- “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”
- “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 richiamate, i punti di campionamento possono essere definiti utilizzando le seguenti metodiche:

a) 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. In genere tale metodica è relegata ad operazioni di bonifica di siti contaminati.

b) Ubicazione Sistemica; a griglia, casuale, statistico. Tale metodica appare più adatta ad un piano di monitoraggio e controllo e pertanto è stata qui utilizzata.

La distribuzione a griglia-sistemica prevede unicamente, nell’ambito dell’area di Impianto, l’individuazione di eventuali *porzioni areali omogenee*; la discretizzazione dell’areale di impianto in porzioni areali omogenee rappresenta un passaggio cruciale per la scelta dei punti e del numero di campioni, poiché da ciò dipende la rappresentatività del campionamento e, di conseguenza, la concreta applicabilità delle informazioni desunte dalle analisi.

Al fine di valutare l’esistenza di eventuali eterogeneità significative all’interno del sito di progetto, la modalità ritenuta più corretta consiste nel:

- Identificare le tipologie di uso del suolo ante-operam mediante le varie *Carte di Uso del Suolo* regionali (Corine Land Cover);
- Identificare la natura litologica del sottosuolo (carte Geo-litologiche)
- Valutare le caratteristiche morfologiche (pendenze e dislivelli), ottenibili dai modelli digitali del terreno (DEM-Digital Elevation Model).
- Eventuale esecuzione di uno o più sopralluoghi per una verifica in situ dati raccolti ai punti precedenti.

La verifica propedeutica di omogeneità morfologica è stata effettuata in ambiente GIS mediante elaborazioni dei DEM dell’area di impianto; nelle figure seguenti si evidenziano le condizioni di copertura suolo attuale, morfologia, altitudine, pendenza.

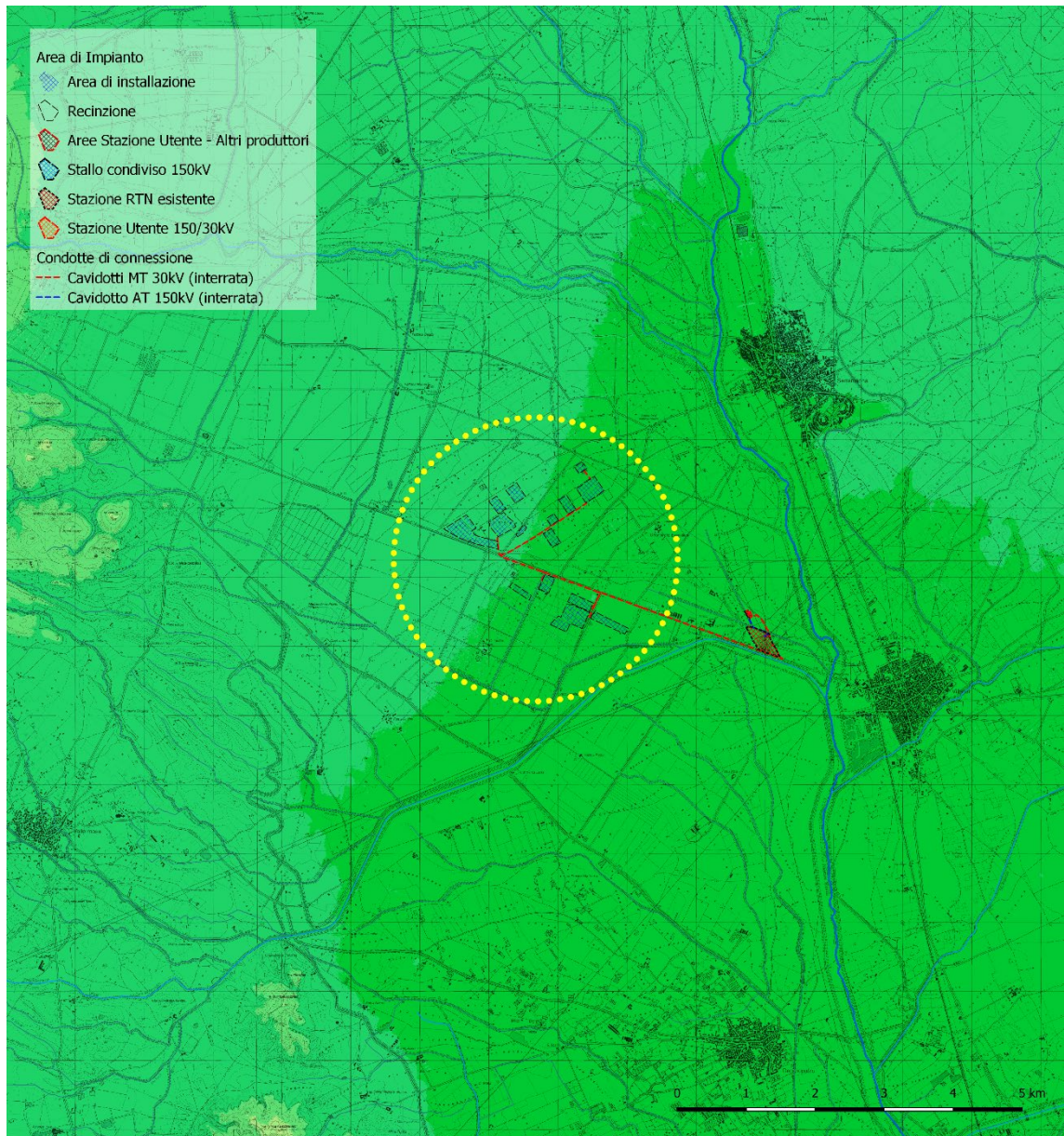


Fig. 5a: Carta altimetrica

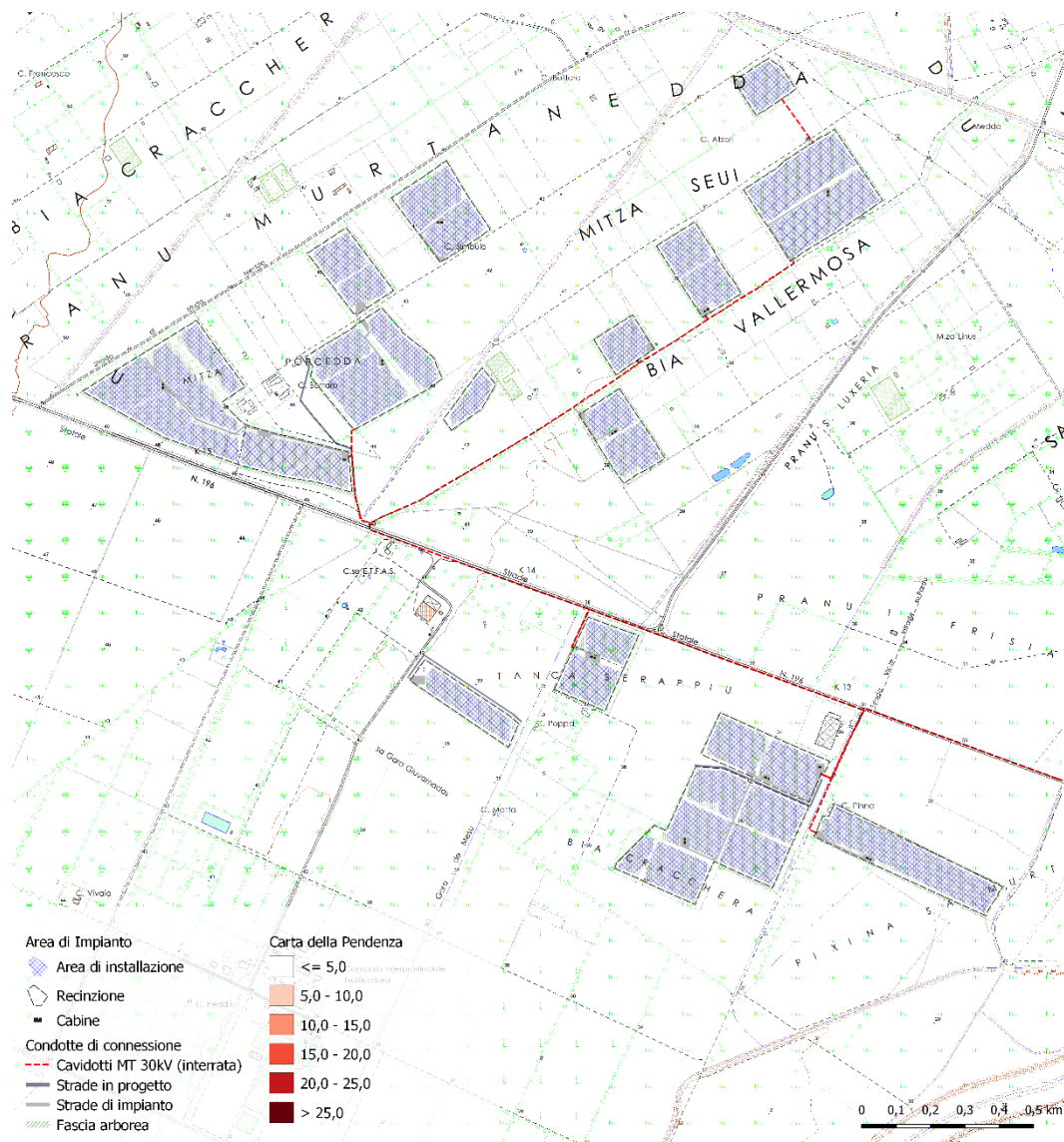
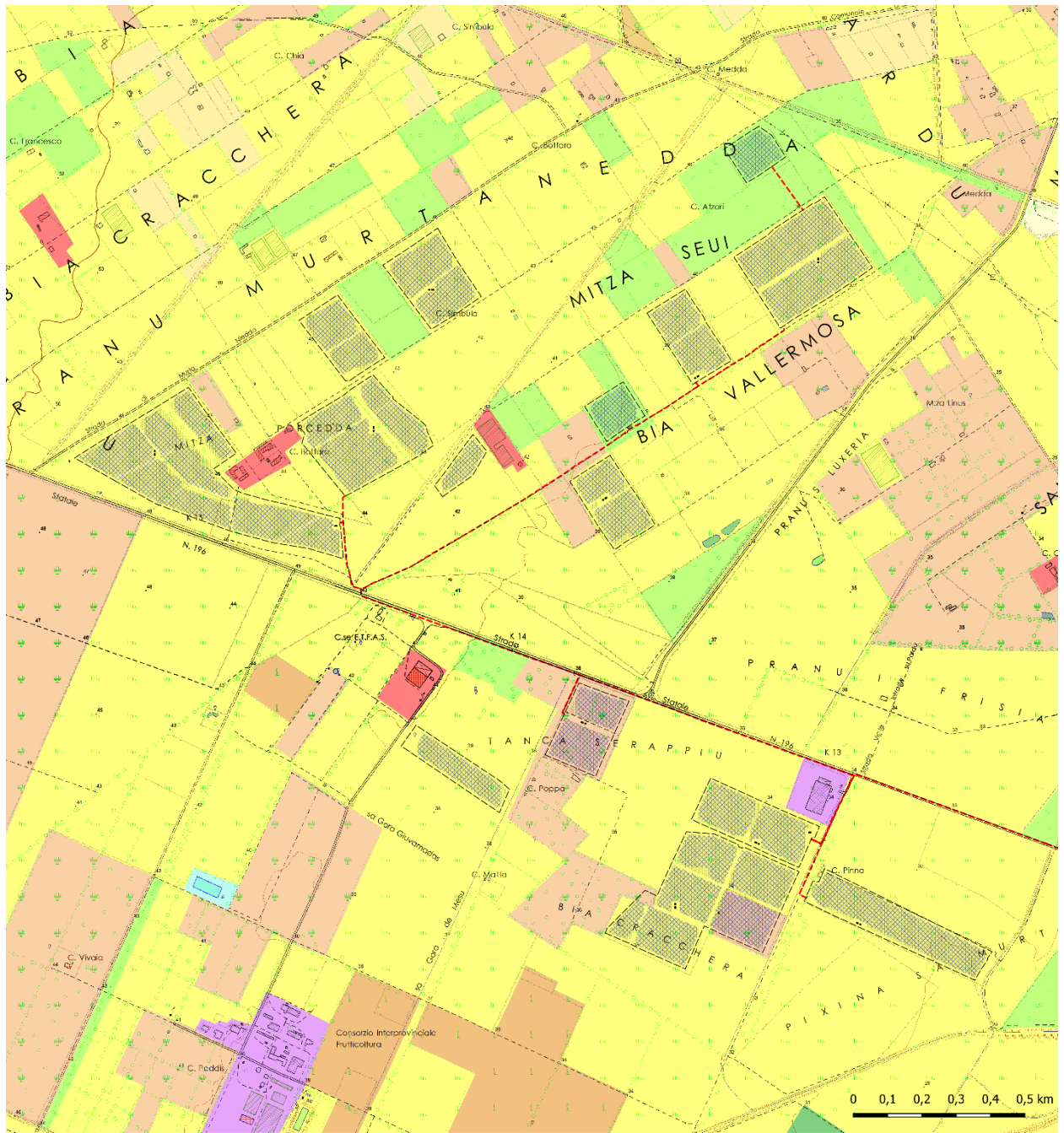


Fig. 5b: Carta delle Pendenze

Per entrambe le aree di impianto si evidenzia una notevole uniformità nelle quote altimetriche, con la quasi totalità degli impianti compresa nella classe altimetrica tra 20 e 60 metri s.l.m. e pendenze prevalenti inferiori al 5%.

La figura 7 rappresenta invece un estratto della Carta di Uso del Suolo CLC 2012, dal quale anche in questo caso si evidenziano elevate omogeneità con le aree di impianto impostate sostanzialmente su aree interessate da una sola tipologia di copertura, seminativi semplici.

Pertanto, si può affermare che le aree di installazione degli impianti, dal punto di vista delle caratteristiche considerate, presentano una notevole omogeneità.



<p>Area di Impianto</p> <ul style="list-style-type: none"> Area di installazione Recinzione Cabine <p>Condotte di connessione</p> <ul style="list-style-type: none"> Cavidotti MT 30kV (interrata) <p>Carta dell'uso del suolo</p> <ul style="list-style-type: none"> 1122. Fabbricati Rurali 	<ul style="list-style-type: none"> 1211. Insediamenti Industriali, Artigianali E Commerciali E Spazi Annessi 2112. Prati Artificiali 2121. Seminativi Semplici E Colture Orticole A Pieno Campo 2124. Coltura In Serra 221. Vigneti 222. Frutteti E Frutti Minori 	<ul style="list-style-type: none"> 223. Oliveti 242. Sistemi Colturali E Particellari Complessi 31121. Pioppeti, Saliceti, Eucalitteti Ecc. Anche In Formazioni Miste 3122. Arboricoltura Con Essenze Forestali Di Conifere 5122. Bacini Artificiali
---	---	--

Fig 7: Estratto della Carta Uso del suolo CLC

6.4 Definizione del numero e dei punti di campionamento

Dopo aver determinato le zone interne all'area di impianto, omogenee dal punto di vista morfologico e di uso del suolo, nelle fattispecie aree uniche, si procede col definire il numero dei campioni e la loro ubicazione.

In tal senso, saranno impiegate le seguenti regole e metodologie:

- la distribuzione dei punti di campionamento deve essere tale da evitare zone scoperte o eccessivamente campionate; qualora si riscontrino piccole aree visibilmente differenti per una qualche caratteristica, (ad esempio natura litologica, tessitura, drenaggio, pendenza, esposizione) queste vanno eliminate dal campionamento ed eventualmente campionate a parte; analogamente sono da escludere dal campionamento le aree ai bordi di fossi, cumuli di deiezioni o altri prodotti, zone rimaneggiate, ecc. per una fascia di almeno 5 metri

- il numero dei punti di campionamento deve essere statisticamente significativo, tale da tenere conto della variabilità intrinseca del terreno relativamente a certe proprietà;

- i punti di campionamento dovranno essere eseguiti, per ogni zona omogenea individuata, su almeno due postazioni:

a) in posizione ombreggiata al di sotto dei moduli fotovoltaici;

b) nelle aree non direttamente interessate dalla presenza dei moduli fotovoltaici;

- i campioni di suolo prelevati dovranno essere distanti almeno 200 metri l'uno dall'altro;

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

- Numero dei punti di campionamento

Il D.Lgs 152/2006, diversamente dal DM 471/99, non riporta indicazioni circa il numero di campionamenti da effettuare, anzi definisce sostanzialmente impossibile indicare un valore predefinito del *rapporto fra numero di campioni e superficie di prelievo* poiché questo dipende, appunto, dal grado di uniformità ed omogeneità della zona di campionamento, dalle finalità del campionamento e delle relative analisi.

Alcune regioni, tra cui la Sicilia, nelle "Linee Guida per il campionamento dei suoli e per l'elaborazione del piano di concimazione aziendale" adotta 1 campione ogni 3-5 ettari, mentre *in presenza di condizioni di forte omogeneità pedologica e colturale, 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 un criterio simile:

- 2.000 m² per le colture orticole;
- 5.000 m² per le colture arboree;
- 10.000 m² per le colture erbacee

Pertanto, considerato quanto esposto in precedenza, e considerata una condizione di elevata

omogeneità dell'area oggetto dell'intervento si è ritenuto di utilizzare come condizione di campionamento n°1 campione ogni 10 ettari di terreno utilizzato, che complessivamente corrispondono a:

n°10 campioni per l'Impianto Villasor;

di cui metà sotto i moduli fotovoltaici e metà esterni come punti di controllo.

Per l'ubicazione dei punti, in funzione delle "linee guida" sopra riportate è stata eseguita la seguente procedura in ambiente GIS:

1. Sono state eliminate le aree perimetrali, per una fascia di 25 m dal confine dell'area di progetto, attraverso la funzione GIS "*Buffer Interno*" all'area di progetto, ottenendo il poligono "Area interna", da considerarsi come areale di campionamento.

2. È stata creata una griglia a maglia quadrata di 25 mt per lato, dell'areale di campionamento.

3. Sono stati generati mediante la funzione GIS "*Creazione punti random*" all'interno di ogni poligono dei punti, ottenendo così una moltitudine di potenziali *punti di campionamento*.

4. Infine sono stati scelti casualmente i punti di campionamento con la relativa geolocalizzazione definitiva.

Nelle figure seguenti vengono illustrate le varie fasi della procedura:

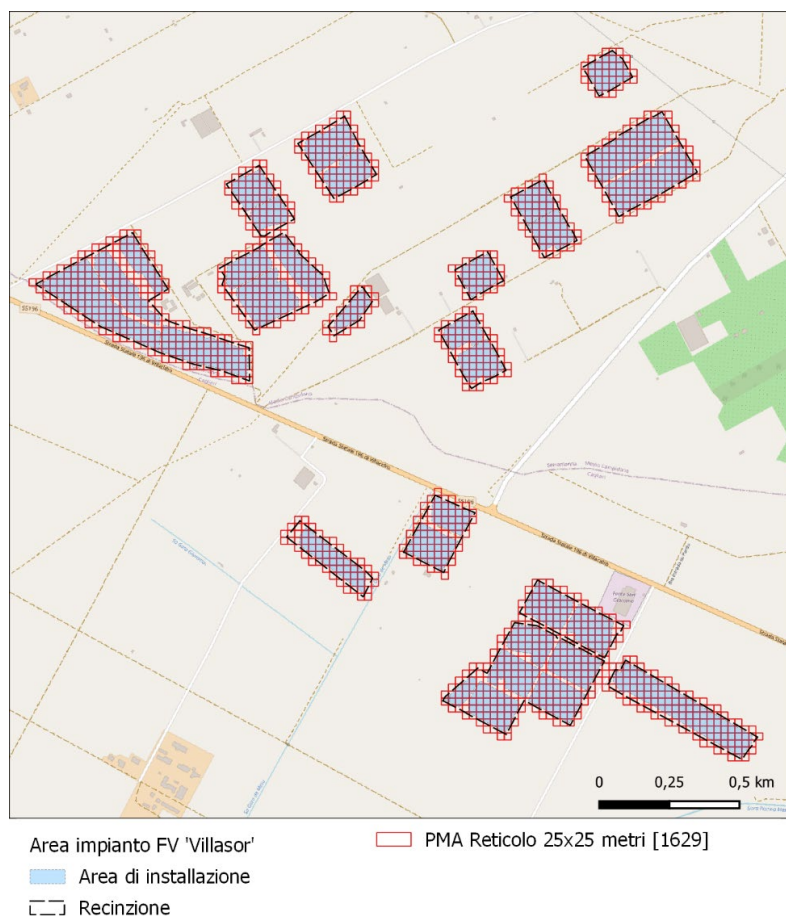
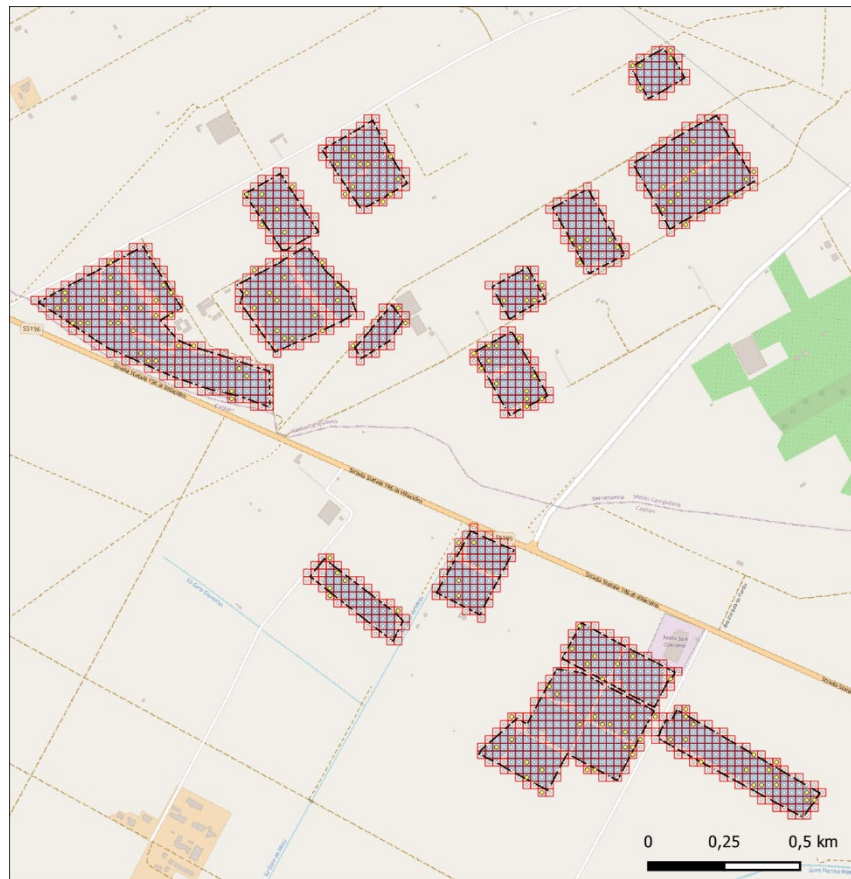


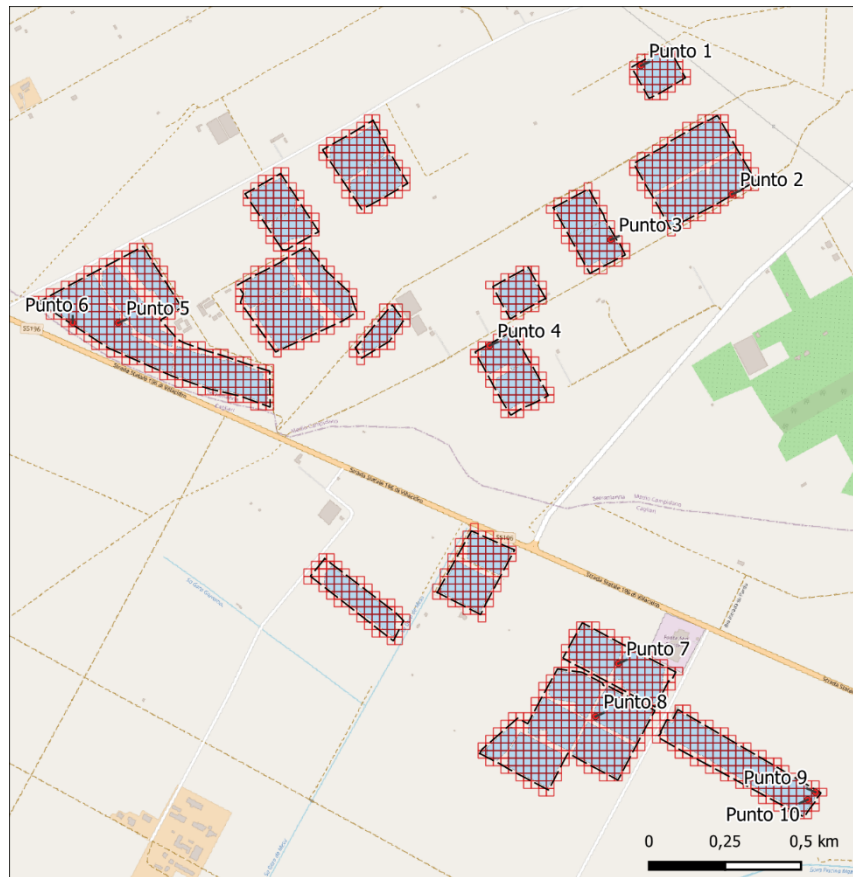
Fig. 8a: Area **Impianto Villasor** con bordura interna di 25 mt



Area impianto FV 'Villasor'
 ■ Area di installazione
 □ Recinzione

Punti di analisi
 • tutti i punti
 • P.ti di analisi random
 □ PMA Reticolo 25x25 metri [1629]

*Fig. 8b: Area Impianto Villasor con maglie quadrate da 25*25 mt ed indicazione dei potenziali punti di campionamento (random).*



Id.	Tipo	Lon. E	Lat. N
1	sotto le strutture FV	8,88600	39,41129
2	su area aperta	8,88980	39,40767
3	sotto le strutture FV	8,88530	39,40608
4	su area aperta	8,88095	39,40270
5	sotto le strutture FV	8,86675	39,40262
6	su area aperta	8,86502	39,40253
7	su area aperta	8,88669	39,39355
8	sotto le strutture FV	8,88596	39,39194
9	su area aperta	8,89453	39,39014
10	sotto le strutture FV	8,89426	39,38990

PMA Impianto Villasor

Punti di Controllo

• P.ti di controllo

□ PMA Reticolo 25x25 metri

Area impianto FV 'Villasor'

■ Area di installazione

□ Recinzione

Fig. 8c Area **Impianto Villasor** con maglie quadrate da 25*25 mt e Localizzazione punti campionamento

- 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 sub-campioni, tutti prelevati alla stessa profondità e di volume simile. Per essere rappresentativo, il numero dei sub-campioni non deve assolutamente essere inferiore a 10. I diversi sub-campioni che man mano vengono prelevati, saranno a loro volta trasferiti e amalgamati in modo da avere un campione globale rappresentativo.

- 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 nello strato immediatamente sottostante al limite di lavorazione;

b) nei suoli a prato naturale ed 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 sub-campioni per campione, per un totale di 30 sub-campioni

In sede di monitoraggio bisognerà fare attenzione al controllo del mantenimento delle caratteristiche strutturali dei suoli nelle aree di cantiere, spesso utilizzate anche come siti di deposito temporaneo.

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

- Periodo di campionamento annuale

Generalmente, il periodo 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, allo stato attuale interessato da seminativo non irriguo e vigneto, sostanzialmente manterrà una destinazione d'uso simile o comunque rimarrà perennemente 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.

- Verbale di campionamento

Dato che nel corso degli anni i soggetti che eseguono i campionamenti potrebbero 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 ad ogni punto di campionamento ed a ogni prelievo. Per ogni campione, il tecnico che provvederà al prelievo dei campioni di terreno dovrà pertanto stilare il "Verbale di campionamento del suolo".

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 Sardegna.

6.5 Analisi previste per la componente Suolo

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

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

- **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 del suolo e la sua dotazione in elementi nutritivi, mediante la misura di alcune proprietà quali: scheletro e tessitura, reazione (pH), carbonati totali, calcare attivo, capacità di scambio cationico, conduttività elettrica; tali proprietà tendono a mantenersi stabili nel tempo, o comunque si modificano molto lentamente, poiché in linea generale poco influenzabili, pertanto la loro determinazione verrà effettuata una sola volta, in fase ante-operam, e successivamente solo all'occorrenza; in Tabella 1 sono riepilogati i parametri di interesse.

b) analisi di controllo si effettuano su parametri che potrebbero variare nel tempo, pertanto verranno effettuate in corso d'opera. Rispetto alle analisi di base comprendono un minor numero di determinazioni analitiche e, quindi, consentono una riduzione dei costi e tempi di realizzazione più brevi.

Nella fase post-operam, si ripeteranno le analisi microbiologiche e dei metalli pesanti, mentre per le analisi fisico-chimiche 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 scambiabile, Sodio scambiabile.

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

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

- Analisi microbiologiche

Permettono di investigare sulla componente biotica del suolo, responsabile della formazione e dello svolgimento dei principali processi che permettono al suolo stesso di mantenersi; la componente biotica è considerata la più vulnerabile del suolo.

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".

Nello specifico si considera il numero di microrganismi, appartenenti ad un gruppo fisiotassonomico 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).

- 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 circolanti, 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 152/2006, i valori di concentrazione di alcuni metalli pesanti accertati in suoli coltivati e naturali sono quelli riportati nella tabella 2, mentre nella successiva tabella 3 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.

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

Tabella 2 - 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*

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

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

6.6 Valutazioni finali sul monitoraggio della componente suolo

Nell'ambito delle valutazioni idrologiche ed idrauliche a supporto dei progetti per la realizzazione di impianto fotovoltaici, su terreni coltivati o meno, vengono generalmente affrontate problematiche relative all'Invarianza idrologica ed idraulica degli impianti, ovvero dell'incidenza di un campo fotovoltaico sulla capacità di infiltrazione delle acque meteoriche o più in generale, sulla ritenzione idrica dell'areale interessato.

Con riferimento alle tecnologie utilizzate nel corrente progetto, ad "*inseguimento monoassiale*", ovvero con moduli mobili e con un'altezza dal suolo superiore ai 2,0 metri, non appare ragionevole assimilare la posa dei moduli ad una *impermeabilizzazione diretta*, strictu sensu, del suolo in considerazione di una normale aerazione dello stesso, di porzioni di terreno coperte dalla pioggia battente trascurabili e di aree non interessate dalle acque di ruscellamento del tutto inesistenti.

Data la natura agrovoltica dell'impianto appare evidente che tali problematiche, risultano assolutamente marginali poiché gran parte dell'areale di impianto non sarà oggetto di modifiche nella *destinazione d'uso* del suolo; mediamente circa il 20% dell'area disponibile verrà interessata direttamente dalla posa dei moduli fotovoltaici mentre le restanti aree continueranno ad essere coltivate.

Le problematiche sopra esposte, pertanto, vanno relegate unicamente ad una parte marginale di area interna, non oggetto interventi agro-meccanici, poiché direttamente interessati dalla posa dei moduli fotovoltaici.

Si evidenzia che tali aree non resteranno in uno stato di "abbandono-incolto" ma saranno sede di inerbimento spontaneo, ossia saranno interessati dalla "flora spontanea potenzialmente esprimibile dal territorio"; tale flora sarà regolarmente sfalciata andando, di fatto, a costituire una sorta di "prato inglese secco", ovvero secco nel periodo estivo ed a verde nel periodo invernale-

primaverile. Tale pratica oltre ad avere benefici in termini di riduzione del rischio di erosione dovuto all'impatto diretto o di scorrimento dell'acqua piovana sul terreno nudo, presenta notevoli benefici anche in termini di ritenzione idrica.

6.6.1 Monitoraggio delle aree non coltivate

Le superfici soggette a coltura sono gestite a ciclo stagionale e, pertanto, dopo la fase di raccolta e prima che inizi il nuovo periodo di semina, si provvede sempre alla lavorazione del terreno andando così ad incidere nella zona superficiale per i primi 20-30 cm. Così facendo si esclude il rischio di fenomeni di compattazione del substrato di radicazione.

Per quanto riguarda invece le aree ad "inerbimento spontaneo" si evidenzia che la temperatura dell'aria che specialmente nel periodo estivo, si mantiene sempre svariati gradi più bassa, (per via dell'ombreggiamento) determina delle condizioni idonee al mantenimento di tale inerbimento.

Trattandosi tuttavia di un inerbimento "di pieno campo", senza cioè l'ausilio di apporti idrici artificiali, potrebbe comunque verificarsi un diradamento del cotico erboso in alcune zone maggiormente soggette a stress abiotici o potrebbero essere riscontrati fenomeni di idrofobia (dry spot) determinata da un'alta tensione superficiale, causata da una pellicola organica che riveste ogni singola particella di terreno, che comporta una mancata infiltrazione dell'acqua in profondità.

Tali diradamenti sono indice di un potenziale peggioramento delle caratteristiche naturali del suolo, portando a fenomeni come la "crepacciatura" (Fig. 9), ovvero man mano che i suoli perdono acqua per evaporazione si compattano e di conseguenza "strozzano" l'apparato radicale determinando la moria della pianta erbacea. Il fenomeno è molto comune nei vertisuoli caratterizzati da un elevato contenuto in argilla.

La crepacciatura è normalmente associata ai "black layer", ovvero uno strato nero di sostanza organica (fig.10) che non riesce a decomporsi a causa dell'assenza di macro e microporosità nel suolo (conseguenza della compattazione).

Gli effetti del diradamento e del manifestarsi di chiazze idrofobiche sono tuttavia verificabili visivamente. Nella successiva figura 11 sono riportate immagini di chiazze idrofobiche su tappeti erbosi; il fenomeno benché più facilmente riscontrabile su cotici erbosi sfalciati si riesce anche a individuare su manti di altezza diversa.

Nell'ambito del PMA, relativamente alle aree interessate da inerbimento spontaneo è pertanto unicamente prevista un'analisi visiva ad intervalli prestabiliti con produzione di report fotografico. Soltanto nel caso in cui il monitoraggio evidenziasse le problematiche sopra descritte si provvederà ad effettuare gli interventi del caso, di natura squisitamente agronomica, intervenendo localmente nelle aree interessate dal fenomeno.

Nella fattispecie si potrà intervenire con macchine operatrici idonee che permettano di risolvere il problema "fisicamente" mediante impiego di carotatrici, vertidrainage (o chiodatrici) e verticutting (in base alla natura del problema).



Fig. 9 Crepacciatura di suoli argillosi



Fig. 10 Esempio di "Black layer" per suoli compattati, naturalmente.



Fig. 11 Esempio di "Chiazze idrofobiche" su tappeti erbosi

Gli interventi di monitoraggio ed eventuale manutenzione rappresentano una fase imprescindibile per il corretto sviluppo dell'impianto erbaceo, la mancanza di un adeguato controllo genererebbe un suo sicuro insuccesso. Relativamente alla tempistica esso seguirà una cadenza identica a quella del restante piano generale per la componente suolo per come di seguito indicato.

6.7 Piano di Monitoraggio

Il piano di monitoraggio previsto è illustrato nelle tabelle seguenti:

	Prelievo Campioni	Monitoraggio visivo
<i>Ante Operam</i>	Previsto in unica soluzione	non previsto
<i>Corso d'Opera</i>	non previsto	non previsto
<i>Post-Operam</i> (fase di esercizio)	Vita utile dell'Impianto	Vita utile dell'Impianto

A) Ante – Operam

Attività	n° attività	Periodo attività
Prelievo Campioni	2 x 4 (*)	Unico prima dell'inizio delle attività
Monitoraggio visivo	-----	Non previsto

(*) prelievo n.1 campione componente suolo (0 – 30 cm) + n.1 campioni componente sottosuolo (0,3 – 1,0 metri). 4 siti di prelievo

B) In corso d'opera

Relativamente al periodo di cantiere non è prevista alcuna attività di monitoraggio della componente suolo. Vanno tuttavia evidenziate alcune raccomandazioni volte a minimizzare l'impatto delle attività di cantiere sulla componente suolo, di seguito riportate:

I) Contenere al massimo le operazioni di “scotico” delle superfici, limitandosi all'asportazione della coltre superficiale solo laddove è prevista la posa di coperture ex-novo (piazze permanenti, viabilità interna, aree destinate a fondazioni per manufatti).

II) Evidenziare immediatamente eventuali sversamenti accidentali (di entità significativa) di sostanze pericolose per l'ambiente (oli, carburanti, vernici etc.) che vanno immediatamente rimosse.

III) Valutare una *viabilità di cantiere* idonea, che insista prevalentemente sulla futura viabilità definitiva evitando direttrici di compattazione preferenziale non adibite a futura viabilità (ovvero alternare i transiti).

C) Post – Operam (Fase di esercizio)

Il monitoraggio della componente suolo nella fase post-operam sarà esteso a tutta la vita utile dell'impianto. Con riferimento alle richiamate *Linee guida del D.D. 27/09/2010 – Regione Piemonte*, la frequenza delle attività di monitoraggio avrà tempistiche variabili nel tempo, con una cadenze semestrali nei primi 2 anni di esercizio (ritenuto i più critici) che si diraderanno nel tempo, in assenza di criticità riscontrate e in considerazione di eventuali operazioni di mitigazione messe in atto (qualora necessarie).

Le attività riportate nella tabella seguente indicano, con riferimento a tutti e 10 i punti di indagine individuati in precedenza, le operazioni da eseguire e la relativa tempistica .

Data l'elevata sensibilità di tutti i parametri da rilevare (chimici, biologici e fisici) alle condizioni meteo-climatiche del periodo, nei rapporti di cantiere andranno sempre evidenziate le caratteristiche meteo-climatiche del periodo, desunte dalla stazione meteo-climatica dell'impianto che resterà in attività per tutta la sua vita utile.

Per le stesse motivazioni sopra esposte appare opportuno differenziare il monitoraggio con riferimento al periodo estivo ed al periodo invernale avendo cura di evitare periodi di particolare siccità o piovosità evitando pertanto le condizioni estive estreme (luglio-agosto) e invernali (novembre – gennaio).

Piano di Monitoraggio della componente Suolo				
	Estivo	Invernale	Prelievo Campioni (§)	Monitoraggio Visivo
1° anno (*)	X	X	X	X
2° anno	X	X	X	X
5° anno	X	X	X	X
8° anno	X	X	X	X
11° anno	X	X	X	X
15° anno	X	X	X	X
20° anno	X	X	X	X
+5 anni (**)	X	X	X	X
Dismissione (***)	X	X	X	X

(*) nell'immediato della chiusura del cantiere

(**) ogni 5 anni fino a dismissione

(***) successivo allo smantellamento dell'impianto ed al ripristino delle condizioni di campo aperto

(§) 2 campioni per ogni punto di sondaggio.

7. 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;
- verificare la corretta attuazione delle azioni di salvaguardia e protezione delle componenti;
- controllare, nelle fasi di costruzione e post-operam (fase di esercizio), l'evoluzione della vegetazione e degli habitat presenti e predisporre, ove necessario, adeguati interventi correttivi;
- accertamento della corretta applicazione delle misure di mitigazione e compensazione ambientale indicate nel SIA, al fine di intervenire per risolvere eventuali impatti residui;
- verifica dello stato evolutivo della vegetazione di nuovo impianto nelle aree soggette a ripristino vegetazionale;
- 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.

7.1 Zone Climatiche

Nel mondo le zone climatiche sono classificate secondo diversi metodi; in Italia il metodo più utilizzato è quello dell'ecologo Pavari (con successive modifiche) 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 si 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 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.

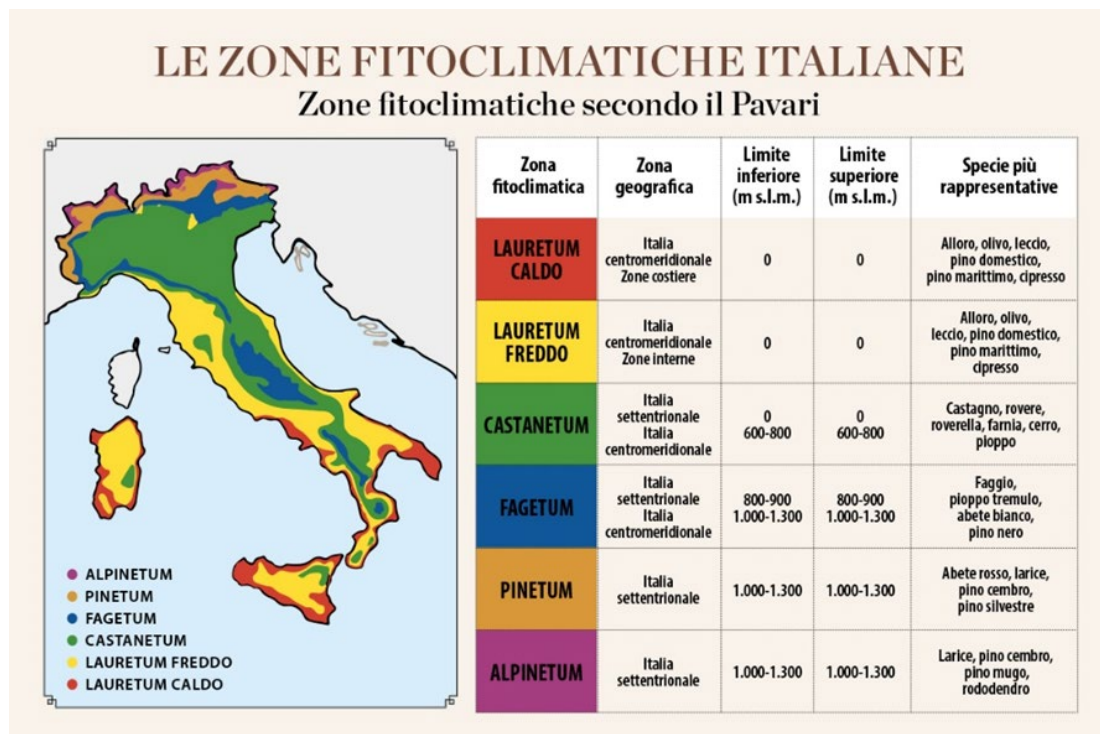


Fig.15 – Mappa delle aree Fitoclimatiche

7.2 Flora

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 presenti nelle zone esterne alle aree di progetto (eucalipteti e arbusti di macchia). Lo strato erbaceo naturale e spontaneo si caratterizza per la presenza di graminaceae, compositae, cruciferae ecc.. La copertura di un tempo è totalmente scomparsa e visivamente il paesaggio agrario in certe zone ricorda un'area a seminativo in parte abbandonata. Su questi terreni si sono verificati, e si verificano anche oggi, degli avvicendamenti fitosociologici e sinfitosociologici, e conseguentemente, delle successioni vegetazionali che sulla base del livello di evoluzione, strettamente correlato al tempo di abbandono, al livello di disturbo antropico (come incendi,

disboscamenti e ripristino delle coltivazioni, ecc..) oggi sono ricoperti da associazioni vegetazionali identificabili, nel loro complesso, come campi incolti, praterie nude, cespugliate e arbustate, gariga, macchia mediterranea, ecc.

Nel complesso, quindi, l'area oggetto di intervento è interessata esclusivamente da campi coltivati da colture cerealicole estensive come frumento e/o essenze foraggere in genere

7.3 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 e rappresentano, tra le colture, quelle che rivestono un aspetto particolarmente importante per il 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 arbustiva 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.

7.4 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:

- $S = \text{ricchezza di specie}$, 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' i -esima 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 metri di osservazione.

7.5 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'attuale fauna della Sardegna è il risultato di 4 principali fasi di popolamento che si sono succedute dall'Era Terziaria all'Era dell'uomo moderno. La prima fase di popolamento è riferibile al periodo in cui Sardegna e Corsica erano ancora unite all'Europa. Gran parte di quel patrimonio faunistico ereditato dal continente europeo al momento del distacco del blocco sardo-corso si è estinto nelle successive fasi di popolamento, ma in parte si è conservato e si è evoluto indipendentemente arrivando ai giorni nostri. Si tratta delle 5 specie di anfibi caudati che vivono nell'isola: l'euproto sardo e le 5 specie di geotritoni (*Atylodes genei*, *Speleomantes imperialis*, *S. supramontis*, *S. flavus*, *S. sarrabusensis*). La seconda ondata avvenne per cause geodinamiche alla fine del Miocene (intorno ai 6 milioni di anni fa), quando, per l'avvicinamento della placca africana a quella europea,

si chiuse lo stretto di Gibilterra e il Mediterraneo rimase isolato dall'oceano Atlantico. L'apporto idrico al mare da parte dei fiumi non fu sufficiente a controbilanciare le perdite per evaporazione. Così il Mediterraneo si ridusse rapidamente ad una serie di laghi salati separati da ampi tratti di terra, che formavano collegamenti tra Sardegna, Europa e Africa. La Sardegna fu colonizzata da nuove specie animali, tra le quali molti anfibi e rettili: il discoglossa, il rospo smeraldino balearico, la raganella, il tarantolino, l'algiroide tirrenico, la luscengola, il gongilo, la natrice viperina e la lucertola del Bedriaga. Vi arrivarono anche mammiferi come il Nesogoral melonii, una sorta di capra che viveva nei boschi, il Rhagamys orthodon, un Muride, il Macaca maiori, una scimmia, e il Prolagus figaro, un Ocotonide lagomorfo (simile ai pica nordamericani e asiatici), che però si estinsero nella successiva fase.

La terza fase è riferibile alle glaciazioni quaternarie. Durante i picchi glaciali il livello del mare si ridusse di 100-130 metri rispetto all'attuale. Sardegna e Corsica formavano un unico blocco di terra emersa e l'arcipelago toscano formava un lungo promontorio collegato al continente. Tra il continente e la Corsica restava dunque un breve tratto di mare facilmente attraversabile. Arrivarono così il biacco, il riccio, il topo quercino, la volpe, il cervo gigante (Megaceros cazioti), un canide (Cynotherium sardous), un mammoth nano (Mammuthus lamarmorai) e il prolago sardo (Prolagus sardus). Gli ultimi quattro si sono estinti, ma il prolago è sopravvissuto fino al 1700 nell'isola di Tavolara. Oltre a queste specie arrivò anche l'uomo. E fu proprio l'uomo ad operare la quarta fase di popolamento, determinando un cambiamento profondo nel quadro faunistico dell'isola, provocando l'estinzione di alcune specie e introducendone altre. Nella quarta fase furono importati, in momenti diversi, il cervo, il daino, il muflone, la lepre, il coniglio selvatico, il cinghiale, la martora, il gatto selvatico, le tre testuggini terrestri (marginata, di Hermann greca), la pernice, il saettone e il colubro ferro di cavallo.

L'entomofauna è particolarmente ricca e comprende rappresentanti di tutti gli ordini della classe degli Insetti. Anche in questo caso è numeroso il contingente endemico. Dato l'elevatissimo numero di rappresentanti di questo gruppo ci vorrebbe una trattazione a parte per descriverne almeno il minimo indispensabile. Qui ci limiteremo a citare tre delle specie endemiche più notevoli. Tra i lepidotteri il bellissimo ospitone, un Papilionide che vive in genere a quote superiori ai 600 metri, i cui bruchi si nutrono delle foglie di *Ferula communis*. Tra i coleotteri lo scarabeo ariete. Tra gli ortotteri il grande panfago sardo, grossa cavalletta verde dalle ali atrofizzate.

Considerando la famiglia dei Chiroteri cui appartengono i Pipistrelli (unici mammiferi capaci di volare), essi svolgono un ruolo fondamentale in molti ecosistemi del nostro pianeta. Oltre al controllo degli insetti, sono responsabili dell'impollinazione e disseminazione di un gran numero di alberi tropicali, tra cui, per fare un esempio conosciuto da tutti, il banano selvatico. Questi animali, benché rappresentino circa 1/3 dei mammiferi italiani, con ben 30 specie, passano spesso inosservati. Tutte le specie presenti in Italia sono insettivore e, come ogni predatore,

svolgono un'importante funzione nel contenimento numerico delle loro prede. Per fare un esempio concreto, un pipistrello, in una sola notte, è in grado di divorare fino a 5000 zanzare. Ogni anno, oltre a questi insetti che infastidiscono direttamente l'uomo, i Chiroterri catturano numerose specie dannose per le colture agricole e forestali, fornendo così un prezioso aiuto. Il servizio che offrono è quindi essenziale e anche per questo motivo occorre mettere in atto alcuni accorgimenti per proteggerli e favorire la loro presenza. Pur essendo animali poco conosciuti, negli ultimi decenni è stata osservata una forte diminuzione. Varie cause hanno determinato quest'andamento negativo e, per la maggior parte, sono riconducibili all'attività umana sull'ambiente. I motivi principali della loro rarefazione sono:) degrado delle foreste e taglio dei vecchi alberi;) avvelenamento e diminuzione delle prede dovuti all'uso indiscriminato di pesticidi;) riduzione delle zone umide con aumento di aree a seminativo;) disturbo nelle grotte. I chiroterri sono uno dei gruppi di animali tra i più vulnerabili ai cambiamenti ambientali. Questo è dato dall'avanzato grado di specializzazione e dalla particolare sensibilità al disturbo nelle diverse fasi trofiche, dall'ibernazione, alla riproduzione e all'alimentazione. Ne consegue che tutte le specie di microchiroterri sono inserite nell'Allegato IV della Direttiva Habitat. I disturbi o l'eliminazione degli habitat, quali alberi ricchi di cavità o edifici storici che fungono da siti di riposo e riproduzione diurni e notturni, riducono sensibilmente gli individui all'interno delle popolazioni. Gran parte dei microchiroterri si nutre di insetti che cattura in volo al tramonto e durante le ore notturne, pertanto, a scala vasta, i disturbi per le specie riguardano le trasformazioni ambientali, come la semplificazione del paesaggio, la cementificazione, l'inquinamento degli habitat con pesticidi o altre sostanze tossiche. Tutto ciò riduce la disponibilità trofica compromettendone quindi le popolazioni locali. L'area di analisi non interessa zone ove sono presenti pipistrelli e, ad ogni modo, gli effetti legati a modificazioni e/o alterazioni degli equilibri in relazione ai lavori di realizzazione del parco agrivoltaico sono da ritenersi nulli.

Come specificato nelle tavole di progetto e nella relazione agronomica, considerata la realizzazione della recinzione metallica perimetrale, saranno previste delle aperture sotto la recinzione, di idonee dimensioni, 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:

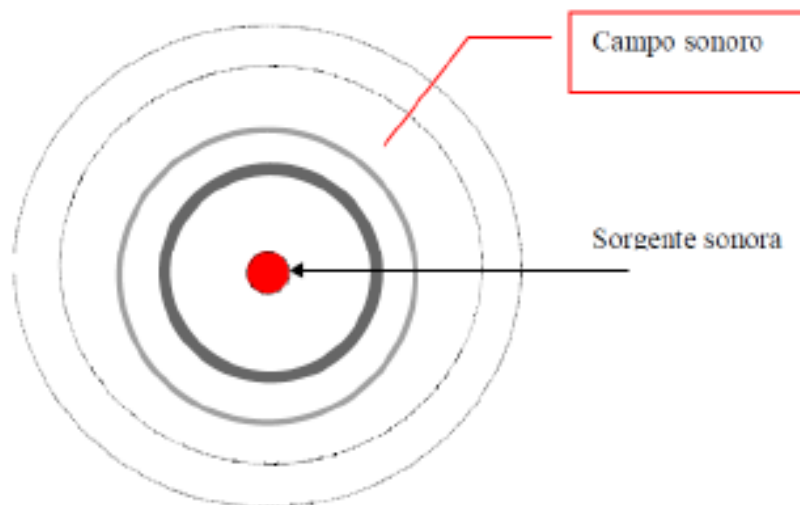
- ridurranno l'effetto rifrazione della luce e conseguentemente minimizzeranno i fastidi per la fauna;
- creeranno ex-novo dei microambienti dove la fauna, di vario genere, potrà avere la possibilità di svilupparsi (riappropriandosi di zone che prima risultavano incolte);
- determineranno la creazione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

8. 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 2×10^{-5} Pa, definita soglia di udibilità, (inferiore di circa 5 miliardi di volte alla pressione atmosferica standard di 1013,25 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 Piano 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 (fase di esercizio);

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 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; -
- 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 (fase di esercizio) 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.).

8.1 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.

8.2 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

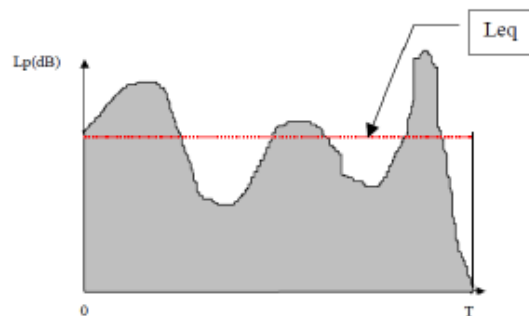
modalità che verranno di seguito indicate.

- 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 – Leq*”:

$$Leq = 10 \lg [1/T (0T \int p^2(t) / p_0^2 dt)] \text{ (dB)}$$

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).

- 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.

- 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 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		
TV	Rilevamento di rumore indotto da traffico veicolare	Una settimana	Leq Settimanale – Leq Diurno Leq Notturno	Una volta	-	Una volta
LF	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	-
LC	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.	-
LM	Rilevamento di rumore indotto dal traffico dei mezzi di cantiere	Una settimana	Leq Settimanale – Leq Diurno Leq Notturno	Una volta	Semestrale	-

8.3 Identificazione dei punti di monitoraggio

I punti sensibili individuati sono stati scelti e proposti sulla base della tipologia e la conformazione dell'impianto e sono riportati con gli indicatori triangolari di colore Blu nella planimetria seguente (Fig 16 e 17). Le posizioni dei punti di misura potranno subire variazioni durante lo svolgimento delle misurazioni in funzione delle condizioni reperite in sito, al fine di caratterizzare acusticamente al meglio l'area di interesse

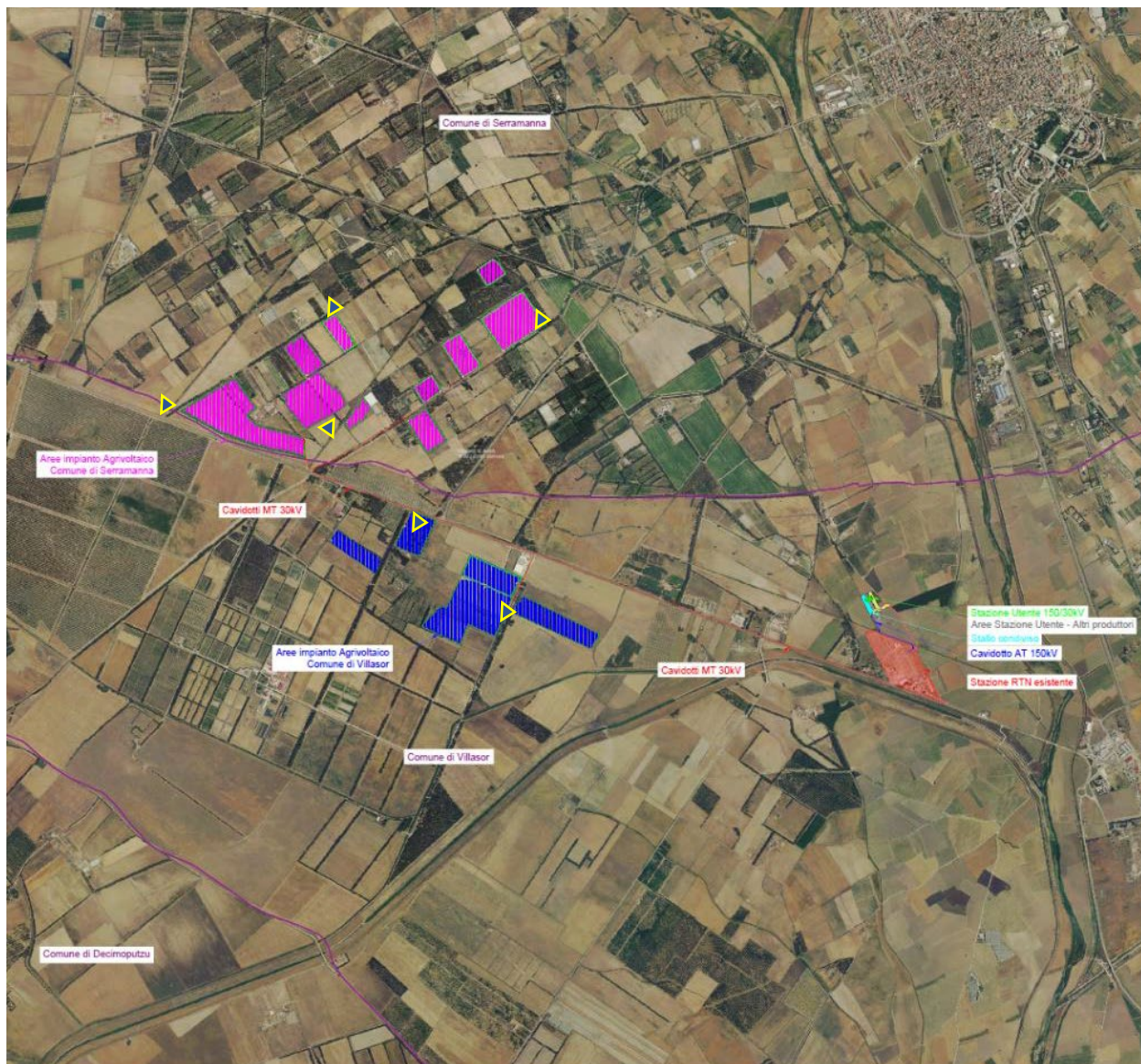


Fig.16 – Ortofoto con ubicazione dei punti di misura del rumore

9. 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 le attività lavorative proprie dei 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.

9.1 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, tuttavia, che tali livelli sono più notevolmente più elevati di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, (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.

9.2 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 valutare lo stato attuale dei luoghi in relazione alla sismicità indotta dalla pluralità delle sorgenti presenti (traffico veicolare, attività industriali, ecc.) 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 progetta;
- 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 di emissione ed esaltazioni del fenomeno se si interessano le frequenze di risonanza delle strutture degli edifici monitorati.

9.3 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

vibratori 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.

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

Nella formula precedente T è il tempo di durata della misura e $a_w(t)$ 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} m/s².

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s ²	dB
Aree critiche	5,0 10 ⁻³	74
Abitazioni notte	7,0 10 ⁻³	77
Abitazioni giorno	10,0 10 ⁻³	80
Uffici	20,0 10 ⁻³	86
Fabbriche	40,0 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	
	m/s ²	dB
Aree critiche	3,6 10 ⁻³	71
Abitazioni notte	5,0 10 ⁻³	74
Abitazioni giorno	7,0 10 ⁻³	77
Uffici	14,4 10 ⁻³	83
Fabbriche	28,8 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 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 ²	dB	m/s ²	dB
Aree critiche	5 10 ⁻³	74	3,6 10 ⁻³	71
Abitazioni notte	7 10 ⁻³	76	5,0 10 ⁻³	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/s²) 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 vibratori 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.

9.4 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 cerchio in giallo nelle figure a seguire:

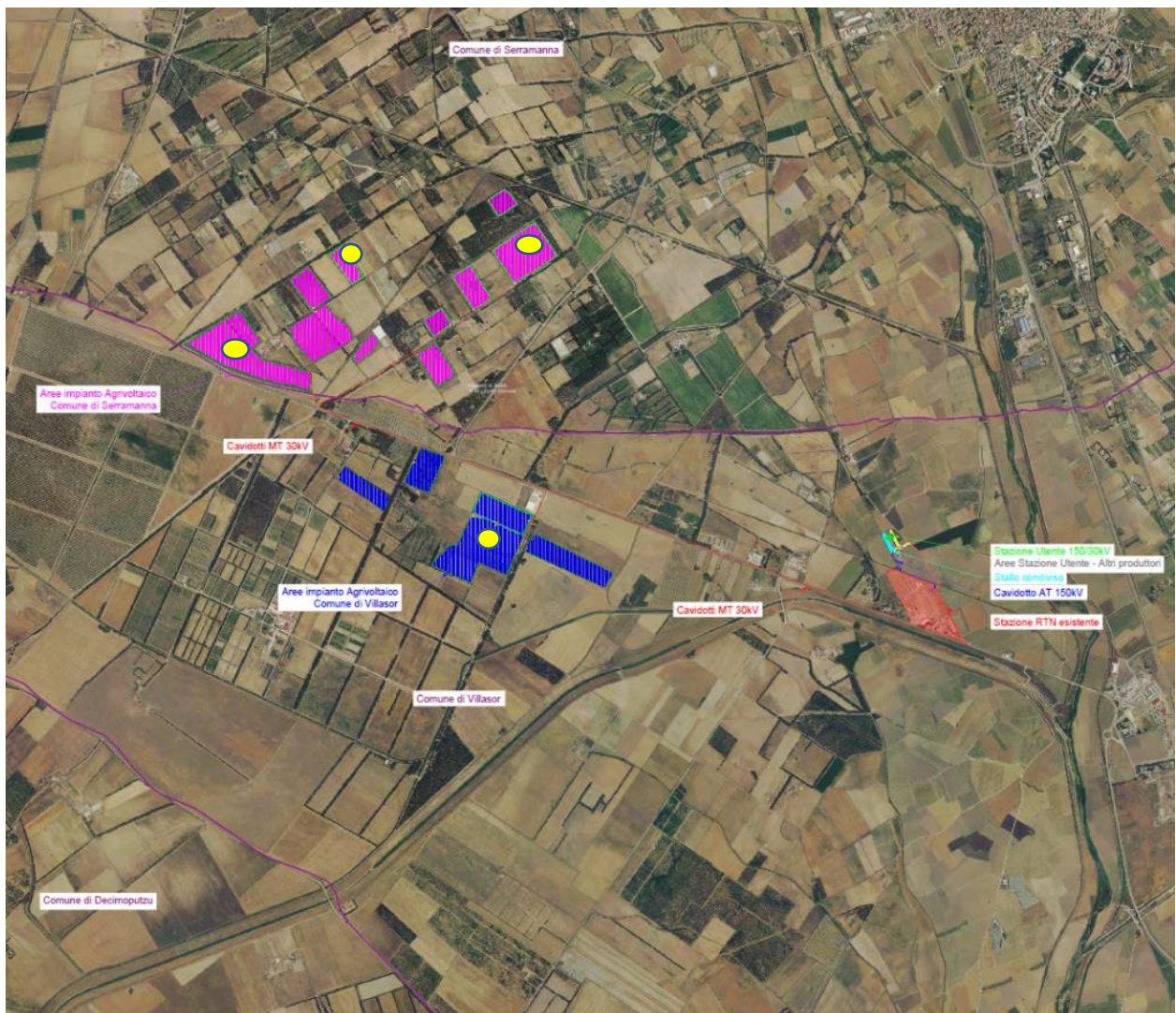


Fig. 18: Individuazione dei punti di misura delle vibrazioni

10. Conclusioni

Il protocollo di monitoraggio redatto è stato studiato appositamente in relazione al progetto che prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare della potenza di 45,524 MWdc, da realizzarsi in agro nei comuni di Serramanna e Villasor (SU), comprese le relative opere di connessione, è mira alla definizione ed al monitoraggio dei più importanti i parametri ambientali, ovvero atmosfera, suolo, flora e fauna, rumore, vibrazioni.

L'impianto fotovoltaico è proposto dal gruppo **VERDE 8 SRL**.

Per ogni componente sono state fornite **metodologie e tempistiche**, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo per il relativo monitoraggio durante le 3 fasi del progetto individuate, ante-operam, in opera (realizzazione impianto), post-operam (fase di esercizio impianto).

Scopo del presente documento era quello di fornire uno strumento operativo che consenta di ottenere un quadro esaustivo dell'evoluzione delle componenti ambientali nel tempo, attraverso un monitoraggio pluriennale di durata pari a quella dell'impianto.

- L'analisi della componente "atmosfera" prevede l'installazione di n.1 stazioni agrometeorologiche complete, ovvero in grado di misurare tutti i parametri significati richiamati nello studio.

- L'analisi della componente "suolo" prevede il prelievo e relative analisi di campioni di suolo, secondo una tempistica già definita; contestualmente, in prossimità di ogni punto di campionamento sono previste anche indagini fisiche dello stato del suolo mediante prove di compattazione e di permeabilità in situ.

- L'analisi della componente "floro-faunistica" prevede la valutazione periodica in situ di una serie di parametri dalla cui elaborazione si otterranno i vari indici che permetteranno una valutazione oggettiva di eventuali evoluzioni nel tempo relativamente agli aspetti di flora e fauna quali, ricchezza di specie, diversità, abbondanza, dominanza ecc.

- L'analisi della componente ambientale "rumore" prevede la misurazione dei livelli sonori (misurazioni fonometriche) in punti di rilevazione specifici (individuati nel presente studio) per la rilevazione dei vari parametri di riferimento, in funzione delle normative vigenti e relativamente alle attività antropiche ed alla presenza umana.

- L'analisi della componente ambientale "vibrazioni" prevede la misurazione dei moti vibratorii, in intensità e frequenza, in specifici punti di rilevazione (individuati nel presente studio) per la rilevazione dei vari parametri di riferimento, in funzione delle normative vigenti e relativamente alle attività antropiche ed alla presenza umana.

Relativamente al monitoraggio dei campi elettromagnetici, come espressamente argomentato nella relazione tecnica specialistica specifica, considerato che all'interno dell'impianto

fotovoltaico, salvo il buffer intorno alle cabine di trasformazione, il valore dell'induzione magnetica è sempre inferiore ai limiti imposti dalle normative vigenti e che tutto il progetto compreso le aree poste in prossimità della SSNE è sempre rispettato il limite di qualità per le nuove installazioni finalizzato alla tutela della popolazione fissato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003

Per i lavoratori professionalmente esposti ai campi elettromagnetici si deve invece fare riferimento ai limiti fissati dal D. Lgs n. 159/2016: in attuazione della direttiva europea 2013/35/UE, secondo il quale il Valore di Azione da non superare, in presenza di impianti elettrici nell'intervallo di frequenza

$25 \text{ Hz} \leq f \leq 300 \text{ Hz}$, è fissato pari a:

- 1000 μT , per B (induzione magnetica)
- 10 kV/m per E (campo elettrico)

In riferimento alle cabine elettriche presenti all'interno del campo fotovoltaico, tenuto conto che non sono sede permanente di lavoro e che ad esse avranno accesso solo personale tecnico adeguatamente formato e dotato di specifiche dotazioni di protezione, si può affermare che i limiti sopra riportati rientrano ampiamente nei limiti imposti dalla normativa di esposizione dei lavoratori ai CEM, pertanto non si ritiene necessaria alcuna tipologia di monitoraggio nella fase di esercizio.

Il presente protocollo, attraverso analisi periodiche e report fotografici, condivisi con gli enti competenti, oltre a fornire una notevole mole di dati sullo "stato ambientale" delle aree di interesse permetterà di monitorare gli effetti dell'impianto fotovoltaico nel breve, medio e lungo periodo sul suolo, sull'ambiente circostante e sulle attività umane presenti nel raggio di influenza dell'impianto.

Si richiama sin d'ora che all'emergere di criticità nei parametri monitorati, verranno implementati sia il numero di campionamento che la frequenza delle analisi ed informati immediatamente gli organi competenti, qualora durante l'iter autorizzativo si rendesse necessario ampliare e/o integrare il suddetto PMA la società è completamente disponibile a concordare e ad applicare eventuali variazioni a quanto su esposto.