

Regione Sicilia



Comune di Calatafimi Segesta



Provincia di Trapani



Comune di Gibellina



Progetto di un impianto agrivoltaico avanzato denominato "Làgani", una potenza complessiva pari a 70,365 MWp integrato con un sistema di accumulo della potenza di 10 MW, da realizzarsi nei Comuni di Calatafimi Segesta (TP) e Gibellina (TP)

PROGETTO DEFINITIVO

DELL'IMPIANTO DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

CODICE ELABORATO

GOSO_CLT_021_R_00

TITOLO ELABORATO

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Proponente:

GO-SOLE

GO-SOLE S.r.L.

Piazza del Grano 3
39100 Bolzano (BZ)
go-sole@legalmail.it
CF/P.IVA 03225430218

Progettazione



Progettista

Dr. Geol. Michele Ognibene



Dr. Ing. Daniele Cavallo

REVISIONI	N.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
	00	28.08.2024	DEFINITIVO PER CONSEGNA VIA/AU	F. BATTAGLIA	M.OGNIBENE	A. DE BORTOLI

PREMESSA	3
1. OGGETTO E SCOPO	5
2. DATI GENERALI	6
2.1. Dati del Proponente.....	6
2.2. Località di realizzazione dell'intervento.....	6
2.3. Destinazione d'uso	7
2.4. Dati catastali	7
2.5. Connessione	8
3. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	9
3.1. Inquadramento geografico e territoriale.....	9
4. OBIETTIVI GENERALI E REQUISITI DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	11
4.1. Fasi della redazione del PMA	12
4.2. Definizione delle componenti ambientali oggetto di monitoraggio	12
4.3. Definizione temporale per l'espletamento delle attività.....	13
5. MONITORAGGIO DELLA COMPONENTE ARIA	14
5.1. Metodologie di Monitoraggio	15
5.2. Monitoraggio parametri microclimatici.....	19
5.3. Identificazione dei punti di monitoraggio	21
5.4. Piano di Monitoraggio	23
6. MONITORAGGIO DELLA COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO	23
6.1. Aspetti metodologici generali	24
6.1.1 Definizioni.....	25
6.2. Modalità prelievo campioni di suolo per analisi di laboratorio.....	26
6.2.1 Punti di campionamento	30
6.2.2 Metodologie di Campionamento.....	33
6.2.3 Analisi di laboratorio per la componente suolo.....	35
6.3. Prove in situ.....	41
6.3.1 Metodologie di monitoraggio.....	42
6.3.2 Ubicazione dei Punti di Monitoraggio.....	45
6.4. Piano di monitoraggio suolo.....	45
6.5. Frequenza e restituzione dei dati.....	48
7. MONITORAGGIO DELLA COMPONENTE ACQUA (OPZIONALE)	49
7.1. Aspetti metodologici	49
7.2. Punti di prelievo	50
7.3. Piano di monitoraggio componente Acqua.....	50
7.4. Frequenza e restituzione dei dati.....	51
8. MONITORAGGIO DELLA COMPONENTE RUMORE	52
8.1. Aspetti metodologici	54
8.2. Definizione degli indicatori e dei parametri del monitoraggio	54
8.3. Identificazione dei punti di monitoraggio	57
8.4. Piano di monitoraggio della componente rumore	57
8.5. Frequenza e restituzione dei dati.....	59
9. CONCLUSIONI	60

PREMESSA

Con l'entrata in vigore della Parte Seconda del D.Lgs.152/2006 e ss.mm.ii. il monitoraggio ambientale è entrato a far parte integrante del processo di VIA assumendo, ai sensi dell'art.28, la funzione di strumento capace di fornire la reale "misura" dell'evoluzione dello stato dell'ambiente nelle diverse fasi di attuazione di un progetto e soprattutto di fornire i necessari "segnali" per attivare azioni correttive nel caso in cui le risposte ambientali non siano rispondenti alle previsioni effettuate nell'ambito della VIA.

Le linee Guida per la redazione del PMA sono state redatte in collaborazione tra ISPRA e Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, e sono finalizzate a:

- fornire indicazioni metodologiche ed operative per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA);
- stabilire criteri e metodologie omogenee per la predisposizione dei PMA affinché, nel rispetto delle specificità dei contesti progettuali ed ambientali, sia possibile il confronto dei dati.

Nelle more dell'emanazione di nuove norme tecniche in materia di valutazione ambientale ai sensi dell'art.34 del D.Lgs.152/2006 e s.m.i., il documento costituisce atto di indirizzo per lo svolgimento delle procedure di Valutazione d'Impatto Ambientale, in attuazione delle disposizioni contenute all'art.28 del D.Lgs.152/2006 e s.m.i. Le linee guida citate sono dunque la base di riferimento del presente studio redatto per il progetto in esame.

Si precisa fin da ora che il presente PMA dà indicazioni sui possibili monitoraggi da effettuare, gli stessi potranno essere confermati, eliminati o integrati a seguito di indicazioni da parte degli enti coinvolti nel procedimento autorizzativo.

Il *DPCM 27.12.1988* recante "Norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale", tutt'ora in vigore in virtù dell'art.34, comma 1 del D.Lgs.152/2006 e ss.mm.ii., prevede che "...la definizione degli strumenti di gestione e di controllo e, ove necessario, le reti di monitoraggio ambientale, documentando la localizzazione dei punti di misura e i parametri ritenuti opportuni" costituisca parte integrante del Quadro di Riferimento Ambientale (Art. 5, lettera e). Il *D. Lgs.152/2006* e ss.mm.ii. rafforza la finalità del monitoraggio ambientale attribuendo ad esso la valenza di vera e propria fase del processo di VIA che si attua successivamente all'informazione sulla decisione (art.19, comma 1, lettera h). Il monitoraggio ambientale è individuato nella Parte Seconda del *D. Lgs.152/2006* e ss.mm.ii., (art.22, lettera e); punto 5-bis dell'Allegato VII come "descrizione delle misure previste per il monitoraggio" facente parte dei contenuti dello Studio di Impatto Ambientale ed è quindi documentato dal proponente nell'ambito delle analisi e delle valutazioni contenute nello stesso SIA. Il monitoraggio è infine parte integrante del provvedimento di VIA (art.28 *D. Lgs.152/2006* e ss.mm.ii.) che "contiene ogni opportuna indicazione per la progettazione e lo svolgimento delle attività di controllo e monitoraggio degli impatti".

In analogia alla VAS, il processo di VIA non si conclude quindi con la decisione dell'autorità competente ma prosegue con il monitoraggio ambientale per il quale il citato art.28 individua le seguenti finalità:

- controllo degli impatti ambientali significativi provocati dalle opere approvate;
- corrispondenza alle prescrizioni espresse sulla compatibilità ambientale dell'opera;
- individuazione tempestiva degli impatti negativi imprevisi per consentire all'autorità competente di adottare le opportune misure correttive che, nel caso di impatti negativi ulteriori e diversi, ovvero di entità significativamente superiore rispetto a quelli previsti e valutati nel

provvedimento di valutazione dell'impatto ambientale, possono comportare, a titolo cautelativo, la modifica del provvedimento rilasciato;

- informazione al pubblico sulle modalità di svolgimento del monitoraggio, sui risultati e sulle eventuali misure correttive adottate, attraverso i siti web dell'autorità competente e delle agenzie interessate.

Il D. Lgs.163/2006 e s.m.i regola la VIA per le opere strategiche e di preminente interesse nazionale (Legge Obiettivo 443/2001) e definisce per i diversi livelli di progettazione (preliminare, definitiva, esecutiva) i contenuti specifici del monitoraggio ambientale. Ai sensi dell'Allegato XXI (Sezione II) al D. Lgs.163/2006 e ss.mm.ii.:

- il Progetto di Monitoraggio Ambientale costituisce parte integrante del progetto definitivo (art.8, comma 2, lettera g),

- la relazione generale del progetto definitivo "riferisce in merito ai criteri in base ai quali si è operato per la redazione del progetto di monitoraggio ambientale con particolare riferimento per ciascun componente impattata e con la motivazione per l'eventuale esclusione di taluna di esse" (art.9, comma 2, lettera i),

- sono definiti i criteri per la redazione del PMA per le opere soggette a VIA in sede statale, e comunque ove richiesto (art.10, comma 3):

a) il progetto di monitoraggio ambientale (PMA) deve illustrare i contenuti, i criteri, le metodologie, l'organizzazione e le risorse che saranno impiegate successivamente per attuare il piano di monitoraggio ambientale (PMA), definito come l'insieme dei controlli da effettuare attraverso la rilevazione e misurazione nel tempo di determinati parametri biologici, chimici e fisici che caratterizzano le componenti ambientali impattate dalla realizzazione e/o dall'esercizio delle opere;

b) il progetto di monitoraggio ambientale dovrà uniformarsi ai disposti del citato D.M. 1° aprile 2004 del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio; in particolare dovranno essere adottati le tecnologie ed i sistemi innovativi ivi previsti.

Secondo quanto stabilito dalle linee guida nella redazione del PMA si devono seguire le seguenti fasi progettuali:

- analisi del documento di riferimento e pianificazione delle attività di progettazione;

- definizione del quadro informativo esistente;

- identificazione ed aggiornamento dei riferimenti normativi e bibliografici;

- scelta delle componenti ambientali;

- scelta delle aree da monitorare;

- strutturazione delle informazioni;

- programmazione delle attività.

Per consentire una più efficace attuazione di quanto previsto dalla disciplina di VIA delle opere strategiche e considerata la rilevanza territoriale e ambientale delle stesse, l'allora "Commissione Speciale VIA" ha predisposto nel 2003, e successivamente aggiornato nel 2007, le "Linee Guida per il Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle infrastrutture strategiche ed insediamenti produttivi di cui al D.Lgs. 163/2006 che rappresentano un utile documento di riferimento tecnico per la predisposizione del PMA da parte dei proponenti e per consentire alla

Commissione stessa di assolvere con maggiore efficacia ai propri compiti (art.185 del D.Lgs.163/2006 e s.m.i.).

1. OGGETTO E SCOPO

Nell'ambito del progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico, è stato redatto un Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) così come previsto nella Parte Seconda del .Lgs.152/2006 e ss.mm.ii.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) rappresenta uno strumento di controllo di eventuali processi di trasformazione delle matrici ambientali sulle quali il progetto si andrà ad inserire, ovvero, suolo e sottosuolo, aria, acqua, vegetazione, fauna, paesaggio e rumore.

Il PMA proposto è stato ideato per essere uno strumento all'occorrenza adattabile e modificabile di concerto con gli Enti Vigilanti (ARPA Sicilia e Autorità Ambientale Regione Siciliana); il PMA, nei fatti, funzionerà come strumento di controllo dell'intervento progettuale proposto, permettendo di individuare tempestivamente eventuali problematiche ambientali scaturite dall'inserimento del nuovo progetto nel contesto territoriale esistente, fornendo le opportune indicazioni per correggere eventuali errori nelle scelte progettuali iniziali, mediante opportuni interventi di mitigazione.

Al fine di valutare al meglio le azioni derivanti dagli interventi in progetto sulle varie componenti ambientali, il PMA proposto ha tenuto conto dei vari stadi progettuali, che sinteticamente sono stati discretizzati in tre fasi:

- *fase ante-operam* (o stato di fatto), rappresentativo della situazione iniziale delle componenti ambientali;
- *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 dopo la realizzazione degli interventi in progetto e quindi durante tutta la fase di esercizio.

La metodologia utilizzata per l'individuazione delle interazioni opera/ambiente è sinteticamente rappresentata nel seguente schema grafico:



Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato, mediante tecnologia fotovoltaica con tracker monoassiale, che la Società proponente – GO-SOLE srl - intende realizzare in agro dei Comuni di Calatafimi Segesta (TP) e Gibellina (TP).

L'impianto avrà una potenza installata di 70.365 kWp e l'energia prodotta verrà immessa sulla rete RTN in alta tensione.

Si evidenzia che sebbene la potenza di picco dell'impianto agrivoltaico in progetto sarà pari a 70.365 kWp, la potenza in immissione sarà di 54,400 kW, inferiore rispetto alla potenza installata di picco in quanto, per l'effetto combinato delle perdite legate alla disposizione geometrica dei pannelli (dovute a ombreggiamento, riflessione), delle perdite proprie dell'impianto (dovute a temperatura, sporcamento, mismatch, conversione ecc.) e delle perdite di connessione alla rete, l'energia immessa al punto di consegna non sarà mai superiore a tale valore. Qualora, in condizioni meteo-climatiche favorevoli, l'impianto potesse produrre più potenza, la stessa sarà limitata a livello dei convertitori AC/DC in modo da non superare il limite di immissione previsto al punto di consegna.

Si evidenzia inoltre che l'impianto sarà completo di un sistema di accumulo da 10 MW, con capacità di 40 MWh.

L'impianto permetterà di ottenere una produzione annua di circa 131 GWh/anno, pari al consumo medio annuo di energia elettrica di 52.250 famiglie.

Questo progetto, inoltre, apporterà importanti benefici ambientali sia in termini di mancate emissioni di inquinanti che di risparmio di combustibile: l'impianto consentirà di evitare l'emissione di circa 58.000 t/anno di anidride carbonica. Il bilancio sull'ambiente sarà pertanto nettamente positivo.

2. DATI GENERALI

2.1. DATI DEL PROPONENTE

Di seguito i dati anagrafici del soggetto proponente:

SOCIETA' PROPONENTE	
Denominazione	GO-SOLE S.R.L.
Indirizzo sede legale	Piazza del Grano, 3 - 39100 Bolzano (BZ)
Codice Fiscale/Partita IVA	03225430218
Capitale Sociale	10.000,00 €
PEC	go-sole@legalmail.it

Tabella 2-1 – Informazioni principali della Società Proponente

2.2. LOCALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'impianto agrivoltaico oggetto del presente documento sarà realizzato nel comune di Calatafimi Segesta (TP). Il cavidotto 30 kV relativo all'impianto interesserà invece i comuni di Calatafimi Segesta e di Gibellina (TP).

La Stazione Utente, il sistema di accumulo e le opere di rete relative all'impianto saranno realizzate nel comune di Gibellina (TP).

2.3. DESTINAZIONE D'USO

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

2.4. DATI CATASTALI

I terreni interessati dall'intervento per quanto riguarda l'area di impianto, così come individuati da catasto del comune di Calatafimi Segesta (TP) sono:

- Area impianto 1:
 - FG 106 particelle 30, 38
- Area impianto 2:
 - FG 107 particelle 146, 147, 148, 149, 166, 167, 169, 170, 171, 177, 178, 179, 180, 181, 185, 186, 187
- Area impianto 3:
 - FG 107 particella 26
- Area impianto 4:
 - FG 107 particelle 37, 39, 42, 43, 57, 104, 105, 106, 125, 151, 152, 153, 154, 160, 161, 162
- Area impianto 5:
 - FG 108 particelle 2, 9, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 27, 37, 38, 39, 40, 41, 57, 60, 61, 71, 72, 75, 76,77
- Area impianto 6:
 - FG 109 particelle 8, 9
 - FG 112 particelle 1, 3, 37, 38, 53, 54, 57, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114
- Area impianto 7:
 - FG 113 particelle 104, 105, 122, 135, 136, 162, 163, 189, 190, 123, 73, 167, 63, 72, 160, 161, 166, 168, 186, 187, 188
- Area impianto 8:
 - FG 122 particelle 68, 126, 127

L'area della Stazione Utente e dello stallo condiviso 220 kV interesserà i seguenti terreni, così come individuati da catasto del comune di Gibellina (TP):

- FG 5 particelle 192, 209, 210 e 284

Il sistema di accumulo intesserà i seguenti terreni, così come individuati da catasto del comune di Gibellina (TP):

- FG 5 particelle 180, 190

Le opere di rete e la stazione RTN cui si collegherà l'impianto, interesserà invece i seguenti terreni, così come individuati da catasto del comune di Gibellina (TP):

- FG 7 particelle 115, 214, 216

Tutti i terreni su cui saranno installati i moduli fotovoltaici e realizzate le infrastrutture necessarie, risultano di proprietà privata e corrispondono a terreni ad uso prevalentemente agricolo.

Luogo di installazione	Comune di Calatafimi Segesta (TP)
Potenza di Picco (kWp)	70.365 kWp
Potenza Nominale (kW)	54.400 kWp (Potenza disponibile per la connessione)
Informazioni generali del sito	Sito collinare ben raggiungibile da strade statali/provinciali/comunali
Tipo di strutture di sostegno	Inseguitore monoassiale
Coordinate area impianto 1	Latitudine 37°51'25.45"N Longitudine 12°52'40.04"E
Coordinate area impianto 2	Latitudine 37°51'50.60"N Longitudine 12°52'58.58"E
Coordinate area impianto 3	Latitudine 37°51'49.80"N Longitudine 12°53', 24.90"E
Coordinate area impianto 4	Latitudine 37°51'36.00"N Longitudine 12°53'6.38"E
Coordinate area impianto 5	Latitudine 37°51'50.99"N Longitudine 12°53'47.31"E
Coordinate area impianto 6	Latitudine 37°51'49.75"N Longitudine 12°54'42.50"E
Coordinate area impianto 7	Latitudine 37°51'30.81"N Longitudine 12°55'44.26"E
Coordinate area impianto 8	Latitudine 37°51'11.52"N Longitudine 12°55'57.49"E
Coordinate BESS	Latitudine 37°49'2.13"N Longitudine 12°56'25.68"E
Coordinate stazione utente	Latitudine 40°42'51.42"N Longitudine 8°24'31.65"E
Coordinate stallo condiviso	Latitudine 37°49'17.96"N Longitudine 12°56'28.40"E
Coordinate stazione RTN	Latitudine 40°42'51.42"N Longitudine 8°24'31.65"E

Tabella 2-2 – Dati impianto

2.5. CONNESSIONE

La Società FRI-EL S.p.A. ha presentato a Terna S.p.A. ("il Gestore") la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 54,4 MW. Alla richiesta è stato assegnato Codice Pratica 202200711.

Il progetto di connessione prevede che la centrale venga collegata in antenna a 220 kV con una nuova stazione elettrica di smistamento (SE) a 220 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Partinico - Partanna".

3. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

3.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'area presa in considerazione nel presente progetto ricade amministrativamente all'interno del Comune di Calatafimi Segesta (TP), per un'area complessiva recintata di circa 106 ettari.

Dal punto di vista cartografico, l'area di impianto ricade all'interno delle Tavole Foglio n°257, Quadrante II Orientazione SE denominato "Calatafimi" mentre la stazione lato utente e il sistema di accumulo interessano il Foglio n°257 Quadrante II Orientazione NE "S. Ninfa". Il tracciato del cavidotto ricadrà anche nel Foglio n°258 Quadrante IV Orientazione SO "Monte Pietroso" e il Foglio n°258 Quadrante III Orientazione NO "Gibellina", della Carta Ufficiale d'Italia edita dall' I.G.M.I. in scala 1:25.000. Il progetto si inquadra altresì nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 all'interno delle sezioni 606110 "Monte Baronìa" i cluster da Area 1 ad Area 6 e parte del cavidotto, nella sezione 606120 "Sirignano" i sotto impianti Area 7 e Area 8 e parte del cavidotto, infine nella sezione 606160 "Costa di Raia" la stazione lato utente, il sistema di accumulo e la parte terminale del cavidotto.

L'area interessata dal progetto è facilmente raggiungibile grazie ad una rete di strade di vario ordine presenti in zona.



Figura 3-1 – Inquadramento regionale

Le coordinate delle diverse aree di impianto, nonché del sistema di accumulo, della stazione utente, dello stallo condiviso e delle opere di rete sono riportate in Tabella 2-2.

Si riportano di seguito estratti delle tavole di progetto riportanti l'inquadramento di tali opere.

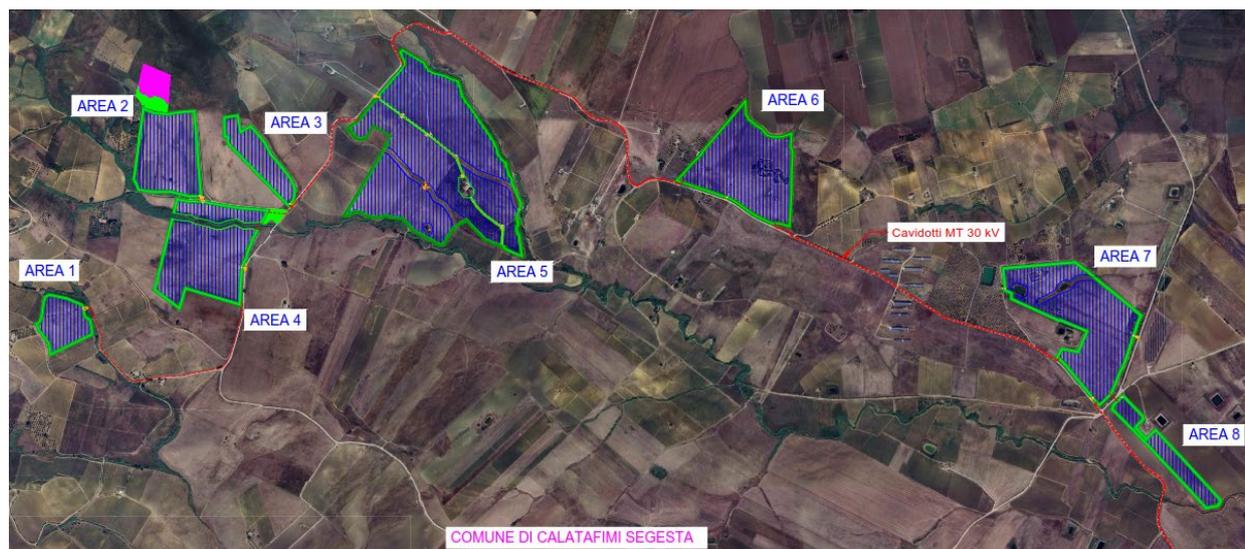


Figura 3-2 – Area impianto su ortofoto

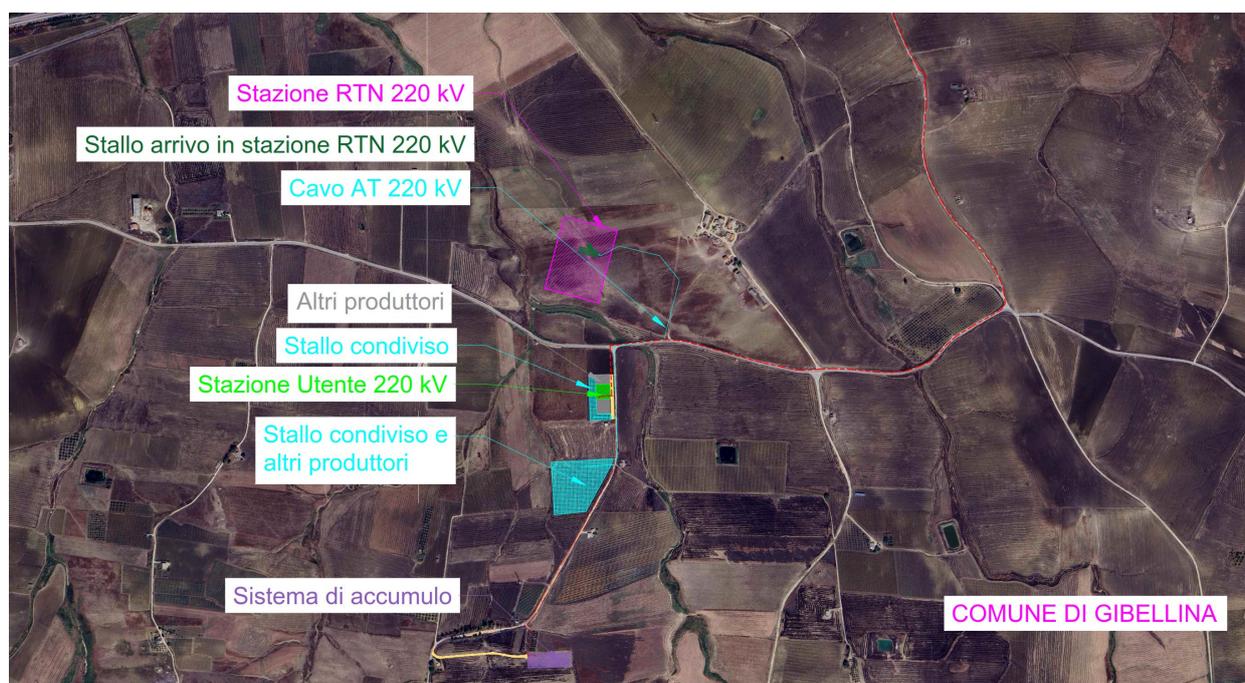


Figura 3-3 – Area opere di rete su ortofoto

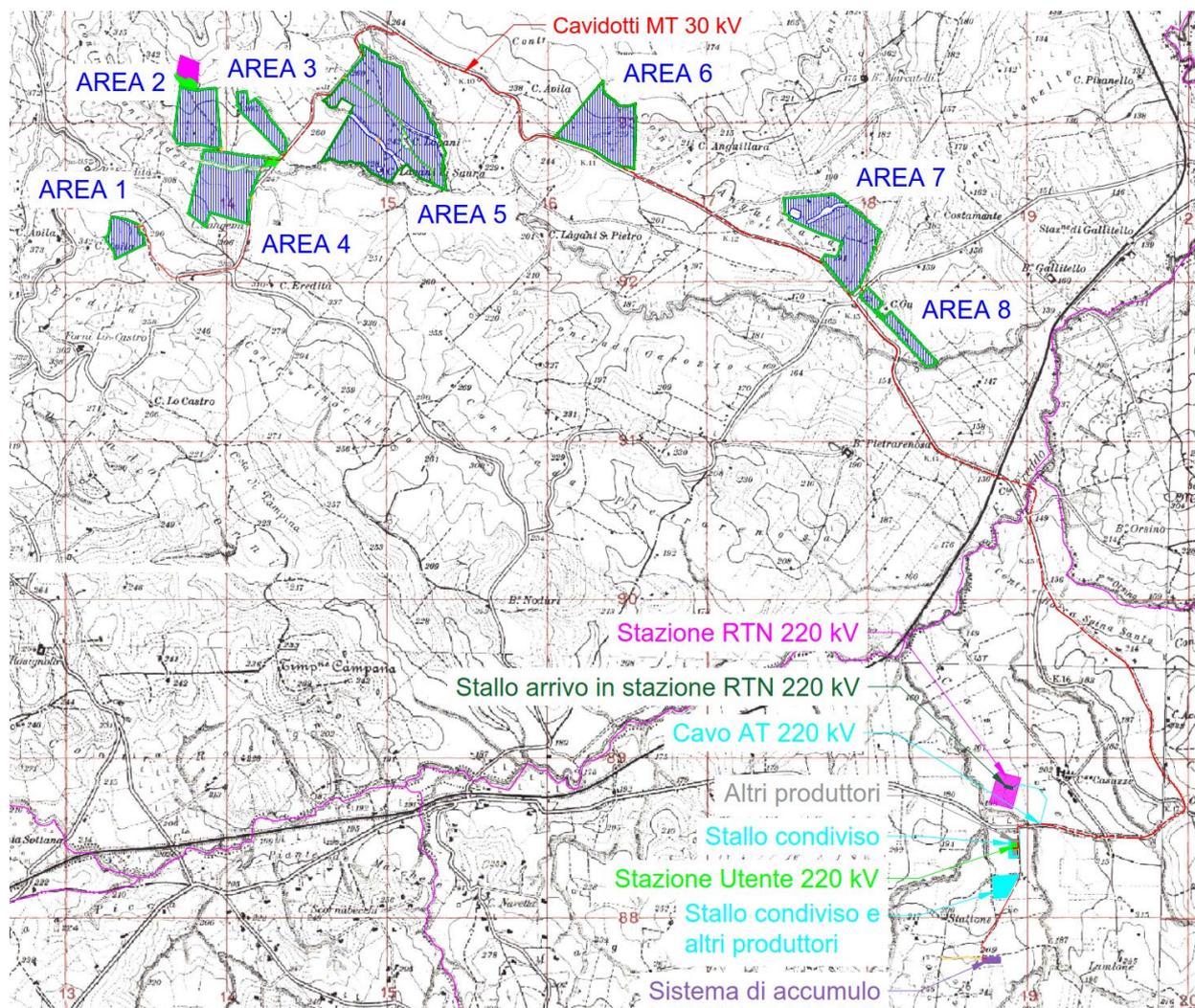


Figura 3-4 – Inquadramento su IGM 1:25000 – Area impianto

4. OBIETTIVI GENERALI E REQUISITI DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il Piano di Monitoraggio Ambientale proposto persegue i seguenti obiettivi generali:

- verificare la conformità delle previsioni di progetto sulle matrici ambientali dell'opera, nelle sue varie fasi di sviluppo;
- correlare gli stati ante-operam, in corso d'opera e post-operam (ovvero fase di esercizio), al fine di valutare l'evolversi del contesto ambientale nel breve, medio e lungo periodo;
- garantire, durante la costruzione e l'esercizio, il pieno controllo della situazione ambientale;
- verificare l'efficacia delle misure di mitigazione eventualmente previste;
- 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 di molteplici parametri, da quelli microclimatici (quali temperatura, umidità, velocità e direzione del vento, ecc.), ai parametri chimico-fisici e microbiologici del suolo e delle acque, fino alle componenti floro-faunistiche; per

ogni matrice oggetto di monitoraggio verranno descritti le metodologie di rilevamento e i criteri di monitoraggio ritenuti adatti allo scopo.

4.1. FASI DELLA REDAZIONE DEL PMA

Per la redazione del PMA si è proceduti alle seguenti attività:

- Analisi dei documenti di progetto e definizione del quadro informativo esistente;
- Identificazione ed aggiornamento dei riferimenti normativi e bibliografici;
- Definizione dei fattori ambientali da monitorare;
- Definizione dei parametri ambientali da monitorare;
- Scelta delle metodologie più idonee;
- Scelta dei punti di monitoraggio;

4.2. DEFINIZIONE DELLE COMPONENTI AMBIENTALI OGGETTO DI MONITORAGGIO

Di seguito vengono evidenziati i fattori ambientali ritenuti significativi ai fini del monitoraggio, in relazione alle componenti ambientali individuate:

a) Atmosfera: i fattori ambientali ritenuti significativi della componente atmosfera sono:

- Qualità dell'aria;
- Caratterizzazione meteorologica;

b) Suolo e Sottosuolo: i fattori ambientali ritenuti significativi sono:

- Qualità del suolo (fertilità – inquinamento);
- Caratterizzazione fisico-chimica e meccanica;

c) Acqua: i fattori ambientali ritenuti significativi sono:

- Qualità dell'acqua (caratteristiche fisico-chimiche);
- Profondità e variazione dell'eventuale falda idrica;

d) Rumore: da monitorare con riferimento all'ambiente antropico e faunistico;

e) Vegetazione: con riferimento alle potenziali interferenze in fase di installazione e gestione dell'impianto;

f) Fauna: con riferimento alle specie animali potenzialmente interessate dalla presenza dell'impianto.

Le metodologie di monitoraggio e la documentazione prodotta 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;

- trasmissione delle informazioni agli enti responsabili.

4.3. DEFINIZIONE TEMPORALE PER L'ESPLETAMENTO DELLE ATTIVITÀ

- Monitoraggio ante-operam (Fase 1)

Il monitoraggio ante operam è finalizzato alla determinazione dei parametri ambientali, futuro oggetto di monitoraggio, allo stato attuale ovvero la determinazione dei "valori di fondo", qualora tale valore risulti significativo per future comparazioni.

Il monitoraggio per ciascun parametro verrà realizzato in una o più soluzioni (in funzione del parametro di interesse) nel periodo immediatamente precedente all'inizio delle attività geognostiche propedeutiche alla progettazione esecutiva.

- Monitoraggio in corso d'opera (Fase 2)

Il monitoraggio in corso d'opera riguarda tutto 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 suscettibile di variazioni in funzione 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 operazioni di monitoraggio saranno condotte per tutta la durata dei lavori con intervalli definiti e distinti in funzione della componente ambientale indagata. Le tempistiche individuate in via preliminare saranno aggiornate in corso d'opera sulla base dell'andamento dei lavori.

- Monitoraggio post-operam (Fase 3)

Il monitoraggio post-operam comprende le fasi di pre-esercizio ed esercizio dell'impianto 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 generalmente fissata pari alla vita utile dell'impianto.

5. MONITORAGGIO DELLA COMPONENTE ARIA

La campagna di monitoraggio riguardante la componente ambientale "aria" ha lo scopo di valutare:

- a) Qualità dell'aria
- b) Parametri microclimatici dell'impianto ovvero temperatura e umidità dell'aria, velocità e direzione del vento, pressione atmosferica, precipitazione.

L'aria è una miscela di gas e vapori (azoto e ossigeno in prevalenza, vapore acqueo e anidride carbonica e molti altri elementi in piccolissime quantità) che nell'insieme costituiscono l'atmosfera terrestre. Gli elementi principali mantengono concentrazioni più o meno costanti nel tempo e nello spazio mentre gli elementi minori possono presentare notevoli variazioni.

L'articolo 268 del D. Lgs 152/2006 definisce il concetto di inquinamento atmosferico come "*ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione nella stessa di una o di più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o da costituire un pericolo per la salute umana o per la qualità dell'ambiente oppure tali da ledere i beni materiali o compromettere gli usi legittimi dell'ambiente*".

Monitorare la qualità dell'aria significa quindi misurare, in modo continuo o discontinuo, a seconda degli scopi, le concentrazioni di alcune sostanze minori, dette inquinanti, nell'aria ambiente. A tale scopo, la normativa europea (direttiva 50/2008/CE, direttiva 107/2004/CE) e nazionale (D. Lgs 155/10 che recepisce le citate direttive) dettano le regole secondo cui eseguire queste misure, in termini di:

- inquinanti da monitorare e relativi metodi di misura da utilizzare;
- ubicazione dei punti di misura, anche in relazione agli inquinanti monitorati;
- qualità dei dati rilevati;
- numero minimo di punti di misura, in relazione alla popolazione interessata ed al livello di inquinamento.

Sebbene i cantieri di lavoro impattino sull'ambiente per periodi di tempi limitati e ridotti, rispetto ad altre attività umane che invece sono considerate durature o permanenti, il legislatore ritiene comunque necessario valutare l'impatto esercitato sull'ambiente. Le emissioni in aria da cantieri possono essere stimate in sede di progettazione, in funzione delle modalità di lavoro e dei mezzi impiegati per le attività previste, tuttavia, in fase di realizzazione dell'opera, risulta necessario predisporre un adeguato piano di monitoraggio al fine di verificare che la qualità dell'aria, durante tutta l'attività di cantiere, rispetti i valori limite dettati dalla normativa vigente e dalle linee guida presenti in materia, con particolare attenzione alla presenza di possibili recettori ed intervenendo, laddove necessario, con opportune misure mitigative.

Gli inquinanti interessati dal monitoraggio saranno essenzialmente le polveri totali sospese, polveri fini e sedimentabili e, se ritenuti non trascurabili, i principali inquinanti da traffico veicolare.

5.1. METODOLOGIE DI MONITORAGGIO

I parametri relativi alla componente aria, sottoposti al piano di monitoraggio saranno:

- Il particolato "respirabile" ovvero con un diametro aerodinamico inferiore a 10 μm (PM_{10})
- Il particolato "sottile" con un diametro aerodinamico inferiore a 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$)
- Il monossido di carbonio (CO) proveniente da traffico veicolare;
- Gli ossidi di azoto (NO_x) provenienti anch'essi da traffico veicolare.

Si evidenzia che le misurazioni degli inquinanti vanno sempre correlate con i dati di velocità e direzione del vento, temperatura e umidità relativa dell'aria, pressione atmosferica, e precipitazioni che influiscono in maniera significativa sulla diffusione degli eventuali inquinanti rilevati.

Monitoraggio del PM_{10} e del $\text{PM}_{2.5}$

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM_{10} è descritto nella norma UNI EN 12341:2001 "*Qualità dell'aria. Determinazione del particolato in sospensione PM_{10} . Metodo di riferimento e procedimento per prove in campo atte a dimostrare l'equivalenza dei metodi di misurazione rispetto ai metodi di riferimento*".

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del $\text{PM}_{2.5}$ è invece descritto nella norma UNI EN 14907:2005 "*Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato di misurazione gravimetrico per la determinazione della frazione massima $\text{PM}_{2.5}$ del particolato in sospensione*".

Le tipologie di misura previste sono essenzialmente due:

- a) Analisi gravimetrica
- b) Analisi in continuo

a) L'analisi gravimetrica rappresenta il cosiddetto "metodo primario", esso si basa sulla raccolta del particolato su un filtro e sulla determinazione della sua massa per via gravimetrica. Tale metodo consente la misura della concentrazione media della massa della frazione PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ in atmosfera su un periodo di campionamento di 24 ore.

Il sistema di campionamento è costituito essenzialmente da un aspiratore, con portata volumetrica costante in ingresso, dotato di un filtro che ferma qualsiasi tipologia di particella, ossia il filtro non è in grado di effettuare una classazione delle particelle in funzione del diametro, occorre pertanto utilizzare degli opportuni dispositivi di separazione granulometrica che

vengono denominate “*Teste di campionamento*” (fig. 5.1) che effettuano la separazione con una metodologia appunto gravimetrica mediante un “separatore ad impatto inerziale”.

La testa di prelievo è progettata per permettere il campionamento nelle condizioni ambientali più generali e per proteggere il filtro dalla pioggia, da insetti e da altri corpi estranei che possono pregiudicare la rappresentatività della frazione accumulata sul filtro.

Le specifiche normative prevedono che la linea di prelievo che porta il campione sul filtro deve essere tale che la temperatura dell’aria in prossimità del filtro non ecceda di oltre 5°C la temperatura dell’aria ambiente e che non ci siano ostruzioni o impedimenti fluidodinamici tali da provocare perdite quantificabili sul campione di particolato.

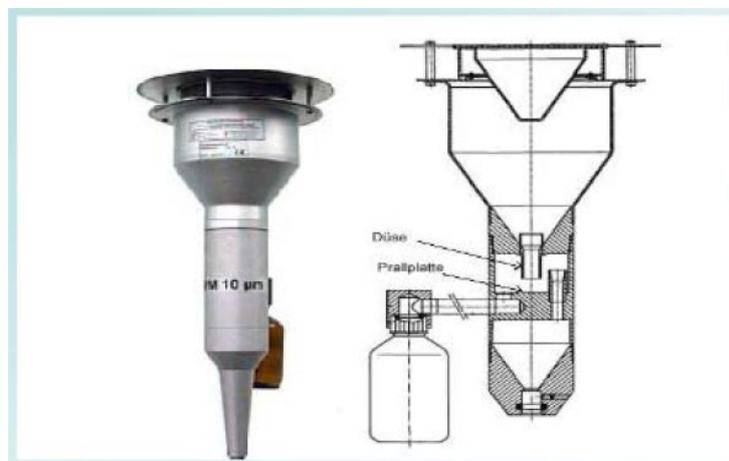


Fig.5-1: Testa di campionamento per il prelievo del particolato

La scelta del mezzo filtrante deve essere un compromesso tra diverse esigenze quali l’efficienza di filtrazione richiesta, perdita di carico ridotta sul mezzo filtrante durante il campionamento, la minimizzazione degli artefatti nella fase di campionamento (cattura di gas da parte del mezzo filtrante, evaporazione di sostanze volatili).

I mezzi filtranti di riferimento sono:

- filtro in fibra di quarzo (diametro 47 mm)
- filtro in fibra di vetro (diametro 47 mm)
- membrana in Politetrafluoroetilene (diametro 47 mm, porosità 2 µm).

L’efficacia di una Testa di Campionamento è fortemente influenzata dalla capacità di erogare un flusso di aspirazione costante; pertanto, è opportuno che il campionatore sia dotato di un sistema automatico per il controllo della portata volumetrica.

La portata deve essere misurata in continuo ed il suo valore non deve differire più del 5% dal valore nominale, il coefficiente di variazione CV (deviazione standard divisa per la media) della

portata misurata sulle 24 ore non deve superare il 2%. Il campionatore deve essere dotato di sensori per la misura della caduta di pressione sul mezzo filtrante. Il campionatore deve essere in grado di registrare i valori della caduta di pressione all’inizio della fase di campionamento e immediatamente prima del termine della fase di campionamento (controllo di qualità sulla tenuta dinamica dei portafiltri e sull’integrità del mezzo filtrante durante la fase di campionamento). Il campionatore deve:

- essere in grado di interrompere il campionamento se il valore della portata devia dal valore nominale per più del 10% e per un tempo superiore ai 60 secondi.
- essere dotato di sensori per la misura della temperatura ambiente e della pressione atmosferica (sensore di temperatura: intervallo operativo $-30^{\circ}\text{C} \div +45^{\circ}\text{C}$, risoluzione 0.1°C , accuratezza $\pm 2^{\circ}\text{C}$; sensore di pressione: intervallo operativo $70 \div 110\text{ KPa}$, risoluzione 0.5 KPa , accuratezza $\pm 1\text{ KPa}$).
- essere in grado di misurare la temperatura dell’aria campionata in prossimità del mezzo filtrante nell’intervallo $-30^{\circ}\text{C} \div +45^{\circ}\text{C}$, sia in fase di campionamento che di attesa. Questo dato deve essere disponibile all’operatore. Il campionatore deve essere in grado di attivare un allarme se la temperatura in prossimità del mezzo filtrante eccede la temperatura ambiente per più di 5°C per più di 30 minuti consecutivi.

I tempi di campionamento, la data e l’ora di inizio del campionamento devono poter essere programmabili dall’operatore.

Il campionatore deve essere in grado di ripartire automaticamente dopo ogni eventuale interruzione di corrente e di registrare la data e l’ora di ogni interruzione di corrente che abbia una durata superiore al minuto (numero minimo di registrazioni 10).

In figura 5.2 sono evidenziate le normative di riferimento per le teste di campionamento

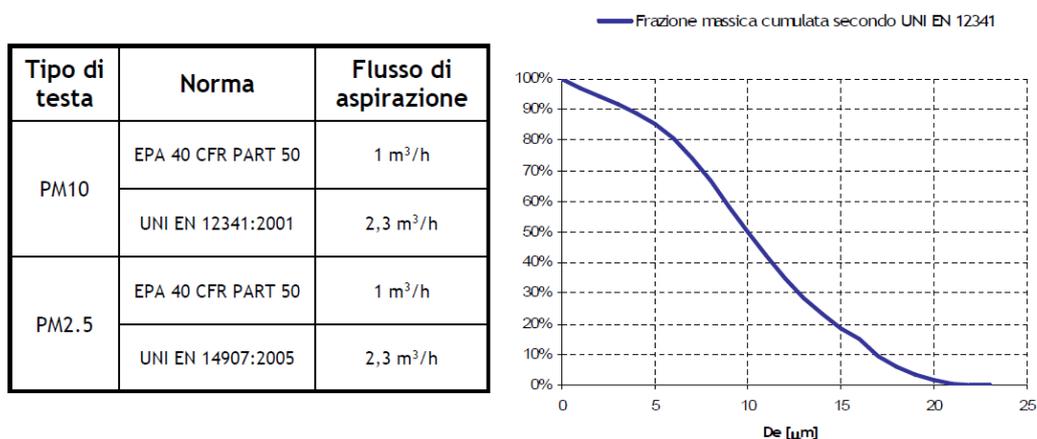


Fig. 5-2: Tipologia di Teste di Campionamento – Normativa di riferimento

Successivamente al prelievo i filtri vengono avviati al laboratorio dove avverranno le procedure di condizionamento e di pesata; il locale di condizionamento e pesatura deve essere preferibilmente lo stesso o in locali aventi comunque identiche condizioni di temperatura e umidità relativa.

La procedura in estrema sintesi prevede:

- essiccazione in forno per almeno 1 ora a 60°C.
- raffreddamento in ambiente termicamente controllato (Temperatura ed U.R.) per 12 ore in gel di silice.
- pesatura ed etichettatura

I filtri devono essere pesati immediatamente dopo il periodo di condizionamento. Le pesate pre e post-campionamento devono essere eseguite con la stessa bilancia e, possibilmente, dallo stesso operatore, utilizzando una tecnica efficace a neutralizzare le cariche elettrostatiche sul filtro.

b) *L'analisi in continuo* è effettuata mediante dispositivi conta-particelle in tempo reale, portatili (Fig. 5.3). Tali dispositivi, tuttavia vanno sempre tarati con le misure effettuate con il metodo primario e pertanto il loro utilizzo è limitato a casi molto specifici.



Fig. 5-3: Strumentazione tipo per la misura del particolato in continuo.

Monitoraggio degli inquinanti dovuti al traffico

Come indicato in precedenza gli inquinanti provenienti da traffico veicolare monitorati, in quanto ritenuti più significativi, sono gli Ossidi di Azoto ed il Monossido di Carbonio.

Il metodo di riferimento per la misurazione del biossido di azoto e degli ossidi di azoto è descritto nella norma UNI EN 14211:2005 “Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza”.

Il metodo di riferimento per la misurazione del monossido di carbonio è invece descritto nella norma UNI EN 14626:2005 *"Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva"*. Il monitoraggio degli inquinanti provenienti da traffico veicolare potrà avvenire con stazione di monitoraggio fissa, dotata di apposita strumentazione per il rilievo singolo o multiplo dei parametri monitorati ubicata nelle aree maggiormente soggette a transito veicolare (in genere le aree di ingresso/uscita) o più spesso mediante stazioni mobili che oltre a misurare gli inquinanti misurano anche i parametri meteorologici di supporto (fig. 5.4).



Fig. 5-4: Stazione mobile per il monitoraggio degli inquinanti da traffico veicolare, polveri e microclima

5.2. MONITORAGGIO PARAMETRI MICROCLIMATICI

Come indicato in precedenza unitamente al monitoraggio degli inquinanti risulta sempre necessario misurare anche i parametri meteorologici dell'area, fondamentali per una valutazione della potenziale diffusione degli stessi inquinanti nell'intorno dell'area di cantiere. Andrà pertanto prevista l'installazione di una stazione meteorologica multiparametrica per la rilevazione dei seguenti parametri meteorologici: temperatura dell'aria, umidità relativa, velocità e direzione del vento, pressione atmosferica, precipitazioni e opzionalmente anche la radiazione solare di seguito brevemente descritti.

- 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 specifici per applicazioni meteorologiche.

- 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 termini di umidità assoluta, bensì come umidità relativa, che rappresenta 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.

- 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 o con tipologie similari.

- 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 equivale alla pressione di una colonnina 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) e diventando più grosse e pesanti, cadono a terra sotto forma di pioggia, neve o 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 viene generalmente misurata tramite piranometri ovvero rilevatori 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.

Per l'installazione delle stazioni di misurazione si sceglieranno dei punti idonei in modo tale che la misura di parametri quali per esempio la velocità massima e soprattutto, la direzione prevalente del vento non siano falsate dalla morfologia del territorio o dalla presenza di ostacoli quali alberi, manufatti etc.

5.3. IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

Nella scelta dei punti di monitoraggio viene generalmente fatto riferimento ai potenziali e vari livelli di criticità dei singoli parametri, con riferimento a:

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

Gli impatti sull'atmosfera connessi alle attività di cantiere per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico sono collegati prevalentemente alle attività di scavo a sezione obbligata per la posa delle linee elettriche, che interesserà comunque 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 nell'aria sono:

- operazioni di scotico e livellamento delle aree di cantiere;
- dispersione e deposizione al suolo di frazioni del carico dei materiali incoerenti trasportati dai mezzi pesanti;
- movimentazione dei materiali sulla viabilità ordinaria e di cantiere, con particolare riferimento alle attività dei mezzi nelle aree di stoccaggio;
- dispersione e deposizione al suolo di polveri in fase di costruzione;
- sollevamento di polveri localizzate nelle aree di deposito degli inerti
- risollevarimento delle polveri depositate sulle sedi stradali o ai margini delle stesse ad opera dei mezzi;
- risollevarimento di polveri dalle superfici sterrate dei piazzali ad opera del vento;
- emissione di gas di scarico nell'aria.

I punti di monitoraggio vengono generalmente individuati seguendo i criteri sottoelencati:

- presenza di recettori nelle immediate vicinanze dell'area di cantiere;
- distribuzione omogenea dei punti per garantire la rappresentatività di tutto l'areale;
- valutazioni morfologiche e logistiche generali.

Nella fase di progettazione definitiva, qui trattata, la redazione del PMA risulta generalmente priva di quel grado di dettaglio necessario per il puntuale posizionamento dei punti di monitoraggio e della tipologia e frequenze delle misurazioni richieste. Il PMA in questa fase deve essere realizzato in maniera flessibile in funzione delle future definizioni; frequenza e localizzazione dei campionamenti potranno essere stabiliti, in maniera puntuale, solo sulla base dell'effettiva evoluzione delle attività di cantiere e del cronoprogramma dell'opera.

5.4. PIANO DI MONITORAGGIO

Il piano di monitoraggio previsto per la componente aria è sinteticamente illustrato nella tabella a seguire:

	Monitoraggio Qualità dell'aria	Monitoraggio Microclima
<i>Ante Operam</i>	Non previsto	Non previsto
<i>Corso d'Opera</i>	Diurno con durata di almeno 8 ore, nelle ore lavorative e periodicità almeno trimestrale	Come da monitoraggio della qualità dell'aria
<i>Post Operam (fase di esercizio)</i>	Non previsto	Vita utile dell'impianto

6. MONITORAGGIO DELLA COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO

Le componenti ambientali suolo e sottosuolo sono state considerate come un'unica matrice ambientale identificando come:

- suolo: la porzione più superficiale del terreno significativamente interessata dai processi biologici legati allo sviluppo delle specie vegetali.
- sottosuolo: Il complesso degli strati del terreno che si trovano sotto la superficie del suolo e in cui non arrivano le radici delle piante.

Nell'insieme si tratta di una componente ambientale fragile ed estremamente preziosa in quanto non rinnovabile nel breve periodo. Il monitoraggio di questa componente ha l'obiettivo di verificare l'eventuale presenza ed entità di fattori, legati alle opere in progetto (compattazione dei terreni, modificazioni delle caratteristiche di drenaggio, rimescolamento degli strati, inquinanti, etc.), con particolare riferimento alle attività di cantiere che possono incidere sulla qualità del suolo.

Il concetto di "qualità", nello specifico, è da riferirsi alla fertilità dello stesso ovvero principalmente alla capacità agro-produttiva, ma anche ad altre funzioni, tra cui per esempio la protezione da fenomeni di inquinamento.

Con riferimento alle attività previste, le caratteristiche del suolo che devono essere monitorate 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 stati rilasciati dai manufatti in progetto.

Le alterazioni della qualità dei suoli possono essere schematicamente riassunte in tre generiche tipologie:

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

Vanno inoltre monitorati 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, impaludamenti frequenti, eccessiva essiccazione etc.

6.1. ASPETTI METODOLOGICI GENERALI

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 campionamento dei suoli e per l'elaborazione del piano di concimazione aziendale" della Regione Sicilia.*
- *"Linee guida per il monitoraggio del suolo su superfici agricole destinate ad Impianti fotovoltaici a terra" della Regione Piemonte.*
- *IRSA-CNR Quaderno 64 Parte IIIa (relativo al campionamento dei metalli pesanti).*
- *MIPAF Osservatorio Nazionale Pedologico "Analisi Microbiologica del Suolo" Ed. 2002.*

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

- a) La prima fase del monitoraggio precede la realizzazione dell'impianto fotovoltaico e consiste nella caratterizzazione del suolo ante-operam.
- b) La seconda fase prevede la valutazione delle stesse caratteristiche nel post-opera (fase di esercizio) ad intervalli temporali prestabiliti; 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, il numero di campioni da prelevare sarà determinato in funzione della superficie occupata dai pannelli fotovoltaici e dalle caratteristiche dell'area in termini di omogeneità ed 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 pannelli fotovoltaici e l'altro nelle aree di controllo non interessate dalla presenza dei pannelli.

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

I campioni dovranno 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. Le attività di monitoraggio in situ ed il prelievo dei campioni per le analisi di laboratorio devono tenere in debito conto della forte influenza sulla componente suolo della stagionalità (periodo caldo-asciutto, periodo piovoso).

6.1.1 Definizioni

Di seguito vengono richiamate alcune definizioni inserite nel decreto D.M. 471/99 "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" e qui utilizzate.

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

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

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

- *Campione elementare (o sub-campione)*: 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.

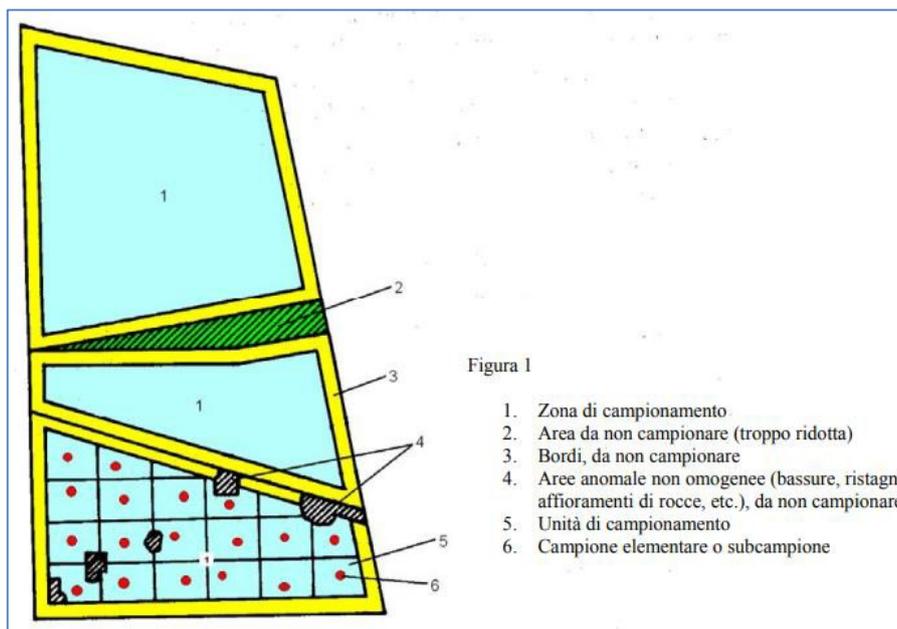


Fig. 6-1: Schema tipo per la definizione delle zone di campionamento. Fonte "Linee guida per il campionamento dei suoli e per l'elaborazione del piano di concimazione aziendale" Regione Sicilia

6.2. MODALITÀ PRELIEVO CAMPIONI DI SUOLO PER ANALISI DI LABORATORIO

Per la definizione dei punti di campionamento e delle metodologie di campionamento è stato fatto riferimento alle seguenti fonti:

- 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 sistematica; 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-sistematica 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 dei 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 tavole seguenti si evidenziano le condizioni di copertura suolo attuale, litologia, morfologia, altitudine, pendenza.

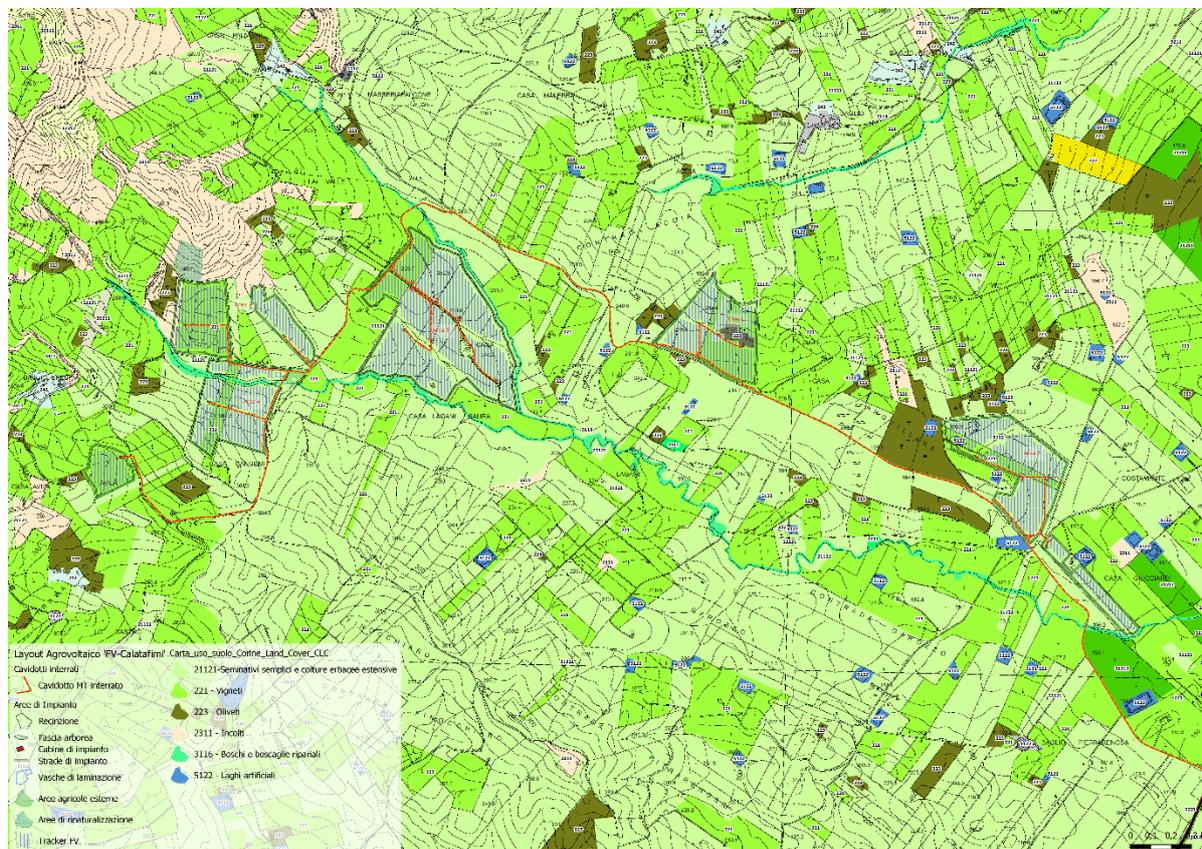


Fig.6-2: Uso del Suolo – Corine Land Cover

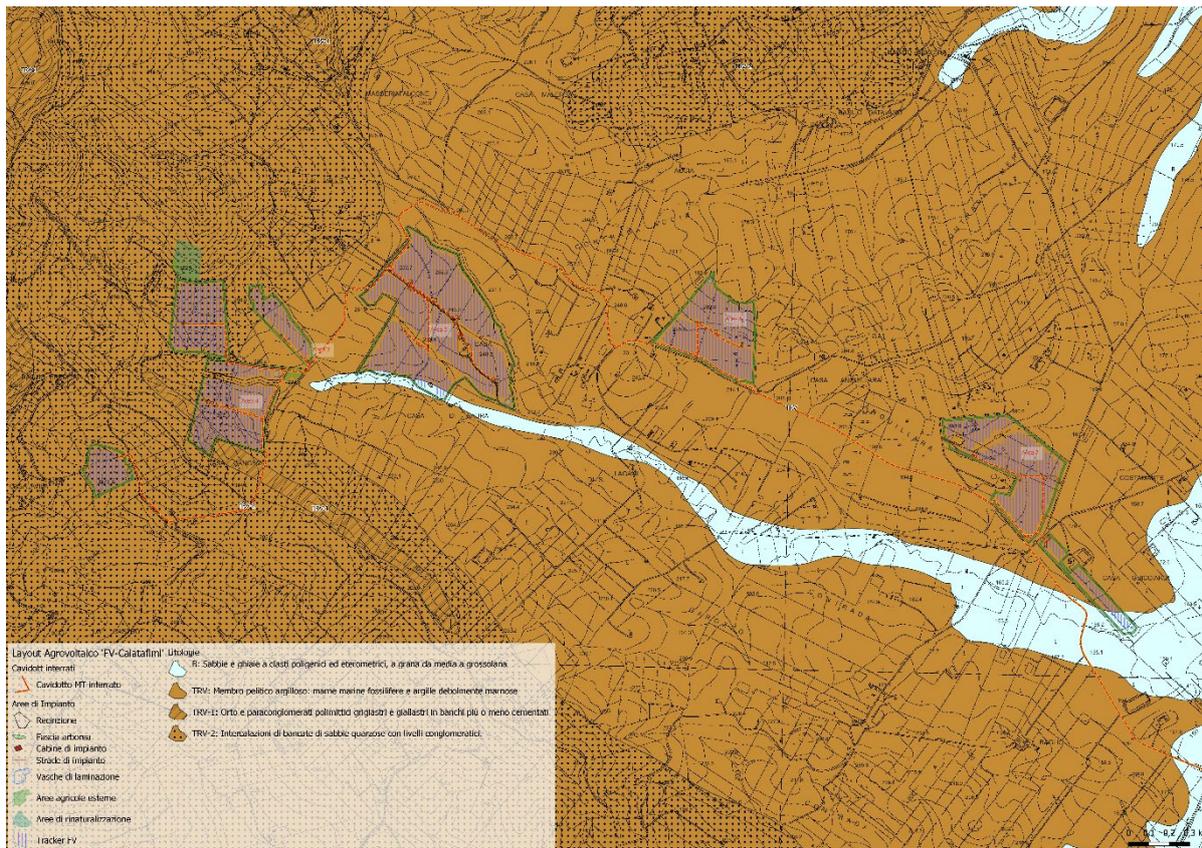


Fig.6-3: Carta Geolitologica

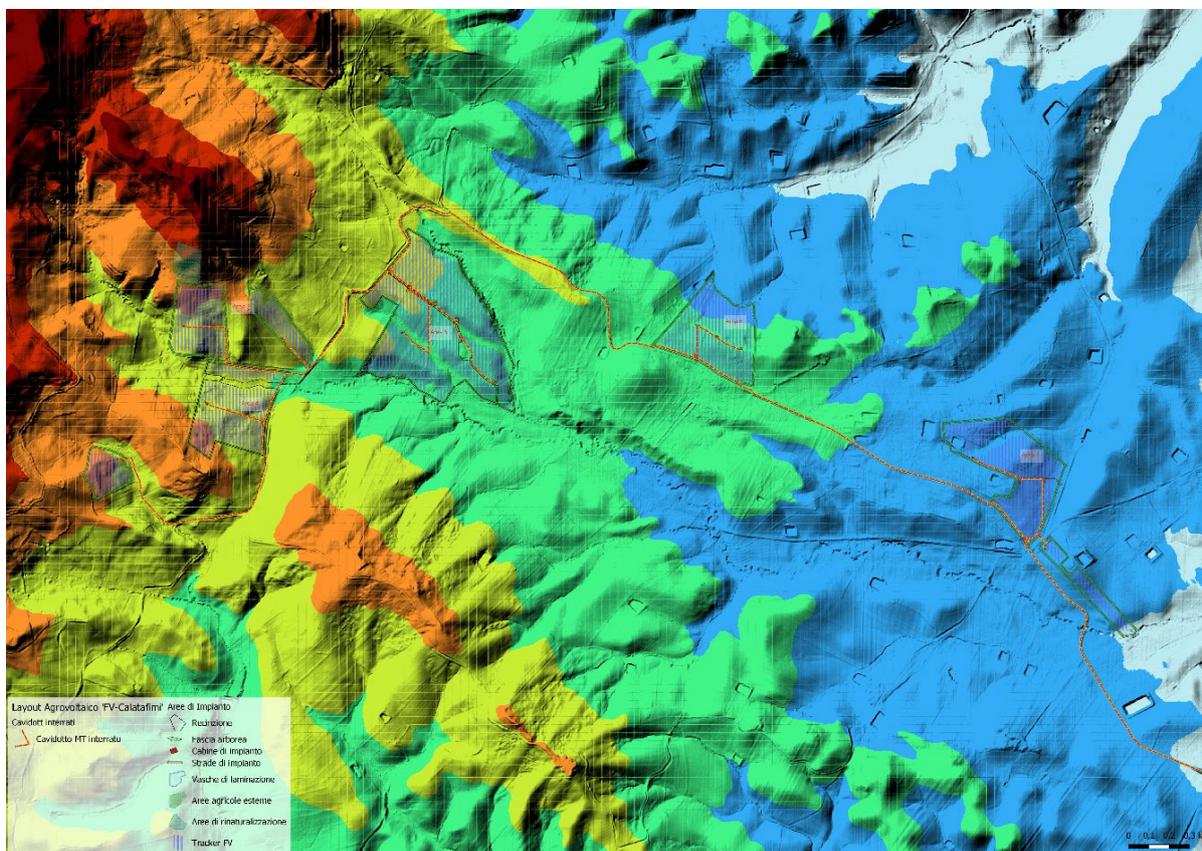


Fig. 6-4: Carta Altimetrica

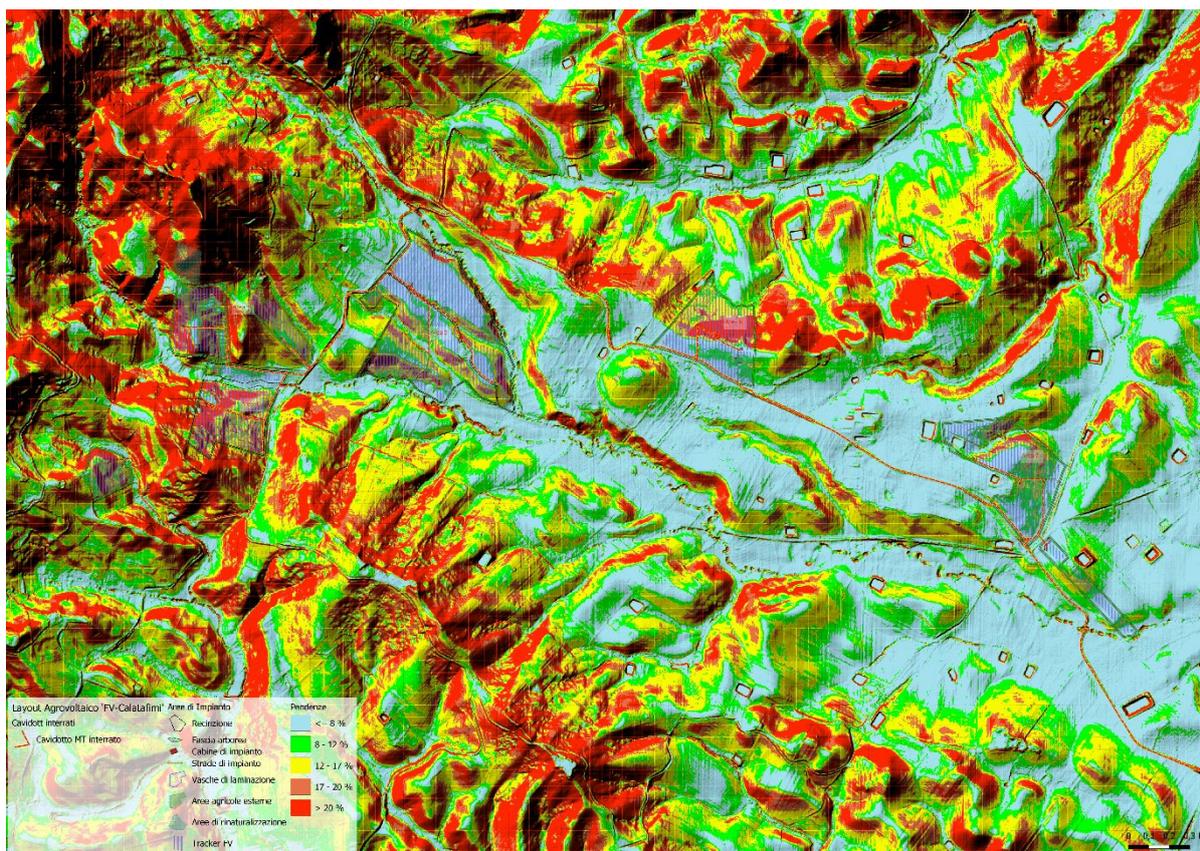


Fig. 6-5: Carta delle pendenze

L'analisi, relativamente alle aree di impianto, evidenzia una elevata uniformità di tutti i parametri considerati ovvero una copertura costituita da terreni ad uso agricolo, adibiti principalmente a seminativi semplici e colture erbacee estensive, e in piccola parte da vigneti ed incolti, con un substrato litologico uniforme costituito da terravecchia ed in minima parte da sabbie e ghiaie. Dal punto di vista morfologico, l'impianto si inquadra altimetricamente in un contesto pianeggiante, a quote comprese per la quasi totalità dell'area di impianto tra i 150 e i 250 m s.l.m. e la restante parte tra 250 e 350 m s.l.m.. Le pendenze si attestano tra 8 e 17%, mentre le aree a sud-est si trovano a pendenze tra 17 e 20%.

In funzione di quanto evidenziato, l'intera area di impianto risulta assimilabile ad un'unica area omogenea. Dunque, si è proceduto col definire il numero dei campioni e la loro ubicazione. In tal senso, sono state impiegate le seguenti regole e metodologie:

I. 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;

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

III. 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;

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

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

6.2.1 Punti di campionamento

Il D.Lgs. 152/2006, diversamente dal D.M. 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 un 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.

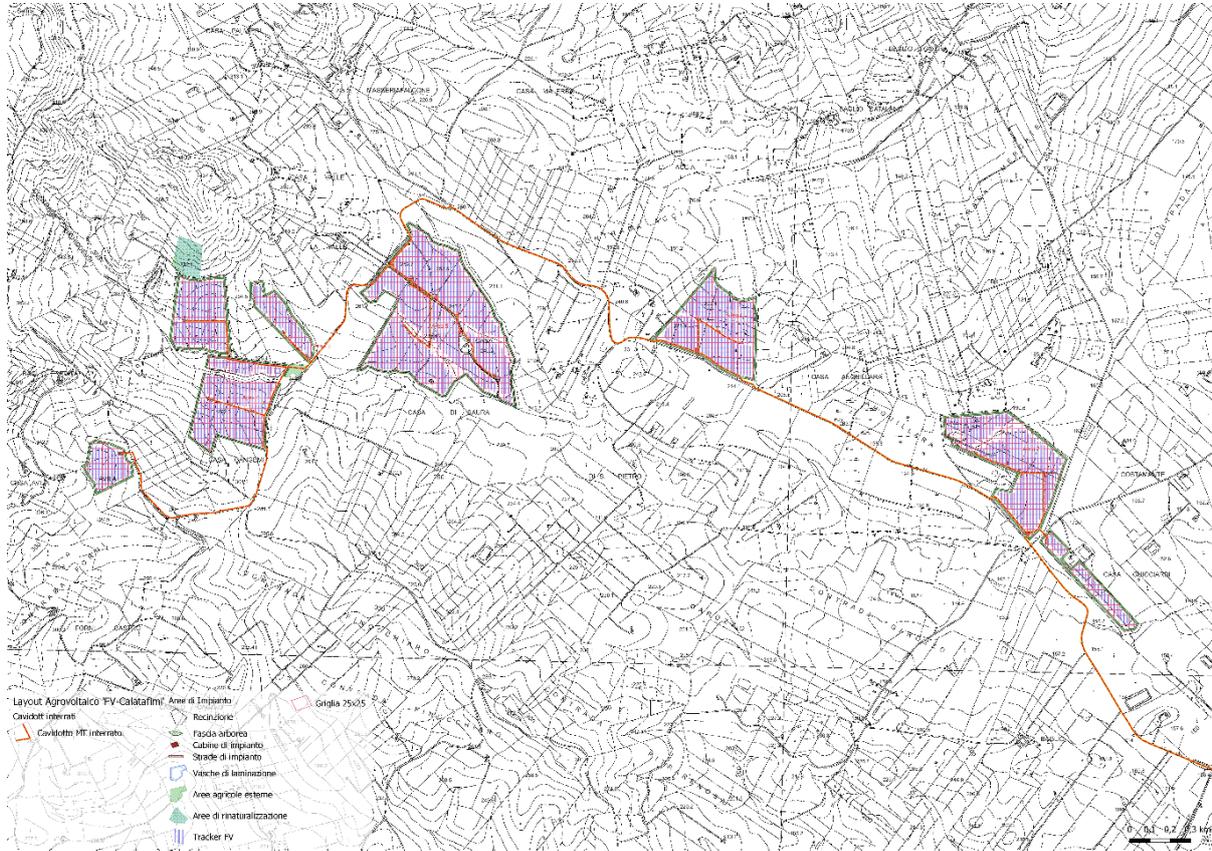
Pertanto, alla luce di quanto sopra esposto e, vista l'omogeneità dell'area individuata si è utilizzato come condizione di campionamento il valore di n°1 campione ogni 10 ettari di terreno utilizzato. Il piano pertanto prevede:

- n. 5 punti di campionamento, di cui n. 8 sotto i pannelli fotovoltaici e n. 6 su area libera.

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

- 1) È stata creata una griglia a maglia quadrata di 25 m per lato, dell'areale di campionamento.
- 2) 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.

3) Infine, eliminando le aree perimetrali, a partire da una fascia di 25 m dal confine dell'area di progetto, sono stati scelti casualmente i punti di campionamento con la relativa geolocalizzazione definitiva.



*Fig. 6-6: Area Impianto con maglie quadrate da 25*25 m*

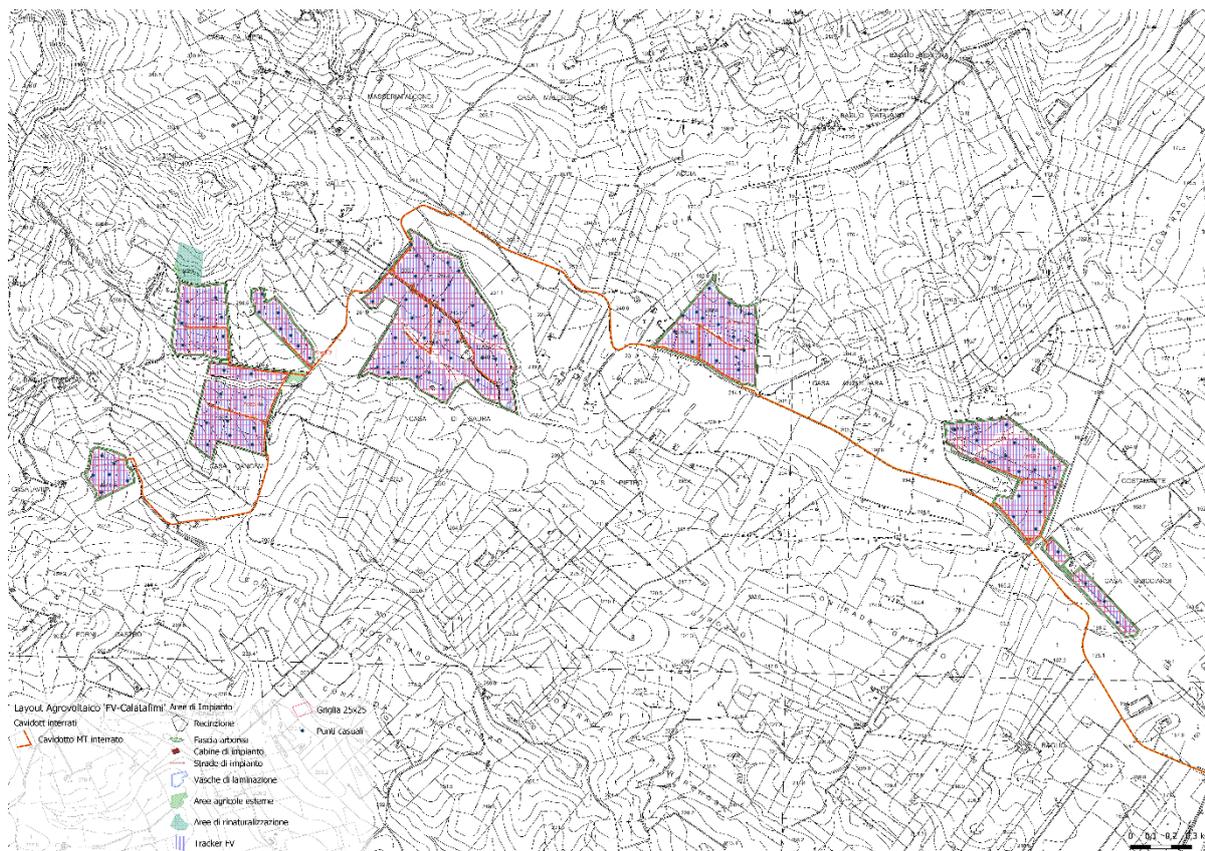


Fig. 6-7: Area impianto con indicazione dei potenziali punti di campionamento (random)

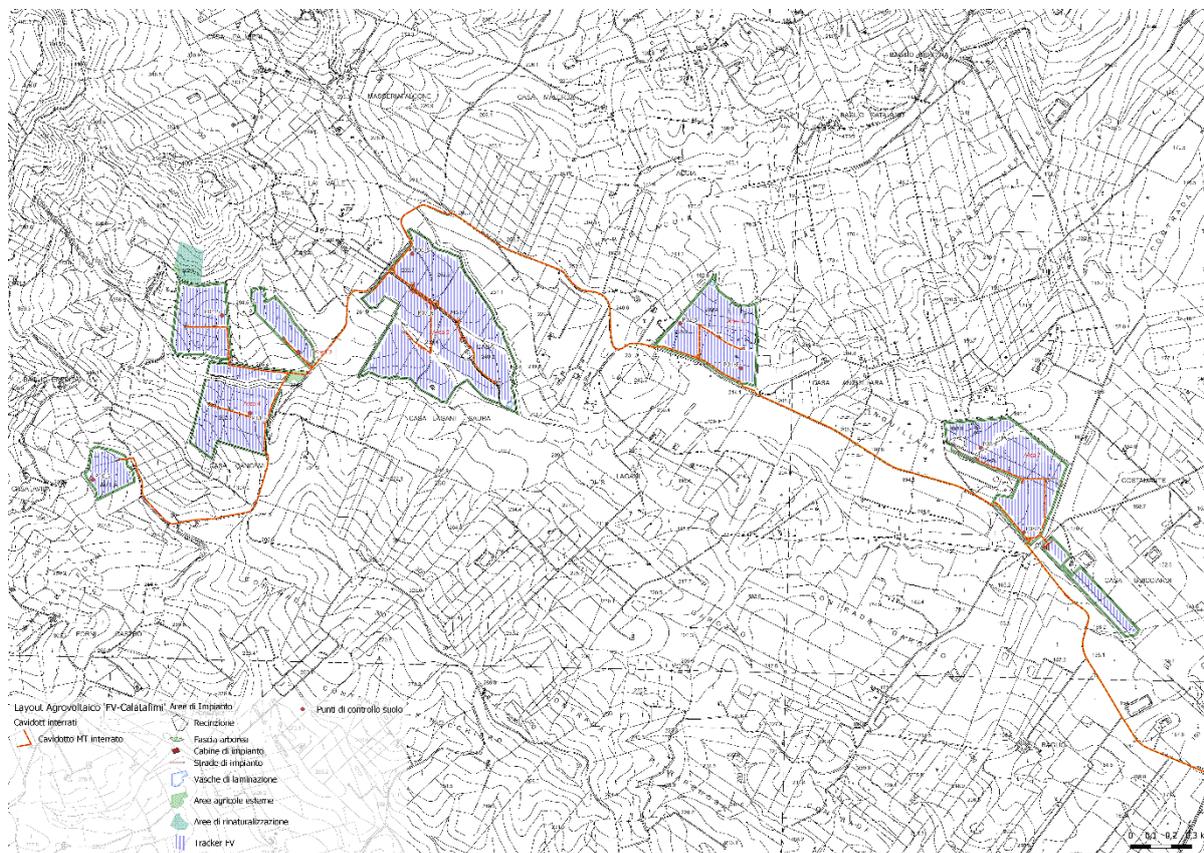


Fig. 6-8: Area impianto con localizzazione dei punti di campionamento finali

PUNTI DI CONTROLLO SUOLO	POSIZIONE	LONG E (UTM)	LAT N (UTM)
P1_F	Fuori struttura FV	316420,90	4192602,37
P2_S	Sotto Struttura FV	316121,66	4192824,24
P3_F	Fuori struttura FV	317599,74	4192208,92
P4_S	Sotto Struttura FV	313867,19	4192864,30
P5_F	Fuori struttura FV	314241,91	4192683,07
P6_S	Sotto Struttura FV	314802,75	4193170,04
P7_F	Fuori struttura FV	314916,33	4192902,82
P8_S	Sotto Struttura FV	317812,08	4191788,75
P9_F	Fuori struttura FV	317915,94	4191716,51
P10_S	Sotto Struttura FV	313231,66	4192050,65
P11_F	Fuori struttura FV	314003,98	4192380,19

6.2.2 Metodologie di Campionamento

- Ripartizione dei campioni elementari

Il campione rappresentativo di terreno da sottoporre ad analisi (campione globale) viene costituito mediante mescolamento di più campioni elementari o sub-campioni, prelevati alla stessa profondità e di volume simile. Per essere rappresentativo, il numero dei sub-campioni non deve essere inferiore a 5. I diversi sub-campioni prelevati, saranno amalgamati in modo da avere un unico campione globale rappresentativo.

- Profondità di prelevamento componente suolo

Solitamente il prelievo di suolo destinato ad analisi microbiologiche e biochimiche si esegue alla profondità di 0-30 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.

Gli indirizzi generali sono i seguenti:

- 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 comprese tra 0 - 30 cm.

- Per l'area in oggetto, le analisi saranno eseguite nei primi 30 cm di profondità;
- Per ogni campione, saranno prelevati 5 sub-campioni per campione, per un totale di 25 sub-campioni

In sede di monitoraggio bisognerà porre particolare attenzione al controllo del suolo nelle aree di cantiere adibite, seppur temporaneamente, ad aree di stoccaggio e deposito inerti.

Tali aree risultano particolarmente soggette, a fenomeni di inquinamento generalmente a seguito di sversamenti accidentali di materiali, nelle operazioni di scarico carico e movimentazione generale. Normalmente tali sversamenti accidentali, risultano vistosamente evidenti e pertanto si può intervenire rapidamente garantendo un elevato margine di sicurezza. In ogni caso al verificarsi di contaminazioni accidentali, di entità significativa, sono previste indagini extra e specifiche, in modo da assicurare una soluzione tempestiva del problema, eventualmente anche sulle acque superficiali e su quelle sotterranee (se significative). Si precisa che tali circostanze appaiono comunque estremamente remote nel caso di cantieri relativi alla realizzazione di impianti fotovoltaici.

- Profondità di prelevamento componente sottosuolo

Idealmente il sottosuolo viene suddiviso in 3 zone sovrapposte denominate, a partire dalla superficie (escludendo i primi 30 centimetri di suolo) in zona insatura, frangia capillare, zona satura. In funzione della natura e dello scopo del monitoraggio appare sufficiente monitorare unicamente la componente più esposta del sottosuolo ovvero per una zona si presume insatura, per uno spessore fino a 1,0 metri (suolo escluso). Si evidenzia che in caso di presenza di acque di falda a profondità significative la zona di eventuale saturazione sarà monitorata direttamente mediante prelievo di acque del sottosuolo (vedi monitoraggio componente acqua).

- Metodologia di campionamento

Il campionamento avverrà secondo le procedure di legge, tipiche per caratterizzazione ambientale dei terreni nell'ambito delle procedure "Terre e Rocce da scavo".

Viste le modeste profondità di campionamento previste, nonché il ristretto numero di campioni da prelevare possono essere considerati sia metodi di scavo manuali che meccanizzati, ritenuti più idonei (scavo per mezzo di utensili manuali, scavo per mezzo di trivella o carotatore manuale, scavo per mezzo di pala meccanica, sistemi di perforazione a rotazione con elica continua o con carotiere, etc.)

- 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.

- per le analisi sulla microflora si dovrà far riferimento alle oscillazioni quali-quantitative ambientali, temperature, precipitazioni, umidità, ecc.

- per quanto riguarda le analisi chimiche e 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

Il tecnico che provvederà al prelievamento dei campioni di terreno dovrà preferibilmente stilare il "Verbale di campionamento del suolo". Poiché nel corso degli anni i soggetti che eseguiranno i campionamenti potrebbero cambiare, è buona norma predisporre un *fascicolo* del PMA (da aggiornare e conservare possibilmente all'interno dell'impianto) con le schede di campagna descrittive del prelievo.

In occasione di ogni campionamento andrà pertanto compilato in duplice copia una scheda delle operazioni di prelievo, la quale riassume, in maniera sintetica, le osservazioni di campo ed i dati essenziali relativi ad ogni punto di campionamento. Una delle due copie andrà trasmessa al laboratorio di analisi unitamente ai campioni prelevati mentre l'altra va conservata all'interno dell'impianto o comunque negli archivi informatici del soggetto responsabile individuato.

Secondo le normative espone in precedenza, tale scheda dovrà riportare almeno le seguenti informazioni:

- Data e località
- Identificativo univoco del campione (da non ripetersi)
- Geolocalizzazione dell'area di prelievo
- Profondità di prelievo
- Metodologia di campionamento

6.2.3 Analisi di laboratorio per la componente suolo

Con riferimento all'insieme delle 3 fasi del PMA (ante-operam, in corso d'opera e post-operam) saranno previste le seguenti tipologie di analisi:

1. Analisi fisico-chimiche (orientate all'aspetto agronomico)
2. Analisi microbiologiche
3. Analisi sui metalli pesanti

1) *Analisi fisico-chimiche*

Le analisi fisico-chimiche rappresentano uno strumento indispensabile per la caratterizzazione del suolo, consentendo la definizione di un eventuale corretto piano di concimazione che permetta di ridurre i costi ottimizzando la produzione. Grazie a questa tipologia di analisi è, infatti, possibile pianificare in maniera efficace le pratiche di gestione agronomica e/o l'eventuale apporto irriguo artificiale. Le indagini fisico-chimiche del terreno consentiranno di valutare, nel tempo, non solo il contenuto di sostanza organica nel suolo (e quindi contestualmente anche il grado di umificazione della componente "viva"), ma anche il riscontro di possibili squilibri nutritivi sia a livello di macro che di microporosità. Tale aspetto, da non sottovalutare, consentirà di determinare l'efficienza o meno del sistema suolo-microrganismi.

Nella seguente Tabella vengono riportati i parametri del terreno agrario ritenuti generalmente significativi ai fini di una valutazione sull'evoluzione delle caratteristiche qualitative della componente suolo.

In ambiente agricolo o naturale tali parametri, tendenzialmente, tendono a mantenersi stabili nel tempo.

ANALISI FISICO-CHIMICHE DEL SUOLO		
Parametro	Unità di misura	Metodo
Tessitura (sabbia, limo e argilla)	g/kg _{tot}	DM 13/09/99 met. II.1
- Scheletro > 2mm	%	
- Sabbia grossa 2.0 – 0.25 mm	%	
- Sabbia media 0.25 – 0.10 mm	%	DM 11/05/92 met. 6
- Sabbia fine 0.10 – 0.05 mm	%	
- Limo 0.05 – 0.002 mm	%	
- Argilla < 0.002 mm	%	
(*) pH H ₂ O	---	DM 13/09/99 met. III.1
(*) Calcare totale (CaCO ₃)	g/kg	DM 13/09/99 met. V.1
(*) Calcare attivo	g/kg	DM 13/09/99 met. V.1
(*) Sostanza organica	g/kg	DM 13/09/99 met. VII.1
(*) Carbonio organico	g/kg	DM 13/09/99 met. VII.1
(*) Azoto totale	g/kg	DM 13/09/99 met. VII.1
(*) CSC	M _{eq} /100g	DM 11/05/92 met. 27
(*) Calcio scambiabile	M _{eq} /100g	DM 13/09/99 met. XIII.5
(*) Magnesio scambiabile	M _{eq} /100g	DM 13/09/99 met. XIII.5
(*) Potassio scambiabile	M _{eq} /100g	DM 13/09/99 met. XIII.5
(*) Fosforo assimilabile (Olsen) P ₂ O ₅	mg/kg	DM 13/09/99 met. XV.3
(*) Conduttività elettrica 1:5	mS/cm	DM 13/09/99 met. IV.1
Salinità E _{Ce}	mS/cm	---
Rapporto C/N	---	---
Saturazione Basica	% CSC	---
Rapporto Ca/Mg	---	---
Rapporto Mg/K	---	---

Fig. 6-9: Parametri fisico-chimici per la caratterizzazione del suolo

2) Analisi microbiologiche

Questa tipologia di analisi permette di investigare la componente biotica del suolo, responsabile della formazione e dello svolgimento dei principali processi che permettono al suolo stesso di esistere e mantenersi; la componente biotica è considerata la più vulnerabile del suolo e risulta direttamente correlata alla fertilità del suolo tramite l'*Indice sintetico di Fertilità Biologica* (IBF) definito come, appunto, sintesi di 6 parametri differenti (Tabella sottostante):

Calcolo dell'IBF

<u>Parametri utilizzati</u>	Punteggio				
	1	2	3	4	5
Sostanza organica	<1	1 – 1,5	1,5 – 2	2 – 3	>3
Respirazione basale	<5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	>20
Respirazione cumulativa	<100	100 – 250	250 – 400	400 – 600	>600
Carbonio microbico	<100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	>400
Quoziente metabolico	>0,4	0,3 – 0,4	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2	<0,1
Quoziente di mineralizzazione	<1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	>4

Classe di Fertilità	I	II	III	IV	V
	stanchezza allarme	stress preallarme	media	buona	alta
Punteggio	0-6	6-12	12-18	18-24	24-30

Fig. 6-10: Tabella calcolo IBF; Fonte ISPRA “Indicatori Biodiversità per la sostenibilità in agricoltura

Per la determinazione dell'IBF risulta indispensabile determinare:

- La biomassa microbica
- La respirazione microbica (Basale e cumulativa)

Per **biomassa microbica (Cmic)** si intende la “Componente vivente della sostanza organica ad esclusione della macrofauna e delle radici (dim. < 5000 µm³), esprime la quantità di carbonio microbico presente nel suolo in riferimento al C organico Totale; tra i vari metodi esistenti in letteratura (Fig. 6-12), viene suggerito il *Metodo FE* (Vance et al., 1987) ovvero il metodo della *fumigazione-estrazione con cloroformio* effettuato su campioni di suolo secco ricondizionati per 10 giorni alla capacità di campo e incubati al buio a 30°C.

Il metodo prevede la fumigazione dei campioni dal quale si estrae il materiale cellulare con una soluzione di K₂SO₄. Sugli estratti così ottenuti si procede alla determinazione del carbonio organico totale della biomassa mediante ossidazione con bicromato di potassio in ambiente acido. La biomassa microbica è data dalla differenza tra la quantità di C nei campioni fumigati e non fumigati.

METODI PER LA DETERMINAZIONE DELLA BIOMASSA MICROBICA

Metodi	Informazioni	Bibliografia
FE	Dimensioni della biomassa microbica e rapporto degli elementi (C/N, C/P, C/S).	<i>Vance et al., 1987</i>
SIR	Contenuto di biomassa microbica attiva (misura indiretta).	<i>Anderson and Domsch, 1978</i>
FI	Contenuto di C-biomassa microbica	<i>Jenkinson and Powlson, 1976</i>
ATP	Stima della biomassa microbica attiva	<i>Jenkinson and Oades, 1979</i>
PLFA	Biomassa totale e composizione della comunità microbica	<i>Hill et al., 1993, Zelles and Alef, 1995</i>
Ergosterolo	Contenuto della biomassa funginea	<i>West et al., 1987</i>
Tecniche molecolari	Dimensioni della biomassa diversità microbica mediante l'estrazione dal suolo di DNA e RNA.	<i>Reviewed by Nannipieri et al. 2003</i>
Piastre e conte dirette	Diversità microbica della cellule colture.	<i>Macura, 1974, Bakken, 1997</i>

Fig. 6-11: Metodi determinazione della Biomassa Microbica; Fonte ISPRA "Indicatori Biodiversità per la sostenibilità in agricoltura"

La respirazione microbica è il processo più strettamente associato alla "vita", la respirazione microbica, sia aerobica che anaerobica, produce infatti energia a partire da composti organici ed inorganici ridotti.

Si definisce "respirazione basale" la respirazione determinata in assenza di un substrato organico aggiunto e riflette sia la quantità che la qualità delle fonti di carbonio disponibili; in sostanza è un indice del potenziale dei microrganismi del suolo di degradare la sostanza organica nelle condizioni ambientali stabilite.

Dal punto di vista pratico si distingue la **respirazione basale (C_{bas})** e la **respirazione cumulativa (C_{cum})** che rappresentano rispettivamente l'emissione oraria di CO₂ in assenza di substrato organico all'ultimo giorno di incubazione e quella totale emessa durante tutto l'arco di incubazione (Isermayer, 1952).

Per la determinazione i campioni di suolo secco sono riportati alla capacità di campo e incubati al buio a 30 °C in contenitori di vetro a chiusura ermetica, insieme a un beker contenente una soluzione di idrossido di sodio. Durante l'incubazione si determina la CO₂ emessa mediante titolazione con acido cloridrico dopo l'aggiunta di cloruro di bario e di un indicatore per titolazione acido-base (fenoltaleina) ad intervalli di tempo prefissati (1, 2, 4, 7, 10, 14, 17, 21 e 28 giorni), da cui si ricava la curva di respirazione potenziale mediante la formula $C_t = C_0 * (1 - e^{-kt})$ (Riffaldi et al., 1996), dove:

- t è il tempo di incubazione;

C_t = CO₂ emessa al tempo t

C_0 = carbonio potenzialmente mineralizzabile

k = tasso di crescita (ovvero costante cinetica della respirazione)

A partire dai valori di Ccum, Cbas e Cmic è possibile determinare i restanti valori dei Quozienti Microbici necessari per il calcolo dell'IBF.

Quozienti microbici

- Quoziente metabolico (qCO₂)

$$qCO_2 = \frac{C_{bas}}{C_{mic}} \times 100$$

$$0,2 < qCO_2 < 0,3$$

- Quoziente di mineralizzazione (qM)

$$qM = \frac{C_{cum}}{TOC} \times 100$$

$$2 < qM < 3$$

Fig. 6-12: Definizione dei "Quozienti microbici" - Fonte ISPRA "Indicatori Biodiversità per la sostenibilità in agricoltura"

3) Analisi sui metalli pesanti

La presenza eccessiva di metalli pesanti al di sopra di determinate soglie, oltre ad essere tossica per animali e uomo, è in grado di influire negativamente sulle attività microbiologiche, sulla qualità delle acque di percolazione, sulla composizione delle soluzioni circostanti e quindi, in definitiva, di alterare lo stato nutritivo delle piante, modificandolo sino ad impedire la crescita ed influire sugli utilizzatori primari e secondari.

Nella tabella a seguire vengono riportati i metalli che generalmente sono considerati più pericolosi per la fertilità del suolo ed i rispettivi valori limite; nei suoli esistono infatti dei valori di fondo, cioè concentrazioni naturali di metalli pesanti, che possono presentare anche una notevole variabilità in funzione della tipologia di suolo naturale o del clima locale, talvolta con concentrazioni superiori a quelle fissate dalla legge. Nella tabella vengono riportati i valori di concentrazione limite sia in suoli coltivati e naturali sia per siti a destinazione "commerciale-industriale" (Decreto Ministeriale del 13/09/1999 - "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" e il Testo Unico sull'Ambiente 152/2006). Per la determinazione si potrà fare riferimento ai metodi IRSA.

ANALISI CHIMICO-FISICHE DEL SUOLO			
Analita	Unità di misura	Valori limite (*)	Valori limite (**)
Cadmio	mg/kg ⁻¹	0,1- 5	15
Cobalto	mg/kg ⁻¹	1-20	800
Cromo	mg/kg ⁻¹	10-150	500
Manganese	mg/kg ⁻¹	750-1000	1000
Nichel	mg/kg ⁻¹	5-120	600
Piombo (I)	mg/kg ⁻¹	5-120	350
Rame (II)	mg/kg ⁻¹	10-120	1500
Zinco (II)	mg/kg ⁻¹	10-150	15

(*) in suoli coltivati e naturali; (**) in siti commerciali e industriali;

(I) Elevati livelli di fondo di Piombo (non naturali) possono essere riscontrati in 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;

(II) Le concentrazioni più elevate di Rame e Zinco sono caratteristiche di molti suoli utilizzati per la viticoltura

Fig. 6-13: Concentrazioni limite metalli pesanti

6.3. PROVE IN SITU

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 pannelli mobili e con un'altezza dal suolo in genere superiore ai 2,0 metri, non appare ragionevole assimilare la posa dei pannelli 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.

L'esperienza su campi fotovoltaici esistenti (anche da parte degli stessi scriventi), al netto di una impermeabilizzazione diretta del suolo, come detto da escludersi, indica comunque che i terreni interessati da coperture fotovoltaiche, possono effettivamente essere soggetti ad un aumento della impermeabilizzazione del terreno, seppur indiretta, in ragione di una "compattazione naturale del terreno", non più oggetto di pratiche agricole di rimaneggiamento del suolo e quindi assimilabili a terreni incolti.

Tale fenomeno di compattazione è stato riscontrato, in misura anche maggiore, nelle aree non direttamente coperte dai pannelli (per fenomeni di essiccamento) e pertanto meno ombreggiate e soprattutto su terreni ad elevata componente argillosa-marnosa.

Sebbene un terreno incolto non necessariamente risulti peggiorativo in termini di ritenzione idrica generale, rispetto a una copertura ad uso agricolo dello stesso, tuttavia dal punto di vista della fertilità del suolo può portare ad effettive situazioni di degrado. Appare pertanto opportuno predisporre un piano di monitoraggio della componente suolo anche relativamente ad alcune

proprietà del suolo, che influiscono sulla permeabilità del terreno e quindi sulle componenti, idrologiche, chimiche biotiche.

La compattazione di un suolo ha infatti, come effetto secondario, la limitazione degli scambi gassosi fra atmosfera e suolo e la diminuzione della capacità di assorbire e trattenere l'acqua e di allontanare quella in eccesso; un suolo compattato, inoltre, presenta scarsa elasticità e limita l'approfondimento e lo sviluppo dell'apparato radicale, in definitiva influenzando sulla fertilità del suolo nel medio-lungo periodo.

6.3.1 Metodologie di monitoraggio

Il grado di compattamento di un suolo può essere valutato, oggettivamente, tenendo conto di alcune sue caratteristiche quali: elasticità, facilità nell'introduzione di un carotatore o di un altro strumento acuminato o tagliente, velocità di infiltrazione dell'acqua, profondità dell'apparato radicale nei mesi di massima attività vegetativa. Importanti parametri qualitativi sono anche la velocità di affermazione delle specie erbose e loro resistenza agli stress. Si ritiene pertanto opportuno inserire nel PMA, in relazione alle problematiche sopra esposte:

- I) Prove meccaniche in situ sullo stato di compattazione del suolo;
- II) Prove di permeabilità in pozzetti superficiali;
- III) Misure del grado di umidità del suolo.

I) Prove meccaniche per la valutazione del grado di compattazione

Il grado di compattazione può essere valutato mediante varie tipologie di prove che prevedono l'uso di: *Misuratori di Densità in situ*, *Penetrografi*, *Strumentazione ad impatto* (Clegg Test).

- *Misuratori di Densità* (Fig. 6-14): si tratta di misuratori della resistenza al carico del terreno (N/mm^2) di semplice utilizzo, che prevedono l'infissione manuale nel suolo di un'asta munita di manometro; si prevede di investigare al massimo i primi 30/40 centimetri in quanto più soggetti ai fenomeni di compattazione. Tramite opportuni abachi dalla resistenza alla penetrazione, se utile, si può risalire alla densità del terreno.

- *Penetrografi* (Fig. 6-15): si tratta di dispositivi concettualmente identici a quello sopra descritto in precedenza ma che permettono di registrare graficamente i risultati per una valutazione anche in continuo.

- *Clegg Test* (Fig. 6-16): il dispositivo è costituito da un martello compattatore che opera all'interno di un tubo guida verticale. Quando il martello viene rilasciato da un'altezza fissa, cade attraverso il tubo e colpisce la superficie in esame, decelerando ad una velocità determinata dalla rigidità del materiale all'interno della regione di impatto; un accelerometro di precisione montato

sul martello invia la sua uscita ad un'unità di lettura digitale portatile che registra la decelerazione del martello. Per le superfici sportive le letture sono visualizzate in Gravities mentre per le applicazioni stradali le letture visualizzate sono Impact Values (IV). L'IV indica la resistenza del suolo e mostra una buona correlazione con i risultati del test Californian Bearing Ratio (CBR).



Fig. 6-14: Penetrometro manuale per la misura della densità in situ



Fig. 6-15: Penetrografo manuale per misure di compattazione del terreno



Fig. 6-16 Strumentazione ad impatto per Slegg Test

II) Prove di infiltrazione in situ (o Prove di permeabilità)

- Prove di Permeabilità su pozzetto

Le prove di permeabilità possono essere effettuate direttamente su pozzetti superficiali utilizzando la metodologia illustrata nelle raccomandazioni finali del “*Seminario di studi sulla legge 10/05/1976 n° 319 – Perugia 27/06/1977*” le quali permettono valutare la permeabilità fino ai primi 50 centimetri di un terreno (Fig. 6-17).

- Prove con infiltrometro a doppio anello

L'infiltrometro a doppio anello (Fig. 6-18) è uno strumento semplice ma efficace che permette di misurare la velocità di infiltrazione dell'acqua nel suolo in un terreno saturato o meno. Lo strumento si infigge nel terreno, fino alla quota di indagine.



Fig. 6-17: Prova di Permeabilità superficiale



Fig. 6-18: Infiltrometro a doppio anello

III) Misura dell'umidità del suolo

La misura dell'umidità del suolo è un parametro estremamente importante in agricoltura ai fini della pianificazione degli interventi di irrigazione; l'umidità del suolo ha infatti una grande influenza sulla disponibilità e l'assorbimento delle sostanze nutrienti.

Allo scopo di valutare l'impatto della copertura fotovoltaica sul grado di umidità del terreno risulta pertanto opportuno predisporre delle misure di tale parametro “sotto pannello” e “fuori pannello”.

Sostanzialmente esistono 2 metodologie di misura:

a) Misure tensiometriche; questa metodologia consente di misurare il cosiddetto “*potenziale idrico*” ovvero la tensione con la quale l'acqua è trattenuta dal suolo e quindi fornisce informazioni sulla forza che una pianta deve applicare per riuscire a estrarre l'acqua dal suolo. Il metodo, pur non

offrendo informazioni sul contenuto assoluto di acqua nel suolo, può risultare preferibile se orientato ad attività di monitoraggio agrarie.

b) Contenuto Volumetrico; questa metodologia di misura calcola invece il contenuto volumetrico di acqua nel suolo (inclusa l'acqua non utilizzabile dalla pianta) e non fornisce informazioni sul *potenziale idrico* del suolo.

In figura 6-20 vengono riportati, a puro titolo di esempio, alcuni dispositivi in commercio.

Nome commerciale	Installazione	Tipo di misura - note
Tensiometro Irrometer	Fisso	Tensione, campo di misura 0 - 100 centibar. Lettura manuale con manometro. Richiede manutenzione
Watermark	Fisso	Tensione, campo di misura 0 - 220 centibar. Lettura manuale con lettore digitale, possibilità collegamento a registratore o stazione meteo. Non richiede manutenzione
Tensiomark	Fisso	Tensione, campo di misura pF 0 - 7. Uscita digitale o analogica. Si adatta rapidamente alle variazioni di umidità. Non richiede manutenzione
SM 100 Water Scout	Fisso	Contenuto volumetrico. Idoneo per qualsiasi tipo di suolo. Lettura manuale con lettore digitale, possibilità collegamento a registratore o stazione meteo. Non richiede manutenzione
SMEC 300 Water Scout	Fisso	Sonda multi parametro. Contenuto volumetrico + Temperatura + conducibilità. Idoneo per qualsiasi tipo di suolo. Lettura manuale con lettore digitale, possibilità collegamento a registratore o stazione meteo. Non richiede manutenzione
TDR 100 Fieldscout	Portatile	Contenuto volumetrico. Idoneo per qualsiasi tipo di suolo. N 4 profondità disponibili 4 - 8 - 12 - 20 cm. Non richiede manutenzione
TDR 300 Fieldscout	Portatile	Contenuto volumetrico. Idoneo per qualsiasi tipo di suolo. N 4 profondità disponibili 4 - 8 - 12 - 20 cm. Non richiede manutenzione. Dotato di memoria interna e possibilità di collegamento a modulo GPS

Fig. 6-19: Strumentazione varia per la misura dell'Umidità del suolo

6.3.2 Ubicazione dei Punti di Monitoraggio

Le prove in situ saranno effettuate in adiacenza alle aree di campionamento per le indagini di laboratorio, anche ai fini della definizione di eventuali correlazioni tra le due tipologie di prova.

6.4. PIANO DI MONITORAGGIO SUOLO

Il piano di monitoraggio previsto per la componente suolo è illustrato nelle tabelle a seguire:

	Prelievo Campioni	Prove in Situ
<i>Ante Operam</i>	Previsto in unica soluzione	Previste in unica soluzione
<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

<i>Attività</i>	<i>n° attività</i>	<i>Periodo attività</i>
Prelievo Campioni	2 x 15 (*)	Unico prima dell'inizio delle attività
Prove di Permeabilità	1 x 15 (**)	Unico prima dell'inizio delle attività
Prove di compattazione	1 x 15 (**)	Unico prima dell'inizio delle attività
Misure Umidità del suolo	1 x 15 (**)	Unico prima dell'inizio delle attività

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

(**) n. 1 prova per ciascuno dei 15 punti di indagine

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 (piazzali 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 cadenza semestrale nei primi anni di esercizio (ritenuti 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 i punti di indagine individuati in precedenza, l'operazione 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 (sia per le prove in situ che per il prelievo dei campioni), 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 o da dati ufficiali della Regione Sicilia.

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 estreme estive (luglio-agosto) o invernali (novembre – gennaio).

<i>Piano di Monitoraggio della componente Suolo</i>						
	Estivo	Invernale	Prove di compattazione	Prove di permeabilità	Prelievo campioni	Rilievo Umidità
1° anno (*)	X	X	X	X	X	X
3° anno	X	X	X	X	X	X
5° anno	X		X	X	X	X
10° anno		X	X	X	X	X
15° anno	X		X	X	X	X
20° anno		X	X	X	X	X
+5 anni (**)	X		X	X	X	X
Dismissione (***)	X	X	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

6.5. FREQUENZA E RESTITUZIONE DEI DATI

I risultati del monitoraggio saranno condivisi con l'Ente vigilante individuato, secondo modalità da concordare con l'Ente stesso; per quanto riguarda la frequenza di trasmissione dei dati, viene di seguito proposta una tempistica, eventualmente oggetto anch'essa di concertazione.

	Risultati Laboratorio	Dati Prove in Situ
<i>Ante Operam</i>	Analisi unica trasmessa appena nella disponibilità dei dati	Analisi unica trasmessa appena nella disponibilità dei dati
<i>Corso d'Opera</i>	non previsto	non previsto
<i>Post-Operam (fase di esercizio)</i>	Cadenza annuale/pluriennale (*)	Cadenza annuale/pluriennale (*)

(*) appena nella disponibilità dei dati

7. MONITORAGGIO DELLA COMPONENTE ACQUA (opzionale)

Relativamente alla componente ambientale “acqua”, tenuto conto che nella Relazione Geologica consultata non è stata rilevata la presenza di elementi idrici superficiali di rilievo, con presenza perenne di acque, il piano di monitoraggio sarà messo in opera unicamente per le acque di sottosuolo (acque di falda), condizionatamente al rilevamento di una falda idrica nel sottosuolo (durante i lavori per la realizzazione dell’impianto o di eventuali sondaggi geognostici di supporto al progetto definitivo) e comunque ad una profondità ritenuta significativa ai fini di eventuali problematiche di natura ambientale, ovvero inferiore ai 5 metri.

7.1. ASPETTI METODOLOGICI

Per la redazione del piano di monitoraggio della componente acqua è stato fatto riferimento alle linee guida sul Monitoraggio e Qualità delle Acque dell’ISPRA pubblicate sul sito web www.isprambiente.gov.it/it/attivita/acqua, con riferimento al documento relativo alla qualità delle acque sotterranee. Nello specifico, la “qualità” di un corpo idrico sotterraneo viene definita in funzione di alcuni parametri chimici di base, nelle figure sottostanti.

STATO CHIMICO

Le classi chimiche dei corpi idrici sotterranei sono definite secondo il seguente schema:

Classe 1	Impatto antropico nullo o trascurabile con pregiate caratteristiche idrochimiche;
Classe 2	Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e con buone caratteristiche idrochimiche;
Classe 3	Impatto antropico significativo e con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione;
Classe 4	Impatto antropico rilevante con caratteristiche idrochimiche scadenti;
Classe 0 (*)	Impatto antropico nullo o trascurabile ma con particolari facies idrochimiche naturali in concentrazioni al di sopra del valore della classe 3.

(*) per la valutazione dell’origine endogena delle specie idrochimiche presenti dovranno essere considerate anche le caratteristiche chimico-fisiche delle acque.

Figura 7-1 - Classi Chimiche qualità acque sottosuolo – Fonte ISPRA

Tabella 20 dell'allegato 1 del D. Lgs. 152/99 Classificazione chimica in base ai parametri di base (1)

	Unità di misura	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 0 (*)
Conducibilità elettrica	µS/cm (20°C)	≤400	≤2500	≤2500	>2500	>2500
Cloruri	mg/L	≤25	≤250	≤250	>250	>250
Manganese	µg/L	≤20	≤50	≤50	>50	>50
Ferro	µg/L	<50	<200	≤200	>200	>200
Nitrati	mg/L di NO ₃	≤5	≤25	≤50	>50	
Solfati	mg/L di SO ₄	≤25	≤250	≤250	>250	>250
Ione ammonio	mg/L di NH ₄	≤0,05	≤0,5	≤0,5	>0,5	>0,5

(1) se la presenza di tali sostanze è di origine naturale, così come appurato dalle Regioni o dalle province autonome, verrà automaticamente attribuita la classe 0.

Figura 7-2 - Elenco parametri da monitorare acque di sottosuolo – Fonte ISPRA

Nel piano di indagini geognostiche propedeutiche al progetto esecutivo, pertanto, in caso di rinvenimento di falda sotterranea a profondità intorno ai 5,0 metri o inferiore, occorrerà prevedere il condizionamento di almeno un foro di sondaggio, con l'installazione di un piezometro da 2 o 3 pollici.

Il prelievo delle acque da avviare al laboratorio verrà effettuato secondo le normali metodologie previste per i campionamenti di acque in foro, ovvero mediante l'utilizzo di Bailers monouso (fig. 7-3) e contenitori in PVC sterili.



Figura 7-3 - Bailers monouso per il prelievo delle acque in foro

7.2. PUNTI DI PRELIEVO

Il prelievo avverrà in corrispondenza del punto di installazione degli eventuali piezometri, preferenzialmente in posizione baricentrale rispetto all'areale di impianto e sufficientemente distante da eventuali fonti di inquinamento non imputabili all'impianto (strade asfaltate, strade interpoderali, aree di attività agricole, ecc.).

7.3. PIANO DI MONITORAGGIO COMPONENTE ACQUA

Il piano di monitoraggio, previsto in caso di rinvenimento di acque di falda, viene illustrato nelle tabelle seguenti:

	Prelievo Campioni
<i>Ante Operam</i>	Previsto in un'unica soluzione
<i>Corso d'Opera</i>	Previsto in un'unica soluzione
<i>Post Operam</i> (fase di esercizio)	Vita Utile dell'impianto

A) Ante Operam

Attività	n° attività	Periodo attività
Prelievo Campione	1 x n (*)	Unico prima dell'inizio delle attività

(*) prelievo n.1 campione di acqua per ogni piezometro installato

B) In Corso d'Opera

Attività	n° attività	Periodo attività
Prelievo Campione	1 x n (*)	Unico durante le fasi tardive delle attività di cantiere

(*) prelievo n.1 campione di acqua per ogni piezometro installato

C) Post Operam

L'attività di monitoraggio nella fase post-operam sarà estesa a tutta la vita utile dell'impianto utilizzando per semplicità logistiche la stessa frequenza prevista per il campionamento dei suoli, ovvero:

Piano di Monitoraggio della componente Acque Superficiali e Sotterranee			
	Estivo	Invernale	Prelievo campioni
1° anno (*)	X	X	X
2° anno	X	X	X
5° anno	X	X	X
10° anno		X	X
15° anno	X		X
20° anno		X	X
+5 anni (**)	X		X
Dismissione (***)	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

7.4. FREQUENZA E RESTITUZIONE DEI DATI

I risultati del monitoraggio saranno condivisi con l'Ente vigilante individuato, secondo la tempistica di seguito proposta ma eventualmente oggetto di concertazione con l'Ente vigilante

	Trasmissione dati
<i>Ante Operam</i>	Analisi unica trasmessa appena nella disponibilità dei dati
<i>Corso d'Opera</i>	Analisi unica trasmessa appena nella disponibilità dei dati
<i>Post-Operam (fase di esercizio)</i>	Cadenza annuale/pluriennale (*)

(*) appena nella disponibilità dei dati

8. MONITORAGGIO DELLA COMPONENTE 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 (fig. 8-1), 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.

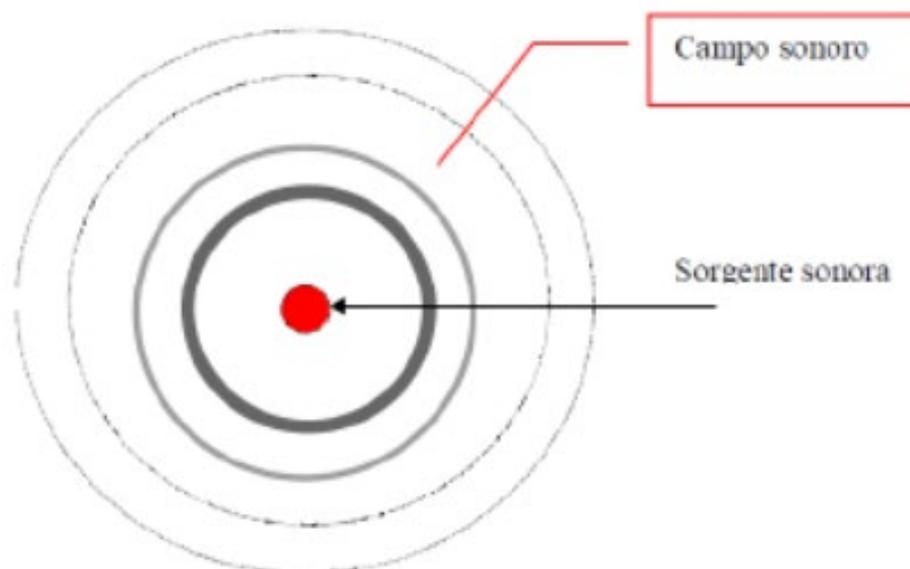


Fig. 8.1: Schema modalità di propagazione perturbazioni sonore

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 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 in progetto, al fine di esaminare le eventuali variazioni che intervengono nell'ambiente a seguito della costruzione e dell'eventuale esercizio dell'opera, risalendo alle loro cause, allo scopo di determinare se tali variazioni siano imputabili all'opera in costruzione o realizzata ed eventualmente valutare interventi 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 attuati;
- garantire la gestione delle problematiche ambientali che possono manifestarsi nelle fasi di costruzione e di esercizio.
- rilevare tempestivamente emergenze ambientali impreviste per potere intervenire con adeguati provvedimenti.

Nell'ambito di tali fasi operative si procede, generalmente, con riferimento:

- alla rilevazione dei livelli ante-operam (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 post-operam (fase di esercizio).

Il monitoraggio della **fase ante-operam** è finalizzato ai seguenti obiettivi:

- a) 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.
- b) 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.
- c) 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 in corso d'opera** sono le seguenti:

- a) documentare l'eventuale alterazione dei livelli sonori rilevati rispetto allo stato ante-operam.

b) individuare eventuali situazioni critiche che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere delle modifiche alla gestione delle attività del 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:

a) confronto degli indicatori definiti nello "stato di zero".

b) controllo ed efficacia degli eventuali interventi di mitigazione realizzati.

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. ASPETTI METODOLOGICI

Preliminarmente 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.

Nello specifico 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.

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.

8.2. DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI E DEI PARAMETRI DEL MONITORAGGIO

Nel corso delle campagne di monitoraggio nelle 3 fasi temporali considerate, 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.

1) 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, con un unico valore del livello sonoro è stato definito il “*Livello continuo equivalente di pressione sonora* (L_{eq})”, dove:

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

Il L_{eq} nella pratica rappresenta un rumore comunque fluttuante mediante il livello di un rumore uniforme avente il medesimo contenuto energetico del rumore fluttuante (fig. 8-2):

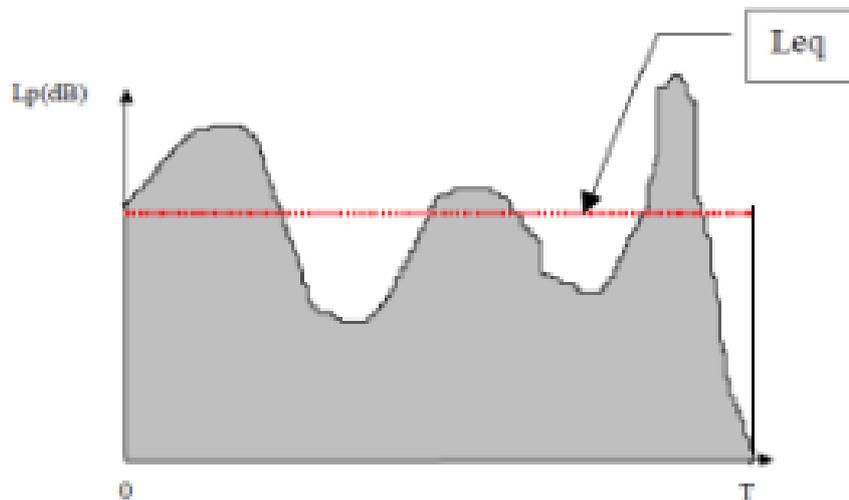


Fig. 8-2: Schema rappresentativo del L_{eq}

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 di pressione sonora** misurato in dB(A).

Il livello di pressione sonora LP(A) (o semplicemente livello sonoro) è la grandezza *psicoacustica* base per esprimere le risposte soggettive degli individui ai rumori. Da numerosi studi è emersa, infatti, 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 (L_{eq}) ponderato "A" espresso in decibel
- Livelli statistici L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{99} 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 (L_1), di cresta (L_{10}), media (L_{50}) e di fondo (L_{90} e, maggiormente, L_{99}).

II) Parametri Meteorologici

Nel corso della campagna di monitoraggio acustica è parimenti importante rilevare i seguenti parametri meteorologici:

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

Le misurazioni di tali parametri hanno lo scopo di determinare le condizioni climatiche al fine di verificare il rispetto delle prescrizioni normative che sottolineano di non effettuare rilevazioni fonometriche nelle seguenti condizioni meteorologiche:

- velocità del vento > 5 m/s;
- temperatura dell'aria $< 5^{\circ}\text{C}$,
- presenza di pioggia e di neve.

III) 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 necessariamente 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, ed eventuale 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.

8.3. IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

Come già evidenziato per la componente "atmosfera", nella fase di progettazione definitiva qui trattata, la redazione del PMA risulta generalmente priva di quel grado di dettaglio necessario per il puntuale posizionamento sia dei punti di monitoraggio che delle frequenze delle misurazioni richieste. Il PMA in questa fase deve pertanto essere realizzato in maniera flessibile in funzione delle future definizioni; frequenza e localizzazione dei campionamenti saranno stabiliti, in maniera puntuale, sulla base dell'effettiva evoluzione delle attività di cantiere e del cronoprogramma dell'opera.

I punti sensibili per il monitoraggio, individuati sulla base della tipologia, della conformazione dell'impianto e dei potenziali ricettori, potranno eventualmente anche subire variazioni durante lo svolgimento delle misurazioni in funzione delle condizioni rinvenute in sito, al fine di caratterizzare acusticamente al meglio l'area di interesse; i punti definiti andranno in ogni caso sempre georeferenziati.

Relativamente alle metodologie di rilevamento della componente rumore, andrà fatto riferimento al D.M. 16/03/1998 – "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*", rispettivamente:

- a) Strumentazione di misura: specifiche come da art. 2 D.M. 16/03/1998;
- b) Modalità di misura: specifiche come da Allegato B D.M. 16/03/1998;
- c) Presentazione dei risultati delle misure: specifiche come da Allegato D D.M. 16/03/1998.

8.4. PIANO DI MONITORAGGIO DELLA COMPONENTE RUMORE

Con riferimento all'indicazione del richiamato D.M. 16/03/1998, nella successiva tabella vengono riportati i *criteri temporali generali* per il campionamento della componente rumore:

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	-

Figura 8-3: Criteri Temporal generali per il campionamento acustico - D.M. 16/03/1998

Come specificato nella stessa normativa, si tratta di criteri generali che vanno adattati alla tipologia di attività previste, alla natura del cantiere nonché all'ubicazione stessa del sito rispetto, per esempio, a centri abitati o comunque ad aree abitative.

Per il progetto in esame, considerate le tipicità dello stesso, vengono proposte le seguenti attività:

A) Ante – Operam

Una misurazione del rumore di fondo Leq come bianco di riferimento della durata di 8 ore in corrispondenza di ciascun recettore eventualmente rilevato.

B) Corso d'Opera

Una misurazione del rumore Leq della durata di 8 ore in corrispondenza di ciascun recettore rilevato, con cadenza trimestrale o semestrale e comunque in relazione al reale cronoprogramma di cantiere.

C) Post – Operam (Fase di esercizio)

Tenuto conto della natura delle opere in progetto, che in fase di esercizio non prevedono emissioni sonore, per la fase di esercizio non è prevista alcuna attività di monitoraggio.

8.5. FREQUENZA E RESTITUZIONE DEI DATI

I risultati del monitoraggio saranno condivisi con l'Ente vigilante individuato, secondo la tempistica di seguito proposta ma eventualmente oggetto di concertazione con l'Ente vigilante

	Trasmissione dati
<i>Ante Operam</i>	Analisi unica trasmessa appena nella disponibilità dei dati
<i>Corso d'Opera</i>	Analisi unica trasmessa appena nella disponibilità dei dati
<i>Post-Operam (fase di esercizio)</i>	monitoraggio non previsto

(*) appena nella disponibilità dei dati

9. CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto che prevede la realizzazione di un Impianto Agrivoltaico di potenza di picco pari a 70,365 kWp denominato "Làgani" integrato con un sistema di accumulo della potenza di 10 MW, da realizzarsi nei Comune di Calatafimi Segesta e Gibellina (TP), in provincia di Catania è stato redatto un Piano di Monitoraggio Ambientale delle componenti atmosfera, suolo e sottosuolo, acqua e rumore. Per ogni componente sono state fornite metodologie e tempistiche, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo per il relativo monitoraggio durante le tre fasi del progetto ovvero ante-operam, in corso d'opera (realizzazione impianto), post-operam (fase di esercizio impianto). Scopo del presente documento è stato pertanto quello di fornire uno strumento 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. I risultati del monitoraggio saranno condivisi con l'Ente vigilante individuato secondo modalità e tempistiche da concordare con l'Ente stesso.

Palermo, Settembre 2024

Dott. Geol. Michele Ognibene
Ordine Regionale geologi di Sicilia n. 3003