

PROGETTO DELLA CENTRALE SOLARE

"Energia del Panaro"

da 83,2 MWp - Finale Emilia (MO)

TR05

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

PROGETTO DEFINITIVO



Proponente

ENGIE FINALE EMILIA S.r.l.

Via Chiese, 72, 20126 Milano MI



Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione

Coordinamento alla progettazione: Dott. Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi,
Dott. Francesco Semmola, Arch. Alessandro Visalli,
Arch. Riccardo Festa

Progettisti: Arch. Paola Ferraioli, Arch. Anna Manzo

Collaboratori: Dott. Carmine Perna, Dott. Agr. Giuseppe Maria Massa,
Dott. Agr. Vincenzo Meola



AEDES GROUP

ENGINEERING

Progettazione elettrica e civile

Progettisti: Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto

Collaboratori: Ing. Giuseppe Fava, Ing. Filippo Angarano,
Ing. Karim Ait Hamd, Ing. Marco Balzano,
Ing. Simone Bonacini



MARE

RINNOVABILI

Progettazione mandorleto superintensivo

Progettisti: Dott. Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi, Dott. Agr. Giuseppe Maria Massa,
Dott. Agr. Francesco Palombo

Consulenza geologica

Geol. Gaetano Ciccarelli

Consulenza archeologica

GeA Archeologia Preventiva

Consulenza agronomica

iGreen System, Imola



02 • 2026

rev	descrizione	formato	elaborazione	controllo	approvazione
00	Prima consegna	A4	Vincenzo Meola	Alessandro Visalli	Fabrizio Cembalo Sambiasi
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					

Sommario

1. Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA)	3
1.1 Premessa	3
1.2 Contenuto del PMA	3
1.2.1 Indicazioni di metodo	4
1.3 Azioni di progetto e parametri progettuali caratterizzanti	7
1.4 Componenti ambientali da monitorare ed aree di indagine	9
1.4.1 Componenti ambientali da monitorare	9
1.4.2 Stazioni o punti di monitoraggio rumore ed elettromagnetismo	10
1.4.3 Impatto visivo	12
1.5 parametri ambientali ed effetti attesi	13
1.6 Gruppo di lavoro ed informazioni al pubblico	13
2. Monitoraggio della matrice agricola.....	13
2.1 Monitoraggio del Risparmio Idrico	13
2.2 Monitoraggio dell'Irraggiamento Solare	14
2.3 Monitoraggio della Sostanza Organica nel Suolo	15
2.4 Monitoraggio della Falda attraverso Piezometri.....	16
3. Monitoraggio della biodiversità.....	17
3.1 Specie di interesse comunitario	18
3.2 Monitoraggio Faunistico	19
3.3 Chiroteri.....	19
3.3.1 <i>Metodi di Campionamento</i>	20
3.3.2 <i>Strumentazione e Procedure</i>	20
3.3.3 <i>Analisi dei Dati</i>	21
3.4 Avifauna	21
3.4.1 <i>Metodi di Campionamento</i>	21
3.4.2 <i>Procedure di Monitoraggio</i>	22
3.4.2 <i>Analisi dei Dati</i>	22

3.5 Odonata.....	23
3.5.1 <i>Metodi di Campionamento</i>	23
3.5.2 <i>Procedure di Monitoraggio</i>	23
3.5.3 <i>Analisi dei Dati</i>	24
3.6 Monitoraggio degli habitat	24
3.6.1 <i>Metodi di Campionamento</i>	24
3.6.2 <i>Procedure di Monitoraggio</i>	24
3.6.3 <i>Analisi dei Dati</i>	25
3.7 Monitoraggio della matrice climatica.....	25
4. Metodologia e tempistiche	29
4.1 Durata del monitoraggio.....	29
4.2 Periodo e Frequenza del Monitoraggio	30
4.3 Tecniche di Campionamento	30
4.4 Gestione dei Dati	30
4.5 Misure di Mitigazione e Adattamento	30
4.1.5 <i>Validità Scientifica e Conformità</i>	31
4.6 Standard di riferimento.....	31
5. Conclusioni.....	31

1. Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA)

1.1 Premessa

Il presente *Piano di Monitoraggio Ambientale* (PMA) è redatto secondo le Linee Guida, Rev 16/06/2014, dell'Ispra, ed ha lo scopo, secondo quanto previsto dall'art 28 del D.Lgs. 152/06, di fornire lo strumento per avere la “misura” dell'evoluzione dello stato dell'ambiente nelle diverse fasi di attuazione del 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. Il Monitoraggio Ambientale è uno strumento finalizzato al controllo degli effetti negativi significativi sull'ambiente in seguito a costruzione ed esercizio dell'opera, ad identificare eventuali effetti negativi degli imprevisti e all'adozione di misure correttive. La direttiva 2014/52/UE stabilisce inoltre che il monitoraggio:

- non deve duplicare eventuali monitoraggi ambientali già previsti da altre pertinenti normative sia comunitarie che nazionali per evitare oneri ingiustificati; proprio a tale fine è possibile ricorrere, se del caso, a meccanismi di controllo esistenti derivanti da altre normative comunitarie o nazionali.
- è parte della decisione finale, che, ove opportuno, ne definisce le specificità (tipo di parametri da monitorare e durata del monitoraggio) in maniera adeguata e proporzionale alla natura, ubicazione e dimensione del progetto ed alla significatività dei suoi effetti sull'ambiente.

I contenuti in colore blu costituiscono a risposta alle integrazioni richieste.

1.2 Contenuto del PMA

In base ai principali orientamenti tecnico scientifici e normativi comunitari ed alle vigenti norme nazionali il monitoraggio rappresenta l'insieme di azioni che consentono di *verificare, attraverso la rilevazione di determinati parametri biologici, chimici e fisici, gli impatti ambientali significativi generati dall'opera nelle fasi di realizzazione e di esercizio.*

Ai sensi dell'art.28 del D.Lgs.152/2006 e s.m.i. il MA rappresenta, per tutte le opere soggette a VIA (incluse quelle strategiche ai sensi della L.443/2001), lo strumento che fornisce la reale misura dell'evoluzione dello stato dell'ambiente nelle varie fasi di attuazione dell'opera e che consente ai soggetti responsabili (proponente, autorità competenti) di individuare i segnali necessari per attivare preventivamente e tempestivamente eventuali azioni correttive qualora le “risposte” ambientali non siano rispondenti alle previsioni effettuate nell'ambito del processo di VIA.

Al pari degli altri momenti salienti del processo di VIA (consultazione, decisione), anche le attività e gli esiti del monitoraggio ambientale sono oggetto di condivisione con il pubblico.

Gli obiettivi del MA e le conseguenti attività che dovranno essere programmate ed adeguatamente caratterizzate nel PMA sono rappresentati da:

- 1- verifica dello scenario ambientale di riferimento utilizzato nello SIA e caratterizzazione delle *condizioni ambientali* (scenario di base) da confrontare con le successive fasi di monitoraggio mediante la rilevazione dei parametri caratterizzanti lo stato delle componenti ambientali e le relative tendenze in atto prima dell'avvio dei lavori per la realizzazione dell'opera (monitoraggio ante operam o monitoraggio dello scenario di base);
- 2- verifica delle previsioni degli impatti ambientali contenute nello SIA e delle variazioni dello scenario di base mediante la rilevazione dei parametri presi a riferimento per le diverse componenti ambientali soggette ad un impatto significativo a seguito dell'attuazione dell'opera nelle sue diverse fasi (monitoraggio degli effetti ambientali in corso d'opera e post operam o monitoraggio degli impatti ambientali); tali attività consentiranno di:
 - a. verificare l'efficacia delle misure di mitigazione previste nello SIA per ridurre la significatività degli impatti ambientali individuati in fase di cantiere e di esercizio;
 - b. individuare eventuali impatti ambientali non previsti o di entità superiore rispetto alle previsioni contenute nello SIA e programmare le opportune misure correttive per la loro gestione/risoluzione;
- 3- comunicazione degli esiti delle attività di cui ai punti precedenti (alle autorità preposte ad eventuali controlli, al pubblico).

1.2.1 Indicazioni di metodo

Il PMA rappresenta un elaborato che, seppure con una propria autonomia, deve garantire la piena coerenza con i contenuti del SIA relativamente alla caratterizzazione dello stato dell'ambiente nello scenario di riferimento che precede l'attuazione del progetto (ante operam) e alle previsioni degli impatti ambientali significativi connessi alla sua attuazione (in corso d'opera e post operam).

Il PMA ha per oggetto la programmazione del monitoraggio delle componenti/fattori ambientali per i quali, in coerenza con quanto documentato nello SIA, sono stati individuati impatti ambientali significativi generati dall'attuazione dell'opera: il Proponente non è pertanto tenuto a programmare monitoraggi ambientali connessi a finalità diverse da quelle indicate di seguito ed a sostenere conseguentemente oneri ingiustificati e non attinenti agli obiettivi strettamente riferibili al monitoraggio degli impatti ambientali significativi relativi all'opera in progetto.

Inoltre:

- deve essere commisurato alla significatività degli impatti ambientali previsti nello SIA (estensione dell'area geografica interessata e caratteristiche di sensibilità/criticità delle aree potenzialmente soggette ad impatti significativi; ordine di grandezza qualitativo e quantitativo, probabilità, durata, frequenza, reversibilità, complessità degli impatti);
- conseguentemente, l'attività di MA da programmare dovrà essere adeguatamente proporzionata in termini di estensione delle aree di indagine, numero dei punti di monitoraggio, numero e tipologia dei parametri, frequenza e durata dei campionamenti, ecc.;
- deve essere, ove possibile, coordinato o integrato con le reti e le attività di monitoraggio svolte dalle autorità istituzionalmente preposte al controllo della qualità dell'ambiente. Tale condizione garantisce che il MA effettuato dal proponente non duplichi o sostituisca attività svolte da altri soggetti competenti con finalità diverse dal monitoraggio degli impatti ambientali generati dall'opera in progetto; nel rispetto dei diversi ruoli e competenze, il proponente potrà disporre dei dati e delle informazioni, dati generalmente di lungo periodo, derivanti dalle reti e dalle attività di monitoraggio ambientale, svolte in base alle diverse competenze istituzionali da altri soggetti (ISPRA, ARPA/APPA, Regioni, Province, ASL, ecc.) per supportare efficacemente le specifiche finalità del MA degli impatti ambientali generati dall'opera;
- rappresenta uno strumento tecnico-operativo di programmazione delle attività di monitoraggio ambientale che discendono da dati, analisi e valutazioni già contenute nel Progetto e nello SIA: pertanto i suoi contenuti devono essere efficaci, chiari e sintetici e non dovranno essere duplicati, ovvero dovranno essere ridotte al minimo, le descrizioni di aspetti a carattere generale non strettamente riferibili alle specifiche finalità operative del PMA (es. trattazioni generiche sul monitoraggio ambientale, sulle componenti ambientali, sugli impatti ambientali, sugli aspetti programmatici e normativi).
- deve essere strutturato in maniera sufficientemente flessibile per poter essere eventualmente rimodulato nel corso dell'istruttoria tecnica di competenza della Commissione CTVIA VIA-VAS e/o nelle fasi progettuali e operative successive alla procedura di VIA.

Il metodo da seguire è quindi:

- a- *identificare le azioni di progetto* che generano (ante, in corso e post operam) impatti ambientali significativi sulle componenti ambientali corrispondenti;
- b- *per ciascuna azione evidenziare i parametri progettuali* che la caratterizzano (dato quantitativo);

c- *identificare le componenti o i fattori ambientali da monitorare*, con particolare riferimento a quelle oggetto di misure di mitigazione.

È opportuna una rappresentazione tabellare su questo genere:

FASE	Azione di Progetto	Impatti significativi	Componente Ambientale	Misure di Mitigazione

Da queste ricavare:

- I. le aree di indagine e le stazioni o i punti di monitoraggio;
- II. i parametri analitici descrittivi dello stato quantitativo o qualitativo della componente ambientale;
- III. le tecniche di campionamento;
- IV. le metodologie di controllo, validazione, analisi ed elaborazione;
- V. le eventuali azioni da intraprendere;
- VI. La struttura organizzativa, con competenze e responsabilità.

Nel PMA, in base alle analisi e valutazione contenute nel Progetto e nello Studio di Impatto Ambientale, dovranno essere identificate e delimitate per ciascuna componente/fattore ambientale le aree di indagine corrispondenti alla porzione di territorio entro la quale sono attesi gli impatti significativi sulla componente indagata generati dalla realizzazione/esercizio dell'opera.

All'interno dell'area di indagine dovranno essere localizzate le stazioni/punti di monitoraggio necessarie alla caratterizzazione dello stato quali-quantitativo di ciascuna componente/fattore ambientale nelle diverse fasi, ante operam, corso d'opera e post operam¹.

La scelta dei parametri ambientali (chimici, fisici, biologici) che caratterizzano lo stato quali-quantitativo di ciascuna componente/fattore ambientale, rappresenta l'elemento più rilevante per il raggiungimento degli obiettivi del MA e deve essere focalizzata sui parametri effettivamente significativi per il controllo degli impatti ambientali attesi.

Per ciascun parametro per individuare lo scenario di base e gli effetti attesi il PMA dovrà indicare (ove pertinenti):

¹ - Uno degli aspetti più complessi da affrontare da parte di chi analizza e valuta i dati derivanti dal MA risiede infatti nella capacità di discriminare dagli esiti del monitoraggio (valori dei parametri) la presenza di pressioni ambientali "esterne" sia di origine antropica che naturale non imputabili alla realizzazione/esercizio dell'opera, tale aspetto risulta di particolare importanza in relazione all'insorgenza di condizioni anomale o critiche inattese che impongono la necessità di intraprendere azioni correttive, previa verifica dell'effettivo riconoscimento delle cause delle "anomalie" riscontrate. Da ciò discende la necessità di acquisire ogni informazione utile sulla presenza di potenziali sorgenti di impatto nell'area di indagine (localizzate/diffuse, stabili/temporanee) e di monitorare costantemente tali "cause esterne" per operare un efficace confronto tra i dati risultanti dal MA e le possibili cause che generano condizioni anomale inattese.

- Valori limite
- Range di variabilità
- Valori soglia
- Metodologie analitiche
- Metodologie di controllo dell'affidabilità
- Criteri di elaborazione
- Gestione delle anomalie

Il Monitoraggio dovrà essere articolato nelle diverse fasi temporali seguenti:

Ante Operam (AO)	Periodo che precede l'avvio delle attività di cantiere e che quindi può essere avviato nelle fasi autorizzative successive all'emanazione del provvedimento di VIA.
In corso d'Opera (CO)	Periodo che comprende le attività di cantiere per la realizzazione dell'opera quali l'allestimento del cantiere, le specifiche lavorazioni per la realizzazione dell'opera, lo smantellamento del cantiere, il ripristino dei luoghi.
Post-Operam (PO)	Periodo che comprende le fasi di esercizio e di eventuale dismissione dell'opera, riferibile quindi: - al periodo che precede l'entrata in esercizio dell'opera nel suo assetto funzionale definitivo (pre-esercizio), - all'esercizio dell'opera, eventualmente articolato a sua volta in diversi scenari temporali di breve/medio/lungo periodo, - alle attività di cantiere per la dismissione dell'opera alla fine del suo ciclo di vita

Dovranno essere anche descritte le modalità di restituzione dei dati sia al fine di documentare le modalità di attuazione dello stesso MA, sia per l'informazione al pubblico.

1.3 Azioni di progetto e parametri progettuali caratterizzanti

Le azioni progettuali rilevanti ai fini del PMA sono le seguenti:

FASE	Azione di Progetto	Impatti significativi	Componente Ambientale	Misure di Mitigazione
AO	Procedure di apposizione di servitù	Nessuno	...	...
CO	Campionamento preventivo terreni	polveri	suolo	...
	Predisposizione cantiere, recinzione,	rumore,	Suolo (litosfera)	Riduzione ore attive di cantiere
	Approvvigionamento materiali da costruzione	rumori e vibrazioni di macchine, produzione di rifiuti	Atmosfera Litosfera (Sistema regionale di recupero e smaltimento)	Riduzione ore attive di cantiere, massimizzazione del riuso e riciclo
	Scavi	rumori e vibrazioni di macchine, produzione di polvere	Litosfera Atmosfera	Riduzione ore di cantiere,
	Infissione pali	rumori e vibrazioni di macchine, produzione di polvere.	Litosfera, geosfera, biosfera	contenere al massimo questa fase di lavorazione,

				ridurre le ore di lavorazione evitando quelle serali e di prima mattina
	Montaggio carpenterie	rumori e vibrazioni, produzione di rifiuti	Atmosfera, litosfera (Sistema regionale di recupero e smaltimento)	Riduzione ore attive di cantiere, massimizzazione del riuso e riciclo
	Montaggio pannelli	produzione di polvere, produzione di rifiuti	Atmosfera, litosfera (Sistema regionale di recupero e smaltimento)	Riduzione ore attive di cantiere, massimizzazione del riuso e riciclo
	Posizionamento cabine	rumori e vibrazioni di macchine, produzione di polvere	Atmosfera	Svolgere questa operazione in modo compatto
	Cablaggi	Produzione di rifiuti	Litosfera (Sistema regionale di recupero e smaltimento)	Massimizzare riuso e riciclo
	Costruzione elettrodotti BT	rumori e vibrazioni di macchine	Litosfera Atmosfera	Riduzione ore attive di cantiere
	Costruzione elettrodotto MT	rumori e vibrazioni di macchine	Atmosfera Litosfera Antroposfera (interferenza con circolazione)	Riduzione ore attive di cantiere Garantire la massima sicurezza
	Costruzione cabina AT	rumori e vibrazioni di macchine	Atmosfera Litosfera	Riduzione ore attive di cantiere
	Piantumazioni	produzione di polvere	Atmosfera Litosfera	Svolgere questa attività nella stagione corretta
	smaltimento di rifiuti da cantiere	Trasporti mezzi pesanti	Atmosfera Litosfera (Sistema regionale di recupero e smaltimento)	Svolgere le operazioni in modo compatto e massimizzare riciclo e recupero
PO	Produzione di energia elettrica	Rumore e vibrazioni prodotte da inverter, emissioni elettromagnetiche	Atmosfera Biosfera Antroposfera	Garantire prescrizioni specifiche in SIA
	Trasporto energia elettrica	Emissioni elettromagnetiche	Antroposfera	Garantire prescrizioni specifiche in SIA
	Produzione mandorleto	Polveri ed emissioni da attività agricole (trattamenti, raccolta)	Biosfera	Utilizzo di prodotto biologici, contenimento operazioni al minimo
	Intromissione visiva	Alterazione del paesaggio	Biosfera Antroposfera	Schermi arborei e arbustivi
	Dismissione opera	Produzione di rifiuti, rumore, produzione di polvere	Atmosfera Biosfera	Svolgere le operazioni in modo compatto e

				massimizzare riciclo e recupero
--	--	--	--	---------------------------------

1.4 Componenti ambientali da monitorare ed aree di indagine

In funzione di quanto sopra le aree di indagine possono essere individuate come segue:

	Aree di indagine	Parametri analitici	Tecniche di campionamento	Metodologie di controllo	Azioni
1	Diffusione onde sonore	D(m) e Leqp	Fonometro integratore	Norma EN 60804 Norme IEC gruppo 1 (International Electrotechnical Commission), 651/79 e 804/85	Misurare dal ricettore più sensibile
2	Area di impatto elettromagnetico locale	μT kV/m	Campagna di monitoraggio con mezzi mobili	Non superare il limite di esposizione <i>di 100 μT di induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico</i>	Garantire l'obiettivo di qualità, segnalare le aree di sicurezza
3	Area di impatto elettromagnetico sul territorio (elettrodotto)	μT	Campagna di monitoraggio con mezzi mobili	Identificazione DPA	Aumentare le protezioni
4	Impatto visivo dell'impianto	Lunghezza e area della mitigazione	Misurazione e georeferenziazione piante	Scheda di rilevazione	Monitoraggio e sostituzione piante
5	Impatto su biodiversità	Monitoraggio faunistico	Conteggio nidificanti ; transetti migratori ; punti d'ascolto chiroterofauna; rilievi entomologici fasce ripariali	Rilievi ; transetti; punti d'ascolto;	Interventi per aumentare la biodiversità

1.4.1 Componenti ambientali da monitorare

Le componenti ambientali relative alle aree di indagine sono:

- 1- Atmosfera, biosfera, antroposfera
- 2- Antroposfera
- 3- Antroposfera
- 4- Paesaggio, antroposfera
- 5- Biosfera

1.4.2 Stazioni o punti di monitoraggio rumore ed elettromagnetismo

Per individuare i punti di monitoraggio per la componente rumore ed elettromagnetismo bisogna individuare i siti delle cabine dell'impianto nelle seguenti tavole.

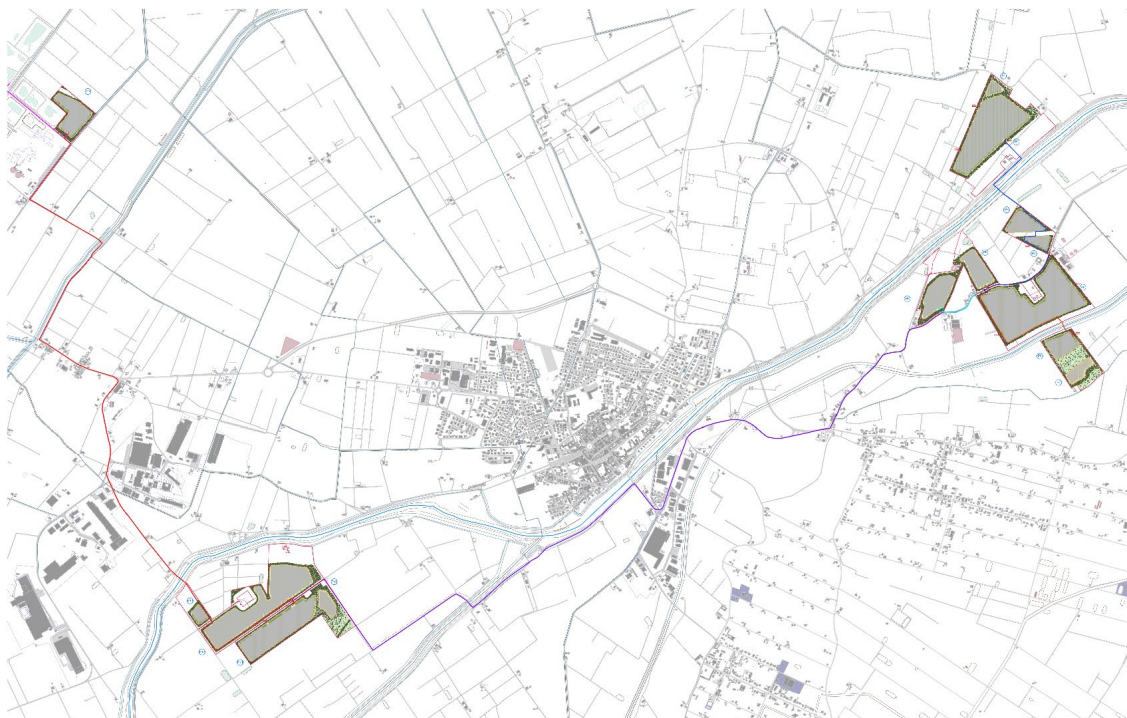


Figura 1 - Tavola impianto su CTR.

Quindi i ricettori maggiormente sensibili, che possono essere identificati in corrispondenza delle masserie più prossime all'impianto stesso.



Figura 2 - Punti di prossimità e masserie.

Le campagne di monitoraggio del rumore saranno compiute con metodologia analoga a quella descritta nella “*Relazione Previsionale di Impatto Acustico*” nell’arco di ventiquattro ore, almeno due volte all’anno per ognuno dei cinque siti. Le campagne di monitoraggio dell’impatto elettromagnetico in esercizio di impianto saranno compiute tramite misurazione nell’arco di ventiquattro ore, almeno due volte all’anno per ognuno dei cinque siti.

Saranno misurate le emissioni di campi a bassa frequenza con particolare riferimento all’intensità del campo magnetico [uT].

Saranno assicurati il rispetto degli obiettivi di qualità di cui alla Legge 22 febbraio 2001, n. 36 in termini di intensità e densità di potenza. In particolare la seguente norma: “*Per i fini di cui al precedente comma 1, in corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore non devono essere superati i seguenti valori, indipendentemente dalla frequenza, mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti: 6 V/m per il campo elettrico, 0,016 A/m per il campo magnetico intesi come valori efficaci e, per frequenze comprese tra 3 Mhz e 300 GHz, 0,10 W/m² per la densità di potenza dell'onda piana equivalente.*”

In caso di superamento saranno tempestivamente applicate le misure previste dal D.Lgs. 81/08, art 210. Un programma d'azione che comprenda misure tecniche e organizzative intese a prevenire esposizioni superiori ai valori limite di esposizione, tenendo conto in particolare: di altri metodi di lavoro che implicano una minore esposizione ai campi elettromagnetici; della scelta di attrezzature che emettano campi elettromagnetici di intensità inferiore, tenuto conto del lavoro da svolgere; delle

misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, incluso se necessario l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o di analoghi meccanismi di protezione della salute; degli appropriati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro; della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro; della limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione; della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale.

Tali indicazioni saranno riferite sia alle lavorazioni elettriche come a quelle agricole.

1.4.3 Impatto visivo

Il monitoraggio dell'area, impatto visivo dell'impianto e della mitigazione, sarà verificato frontalmente alla mitigazione, in prossimità dei confini esterni, a distanze variabili, secondo il seguente schema:

ID_punto	Distanza, m	Particolare:
A	250	Alberature
B	250	Arbusti
C	250	Fasce Mitigazione
D	250	Copertura mitigazione impianto



Figura 3 - Punti di monitoraggio mitigazione

1.5 parametri ambientali ed effetti attesi

Si attende che le emissioni sonore ed elettromagnetiche rientrino nella norma di qualità e che l'impianto sia efficacemente mitigato dalle quinte arboree e arbustive frapposte.

1.6 Gruppo di lavoro ed informazioni al pubblico

Il gruppo di monitoraggio sarà composto dalle seguenti professionalità:

- Agronomo, paesaggista (coordinatore),
- Geologo
- Ingegnere esperto di acustica
- Ingegnere esperto di impatti elettromagnetici
- Naturalisti qualificati per il monitoraggio

Il monitoraggio produrrà un *Rapporto Ambientale* annuale, da sottoporre all'Arpa, alla Regione Emilia, alla Provincia di Modena ed al MASE e da mettere a disposizione, sotto forma di idonee schede di monitoraggio e breve descrizione, su un sito internet.

2. Monitoraggio della matrice agricola

2.1 Monitoraggio del Risparmio Idrico

L'obiettivo del presente monitoraggio è valutare l'efficacia dell'impianto agri voltaico nel determinare un risparmio idrico attraverso la riduzione dell'evapotraspirazione, grazie all'ombreggiamento parziale fornito dai moduli fotovoltaici. In particolare, si intende confrontare il fabbisogno idrico delle colture impiantate sotto i pannelli con quello di colture poste in aree prive di copertura, allo scopo di quantificare il potenziale beneficio in termini di riduzione dell'apporto irriguo.

Metodologia

Il monitoraggio è stato realizzato mediante l'installazione di:

- **Sensori di umidità del suolo** (a tecnologia TDR o FDR) posizionati a due diverse profondità (es. 10 cm e 30 cm) in parcelle rappresentative:
 - sotto i pannelli (area ombreggiata),
 - tra le file dei pannelli (area parzialmente esposta),
 - in un'area di controllo esterna all'impianto (esposta completamente all'irraggiamento).
- **Contatori volumetrici** per la misura dell'acqua irrigua somministrata, distinti per le diverse parcelle.

- **Stazione meteorologica** di supporto, dotata di pluviometro, termometro e anemometro, per la rilevazione delle variabili climatiche di contesto (pioggia, temperatura, vento).

I dati vengono acquisiti con frequenza oraria o giornaliera tramite datalogger dedicati e archiviati in un sistema centralizzato. Le campagne di monitoraggio si svolgono durante l'intera stagione vegetativa.

Indicatori utilizzati

- **Volume irriguo somministrato** (m³/ha), con registrazione settimanale.
- **Umidità volumetrica del suolo** (%), misurata con sensori multiprofilo.
- **Indice di Efficienza Idrica (Water Use Efficiency – WUE):**

$$WUE = \frac{\text{Biomassa prodotta (kg/ha)}}{\text{Volume d'acqua (m}^3\text{/ha)}}$$

- **Delta di risparmio idrico** tra parcelle ombreggiate e parcelle esposte.

Ci si attende una riduzione significativa del fabbisogno idrico nelle aree ombreggiate rispetto a quelle esposte, senza compromissione della produttività agricola. L'entità del risparmio dipenderà da fattori quali: la configurazione dell'impianto, il tipo di coltura, il sistema irriguo adottato e le condizioni climatiche locali.

2.2 Monitoraggio dell'Irraggiamento Solare

Il monitoraggio dell'irraggiamento solare ha l'obiettivo di quantificare la distribuzione della radiazione solare nelle diverse porzioni dell'impianto agrivoltaico, al fine di valutare l'effetto dell'ombreggiamento generato dai pannelli fotovoltaici sulle colture sottostanti. I dati raccolti sono fondamentali per comprendere l'interazione luce-pianta in condizioni di agricoltura sotto pannelli e per stimare l'effettiva disponibilità energetica utile per la fotosintesi nelle diverse zone.

Metodologia

Il monitoraggio viene condotto attraverso l'installazione di sensori di radiazione solare (piranometri o sensori PAR – Photosynthetically Active Radiation) in punti rappresentativi dell'impianto, secondo la seguente configurazione:

- **Al di sopra dei pannelli fotovoltaici**, per misurare l'irraggiamento solare totale incidente.
- **Al suolo sotto i pannelli**, per rilevare la quantità di radiazione residua trasmessa attraverso l'impianto.
- **Tra le file dei pannelli**, per valutare la componente radiante nelle zone parzialmente esposte.

I sensori sono connessi a datalogger per la registrazione in continuo, con frequenza oraria o sub-oraria. I dati vengono poi aggregati su base giornaliera e mensile per l'analisi stagionale.

Per una rappresentazione spaziale più completa, è possibile effettuare anche rilievi mobili (a giorni alterni) con sensori portatili, lungo transetti che attraversano diverse condizioni di esposizione.

Indicatori utilizzati

- **Irraggiamento globale medio giornaliero** (W/m^2).
- **Radiazione fotosinteticamente attiva** ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$), se disponibile.
- **Riduzione percentuale dell'irraggiamento** tra zona esposta e zona ombreggiata:

$$\text{Riduzione \%} = \frac{I_{\text{tot}} - I_{\text{sotto}}}{I_{\text{tot}}} \times 100$$

Dove:

- I_{tot} = Irraggiamento sopra i pannelli
- I_{sotto} = Irraggiamento sotto i pannelli
- **Distribuzione spaziale della radiazione** tramite mappature periodiche o interpolazioni da sensori fissi.

La configurazione dell'impianto (altezza, inclinazione, tipo di tracker) influenza significativamente l'intensità e la variabilità dell'ombreggiamento. Ci si attende una riduzione dell'irraggiamento nelle zone sottopannello compresa tra il 20% e il 60%, con effetti positivi potenziali sull'equilibrio termico e sulla riduzione dello stress idrico per le colture, specialmente in ambienti mediterranei o semi-aridi.

2.3 Monitoraggio della Sostanza Organica nel Suolo

Il monitoraggio della sostanza organica nel suolo (SOM – Soil Organic Matter) mira a valutare l'evoluzione della qualità del suolo nel tempo in relazione alla presenza dell'impianto agrivoltaico. La sostanza organica è un indicatore chiave della fertilità, della capacità di ritenzione idrica, della struttura del suolo e del suo ruolo come serbatoio di carbonio. Si intende verificare se le pratiche agronomiche adottate e il microclima modificato sotto i pannelli fotovoltaici possano favorire l'accumulo o la conservazione di materia organica.

Metodologia

Il monitoraggio prevede il campionamento del suolo a cadenza **annuale** o **stagionale** nei seguenti ambiti:

- **Sotto i pannelli fotovoltaici**, in area ombreggiata.
- **Tra le file dei pannelli**, in area esposta.
- **Aree di controllo esterne all'impianto**, soggette a coltivazione convenzionale o condizioni naturali.

I campioni vengono prelevati con trivella manuale o carotatore meccanico, a **profondità standardizzata (0–30 cm)**, con possibilità di suddivisione in due strati (0–15 cm e 15–30 cm) per analisi più dettagliate.

I campioni vengono conservati e trasportati secondo le buone pratiche di campionamento e analizzati in laboratorio secondo i metodi ufficiali:

- **Metodo Walkley-Black** per la determinazione del carbonio organico ossidabile (Corg).
- **Metodo LOI (Loss On Ignition)** come alternativa, mediante calcinazione a 550 °C.

Indicatori utilizzati

- **% di sostanza organica** (in peso secco).
- **Tenore in carbonio organico (Corg)**, espresso in % o Mg/ha.
- **Rapporto C/N**, se disponibili anche dati di azoto totale.
- **Variazione relativa nel tempo:**

$$\Delta \text{SOM (\%)} = \frac{\text{SOM}_{t2} - \text{SOM}_{t1}}{\text{SOM}_{t1}} \times 100$$
$$\Delta \text{SOM (\%)} = \frac{\text{SOM}_{t2} - \text{SOM}_{t1}}{\text{SOM}_{t1}} \times 100$$

L'ombreggiamento parziale e la minore evaporazione superficiale potrebbero contribuire a una **maggiore conservazione della sostanza organica**, soprattutto se associati a pratiche conservative (non lavorazione, pacciamatura, inerbimenti permanenti). L'accumulo di biomassa vegetale e radici in prossimità dei moduli potrebbe inoltre favorire il sequestro di carbonio nel suolo. Un incremento o mantenimento dei livelli di sostanza organica sarà considerato indicativo della **sostenibilità ambientale del modello agrivoltaico adottato**, in ottica di adattamento ai cambiamenti climatici e rigenerazione dei suoli agricoli.

2.4 Monitoraggio della Falda attraverso Piezometri

Il monitoraggio della falda freatica ha l'obiettivo di verificare eventuali alterazioni del livello e della qualità delle acque sotterranee in relazione all'installazione e all'esercizio dell'impianto agrivoltaico. Questo tipo di controllo è fondamentale per escludere effetti negativi su risorse idriche vulnerabili, in particolare in contesti agricoli intensivi o in prossimità di aree sensibili.

Metodologia

Il sistema di monitoraggio si basa sull'installazione di **piezometri** di osservazione in punti strategici dell'area di progetto:

- A monte idrogeologico (a priori non influenzato dall'impianto);
- All'interno dell'area occupata dall'impianto;
- A valle idrogeologico, in posizione potenzialmente recettiva.

Ciascun piezometro è realizzato secondo la normativa vigente (D.Lgs. 152/2006 e UNI EN ISO 22475), con profondità calibrata rispetto alla quota della falda freatica locale.

Il monitoraggio si articola in due componenti:

a) Livello piezometrico

- Misurazioni mensili della **profondità della falda** (in m da piano campagna) mediante sonda piezometrica o **registratori automatici** (datalogger).
- Analisi dell'andamento stagionale e confronto tra i punti di misura.

b) Qualità delle acque sotterranee

- Prelievi semestrali per analisi di laboratorio, comprendenti:
 - Parametri chimico-fisici di base: pH, conducibilità, temperatura, ossigeno disciolto;
 - Macroinquinanti: nitrati, ammonio, fosfati;
 - Eventuali contaminanti specifici (metalli pesanti, idrocarburi, fitofarmaci) in funzione del contesto agronomico e delle prescrizioni autorizzative.

Indicatori utilizzati

- **Profondità della falda** (m sotto la superficie o quota m s.l.m.);
- **Variazione stagionale** del livello piezometrico (Δ m);
- **Concentrazioni dei principali parametri chimici**, confrontate con i limiti di cui alla Tabella 2, Allegato 5, Parte IV del D.Lgs. 152/2006;
- **Trend temporale** delle concentrazioni, per individuare fenomeni di accumulo o dilavamento.

In assenza di impatti da parte dell'impianto agrivoltaico (in particolare in assenza di rilasci, perdite di sostanze o modifiche significative alla copertura del suolo), si prevede la **stabilità dei livelli piezometrici** e dei parametri qualitativi delle acque sotterranee.

Eventuali variazioni verranno interpretate in relazione:

- All'andamento climatico (precipitazioni, siccità);
- Alle pratiche irrigue e colturali;
- Alla stagionalità dei cicli agricoli e del fabbisogno idrico.

3. Monitoraggio della biodiversità

Dato che uno degli obiettivi del progetto è di garantire il potenziamento, e non solo la mera tutela, della biodiversità nell'area, sotto il controllo e la responsabilità di un naturalista certificato, preferibilmente di livello universitario, da scegliere tra i professionisti locali, sarà condotta una

campagna di monitoraggio annuale della presenza di specie (rilievi faunistici) nidificanti su alberi e cespugli, della entomofauna, chiroterofauna e della erpetofauna.

I rilievi faunistici, condotti secondo il “*Manuale per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario in Italia*” dell’Ispra saranno condotti in diverse aree, con particolare riferimento alle aree di rinaturalizzazione e di mitigazione indicate nella mappa seguente. Lo scopo sarà di individuare le modalità con la quale le piante occupano lo spazio e creano un equilibrio con i fattori ambientali, sia abiotici sia, e soprattutto, biotici.

3.1 Specie di interesse comunitario

Le specie protette rivestono un ruolo cruciale per la conservazione della biodiversità e il mantenimento degli equilibri ecologici. Secondo la Direttiva Habitat 92/43/CEE e la Direttiva Uccelli 2009/147/CE, tali specie contribuiscono alla stabilità degli ecosistemi, fungono da indicatori ambientali e mantengono la salute degli habitat. Le specie faunistiche protette sono spesso vulnerabili agli impatti antropici, come la perdita di habitat, l'inquinamento e le modifiche ambientali indotte dai progetti infrastrutturali. Pertanto, il monitoraggio e la conservazione di queste specie sono fondamentali per garantire la sostenibilità ambientale a lungo termine. In particolare, la realizzazione dell'impianto agrivoltaico potrebbe influenzare le popolazioni faunistiche locali attraverso alterazioni degli habitat, cambiamenti microclimatici e incremento della pressione antropica. È quindi essenziale valutare e monitorare le specie di interesse comunitario per garantire che l'impianto non comprometta la biodiversità presente. Tra le specie di interesse comunitario presenti in questa zona, verranno prese in considerazione delle specie Target la cui presenza e popolazione sviluppino un dato qualitativo nella valutazione delle aree monitorate. Tra le specie target si includono:

- **Avifauna:** *Aquila pomarina* (Aquila pomarina), *Falco pecchiaiolo* (Pernis apivorus), *Grillaio* (Falco naumanni), *Albanella minore* (Circus pygargus), *Codirosso spazzacamino* (Phoenicurus ochruros), *Balia nera* (Ficedula hypoleuca), *Cinciallegre* (Parus major), *Picchio muratore* (Sitta europaea).
- **Mammiferi:** *Pipistrello albolimbato* (Myotis albescens), *Pipistrello di Brandt* (Myotis brandtii), *Pipistrello di Daubenton* (Myotis daubentonii), *Pipistrello nano* (Pipistrellus pipistrellus).
- **Invertebrati:** Odonati come *Coenagrion mercuriale*, *Ischnura elegans*, *Calopteryx virgo* e *Libellula depressa*.

Questi dati evidenziano la necessità di implementare strategie di mitigazione efficaci per ridurre l'impatto dell'impianto agrivoltaico su queste specie. Il monitoraggio costante consentirà di adattare le misure di conservazione per salvaguardare la biodiversità locale.

3.2 Monitoraggio Faunistico

Il monitoraggio faunistico rappresenta un elemento cruciale per valutare gli impatti ambientali di progetti infrastrutturali. Attraverso il monitoraggio delle specie faunistiche, è possibile ottenere dati fondamentali per comprendere le dinamiche delle popolazioni, gli effetti diretti e indiretti dell'intervento antropico e l'efficacia delle misure di mitigazione adottate. Questo processo consente di adottare tempestivamente misure correttive, minimizzando l'impatto sull'ecosistema e garantendo la conservazione della biodiversità. In particolare, il monitoraggio consente di valutare variazioni nella presenza e nell'abbondanza delle specie, individuare cambiamenti nella struttura delle comunità faunistiche e rilevare eventuali segnali di degrado ambientale. Le specie bio-indicatrici svolgono un ruolo fondamentale in questo contesto, poiché la loro presenza, abbondanza e comportamento forniscono informazioni dettagliate sulla qualità degli habitat e sulle condizioni ecologiche dell'area monitorata. Le specie bio-indicatrici sono organismi particolarmente sensibili ai cambiamenti ambientali, sia naturali che antropici, e la loro rilevazione permette di valutare lo stato di salute degli ecosistemi. Ad esempio, i chiroteri sono ottimi indicatori della qualità delle aree forestali e delle zone umide, poiché dipendono da condizioni ambientali stabili e da una buona disponibilità di insetti. Analogamente, l'avifauna, soprattutto le specie nidificanti, offre importanti informazioni sul grado di alterazione dell'habitat e sull'impatto delle strutture antropiche. Gli odonati (libellule e damigelle) sono bio-indicatori sensibili della qualità delle acque e degli habitat umidi, mentre i piccoli mammiferi riflettono la qualità del suolo e la struttura della vegetazione. Monitorando questi gruppi faunistici, il piano fornirà una valutazione precisa sull'impatto dell'impianto agrivoltaico e sull'efficacia delle misure di mitigazione adottate, permettendo una gestione ambientale consapevole e sostenibile. L'approccio metodologico prevede l'utilizzo di tecniche standardizzate secondo le linee guida ISPRA, che garantiscono dati scientifici affidabili e comparabili nel tempo. La raccolta periodica di dati dettagliati permetterà di individuare eventuali trend negativi e di intervenire tempestivamente, contribuendo alla conservazione degli habitat e delle specie di interesse comunitario presenti nell'area di intervento.

3.3 Chiroteri

Il monitoraggio dei chiroteri è fondamentale per valutare l'impatto dell'impianto agrivoltaico sulle popolazioni di questi mammiferi volanti, che svolgono un ruolo ecologico cruciale come regolatori di insetti e indicatori della qualità ambientale. La metodologia adottata per il campionamento dei chiroteri segue le linee guida ISPRA, con particolare attenzione alla scelta della stagione e della frequenza di campionamento per ottenere dati rappresentativi e significativi.

3.3.1 Metodi di Campionamento

Il campionamento sarà effettuato durante la stagione di attività dei chirotteri, da **maggio a ottobre**, periodo che coincide con la maggiore attività degli individui, compresa la riproduzione e la raccolta di risorse alimentari. Questo arco temporale permette di monitorare le variazioni stagionali nell'uso degli habitat, le strategie di foraggiamento e la riproduzione. La frequenza di campionamento sarà di **due notti ogni dieci giorni**, per garantire una copertura temporale adeguata e ridurre l'incertezza legata alla variabilità giornaliera e stagionale. Questa frequenza consente di ottenere una visione dettagliata delle abitudini comportamentali dei chirotteri e di individuare eventuali cambiamenti legati all'operatività dell'impianto.



Figura – Punti di monitoraggio chirottero-fauna

3.3.2 Strumentazione e Procedure

Il campionamento sarà eseguito utilizzando **rilevatori bioacustici Audiomoth**, dispositivi in grado di registrare le emissioni sonore ultrasoniche emesse dai chirotteri durante il volo e il foraggiamento. I rilevatori saranno installati in punti fissi e mobili per catturare la variabilità spaziale nell'uso dell'habitat.

- **Punti fissi:** 10 rilevatori dislocati in aree rappresentative dei diversi habitat presenti nell'area di intervento, tra cui zone di foraggiamento, corridoi ecologici e aree di riposo.

- **Trasetti** : sessioni di monitoraggio itinerante lungo percorsi predefiniti per rilevare la presenza di specie non captate dai punti fissi.

Le registrazioni saranno effettuate per l'intera durata della notte (dal tramonto all'alba), senza alcun trattamento luminoso, per ridurre al minimo l'interferenza antropica.

3.3.3 Analisi dei Dati

I dati acustici raccolti saranno elaborati mediante software dedicati, quali **Kaleidoscope** e **Batsound**, per l'identificazione delle specie, la valutazione dell'attività notturna e la determinazione delle aree chiave per il foraggiamento e il riposo. I dati saranno confrontati con i dati di riferimento provenienti dalle aree non interessate dall'impianto, permettendo un'analisi accurata dell'impatto ambientale.

L'approccio metodologico adottato garantisce una valutazione robusta e dettagliata della popolazione di chiroteri, supportando le decisioni di gestione e mitigazione per minimizzare gli effetti negativi dell'impianto agrivoltaico sulla biodiversità faunistica.

3.4 Avifauna

L'avifauna rappresenta un componente essenziale della biodiversità e un indicatore chiave della qualità degli habitat. Il monitoraggio delle specie avifaunistiche è fondamentale per valutare gli effetti dell'impianto agrivoltaico sulle popolazioni locali, in particolare durante la stagione riproduttiva e migratoria.

3.4.1 Metodi di Campionamento

Il monitoraggio sarà condotto tra **marzo e novembre**, periodo che copre la stagione riproduttiva e le migrazioni autunnali. La frequenza del campionamento sarà di **1 volta ogni 2 settimane**, garantendo una copertura adeguata per osservare variazioni comportamentali e abbondanza stagionale.



Figura – Ptransetti (in rosso) per monitoraggio Avifauna

2.4.1 Procedure di Monitoraggio

Le attività di monitoraggio prevedono l'uso di due metodi standard:

Censimenti con punti di ascolto: Saranno posizionati **10 punti di ascolto**, dislocati in aree rappresentative dell'impianto e delle aree circostanti. Ogni punto sarà monitorato per 10 minuti all'alba, quando l'attività avifaunistica è più intensa. Durante ogni sessione, saranno registrate la specie, il numero di individui e i comportamenti osservati (foraggiamento, canto territoriale, nidificazione).

Transetti: Saranno percorsi **4 transetti predefiniti**, ciascuno lungo 500 metri, con registrazioni effettuate durante l'alba e il tramonto. Questi percorsi permettono di ottenere una visione spaziale dettagliata dell'utilizzo dell'habitat da parte delle specie.

Monitoraggio della nidificazione: Saranno eseguiti sopralluoghi specifici tra maggio e luglio per identificare e monitorare i siti di nidificazione, valutandone l'efficacia e la sicurezza rispetto alle strutture dell'impianto.

3.4.2 Analisi dei Dati

I dati raccolti saranno elaborati per valutare la diversità delle specie, la densità della popolazione e le preferenze di habitat. L'interazione tra le strutture dell'impianto e l'avifauna sarà analizzata per

individuare eventuali conflitti, come collisioni con le strutture o interruzioni nei percorsi migratori. Queste informazioni guideranno eventuali interventi di mitigazione, come la creazione di corridoi ecologici o l'adeguamento delle strutture.

3.5 Odonata

Gli odonati (libellule e damigelle) sono bio-indicatori sensibili della qualità degli habitat umidi e delle aree adiacenti. Il loro monitoraggio fornisce informazioni preziose sulla salute degli ecosistemi acquatici e terrestri.

3.5.1 Metodi di Campionamento

Il monitoraggio sarà effettuato durante il periodo **maggio-settembre**, coincidente con l'attività massima degli odonati. La frequenza sarà di **1 sessione ogni 10 giorni**, per garantire una valutazione completa dell'attività stagionale.



Figura – Punti di monitoraggio Entomofauna

2.5.2 Procedure di Monitoraggio

Le attività di monitoraggio includono:

1. **Campionamento visivo:** Saranno monitorate le aree umide e i corsi d'acqua presenti nell'impianto e nelle zone circostanti. Durante ogni sessione, si identificheranno le specie

presenti mediante osservazione visiva, con l'ausilio di binocoli per una migliore identificazione.

2. **Cattura con retino entomologico:** Per una maggiore accuratezza, verranno effettuate catture con retino, seguendo le linee guida per la manipolazione degli odonati, per identificare le specie non visibili ad occhio nudo.
3. **Valutazione dell'habitat:** Saranno raccolti dati sulle caratteristiche dell'habitat (copertura vegetale, qualità dell'acqua, temperatura), utilizzando indici ecologici specifici per odonati, come il Biological Monitoring Working Party (BMWP).

3.5.3 Analisi dei Dati

I dati saranno analizzati per valutare la ricchezza specifica, la densità delle popolazioni e la qualità dell'habitat. Verranno identificati eventuali effetti negativi dovuti all'impianto agrivoltaico, come modifiche microclimatiche o alterazioni nelle risorse trofiche. L'obiettivo è garantire che gli habitat umidi e terrestri mantengano le condizioni ecologiche necessarie per la sopravvivenza degli odonati.

3.6 Monitoraggio degli habitat

Il monitoraggio degli habitat è essenziale per valutare l'impatto delle attività antropiche sulla struttura e sulla funzionalità degli ecosistemi. La qualità dell'habitat influisce direttamente sulla biodiversità e sul benessere delle specie faunistiche presenti.

3.6.1 Metodi di Campionamento

Il monitoraggio degli habitat sarà effettuato **da maggio a ottobre**, con rilievi **mensili**, per cogliere eventuali cambiamenti stagionali nella copertura vegetale e nelle caratteristiche ambientali.

3.6.2 Procedure di Monitoraggio

1. **Analisi della copertura vegetale:** Utilizzando **telerilevamento** e immagini satellitari ad alta risoluzione, si valuteranno le variazioni nella copertura vegetale e nella struttura dell'habitat. I dati saranno raccolti tramite immagini pre-intervento e confrontati con quelli raccolti durante il monitoraggio.
2. **Rilievi in situ:** Saranno condotti rilievi diretti per valutare la composizione floristica, la densità e la stratificazione della vegetazione. Saranno misurate variabili come l'altezza vegetale, la copertura del suolo e la diversità delle specie vegetali.
3. **Indici di biodiversità:** Verranno calcolati indici come l'Indice di Shannon e Simpson per valutare la biodiversità vegetale e la qualità degli habitat, in linea con le linee guida ISPRA.
4. **Valutazione microclimatica:** Saranno monitorate variabili come temperatura, umidità relativa e velocità del vento per valutare l'impatto microclimatico dell'impianto agrivoltaico sugli habitat.

3.6.3 Analisi dei Dati

I dati raccolti saranno utilizzati per identificare eventuali degradi dell'habitat, come perdita di copertura vegetale, riduzione della diversità floristica o alterazioni microclimatiche. Questi risultati guideranno eventuali interventi di ripristino o miglioramento degli habitat, garantendo la conservazione delle specie faunistiche legate a specifiche condizioni ambientali.

3.7 Monitoraggio della matrice climatica

L'obiettivo del presente monitoraggio è caratterizzare e quantificare le eventuali modifiche del regime microclimatico indotte dalla presenza dell'impianto agrivoltaico, con particolare riferimento alle variazioni di temperatura e umidità dell'aria al di sotto e al di sopra della copertura dei pannelli, nonché al confronto con condizioni di riferimento esterne all'impianto.

Il monitoraggio climatico è finalizzato a:

- verificare l'eventuale effetto di ombreggiamento dei moduli fotovoltaici sulle condizioni termigrometriche del microclima sottopannello;
- valutare differenze sistematiche tra il clima sopra i pannelli, sotto i pannelli e all'esterno del parco solare;
- fornire dati utili per interpretare i risultati dei monitoraggi agricoli e faunistici;
- contribuire a una valutazione più completa degli effetti dell'agrivoltaico sui processi climatici locali.

3.7.1 Metodi di Campionamento

Il monitoraggio microclimatico sarà realizzato mediante l'installazione di una rete di **stazioni meteorologiche digitali Wi-Fi** dotate di sensori multiparametrici integrati, in grado di acquisire dati in continuo e trasmetterli a una piattaforma di archiviazione centralizzata.

La rete di monitoraggio sarà così strutturata:

a) Stazioni meteorologiche interne all'impianto agrivoltaico

Saranno installate **n. 2 stazioni meteorologiche Wi-Fi all'interno del parco solare**, così distribuite:

- **n. 1 stazione meteorologica in posizione centrale dell'impianto**, rappresentativa delle condizioni medie del microclima interno al parco agrivoltaico;
- **n. 1 stazioni meteorologiche alle estremità del campo fotovoltaico**, posizionate in modo da intercettare eventuali gradienti climatici lungo l'asse principale dell'impianto e possibili effetti legati all'esposizione ai venti dominanti o alla variabilità spaziale dell'ombreggiamento.

La stazione interna sarà collocata in un'area rappresentativa della superficie occupata dai moduli fotovoltaici, evitando posizioni anomale (ad es. immediate vicinanze di cabine elettriche, alberature perimetrali o ostacoli artificiali che possano alterare le misure).

Le stazioni saranno installate ad altezza standardizzata dal suolo (in conformità alle buone pratiche meteorologiche), con schermatura solare per i sensori termo-igrometrici al fine di evitare bias dovuti a irraggiamento diretto.

b) Sensori sopra e sotto i pannelli fotovoltaici

In corrispondenza delle postazioni interne all'impianto, il monitoraggio sarà articolato su due livelli:

- **Misure “sopra i pannelli”**, tramite sensori esposti all'atmosfera libera, rappresentativi delle condizioni meteorologiche generali del sito;
- **Misure “sotto i pannelli”**, mediante sensori posizionati a circa **1,5–2,0 m dal suolo**, rappresentativi del microclima effettivamente sperimentato dalle colture, dalla fauna e dal suolo sottostante.

Tale doppio livello di misura consentirà di:

- isolare l'effetto specifico dell'ombreggiamento dei moduli fotovoltaici;
- distinguere tra variazioni climatiche dovute al contesto meteorologico generale e quelle indotte dall'impianto.

L'acquisizione dei dati sarà in **continuo**, con frequenza minima **oraria**, e archiviazione automatica su piattaforma cloud dedicata.

c) Stazioni meteorologiche in aree di controllo esterne

Saranno installate **n. 2 stazioni meteorologiche Wi-Fi in aree di controllo esterne all'impianto**, posizionate in terreni agricoli limitrofi ma non influenzati dalla presenza dei moduli fotovoltaici.

Le aree di controllo saranno selezionate secondo i seguenti criteri:

- analoghe caratteristiche pedologiche e colturali rispetto alle superfici interne all'impianto;
- esposizione simile rispetto ai venti dominanti;
- assenza di ostacoli o strutture che possano alterare le misure climatiche.

Le stazioni di controllo avranno la stessa tipologia di sensori e la stessa configurazione di acquisizione dati delle stazioni interne, al fine di garantire la piena comparabilità delle misure.

d) Parametri climatici monitorati

Ciascuna stazione meteorologica (interna ed esterna) sarà dotata di sensori per il monitoraggio dei seguenti parametri:

- Temperatura dell'aria (°C)
- Umidità relativa (%)
- Pressione atmosferica (hPa)
- Velocità e direzione del vento (m/s; gradi)
- Precipitazioni (mm)
- Irraggiamento solare globale (W/m²)
- (ove disponibile) Radiazione fotosinteticamente attiva – PAR (μmol/m²/s)

I dati saranno acquisiti in continuo e sottoposti a procedure di controllo qualità (validazione, filtraggio di outlier, gestione di eventuali dati mancanti).

3.7.2 Raccolta, stoccaggio ed analisi dei dati

I dati climatici saranno acquisiti in modo **automatico e continuo** attraverso le stazioni meteorologiche Wi-Fi installate sia all'interno del parco agrivoltaico (area centrale ed estremità del campo) sia nelle aree di controllo esterne.

Ciascuna stazione sarà dotata di **datalogger integrato** e sistema di trasmissione wireless, con frequenza di campionamento minima **oraria** per tutti i parametri monitorati (temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, velocità e direzione del vento, precipitazioni, irraggiamento solare globale ed eventuale PAR). La trasmissione dei dati avverrà in tempo reale o quasi-reale verso una piattaforma digitale dedicata, garantendo:

- continuità delle serie temporali;
- tracciabilità della fonte del dato (identificazione univoca della stazione);
- possibilità di monitoraggio remoto dello stato operativo dei sensori.

Saranno previste procedure di verifica periodica del corretto funzionamento delle stazioni (controlli visivi in situ, verifica della trasmissione dati, controllo della calibrazione dei sensori), con frequenza almeno semestrale o in caso di anomalie rilevate dal sistema.

Stoccaggio e gestione dei dati

Tutti i dati grezzi e validati saranno archiviati in un **database centralizzato** strutturato, con backup automatico e sistemi di protezione informatica per garantire integrità e sicurezza delle informazioni.

Il sistema di archiviazione consentirà:

- l'accesso selettivo ai dati da parte del gruppo di lavoro;
- l'esportazione in formati standard (es. .csv, .xlsx, .txt) per analisi statistiche e modellistiche;
- la conservazione a lungo termine delle serie storiche per eventuali confronti multi-annuali.

Per ogni set di dati saranno registrati i relativi **metadati**, comprendenti almeno:

- identificativo della stazione;
- posizione geografica (coordinate GIS);
- altezza di installazione dei sensori;
- data di installazione e manutenzione;
- eventuali anomalie o interruzioni di misura.

Validazione e controllo qualità dei dati

Prima dell'analisi, i dati saranno sottoposti a procedure di **controllo qualità (QA/QC)**, includendo:

- verifica di valori anomali o fuori range plausibile;
- identificazione e gestione di eventuali dati mancanti;
- confronto tra stazioni interne ed esterne per individuare incoerenze sistematiche;
- verifica di coerenza con i dati meteorologici ufficiali più prossimi (es. stazioni ARPA o reti nazionali) per validazione di contesto.

Eventuali dati ritenuti non affidabili saranno opportunamente segnalati e, se necessario, esclusi dalle analisi statistiche.

Analisi dei dati

L'analisi dei dati climatici sarà condotta secondo un approccio sia **descrittivo** sia **comparativo**, articolato nei seguenti livelli:

a) Analisi descrittiva delle serie temporali

Saranno calcolati:

- medie giornaliere, mensili e stagionali per ciascun parametro;
- valori massimi e minimi;
- range di variabilità e deviazione standard;
- andamento giorno/notte per temperatura e umidità.

b) Confronto tra condizioni “sopra – sotto – esterno”

Saranno analizzate le differenze tra:

- sopra i pannelli vs sotto i pannelli;
- sotto i pannelli vs aree di controllo esterne;
- sopra i pannelli vs aree di controllo esterne.

Tali confronti permetteranno di isolare l'effetto specifico dell'ombreggiamento dei moduli fotovoltaici rispetto alla variabilità meteorologica generale.

c) **Analisi statistica delle differenze**

Ove appropriato, saranno applicati test statistici (es. test t per campioni appaiati o ANOVA per misure ripetute) per valutare la significatività delle differenze osservate tra le diverse condizioni monitorate.

d) **Correlazione con altri monitoraggi ambientali**

I dati climatici saranno integrati con:

- i risultati del monitoraggio del risparmio idrico
- i dati di irraggiamento solare
- eventuali evidenze relative a vegetazione e fauna

Ciò consentirà un'interpretazione integrata degli effetti microclimatici dell'impianto agrivoltaico.

Restituzione dei risultati

I risultati del monitoraggio climatico saranno inclusi nel **Rapporto Ambientale Annuale**, con:

- tabelle riassuntive dei principali indicatori;
- grafici delle serie temporali;
- mappe schematiche di localizzazione delle stazioni;
- interpretazione dei trend osservati e confronto con le condizioni attese.

4. Metodologia e tempistiche

4.1 Durata del monitoraggio

La metodologia adottata per il monitoraggio faunistico dell'impianto agrivoltaico nei pressi di Finale Emilia è stata progettata per garantire una valutazione rigorosa e scientificamente solida degli impatti ambientali sulle popolazioni faunistiche locali. Il piano di monitoraggio si estende su un periodo di **cinque anni**, con rilievi **stagionali** per la maggior parte dei gruppi faunistici e **rilievi mensili** per le specie più sensibili agli impatti ambientali, come chiroteri e avifauna durante la stagione riproduttiva. L'approccio metodologico si basa sulle linee guida ISPRA, assicurando la compatibilità con gli standard europei di conservazione della biodiversità e consentendo un confronto efficace con altri studi a livello nazionale ed europeo. Il monitoraggio intende valutare non solo gli effetti diretti dell'impianto sulle popolazioni faunistiche, ma anche l'efficacia delle misure di mitigazione adottate.

4.2 Periodo e Frequenza del Monitoraggio

Le indagini saranno condotte tra **maggio e ottobre**, coincidente con il periodo di massima attività faunistica, inclusa la riproduzione, il foraggiamento e le migrazioni. La frequenza di campionamento sarà di **due notti ogni dieci giorni**, consentendo di ottenere una copertura temporale robusta e rappresentativa per ciascuna stagione e minimizzando l'effetto della variabilità giornaliera.

Per i gruppi faunistici particolarmente sensibili, come i chiroteri e l'avifauna durante la stagione riproduttiva, il monitoraggio sarà intensificato con rilevamenti **mensili**, per acquisire dati dettagliati sulle dinamiche popolazionali e sull'uso dell'habitat durante periodi ecologicamente critici.

4.3 Tecniche di Campionamento

Il piano prevede l'utilizzo di metodi di campionamento standardizzati e scientificamente validati per ciascun gruppo faunistico:

- **Chiroteri:** rilevamento bioacustico con dispositivi Audiomoth, posizionati in punti fissi e itineranti.
- **Avifauna:** censimenti con punti di ascolto e transetti, integrati dal monitoraggio della nidificazione.
- **Odonata:** campionamento visivo e con retino entomologico in aree umide, con valutazione della qualità dell'habitat tramite indici ecologici.
- **Piccoli Mammiferi:** utilizzo di trappole live-trap e fototrappole, con eventuale cattura e rilascio mediante marcatura per analisi della dinamica di popolazione.
- **Monitoraggio degli habitat:** analisi della copertura vegetale mediante telerilevamento, rilievi floristici in situ e valutazione microclimatica.

4.4 Gestione dei Dati

I dati raccolti saranno elaborati utilizzando software dedicati, come **Kaleidoscope** e **batsound** per i chiroteri e l'avifauna, e software GIS per l'analisi spaziale degli habitat e delle popolazioni faunistiche. Saranno prodotti rapporti tecnici periodici che presenteranno tendenze temporali, variazioni stagionali e valutazione dell'efficacia delle misure di mitigazione.

4.5 Misure di Mitigazione e Adattamento

Nel corso del monitoraggio, sarà valutata l'efficacia delle misure di mitigazione, come la creazione di corridoi ecologici e l'utilizzo di specie arboree e arbustive per la mitigazione perimetrale. Qualora i dati evidenziassero impatti negativi significativi, saranno proposte modifiche operative per ridurre gli effetti negativi sull'avifauna, i chiroteri e gli altri gruppi monitorati.

4.1.5 Validità Scientifica e Conformità

L'intera metodologia è strutturata per garantire la validità scientifica del monitoraggio, in linea con gli obiettivi di conservazione della biodiversità e gli standard europei previsti dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE e dalla Direttiva Uccelli 2009/147/CE. I dati raccolti contribuiranno non solo alla gestione sostenibile dell'impianto agrivoltaico, ma anche alla conoscenza scientifica riguardante l'interazione tra infrastrutture rinnovabili e biodiversità.

4.6 Standard di riferimento

Le metodologie specifiche adottate per il monitoraggio faunistico sono conformi alle linee guida ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), garantendo coerenza con gli standard nazionali e la qualità scientifica dei dati raccolti. L'obiettivo è applicare tecniche standardizzate e consolidate per ciascun gruppo faunistico monitorato, assicurando la comparabilità dei dati e la validità scientifica dei risultati.

Le linee guida ISPRA forniscono indicazioni dettagliate per il monitoraggio di vari gruppi faunistici e sono utilizzate come riferimento metodologico per garantire la coerenza con le normative europee e nazionali in materia di conservazione della biodiversità. Le metodologie specifiche per ciascun gruppo faunistico sono adattate secondo tali linee guida, con particolare attenzione alla qualità del dato e alla ripetibilità del monitoraggio. Le rilevazioni in situ includeranno misurazioni di parametri microclimatici (temperatura, umidità, velocità del vento) e l'applicazione di indici ecologici come **Indice di Shannon** e **Indice di Simpson**, per valutare la biodiversità vegetale e la qualità degli habitat.

L'analisi dei dati permetterà di individuare eventuali degradi ambientali e di verificare l'efficacia delle misure di mitigazione ambientale adottate per mantenere l'integrità ecologica dell'area

5. Conclusioni

I fattori di pressione sulle componenti ambientali potenzialmente prodotte dall'impianto sono, tutto sommato, piuttosto modesti rispetto alla taglia dell'impianto. Nel PMA sono stati individuati potenziali impatti a carico della componente rumore e vibrazioni, da una serie di punti di emissione distribuiti, sostanzialmente dagli inverter, ed elettromagnetismo dalle cabine e dagli elettrodotti. Si tratta di impatti entro la norma che saranno soggetti a idoneo monitoraggio annuale. La natura del terreno, agricolo e lontano da qualunque abitato e dalle poche masserie agricole intorno all'area, mitigano naturalmente questo potenziale effetto.

Altro sistema di potenziali impatti è dato dalla intromissione visiva e quindi a carico del sistema paesaggio. Si tratta del classico impatto di impianti di questo genere, per il quale è stata disposta una

importante mitigazione lungo l'intero perimetro, progettata per non restituire un'eccessiva uniformità e l'effetto siepe e che fa uso di tecniche e piante integralmente riconducibili all'ambiente locale. Il monitoraggio in tal caso si riferirà alla identificazione di punti di stazionamento e nella redazione di un rapporto annuale sul sistema di mitigazione e compensazione. Le azioni eventualmente poste in essere saranno relative alla pronta ricomposizione della quinta arborea in caso di mancata sopravvivenza di uno o più alberi o arbusti.

Infine, sarà disposto un monitoraggio fitosociologico esteso ad almeno quattro siti, ed un intorno di circa tre chilometri con altri due da definire come sopra descritto e secondo la metodologia Ispra.

I monitoraggi effettuati, con cadenza almeno annuale, saranno oggetto di un “*Rapporto Ambientale*” annuale, da mettere a disposizione del pubblico e trasmettere alle autorità. Il monitoraggio naturalistico sarà condotto durante un anno e ripetuto ogni cinque.