

ALFI GREEN S.R.L.

Impianto Agrivoltaico Avanzato denominato “Bandissolo” da 24.979,5 kWp, abbinato a un sistema di accumulo elettrochimico da 12.000 kW, opere connesse ed infrastrutture indispensabili

Comuni di Argenta e Portomaggiore (FE)

Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico Avanzato combinato con SdA e Opere Elettriche di Utenza

A. 01 - Relazione descrittiva

Rev 1 – Novembre 2025

Professionista incaricato: Ing. Daniele Cavallo – Ordine Ingegneri Prov. Brindisi n. 1220

INDICE

1.	PREMESSA.....	6
1.1	LA SOCIETÀ PROPONENTE	7
1.2	LA SOCIETÀ AGRICOLA.....	8
2.	INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO.....	9
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	9
2.1.1	AREA IMPIANTO.....	9
2.1.2	LINEA 36 KV.....	10
2.2	DESCRIZIONE DEL SITO.....	10
2.2.1	GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA, GEOLITOLOGIA E CLASSIFICAZIONE SISMICA	10
2.2.2	ARCHEOLOGIA	12
2.2.3	VINCOLI AMBIENTALI E PAESAGGISTICI	13
2.3	ACCESSIBILITÀ AL SITO	15
2.4	CLASSIFICAZIONE URBANISTICA.....	16
3.	IMPIANTO AGRIVOLTAICO	18
3.1	VALUTAZIONE ALTERNATIVE PROGETTUALI	18
3.1.1	METODOLOGIA CONFRONTO DI ALTERNATIVE TECNOLOGICHE	18
3.1.2	MATRICE DI CONFRONTO	19
3.2	SCELTE PROGETTUALI.....	24
3.2.1	STRUTTURE DI SOSTEGNO	24
3.2.2	MODULI FOTOVOLTAICI	26
3.2.3	INTERFILA DI 12M.....	26
3.2.4	SPAZIO DI MANOVRA MINIMO	27
3.2.5	FASCIA ARBOREA.....	29
3.2.6	RETE DI CAVI ALL'INTERNO DELL'IMPIANTO	33
3.2.7	SISTEMA DI DRENAGGIO	33
3.3	RISPONDENZA AI REQUISITI IN MATERIA DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI	34
3.3.1	SUPERFICIE MINIMA DESTINATA ALL'ATTIVITÀ AGRICOLA	35
3.3.2	PRODUZIONE SINERGICA DI ENERGIA ELETTRICA E PRODOTTI AGRICOLI	35
3.3.3	SOLUZIONI INNOVATIVE CON MODULI ELEVATI DA TERRA.....	36
3.3.4	SISTEMA DI MONITORAGGIO	37
4.	COMPONENTE ELETTRICA DELL'IMPIANTO	41
4.1	MODULI FOTOVOLTAICI	42

4.2	CONTAINER BATTERIE	44
4.2.1	DC/DC CONVERTER.....	45
4.3	GRUPPO DI CONVERSIONE CC/CA (POWER STATIONS).....	46
4.4	CABINE SERVIZI AUSILIARI.....	48
4.5	SALA CONTROLLO E MAGAZZINO	48
4.5.1	SALA CONTROLLO	48
4.5.2	MAGAZZINO	49
4.6	CAVI.....	50
4.6.1	CAVI DC - STRINGA.....	50
4.6.2	CAVI DC -INVERTER	50
4.6.3	CAVI DATI.....	50
4.6.4	CAVI 36 KV	50
4.7	SISTEMA DI SORVEGLIANZA E ILLUMINAZIONE	51
4.8	RETE DI TERRA.....	52
4.9	MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA	52
4.9.1	MISURE DI PROTEZIONE ANTINCENDIO.....	52
4.9.2	PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI	52
4.9.3	PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI.....	53
4.9.4	PROTEZIONE CONTRO IL CORTO CIRCUITO	53
4.9.5	PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE	53
5.	COMPONENTE AGRICOLA DELL'IMPIANTO.....	54
5.1	SUPERFICI AGRICOLE	54
5.2	CARATTERISTICHE DEL SUOLO	55
5.3	ANALISI OMBREGGIAMENTO	57
5.4	COLTURE CONSIGLIATE	58
5.5	INDIRIZZO PRODUTTIVO.....	59
6.	OPERE ELETTRICHE DI UTENZA	62
6.1	CABINA UTENTE	62
6.1.1	SALA AT - QUADRO ELETTRICO 36 KV.....	63
6.1.2	SALA BT - QUADRI BT, SALA CONTROLLO E QUADRI MISURE.....	63
6.2	LINEA 36 KV.....	64
7.	REGIMAZIONE DELLE ACQUE	65
7.1	SISTEMA DI DRENAGGIO	65
7.2	INVARIANZA IDRAULICA	66
7.3	COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLA LINEA A 36 KV	69

8.	CRONOPROGRAMMA	71
9.	COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO.....	72
9.1	ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO E DELLE OPERE DI UTENZA	72
9.1.1	CANTIERIZZAZIONE E STOCCAGGIO TEMPORANEO.....	72
9.1.2	REALIZZAZIONE DEI CAVIDOTTI E POSA DEI CAVI.....	73
9.1.3	POSA DELLA RETE DI TERRA	73
9.1.4	REALIZZAZIONE DELLE STRADE E DEI PIAZZALI	74
9.1.5	INSTALLAZIONE DELLA RECINZIONE E DEI CANCELLI	74
9.1.6	INSTALLAZIONE DELLE STRUTTURE DI SOSTEGNO: BATTITURA DEI PALI	74
9.1.7	MONTAGGIO DELLE STRUTTURE DI SOSTEGNO FISSE.....	75
9.1.8	INSTALLAZIONE DEI MODULI FOTOVOLTAICI	75
9.1.9	REALIZZAZIONE DELLE FONDAZIONI PER POWER STATIONS, CABINE AUSILIARIE E DEI CONTAINER BATTERIE	75
9.1.10	INSTALLAZIONE DELLE POWER STATIONS, CABINE AUSILIARIE E DEI CONTAINER BATTERIE	76
9.1.11	REALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO UTENTE	76
9.1.12	REALIZZAZIONE DEI CAVIDOTTI E POSA DELLA LINEA A 36 KV	76
9.1.13	SISTEMAZIONE FINALE DELLE AREE.....	77
9.1.14	INSTALLAZIONE DEL SISTEMA ANTINTRUSIONE E VIDEOSORVEGLIANZA	77
9.1.15	OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA.....	77
9.1.16	RIPRISTINO DELLE AREE DI CANTIERE	77
9.2	LAVORI AGRICOLI	77
9.3	PERSONALE IN FASE DI CANTIERE.....	78
9.4	ATTREZZATURE E AUTOMEZZI	78
10.	PROVE E MESSA IN SERVIZIO.....	81
10.1	COLLAUDO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO	81
10.2	FASE DI TESTING PER L'ACCETTAZIONE PROVVISORIA.....	82
10.3	PROVE E MESSA IN SERVIZIO DELLE OPERE ELETTRICHE DI UTENZA.....	82
10.4	PERSONALE IN FASE DI COMMISSIONING	82
10.5	ATTREZZATURE E AUTOMEZZI IN FASE DI COMMISSIONING E AVVIO	83
11.	ESERCIZIO DELL'IMPIANTO	84
11.1	PRODUCIBILITÀ ENERGETICA.....	84
11.2	RUMORE	85
11.3	CAMPI ELETTRROMAGNETICI.....	85
11.4	ATTIVITÀ AGRICOLA.....	86
11.5	ATTIVITÀ DI CONTROLLO E MANUTENZIONE	86

11.6	PERSONALE IN FASE DI ESERCIZIO.....	87
11.7	ATTREZZATURE E AUTOMEZZI IN FASE DI ESERCIZIO	88
12.	DISMISSIONE DELL’IMPIANTO.....	90
12.1	PERSONALE IN FASE DI DISMISSIONE.....	90
12.2	ATTREZZATURE E AUTOMEZZI IN FASE DI DISMISSIONE.....	91
13.	COSTI	93
13.1	COSTO DI INVESTIMENTO	93
13.2	COSTO OPERATIVO	96
13.3	COSTO DI DISMISSIONE	97
14.	TERRE E ROCCE DA SCAVO	99
14.1	STIMA DEI VOLUMI DI SCAI E RINTERRI	99
15.	IMPATTI SOCIALI, OCCUPAZIONALI ED ECONOMICI	103
15.1	RICADUTE ECONOMICHE.....	103
15.2	RICADUTE OCCUPAZIONALI.....	103
15.3	RICADUTE SOCIALI.....	103

Questo documento è di proprietà di Alfi Green S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di Alfi Green S.r.l.

1. PREMESSA

La società ALFI GREEN S.r.l. intende realizzare un impianto Agrivoltaico Avanzato ai sensi della normativa vigente, della potenza di 24.979,5 kWp, abbinato a un sistema di accumulo elettrochimico da circa 12.000 kW (di seguito denominato "Impianto"), che sarà situato nel comune di Argenta (FE). Limitatamente alle opere connesse sarà anche interessato il comune di Portomaggiore (FE).

Il progetto "**Bandissolo**", avrà una potenza complessiva in immissione pari a 30.000 kW, e sarà collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra - esce alla linea RTN a 380 kV "Ferrara Focomorto - Ravenna Canala" e alla linea RTN a 132 kV "Portomaggiore - Bando" come indicato dal Gestore di rete nella soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG), trasmessa alla Società il 26 agosto 2024 e formalmente accettata il 13 settembre 2024.

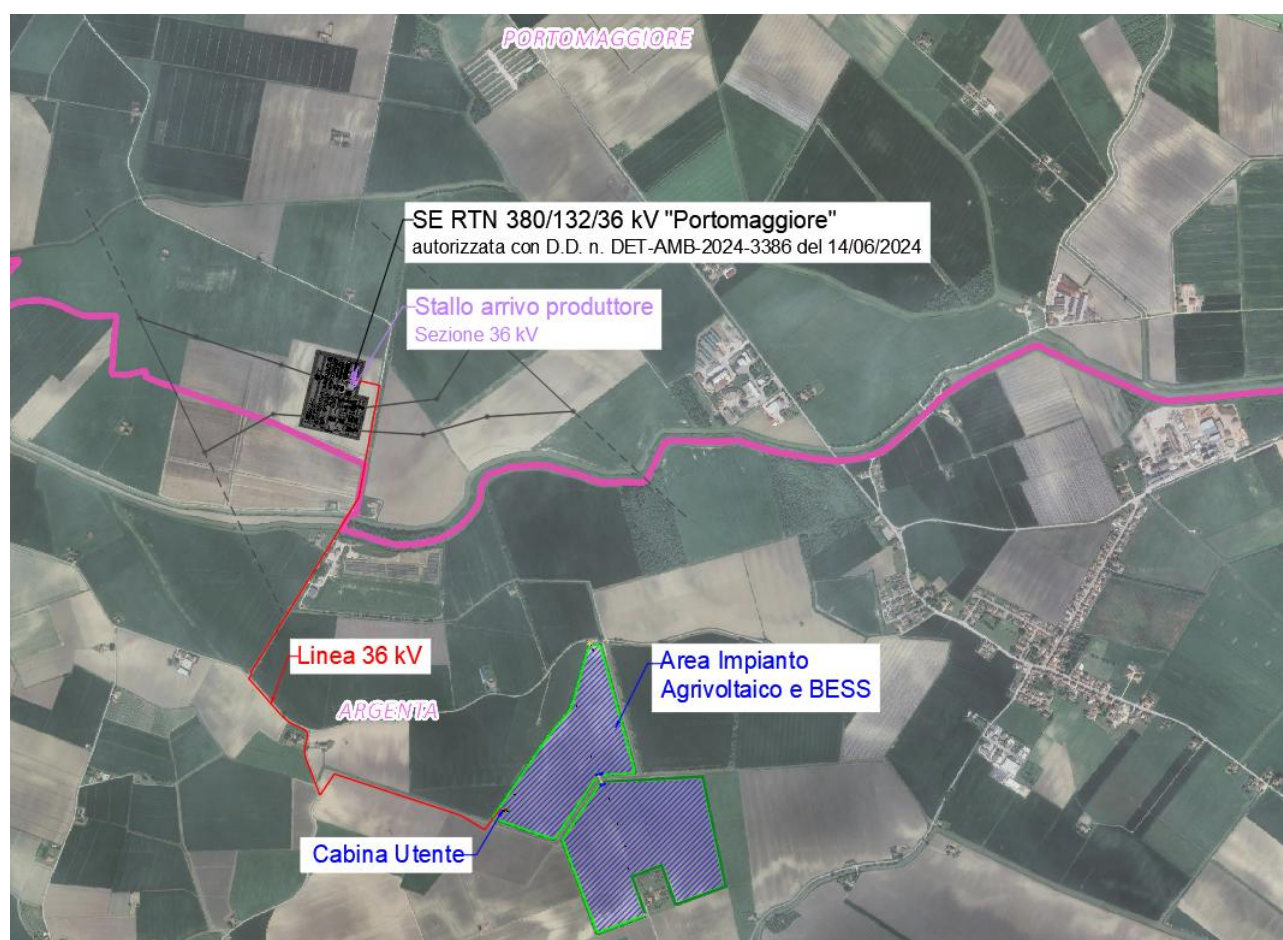


Figura 1-1: Inquadramento delle opere progettuali su ortofoto

Le opere progettuali dell'impianto si possono così sintetizzare:

1. Impianto agrivoltaico– ubicato nel comune di Argenta (FE), sarà costituito da moduli fotovoltaici bifacciali e realizzato con strutture fisse orientate est-ovest. L'impianto è progettato per soddisfare pienamente i requisiti di impianto agrivoltaico avanzato ai sensi delle (i) Linee Guida sugli impianti agrivoltaici, pubblicate dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) a giugno 2022, (ii) Norma tecnica CEI PAS 82-93 "Impianti Agrivoltaici", emanata a dicembre 2023, nonché (iii) del Decreto del Ministero dell'Ambiente della Sicurezza Energetica del 22 dicembre 2023 N.436 (DM Agrivoltaico) recante le disposizioni per l'incentivazione della realizzazione dei sistemi agrivoltaici di natura sperimentali in attuazione dell'articolo 114 comma 1 del D.Lgs. N.199 del 2021

ed in coerenza con le misure di sostegno agli investimenti previste dal piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), e relative a regole operative emanate dal GSE. La potenza complessiva sarà pari a 24,98 MWp;

2. Sistema di accumulo elettrochimico (di seguito “BESS” o “SdA”) – di tipo distribuito, sarà integrato all’interno dell’impianto agrivoltaico e interconnesso con lo stesso. Il sistema avrà una potenza di circa 12 MW, con una capacità di stoccaggio pari a 4 h;

3. Linee in cavo interrato a 36 kV (di seguito “Dorsali 36 kV”) – collegheranno l’impianto fotovoltaico e le BESS alla cabina elettrica a 36 kV;

4. Cabina elettrica a 36 kV (di seguito “Cabina Utente”) – sarà di proprietà della società e verrà posizionata all’interno dell’Impianto;

5. Linea in cavo interrato a 36 kV (di seguito “Linea 36 kV”) – collegherà la Cabina Utente alla sezione a 36 kV della futura SE RTN 380/132/36 kV della RTN denominata “Portomaggiore”, di proprietà di Terna. Tale linea si svilupperà per una lunghezza di circa 2,7 km;

6. Stallo a 36 kV (di seguito “Impianto di Rete”) - consisterà nello stallo di arrivo produttore all’interno della sezione a 36 kV della nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV “Ferrara Focomorto – Ravenna Canala” e alla linea RTN a 132 kV “Portomaggiore – Bando”.

Il progetto della stazione Terna di “Portomaggiore” e dei relativi raccordi linea è già stato benestariato dal Gestore di Rete Terna S.p.A., ed autorizzato dagli enti competenti con D.D. n. DET-AMB-2024-3386 del 14/06/2024 rilasciata dall’ARPAE Agenzia regionale per la prevenzione, l’ambiente e l’energia dell’Emilia-Romagna. Il progetto autorizzato della SE RTN 380/132/36 kV e dei relativi raccordi linea, pertanto, non fa parte delle opere da autorizzarsi con la presente istanza.

L’impianto è completamente situato all’interno di “aree idonee” come definite dall’art. 20, comma 8, lettera c-quater del D.Lgs. 199/2021 e successive modifiche. Di conseguenza, il progetto è soggetto a una procedura autorizzativa semplificata, prevista dall’art. 22 dello stesso decreto legislativo e ss.mm.ii.

In ottemperanza alle richieste di integrazioni formulate a seguito della Conferenza di Servizi istruttoria del 10/09/2025, trasmesse da ARPAE con nota avente ad oggetto “Richiesta integrazioni (art. 27-bis D.Lgs. 152/06, art. 18 L.R. 4/18)”, nell’ambito del procedimento di Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (PAUR) relativo al progetto in oggetto, il presente elaborato è stato integrato e aggiornato ed è emesso in Revisione 1.

Le modifiche apportate sono evidenziate in colore blu al fine di agevolarne la consultazione.

1.1 LA SOCIETÀ PROPONENTE

La società proponente del progetto è ALFI GREEN, appartenente al gruppo Exus, una primaria realtà internazionale specializzata nella gestione e nello sviluppo di progetti nel settore delle energie rinnovabili. Con una comprovata esperienza nella realizzazione di progetti complessi, Exus si distingue per la capacità di gestire efficacemente tutte le fasi del ciclo di vita degli impianti, garantendo soluzioni sostenibili e tecnologicamente avanzate. Di seguito si riportano i dati della società.

Tabella 1-1: Dati Società Proponente

ALFI GREN S.r.l.	
Partita IVA/ Codice Fiscale	13839370965
Numero REA	MI - 2746611
Sede Legale	Via Giacomo Leopardi 8

Socio Unico	EXUS RENEWABLES IPP HOLDING SL
PEC	alfigreen@legalmail.it
Sitio web Exus	es.exuspartners.com
Sitio web Partners Group	www.partnersgroup.com

Exus è fortemente impegnata nello sviluppo di progetti di energia rinnovabile, supportata dal suo principale azionista, Partners Group, uno dei maggiori fondi di private equity a livello globale. Il fondo gestisce un portafoglio diversificato con un focus su sostenibilità e infrastrutture di alto impatto. Questa sinergia assicura una solida base finanziaria e operativa, consentendo di affrontare progetti ambiziosi e di adottare tecnologie avanzate, sempre in linea con i più elevati standard ambientali.

Il progetto in questione si inserisce nel contesto di una strategia volta a promuovere la transizione energetica, favorendo la diffusione di fonti rinnovabili e contribuendo allo sviluppo di infrastrutture energetiche resilienti e sostenibili.

1.2 LA SOCIETÀ AGRICOLA

Il progetto oggetto della presente relazione prevede una configurazione progettuale che consente attività agricole intensive nelle interfile delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici, garantendo la continuità delle coltivazioni già presenti sul sito. L'obiettivo è ottimizzare l'uso del suolo, combinando la produzione di energia rinnovabile con la valorizzazione delle attività agricole preesistenti.

La Società, in qualità di titolare di un contratto preliminare di compravendita per le aree destinate all'impianto agrivoltaico, ha già definito i termini per lo svolgimento delle diverse attività agricole con l'azienda agricola (di seguito "Società Agricola"), incaricata della gestione operativa. Quest'ultima, appartenente alla famiglia proprietaria dei terreni, possiede una solida esperienza nel settore e una gestione attuale di oltre 700 ettari, situati prevalentemente in Emilia-Romagna. La Società Agricola è specializzata nella coltivazione di cereali e leguminose, con una produzione concentrata su mais da granella, frumento duro, soia ed erba medica, e adotta un approccio diversificato includendo coltivazioni occasionali di sorgo e ortive.

Le parti hanno concordato procedure operative mirate a massimizzare l'integrazione tra le attività agricole e le operazioni dell'impianto fotovoltaico, stabilendo regole di accesso e adottando misure di sicurezza per garantire la protezione delle infrastrutture e delle coltivazioni. La Società Agricola si impegna a rispettare rigorosamente le normative vigenti, inclusi l'uso sostenibile dei fitosanitari, la gestione efficiente delle risorse idriche e tutte le disposizioni locali e comunitarie applicabili al settore agricolo.

2. INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1.1 AREA IMPIANTO

L'Impianto si svilupperà su un terreno perfettamente pianeggiante, di circa 43 ettari, attualmente dedicato alla coltivazione di colture in asciutto, come mais da foraggio, frumento duro, grano tenero, soia e sorgo.

L'area, caratterizzata dalla presenza di insediamenti rurali sparsi, tipici del paesaggio agricolo, si trova nella periferia nord-est di Argenta, a circa 3 km in linea d'aria e a circa 1,5 km a ovest della località di Bando.

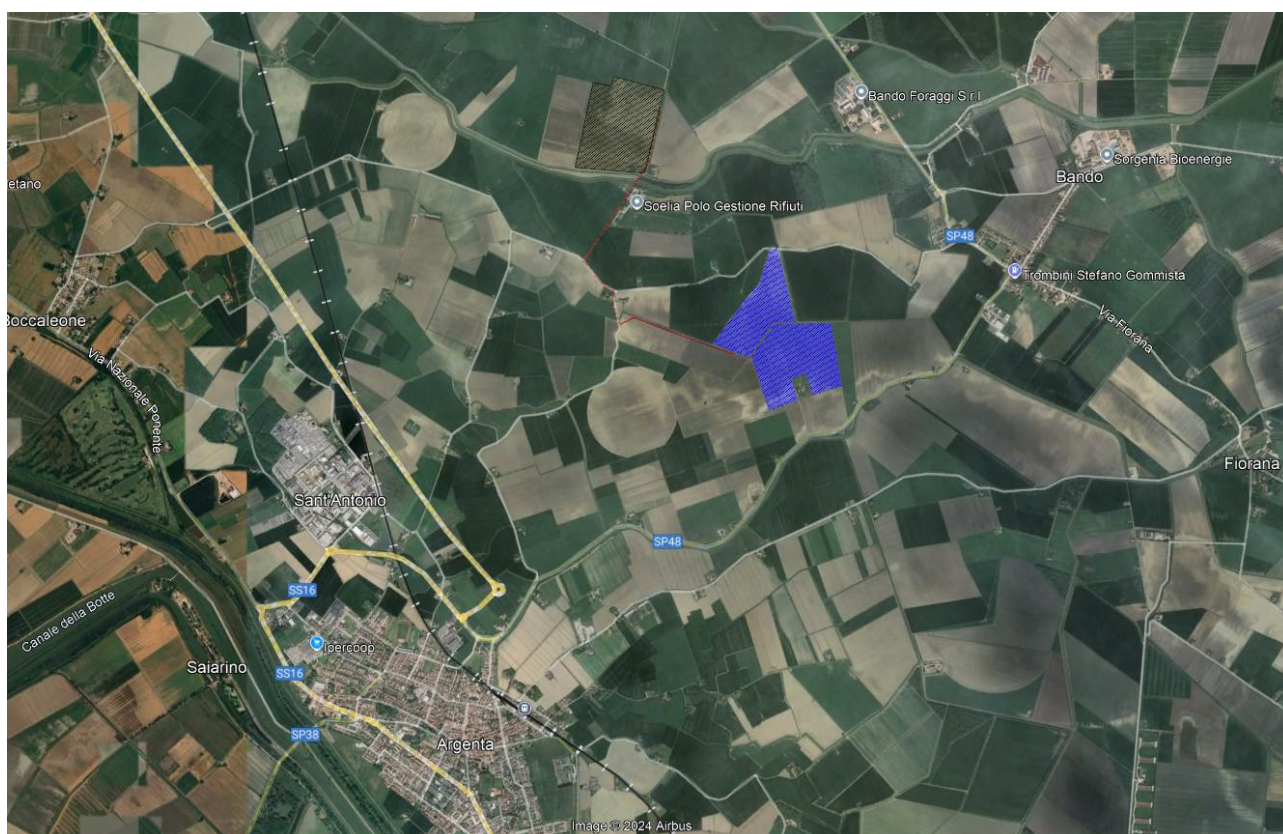


Figura 2-1: - Inquadramento delle opere progettuali su ortofoto

Più precisamente, i terreni su cui insiste l'Impianto sono identificati nel catasto del comune di Argenta (FE), come segue:

Tabella 2-1: Estremi catastali dei terreni interessati dall'Impianto

Comune	Foglio	Particelle	Opera
Argenta (FE)	82	111	Impianto Agrivoltaico, BESS e Cabina Utente
Argenta (FE)	83	5, 35, 37, 42, 46, 51, 52, 53, 56, 94, 96, 98 e 104	Impianto Agrivoltaico e BESS
Argenta (FE)	93	50	Impianto Agrivoltaico e BESS

Le coordinate geografiche del sito dell'Impianto sono le seguenti:

- Latitudine 44.638°;
- Longitudine 11.865°.

Per maggiori dettagli sull'inquadramento dell'area si faccia riferimento agli elaborati Tav02_01 "Inquadramento generale - CTR", Tav02_02 "Inquadramento generale - IGM", Tav02_03 "Inquadramento generale - ortofoto" e Tav02_04 "Inquadramento generale - catastale".

2.1.2 LINEA 36 KV

Il tracciato della Linea a 36 kV seguirà prevalentemente la viabilità pubblica comunale, ad eccezione di brevi tratti che attraverseranno terreni di privati. In particolare, interesserà la seguente viabilità:

- Via Alberelli (Comune di Argenta);
- Via Alberone (Comune di Argenta);
- Via Bandissolo (Comune di Argenta);
- Via Portoni Bandissolo (Comune di Portomaggiore).

Si rimanda alle Tav02_04 "Inquadramento generale - catastale" e Tav02_16 "Inquadramento generale - viabilità esistente" per ulteriori dettagli in merito.

2.2 DESCRIZIONE DEL SITO

È stata condotta un'analisi approfondita del sito basata su diversi criteri oggettivi, che hanno propriamente supportato la decisione di procedere con l'iniziativa. Di seguito vengono riportati i principali elementi valutati:

- La vicinanza al punto di connessione, situato a circa 2,5 km, rappresenta un vantaggio tecnico, poiché consente di ridurre le perdite elettriche, mantenendo al contempo un equilibrio economico sostenibile e un impatto ambientale contenuto;
- L'area beneficia di ottime condizioni di irraggiamento globale, con una produzione energetica prevista a P50 pari a 37,64 GWh nel primo anno e circa 1.507 kWh/kWp/anno in termini di ore equivalenti, come specificato nell'Allegato 03 "Stima di producibilità energetica";
- La conformazione pianeggiante del terreno richiede minimi interventi per agevolare il deflusso delle acque meteoriche verso i canali di scolo progettati;
- La rete stradale esistente, ben strutturata e in condizioni adeguate, permette di ridurre al minimo le opere di adeguamento o nuove realizzazioni necessarie per il transito dei mezzi durante la fase di costruzione;
- L'assenza di particolari elementi di vegetazione o coltivazioni protette nell'area;
- L'inesistenza di vincoli paesaggistici o ambientali rilevanti, come approfondito nel paragrafo 2.2.3.

2.2.1 GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA, GEOLITOLOGIA E CLASSIFICAZIONE SISMICA

Le indagini eseguite nell'area dell'Impianto, hanno permesso di approfondire gli aspetti utili alla progettazione, fornendo informazioni sulle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche del territorio esaminato.

Di seguito si riassumono i principali aspetti emersi.

- Dal punto di vista **Geologico**, le litologie presenti nel territorio in esame sono costituite prevalentemente da litotipi coesivi costituiti da materiali argillosi e argillosi limosi contenenti materiali organici, quali torbe ed

argille organiche. Al tetto ed alternati a tali materiali fini sono stati individuati livelli a maggiore carattere incoerente, costituiti da sabbie limose e debolmente limose, talvolta in miscele ternarie di sabbie limi e argille. Le litologie riscontrate dalla caratterizzazione geologica/geotecnica condotta hanno permesso di confermare l'assetto geologico generale descritto agli strumenti urbanistici vigenti. I caratteri geotecnici da scarsi a discreti, solo localmente buoni, soprattutto nelle porzioni a maggior presenza di litologie granulari;

- Dal punto di vista **Geomorfologico**, l'area di progetto ricade in un territorio a vocazione agricola, con una debole urbanizzazione e per lo più concentrata in corrispondenza degli abitati di Bando e Argenta. La storia geomorfologica del settore in esame, risulta essere strettamente connessa allo sviluppo della pianura Ferrarese ed alle divagazioni dei corsi d'acqua un tempo caratterizzanti il territorio esaminato, nonché fortemente influenzata dalle opere di regimazione idraulica che hanno permesso lo sfruttamento delle terre e che hanno determinato l'obliterazione di molte strutture geomorfologiche un tempo caratterizzanti il territorio in esame (canali, valli salmastre e di acqua dolce, depositi di rotta e riempimento di canale ecc...). In merito alla realizzazione dell'impianto Agrivoltaico, dall'analisi della cartografia geomorfologica del settore, non si rilevano fenomeni geomorfologici che ne possano ostacolare la realizzazione. Da attenzionare, in una piccola porzione del campo agrivoltaico, in particolare nella porzione sud, la presenza di paleoalvei certi e tracce di paleoalvei di ubicazione incerta;
- In merito all'analisi del **Rischio Idraulico e Idrogeologico**, l'intera area di Progetto risulta ricadere prevalentemente in aree a bassa probabilità di eventi alluvionali, ad esclusioni di alcune porzioni dell'Impianto Agrivoltaico che ricadono in porzioni di territorio classificate P3, ovvero Alluvioni frequenti; elevata probabilità d'accadimento tempo di ritorno compreso fra 50 e 100 Anni. In analogia, la cartografia del rischio idraulico classifica le aree di realizzazione del progetto in esame come Rischio Moderato o Nullo (R1) sia per il reticolo principale sia per il reticolo secondario e solo localmente (vie di comunicazione prossime al reticolo secondario) classificate con rischio medio R2. Infine, in merito alle caratteristiche idrogeologiche e l'interferenza con la falda superficiale, si rileva che, per il settore dell'Impianto Agrivoltaico, la falda presenta una soggiacenza media pari a -1,90 m da p.c. con una sostanziale uniformità per l'intero settore, con livelli minimi di soggiacenza pari a -1,60 m da p.c. Tali quote saranno da attenzionare qualora il progetto prevedesse attività di scavo che dovessero intercettare la sottostante falda;
- Dal punto di vista **Sismico**, il settore in esame risulta rientrare per lo più in area caratterizzata da sismicità elevata (Zona 2), ad esclusione dei settori ricadenti nel comune di Portomaggiore (Stallo arrivo produttore - Sezione a 36 kV) che ricadono in settore a sismicità moderata (Zona 3). Ciò nonostante, l'intero sito risulta ricompreso nell'area geologica denominata "Dorsale Ferrarese", caratterizzata da uno scenario di magnitudo $M_w = 6,14$ ed una accelerazione sismica pari a 0,156 g. Le prove condotte in sito hanno permesso di classificare i terreni di fondazione come appartenenti alla categoria D. Infine, dalla verifica del potenziale di liquefazione, in corrispondenza dei punti di indagine, è risultato che il sito presenta un potenziale di liquefazione basso ad esclusione di una piccola area (prova CPTU 03) che mostra potenziale di liquefazione moderato;
- Dal punto di vista **Geotecnico**, sulla base delle informazioni raccolte dalle indagini geognostiche condotte, si può affermare come le caratteristiche generali dei terreni di fondazione varino da medie a scarse in funzione della percentuale di materiali fini coesivi con materiali organici (torbe). Si rileva un miglioramento di tali caratteristiche in corrispondenza dei settori a maggior percentuale di terreni sabbiosi-sabbioso limosi, materiali che si rilevano al tetto dei livelli coesivi (terreni agrari), sia in lenti e strati da centimetrici a metrici intervallati ai materiali coesivi che caratterizzano la maggior parte del volume caratteristico dell'area di studio. Come si è già detto, ciò è rilevato per l'intera area di studio, ed esclusivamente nella prova SCPTU è stato rilevato un livello a maggiore carattere granulare alla base dei materiali coesivi, a profondità comprese tra 28,0 e 30,0 m da p.c.

In conclusione, sulla base delle informazioni raccolte, adottando specifiche procedure progettuali in grado di sopperire alle scarse qualità geotecniche dei terreni argilloso/limosi organici e torbosi, l'installazione dell'impianto agrivoltaico risulta, pertanto, compatibile con l'assetto locale.

Dall'indagine geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica condotta sull'area, e tenuto conto delle prescrizioni sopra descritte in fase progettuale, si ritiene che l'opera possa essere realizzata in condizioni di sicurezza geologica, idrogeologica ed idraulica.

2.2.2 ARCHEOLOGIA

2.2.2.1 Geomorfologia del territorio

Il territorio di Argenta si estende su una superficie di circa 311 km² e presenta una morfologia tipica delle pianure alluvionali. La presenza del fiume Reno, che scorre lungo il confine occidentale del comune, e dei numerosi canali artificiali, come il canale Quaderna e la fossa Benvingante, ha creato un sistema di drenaggio complesso che influenza la distribuzione dei sedimenti e la formazione del suolo.

Le Valli di Campotto e le Valli di Comacchio, al cui limite è posta l'area di interesse, rappresentano aree di particolare interesse geomorfologico. Queste zone umide sono caratterizzate da un'elevata biodiversità e da un paesaggio dinamico, soggetto a periodiche inondazioni e variazioni del livello dell'acqua. La geomorfologia di queste valli è il risultato di processi deposizionali e erosivi che hanno modellato il territorio nel corso dei secoli. Le Valli di Campotto, in particolare, sono un esempio di ambiente palustre che si è evoluto grazie all'interazione tra attività umane e processi naturali, come la sedimentazione e l'erosione.

Il territorio è inoltre caratterizzato da una serie di terreni argillosi e sabbiosi, che derivano da depositi alluvionali del fiume Reno e dei suoi affluenti. Questi suoli sono particolarmente fertili e adatti all'agricoltura, ma sono anche soggetti a fenomeni di subsidenza e allagamenti, che richiedono una gestione attenta e sostenibile.

2.2.2.2 Caratteri ambientali storici

Il territorio del Comune di Argenta ha risentito fortemente della caratterizzazione morfologica della zona, che ha assunto la conformazione attuale solo a seguito delle operazioni di bonifica e delle variazioni idrografiche del territorio. L'area in cui ricadono gli interventi nel comune di Argenta era una zona quasi interamente paludosa, come attesta la carta di Marco Antonio Pasi del 1580, che dimostra come questa porzione del territorio comunale non fosse ancora oggetto delle bonifiche già avviate in altre porzioni.

Ancora nella prima metà dell'800, questa area denominata Valli Brancolo, che si estendeva fra il paese di Argenta e quello di Bando (Carta Storica Regionale - 1:50.000 - versione 1999), era riportata come acquitrinosa e ancora da bonificare, priva di forme insediative. In quest'ottica, è opportuno sottolineare l'importanza che ha avuto l'apporto detritico dei corsi fluviali, i quali nel tempo hanno creato una stratificazione a matrice argillosa, abbondantemente coperta da livelli cronologicamente associabili al periodo romano e preromano.

2.2.2.3 Caratteri ambientali attuali

La geomorfologia del territorio di Argenta è quindi il risultato di una combinazione di fattori naturali e antropici. La presenza di numerosi corsi d'acqua e canali artificiali ha creato un paesaggio complesso e dinamico, caratterizzato da una varietà di forme del terreno e habitat naturali. Le attività umane, come la bonifica delle terre e la costruzione di infrastrutture idrauliche, hanno avuto un impatto significativo sulla morfologia attuale del territorio, modificando il regime idrologico e la distribuzione dei sedimenti.

2.2.2.4 Sintesi storico archeologica

Come riportato nella Relazione della Carta del Rischio Archeologico associata al PSC, le dinamiche di insediamento presso il territorio del Comune di Argenta hanno risentito fortemente della caratterizzazione morfologica della zona, che ha assunto la conformazione attuale solo a seguito delle operazioni di bonifica e delle variazioni idrografiche del territorio.

Osservando infatti la cartografia storica e l'esito topografico delle diverse indagini geologiche, si nota come il territorio, anticamente, avesse una predominante connotazione valliva, documentata anche dalla scarsità di insediamenti distribuiti nell'area. Bisogna inoltre sottolineare l'importanza che ha avuto l'apporto detritico dei corsi fluviali, i quali, nel tempo, hanno creato una stratificazione a matrice argillosa, abbondantemente coperta da livelli cronologicamente associabili al periodo romano e preromano.

In ogni caso, il territorio non ha restituito importanti testimonianze che senza soluzione di continuità vadano dal periodo protostorico (soprattutto nel settore est) ai giorni nostri. La fondazione del centro urbano viene collocata nel VII secolo d.C., ma vi sono segnalazioni archeologiche di periodo romano nel territorio della frazione di Filo, che purtroppo non è stato possibile posizionare a causa della mancanza di informazioni topografiche determinanti.

La posizione strategica del luogo, situato lungo importanti direttrici viarie, avrebbe potuto agevolare lo sviluppo di nuclei insediativi legati al commercio e al trasporto di merci oltre che alle attività agricole. Anche durante l'Alto Medioevo, periodo nel quale avvenne una drastica contrazione insediativa, il territorio di Argenta rimane attrattivo grazie alla sua posizione strategica lungo il Po Primario che continuava a essere una via di comunicazione cruciale; l'economia continuò a basarsi sull'agricoltura e sull'allevamento.

Progressivamente, il centro di Argenta si definì come un importante centro territoriale dotato di fortificazioni, come attestano le diverse testimonianze mappate e riportate dal Piano Strutturale Comunale. Alle strutture di carattere difensivo ed insediativo si affiancano diversi edifici ecclesiastici, prima fra tutte la Pieve di San Giorgio di più antica fondazione. La posizione strategica del luogo portò ad un notevole sviluppo nel corso del XIII secolo, grazie agli scambi commerciali, favoriti anche da tentativi di bonifica dei terreni paludosi circostanti, come indicherebbero gli scavi di via Vinarola-Aleotti che hanno rivelato un fossato bonificato di età tardomedievale.

Riguardo alla porzione di territorio comunale interessata dal progetto, non si sono evidenziate aree di elevato interesse storico-archeologico. L'osservazione delle carte storiche evidenzia infatti come almeno fino alla prima Età Moderna, i terreni fossero di natura acquitrinosa e per nulla favorevoli all'insediamento antropico.

Nel Rinascimento, il centro abitato di Argenta continuò a prosperare grazie alle prime opere di bonifica attuate nella porzione occidentale del comprensorio, che favorirono lo sviluppo delle attività agricole. Il paesaggio di Argenta durante il Rinascimento e l'Età Moderna si definì come rurale e ben organizzato, con ampie aree coltivate e insediamenti distribuiti lungo le principali vie di comunicazione.

2.2.3 VINCOLI AMBIENTALI E PAESAGGISTICI

Sono stati valutati i seguenti documenti e normative:

- **Deliberazione della Giunta Regionale del 13 febbraio 2023, n. 214:** "Specificazione dei criteri localizzativi per garantire la massima diffusione degli impianti fotovoltaici e per tutelare i suoli agricoli e il valore paesaggistico e ambientale del territorio";
- **D.Lgs. n. 199 dell'8 novembre 2021:** "Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili e ss.mm.ii.";

- **Delibera dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna del 6 dicembre 2010, n. 28:** "Prima individuazione delle aree e dei siti per l'installazione di impianti di produzione di energia elettrica mediante l'utilizzo della fonte energetica rinnovabile solare fotovoltaica";
- **DM del 10 settembre 2010:** "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati a fonti rinnovabili";
- **Il PTPR (Piano Territoriale Paesaggistico Regionale)** approvato con DCR n. 1338 il 28 gennaio 1993;
- **Il PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale)** della Provincia di Ferrara, sviluppato tra il 1993 e il 1995 e formalmente approvato nel 1997;
- **Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)**, approvato con delibera n. 18 del 26 aprile 2001 e variante alle Norme di Attuazione del PAI, adottate nel 2016;
- **Il PGRA (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni) 2021-2027**, approvato con DPCM del 1° dicembre 2022 e pubblicato sulla GU Serie Generale n. 32 del 08-02-2023;
- I Piani di gestione dei **Siti Natura 2000**.

Di seguito vengono sintetizzati i principali criteri adottati per la progettazione del layout dell'impianto.

a. Ubicazione delle opere in aree idonee per impianti a fonti rinnovabili (art. 20 comma 8 lett. c-quater del D.Lgs. 199/2021 e s.m.i.)

- Le aree di installazione dell'impianto, della Cabina Utente e quelle relative alle opere di rete non sono comprese in aree tutelate ai sensi dell'art. 142 del D.Lgs. 42/04;
- La Linea 36 kV di collegamento tra la Cabina Utente e la SE RTN segue principalmente strade esistenti e non coinvolge, per la maggior parte, beni vincolati. L'unica eccezione riguarda il vincolo dell'art. 142 comma 1 lett. c) (Fiumi, torrenti, corsi d'acqua e relativa fascia di rispetto di 150 m) in relazione alla presenza di alcuni canali lungo il tracciato. Tuttavia, l'intervento consiste nella posa di un cavidotto interrato con tecnologia TOC, escludendo interferenze dirette sia dal punto di vista della tutela paesaggistica sia rispetto alle disposizioni dell'art. 22 del D.Lgs. 199/2021 e s.m.i.;
- Non sono presenti nell'arco di 500 m dalle aree di impianto, beni ascrivibili a "beni culturali" di cui alla Parte Seconda del D.Lgs. 42/04 e s.m.i., né beni tutelati ai sensi dell'art. 136 del medesimo decreto, né aree gravate da usi civici.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla Tav02_12 "Inquadramento intervento con aree idonee ai sensi dell'art. 20 comma 8 lett. c) quater del D.Lgs. 199/2021".

b. Conformità alle prescrizioni del Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR) e del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP)

- Dal PTPR si evince che tutte le aree sono comprese all'interno della perimetrazione "bonifiche storiche di pianura". Nella cartografia del PTCP, piano territoriale più recente, l'estensione delle bonifiche storiche di pianura è stata notevolmente ridotta, non comprendendo più le aree oggetto di intervento;
- Il tracciato della Linea 36 kV tra l'impianto agrivoltaico e lo stallo a 36 kV attraverserà i corsi d'acqua denominati "Fossa Benvignante" e "Fossa Sabbiola" e le relative "zone di particolare interesse paesaggistico ambientale", "Zone di tutela dei Corsi d'acqua" e "Zone con disposizione di tutela – dossi". L'interferenza sarà comunque teorica poiché, l'intervento consiste nella posa di un cavidotto interrato con tecnologia TOC, escludendo interferenze dirette.

Per maggiori dettagli, si rimanda alla Tav. 02_10, "Inquadramento generale su PTPR" e alla Tav. 02_14, "Inquadramento generale su PTCP".

c. Compatibilità delle opere di progetto ai sensi del PAI. In particolare, si specifica quanto segue:

- Le aree relative all'impianto agrivoltaico, incluse il tracciato della Linea 36 kV e la zona della cabina utente, si trovano al di fuori di aree classificate a rischio idrogeologico;
- Le opere previste rientrano interamente in una fascia fluviale di tipo "C", definita come "Area di inondazione per piena catastrofica". Questa zona potrebbe essere soggetta a inondazioni in caso di eventi eccezionali, con portate superiori a quelle di riferimento (assumendo la piena massima storicamente registrata o, in sua assenza, una piena con tempo di ritorno superiore a 200 anni e fino a 500 anni).

Grazie alle soluzioni tecniche adottate, come l'elevazione delle strutture rispetto al piano campagna (inclusi edifici e cabine), non emergono incompatibilità tra il progetto proposto e i vincoli stabiliti nelle aree limitrofe al PAI. Per ulteriori dettagli tecnici si rimanda alla Tav02_06, "Inquadramento- aree PAI".

d. La conformità delle opere di progetto al PGRA è stata verificata e si evidenziano i seguenti aspetti:

- Per quanto riguarda il reticolo idrografico principale, l'area di ubicazione dell'impianto agrivoltaico e della Cabina Utente ricade interamente in aree classificate come P1 - Alluvioni rare, analogamente al tracciato del cavidotto e alla cabina utente.
- Con riferimento al reticolo idrografico secondario di pianura, l'area di progetto è compresa in zone classificate come P2 - Alluvioni poco frequenti. La porzione centrale dell'impianto, intorno al Canale di scolo "Cardinala", rientra anche in aree classificate come P3 - Alluvioni frequenti.

Il PGRA prevede che la pianificazione specifica in ambito comunale valuti la compatibilità delle opere con il quadro della pericolosità d'inondazione, considerando la sostenibilità delle soluzioni in relazione al rischio idraulico. Per minimizzare la pericolosità alluvionale, è stato stabilito di elevare tutti gli edifici e la cabina utente rispetto al piano campagna.

Per approfondimenti si rimanda alle Tav02_07 "Inquadramento - aree PGRA derivanti dal reticolo principale" e Tav02_08a-b "Inquadramento - aree PGRA derivanti dal reticolo secondario di pianura".

e. Evitate Aree Rete Natura 2000.

- L'area di intervento non è situata né ricade all'interno di aree appartenenti alla Rete Natura 2000 o alle IBA. Per verificare eventuali interferenze con i siti vicini della Rete Natura 2000, è stato condotto uno studio VINCA. I risultati hanno confermato che il progetto non determina impatti significativi o negativi su tali aree.

Per maggiori informazioni, si rimanda alle TAV02_5a "Inquadramento - Parchi e Riserve", TAV02_5b, "Inquadramento - Aree IBA" e TAV02_5c "Inquadramento - Aree Rete Natura 2000".

2.3 ACCESSIBILITÀ AL SITO

L'area oggetto di intervento è ben servita da una rete viaria preesistente, composta dalla Strada Provinciale S.P.48 "Portomaggiore-Argenta" a sud, dalla quale si dirama una strada privata che sarà oggetto di adeguamento e miglioramento, e dalla viabilità comunale "Via Vanzume" a nord. Per garantire un flusso logistico ottimale dei mezzi agricoli nella fase operativa dell'impianto, sono stati previsti due accessi distinti, ciascuno connesso a una delle suddette strade.



Figura 2-2: Identificazioni accessi dell'impianto

Per ulteriori dettagli tecnici, si rimanda alla Tav02_16 "Inquadramento generale - viabilità esistente".

In sede di verifica di completezza, la Società ha predisposto gli elaborati progettuali contenenti tutti i dettagli tecnici e descrittivi relativi agli accessi all'impianto, ossia "All.19 – Relazione accesso SP48 e ampliamento della strada esistente" e "All.20 – Relazione sull'accesso dalla strada comunale Vanzume", ai quali si rimanda per ogni ulteriore approfondimento.

2.4 CLASSIFICAZIONE URBANISTICA

Dall'analisi del Certificato di Destinazione Urbanistica (CDU) rilasciato dall'Unione dei Comuni Valli e Delizie, a cui appartiene il Comune di Argenta, risulta che i terreni destinati alla realizzazione dell'Impianto Agrivoltaico e della Cabina Utente ricadono:

- in un'area classificata come "territorio agricolo ad alta vocazione produttiva", in conformità con le norme del PUG;

- Parzialmente, in una zona di particolare protezione dall'inquinamento luminoso (LR 19/2003 – DGR 1732/2015 – Scheda dei Vincoli del PUG);
- In aree a rischio di alluvionamento (PGRA Piano di gestione del rischio alluvioni – Scheda dei Vincoli del PUG);
- Territorio a rischio sismico e rischio co-sismico per liquefazione (DPCM 3274/2003 – Microzonazione sismica di terzo livello – Scheda dei Vincoli del PUG).

Il presente documento unitamente allo Studio di Impatto Ambientale predisposto per il progetto, analizzano in dettaglio la compatibilità/coerenza dell'intervento con la pianificazione Nazionale, Regionale e Comunale/Sovracomunale e, quindi, anche con i contenuti del CDU. In particolare, l'impianto è stato progettato con particolare attenzione a:

- Limitare le emissioni luminose per preservare l'ambiente naturale notturno e rispettare i vincoli di protezione dall'inquinamento luminoso;
- Gestire il rischio idraulico adottando misure preventive per proteggere le infrastrutture e il terreno agricolo dall'alluvionamento;
- Ridurre i rischi sismici attraverso adeguate misure progettuali per migliorare la resistenza delle strutture ai fenomeni sismici e co-sismici.

Inoltre, una piccola porzione delle particelle contrattualizzate ricade in aree soggette a vincoli specifici, e il layout dell'impianto è stato definito escludendo tali aree. In particolare:

- I terreni identificati nel foglio 83, mappali 5, 37, 42, 46, 56, e nel foglio 93, particella 50, ricadono parzialmente nella "fascia di rispetto degli elettrodotti" (Decreto Ministero Ambiente 28.05.2008 – LR 30/2000 – DGR 197/2001 – Scheda dei Vincoli del PUG). Nella progettazione dell'impianto, sono state rispettate le "DPA" corrispondenti;
- La particella 111 del foglio 82 è parzialmente soggetta alla "fascia di rispetto stradale" (D.Lgs n.285/1992 – DPR n.445/1992 – Scheda dei Vincoli del PUG). È stata mantenuta una fascia di rispetto di 20 metri, come indicato nell'art. 2.9 delle norme di attuazione del PUG.

3. IMPIANTO AGRIVOLTAICO

3.1 VALUTAZIONE ALTERNATIVE PROGETTUALI

Il confronto tecnologico è stato eseguito in modo coerente, tenendo in considerazione solo le tecnologie relative all'agrivoltaico avanzato ai sensi della normativa vigente. Questa scelta è stata determinata dall'approccio strategico della società, che ha deciso di focalizzarsi esclusivamente su soluzioni di agrivoltaico avanzato per massimizzare l'integrazione tra attività agricole e produzione di energia, indipendentemente da altri parametri tecnici o economici. La decisione riflette l'impegno dell'azienda nel supportare pratiche sostenibili e creare un valore condiviso a lungo termine.

Come configurazione di base, è stata stabilita una distanza di 12 metri tra le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, scelta che risponde alle esigenze operative legate al passaggio dei mezzi agricoli. Questo layout assicura uno spazio libero di circa 8 metri tra le file, ottimizzando l'accessibilità e la manovrabilità delle attrezzature agricole all'interno del sito.

3.1.1 METODOLOGIA CONFRONTO DI ALTERNATIVE TECNOLOGICHE

La matrice di confronto utilizza un sistema a punteggio da 1 a 5 per valutare ciascuna tecnologia rispetto a sette criteri principali. Ogni criterio ha un peso specifico, assegnato in base alla sua importanza relativa nel contesto di un progetto agrivoltaico avanzato. Questo sistema di pesatura permette di dare maggiore rilevanza agli aspetti più strategici, garantendo al contempo una visione equilibrata tra produzione energetica, compatibilità agricola, referenze tecnologiche e sostenibilità ambientale.

3.1.1.1 Sistema di Punteggio

Il sistema di punteggio adottato è di seguito riportato:

- 1 = Prestazioni scarse o molto al di sotto degli standard attesi.
- 2 = Prestazioni sotto la media, con notevoli limitazioni.
- 3 = Prestazioni accettabili, ma con margini di miglioramento.
- 4 = Buone prestazioni, rispondenti agli standard richiesti.
- 5 = Prestazioni eccellenti, superano le aspettative e garantiscono vantaggi competitivi.

Ogni criterio viene valutato individualmente per ciascuna tecnologia, e il punteggio totale finale viene calcolato moltiplicando i punteggi per i rispettivi pesi. La somma dei punteggi ponderati fornirà un indicatore complessivo della qualità della tecnologia in esame, permettendo di identificare quella con la performance più equilibrata.

3.1.1.2 Criteri e Pesi per la Matrice di Confronto

Per la presente valutazione sono stati definiti i seguenti criteri, corredati da una descrizione sintetica di ogni parametro e dal peso specifico assegnato a ciascuno.

Tabella 3-1: Definizione criteri per Matrice di Confronto

Criterio	Descrizione	Peso (%)
Impatto Ambientale	Misura quanto la tecnologia influisce sull'ambiente circostante, tenendo in considerazione il rispetto della biodiversità, la protezione del suolo e il basso impatto visivo. Un impatto ambientale ridotto è cruciale per la sostenibilità del progetto e l'accettazione da parte delle comunità locali.	20%
Efficienza Energetica	Misura la capacità della tecnologia di produrre energia in modo efficiente. Un valore elevato garantisce un maggiore ritorno sull'energia prodotta, ottimizzando lo spazio agricolo disponibile.	20%
Compatibilità con le Attività Agricole	Indica quanto la tecnologia permette di mantenere un'attività agricola continua e produttiva. Include la possibilità di avere spazi tra i pannelli adeguati alle coltivazioni, l'adattabilità ai cicli agricoli e il minimo impatto sulle rese agricole.	20%
Referenze sulla Tecnologia	Indica il livello di esperienza e le referenze della tecnologia in progetti simili. Tecnologie con comprovate prestazioni in contesti agricoli garantiscono maggiore affidabilità e riducono il rischio operativo.	20%
Costo di Implementazione	Rappresenta il costo complessivo per l'acquisto, installazione e integrazione della tecnologia. Include anche i costi aggiuntivi necessari per garantire un'adeguata coesistenza con le attività agricole.	15%
Manutenzione e Pulizia in Contesto Agricolo	Considera la facilità di eseguire la manutenzione e la pulizia ordinaria dei pannelli, tenendo conto delle condizioni ambientali tipiche dei contesti agricoli. Sistemi che richiedono meno interventi migliorano la redditività nel lungo termine.	5%

3.1.1.3 Calcolo del Punteggio Finale

L'utilizzo di punteggi su una scala da 1 a 5, moltiplicati per pesi specifici, consente di ottenere una valutazione complessiva facilmente interpretabile. La tecnologia con il punteggio finale più alto sarà quella con la combinazione migliore di prestazioni energetiche, compatibilità agricola, affidabilità e sostenibilità. Il punteggio finale viene calcolato sommando i punteggi ponderati di ciascun criterio utilizzando la seguente formula:

$$\text{Punteggio Totale} = (\text{Punteggio Impatto ambientale} \times 20\%) + \dots + (\text{Punteggio Manutenzione e Pulizia} \times 15\%)$$

3.1.2 MATRICE DI CONFRONTO

Di seguito è riportata la matrice di confronto, realizzata secondo i criteri indicati in precedenza. Dall'analisi emerge che le tecnologie più adatte per l'impianto in esame sono la struttura fissa 2P, seguita dal tracker monoassiale 2P.

Tecnologie in Valutazione

Criteri		Impianto a Struttura Fissa 2P	Impianto con Tracker monoassiale di tipo 1P	Impianto con Tracker monoassiale di tipo 2P	Impianto con Tracker biassiale di tipo 2P	Impianto su strutture elevate
Descrizione	Peso					

Criterio 1: Impatto Ambientale	20%	L'impatto visivo rimane contenuto, poiché le strutture, pur rispettando l'altezza minima di 2,1 metri, non superano i 4,5 metri. In termini di protezione del suolo, la tecnologia impiega l'infissione diretta dei pali, eliminando la necessità di fondazioni e minimizzando l'impatto sul terreno. Questo approccio preserva l'integrità del suolo e facilita il ripristino dell'area alla fine della vita utile dell'impianto, garantendo una ridotta alterazione ambientale.	4	L'impatto visivo resta contenuto, poiché le strutture, pur mantenendo un'altezza minima di 2,1 metri, non superano i 4,3 metri. Per quanto riguarda la protezione del suolo, la tecnologia prevede l'infissione diretta dei pali, evitando così l'utilizzo di fondazioni e riducendo al minimo l'impatto sul terreno. Questo metodo preserva l'integrità del suolo, semplificando il ripristino dell'area al termine della vita utile dell'impianto, assicurando una ridotta alterazione ambientale.	4	L'impatto visivo è moderato, poiché le strutture, quando inclinate a 40°, possono raggiungere un'altezza superiore ai 5 metri. Per quanto riguarda la protezione del suolo, potrebbe essere necessario ricorrere a fondazioni (anche se contenute) per garantire una maggiore stabilità, in quanto i momenti torcenti generati dalle forze strutturali durante la rotazione dei tracker impongono carichi dinamici significativi. Questo tipo di sollecitazioni richiede una soluzione strutturale più robusta rispetto all'infissione diretta dei pali, per evitare spostamenti o cedimenti del terreno.	3	L'impatto visivo è notevole, con strutture che possono raggiungere altezze tra i 7 e gli 8 metri. In termini di protezione del suolo, l'utilizzo di fondazioni potrebbe essere necessario a causa dei momenti torcenti generati dalle forze strutturali durante la rotazione dei tracker. Questi carichi dinamici richiedono una stabilità maggiore per prevenire spostamenti o cedimenti, rendendo indispensabile una soluzione strutturale più complessa rispetto alla semplice infissione diretta dei pali, con conseguenti implicazioni sia tecniche che economiche.	2	L'impatto visivo risulta particolarmente significativo, con strutture che possono raggiungere altezze comprese tra gli 8 e i 9 metri. Per quanto riguarda la protezione del suolo, potrebbe essere necessario ricorrere a fondazioni a causa dei momenti torcenti causati dalle forze strutturali durante la rotazione dei tracker. Questi carichi dinamici richiedono una maggiore stabilità per evitare spostamenti o cedimenti, comportando una soluzione strutturale più complessa rispetto alla semplice infissione dei pali, con conseguenze tecniche ed economiche.	1
Criterio 2: Efficienza Energetica	20%	Con un pitch di 12 metri, si garantisce un rapporto potenza/superficie equilibrato, mantenendo al contempo spazi adeguati per	4	L'adozione di un sistema con tracker monoassiale 1P può incrementare la produzione energetica del 10%-13% alla latitudine considerata. Tuttavia,	2	L'implementazione di un sistema con tracker monoassiale 2P, rispetto a una struttura fissa, consente un incremento della produzione	5	Considerando la latitudine del sito, l'adozione di un sistema con tracker biassiale rispetto a una struttura fissa consente un incremento della produzione	2	L'adozione di un sistema con tracker biassiale, rispetto a un sistema fisso, può generare un incremento della produzione energetica di circa il 20%,	3

		operazioni agricole intensive, favorendo un'efficiente gestione delle colture senza compromettere la producibilità energetica. Considerando la latitudine del sito, l'adozione di questa tecnologia risulta circa un 7% meno efficiente rispetto al sistema con tracker 2P, a causa della minore capacità di ottimizzare l'angolazione dei moduli rispetto all'incidenza solare.		con un pitch di 12 metri, che garantisce l'efficienza nella gestione agricola, il rapporto potenza/superficie risulta significativamente basso, penalizzando fortemente la produzione specifica per ettaro dell'impianto.		energetica di circa il 7%, in base alla latitudine del sito. Un pitch di 12 metri offre un equilibrio ottimale tra il rapporto potenza/superficie, garantendo al contempo ampi spazi per operazioni agricole intensive. Questa configurazione permette una gestione efficiente delle colture senza compromettere la producibilità energetica.		energetica di circa il 20%. Tuttavia, questo beneficio è compromesso dalla significativa riduzione della potenza installata, che non riesce a compensare adeguatamente la perdita di capacità complessiva, rendendo la soluzione meno efficiente in termini di produzione energetica totale.		considerando la latitudine del sito. Tuttavia, questo vantaggio è compromesso dalla notevole riduzione della potenza installata, che limita la capacità complessiva del sistema. Di conseguenza, l'incremento di produzione non riesce a compensare adeguatamente la perdita di capacità, rendendo il sistema meno efficiente in termini di produzione energetica totale rispetto ad altre soluzioni.	
Criterio 3: Compatibilità con attività agricole	20%	Sebbene l'utilizzo di questa tecnologia comporti un ombreggiamento al suolo leggermente superiore rispetto ai sistemi con tracker, l'orientamento est-ovest consente alle colture di ricevere più irraggiamento durante le ore mattutine, quando le temperature sono più fresche e l'evapotraspirazione è ridotta. Permette l'accesso agevole ai mezzi meccanici di grandi dimensioni, semplificando operazioni come la semina e la raccolta su larga scala, migliorando l'efficienza delle attività agricole. La non necessità di fondazioni elimina qualsiasi interferenza a livello strutturale con i macchinari agricoli.	4	L'ombreggiamento al suolo risulta inferiore rispetto a una struttura fissa, permettendo un maggiore irraggiamento nelle ore di punta, favorendo colture che richiedono più luce. Questa configurazione consente un accesso agevole ai mezzi meccanici di grandi dimensioni, ma solo nell'ipotesi in cui venga mantenuto un pitch >12m, semplificando operazioni come la semina e la raccolta su larga scala. La possibilità di orientare i tracker durante l'effettuazione di talune attività agricole specifiche rappresenta vantaggio per la tecnologia a tracker. Non è richiesta la realizzazione di fondazioni, il che elimina ogni interferenza con i macchinari agricoli, permettendo una gestione del terreno più agevole e priva di ostacoli.	5	L'ombreggiamento al suolo risulta inferiore rispetto a una struttura fissa, permettendo un maggiore irraggiamento nelle ore di punta, favorendo colture che richiedono più luce. Questa configurazione consente un accesso agevole ai mezzi meccanici di grandi dimensioni, semplificando operazioni come la semina e la raccolta su larga scala. Potrebbe risultare necessaria la realizzazione di fondazioni, il che potrebbe rappresentare un potenziale ostacolo per l'operatività dei mezzi, soprattutto nelle fasi di preparazione del terreno prima della semina. È quindi importante progettare le fondazioni in modo da mitigare questa possibile interferenza. La possibilità di orientare i tracker durante l'effettuazione di talune attività agricole specifiche rappresenta	5	L'ombreggiamento al suolo, rispetto a una struttura fissa, risulta minore, permettendo alle colture di ricevere più luce nelle ore di maggiore irraggiamento, il che è vantaggioso per specie che richiedono una maggiore esposizione solare. Questa configurazione facilita inoltre l'accesso ai macchinari agricoli di grandi dimensioni, rendendo più efficienti attività come la semina e la raccolta su larga scala. Tuttavia, potrebbe essere necessaria la costruzione di fondazioni, che potrebbero ostacolare temporaneamente l'operatività dei macchinari agricoli, soprattutto durante la preparazione del terreno prima della semina. Per minimizzare questi potenziali ostacoli, è essenziale progettare le fondazioni in modo da non interferire con l'uso dei	4	L'ombreggiamento al suolo, rispetto a una struttura fissa, risulta minore, permettendo alle colture di ricevere più luce nelle ore di maggiore irraggiamento, il che è vantaggioso per specie che richiedono una maggiore esposizione solare. La presenza di passaggi trasversali tra le strutture rende però la gestione agricola più complicata, richiedendo tempi operativi maggiori e aumentando i costi di gestione. Inoltre, potrebbe essere necessaria la costruzione di fondazioni, che potrebbero temporaneamente ostacolare l'operatività dei mezzi agricoli, soprattutto nelle fasi di preparazione del terreno prima della semina. Per questo motivo, è essenziale progettare le fondazioni in modo da ridurre al minimo le interferenze con i macchinari,	3

					vantaggio per la tecnologia a tracker.		macchinari e consentire una gestione del terreno senza interruzioni.		garantendo una gestione del terreno più fluida ed efficiente.		
Criterio 4: Referenze sulla tecnologia		La tecnologia è ampiamente utilizzata in vari contesti ed è riconosciuta per la sua affidabilità nel tempo, grazie alla semplicità delle strutture portanti. Considerando l'altezza rilevante delle strutture nell'impianto, questa soluzione è attualmente ritenuta la più affidabile, con una comprovata efficacia nelle applicazioni reali.	5	La tecnologia dei tracker è affidabile, tuttavia al momento le applicazioni su larga scala con strutture rialzate, che prevedono un'altezza minima di 2,1 metri, sono ancora relativamente limitate. In questo contesto, il dimensionamento strutturale diventa un aspetto cruciale per garantire la stabilità e la performance dell'impianto.	4	La tecnologia dei tracker 2P è molto affidabile, ma attualmente le applicazioni su larga scala con strutture rialzate, con un'altezza minima di 2,1 metri, risultano ancora limitate. In questo contesto, il corretto dimensionamento strutturale diventa essenziale per garantire sia la stabilità che le prestazioni dell'impianto, considerando le sfide legate alle altezze elevate e alle forze dinamiche in gioco.	3	Questo tipo di tracker, sebbene utilizzato in alcuni casi pratici, non ha ancora raggiunto una diffusione tale da garantirne l'affidabilità su larga scala. Le installazioni limitate e la mancanza di un'ampia base di dati operativi rendono questa soluzione meno competitiva rispetto a tecnologie più consolidate e collaudate.	2	La tecnologia dei tracker biassiali non è considerata molto affidabile su larga scala, principalmente a causa dei problemi legati ai meccanismi. Le applicazioni sono limitate e la carenza di dati consolidati rende difficile valutarne l'efficacia rispetto a soluzioni più testate. Inoltre, i costi aggiuntivi per la manutenzione e la complessità meccanica rendono i tracker biassiali meno competitivi rispetto a opzioni più semplici, come i tracker monoassiali o le strutture fisse.	2
Criterio 5: Costo di Implementazione	15%	Il costo di investimento risulta contenuto grazie alla limitata complessità strutturale, che riduce in modo significativo le spese legate alla costruzione e all'installazione. Inoltre, l'elevato rapporto potenza/superficie implica un costo del terreno (Euro/MWp) equilibrato, permettendo di ottimizzare l'utilizzo dello spazio disponibile senza incidere negativamente sui costi complessivi del progetto.	5	L'incremento del costo di investimento rispetto a un impianto fisso è significativo, con un aumento di circa l'80% per quanto riguarda le strutture di sostegno. In questo caso, la bassa densità di potenza installata per superficie necessaria per favorire le attività agricole rende il costo del terreno una componente più rilevante nell'investimento complessivo, incidendo maggiormente sull'equilibrio economico del progetto.	3	L'adozione di questa tecnologia comporta un incremento significativo del costo di investimento delle strutture di sostegno rispetto a un impianto fisso, stimato intorno al 150% in più. Questo aumento è dovuto alla maggiore complessità strutturale e ai costi aggiuntivi legati all'implementazione e alla manutenzione del sistema. L'aumento del costo di investimento rispetto alla struttura fissa è però compensato dalla maggiore efficienza energetica del sistema. L'elevato rapporto potenza/superficie implica un costo del terreno (Euro/MWp)	5	L'implementazione di questa tecnologia porta a un aumento sostanziale del costo di investimento, che può essere circa quattro volte superiore rispetto a un impianto fisso, dovuto ai requisiti strutturali più avanzati e ai costi elevati di installazione. In questo caso, la bassa densità di potenza installata per superficie rende il costo del terreno una componente più rilevante nell'investimento complessivo, incidendo maggiormente sull'equilibrio economico del progetto.	2	Incremento molto significativo del costo di investimento comparato all'impianto fisso (circa un 300% in più). La bassa densità di potenza installata per superficie rende il costo del terreno una componente più rilevante nell'investimento complessivo, incidendo maggiormente sull'equilibrio economico del progetto.	2

					equilibrato, permettendo di ottimizzare l'utilizzo dello spazio disponibile senza incidere negativamente sui costi complessivi del progetto.						
Criterio 6: Manutenzione e Pulizia in contesto agricolo	5%	Le strutture fisse sono robuste e semplici, il che comporta operazioni di manutenzione e pulizia poco complesse e con costi contenuti. Questa caratteristica rende la gestione dell'impianto più economica e meno impegnativa rispetto a soluzioni più tecnologicamente avanzate.	5	Rispetto alle strutture fisse, il costo di manutenzione e pulizia risulta più oneroso, principalmente a causa dei costi aggiuntivi legati alla manutenzione dei motori del tracker, che richiedono interventi periodici per garantirne il corretto funzionamento e la durata nel tempo.	4	I costi di manutenzione e pulizia risultano più elevati rispetto alle strutture fisse, principalmente a causa dei motori dei tracker che richiedono interventi regolari per garantirne l'efficienza e la durata nel tempo	4	La manutenzione e la pulizia risultano più costose rispetto alle strutture fisse, principalmente a causa degli interventi periodici necessari per i motori dei tracker.	3	Rispetto alle strutture fisse, il costo di manutenzione e pulizia risulta più oneroso, principalmente a causa dei costi aggiuntivi legati alla manutenzione dei motori del tracker, che richiedono interventi periodici per garantirne il corretto funzionamento e la durata nel tempo.	3
Scoring Evaluation		Strutture Fisse 2P	4,4	Tracker monoassiale 1P	3,7	Tracker monoassiale 2P	4,2	Tracker biassiale 2P	2,5	Strutture biassale elevate	2,3

3.2 SCELTE PROGETTUALI

“Con il termine agri fotovoltaico (o agrivoltaico) si indica un settore, ancora poco diffuso, caratterizzato da un utilizzo "ibrido" dei terreni agricoli tra produzione agricola e produzione di energia elettrica, attraverso l'installazione, sullo stesso terreno coltivato o adibito ad allevamento, di impianti fotovoltaici”. (A. Colantoni, M. Cecchini, D. Monarca, R. Ruggeri, F. Rossini, U. Bernabucci, R. Cortignani, R. Primi, V. Di Stefano, L. Bianchini e R. Alemanno, 2021)

Tale sistema è caratterizzato dall'integrazione spaziale delle due attività produttive, che può dar luogo a interferenze (ad esempio, ombreggiamento dei moduli fotovoltaici sulle colture) o sinergie (come la protezione delle piante da condizioni climatiche estreme). L'obiettivo del progetto è minimizzare le interferenze e massimizzare le sinergie, creando un ambiente favorevole sia per la crescita agricola che per la produzione energetica.

Nel capitolo dedicato, verranno esaminate in dettaglio le principali scelte progettuali che la Società ha implementato per garantire la massima compatibilità tra le attività agricole e la produzione energetica, ottimizzando la resa agricola e la produzione di energia elettrica in maniera sinergica.

3.2.1 STRUTTURE DI SOSTEGNO

Il progetto prevede l'installazione di strutture di supporto per moduli fotovoltaici rialzate dal suolo, con un'altezza minima di 2,1 metri. La scelta della tecnologia a struttura fissa 2P si basa su un'analisi approfondita che ne evidenzia i vantaggi in termini di sostenibilità ambientale, compatibilità agricola, affidabilità ed efficienza economica. Questa soluzione riduce l'impatto sul suolo grazie all'infissione diretta dei pali, elimina la necessità di fondazioni invasive e minimizza l'impatto visivo con strutture di altezza contenuta. Il pitch di 12 metri consente un equilibrio tra produttività energetica e gestione agricola, favorendo un uso multifunzionale del terreno. La semplicità strutturale garantisce affidabilità e ridotti interventi di manutenzione, rendendola una scelta robusta e consolidata. Inoltre, i costi di implementazione inferiori rispetto ad altre tecnologie la rendono economicamente vantaggiosa, mantenendo alti standard di produttività. La struttura fissa 2P rappresenta quindi la soluzione ideale per soddisfare le esigenze del progetto, unendo efficienza e sostenibilità.

Le strutture saranno disposte lungo un asse Est-Ovest, una configurazione che offre vantaggi significativi per le colture. In particolare, permette un'ottimale esposizione al sole del mattino, cruciale per molte piante che necessitano di luce moderata nelle prime ore del giorno, mentre modera l'irraggiamento solare nelle ore più calde. Questo approccio contribuisce a ridurre lo shock termico, creando condizioni ambientali più favorevoli per la crescita delle piante e migliorando la resilienza delle colture.

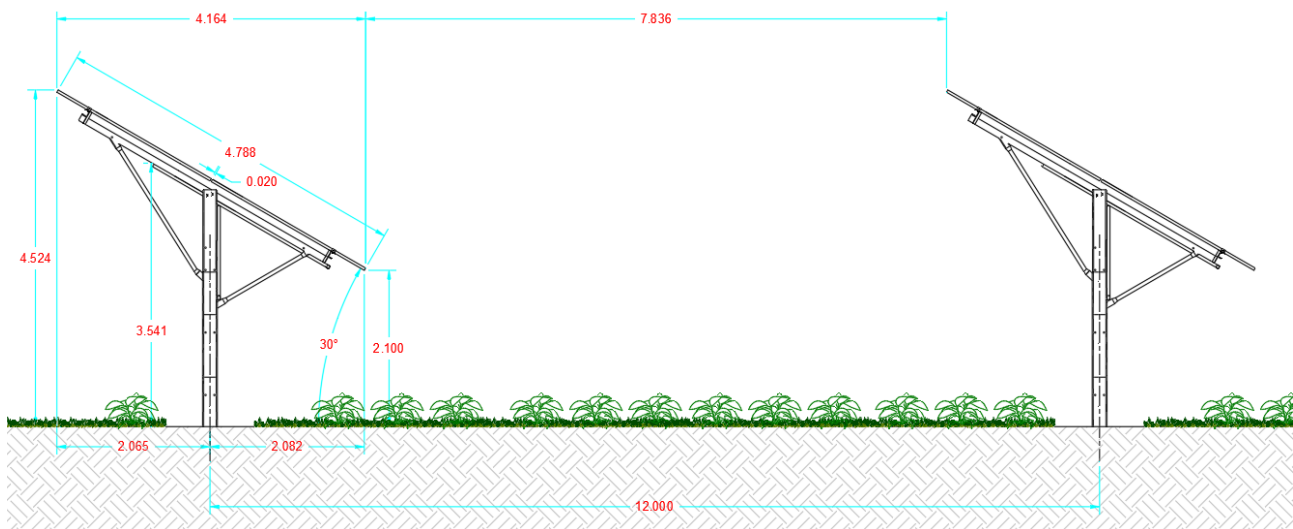


Figure 3-1: Tipico struttura di sostegno



Figure 3-2: Render Struttura di sostegno

Le strutture saranno composte principalmente da due componenti fondamentali:

- Pali in acciaio zincato, che verranno infissi direttamente nel terreno senza la necessità di fondazioni, garantendo una soluzione robusta e semplice;
- Struttura portante dei moduli che sarà montata sulla testa dei pali e realizzata con profilati in alluminio/acciaio, sulla quale saranno installate due file parallele di moduli fotovoltaici.

Le strutture previste comprenderanno principalmente configurazioni da 26x2 moduli e configurazioni da 13x2 moduli, ospitando rispettivamente 52 e 26 moduli disposti verticalmente in due file.

Le strutture saranno dimensionate adeguatamente per supportare il peso dei moduli fotovoltaici, tenendo conto dei carichi da neve e da vento della zona di installazione. Per maggiori dettagli riguardo il dimensionamento preliminare delle strutture di supporto, si rimanda all'Allegato N.08 "Relazione geotecnica e calcoli preliminari strutture - Impianto agrivoltaico".

Il disegno tipico delle strutture di sostegno è rappresentato nelle TAV02_25a "Tipico strutture sostegno 13x2" e TAV02_25b "Tipico strutture sostegno 26x2".

3.2.2 MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici selezionati sono in silicio monocristallino ad altissima efficienza (>24%) e con una potenza nominale di 750 Wp, consentendo così di ridurre il numero di moduli necessari per raggiungere la capacità complessiva dell'impianto, ottimizzando al contempo l'utilizzo del suolo.

Per minimizzare l'ombreggiamento e migliorare la trasmissione della luce verso i coltivi sottostanti, verranno utilizzati moduli con un'elevata bifaccialità con un fattore di trasmittanza luminosa più elevato rispetto ai soliti pannelli. Questa caratteristica consentirà una migliore penetrazione della luce solare, favorendo così lo sviluppo delle colture e garantendo un impatto positivo sulle attività agricole.

3.2.3 INTERFILA DI 12M

Un elemento cruciale nella progettazione dell'impianto è stata la definizione e l'ottimizzazione della distanza tra le file dei pannelli fotovoltaici. È stata scelta una distanza di 12 metri tra le strutture, un parametro che consente di bilanciare efficacemente le esigenze energetiche con quelle agricole.

- Dal punto di vista energetico, questa distanza riduce al minimo l'ombreggiamento reciproco tra i moduli, ottimizzando l'uso del terreno e massimizzando la produzione dell'impianto.
- Dal punto di vista agricolo, l'interfila di 12 metri (con uno spazio libero di circa 7,8 metri tra le strutture) combinata con un'altezza minima di 2,1 metri sotto i pannelli, consente il passaggio agevole dei mezzi agricoli, facilitando le operazioni colturali e migliorando l'efficienza delle attività sul campo.



Figure 3-3: Movimentazione falciatrice all'interno dell'interfila



Questa configurazione rappresenta un equilibrio ottimale tra la massimizzazione della produttività energetica e l'uso agricolo del suolo, aumentando l'efficienza complessiva dell'impianto e garantendo un'ottima integrazione tra i due settori.

3.2.4 SPAZIO DI MANOVRA MINIMO

Per la definizione dello spazio di manovra minimo attorno alle strutture di sostegno, sono stati eseguiti studi approfonditi che hanno considerato sia le colture previste sia i mezzi agricoli a disposizione della società agricola.

La distanza attorno alle strutture di sostegno è stata determinata per garantire un adeguato spazio di manovra ai mezzi agricoli più ingombranti utilizzati dalla Società Agricola, in particolare il sistema "trattore + carro trincia". Questo veicolo, con una lunghezza complessiva di 17,6 metri e un raggio di sterzata di 5,75 metri, rappresenta il caso più critico per le operazioni sul campo. L'approccio adottato per definire questa distanza, si è sviluppato in due fasi:

- Fase preliminare: è stata condotta un'analisi teorica per definire lo spazio minimo necessario per le manovre del mezzo, considerando le sue specifiche dimensionali e le esigenze operative;
- Fase di verifica: sono state effettuate simulazioni pratiche utilizzando il software Autodesk Vehicle Tracking, che hanno confermato la fattibilità delle manovre all'interno dello spazio previsto, assicurando operazioni sicure ed efficienti senza interferenze con le strutture del sito.

Questo metodo ha permesso di ottimizzare il layout del sito, garantendo la compatibilità tra le esigenze operative della Società Agricola e le infrastrutture presenti. Di seguito si riporta un esempio della fase di verifica per una delle aree critiche rilevate.



Figura 3-4: Studio dello spazio di manovra a margine di campo

Per ulteriori dettagli si faccia riferimento all'Allegato N.18 "Analisi delle manovre dinamiche".

Come meglio descritto nella Relazione Tecno-Agronomica, è prevista l'adozione di strumenti di agricoltura 4.0 per ottimizzare le operazioni sul campo. Questi strumenti includono sistemi di guida di precisione semiautonomia (con operatore a bordo) e l'utilizzo di tecnologie RTK (Real-Time Kinematic), che garantiscono una precisione di circa 2,5 cm nelle traiettorie preimpostate. Tali tecnologie permettono di massimizzare l'efficienza operativa e la sicurezza durante le manovre, migliorando la gestione dello spazio disponibile e riducendo al minimo gli errori.



Figura 3-5: Esempio di sistemi di guida di precisione semiautonomia – AutoPath di John Deere

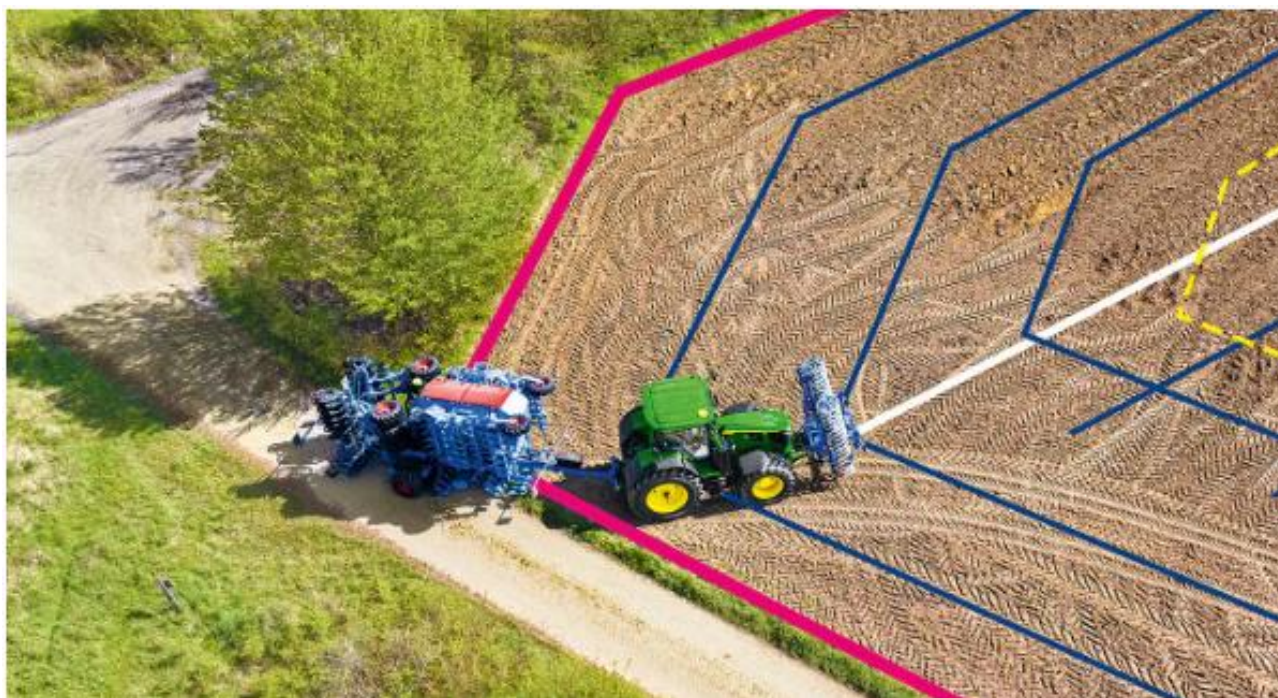


Figura 3-6: Esempio di sistemi di guida di precisione semiautonomia – AutoPath di John Deere

3.2.5 FASCIA ARBOREA

Per la progettazione della fascia di mitigazione, è stato seguito il Regolamento del verde pubblico e privato dell'Unione dei Comuni Valli e Delizie. In coerenza con tale regolamento e con la Delibera n. 1461/2022 della Regione Emilia-Romagna, è stata selezionata una fascia di mitigazione composta da specie autoctone arboree e arbustive idonee al contesto territoriale.

La fascia di mitigazione sarà costituita da piante autoctone selezionate per la loro adattabilità alle condizioni pedoclimatiche locali, per la capacità di garantire una schermatura efficace dell'impianto e per il contributo alla biodiversità vegetale. La scelta ha tenuto conto anche della varietà di portamenti, forme, colori ed epoche di fioritura, al fine di ottenere una composizione vegetale equilibrata, eterogenea e in grado di inserirsi in modo armonico nel paesaggio circostante. Di seguito si riporta una sintesi delle principali specie considerate:

Tabella 3-2: Specifiche sulle specie selezionate

Specie	Epoca di fioritura	Colore fiori	Colore frutti	Altezza (m)
Populus nigra L.	mar-apr-mag	rosso/porpora -verde	verde/binco	20-35
Tilia cordata Mill.	mar-apr-mag-giu	bianco-giallo	verde/marrone	15-30
Quercus robur L.	gen-feb-mar-apr-mag	verde	marrone	20-25
Ulmus minor Mill.	gen-feb-mar	Rosso-porpora	Verde-giallo	15-20
Viburnum lantana L.	mar-apr-mag	bianco	verde/rosso/nero	2-5
Cornus mas L.	gen-feb-mar-apr	giallo	rosso	3-7
Prunus spinosa L.	gen-feb-mar-apr	bianco	blu/nero	2-4
Frangula alnus Mill.	apr-mag-giu	verde/ bianco/rosa	verde/rosso/nero	2-6
Ligustrum vulgare L.	marz-apr-mag	bianco	nero/blu	2-4

Sono previste tre diverse tipologie di fasce vegetali con funzioni di mitigazione paesaggistica:

- Fascia di mitigazione di 5 m di larghezza lungo il lato sud dell'impianto;
- Fascia di mascheramento perimetrale di 5 m di larghezza lungo i restanti lati esterni dell'impianto;
- Fascia di mitigazione di 2,5 m di larghezza, collocata su entrambi i lati interni dell'impianto in prossimità del canale consortile "Scolo Cardinala".

A protezione dell'impianto sarà realizzata una recinzione perimetrale con una rete metallica di tipo "a maglia romboidale" avente un'altezza 2 m dal piano di campagna. La recinzione non sarà realizzata a chiusura totale del perimetro, ma verrà lasciato un interspazio continuo di 30 cm nella parte inferiore, al fine di consentire il libero passaggio della fauna selvatica di piccola taglia, garantendo la continuità ecologica e la permeabilità ambientale in coerenza con i corridoi ecologici presenti nell'area.

Ulteriori elementi di dettaglio sono riportati nelle Tav.02_25i e nell'All.12_Rel_tecnico-agronomica, che sono stati revisionati e trasmessi unitamente al presente documento.

3.2.5.1 FASCIA DI MITIGAZIONE LUNGO IL LATO SUD DELL'IMPIANTO

Lungo il lato sud dell'impianto fotovoltaico, in adiacenza con la Strada Provinciale SP48 e pertanto caratterizzato da una maggiore esposizione e visibilità dalla viabilità locale, si prevede la realizzazione di una fascia vegetale perimetrale di 5 m di larghezza rafforzata da un doppio filare arboreo-arbustivo alternato e da un ulteriore filare arbustivo interno. Tale configurazione consentirà la formazione, a maturità, di una barriera vegetale naturaliforme con profilo irregolare e altezze differenziate, variabili tra 2-4 m (componente arbustiva) e 14-18 m (componente arborea). Il doppio filare arboreo avrà la funzione principale di garantire un'efficace mitigazione visiva dell'impianto rispetto alla viabilità provinciale come richiesto dal documento tecnico dell'Unione dei Comuni Valli e Delizie.



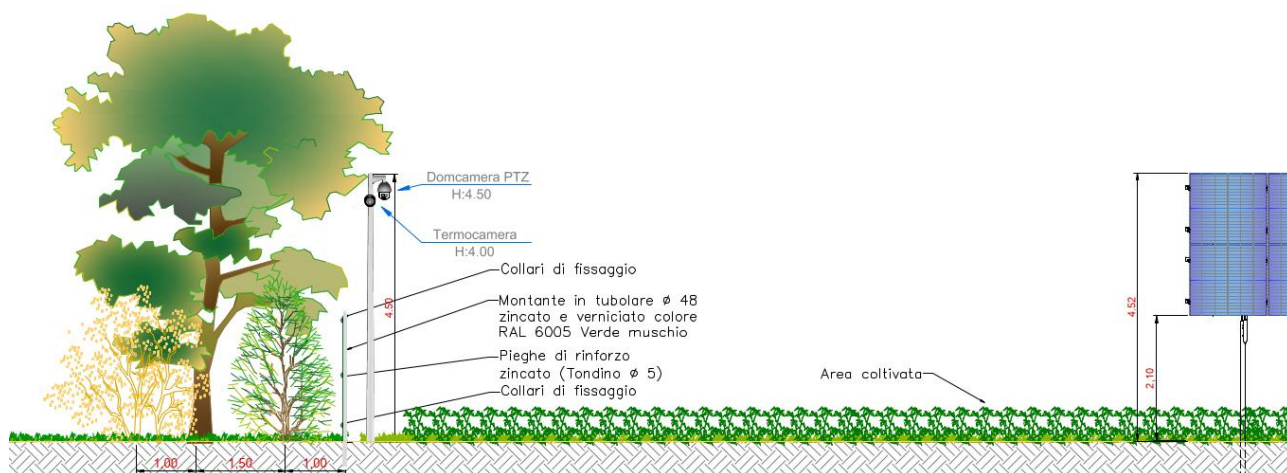


Figura 3-7: Schema fascia perimetrale di 5 m (lato sud dell'impianto)

3.2.5.2 FASCIA DI MITIGAZIONE LUNGO I RESTANTI LATI ESTERNI DELL'IMPIANTO

Lungo i lati esterni dell'impianto, dove sono presenti gli scoli "Bandissolo" e "Cardinala", è prevista la realizzazione di una fascia vegetale di mitigazione e mascheramento avente una larghezza di 5 m, progettata nel rispetto delle prescrizioni specificate nel Regolamento per il rilascio di concessioni, licenze e autorizzazioni del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara. In tale senso è stata prevista la realizzazione di una fascia di mitigazione composta da tre filari di cui un solo filare misto arboreo-arbustivo (specie ad alto fusto e arbustive) e due filari esclusivamente con essenze arbustive, ad accrescimento rapido. Anche in questo caso le piante saranno collocate a 1 m dalla recinzione, con una distanza di 1,5 m tra la prima e la seconda fila e di 1 m tra la seconda e la terza fila arbustiva.





Figura 3-8: Schema fascia perimetrale di 5 m (lati esterni dell'impianto)

3.2.5.3 FASCIA DI MITIGAZIONE COLLOCATA SU ENTRAMBI I LATI INTERNI DELL'IMPIANTO IN PROSSIMITÀ DEL CANALE CONSORTILE "SCOLO CARDINALA"

Nella porzione centrale dell'impianto fotovoltaico, divisa a metà dal canale consortile "Scolo Cardinala", verrà realizzata una fascia di mitigazione su entrambi i lati del corridoio del canale avente larghezza pari a 2,5 m, con funzioni di tutela paesaggistica e salvaguardia ecologica del corso d'acqua nel rispetto delle prescrizioni del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara. La fascia sarà costituita da due filari di specie arbustive disposti a 0,8 m dalla recinzione e a 0,7 m di distanza reciproca di interfila. Le essenze saranno collocate all'esterno della recinzione, in modo da garantire la piena copertura visiva del perimetro e favorire la continuità vegetazionale lungo il corridoio ecologico. Le specie arbustive saranno disposte in gruppi monospecifici di 2-3 individui, con sesto d'impianto pari a 1,2 m e interdistanza di 1 m all'interno dei singoli gruppi.

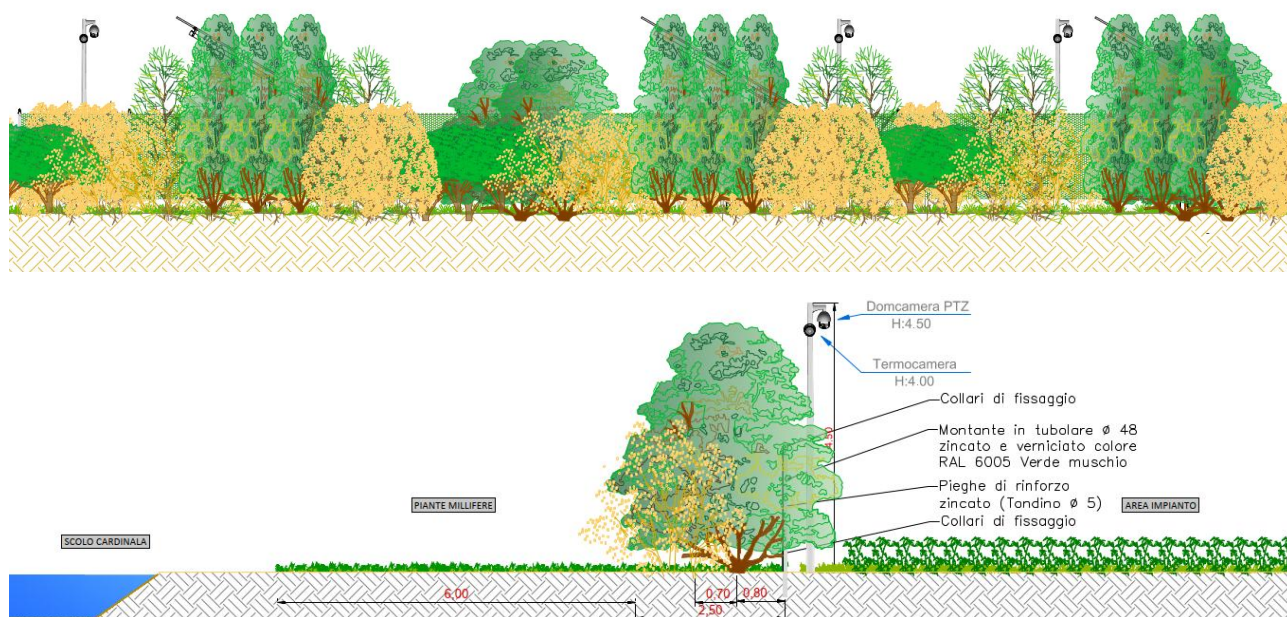


Figura 3-9: Schema fascia perimetrale di 2.5 m (in prossimità del canale consortile "Scolo Cardinala")

3.2.6 RETE DI CAVI ALL'INTERNO DELL'IMPIANTO

Per prevenire eventuali interferenze con la rete di cavi all'interno dell'impianto, è stato deciso di procedere all'interramento dei cavi ad una profondità di circa 1,2 metri. Questa scelta progettuale si basa su criteri di sicurezza e affidabilità operativa, garantendo una protezione efficace dei cavi sia da possibili sollecitazioni meccaniche derivanti dalle attività agricole e dal passaggio dei macchinari, sia da fattori ambientali, come variazioni di temperatura e umidità.

La scelta di interrare i cavi a una profondità di 1,2 metri risponde a esigenze tecniche e di sicurezza: questa profondità minimizza l'impatto elettromagnetico, proteggendo la salute degli operatori agricoli e riducendo il rischio di danneggiamenti accidentali durante le lavorazioni sul terreno. Inoltre, l'interramento profondo favorisce la stabilità termica dei cavi, prevenendo surriscaldamenti e ottimizzando così le prestazioni complessive dell'impianto.

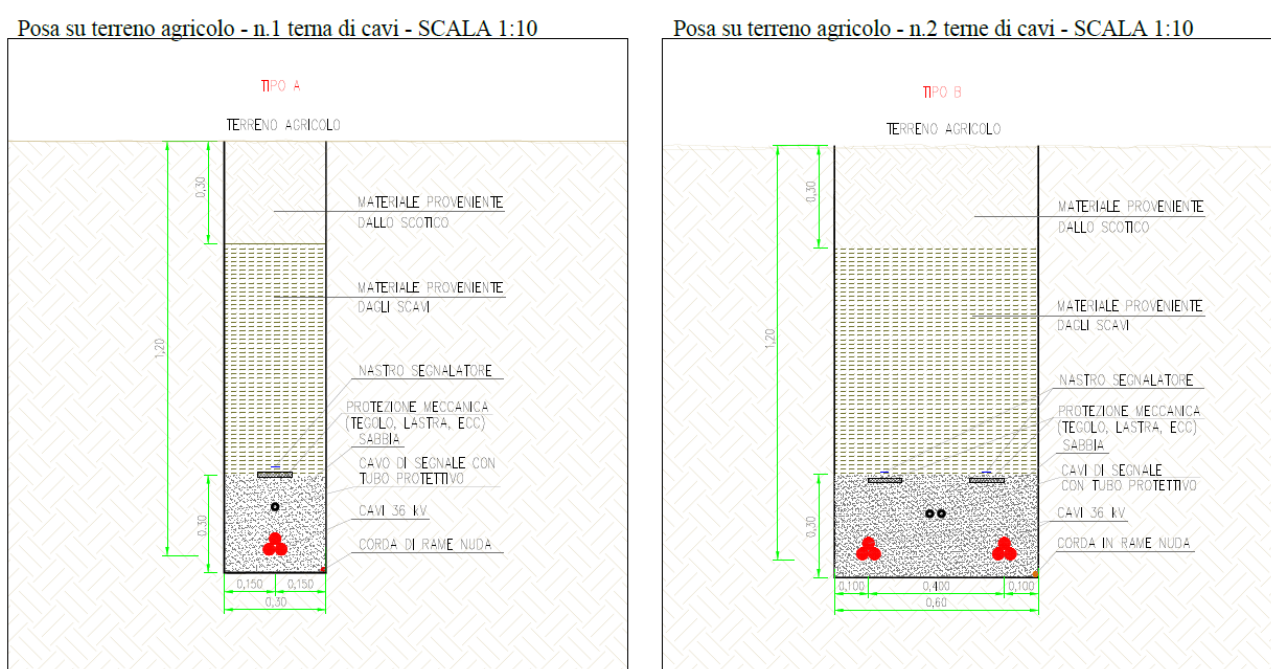


Figura 3-10: Modalità di posa cavi su terreno agricolo

Per ulteriori dettagli si faccia riferimento alle TAV02_22a "Tracciato Dorsali 36 kV e tipico posa cavi" e TAV_02_25c "Tipico posa cavi DC".

3.2.7 SISTEMA DI DRENAGGIO

Per favorire la completa integrazione tra le esigenze energetiche e quelle agricole, la società ha progettato un sistema di drenaggio e invasi all'interno dell'impianto. Questa soluzione non solo risponde alle necessità operative dell'impianto energetico, ma è stata studiata per ottimizzare la gestione idrica degli appezzamenti agricoli, contribuendo a prevenire problematiche come eccessi idrici, allagamenti o asfissia radicale.

La realizzazione della rete scolante, fondamentale per l'allontanamento delle acque piovane e la prevenzione dei ristagni idrici, migliorerà la qualità del suolo e favorirà le condizioni ottimali di crescita delle colture. Per evitare interferenze con le operazioni agricole, i dreni saranno posizionati a una profondità media di 0,8 metri, garantendo così la piena funzionalità del sistema di drenaggio senza ostacolare l'uso di macchinari agricoli.

Questo approccio integrato crea una sinergia ottimale tra la produzione agricola e quella energetica, assicurando la sostenibilità e l'efficienza complessiva dell'impianto.

3.3 RISPONDENZA AI REQUISITI IN MATERIA DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI

I criteri e i requisiti per la qualificazione di un impianto agrivoltaico sono definiti sulla base delle principali linee guida nazionali e internazionali, delle normative tecniche di settore e dei riferimenti legislativi attualmente in vigore. Questi documenti regolano gli aspetti progettuali, realizzativi e di monitoraggio degli impianti, con l'obiettivo di favorire una piena integrazione tra le tecnologie fotovoltaiche e le attività agricole, promuovendo una produzione energetica sostenibile. Tra i principali riferimenti figurano:

- **Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici** del Ministero della Transizione Ecologica (MiTE), 27 giugno 2022;
- **CEI PAS 82-93 Impianti agrivoltaici** – Edizione dicembre 2023;
- **DIN SPEC 91434 Agri-photovoltaic systems – Requirements for primary agricultural use**;
- **AFNOR Référentiel de labélisation des projets de classe A sur culture (Label Projet Agrivoltaïque)**, Versione 1.1, dicembre 2021;
- **Linee guida per la progettazione e la costruzione di impianti di produzione di energia solare agricola**, Edizione 2021, *New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO)*;
- **Linee Guida per lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione in Italia**, del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali (MIPAAF), settembre 2017;
- **Decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure**;
- **Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)**;
- **CEI EN IEC 61724-1 Photovoltaic system performance – Part 1: Monitoring**;
- **CEI EN 62446 Sistemi fotovoltaici (FV) – Prescrizioni per le prove, la documentazione e la manutenzione. Parte 1: Sistemi fotovoltaici collegati alla rete elettrica – Documentazione, prove di accettazione e verifica ispettiva**.

Inoltre, il **Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica del 22 dicembre 2023, n. 436 (DM Agrivoltaico)** stabilisce le disposizioni per l'incentivazione della realizzazione di sistemi agrivoltaici di natura sperimentale, in attuazione dell'articolo 114, comma 1, del D.Lgs. n. 199 del 2021, e in coerenza con le misure di sostegno agli investimenti previste dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Tale Decreto è accompagnato dalle regole operative emanate dal GSE, che disciplinano le modalità di accesso agli incentivi e promuovono l'integrazione tra attività agricola e produzione di energia rinnovabile.

L'impianto è progettato per soddisfare pienamente i requisiti previsti per un impianto agrivoltaico avanzato ai sensi delle seguenti normative di riferimento: (i) le *Linee Guida sugli impianti agrivoltaici*, pubblicate dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) a giugno 2022; (ii) la norma tecnica *CEI PAS 82-93 "Impianti Agrivoltaici"*, emanata a dicembre 2023; e (iii) il *Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica del 22 dicembre 2023, n. 436 (DM Agrivoltaico)*, che stabilisce le disposizioni per l'incentivazione della realizzazione di sistemi agrivoltaici di natura sperimentale, in attuazione dell'articolo 114, comma 1, del D.Lgs. n. 199 del 2021, e in coerenza con le misure di sostegno agli investimenti previste dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Il Decreto è inoltre accompagnato dalle regole operative emanate dal GSE, che definiscono criteri e modalità di accesso agli incentivi.

Per una verifica precisa della conformità del progetto ai requisiti tecnici e normativi sopra citati, si rimanda all'**Allegato N.13**, contenente la "Relazione di verifica del rispetto dei requisiti di impianto agrivoltaico".

3.3.1 SUPERFICIE MINIMA DESTINATA ALL'ATTIVITÀ AGRICOLA

- L'impianto agrivoltaico di Bandissolo risponde ai requisiti richiesti, con una proporzione tra superficie agricola e superficie totale che si attesta al **80%** (e di **84,3%** considerando la fascia di mitigazione);
- L'impianto rispetta il limite massimo di occupazione dell'area con moduli fotovoltaici, mantenendo un rapporto LAOR di **21,8%**, inferiore al massimo consentito del 40%.

3.3.2 PRODUZIONE SINERGICA DI ENERGIA ELETTRICA E PRODOTTI AGRICOLI

3.3.2.1 Continuità dell'attività agricola

La continuità dell'attività agricola, in conformità alle Linee Guida MiTE, viene dimostrata nel caso in oggetto attraverso la verifica dell'esistenza e della resa delle attività agricole sui terreni interessati dall'impianto agrivoltaico. In particolare:

- **La resa agricola prevista**, espressa in €/ha, è pari o superiore rispetto alla situazione precedente all'installazione, garantendo una produzione totale superiore al 70% dei valori preimpianto. Questo miglioramento è attestato nella *Relazione tecnico-agronomica* (Allegato N.12), dove si evidenzia un incremento economico stimato superiore al 15%, strettamente correlato alle scelte colturali che verranno adottate dall'imprenditore agricolo. L'installazione dell'impianto non interferirà con le operazioni agricole esistenti e l'introduzione di un sistema di drenaggio, in combinazione con una pianificazione più attenta delle colture, potrà portare a un miglioramento della qualità del suolo. L'impianto, grazie all'ombreggiamento prodotto dai pannelli, contribuirà anche a ridurre l'evapotraspirazione e la temperatura del suolo, stabilizzando la resa delle colture in condizioni di aridità;
- **Mantenimento dell'indirizzo produttivo**: la Società Agricola attuale, che detiene e coltiva i terreni, proseguirà con l'attività agricola anche una volta completato l'impianto agrivoltaico.

3.3.2.2 Producibilità elettrica minima

Il requisito viene ampiamente rispettato, poiché la producibilità dell'impianto agrivoltaico di Bandissolo risulta pari all'80% di quella dell'impianto di riferimento, quindi maggiore rispetto al valore limite di 60% fissato dalla normativa. È importante sottolineare che quest'ultimo è stato definito in modo estremamente conservativo, includendo ipotesi di aree aggiuntive rispetto a quelle effettivamente utilizzate nel progetto originario. Inoltre, non è stato considerato il fatto che la producibilità del lato retro dei moduli risulta significativamente più elevata nelle strutture rialzate, come nel caso dell'impianto di Bandissolo, che garantisce un'altezza minima di 2,1 metri.

Tabella 3-3: Producibilità impianti

Impianto	Potenza (kWp)	Producibilità elettrica (kWh)
Impianto Bandissolo	24.979,5	33.809.977
Impianto di Riferimento	31.180,5	42.406.032

3.3.3 SOLUZIONI INNOVATIVE CON MODULI ELEVATI DA TERRA

Il progetto prevede l'installazione di strutture di supporto per moduli fotovoltaici rialzate dal suolo, con un'altezza minima di 2,1 metri. La scelta della tecnologia a struttura fissa 2P si basa su un'analisi approfondita che ne evidenzia i vantaggi in termini di sostenibilità ambientale, compatibilità agricola, affidabilità ed efficienza economica.

Questa soluzione riduce l'impatto sul suolo grazie all'infissione diretta dei pali, elimina la necessità di fondazioni invasive e minimizza l'impatto visivo con strutture di altezza contenuta. Il pitch di 12 metri consente un equilibrio tra produttività energetica e gestione agricola, favorendo un uso multifunzionale del terreno. La semplicità strutturale garantisce affidabilità e ridotti interventi di manutenzione, rendendola una scelta robusta e consolidata. Inoltre, i costi di implementazione inferiori rispetto ad altre tecnologie la rendono economicamente vantaggiosa, mantenendo alti standard di produttività. La struttura fissa 2P rappresenta quindi la soluzione ideale per soddisfare le esigenze del progetto, unendo efficienza e sostenibilità.



Figura 3-11: Simulazione mezzi agricoli all'interno dell'impianto



Figura 3-12: Simulazione mezzi agricoli all'interno dell'impianto



Figura 3-13: Simulazione mezzi agricoli all'interno dell'impianto

3.3.4 SISTEMA DI MONITORAGGIO

Per gli impianti agrivoltaici che accedono agli incentivi resi disponibili tramite PNRR per mezzo di procedure competitive (aste), è richiesto che le aziende agricole interessate dalla realizzazione delle iniziative rientrino

dalla data in esercizio e almeno per tutta la durata del periodo di incentivazione, nella rilevazione della Rete di Informazione Contabile Agricola (RICA). La verifica del rispetto dei requisiti di monitoraggio deve essere effettuata confrontando i dati relativi alle PLV registrate nell'ambito degli impianti agrivoltaici realizzati con i risultati economici e tecnici di aziende analoghe, presenti nella RICA, che dunque costituiranno il *benchmark* di riferimento.

Il progetto descritto nella presente relazione non è previsto per la partecipazione alle aste PNRR; tuttavia, la Società ha scelto di aderire volontariamente ai requisiti di monitoraggio previsti dalla normativa per iniziative di questo tipo.

Sulla base delle disposizioni legislative, il sistema di monitoraggio previsto dal progetto è mantenuto attivo per tutta la durata dell'impianto ha le seguenti caratteristiche:

- include tutti i parametri di monitoraggio previsti dalle linee guida ministeriali: risparmio idrico (D.1), monitoraggio della continuità agricola (D.2), fertilità (E.1), microclima (E.2) e resilienza (E.3) e risparmio idrico (D.1);
- prevede l'implementazione di un sistema di monitoraggio digitale di smart farming (agricoltura digitale) che, attraverso l'utilizzo di sensori, centraline meteo, immagini satellitari ed altri sistemi di rilevazione, acquisisce dati, i quali vengono gestiti ed elaborati da una piattaforma software integrata. In altri termini questo sistema, con un'unica piattaforma software, consente di supportare sia il monitoraggio, che la gestione delle attività agricole (agricoltura di precisione, smart farming, smart irrigation, ecc.), nonché l'archiviazione dei dati¹;
- è concepito (metodologia e sistema di data base) per facilitare le attività di verifica da parte delle autorità competenti dei parametri da monitorare.

Si prevede quindi la realizzazione di un sistema di monitoraggio digitale, integrato al sistema di agricoltura digitale, che consenta di osservare:

- la continuità dell'attività agricola (mantenimento attività agricola, esistenza e resa colture e mantenimento dell'indirizzo produttivo): si tratta di quello che viene definito monitoraggio principale. Esso, in ottemperanza alle linee guida Crea Rica 2024 viene effettuato tramite adesione al sistema di rilevazione RICA per l'elaborazione del parametro principale della PLV aziendale/agricola e del benchmark e l'elaborazione di relazioni agronomiche annuali elaborate da un professionista terzo. Tali relazioni, oltre ai dati di PLV, PLS, ecc. e verifica del loro mantenimento al di sopra di soglie minime previste, dovranno contenere altri aspetti relativi alla conduzione ed attività aziendali e delle criticità del posto in relazione all'ambiente, ecc. A tal fine è prevista la realizzazione di un sistema digital, gestito da una piattaforma software che consenta di compilare il quaderno di campagna integrato al piano culturale grafico (utilizzato per la domanda Pac e facente parte del fascicolo aziendale AGEA) e di gestire i dati generati dai vari sensori, così come di gestire ed utilizzare mappe con indici satellitari vari (vigoria, stress idrico, ecc.) e di variabilità dei suoli. Questo sistema sarà fondamentale 1) in primis per fornire informazioni di dettaglio al

¹ Le stesse Linee Guida Ministeriali riportano sul tema dell'agricoltura digitale "La possibilità di somministrare quello che serve solo dove serve, alla giusta dose ed al momento migliore rappresenta infatti la miglior ottimizzazione del ciclo produttivo agricolo. In generale l'agricoltura di precisione può permettere una serie di vantaggi importanti in termini di:

-risparmi (economici e ambientali) in termini di fertilizzanti/antiparassitari ed acqua (irrigazione di precisione) rispetto alla gestione ordinaria,

-minor incidenza delle patologie per pronto rilevamento ed intervento sui patogeni,

-sistemi puntuali di rilevazione del grado di maturazione delle produzioni per intervenire con raccolte solo nei momenti caratterizzati dalle migliori performance quantitative ed organolettiche soprattutto per produzioni di nicchia o tipicità.

È inoltre possibile inserire moduli aggiuntivi al sistema digital finalizzati al monitoraggio puntuale e costante del ciclo produttivo con funzione di agevolare la pianificazione, la tempestività e la precisione delle operazioni.

professionista terzo incaricato dell'elaborazione delle relazioni agronomiche, 2) per argomentare e giustificare con dati ambientali ed agronomici oggettivi eventuali cali di resa e della PLV sotto le soglie minime previste (evitando così eventuali conseguenze negative), 3) adottare per tempo, ove possibile, eventuali azioni correttive rispetto all'andamento della PLV (tecniche colturali, modifiche dell'ordinamento colturale, ecc.). È stato altresì previsto di installare sensori anche in aree benchmark al di fuori dell'influenza dei pannelli, così da poter meglio confrontare parametri ambientali e colturali sotto, fra ed al di fuori dei pannelli;

- il risparmio idrico: tramite sensori e centraline meteo, elaborazione di indici da mappe satellitari; sarà possibile misurare differenze di evapotraspirazione, stress idrico con l'area benchmark al di fuori dei pannelli; nel caso di eventuali colture irrigue, il sistema consentirà misurazioni automatiche del consumo di acqua per coltura e la comparazione con il benchmark (per differenza dell'evapotraspirazione);
- la fertilità del suolo: benché anche la normativa più stringente preveda relazioni approfondite riguardo la fertilità del suolo, questo tipo di monitoraggio viene effettuato solo per i casi di terreni non coltivati ante impianto (che chiaramente non è il nostro caso), si è ritenuto comunque importante avere indicazioni, sebbene parziali, su eventuali cambiamenti della fertilità del suolo, che verranno integrati nelle relazioni agronomiche annuali. In particolare, ciò verrà effettuato attraverso un metodo innovativo, che prevede l'elaborazione dei dati da immagini satellitari, da dove è possibile individuare delle aree omogenee per diverse caratteristiche del terreno (mappe di variabilità del suolo), fra le quali, indirettamente, la fertilità del suolo (presenza di Carbonio organico e tessitura). Su tali aree omogenee sarà poi eventualmente possibile procedere ad approfondimenti con analisi del terreno di laboratorio;
- parametri del microclima: acquisizione di dati tramite i sensori e centraline meteo posizionati sotto, fra ed al di fuori dei pannelli;
- resilienza ai cambiamenti climatici: l'effettuazione di quanto richiesto dalle LGM in materia non richiede l'utilizzo diretto del sistema digitale, né un monitoraggio agricolo *ad hoc*, ma la verifica *ex post* degli aspetti progettuali (fotografico e descrittivo) relativi agli interventi di resilienza/mitigazione degli effetti del cambiamento climatico.

I dati verranno messi a disposizione dell'agronomo incaricato dell'elaborazione dei seguenti documenti:

- relazione agronomica redatta da uno specialista asseverato all'entrata in esercizio dell'impianto;
- relazione periodica (annuale) prevista dalle LGM per comprovare la continuità agricola ²⁸e la predisposizione della scia documentale atta alle valutazioni dei risultati delle colture agrivoltaiche;
- relazione triennale prevista per un monitoraggio più completo, cercando di ricondurre ad un andamento medio i risultati dei dati rilevati, includendo tutti gli altri parametri monitorati e gli indicatori di resa della produzione.

Potranno inoltre essere monitorati e valutati i risultati tecnici ed economici delle coltivazioni agrivoltaiche, eventualmente confrontati con altri benchmark di aziende ordinarie, attraverso l'adesione alla rete contabile RICA gestita dal CREA.

Il sistema di monitoraggio della continuità dell'attività agricola (*monitoraggio principale*), per quanto concerne l'attuale normativa, è obbligatorio in tutti gli impianti agrivoltaici; la rilevazione degli ulteriori parametri (monitoraggio secondario) previsti dal DM Agrivoltaico, quali il risparmio idrico, il recupero della fertilità del suolo, il microclima e la resilienza ai cambiamenti climatici, garantita dalla presenza dei sistemi di monitoraggio, per tutto il periodo di esercizio, costituirà un set di dati di supporto alla gestione agricola e di controllo da parte delle autorità competenti, al fine di effettuare ulteriori valutazioni nel caso in cui si rilevino nell'ambito del sistema di monitoraggio principale valori non in linea con quelli attesi.

Per ulteriori approfondimenti si rinvia all'Allegato n. 12 – Relazione tecnico-agronomica, revisionato per recepire le richieste di integrazioni e trasmesso con il presente documento, nel quale è illustrato in modo dettagliato il sistema di monitoraggio e le relative modalità operative.

4. COMPONENTE ELETTRICA DELL'IMPIANTO

Il progetto prevede l'integrazione dell'impianto fotovoltaico con sistemi di accumulo a batteria (BESS) in configurazione DC-coupled, creando un sistema altamente sinergico ed efficiente. I pannelli solari generano energia durante le ore di picco, mentre il sistema BESS immagazzina l'energia in eccesso non immediatamente utilizzabile o esportabile in rete. Questa configurazione ottimizza la gestione dell'energia prodotta, distribuendo in modo uniforme i picchi di generazione e garantendo un'immissione in rete più stabile e flessibile, migliorando la resilienza complessiva del sistema.

In questo tipo di configurazione utilizzata, il fotovoltaico e il BESS condividono lo stesso inverter/trasformatore (Power Station) e la connessione alla rete elettrica. Questo riduce i costi infrastrutturali e aumenta l'efficienza del sistema, minimizzando le perdite di conversione energetica rispetto alle configurazioni tradizionali. L'accumulo di energia tramite il BESS consente di gestire in modo più efficiente l'eccesso di produzione e di ridurre i costi legati a componenti separati.

Inoltre, questa integrazione contribuisce alla stabilità della rete elettrica, poiché l'energia immagazzinata può essere rilasciata durante i periodi di maggiore domanda o quando i prezzi dell'energia sono più alti. Questo approccio non solo migliora l'affidabilità del sistema, ma contribuisce anche alla resilienza complessiva della rete, fornendo maggiore flessibilità nel bilanciare la produzione energetica.

Il modulo fotovoltaico HJT (Heterojunction with Intrinsic Thin Layer) rappresenta il componente elettrico principale dell'impianto. Questo modulo, costituito da celle di silicio, sfrutta l'effetto fotovoltaico per convertire l'energia solare in corrente elettrica continua (DC). I moduli saranno collegati in serie per formare stringhe, che saranno poi connesse in parallelo tramite i quadri di parallelo DC, noti come "string box". L'energia generata verrà trasportata tramite cavi DC verso le cabine di batterie, dove sarà accumulata per essere utilizzata in un momento successivo, quando la domanda energetica sarà maggiore o i prezzi più alti. In alternativa, l'energia sarà inviata direttamente alle Power Station.



Figura 4-1: Rappresentazione dei principali componenti elettrici dell'impianto

Una volta nelle Power Station, l'energia sarà convertita in corrente alternata (AC) ed elevata a 36 kV, per essere convogliata lungo le dorsali a 36 kV fino al quadro generale nella Cabina Utente. Da qui, verrà trasmessa attraverso la Linea 36 kV verso la Stazione RTN "Portomaggiore".

Si faccia riferimento alla TAV02_20 "Schema elettrico unifilare generale" per una rappresentazione dettagliata del sistema.

Le principali componenti dell'impianto saranno:

- 1281 stringhe di moduli, ciascuna con 26 moduli in serie;
- 14 container batterie di 3500 kWh;
- 28 cabine DC/DC converter (2 per container batteria);
- 7 Power Station di 4.400 kVA, dove avverrà la conversione e l'elevazione a 36 kV;
- 7 cabine per servizi ausiliari;
- 1 edificio dedicato al controllo e al magazzinaggio;
- 2 dorsali a 36 kV per il collegamento delle Power Station alla Cabina Utente;
- 1 Cabina Utente per raccogliere e collegare l'impianto alla rete di trasmissione nazionale (RTN);
- 1 Linea a 36 kV per il collegamento della Cabina Utente alla RTN;
- 1 rete di trasmissione dati in fibra ottica e RS485 per monitoraggio e controllo dell'Impianto;
- 1 rete elettrica a bassa tensione per alimentare i servizi ausiliari;
- Opere civili, tra cui basamenti, edifici prefabbricati, opere di viabilità e recinzione.

Si rimanda alla TAV02_17 "Layout impianto", [nuovamente trasmessa insieme al presente documento](#), per una rappresentazione grafica dettagliata dei diversi componenti dell'impianto.

4.1 MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici che verranno utilizzati saranno di tipo monocristallino ad alta efficienza, con tecnologia Half-Cell Bifacial HJT, e caratterizzati da un'elevata bifaccialità per consentire una maggiore penetrazione della luce solare al suolo. Con una potenza nominale di 750 Wp, questi moduli permetteranno di ridurre il numero complessivo di unità necessarie per raggiungere la capacità prevista, ottimizzando al contempo l'uso del terreno e migliorando l'efficienza dell'impianto.



Figura 4-2: Struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici

Le caratteristiche tecniche preliminari dei moduli scelti per il dimensionamento dell'impianto sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 4-1: Caratteristiche tecniche preliminari del modulo fotovoltaico

Modulo Fotovoltaico	
Tecnologia	Half-Cell Bifacial HJT Module
Potenza nominale	750 Wp
Efficienza nominale	24.14% @ STC
Tensione di uscita a vuoto	50.77 V
Corrente di corto circuito	18.71 A
Tensione di uscita a Pmax	42.68 V
Corrente nominale a Pmax	17.58 A
Dimensioni	2384 mm x 1303 mm x 35 mm

La specifica tipologia verrà determinata durante la fase esecutiva.

Nella parte posteriore di ciascun modulo verranno collocate le scatole di giunzione per il collegamento dei moduli all'impianto. Queste scatole, con un grado di protezione meccanica IP65, saranno dotate di diodi di by-pass che permetteranno alla corrente del modulo di bypassare le celle ombreggiate, prevenendo fenomeni di hot-spot che potrebbero danneggiare i moduli stessi. I moduli saranno conformi alle norme CE e certificati in classe di isolamento II secondo le norme CEI EN IEC 61215.

I moduli fotovoltaici saranno collegati in serie tramite connettori maschio-femmina (tipo MC4 e/o MC3), formando stringhe composte da 26 moduli. Queste stringhe verranno raggruppate e collegate in parallelo agli string boxes (quadri di parallelo DC). Gli string boxes, installati all'esterno sotto le strutture di supporto, si collegheranno agli inverter mediante cavi DC con sezioni variabili, comprese tra 70 mm² e 400 mm². Ogni string box sarà dotato di 16, 24 o 32 ingressi di stringa e due uscite per cavi per ciascun polo, con una tenuta compresa tra 17 mm e 38,5 mm.

Per evitare sovraccarichi, verranno installati diodi di blocco in serie a ciascuna stringa, proteggendo le altre da ombreggiamenti momentanei, variazioni termiche o differenze costruttive

4.2 CONTAINER BATTERIE

La capacità del SdA è stata determinata in base ai requisiti necessari per assicurare la massima flessibilità nella partecipazione ai diversi servizi e applicazioni di rete, mentre la potenza del sistema è stata definita rispetto alla potenza dell'impianto fotovoltaico, tenendo conto dei requisiti del codice di rete.

Sebbene la tipologia specifica non possa essere definita a priori, data la rapida evoluzione e dinamicità delle tecnologie sul mercato, le batterie elettrochimiche saranno sicuramente del tipo a Ioni di Litio. La selezione avverrà in funzione della strategia di mercato adottata, ottimizzando la densità energetica per minimizzare l'occupazione del suolo e tenendo conto di fattori come il numero di cicli di vita, la curva di degrado e il tempo di risposta.

Il sistema di accumulo elettrochimico sarà composto principalmente da container conformi agli standard ISO 20', progettati per ospitare le celle delle batterie. In termini di tecnologia, si prevede l'uso di batterie al litio, - configurati in stringhe di batterie, note come battery racks, composte da diversi moduli, con celle disposte in serie e parallelo.

Dal punto di vista della sicurezza, i container presentano una resistenza al fuoco minima di REI 60 e sono progettati per contenere eventuali fughe di gas o perdite di elettroliti in caso di guasti. I locali batterie potranno essere climatizzati mediante un sistema di raffreddamento a liquido, oppure mediante sistemi con condizionatori elettrici "HVAC" opportunamente ridondanti.

La progettazione dei container consente il trasporto e la posa in opera come un'unità unica direttamente sulla fondazione, con tutte le apparecchiature già installate a bordo. Solo le batterie, se necessario, saranno trasportate separatamente e installate in loco. I container sono dotati di adeguate segregazioni per le vie cavi, isolamento termico e separazione degli ambienti, garantendo spazi adeguati alla manutenzione e l'accessibilità dall'esterno.



Figura 4-3: Tipico container batterie

La tabella e la figura di sotto riportano a titolo esemplificativo le caratteristiche principali e la configurazione dei container batterie.

Tabella 4-2: Caratteristiche tecniche preliminari del container batterie

Container Batterie	
Tensione in ingresso DC nom / max	1,040 – 1,497.6 V
Capacità	3.500 kWh
Dimensioni Container	6,058 x 2,438 x 2,896 mm
Peso Container	≤ 34,000 kg
Grado di protezione	IP 54/IP 55

Il sistema è stato leggermente sovradimensionato per tenere conto delle caratteristiche intrinseche della tecnologia agli ioni di litio, come l'efficienza e l'energia effettivamente estraibile.

Le viste e le sezioni dei container batterie sono illustrate nella TAV02_25d dove è mostrata l'elevazione rispetto al piano campagna, determinata in funzione di studi idraulici e in relazione alla quota delle strade circostanti l'area di installazione.

4.2.1 DC/DC CONVERTER

Il sistema di conversione DC-DC sarà utilizzato per gestire il flusso energetico tra il sistema di accumulo e il parco fotovoltaico, ottimizzando l'efficienza e permettendo di immettere l'energia accumulata nella rete nei momenti più vantaggiosi. Il convertitore regola dinamicamente la tensione, elevandola o abbassandola a seconda delle necessità di carica e scarica della batteria.



Figura 4-4: Tipico DC/DC Converter

I DC/DC converter saranno installati a fianco ai container delle batterie e delle power station. Il sistema sarà caratterizzato da una regolazione intelligente del flusso energetico, che contribuirà a mantenere un alto livello di efficienza anche in presenza di diverse tensioni DC e in condizioni di carico parziale e totale.

Il modello definitivo del sistema verrà definito nella fase esecutiva del progetto.

Le viste e le sezioni sono illustrate nella TAV02_25d dove è mostrata l'elevazione rispetto al piano campagna, determinata in funzione di studi idraulici e in relazione alla quota delle strade circostanti l'area di installazione.

4.3 GRUPPO DI CONVERSIONE CC/CA (POWER STATIONS)

Ogni gruppo di conversione sarà composto da un inverter e un trasformatore BT/MT. Gli inverter avranno il compito di trasformare la corrente continua generata dai moduli fotovoltaici, o immessa dalle batterie, in corrente alternata. I trasformatori, invece, innalzeranno la tensione a 36 kV. Le power station verranno condivise tra l'impianto fotovoltaico e il sistema di accumulo, ottimizzando l'integrazione e l'efficienza complessiva dei due sistemi.

- Gli inverter saranno equipaggiati con dispositivi idonei per il sezionamento e la protezione del lato in corrente alternata, alloggiati all'interno di un'apposita sezione dei quadri inverter. Ogni inverter sarà marcato CE, garantendo conformità sui rendimenti e la compatibilità elettromagnetica, e la potenza nominale potrà variare in fase esecutiva a seconda della tecnologia prescelta, in linea con le caratteristiche dell'impianto fotovoltaico e dello SdA e i limiti di potenza del punto di connessione alla rete;
- Il trasformatore è previsto sia in versione a secco che isolata in olio. In quest'ultimo caso, sarà installata una vasca di raccolta dell'olio in acciaio inox, opportunamente dimensionata, capace di contenere l'intero volume d'olio;
- Il trasformatore sarà corredato da dispositivi di protezione elettromeccanica, come sensori di temperatura e relè Buchholtz, per garantire un funzionamento sicuro ed efficiente;
- Il compartimento di media tensione (MT) ospiterà il quadro MT, composto da 2 o 3 scomparti, a seconda che sia previsto un entra-esce verso un'altra Power Station. Le celle MT includeranno i componenti per l'arrivo, la partenza e il trasformatore;
- Nel compartimento di bassa tensione (BT) saranno installate varie apparecchiature, tra cui il quadro BT per le alimentazioni ausiliarie (forza motrice, illuminazione, ausiliari dei quadri, ecc.), il pannello contatori per la misura dell'energia attiva prodotta a valle della sezione inverter, l'UPS per l'alimentazione ausiliaria degli inverter e delle apparecchiature di monitoraggio, oltre a un trasformatore isolato in resina per i servizi ausiliari.

I componenti del gruppo di conversione saranno scelti in base a:

- Conformità alle normative europee di sicurezza;
- Funzionamento automatico per facilità d'uso e installazione;
- Elevato rendimento globale;
- Massima sicurezza con trasformatore di isolamento;
- Uscita con forma d'onda sinusoidale perfetta.



Figura 4-5: Tipico power station con inverter e trasformatore elevatore

Le Power Station, con una potenza nominale massima di 4.400 kVA, selezionate in questa fase preliminare di progettazione, sono costituite da container con pannelli laterali apribili e/o tettoie integrate per ottimizzare la ventilazione naturale. Questa configurazione è stata scelta per garantire compattezza, flessibilità ed efficienza, risultando perfettamente allineata alle esigenze del sito di installazione e alla configurazione dell'impianto. La potenza effettiva degli inverter sarà determinata nella fase esecutiva, in funzione della strategia di mercato adottata. Di seguito si riportano le caratteristiche preliminari del modello di potenza massima scelto.

Tabella 4-3: Caratteristiche preliminari power station

Power Station	
Tensione massima in ingresso	1500 V
Tensione di uscita alla Phom	36 kV (uscita trasformatore)
Frequenza di uscita	50 Hz
cos φ	0,8 – 1,0
Grado di protezione	IP 54
Range di temperatura di funzionamento	-25 ÷ +60 °C
Potenza max in uscita @cos φ =1 @ T=25°C (CA)	4400 kVA
Rendimento europeo	98,8%

Ogni sottocampo di generazione avrà un gruppo di conversione CC/CA, per un totale di 7 gruppi.

La tipologia specifica del gruppo di conversione verrà definita in fase di progettazione, scegliendo tra vari modelli di inverter e trasformatori. Tali componenti saranno scelti e dimensionati in modo da soddisfare i requisiti di scambio di potenza reattiva, in conformità alle richieste del Codice di Rete, garantendo il rispetto delle normative vigenti e il supporto alla stabilità operativa della rete elettrica.

Le viste e le sezioni della power station sono illustrate nella TAV02_25e dove si riporta l'elevazione rispetto al piano campagna, determinata in funzione di studi idraulici e in relazione alla quota delle strade circostanti l'area di installazione.

4.4 CABINE SERVIZI AUSILIARI

Vicino a ogni gruppo di conversione saranno installate cabine o container per servizi ausiliari, contenenti:

- Quadro BT generale del sottocampo corrispondente;
- Quadro BT prese F.M, illuminazione, antintrusione, TVCC ecc. del sottocampo corrispondente;
- Sistema di monitoraggio e controllo per l'impianto fotovoltaico e i container BESS di appartenenza;
- Sistema di monitoraggio e controllo stazioni meteo del sottocampo di appartenenza;
- Sistema di trasmissione dati del sottocampo di appartenenza.

Le viste e sezioni delle cabine ausiliari sono illustrate nella TAV02_25f, con l'elevazione calcolata in base a studi idraulici e in relazione alle quote stradali circostanti l'area d'installazione.

4.5 SALA CONTROLLO E MAGAZZINO

Prossimo all'accesso nord di Via Vanume, sarà installata una cabina di dimensioni 12,2 x 2,5 m e altezza di 3 m, destinata ad ospitare due componenti: sala controllo e magazzino.

4.5.1 SALA CONTROLLO

Verrà installata una postazione locale per il monitoraggio integrato di tutti i parametri provenienti dall'impianto fotovoltaico, dal sistema di accumulo (SdA) e dal sistema di monitoraggio agricolo definito. Il sistema includerà, tra l'altro, stazioni meteorologiche per la rilevazione di temperatura, umidità, velocità del vento e precipitazioni, oltre a dati provenienti dal sistema di antintrusione e TVCC, assicurando un controllo completo e continuo di tutte le componenti dell'impianto.

I dispositivi di misura saranno installati direttamente in campo, nelle stazioni meteorologiche (costituite da termometri, barometri, piranometri/albedometri e anemometri), nelle string box o nelle cabine, e saranno utilizzati per misurare le seguenti grandezze:

- Irraggiamento solare;
- Temperatura ambiente;
- Temperatura dei moduli;
- Tensione e corrente in uscita dall'unità di generazione;
- Potenza attiva e corrente in uscita dall'unità di conversione;
- Tensione, potenza attiva ed energia scambiata al punto di consegna;
- Stato degli interruttori generali MT e BT.

Per quanto riguarda la gestione e la protezione delle batterie, sarà affidata direttamente al BMS (Battery Management System), che svolgerà le seguenti funzioni:

- Gestione dello stato di carica;
- Bilanciamento delle celle;
- Monitoraggio e protezione, con eventuale azione di disconnessione o connessione delle batterie;
- Gestione dei segnali di allarme e anomalie;
- Controllo dell'isolamento;
- Misurazione di grandezze quali tensioni, temperature e correnti di dispersione;
- Comunicazione a livello superiore di tutti i segnali (stato, allarmi, anomalie, ecc.) necessari per la gestione ottimale del sistema di accumulo.

Inoltre, per garantire un controllo completo ed efficiente dell'Impianto, è prevista l'installazione di un Power Plant Manager. Grazie a una piattaforma software avanzata, questo sistema ottimizzerà il funzionamento dell'impianto fotovoltaico e del BESS, monitorando in tempo reale la produzione di energia e garantendo l'allineamento con i requisiti di rete. Il Power Plant Manager favorirà anche la digitalizzazione degli impianti, abilitando nuove opportunità per partecipare al mercato energetico del futuro. Di seguito sono riportate alcune delle principali funzionalità di questo sistema.

- Reti Stabili e Commercializzazione Ottimale dell'Energia: garantirà un'operazione stabile delle reti elettriche, ottimizzando la gestione e la vendita dell'energia prodotta;
- Fornitura di Potenza di Regolazione Primaria e Secondaria: sarà in grado di fornire potenza di regolazione primaria e secondaria nel punto di connessione alla rete attraverso il sistema di batterie, contribuendo alla stabilità della rete;
- Riduzione Automatica della Potenza Attiva: sarà in grado di regolare automaticamente la potenza attiva in caso di sovrافrequenza, rispettando le specifiche del codice di rete;
- Aggiustamenti in Base alle Necessità: Adatterà i valori di setpoint in base alle esigenze, come quelli richiesti dall'operatore di rete per la potenza reattiva o il fattore di fase;
- Potenza Reattiva Costante: sarà in grado di garantire la disponibilità continua di potenza reattiva o di un fattore di fase su richiesta, contribuendo alla stabilità della rete;
- Regolazione Dinamica: regolerà dinamicamente i valori specificati per la potenza reattiva o il fattore di fase nel punto di connessione alla rete, ottimizzando la performance del sistema.

4.5.2 MAGAZZINO

È stato previsto di lasciare spazio, destinato allo stoccaggio di materiali di consumo necessari per il funzionamento e la manutenzione dell'Impianto.

4.6 CAVI

4.6.1 CAVI DC - STRINGA

I cavi di stringa DC collegheranno le stringhe (moduli in serie) ai quadri DC di parallelo, con sezioni variabili da 6 a 10 mm² a seconda della distanza del collegamento. Questi cavi, installati all'interno del profilo della struttura e interrati per brevi tratti, saranno del tipo H1Z2Z2-K (rame o alluminio), flessibili e con tensione nominale di 1500 V c.c. (Um 1800 Vcc).

I cavi saranno idonei per l'installazione interrata direttamente nel terreno o all'interno di tubi interrati, in conformità alle normative previste dalla Norma CEI 11-17. Saranno progettati per resistere a condizioni avverse come acqua, raggi UV (HD605/A1), ozono (EN50396), gelo e agenti chimici.

Le specifiche per l'installazione saranno le seguenti:

- Temperatura minima per l'installazione e la manipolazione: -40 °C;
- Sforzo di tiro massimo consentito: 15 N/mm²;
- Raggio minimo di curvatura in base al diametro del cavo D (in mm): 4D.

La selezione verrà fatta in fase di ingegneria di dettaglio.

4.6.2 CAVI DC -INVERTER

Questi cavi collegheranno i quadri di parallelo DC agli inverter (Power Station) per la componente fotovoltaica, con sezioni variabili da 70 a 400 mm², in funzione del numero di stringhe in parallelo e della distanza tra il quadro DC e l'inverter.

Questi cavi potranno essere interrati o posati sulla struttura porta-moduli (per il caso del fotovoltaico), mantenendo caratteristiche tecniche analoghe a quelle dei cavi di stringa DC.

Per il sistema di accumulo, i cavi collegheranno i container batterie al DC/DC converter e all'inverter, posizionato all'interno della power station, presentando una sezione variabile da 185 a 400 mm², a seconda del numero di batterie in parallelo e della distanza tra i componenti.

La selezione verrà fatta in fase di ingegneria di dettaglio.

4.6.3 CAVI DATI

I cavi di trasmissione dati collegheranno vari sistemi (fotovoltaico, sistema di controllo batterie-power station, stazioni meteo, antintrusione, videosorveglianza, contatori, apparecchiature elettriche e di sicurezza, connessioni esterne, ecc.). Saranno utilizzati per tratte brevi cavi RS485 mentre che per tratte lunghe cavi in fibra ottica (F.O.).

La selezione verrà fatta in fase di ingegneria di dettaglio.

4.6.4 CAVI 36 KV

Per collegare ogni gruppo di trasformazione al quadro installato nella Cabina Utente, sarà realizzata una rete 36 kV con cavi direttamente interrati. Il dimensionamento sarà eseguito adeguatamente in fase d'ingegneria di

dettaglio seguendo le norme specifiche, secondo i criteri di portata, corto circuito, e massima caduta di tensione. La linea sarà protetta da adeguato interruttore automatico, che potrà essere gestito manualmente o tramite azionamento remoto.

Le caratteristiche dei cavi saranno quelle riportate nella tabella seguente.

Tabella 4-4: Caratteristiche Preliminari dei Cavi a 36 kV

Caratteristiche Cavi 36 kV	
Tipo	Unipolari/Tripolari ad elica visibile
Sezioni cavo	95..630 mm ²
Materiale conduttore	Alluminio
Materiale isolante	XLPE
Schermo metallico	Alluminio
Guaina esterna	PE resistente all'urto (adatti alla posa direttamente interrata)
Tensione nominale (Uo/U/Um)	20.5/36/42 kV
Frequenza nominale	50 Hz

Si rimanda all'Allegato 05 per ulteriori dettagli.

La selezione verrà fatta in fase di ingegneria di dettaglio.

4.7 SISTEMA DI SORVEGLIANZA E ILLUMINAZIONE

Il sistema di videosorveglianza sarà dimensionato per coprire i perimetri recintati delle aree dell'Impianto. Utilizzerà telecamere perimetrali con illuminazione a LED o infrarossi, telecamere DOME in punti strategici (container batterie/power station/altre cabine), cavo microfonico per rilevare intrusioni, illuminazione attivata in caso di intrusione, ecc.

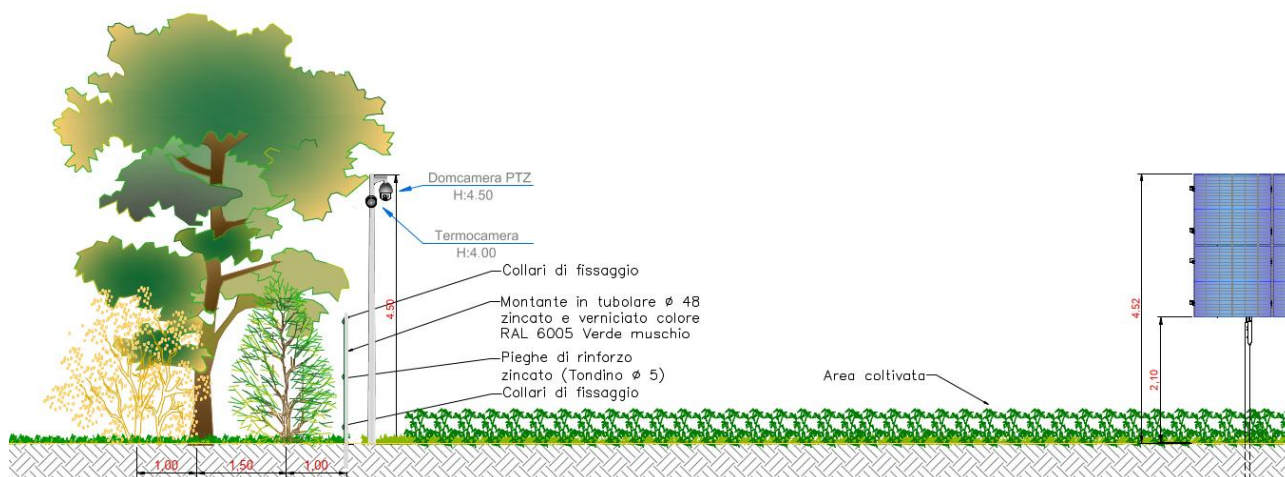


Figura 4-6: Tipico sistema TVCC

Inoltre, sarà prevista per queste aree un sistema di illuminazione interna, un'illuminazione d'emergenza dotata di lampade a batteria, illuminazione esterna tramite proiettori con sensori di presenza, e prese industriali per la forza motrice, garantendo così un funzionamento ottimale e sicuro.

4.8 RETE DI TERRA

La rete di terra sarà realizzata in conformità alla normativa vigente (CEI EN 50522 e CEI 82-25) per garantire il rispetto dei limiti di tensione di passo e di contatto imposti da tali norme. Il dispersore sarà costituito da una maglia in corda di rame interrata, opportunamente dimensionata e configurata sulla base della corrente di guasto a terra dell'impianto, delle caratteristiche elettriche del terreno e della disposizione delle apparecchiature.

Dopo la realizzazione, verranno eseguite le opportune verifiche e le misure previste dalle normative.

4.9 MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA

4.9.1 MISURE DI PROTEZIONE ANTINCENDIO

Uno dei rischi principali associati all'utilizzo delle batterie del sistema SdA sarà il possibile incendio causato dal surriscaldamento delle celle, che potrà verificarsi in seguito a eventi come sovraccarico o cortocircuito elettrico. Il sistema sarà quindi dotato di adeguate protezioni termiche ed elettriche per prevenire questi eventi, evitando così di raggiungere una condizione di instabilità termica. In tale situazione, la generazione di calore della cella supererà la capacità di dissipazione, con conseguente rischio di incendio.

Inoltre, tutti i container del sistema SdA verranno equipaggiati con sensori per la rilevazione di fumi e temperatura, e saranno dotati di sistemi di estinzione progettati appositamente per le apparecchiature contenute al loro interno. L'agente estinguente utilizzato sarà un gas a bassa tossicità per l'uomo e con elevata sostenibilità ambientale, come l'FM-200 o un suo equivalente. Il sistema di estinzione sarà attivato automaticamente dalla centrale antincendio presente in ciascun container, non appena i sensori rileveranno una situazione di emergenza. A seguito della rilevazione, verrà generato un allarme incendio che attiverà i segnalatori per l'evacuazione del personale, e un conto alla rovescia verrà avviato per procedere con la scarica dell'estinguente. Durante questo processo, tutti i circuiti elettrici coinvolti e i sistemi ausiliari, come condizionatori e ventilatori, verranno disattivati.

Saranno inoltre previsti, se necessario, estintori portatili e carrellati nelle vicinanze dei container e delle cabine contenenti trasformatori e quadri elettrici nell'area SdA.

La disposizione planimetrica seguirà le raccomandazioni dei principali enti internazionali, come FM Global e NFPA, oltre alle linee guida del DM 3/8/2015, in particolare il paragrafo dedicato alla "distanza di separazione". Verranno garantite distanze adeguate tra i container, le strutture adiacenti (come locali di controllo, magazzini e l'edificio utente) e tra i container di diversi sottosistemi. Questa disposizione sarà studiata anche per facilitare l'accesso e le manovre dei mezzi di intervento dei vigili del fuoco all'interno dell'area.

Infine, tutti i container verranno realizzati con un adeguato grado di resistenza al fuoco, minimo REI 60, per fornire un'ulteriore protezione rispetto ai container e cabinati adiacenti.

Ulteriori approfondimenti sono stati esaminati nell'Allegato N.15, "Piano Antincendio".

4.9.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI

La protezione dai contatti diretti sarà garantita attraverso le seguenti misure tecniche:

- I collegamenti elettrici saranno eseguiti utilizzando cavi rivestiti da guaine protettive esterne, che garantiranno un adeguato isolamento. Questi cavi verranno alloggiati in condotti portacavi idonei, rendendoli non accessibili direttamente, a meno che non siano interrati;

- Verranno impiegati componenti dotati di protezione meccanica adeguata, con un grado di protezione IP certificato;
- Saranno installati esclusivamente prodotti con marcatura CE, conformi alla direttiva CEE 73/23.

4.9.3 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

Le apparecchiature elettriche situate all'interno delle varie cabine saranno collegate al sistema di messa a terra principale dell'impianto, assicurando una protezione efficace contro eventuali dispersioni.

Per i generatori fotovoltaici, verrà adottato il sistema di doppio isolamento, utilizzando apparecchiature di classe II. Questa scelta tecnica, conforme alla norma CEI 64-8, permetterà di evitare il collegamento a terra dei moduli e delle strutture che non saranno classificabili come masse.

4.9.4 PROTEZIONE CONTRO IL CORTO CIRCUITO

Nella rete in corrente continua, in caso di cortocircuito, la corrente sarà limitata a valori leggermente superiori a quelli generati dai moduli fotovoltaici, grazie alla caratteristica corrente/tensione dei moduli stessi, i cui valori saranno dichiarati dal costruttore. A garantire la protezione dei circuiti, verranno installati fusibili dimensionati correttamente all'interno di ciascuna cassetta di giunzione dei sottocampi.

Per la parte in corrente alternata, la protezione sarà assicurata da un dispositivo limitatore integrato direttamente nell'inverter. Inoltre, un interruttore posizionato sul lato CA dell'inverter fungerà da supporto aggiuntivo per il dispositivo di protezione contenuto nelle Power Station.

4.9.5 PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

L'installazione dell'impianto fotovoltaico e dello SdA sarà realizzata con strutture di altezza contenuta e uniformi tra loro, garantendo che il profilo verticale dell'area non venga alterato. Questo ridurrà al minimo l'impatto sulle probabilità di fulminazione diretta. Dato che il sito non sarà presidiato, la protezione contro fulminazioni dirette sarà garantita esclusivamente da un sistema di messa a terra efficace, che assicurerà l'equipotenzialità delle masse.

Per quanto riguarda la fulminazione indiretta, un fulmine che si abatterà nelle vicinanze potrebbe generare disturbi elettromagnetici e tensioni indotte lungo le linee dell'impianto, con il rischio di danneggiare i componenti. Per prevenire tali problemi, gli inverter saranno dotati di sistemi di protezione contro le sovratensioni, sia sul lato in corrente continua che su quello in corrente alternata. Inoltre, vista l'estensione dei collegamenti elettrici, la protezione sarà ulteriormente rafforzata con l'installazione di adeguati SPD (Surge Protective Device – scaricatori di sovratensione), che verranno collocati nella sezione CC delle cassette di giunzione (String Box).

5. COMPONENTE AGRICOLA DELL'IMPIANTO

L'impianto agrivoltaico è stato sviluppato sin dalla fase iniziale per garantire la piena integrazione delle attività agricole. In collaborazione con la Società Agricola, è stato elaborato un piano colturale preliminare, accompagnato da accorgimenti progettuali mirati a preservare una gestione agricola intensiva, mantenendo la continuità operativa con le pratiche agronomiche esistenti e consentendo l'uso efficiente dei mezzi meccanici già impiegati.

Le attività colturali previste includono la gestione delle interfile, le aree sotto i moduli fotovoltaici e la fascia arborea di mitigazione lungo il perimetro dell'impianto.

L'agricoltura italiana, in linea con le direttive europee, deve rispettare le normative della Politica Agricola Comune (PAC), che impongono rigorosi criteri agronomici, tra cui:

- Rotazione colturale obbligatoria per tutte le colture con ciclo annuale, per garantire la fertilità e la salute del suolo;
- Destinazione obbligatoria del 4% delle superfici coltivate a seminativi (per aziende con oltre 10 ettari) ad aree non produttive, tra cui terreni a riposo e habitat naturali;
- Divieto di mantenere superfici incolte per più di due anni consecutivi, al fine di evitare degrado e perdita di capacità produttiva del suolo.

Nei paragrafi seguenti sono sintetizzate le attività agricole pianificate, mentre ulteriori dettagli tecnici sono forniti nell'Allegato 12 "Relazione di progettazione tecnico-agronomica".

5.1 SUPERFICI AGRICOLE

La definizione della soluzione impiantistica del progetto è atta alla salvaguardia e valorizzazione del contesto agricolo nel quale si inserisce l'impianto agrivoltaico. La tecnologia di impianto apportata, la scelta di moduli fotovoltaici bifacciali e l'aumento dell'altezza dei pali di sostegno, consentono una maggiore operatività per l'attività agricola, la quale sarà condotta per buona parte della superficie contrattualizzata.

- L'area contrattualizzata è di circa 43 ha;
- La superficie dell'impianto agrivoltaico è pari a **41,1** ha (comprendente l'area recintata e la fascia arborea di mitigazione, esterna alla recinzione);
- L'area non utilizzata per l'attività agricola (S_n) è di circa 6,4 ha, comprendente (i) l'ingombro dei pali delle strutture di sostegno; (ii) la "superficie altri componenti dell'impianto fotovoltaico" come power stations, cabine ausiliari, container batterie, DC/DC converter, Cabina Utente e magazzino/sala controllo; (iii) la "superficie non utilizzata per ragioni tecniche, agronomiche o di sicurezza", come strade, piazzole, vasche di laminazione e la superficie non coltivata intorno ai pali per motivi di sicurezza;
- La superficie agricola ($S_{agricola}$), calcolata come la differenza tra la superficie dell'impianto agrivoltaico e la S_n risulta pari a **32,9 ha** (**senza considerare l'area destinata alla fascia di mitigazione**);
- Sarà realizzata una fascia vegetale di mitigazione, larga 5 metri, lungo l'intero perimetro esterno dell'impianto agrivoltaico per ridurre l'impatto visivo, è prevista anche una seconda fascia di mitigazione, interna, larga circa 2,5 metri, posizionata su entrambi i lati del corridoio del canale consortile "Scolo Cardinala". L'area complessiva interessata sarà di circa 1,8 ha;

- Negli spazi esterni alla fascia di mitigazione, che coincidono con la fascia di rispetto di 6 metri lungo i canali del Consorzio di Bonifica, saranno coltivati circa 1,2 ha di prato stabile con un mix di specie mellifere.

Come già descritto nei capitoli precedenti, l'area agricola dell'impianto è stata calcolata seguendo la norma CEI PAS 82-93, le Linee Guida nazionali per gli Impianti Agrivoltaici e il Decreto Ministeriale Agrivoltaico. Tale area rappresenta l'**84,3%** della superficie complessiva del sito, corrispondente a **34,7 ettari**, suddivisi come segue:

- Circa **32,9** ettari all'interno dell'area recintata, destinati alle coltivazioni, in accordo con il piano colturale dettagliato nelle sezioni successive. Di questa superficie, circa **25,4** ettari saranno dedicati a colture foraggere ed erba medica ottimizzando l'uso del suolo per garantire massima produttività agricola, **mentre la porzione rimanente, localizzata nella parte sud dell'impianto, sarà dedicata alle colture orticole (quali brassica "Mizuna" da taglio, spinacio e fagiolino da industria);**
- Pari a 1,8 ettari saranno destinati alla fascia arborea perimetrale, progettata con criteri di mitigazione ambientale per rispettare le normative vigenti e migliorare l'integrazione paesaggistica dell'impianto. Maggiori dettagli sulla progettazione e le specifiche della fascia arborea sono disponibili nel capitolo 3.2.5.

Per maggiori dettagli sul metodo di calcolo utilizzato per la definizione di queste aree, si rimanda agli Allegati N.12 "Relazione tecnico-agronomica" e N.13 "Verifica dei requisiti per impianti agrivoltaici".

5.2 CARATTERISTICHE DEL SUOLO

Per definire un piano colturale efficace, è stata eseguita un'analisi approfondita delle caratteristiche del suolo, integrando dati tematici estratti dal Geoportale della Regione Emilia-Romagna. Gli stralci delle carte tematiche, riportati di seguito, hanno fornito una base preliminare per l'interpretazione delle proprietà del suolo e la pianificazione delle colture. I principali parametri rilevati sono sintetizzati di seguito; per un approfondimento completo si rimanda all'Allegato 12 "Relazione tecnico-agronomica".

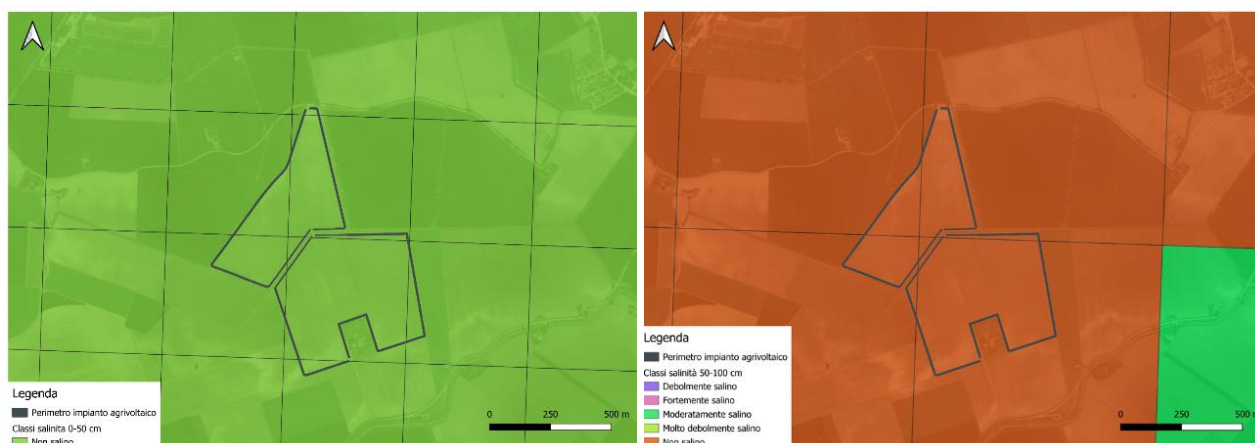


Figura 5-1: Inquadramento carta salinità del suolo

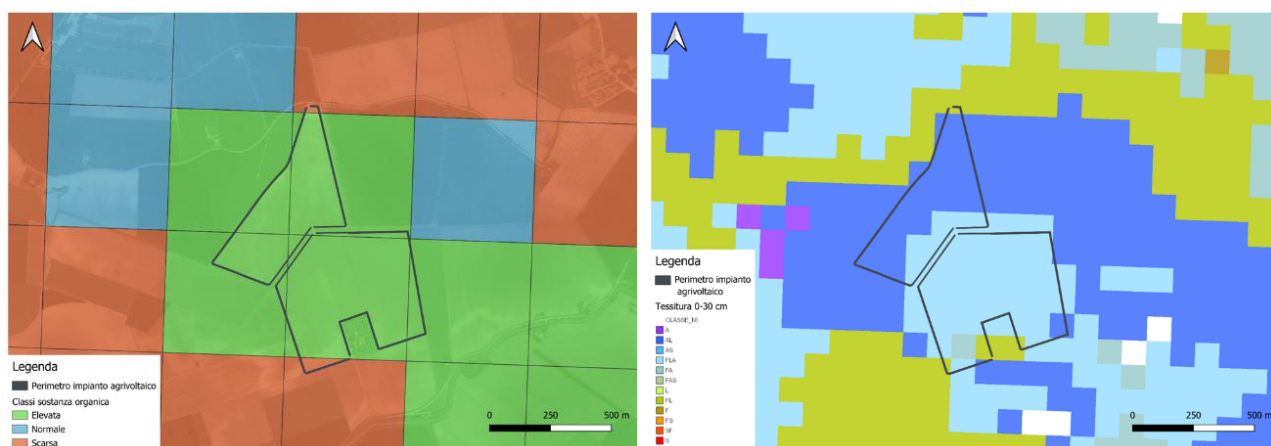


Figura 5-2: Inquadramento carta della sostanza organica e tessitura del suolo

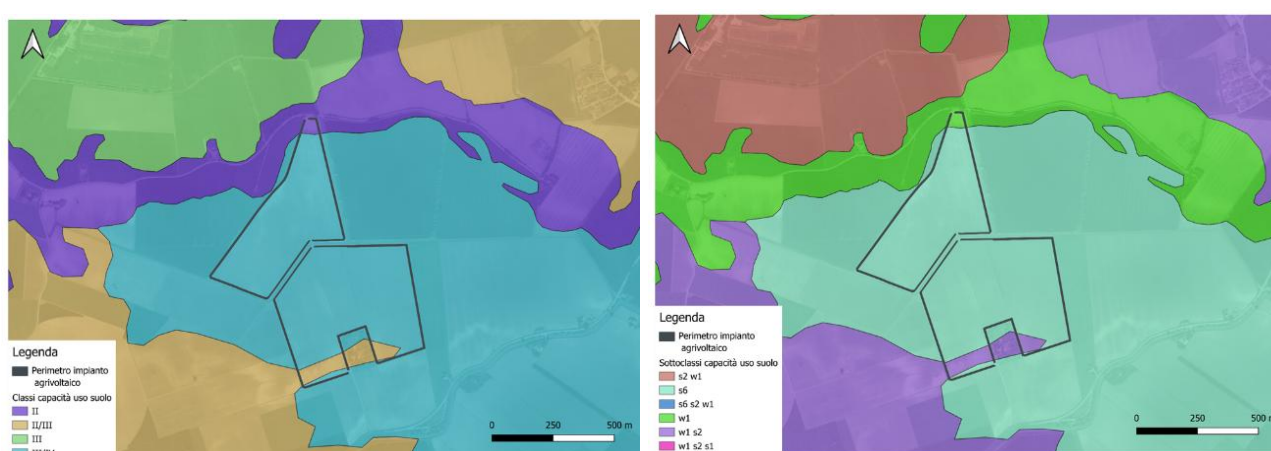


Figura 5-3: Inquadramento carta capacità d'uso del suolo

Di seguito sono sintetizzati i principali dati emersi dalle analisi:

- **Salinità del suolo:** Le analisi indicano che il terreno non presenta problemi di salinità, sia per gli orizzonti da 0 a 50 cm, sia per quelli da 50 a 100 cm di profondità. Questo aspetto non pone limitazioni per la scelta delle colture, ampliando le possibilità nella selezione delle specie da coltivare;
- **Sostanza organica:** Il terreno dell'Impianto mostra un elevato contenuto di sostanza organica, classificandosi prevalentemente nelle classi ad alto contenuto (indicate in verde). Le analisi del suolo eseguite dalla committenza confermano questa valutazione, evidenziando una presenza medio-alta di sostanza organica, favorevole alla fertilità del suolo;
- **Tessitura del suolo:** La carta della tessitura indica che il sito è caratterizzato da suoli argilloso-sabbiosi e franco-limoso-argillosi. Questi terreni, classificati come "pesanti", sono di difficile lavorazione, diventando impraticabili in caso di pioggia e molto compatti durante periodi di siccità. Tuttavia, se gestiti con pratiche agronomiche adeguate e mantenuti con un elevato contenuto di humus, possono garantire buone prestazioni agronomiche, grazie alla loro elevata capacità di ritenzione idrica. Questo aspetto è particolarmente vantaggioso in un contesto di cambiamenti climatici, consentendo la coltivazione di specie a ciclo primaverile-estivo anche senza irrigazione. Le analisi del suolo confermano la classificazione USDA, con una composizione del 8% di sabbia, 27% di limo e 65% di argilla, rientrando nella classe dei terreni argillosi;
- **Capacità d'uso del suolo:** Il terreno dell'Impianto è classificato nelle classi III/IV, caratterizzate da una lavorabilità difficile e da una fertilità moderata.

Le indagini condotte, combinando dati bibliografici e informazioni delle banche dati regionali con le analisi dirette del suolo, confermano che il terreno dell'impianto presenta buone caratteristiche chimiche, ma è classificabile come "pesante" a causa della tessitura prevalentemente argillosa e limosa. Questa struttura compatta comporta sfide operative durante le lavorazioni e riduce la capacità di drenaggio delle acque meteoriche, rendendo indispensabili interventi specifici per migliorare la macro-porosità e facilitare la percolazione idrica.

5.3 ANALISI OMBREGGIAMENTO

Per analizzare in modo completo l'impatto dell'impianto sull'ombreggiamento delle colture agricole, è stata condotta un'analisi dettagliata considerando le specifiche configurazioni dei pannelli solari e le condizioni ambientali locali. L'obiettivo principale è stato valutare come le diverse configurazioni possano influenzare la distribuzione della luce solare sul terreno coltivabile e, di conseguenza, l'efficienza e la produttività delle colture sottostanti. Questo studio è stato svolto utilizzando una combinazione di dati meteorologici, simulazioni di irraggiamento e modelli di ombreggiamento, per comprendere in che modo le variazioni stagionali e di orientamento dei moduli fotovoltaici possano influire sulla disponibilità di luce durante le diverse fasi di crescita delle piante.

L'analisi ha riguardato lo studio dei seguenti parametri:

- **GlobalInc** (Incident global irradiation in the collector plane): Irraggiamento globale incidente sul piano del collettore. Questo include tutta l'energia solare che raggiunge il piano del collettore, considerando la radiazione diretta e diffusa;
- **GlobalShd** (Global on collectors, corrected for horizon and near shadings): Irraggiamento globale sui collettori, corretto per ombreggiature dell'orizzonte e ombreggiature vicine. Indica l'energia solare disponibile sul piano del collettore dopo aver tenuto conto delle perdite dovute a ostacoli che producono ombra;
- **ShdLoss** (Shading Losses): Perdite di energia dovute all'ombreggiamento. Rappresenta la quantità di irraggiamento persa a causa delle ombreggiature create da oggetti esterni come edifici, alberi, o altre strutture.

L'area di studio è stata suddivisa in tre porzioni, con l'obiettivo di analizzare con maggiore accuratezza gli effetti delle ombre e le relative implicazioni in ciascuna zona: troviamo l'area sotto le strutture nella striscia nord (Fascia A), l'area sotto le strutture nella striscia sud (Fascia B) e lo spazio libero tra le strutture (Fascia C). Importante è sottolineare che per ogni area i fattori siano stati associati proporzionalmente alla loro estensione: (i) Fascia A 1/8, (ii) Fascia B: 1/8e (iii) Fascia C 6/8.

Attraverso un'attenta analisi dei risultati ottenuti si è potuto constatare che le perdite in termini di irraggiamento sulla superficie siano impattanti soprattutto per la fascia A (nord) mentre le perdite di irraggiamento nelle fasce B e C (rispettivamente sud e interfila) sono trascurabili per quanto riguarda le colture praticabili, in quanto dal periodo primaverile-estivo la diminuzione di irraggiamento non dovrebbe risultare significativamente impattante in termini di rese.

È possibile notare come da aprile ad agosto le percentuali di irraggiamento (100% la situazione in pieno campo) risultano superiori al 60% con picchi in alcuni mesi sopra l'80%, e pertanto le colture primaverili estive o che hanno le fasi vegetative in questo periodo potrebbero non essere influenzate dall'ombreggiamento dei moduli.

Tabella 5-1: Analisi irraggiamento per la fascia oraria prima delle 10 del mattino.

Mese	1° Time Frame (up to 10am)									
	Fascia A		Fascia B		Fascia C		Globic (W/m2)	GlobalShd Pond_Sup (W/m2)	GlobalShd Pond_Sup/ GlobalInc	GlobInc mensile/ GlobalInc anno
	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc				
Gennaio	5677	49%	4261	37%	4712	41%	11546	4776	41%	2%
Febbraio	7249	48%	9362	62%	6732	45%	15073	7125	47%	3%
Marzo	9719	28%	28113	81%	19829	57%	34656	19601	57%	7%
Aprile	13650	29%	34841	73%	34147	71%	47762	31672	66%	10%
Maggio	20526	30%	38676	56%	55327	80%	68908	48895	71%	15%
Giugno	24142	35%	32366	46%	58603	84%	69835	51016	73%	15%
Luglio	24485	33%	37202	50%	61896	83%	74710	54133	72%	16%
Agosto	16273	28%	38374	66%	44206	76%	58013	39985	69%	12%
Settembre	11029	26%	34481	81%	26734	63%	42705	25739	60%	9%
Ottobre	11571	42%	20302	73%	13694	49%	27829	14254	51%	6%
Novembre	7491	51%	7024	48%	6733	46%	14667	6864	47%	3%
Dicembre	4069	45%	3673	41%	4597	51%	9067	4415	49%	2%

Tabella 6 4: Analisi irraggiamento per la fascia oraria dalle 11 alle 15.

Mese	2° Time Frame (11 am - 15pm)									
	Fascia A		Fascia B		Fascia C		Globic (W/m2)	GlobalShd Pond_Sup (W/m2)	GlobalShd Pond_Sup/ GlobalInc	GlobInc mensile/ GlobalInc anno
	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc	GlobalShd (W/m2)	GlobalShd/ GlobalInc				
Gennaio	12231	44%	12866	47%	10761	39%	27658	11208	41%	6%
Febbraio	16726	49%	26171	77%	14133	42%	34035	15962	47%	7%
Marzo	14388	25%	49007	85%	31996	56%	57570	31921	55%	12%
Aprile	15593	24%	52077	80%	44318	68%	65089	41697	64%	14%
Maggio	15853	20%	53039	68%	58871	76%	77681	52765	68%	16%
Giugno	15937	19%	49369	58%	67800	80%	84797	59013	70%	18%
Luglio	16470	19%	53591	63%	66203	78%	84906	58410	69%	18%
Agosto	15705	19%	64300	78%	58775	71%	82465	54082	66%	17%
Settembre	13265	22%	51543	86%	36066	60%	59770	35150	59%	13%
Ottobre	16990	39%	34066	79%	20679	48%	43039	21891	51%	9%
Novembre	13552	54%	14442	57%	11312	45%	25278	11983	47%	5%
Dicembre	8785	42%	9037	43%	10238	49%	20800	9906	48%	4%

Tali informazioni in relazione alle tipologie di colture selezionate denotano una serie di fattori positivi, tra cui il fatto che le percentuali di irraggiamento nelle fasce orarie analizzate e presentate nelle tabelle precedenti siano soddisfacenti (quelle dall'alba alle 10 e dalle 11 alle 15), garantendo un irraggiamento totale ponderato nell'arco dell'anno rispettivamente del 65% e 85%, tale da non compromettere teoricamente la resa dell'attività agricola.

5.4 COLTURE CONSIGLIATE

Il piano colturale, caratterizzato da una coltivazione "a fasce" (interfilari), delimitate dalle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, presenterà delle caratteristiche peculiari della conduzione in ambiente agrivoltaico, sintetizzabili come riassunto in seguito:

- ampiezza delle fasce coltivabili 10 m, una dimensione studiata appositamente sia per ottimizzare al meglio gli spazi, sia per consentire ed agevolare il passaggio delle macchine per le operazioni meccaniche, non costringendo gli operatori dei mezzi meccanici a continue e rischiose manovre di adattamento;
- la presenza di moduli fotovoltaici crea comunque dei fenomeni di ombreggiamento, tollerati in misura diversa tra le varie colture, ma anche aspetti di resilienza microclimatica dell'ambiente agrivoltaico che potrebbero risultare a favore;

- La produttività dei moduli fotovoltaici è influenzata dalla polvere generata dal terreno, un effetto inevitabile nella coltivazione delle piante agrarie, ma riducibile attraverso una scelta mirata delle specie coltivate e delle pratiche colturali adottate in campo;
- L'effetto frangivento del fotovoltaico, che ha effetti positivi sia sulla riduzione dei fenomeni di allettamento che nella forte riduzione dell'evapotraspirazione.

L'azienda ha applicato, nel corso degli ultimi tre anni, un piano colturale che vedeva spesso in campo la presenza del mais, anche in mono successione (utilizzato per alimentare un biodigestore in possesso della Società Agricola). Tale pratica (monosuccessione di mais) risulta atipica in quanto, con il tempo, determina un impoverimento generale della fertilità del suolo ed è pertanto sconsigliata, dalle buone pratiche agricole e a maggior ragione negli impianti agrivoltaici, vista la taglia troppo elevata del granturco (altezza tra 2-3 m).

Si ritiene opportuno ricordare come negli impianti agrivoltaici avanzati è richiesto il mantenimento dell'indirizzo produttivo² e che tale parametro viene verificato mediante la PLS (Produzione lorda standard); per essere adempienti a tale obbligo sarà necessario che la PLS delle superfici interessate dopo la realizzazione del progetto risulti maggiore o uguale alla PLS della gestione ante progetto (che ricordiamo essere stata caratterizzata dalla forte presenza, probabilmente eccessiva per la conservazione della fertilità del suolo, di una coltura con un'elevata PLS come il mais). La presenza del biodigestore risulta un aspetto peculiare dell'azienda che, come spiegato, influenza direttamente la scelta delle colture in campo, ed indirettamente, i valori di PLS. Tale aspetto non è la norma per le aziende foraggere-cerealicole della zona d'impianto, in parte assimilabile a una condizione extra-ordinaria in agricoltura. Al contrario gli impianti di lavorazione dell'erba medica (centro di disidratazione) presenti nelle immediate vicinanze dell'area di impianto, spingono gli agricoltori locali ad inserire all'interno degli avvicendamenti tale coltura.

La scelta delle colture in fase progettuale è quindi orientata dall'esigenza di introdurre, nell'avvicendamento, specie con elevata PLS, al fine di mantenere la situazione specifica ex-ante. Si ritiene comunque sia tendenzialmente molto più ragionevole raffrontare il piano colturale, previsto a valle dell'esercizio dell'impianto, con un riferimento che tenga in considerazione le coltivazioni tipiche dell'area, anche se specificamente non implementate sui terreni negli ultimi 2-3 anni. Oltre ai seminativi (da granella e da foraggio), vengono inclusi anche ortaggi che, come noto, agli esperti del settore, comportano costi colturali, impegni di lavoro e rischi di gestione e collocazione del prodotto significativamente superiori rispetto alle colture cerealicolo-industriali ordinarie.

5.5 INDIRIZZO PRODUTTIVO

Il piano colturale ritenuto più idoneo per il sistema in esame prevede la destinazione della quasi totalità dell'area agricola a colture foraggere, per una superficie complessiva di circa 25,4 ha, mentre la porzione rimanente, localizzata nella parte sud dell'impianto, sarà dedicata a colture orticole. Si precisa che tali superfici potranno subire modeste variazioni in funzione delle colture adottate e delle esigenze agronomiche connesse ai rispettivi cicli colturali.

La gestione della superficie agricola proposta avverrà mediante due rotazioni distinte:

- Nella parte interessata dalla presenza di pannelli, quasi la quasi totalità dell'area recintata (circa 25,4 ha), si prevede una rotazione di foraggere con erba medica (per 5 anni e per i 5/7 della superficie), loietto (1/7 della superficie) e triticale (1/7 della superficie);

² "Linee guida per il monitoraggio della continuità dell'attività agricola" Adottate ai sensi dell'art. 11 c.1 del decreto-legge n. 17/22, convertito con modificazioni, dalla legge n. 34/22

- Per la porzione di superficie a sud libera dai pannelli e una leggera parte contigua occupata dai pannelli, una rotazione realizzata con colture orticole adeguatamente meccanizzabili in contesto agrivoltaico quali brassica “Mizuna” da taglio, spinacio e fagiolino da industria, per la restante superficie di 7,5 ha.

La soluzione proposta tiene conto delle seguenti esigenze:

- mantenere e preservare la fertilità del suolo;
- permette una facile meccanizzazione;
- rispetta i requisiti di PLS.

Un ulteriore vantaggio della gestione mediante le due rotazioni distinte è di avere superfici (all'interno della recinzione) libere in periodi diversi dell'anno per le operazioni di carico e scarico del fieno, degli ortaggi, e in generale dell'organizzazione dei trasporti dei prodotti (o dei fattori di produzione), dei cantieri di raccolta e del lavoro in generale.

Alla luce di quanto detto, viene proposto uno scenario, in cui parte delle aree esterne alla recinzione (non considerate nel calcolo della superficie agricola), saranno seminate con essenze mellifere. Queste saranno sfalciate solamente a fine anno, data la loro funzione ecologica. Seppure queste superfici non produrranno reddito, forniranno un importante servizio ecosistemico (in alcuni casi meritevole di contributi comunitari) anche al servizio degli apicoltori di zona, già spesso ospiti della proprietà.

Nella tabella successiva viene riportato lo scenario sopra descritto; seppure le possibilità di coltivazione nell'impianto possano essere molteplici quello riportato nella tabella risulta, secondo opinione attuale degli scriventi, essere il più idoneo e cautelativo in fase pre-operativa, facilmente praticabile ed in sinergia con l'impianto agrivoltaico.

Tabella 6-1 - Colture in rotazione previste nell'area d'impianto e rispettive superfici

Colture	Superficie (ha)
Medica	18,15
Triticale	3,63
Loietto	3,63
Brassica “Mizuna”	2,50
Fagiolino	2,50
Spinacio	2,50
Totale	32,91

L'indirizzo culturale proposto, come detto in precedenza, non è l'unico possibile all'interno dell'impianto. Infatti, per l'intera durata del progetto, si possono considerare diversi scenari culturali, ciascuno con esigenze specifiche di adattamento in termini di meccanizzazione e operatività delle pratiche culturali.

Alcune soluzioni di colture possibili potrebbero essere:

- la coltivazione dei cereali da granella, con elevata PLS (per esempio: frumento, sorgo, cece) su tutta la superficie recintata, con una superficie agricola riadattata alla coltura;
- l'inserimento di secondi raccolti come per esempio la soia, o addirittura di ortive, dopo la coltivazione del frumento per aumentare la redditività;

- la coltivazione di ortive su una parte dell'area sottesa ai pannelli;
- la coltivazione di erba medica da seme, in quanto risulterebbe valorizzata la coltivazione in termini di redditività e PLS.

6. OPERE ELETTRICHE DI UTENZA

6.1 CABINA UTENTE

Nella parte nord-ovest dell'impianto, all'interno dell'area recintata, verrà installata la Cabina Utente che occuperà una superficie di circa 120m², composta principalmente da una sala quadri 36 kV (con uno spazio separato dedicato al trasformatore ausiliario), e da una sala che alloggerà i quadri BT, la sala controllo e i quadri misure. Tutte i componenti elettrici saranno conformi alle Norme CEI applicabili e al Codice di Rete di Terna.

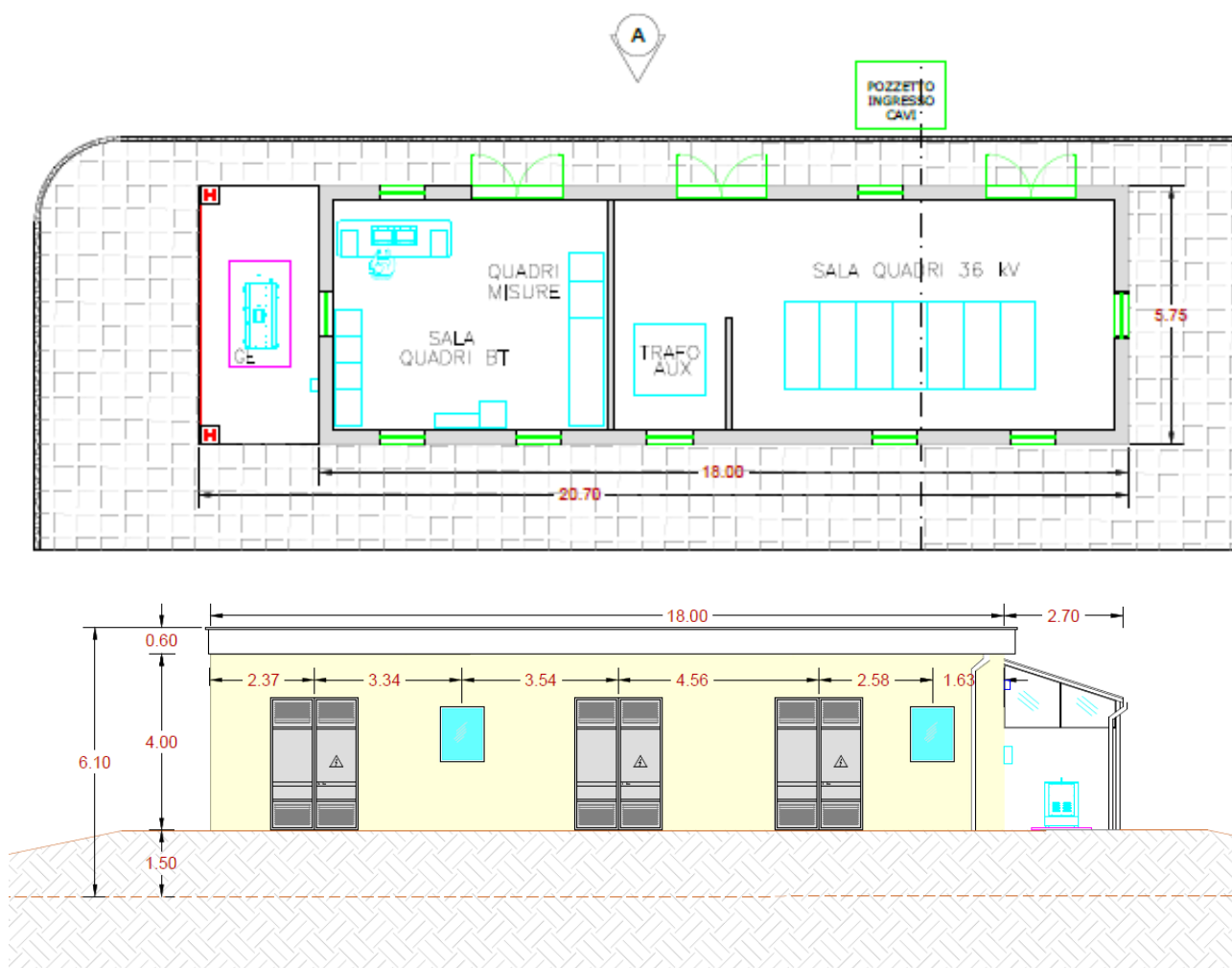


Figura 6-1: Planta e sezione Cabina Utente

Un gruppo elettrogeno di emergenza sarà collocato in una zona coperta di circa 15 m² adiacente all'Edificio Utente e garantirà l'alimentazione dei servizi essenziali in caso di interruzione di tensione sul quadro BT.

Le utenze critiche, come i sistemi di protezione e controllo e i circuiti di comando degli interruttori, saranno alimentate da un sistema di alimentazione ininterrotta (UPS) a 110 V in corrente continua o corrente alternata. Questo sistema sarà dotato di batterie tampone, con un'autonomia operativa stimata di 4 ore.

L'edificio sarà costruito in muratura, utilizzando materiali non combustibili, in conformità con la norma CEI EN 61936-1. La pianta dell'edificio sarà di forma rettangolare, con dimensioni esterne pari a 18 m x 5,75 m. Sarà ad

un solo piano, con un tetto piano e un'altezza massima di 4,6 m, misurata fino all'estradosso del coronamento. L'altezza interna dei locali sarà di 4,00 m, a partire dalla quota calpestabile a +0,20 m.

La pianta e i vari prospetti dell'edificio sono illustrati nella TAV02_25n "Tipico Cabina Utente". Non è previsto un accesso diretto al tetto dell'edificio, ma verranno installati sistemi di sicurezza come linee vita e/o dispositivi di ancoraggio per consentire le attività di manutenzione del tetto, eseguite da personale specializzato.

La Cabina sarà rialzata di 1,5 metri rispetto al piano campagna, in conformità alle indicazioni del Consorzio di Bonifica.

6.1.1 SALA AT - QUADRO ELETTRICO 36 kV

Al quadro elettrico a 36 kV confluiranno le 2 Dorsali 36 kV provenienti dall'Impianto e partirà la Linea 36 kV verso la SE RTN "Portomaggiore". Sarà installato in un locale dedicato, all'interno dell'Edificio Utente e sarà dotato di relè di protezione e strumenti di misura. Sarà composta principalmente dalle seguenti apparecchiature:

- N. 2 unità per l'arrivo delle Dorsali 36 kV dalle stazioni di trasformazione in campo, equipaggiate con interruttori;
- N. 1 unità per la Linea 36 kV verso la Stazione RTN, dotata di interruttore;
- N. 1 unità per il trasformatore ausiliario, con interruttore o sezionatore sotto carico e fusibili;
- N. 1 cella per misure;
- N. 1 cella di riserva.

Inoltre, sarà prevista un'interfaccia con il sistema di controllo remoto della Cabina Utente.

Le caratteristiche tecniche del quadro elettrico sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 6-1: Caratteristiche quadro elettrico 36 kV

Quadro Elettrico 36 kV	
Tensione operativa/nominale	36 / 40.5 kV
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico	185 kV
Tensione nominale di tenuta a 50 Hz (1min)	85 kV
Corrente nominale	≥ 1250 A
Corrente di breve durata (3s)	≥ 25 kA
Corrente di picco	≥ 63 kA
Corrente capacitiva interrompibile	≥ 50 A
Isolamento	SF6
Classificazione d'arco interno	IAC AFLR 31,5 kA – 1s
Categoria di perdita di continuità di servizio	LSC2

6.1.2 SALA BT - QUADRI BT, SALA CONTROLLO E QUADRI MISURE

La misurazione dell'energia attiva e reattiva verrà effettuata tramite un contatore bidirezionale per misure fiscali, installato nell'edificio della Cabina Utente, collegato a trasformatori di misura dedicati. Il sistema di misura sarà conforme alle prescrizioni del Codice di Rete, permettendo la raccolta dei dati energetici su base quart'oraria e

consentendo l'interrogazione e la configurazione da remoto, anche da parte del gestore della rete, come richiesto dal Codice di Rete.

I servizi ausiliari della Cabina Utente saranno alimentati attraverso un quadro elettrico BT situato in una sala dell'Edificio Utente, a sua volta alimentato dal trasformatore ausiliario collegato al quadro 36 kV.

Il trasformatore ausiliario, a secco sarà dotato di involucro di protezione e sarà dimensionato per alimentare i servizi ausiliari della Cabina Utente. Le sue caratteristiche preliminari sono riportate nella seguente tabella:

Tabella 6-2: Caratteristiche preliminari del trasformatore ausiliario

Trasformatore Ausiliario	
Potenza nominale	30 kVA
Tipo di raffreddamento	AN
Tensione nominale	36/0,42 kV
Tensione massima	40,5/1 kV
Classe ambientale e climatica	E1 - C1
Classe di comportamento al fuoco	F1

Poiché la Cabina Utente sarà collocata all'interno dell'area recintata, i sistemi descritti nei capitoli 4.7, 4.8 e 4.9 saranno condivisi tra l'Impianto e l'area dedicata alla Cabina Utente.

6.2 LINEA 36 KV

Il collegamento dell'Impianto alla Stazione RTN "Portomaggiore" verrà realizzato attraverso una linea interrata a 36 kV, che si collegherà allo stallo Produttore dedicato, situato nella sezione 36 kV della Stazione RTN.

Accanto alla linea a 36 kV, verranno posati cavi in fibra ottica per consentire lo scambio di segnali, controlli e misurazioni con la Stazione "Portomaggiore".

Le principali caratteristiche tecniche della linea sono riportate nella tabella seguente, mentre le condizioni di posa saranno conformi a quanto descritto nel paragrafo 4.6.4.

Tabella 6-3: Caratteristiche Preliminari Linea 36 kV

Caratteristiche Linea 36 kV	
Tipo	Unipolari/Tripolari ad elica visibile
Sezioni cavo	630 mm ²
Materiale conduttore	Alluminio
Materiale isolante	XLPE
Schermo metallico	Alluminio
Guaina esterna	PE resistente all'urto (adatti alla posa direttamente interrata)
Tensione nominale (U _o /U _U /U _m)	20.5/36/42 kV
Frequenza nominale	50 Hz

7. REGIMAZIONE DELLE ACQUE

Il sito previsto per l'installazione dell'impianto agrivoltaico ricade sotto la competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po. Le Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po richiedono che il Consorzio di Bonifica valuti la compatibilità degli scarichi provenienti dalle nuove aree trasformate con i recettori esistenti.

In base a tali disposizioni, la Delibera Consorziale stabilisce che l'intervento debba rispettare i requisiti di invarianza idraulica previsti per il cambiamento d'uso del territorio. La realizzazione dei campi agrivoltaici comporterà, infatti, una modifica della configurazione dell'area, con conseguenze dirette sul regime di deflusso delle acque meteoriche.

Per soddisfare i criteri di invarianza idraulica, è prevista la creazione di un volume di invaso sufficiente a laminare le acque piovane prima che vengano convogliate nei recettori finali (rappresentati dai canali di bonifica). Il sistema di gestione idraulica sarà costituito da fossati interpoderali di diverse sezioni, progettati per raccogliere e immagazzinare le acque piovane provenienti dai lotti agricoli, rispondendo così alle richieste normative in merito ai volumi di invaso.

Le acque accumulate verranno successivamente convogliate verso i canali consorziali limitrofi ai lotti. In caso di pioggia, l'acqua scolerà dai pannelli fotovoltaici e si infiltrerà nel terreno, per poi essere intercettata dai tubi drenanti. Questi tubi guideranno l'acqua verso dei collettori di accumulo che la convoglieranno nei fossati progettati (invasi di laminazione) e, infine, nei canali consorziali adiacenti, [mediante impianti di sollevamento](#). L'acqua che non si infiltrerà nel sottosuolo, invece, sarà drenata in superficie, seguendo la pendenza naturale del terreno verso i fossati.

Per la rappresentazione grafica del sistema di drenaggio e la suddivisione dettagliata delle aree progettuali, si faccia riferimento alle Tav.02_28a-b "Layout impianto di drenaggio e invarianza idraulica con identificazione del punto di scarico" [trasmesse in revisione 1 unitamente al presente documento](#).

7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO

Le aree destinate all'installazione dell'Impianto Agrivoltaico non dispongono attualmente di un sistema di drenaggio sotterraneo. Pertanto, durante la fase di costruzione, verrà implementata una rete di drenaggio interrata con tubazioni drenanti, al fine di gestire in modo efficiente il deflusso delle acque e migliorare la qualità del suolo.

Il sistema di drenaggio sarà composto da una rete di tubi dreno in PEAD, collettori di raccolta in PEAD e pozzetti di raccordo in c.c.a., oltre a vari pezzi speciali come tronchetti e tappi di fine linea. La progettazione ha tenuto conto della natura sabbiosa del terreno, garantendo un'adeguata capacità di drenaggio.

In caso di precipitazioni, l'acqua piovana scolerà dai moduli fotovoltaici direttamente sul terreno, infiltrandosi nel sottosuolo. Una volta infiltrate, le acque verranno raccolte dai tubi dreno e convogliate lungo direzioni predefinite verso i fossi di progetto (invasi di laminazione) o nei collettori di raccolta, che recapiteranno le acque nei medesimi fossi. [Da qui, le acque meteoriche verranno infine recapitate allo scolo consorziale "Cardinala" tramite l'impianto di sollevamento previsto.](#)

I tubi drenanti avranno un diametro di 65 mm e saranno installati con aratro talpa a una profondità di circa 0,80 metri, per permettere le lavorazioni agricole senza rischi di danneggiamento. Inoltre, la rete è stata progettata per evitare interferenze con le dorsali MT e BT, posizionate a una profondità di almeno 1,2 metri.

Grazie a questa configurazione, il sistema di drenaggio garantirà l'invarianza idraulica e il corretto smaltimento delle acque nei canali di scolo esistenti, mantenendo la funzionalità dell'impianto e la sicurezza idraulica dell'area.

Le direzioni di deflusso per il sistema di drenaggio nelle varie aree dell'impianto agrivoltaico sono state stabilite tenendo conto della pendenza naturale del terreno, rilevata tramite analisi topografiche. In alcune zone, tuttavia, è prevista una modifica della pendenza per agevolare lo scarico delle acque verso la rete consortile esistente. Le direzioni di scolo saranno le seguenti:

- Area 1: deflusso verso sud;
- Area 2: deflusso verso nord.

7.2 INVARIANZA IDRAULICA

Il volume minimo da reperire per un campo agrivoltaico, secondo le indicazioni fornite dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, ai fini del soddisfacimento dei requisiti di invarianza idraulica, è pari a 500 m³/ha di superficie impermeabilizzata. Per il calcolo della superficie territoriale interessata dall'intervento, necessaria alla determinazione del volume di invarianza idraulica, si è computato l'ingombro teorico dei moduli a terra.

Dato che i moduli fotovoltaici in progetto avranno dimensioni in pianta pari a circa 2,384 m x 1,303 m e saranno inclinati di 30°, ogni modulo occuperà una superficie orizzontale proiettata a terra pari a:

$$(2,384 \text{ m} \times 1,303 \text{ m}) \times \cos(30^\circ) = 2,69 \text{ m}^2$$

Moltiplicando tale superficie per il numero di moduli previsti per ogni zona si ottiene la superficie corrispondente alla proiezione dei moduli sul terreno (Superficie moduli).

Nel calcolo del volume minimo da assicurare, vengono computate inoltre l'area occupata dalle cabine/edifici compresa quella della Cabina Utente (Superficie Cabine) e l'area occupata dalla viabilità da realizzarsi (Superficie strade). Quest'ultima, a favore di sicurezza, è stata considerata nei calcoli del volume di invarianza come una superficie costituita da materiale impermeabile.

Le superfici così determinate vengono sommate, determinando la superficie trasformata per ogni area dell'impianto. Moltiplicando tale superficie per il valore richiesto relativo al volume minimo di invarianza idraulica si ottiene il relativo volume minimo da assicurare:

$$\text{Volume minimo richiesto} = 500 \text{ m}^3/\text{ha} \times [\text{Superficie moduli} + \text{Superficie strade} + \text{Superficie cabine}]$$

I risultati per ciascuna Area sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 7-1: Volumi di invarianza richiesti dalla normativa tecnica per i lotti oggetto di intervento

Aree	Sottoaree	Superficie Moduli	Superficie Strade	Superficie Cabine	Volumi di invarianza idraulica richiesti da normativa
		m ²	m ²	m ²	m ³
1	1	14.198,77	7.389,46	348,55	2.289,40
	2	23.851,13			
2	3	31.195,32	5.355,64	264,36	2.858,46
	4	20.353,90			

Il recapito agli invasi di laminazione avverrà tramite sistema di drenaggio e/o ruscellamento superficiale/sub-superficiale. In particolare, le acque meteoriche infiltratesi nel terreno verranno raccolte da tubi dreno in PEAD corrugato DN63 mm, disposti in parallelo lungo tutta l'estensione delle aree. Questi convoglieranno le acque in parte direttamente ai fossati di laminazione ed in parte a collettori di raccolta, i quali recapiteranno le acque ai fossi in terra di progetto che fungeranno da invaso di laminazione.

I fossi interpoderali di progetto in terra, saranno a base trapezia ed altezza effettiva (medie) pari a 1,10 m. I volumi totali stoccabili nei fossati si ricavano considerando moltiplicando il valore della sezione idraulica di progetto per la lunghezza del fossato stesso.

Tuttavia, ai fini di soddisfare i requisiti di invarianza idraulica, è stato necessario calcolare il volume utile di laminazione, ovvero il volume effettivamente disponibile ai fini della laminazione come da indicazioni del Consorzio di Bonifica. In prima istanza, per determinare il volume utile si è considerata la quota di massima derivazione dello scolo Cardinala fornita dallo stesso consorzio, pari a -3,42 m slm (+6,58 m nel sistema di riferimento consorziale = m slm + 10m).

Per garantire quindi il corretto svuotamento dei fossi durante tutto l'anno e l'accumulo dei volumi richiesti ai fini dell'invarianza idraulica, le acque laminate dovranno essere convogliate allo scolo consorziale mediante tubazioni aventi quota di scorrimento maggiore della quota di massima derivazione. Vista l'altimetria dei terreni, nel caso di scarichi a gravità, ciò si tradurrebbe nel prevedere una profondità massima dei fossi pari a circa 60 cm, incompatibile con i volumi di invarianza richiesti dalla normativa. Di conseguenza, le acque laminate verranno recapitate nello scolo consorziale Cardinala mediante impianti di sollevamento, che permettono di realizzare invasi più profondi.

Però, per la particolarità della zona di intervento e al fine di non determinare un'ulteriore accelerazione dei processi di subsidenza oltreché un aggravamento delle criticità idrauliche già presenti, il Consorzio di Bonifica prescrive che gli impianti di sollevamento previsti per lo scolo delle acque laminate debbano essere progettati in modo da garantire all'aspirazione livelli idrici mai inferiori alla quota di +6,30 m (-3,70 m slm), ovvero nei fossi di laminazione il livello idrico non dovrà mai essere inferiore a tale valore. Questo aspetto è determinante nel calcolo del volume utile di laminazione, in quanto da prescrizioni consorziali non possono essere sfruttati i volumi idrici al di sotto di tale quota.

Di conseguenza, sulla base dell'altimetria dei terreni è stata calcolata la profondità utile del fosso, pari alla differenza tra il massimo livello idrico raggiungibile nel fosso stesso e la quota idrica limite negli invasi fissata dal Consorzio (+6,30 m). Moltiplicando tale valore per la lunghezza dell'invaso si ottiene il volume utile di laminazione, che deve essere superiore al volume di invarianza idraulica richiesto dal regolamento consorziale.

Si riportano in tabella i volumi totali immagazzinabili e i volumi utili di invarianza dalle varie tipologie di fosso di progetto, messi a confronto con i volumi di laminazione richiesti dalla normativa vigente per le Aree di progetto.

Dalla tabella sopra riportata si evince come tutti i fossi di progetto avranno dimensione più che sufficiente a contenere il volume idrico richiesto dall'Ente competente, in quanto il volume utile di invarianza è maggiore del volume richiesto dall'Ente competente nella totalità dei casi.

Si riportano in tabella i volumi immagazzinabili dalle varie tipologie di fossato di progetto, messi a confronto con i volumi di laminazione richiesti dalla normativa vigente per le Aree di progetto.

Tabella 7-2: Confronto volumi di invarianza richiesti dall'Ente competente ed i volumi di invarianza individuati dai fossi di scolo di progetto

Aree	Sottoaree	Volumi di invarianza idraulica richiesti da normativa m ³	Tipo di fosso (invaso di laminazione) -	Dimensione sezione			Sezione effettiva Invaso m ²	Sezione utile Invaso m ²	Lunghezza complessiva Invaso m	Volume effettivo Invaso m ³	Volume utile invarianza Invaso m ³
				Larghezza (m)	Profondità effettiva (m)	Profondità utile (m)					
1	1	2.289,40	A	8	1,10	-2,76-(-3,70) m slm = 0,94 m	7,590	6,636	387	2.937,33	2.568,29
	2										
2	3	2.858,46	B	7,20	1,10	-2,90-(-3,70)m slm = 0,80 m	6,710	5,120	597	4.005,87	3.056,64
	4										

Dalla tabella sopra riportata si evince come tutti i fossi di progetto avranno dimensione più che sufficiente a contenere il volume idrico richiesto dall'Ente competente, in quanto il volume di invarianza totale effettivo è maggiore del volume richiesto dall'Ente competente nella totalità dei casi.

Come precedentemente accennato, il recapito delle acque laminate dai fossi di progetto al corpo recettore avverrà previo sollevamento tramite apposite pompe, le quali rilanceranno le acque in un pozzetto di decompressione da cui avverrà infine lo scarico a gravità nello scolo consorziale "Cardinala" tramite apposita condotta.

I punti di scarico delle acque meteoriche scolate dalle diverse sottoaree dell'Impianto sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 7-3: Indicazione dei corpi idrici recettori e dei punti di scarico delle Aree di progetto

Aree	Sottoaree	Corpo idrico di scolo	Ubicazione punto di scolo
		m2	m2
1	1	Scolo consorziale "Cardinala"	A sud del lotto
	2		
2	3		A Nord del lotto
	4		

Si faccia riferimento alle tavole di progetto Tavn.02-28a-28b, intitolate "Layout impianto di drenaggio e invarianza idraulica - area 1/area 2", per la rappresentazione grafica e l'ubicazione esatta dei punti di scarico. Per ulteriori approfondimenti, consultare gli Allegati 10 "Relazione idrologica e idraulica" e 11 "Sistema di drenaggio".

7.3 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLA LINEA A 36 KV

I cavi a 36 kV interrati dell'impianto fotovoltaico (Dorsali a 36kV) collegano i gruppi di conversione al quadro installato nella Cabina Utente, dal quale partirà la Linea a 36 kV verso la SE RTN "Portomaggiore".

Il tracciato dei cavidotti a 36 kV si può perciò distinguere in:

- **Interno al perimetro dell'impianto agrivoltaico (Dorsali a 36 kV):** interessa il collegamento delle power station in ciascuna delle aree costituenti il campo fotovoltaico. La posa dei cavi è esclusivamente in terreno agricolo;
- **Esterno al perimetro dell'impianto (Linea a 36kV):** Il collegamento dell'Impianto alla Stazione RTN "Portomaggiore" verrà realizzato attraverso una linea a 36 kV, che si collegherà allo stallo Produttore dedicato, situato nella sezione 36 kV della Stazione RTN. Accanto alla linea a 36 kV, verranno posati cavi in fibra ottica per consentire lo scambio di segnali, controlli e misurazioni con la Stazione "Portomaggiore". Il tracciato della Linea a 36 kV seguirà prevalentemente la viabilità pubblica comunale, ad eccezione di brevi tratti che attraverseranno terreni di privati.

Il tracciato di progetto della Linea a 36 kV prevede attraversamenti in subalveo di diversi scoli consorziali a cielo aperto e ponticelli tramite tecnologia TOC, attraversamenti di scoli consorziali su manufatti esistenti e diversi tratti di parallelismo con i canali di bonifica.

Le interferenze tra la Linea a 36 kV e le reti interrante/canali/reticolo idrografico esistenti sono identificate nella Tav.02_22 "Planimetria - Identificazione Interferenze Dorsali 36 kV e Linea 36 kV".

La possibilità di realizzare tali attraversamenti è subordinata all'ottenimento di una specifica concessione da parte del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara. A tal fine, nel rispetto dell'Art. 4 del Regolamento del Consorzio gli attraversamenti dovranno essere realizzati in modo tale da ridurre al minimo l'interferenza dell'opera in progetto con le opere e manufatti consorziali.

Nell' specifico, nel caso dei sopracitati attraversamenti in sub-alveo di canali a cielo aperto, la distanza di progetto tra la sommità dei cavidotti ed il fondo attuale del canale sarà di circa 3 m per tutta l'estensione longitudinale dell'attraversamento. È inoltre prevista la stabilizzazione delle scarpate e del fondo del canale per 5 m (2,5 m + 2,5 m rispetto l'asse della condotta) di lunghezza dello stesso.

Sono inoltre previsti alcuni attraversamenti di scoli consorziali mediante passaggio su di manufatti esistenti: in tal caso questi verranno realizzati in modo tale da non diminuire né interferire con la sezione idraulica del canale consorziale, mantenendo una distanza di almeno 20 cm dall'estradosso superiore della canna del manufatto.

Inoltre, in caso di attraversamenti in subalveo di manufatti, la sommità delle condotte, da ciglio a ciglio, dovranno essere previste ad una profondità minima di m. 2,00 dal fondo di progetto del canale.

Nel caso invece di parallelismi delle dorsali con scoli consorziali verrà mantenuta una distanza minima di 4 m a partire dal ciglio del canale a cielo aperto (o piede dell'argine a lato campagna a seconda del contesto) oppure dal "ciglio virtuale" del canale tombinato oggetto di interesse.

Per ulteriori approfondimenti, si faccia riferimento all'Allegato 10 "Relazione idrologica e idraulica".

8. CRONOPROGRAMMA

La Società prevede che i lavori per la costruzione dell'Impianto, della Linea a 36 kV e delle opere elettriche di Utenza richiederanno un tempo complessivo di circa 15 mesi. Completate le attività di commissioning, che si stima richiederanno circa 4 mesi, l'impianto sarà pronto per l'energizzazione. I tempi di realizzazione della nuova stazione RTN 380/132/36 kV "Portomaggiore" saranno di circa 21 mesi; tuttavia, considerando che la costruzione della stazione, già autorizzata, sarà avviata dal gestore di rete prima della realizzazione dell'impianto, non si prevedono interruzioni nei tempi di completamento ed energizzazione del progetto.

Relativamente alle attività agricole, si prevedono le seguenti tempistiche:

- I lavori di livellamento del terreno, della durata di circa 2 mesi, verranno eseguiti prima dell'inizio della costruzione dell'impianto agrivoltaico, con l'impiego di due mezzi per l'intera area del progetto;
- La posa dei dreni elementari e il loro collegamento ai tubi collettori richiederà anch'essa circa 2 mesi;
- Dopo l'installazione delle recinzioni e dei cancelli, si procederà con la piantumazione della fascia perimetrale di mitigazione, posta all'esterno della recinzione.

Durante la costruzione dell'impianto, le attività agricole all'interno della recinzione verranno temporaneamente sospese e riprenderanno al termine delle operazioni di montaggio e commissioning.

Questa programmazione rispetta il requisito della PAC, che stabilisce di non interrompere la coltivazione dello stesso suolo per un periodo superiore ai 2 anni consecutivi.

Per maggiori dettagli, si rimanda all'Allegato 01.

9. COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO

La fase di costruzione dell'Impianto e dei relativi sistemi di gestione delle acque meteoriche si articola in diverse attività suddivisibili in tre principali categorie:

1. Opere di Drenaggio e Regimazione delle Acque

Queste opere sono finalizzate a garantire l'invarianza idraulica del sito, ovvero la capacità di gestire le acque piovane senza alterare il naturale deflusso. Inizialmente si interviene livellando e regolando le pendenze del terreno per favorire lo scorrimento dell'acqua nelle direzioni prestabilite. Successivamente, si procede con la posa dei tubi drenanti mediante macchinari specifici, scegliendo tra posadreni a talpa, che consentono un intervento più rapido, o macchinari con escavatore a catenaria, che operano tramite la creazione di trincee. Inoltre, vengono realizzati invasi per la raccolta delle acque piovane, previsti in punti strategici per regolare i flussi verso i corsi d'acqua limitrofi, con l'installazione di collettori in PVC e dispositivi anti-riflusso.

2. Costruzione dell'Impianto Agrivoltaico con SdA

Questa categoria comprende tutte le attività legate all'installazione dell'impianto. Inizialmente si effettua l'accantieramento, con la predisposizione delle aree di stoccaggio e parcheggio all'interno del sito. Successivamente, si costruiscono le strade interne per facilitare la movimentazione dei materiali e l'installazione delle power stations e dei container batterie. Si prosegue poi con l'installazione della recinzione perimetrale, dei cancelli e con la posa dei pali di supporto delle strutture metalliche. Le strutture vengono poi assemblate e si procede con l'installazione e il collegamento dei moduli fotovoltaici.

Un'attività cruciale è la realizzazione dei cavidotti e la posa dei cavi, che includono sia i collegamenti per l'alimentazione e la trasmissione dati, sia i cavi di media tensione necessari per il collegamento alla rete. I cavi vengono posati a profondità variabili (generalmente non meno di 1,2 metri) per garantire che le operazioni agricole non siano ostacolate. Completata questa fase, si installano le power stations, i container batterie e le cabine prefabbricate, montate tramite autogrù, e si eseguono i collegamenti elettrici necessari.

Infine, si completano le opere accessorie, come la posa del sistema di videosorveglianza e la rifinitura delle aree circostanti, con la realizzazione di piazzali e strade interne stabili e drenanti.

3. Attività Agricole

L'attività agricola all'interno dell'impianto è sospesa durante la fase di costruzione per garantire la sicurezza e la corretta gestione dei lavori. Tuttavia, sono previste operazioni preliminari quali il livellamento del terreno e l'installazione del sistema di drenaggio, nonché la piantumazione della fascia perimetrale con specie autoctone. Terminata la costruzione, le coltivazioni previste potranno riprendere, con modalità organizzative che consentono di preservare i titoli agricoli PAC, evitando interruzioni superiori ai 24 mesi.

9.1 ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO E DELLE OPERE DI UTENZA

9.1.1 CANTIERIZZAZIONE E STOCCAGGIO TEMPORANEO

L'area destinata alla cantierizzazione e al deposito dei materiali è suddivisa in più sezioni all'interno del perimetro del cantiere, secondo quanto indicato nella planimetria generale dell'impianto (TAV_02_18 "Layout - Aree di stoccaggio e cantiere"). Complessivamente, le aree di stoccaggio e cantiere copriranno una superficie di circa 15.500 metri quadrati, distribuita come segue:

- Area Uffici, Spogliatoi, Mense e WC: 1.545 m², dedicata ai locali di servizio e alle strutture necessarie per il personale operativo;
- Area Parcheggio: 980 m², predisposta per i veicoli del personale e degli operatori;
- Aree di Stoccaggio Provvisorio per Materiali da Costruzione: 5.900 m², destinate alla conservazione temporanea di materiali, componenti e attrezzature per la costruzione dell'impianto;
- Aree di Deposito Provvisorio di Materiali di Risulta: 5.790 m², utilizzate per lo stoccaggio di terreni e altri materiali di scavo che verranno riutilizzati o smaltiti.
- Aree di Deposito Rifiuti: 1.200 m², riservate al deposito dei rifiuti prodotti durante i lavori, nel rispetto delle normative vigenti sulla gestione dei rifiuti in cantiere.

Queste aree sono state attentamente progettate per garantire una gestione ottimale dello spazio, facilitare il trasporto e la movimentazione dei materiali e rispettare i criteri di sicurezza. L'organizzazione delle aree di cantiere è stata pensata per ridurre al minimo le interferenze con le attività di costruzione e con le future operazioni agricole previste all'interno del parco.

9.1.2 REALIZZAZIONE DEI CAVIDOTTI E POSA DEI CAVI

Per la posa dei cavi all'interno dell'impianto saranno realizzati due distinti sistemi di cavidotti:

- Cavidotti per cavi BT e Cavi Dati: utilizzati per la distribuzione dell'energia prodotta dai moduli fotovoltaici e stoccata nelle batterie e per la trasmissione dei dati (RS485 e fibra ottica) tra i vari dispositivi dell'impianto;
- Cavidotti per cavi MT da 36 kV: utilizzati per il collegamento delle power station alla Cabina Utente.

I cavi saranno posati all'interno di scavi a sezione obbligata, con una profondità minima di 1,2 metri, salvo diversa indicazione in base al tipo di terreno. Le operazioni di posa seguiranno precise fasi:

1. Preparazione del terreno: gli scavi vengono realizzati con escavatori cingolati, rispettando larghezza e profondità variabili a seconda del numero di cavi da posare. Durante questa operazione, il terreno scavato viene temporaneamente stoccato ai bordi dello scavo;
2. Posa della Rete di Terra: prima della posa dei cavi principali, viene collocata una corda di rame nuda per la creazione della rete di terra dell'impianto, assicurando la protezione elettrica delle strutture e dei dispositivi;
3. Preparazione del letto di Posa: viene steso uno strato di sabbia lavata sul fondo dello scavo per garantire una base omogenea e stabile su cui posizionare i cavi;
4. Posa dei cavi: I cavi, che possono essere protetti con tubazioni corrugate se necessario, vengono posati manualmente con l'ausilio di stendicavi e con attenzione al rispetto delle distanze previste dalle normative;
5. Protezione dei cavi e rinterro: dopo la posa, i cavi vengono coperti con un ulteriore strato di sabbia e dotati di un nastro segnalatore. Successivamente, lo scavo viene rinterrato utilizzando il terreno precedentemente stoccato.

9.1.3 POSA DELLA RETE DI TERRA

La rete di terra, realizzata con corda di rame nuda, viene posata lungo le trincee realizzate per i cavidotti e, successivamente, collegata a tutti i punti metallici dell'impianto. Per garantire la sicurezza elettrica dell'impianto, si prevede anche la posa di dispersori verticali (puntazze) in prossimità delle cabine e delle power stations, a una profondità di 1,2 metri.

9.1.4 REALIZZAZIONE DELLE STRADE E DEI PIAZZALI

La realizzazione delle strade interne e dei piazzali è fondamentale per garantire l'accessibilità durante tutte le fasi di costruzione e manutenzione dell'impianto. Le strade sono progettate con una carreggiata minima di 3,5 metri e realizzate a livello del piano di campagna per non ostacolare il deflusso delle acque meteoriche e favorire il transito e l'attraversamento dei mezzi agricoli. Le fasi di costruzione prevedono:

1. Scotico del sottofondo: rimozione di circa 30 cm di terreno superficiale e, dove necessario, spianamento del sottofondo;
2. Rullatura del sottofondo: compattazione del terreno esistente per garantire la stabilità della fondazione stradale;
3. Posa del geotessile: viene steso un geotessile in tessuto non tessuto (tnt 200 g/mq) per migliorare la capacità drenante e prevenire la miscelazione del materiale di fondazione con il terreno sottostante;
4. Formazione della fondazione stradale: viene steso e compattato uno strato di misto granulare stabilizzato di circa 30 cm, seguito da una finitura superficiale in misto granulare per 10 cm;
5. Realizzazione di cunette laterali: nei tratti necessari, vengono create cunette per la raccolta e lo smaltimento delle acque superficiali;
6. Pavimentazione ecologica: laddove ritenuto opportuno, si prevede l'installazione di idonea pavimentazione ecologica con materiali atti a garantire la portanza necessaria per il passaggio dei mezzi sia di manutenzione che agricoli. È espressamente escluso l'utilizzo di asfalto all'interno delle aree di impianto.

9.1.5 INSTALLAZIONE DELLA RECINZIONE E DEI CANCELLI

Le aree dell'impianto saranno completamente recintate per garantire la sicurezza e proteggere le installazioni da accessi non autorizzati. La recinzione sarà realizzata con rete metallica ancorata a pali infissi direttamente nel terreno, evitando la necessità di scavi. I cancelli carrabili e pedonali permetteranno l'accesso del personale e dei veicoli agricoli per le operazioni di manutenzione e gestione dell'impianto.

Questa suddivisione in fasi garantisce un'esecuzione ordinata e metodica dei lavori, rispettando le tempistiche previste e assicurando un'elevata qualità delle opere realizzate.

9.1.6 INSTALLAZIONE DELLE STRUTTURE DI SOSTEGNO: BATTITURA DEI PALI

Dopo aver completato la viabilità interna dell'impianto, si procede con lo stadio di picchettamento delle posizioni dei montanti verticali, utilizzando un sistema di posizionamento topografico GPS (o equivalente) per garantire la massima precisione. Ogni montante viene posizionato esattamente in base al progetto, rispettando le distanze e gli allineamenti previsti.

Successivamente, i profilati metallici necessari per il montaggio della struttura vengono distribuiti lungo le linee di installazione tramite l'uso di carrelli elevatori (tipo "merlo"), assicurando che ogni elemento sia pronto per la stadio di infissione nel terreno. Per eseguire la battitura dei pali, vengono utilizzate battipalo cingolate, che permettono un'installazione rapida ed efficiente, garantendo la corretta penetrazione dei montanti nel suolo fino alla profondità necessaria per assicurare la stabilità dell'intera struttura.

Questa fase può essere eseguita contemporaneamente in diverse aree dell'impianto per velocizzare le operazioni, adattandosi alla configurazione modulare del sito e alle condizioni di accesso disponibili.

9.1.7 MONTAGGIO DELLE STRUTTURE DI SOSTEGNO FISSE

Una volta completata l'infissione dei montanti verticali, si procede con l'assemblaggio delle strutture di supporto orizzontali, che costituiscono l'ossatura fissa del campo fotovoltaico. Le principali operazioni previste sono le seguenti:

1. Distribuzione dei Profilati Metallici: I componenti orizzontali vengono trasportati e distribuiti lungo le file di montanti, utilizzando mezzi di cantiere dedicati come carrelli elevatori o piattaforme di sollevamento. Questo passaggio viene effettuato seguendo un piano di montaggio predeterminato, per ridurre al minimo i tempi di spostamento e ottimizzare la sequenza di assemblaggio;
2. Montaggio delle Strutture di Sostegno: I profilati metallici vengono installati e fissati ai montanti verticali con l'uso di avvitatori elettrici e chiavi dinamometriche, garantendo così un serraggio omogeneo e sicuro. L'intera struttura viene assemblata con un focus particolare sulla stabilità e la resistenza, in modo da sostenere correttamente il peso dei moduli fotovoltaici e resistere alle sollecitazioni ambientali, come vento e neve;
3. Installazione degli Accessori della Struttura: In questa fase, vengono montati anche tutti i componenti accessori necessari al funzionamento dell'impianto, come le cassette di giunzione (string box) per il cablaggio dei moduli e le scatole di derivazione per la distribuzione dei cavi elettrici. Vengono inoltre predisposti i punti di fissaggio per l'eventuale installazione di dispositivi di monitoraggio o sensori ambientali, se previsti dal progetto;
4. Posizionamento e Fissaggio dei Cavi: I cavi solari (DC) vengono posati lungo le strutture e fissati tramite fascette o supporti metallici, per garantire che rimangano protetti e ben ordinati durante il ciclo di vita dell'impianto. Questo passaggio è fondamentale per evitare danni meccanici ai cavi e assicurare che non interferiscano con le operazioni di manutenzione ordinaria;
5. Verifica Finale e Regolazione delle Strutture: Completato il montaggio, si eseguono controlli di allineamento e verifiche statiche per confermare che ogni componente sia correttamente posizionato e fissato. Eventuali regolazioni vengono effettuate per garantire la planarità e l'uniformità di tutte le file, massimizzando così l'efficienza dell'impianto.

Con la struttura fissa completata e pronta per supportare i moduli fotovoltaici, si passa alla fase successiva di installazione e cablaggio dei pannelli, assicurando che l'intero sistema sia stabile e conforme ai requisiti progettuali.

9.1.8 INSTALLAZIONE DEI MODULI FOTOVOLTAICI

Completato l'assemblaggio delle strutture, si passa alla posa dei moduli fotovoltaici. Questi vengono trasportati in loco tramite carrelli elevatori e distribuiti lungo le file di montanti. L'installazione dei moduli avviene manualmente, utilizzando avvitatori elettrici e chiavi dinamometriche per garantire un fissaggio sicuro e preciso.

Una volta fissati i moduli alla struttura, si procede con il cablaggio elettrico. Ogni modulo viene collegato in serie con quelli adiacenti per formare le stringhe solari, e i cavi di stringa vengono raccolti nelle cassette di giunzione per facilitare la successiva connessione con l'inverter.

9.1.9 REALIZZAZIONE DELLE FONDAZIONI PER POWER STATIONS, CABINE AUSILIARIE E DEI CONTAINER BATTERIE

Le fondazioni delle Power Stations (unità di conversione dell'energia), delle cabine ausiliarie e dei container batterie sono preparate con attenzione per garantire una base solida e stabile. Gli elementi strutturali, che

possono essere sia prefabbricati in cemento che metallici, vengono montati su un piano di posa regolarizzato con conglomerato cementizio o misto frantumato di cava, a seconda delle esigenze specifiche del sito.

In alternativa, in base alla tipologia e alle dimensioni delle cabine, possono essere realizzate solette in calcestruzzo personalizzate, definite durante la fase esecutiva del progetto per garantire un ancoraggio sicuro e stabile.

9.1.10 INSTALLAZIONE DELLE POWER STATIONS, CABINE AUSILIARIE E DEI CONTAINER BATTERIE

Una volta completate le fondazioni e preparati i piazzali interni, si procede con l'installazione delle Power Stations, dei container batterie e delle cabine prefabbricate. Questi componenti arrivano sul sito già assemblati e vengono posizionati con l'ausilio di autogrù.

Dopo l'installazione fisica, si esegue la posa dei cavi di connessione nelle sottovasche e si completano i collegamenti elettrici con l'impianto. Si esegue quindi la sigillatura esterna di eventuali aperture e si rinforzano i giunti con materiale stabilizzato o calcestruzzo per garantire l'impermeabilità e la durabilità delle strutture.

9.1.11 REALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO UTENTE

L'Edificio Utente sarà costruito in sito seguendo le seguenti fasi operative:

1. Realizzazione delle Fondazioni: Vengono scavate le fondazioni, seguite dalla posa di un conglomerato cementizio magro per creare una base solida su cui poggerà la struttura.
2. Posa della Rete di Terra: Attorno al perimetro dell'edificio, a una profondità di circa 0,8 metri, viene posata una corda di rame nuda, con l'integrazione di puntazze (dispersori verticali) per garantire la messa a terra dell'edificio.
3. Costruzione della Struttura Muraria: Viene poi completata la costruzione delle pareti e del tetto dell'edificio, utilizzando materiali resistenti e durevoli, come indicato nel progetto.
4. Installazione dei Componenti Elettromeccanici: I componenti elettromeccanici necessari, come trasformatori e quadri elettrici, vengono trasportati e installati all'interno dell'edificio, con il supporto di macchinari per la movimentazione pesante.
5. Posa dei Cavi a 36 kV e Bassa Tensione (BT): Vengono posati i cavi di media e bassa tensione, rispettando i criteri di sicurezza e le distanze minime tra i diversi circuiti.
6. Sigillatura Esterna e Finitura delle Aree: Al termine dei lavori, si eseguono le sigillature e si ripristinano le aree circostanti con materiale stabilizzato, completando la costruzione dell'edificio.

9.1.12 REALIZZAZIONE DEI CAVIDOTTI E POSA DELLA LINEA A 36 KV

Per la connessione della Cabina Utente allo stallo produttore della Stazione RTN, verranno realizzati cavidotti interrati, seguendo le stesse modalità descritte per i cavidotti a media tensione da 36 kV. I cavi saranno posati in modo tale da garantire la protezione meccanica e la conformità con le normative CEI.

Per la posa della Linea 36 kV lungo le strade comunali, le attività prevedono l'esecuzione di fresature dell'asfalto, lo scavo a sezione obbligata, e la posa dei cavi e dei sistemi di protezione in un secondo momento, in accordo con le normative locali.

9.1.13 SISTEMAZIONE FINALE DELLE AREE

Terminata l'installazione delle principali strutture e dei componenti elettrici, si procede con la rifinitura delle aree circostanti. Intorno alle Power Stations, ai container batterie e alle cabine si realizzano cordoli perimetrali in calcestruzzo e si sistemano le superfici con misto stabilizzato per facilitare l'accesso e migliorare l'estetica complessiva del sito. Le strade e i piazzali vengono livellati e compattati per garantire una superficie stabile e drenante.

9.1.14 INSTALLAZIONE DEL SISTEMA ANTINTRUSIONE E VIDEOSORVEGLIANZA

In parallelo alla costruzione delle strutture principali, si procede con l'installazione del sistema di sicurezza perimetrale. Questo comprende sia il sistema antintrusione che il sistema di videosorveglianza (TVCC). I cavi di alimentazione e i cavi dati vengono posati lungo cavidotti dedicati realizzati perimetralmente al sito.

Vengono poi installati pali in acciaio di 4,5 metri di altezza circa con telecamere di sorveglianza in corrispondenza di ogni cambio di direzione e a intervalli regolari lungo i tratti rettilinei. I sensori antintrusione vengono collegati e configurati per garantire la sicurezza dell'impianto in ogni sua parte.

9.1.15 OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

Dove necessario, vengono realizzati ulteriori sistemi di drenaggio, come trincee drenanti o cunette in terra lungo le strade interne per prevenire ristagni idrici. Questi interventi sono progettati per integrarsi con le attività agricole, posizionando i drenaggi a profondità superiori a 0,8 metri, in modo da non interferire con le operazioni di coltivazione.

9.1.16 RIPRISTINO DELLE AREE DI CANTIERE

A completamento dei lavori di costruzione, si provvede al ripristino delle aree temporaneamente occupate. Tutti i materiali in eccesso vengono rimossi, le aree di deposito vengono pulite e gli spazi utilizzati vengono riportati allo stato originario, garantendo che il terreno sia pronto per la ripresa delle attività agricole o per l'uso successivo stabilito dal progetto.

9.2 LAVORI AGRICOLI

Durante la costruzione dell'impianto, le attività agricole all'interno dell'area interessata saranno sospese per garantire la sicurezza e l'efficienza delle operazioni di cantiere. Tale interruzione è necessaria per consentire il corretto svolgimento dei lavori di costruzione e ridurre al minimo le possibili interferenze tra i macchinari in movimento e le attività agricole.

Al termine dei lavori di costruzione, le coltivazioni riprenderanno secondo le modalità operative descritte nel piano colturale. La ripresa delle attività agricole sarà organizzata in modo progressivo, compatibilmente con il completamento delle diverse aree dell'impianto. Questo approccio consentirà di mantenere i titoli agricoli PAC della Società Agricola, evitando sospensioni delle attività agricole superiori a 24 mesi, come previsto dalle normative vigenti.

Durante la stadio di cantiere, tuttavia, verranno eseguite alcune lavorazioni preliminari e propedeutiche alla successiva ripresa delle coltivazioni. Queste operazioni includono:

1. Livellamento del terreno agricolo e assestamento delle pendenze: Si provvede a una regolarizzazione del terreno per garantire un'adeguata superficie per le future coltivazioni.
2. Posa del sistema di drenaggio: Installazione di tubazioni drenanti per migliorare la gestione delle acque e prevenire fenomeni di ristagno, assicurando così un suolo idoneo alla coltivazione.
3. Piantumazione della fascia perimetrale di mitigazione: Lungo il perimetro dell'impianto, esternamente alla recinzione, verranno piantumate specie vegetali autoctone per creare una fascia arborea che funge sia da schermo visivo che da elemento di mitigazione ambientale.

Queste attività preparatorie permetteranno di predisporre adeguatamente il terreno per un rapido avvio delle coltivazioni una volta terminata la fase di costruzione, consentendo una coesistenza ottimale tra l'impianto fotovoltaico e le coltivazioni agricole previste dal progetto agrivoltaico.

9.3 PERSONALE IN FASE DI CANTIERE

La realizzazione dell'Impianto Agrivoltaico, della Cabina Utente e della Linea a 36 kV, dalla progettazione esecutiva fino all'entrata in esercizio, richiederà un considerevole impiego di personale qualificato per le diverse attività previste. Il team includerà tecnici specializzati per la progettazione esecutiva e le analisi preliminari in campo, personale addetto agli acquisti e ai contratti di appalto, manager e ingegneri per la gestione del progetto e la direzione dei lavori, esperti di sicurezza, tecnici per le opere civili, meccaniche ed elettriche, oltre a operatori agricoli per le attività preparatorie alla coltivazione e alla realizzazione della fascia arborea.

La tabella seguente riporta il numero indicativo di persone al picco di presenza (ovvero presenti contemporaneamente in cantiere) coinvolte nelle diverse tipologie di attività, oltre alle ore uomo complessive stimate per ciascuna fase lavorativa.

Tabella 9-1: Personale in fase di cantiere

Attività	Numero di persone picco	Ore uomo complessive
Progettazione esecutiva e analisi in campo	7	8000
Acquisti e appalti	1	1000
Project Management, Direzione lavori, coordinatori sicurezza, responsabile lavori e collaudatore	5	4500
Supervisione e sicurezza	3	5000
Lavori civili	12	11500
Lavori meccanici	22	19000
Lavori elettrici	18	13000
Lavori agricoli	4	2000
TOTALE	72	64000

9.4 ATTREZZATURE E AUTOMEZZI

Nella tavola seguente si riporta l'elenco degli automezzi previsti per le diverse fasi operative del cantiere, finalizzate alla costruzione dell'Impianto Agrivoltaico, della Cabina Utente e della Linea a 36 kV.

Tabella 9-2: Automezzi in fase di cantiere

Tipologia	Numero di automezzi impiegati
Escavatore cingolato	3
Battipalo	2
Muletto	2
Carrelli elevatori da cantiere	2
Pala cingolata	2
Autocarro mezzo d'opera	2
Rullo compattatore	1
Camion con gru	1
Autogru	1
Camion con rimorchio	2
Furgoni e auto da cantiere	2
Autobetoniera	1
Pompa per calcestruzzo	1
Bobcat	2
Trivellatrice	1
Macchine trattrici	1
Livellatrice	1
Posadreni	1
Carrello porta bobine	1
Trencher posa cavi	1
TOTALE	30

Inoltre, per questa fase è previsto l'impiego di diverse attrezzature specifiche. Saranno utilizzate funi di canapa, nylon e acciaio con ganci a collare, insieme a strumenti portatili manuali ed elettrici, come avvitatori, trapani e smerigliatrici. Verranno adottate anche scale portatili e un gruppo elettrogeno, oltre a saldatrici del tipo a elettrodo o a filo da 380 V. Il cantiere sarà dotato di ponteggi mobili, cavalletti, pedane, tranciacavi e pressacavi. Altri strumenti essenziali comprendono tester, fresatrice a rullo, trancher, ripper agricolo, spandiconcime a doppio disco, frangizolle e livellatrice.

Tabella 9-3: Attrezzature in fase di cantiere

Tipologia di Attrezzatura
Funi di canapa, nylon e acciaio con ganci a collare
Strumenti portatili manuali ed elettrici (avvitatori, trapani, smerigliatrici)
Scale portatili
Gruppo elettrogeno
Saldatrici (a elettrodo o a filo da 380 V)
Ponteggi mobili

Cavalletti
Pedane
Tranciacavi
Pressacavi
Tester
Fresatrice a rullo
Trancher
Ripper agricolo
Spandiconcime a doppio disco
Frangizolle
Livellatrice

10. PROVE E MESSA IN SERVIZIO

Conclusa la costruzione dell'Impianto, si procede con la fase dei collaudi ("commissioning"), durante la quale vengono effettuati tutti i test e le ispezioni visive necessari a verificare il corretto funzionamento e la sicurezza dei principali sistemi e delle apparecchiature installate. Questa fase rappresenta un passaggio cruciale, in quanto garantisce che l'impianto sia stato realizzato conformemente al progetto e che rispetti gli standard tecnici e normativi di riferimento.

Il commissioning comprende una serie di prove specifiche, tra cui: verifica dei livelli di tensione e corrente dei moduli fotovoltaici (V_{oc} , I_{sc}), verifica della continuità elettrica, controllo dei dispositivi di protezione e della messa a terra, verifica dell'isolamento dei circuiti elettrici e controllo della polarità. In aggiunta, vengono eseguiti test di accensione, spegnimento e verifica della risposta dell'impianto in caso di assenza della rete esterna.

Per quanto riguarda il BESS, verranno eseguite controlli specifici e prove funzionali in accordo alla normativa applicabile ed alle procedure dei fornitori (a titolo esemplificativo test di capacità, efficienza di carica e scarica, e verifica del sistema di gestione delle batterie, insieme a prove per assicurare il corretto funzionamento del sistema di raffreddamento).

Per la Cabina Utente verranno eseguiti vari test nel rispetto degli standard di riferimento per verificare il corretto funzionamento dei diversi componenti.

Dopo il collaudo e l'energizzazione della cabina elettrica, l'impianto verrà sottoposto a una serie di prove di performance per ottenere l'accettazione provvisoria. Per l'entrata in esercizio e l'autorizzazione all'immissione in rete della potenza prodotta, dovranno essere effettuati ulteriori test in conformità alle specifiche tecniche previste da Terna.

La durata complessiva della fase di commissioning è stimata in circa 4 mesi.

10.1 COLLAUDO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO

Tutti i principali componenti elettrici dell'impianto (moduli, inverter, quadri, trasformatori, batterie) saranno sottoposti a collaudi preliminari in fabbrica, eseguiti secondo le normative di settore, le prescrizioni di progetto e i piani di controllo qualità stabiliti dai fornitori. Prima dell'installazione, verrà effettuato un ulteriore controllo in cantiere per accertarsi che i materiali non abbiano subito danni durante il trasporto e siano conformi alle specifiche di progetto.

Al termine dell'installazione e prima della attivazione, viene eseguita una verifica completa dell'impianto per garantire la conformità alle normative e alle specifiche di progetto, in accordo con la guida CEI 82-25. Le principali prove da effettuare includono:

- Verifica della continuità elettrica e connessione tra i moduli fotovoltaici;
- Verifica del sistema di accumulo mediante controlli specifici e prove funzionali in accordo alla normativa applicabile ed alle procedure dei fornitori;
- Controllo della continuità dell'impianto di messa a terra e della corretta connessione delle masse metalliche;
- Verifica dell'isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;
- Test di funzionamento dell'impianto agrivoltaico in diverse condizioni operative (accensione, spegnimento, assenza di rete esterna);

- Misura della potenza prodotta dal generatore fotovoltaico e dal gruppo di conversione, secondo le indicazioni della guida.

Questi test devono essere eseguiti dall'installatore certificato, il quale rilascerà una dichiarazione attestante l'esito delle verifiche effettuate.

10.2 FASE DI TESTING PER L'ACCETTAZIONE PROVVISORIA

Con l'energizzazione della sottostazione elettrica, il sistema deve essere sottoposto a una stadio di testing per valutare la performance complessiva dell'impianto e ottenere l'accettazione provvisoria. I test includono:

- Verifica dei dati di monitoraggio (irraggiamento solare e temperatura);
- Calcolo del "Performance Ratio" (PR) dell'impianto;
- Controllo della disponibilità tecnica dell'impianto.

Il test di performance ha l'obiettivo di verificare che l'energia prodotta e immessa in rete corrisponda alle aspettative progettuali. Inoltre, i risultati ottenuti saranno utilizzati come riferimento per confronti futuri durante il normale esercizio dell'impianto, al fine di monitorare eventuali fenomeni di degradazione.

10.3 PROVE E MESSA IN SERVIZIO DELLE OPERE ELETTRICHE DI UTENZA

Conclusa la costruzione, per assicurare che l'impianto sia conforme al progetto e agli standard, è necessario effettuare delle prove in sito sulle apparecchiature e sui componenti delle opere elettriche di utenza. Queste prove devono essere eseguite prima dell'energizzazione del quadro a 36 kV e dei sistemi ausiliari, per rilevare possibili difetti dovuti al trasporto o all'installazione. I principali test da effettuare sono:

- Misura della tensione di passo e contatto della rete di terra;
- Prove funzionali degli organi di manovra e interruzione;
- Verifiche di isolamento dei circuiti primari e secondari;
- Controllo degli interblocchi di sicurezza elettrica;
- Verifica della messa a terra delle apparecchiature;
- Test del generatore di emergenza;
- Prove funzionali dei sistemi di controllo, misura e protezione.

Al termine delle prove, sarà necessario ottenere l'autorizzazione da Terna per l'entrata in esercizio dell'impianto.

10.4 PERSONALE IN FASE DI COMMISSIONING

Durante il commissioning è previsto l'impiego di tecnici altamente qualificati (ingegneri elettrici e meccanici), per le verifiche di campo e i collaudi, come riportato nella seguente tabella.

Tabella 10-1: Personale in fase di commissioning

Attività	Numero di persone	Ore uomo
Collaudi e start up	10	2500
TOTALE	10	2500

10.5 ATTREZZATURE E AUTOMEZZI IN FASE DI COMMISSIONING E AVVIO

Per l'esecuzione delle attività di commissioning, è previsto l'utilizzo di due furgoni e autovetture da cantiere, oltre a varie attrezzature, tra cui chiavi dinamometriche, tester multifunzionali, avvitatori elettrici, scale portatili, ponteggi mobili, cavalletti, pedane, gruppo elettrogeno, termocamera e Megger e drone.

Tabella 10-2: Attrezzature e Automezzi in Fase di Commissioning e Avvio

Elemento
Furgoni (2) e autovetture da cantiere
Chiavi dinamometriche
Tester multifunzionali
Avvitatori elettrici
Scale portatili
Ponteggi mobili
Cavalletti
Pedane
Gruppo elettrogeno
Termocamera
Megger
Drone

11. ESERCIZIO DELL'IMPIANTO

11.1 PRODUCIBILITÀ ENERGETICA

Per il calcolo della producibilità attesa dell'impianto in oggetto, è stato utilizzato il software PVsyst versione 7.4. Esso elabora una simulazione accurata del funzionamento dell'impianto, basandosi su dati meteorologici specifici del sito, come l'irraggiamento solare, la temperatura e la velocità del vento.

Il software considera la configurazione dell'impianto, inclusi l'inclinazione dei pannelli, l'orientamento e la tipologia delle strutture, simulando il rendimento complessivo. Inoltre, tiene conto di diversi fattori di perdita, come ombreggiamenti, cablaggio e inefficienze di sistema.

Di seguito viene riportata la distribuzione di probabilità della produzione attesa dell'impianto.

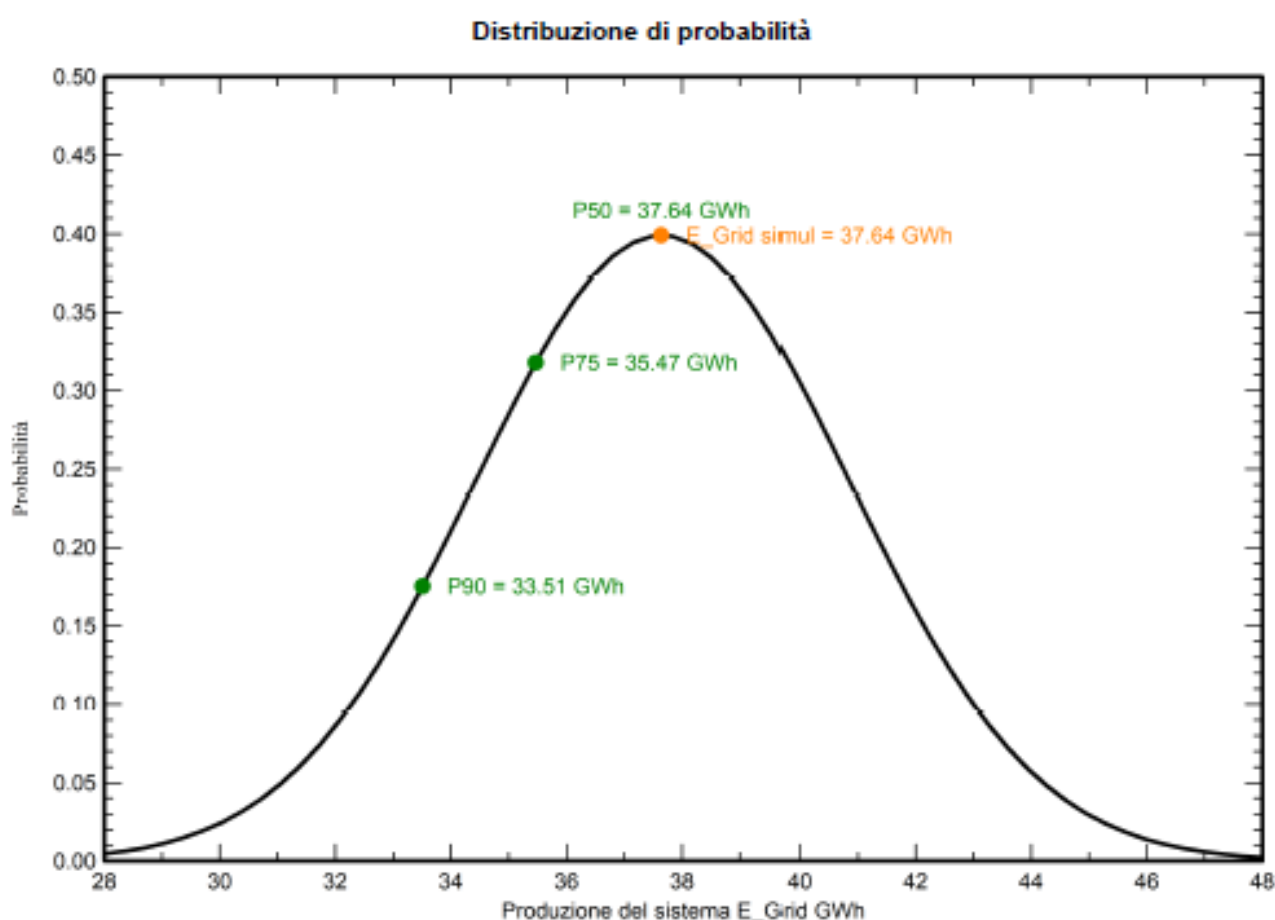


Figura 11-1: Distribuzione di probabilità produzione dell'impianto

Tabella 11-1: Producibilità attesa

Descrizione	Energia prodotta (GWh/anno)	Produzione specifica (kWh/kWp/anno)
Producibilità attesa a P50	37.64	1507
Producibilità attesa a P75	35.47	1420
Producibilità attesa a P90	33.51	1342

Il controllo periodico dell'energia prodotta sarà effettuato da remoto, avendo accesso ai dati del contatore di misura fiscale dell'energia erogata e prelevata dall'impianto. Non è prevista l'assunzione di personale diretto da parte della Società, da dislocare in loco, che si occupi della gestione dell'impianto.

Per ulteriori dettagli si rimanda all'Allegato N,03 "Stima di producibilità".

11.2 RUMORE

Le fonti di rumore all'interno dell'impianto sono riconducibili a:

- Il funzionamento di apparecchiature elettriche, quali trasformatori e inverter, nelle power stations e nelle cabine di controllo;
- Il funzionamento del sistema di raffreddamento/condizionamento dei container batterie che garantiscono il controllo termico necessario per il corretto funzionamento delle batterie.

Per quanto riguarda la Cabina Utente, non sono presenti fonti di rumore continuo. Gli interruttori all'interno di questa struttura possono generare rumore solo in casi eccezionali, come durante manovre occasionali e di breve durata, risultando comunque contenuti entro i limiti stabiliti dal DPCM 01/03/1991 e dalla legge quadro sull'inquinamento acustico del 26 ottobre 1995, n. 447.

Le sorgenti descritte nell'Allegato N.04 del SIA, "Valutazione previsionale dell'impatto acustico," risultano trascurabili poiché progettate per rispettare stringenti standard normativi. Inoltre, sono installate in cabine insonorizzate che riducono ulteriormente una pressione sonora già di per sé molto bassa.

11.3 CAMPI ELETTROMAGNETICI

La normativa di riferimento per l'esposizione ai campi magnetici ed elettromagnetici è rappresentata dalla Legge Quadro 36/2001, che ha stabilito i livelli di esposizione e ha assegnato allo Stato il compito di determinare e aggiornare periodicamente i valori di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per gli impianti potenzialmente suscettibili di inquinamento elettromagnetico. L'art. 3 della suddetta legge definisce:

- Limite di esposizione: il valore di campo elettromagnetico da osservare per tutelare la salute dagli effetti acuti;
- Valore di attenzione: il valore del campo magnetico da adottare come misura cautelativa per proteggere da possibili effetti a lungo termine;
- Obiettivo di qualità: un criterio di localizzazione e standard urbanistico che promuove la progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi magnetici.

In attuazione della Legge Quadro, il D.P.C.M. 08.07.2003 ha stabilito che:

- Il limite di esposizione per l'induzione magnetica è fissato a 100 microtesla (μT) e a 5 kV/m per il campo elettrico;
- Il valore di attenzione è fissato a 10 microtesla (μT) come media dei valori su 24 ore in condizioni normali di esercizio, con l'obiettivo di proteggere da possibili effetti a lungo termine nelle aree sensibili, come scuole, parchi e abitazioni, dove la permanenza non è inferiore a 4 ore giornaliere;

- L'obiettivo di qualità, fissato a 3 microtesla (μT), deve essere osservato nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree sensibili.

Per quanto riguarda il campo elettrico, dato che l'impianto non include condutture aeree e tutti i componenti (cavi, quadri elettrici, gruppi di conversione, cabine di trasformazione e container batterie) sono dotati di schermatura e involucro metallico, collegati a terra per impedire la dispersione verso l'esterno, è possibile affermare che i limiti di esposizione risultano ampiamente rispettati.

In merito al campo magnetico, l'unica sorgente potenzialmente rilevante per i recettori esterni all'impianto è la Linea 36 kV in cavo interrato. La fascia di rispetto, come indicato nell'allegato N.06 "Calcolo campi elettromagnetici" e nella TAV02_23 "Identificazione catastale delle fasce di rispetto CEM e DPA - Linea 36 kV", rispetta i valori di legge.

In base ai calcoli effettuati, risulta evidente che non vi sono recettori sensibili all'interno della fascia di rispetto, confermando la conformità del progetto alle normative vigenti.

11.4 ATTIVITÀ AGRICOLA

Una volta completati i lavori di montaggio e commissioning dell'impianto, si potrà procedere con l'implementazione del piano colturale stabilito per l'avvio delle attività agricole.

Nel contesto specifico, considerando le caratteristiche pedologiche del terreno, non è possibile limitarsi esclusivamente a tecniche di lavorazione "conservative", che prevedono l'uso di attrezzi operanti solo nei primi strati superficiali (10-20 cm di profondità), o alla "semina su sodo" tramite seminatrici con organi di lavorazione superficiali.

Sebbene tali tecniche siano efficaci per preservare la sostanza organica del suolo, non riescono a disgregare adeguatamente gli strati più profondi. Questo potrebbe portare a una compressione del suolo nei livelli inferiori, con il rischio di compromettere la struttura del terreno, a meno che esso non possieda una tessitura naturalmente equilibrata in grado di autoripristinarsi.

In terreni più complessi, come quelli di Bandissolo, caratterizzati da una forte componente limosa e argillosa, è necessario prevedere lavorazioni più profonde e cicliche, come arature o discissure, estese oltre il primo strato superficiale.

Per le colture che necessitano di un profondo ripristino del suolo (ad esempio, l'erba medica), sarà opportuno ricorrere ad arature più incisive, estendendo la discissura oltre il primo strato superficiale del suolo. Al contrario, per le colture che richiedono un minore intervento (come cereali invernali, orzo o soia), sarà sufficiente applicare tecniche meno intensive, riducendo i costi operativi senza compromettere i risultati.

11.5 ATTIVITÀ DI CONTROLLO E MANUTENZIONE

Le attività di controllo e manutenzione dell'impianto saranno affidate a ditte esterne specializzate. Di seguito vengono riepilogate le principali operazioni e la relativa frequenza con cui saranno eseguite per l'impianto e la Cabina Utente.

Tabella 11-2: Attività di controllo e manutenzione

Attività	Impianto	Cabina Utente
Lavaggio dei moduli	3 lavaggi/anno minimo	-

Ispezione termografica	Semestrale	Biennale
Controllo e manutenzione moduli	Semestrale	-
Controllo e manutenzione string box	Semestrale	-
Controllo e manutenzione opere civili	Semestrale	Semestrale
Controllo e manutenzione inverter	Mensile	-
Controllo e manutenzione trasformatori	Semestrale	Semestrale
Controllo e manutenzione quadri elettrici	Semestrale	Semestrale
Controllo e manutenzione strutture sostegno	Annuale	-
Controllo e manutenzione cavi e connettori	Semestrale	Semestrale
Controllo e manutenzione sistema anti-intrusione e videosorveglianza	Trimestrale	Trimestrale
Controllo e manutenzione sistema UPS	Trimestrale	Trimestrale
Verifica contatori di energia	Annuale	Annuale
Verifica funzionalità stazione meteorologica	Mensile	-
Verifiche di legge degli impianti antincendio	Semestrale	Semestrale
Controllo e manutenzione sistema condizionamento aria	Mensile	-
Controllo e manutenzione batterie	Annuale	-
Controllo e manutenzione container batterie	Mensile	-
Controllo e manutenzione DC/DC converter	Semestrale	-

Il sistema di drenaggio richiederà una manutenzione periodica per garantirne l'efficienza. Tra le attività principali, è previsto il controllo del normale deflusso dei fossi di scolo a cielo aperto, lo sfalcio dei fossi collettori per eliminare le infestanti di ripa e il ripristino periodico della loro sezione originaria. Sarà inoltre necessario sostituire i terminali di scarico dei dreni nel caso in cui risultino rotti o danneggiati a seguito degli interventi di pulizia dei fossi. Infine, saranno effettuati interventi di pulizia dei dreni utilizzando appositi macchinari.

11.6 PERSONALE IN FASE DI ESERCIZIO

Durante la fase di esercizio dell'impianto agrivoltaico, non è previsto il reclutamento diretto di personale da parte della Società. Le attività di monitoraggio, controllo e manutenzione programmata saranno esternalizzate a società specializzate tramite contratti O&M di lungo termine.

Le operazioni legate alla coltivazione agricola saranno invece eseguite dal personale della Società Agricola, che gestirà tali attività con risorse proprie. È stimato un impiego massimo di 4 addetti, che varierà su base stagionale in funzione delle lavorazioni necessarie nei campi.

La tabella seguente sintetizza le principali attività previste durante la fase operativa e il numero di persone coinvolte per ciascuna mansione.

Tabella 11-3: Personale in fase di esercizio

Attività	N. di persone	Ore uomo
Lavaggio Moduli	3	200
Monitoraggio Impianto da remoto	1	250

Controlli e manutenzioni opere civili e meccaniche	4	400
Verifiche elettriche	2	200
TOTALE	10	1050

11.7 ATTREZZATURE E AUTOMEZZI IN FASE DI ESERCIZIO

Durante la fase operativa, sarà richiesto l'utilizzo di una serie di attrezzature specifiche per assicurare l'efficacia delle operazioni dell'impianto agrivoltaico e delle attività agricole correlate. Saranno impiegate attrezzature portatili manuali per diverse operazioni generiche, oltre a chiavi dinamometriche per garantire il serraggio corretto delle componenti meccaniche. Tester multifunzionali e avvitatori elettrici saranno utilizzati per le manutenzioni tecniche, sia elettriche che meccaniche.

Le scale portatili, così come i ponteggi mobili, cavalletti e pedane, saranno indispensabili per le operazioni che richiederanno accesso a diverse altezze. Strumenti diagnostici come la termocamera e il megger saranno utilizzati per monitorare le condizioni termiche e verificare l'isolamento elettrico degli impianti.

Nel settore agricolo, saranno necessarie macchine come la fresatrice interceppo, l'aratro leggero e l'erpice rotante, essenziali per la lavorazione del terreno. Inoltre, la seminatrice di precisione e i frangizolle verranno utilizzate per le attività di semina e preparazione del suolo.

Per quanto riguarda i trattamenti agricoli, saranno utilizzati dispositivi come l'irroratore a manica d'aria e il carro botte interruttore. Lo spandiconcime e lo spandiletame contribuiranno alla distribuzione dei materiali necessari sul terreno, mentre la falcia-condizionatrice e l'andatore saranno fondamentali per la raccolta. Infine, l'imballatrice prismatica verrà utilizzata per il confezionamento e la preparazione del prodotto finale per lo stoccaggio.

Tabella 11-4: Attrezzature in fase di esercizio

Tipologia di Attrezzatura
Attrezzature portatili manuali
Chiavi dinamometriche
Tester multifunzionali
Avvitatori elettrici
Scale portatili
Ponteggi mobili
Cavalletti
Pedane
Termocamera
Megger
Fresatrice interceppo
Aratro leggero
Erpice rotante
Seminatrice di precisione
Frangizolle
Irroratore a manica d'aria

Carro botte interrattore
Spandiconcime
Spandiletame
Falcia-condizionatrice
Andanatore
Imballatrice prismatica

Si riporta di seguito l'elenco degli automezzi necessari durante la fase di esercizio.

Tabella 11-5: Automezzi in fase di esercizio

Tipologia	N. di automezzi impiegati
Furgoni e autovetture da cantiere	1
Trattrice gommata completa di elevatore frontale	1
Rimorchio agricolo	1
TOTALE	3

12. DISMISSIONE DELL'IMPIANTO

Al termine della vita utile dell'impianto agrivoltaico, stimata intorno ai 25 anni, si procederà allo smantellamento completo della componente fotovoltaica, comprensivo dello smantellamento delle batterie e delle opere elettriche nonché al ripristino dello stato originario dei luoghi.

Le operazioni inizieranno con la disconnessione delle connessioni elettriche esterne e la rimozione dei moduli fotovoltaici, inclusi i sistemi di videosorveglianza e i cavi. A seguire, si procederà con lo smantellamento dei container batterie e dei convertitori DC/DC. Questa fase richiederà una gestione specifica per il corretto smaltimento delle batterie, seguendo le normative vigenti, privilegiando il riciclo e riducendo al minimo l'impatto ambientale. Dopo si proseguirà con lo smantellamento delle strutture della Power Station, dei servizi ausiliari, dei magazzini e delle aree di ricovero attrezzature agricole. Lo smantellamento delle strutture metalliche e dei pali di sostegno concluderà questa fase.

Successivamente, si procederà alla rimozione delle opere interrato (fondazioni ed edifici, cavi) e alla dismissione delle strade e dei piazzali, oltre alla rimozione delle recinzioni. Il terreno sarà ripristinato alle condizioni originarie tramite livellamento e aratura, mentre la fascia arborea perimetrale sarà mantenuta. I lavori agricoli che seguiranno garantiranno la fertilità residua del suolo, prevenendo fenomeni di desertificazione.

L'intero processo di dismissione e ripristino è stimato in circa 4 mesi.

I materiali derivanti dalle operazioni di smantellamento saranno gestiti in conformità con le normative vigenti, privilegiando il recupero e il riutilizzo attraverso centri di riciclo specializzati. Sarà data particolare importanza alla valorizzazione dei seguenti materiali:

- Batterie (litio, cobalto, rame);
- Strutture di supporto (acciaio zincato e alluminio);
- Moduli fotovoltaici (vetro, alluminio, materiali plastici separabili, oltre a materiali nobili come silicio e argento);
- Cavi (rame e/o alluminio).

Per ulteriori dettagli si rimanda all'Allegato 14 "Piano di dismissione e ripristino".

12.1 PERSONALE IN FASE DI DISMISSIONE

Per la dismissione dell'Impianto e delle opere elettriche di utenza, la Società affiderà l'incarico a una società esterna specializzata nelle operazioni di demolizione e smantellamento. Di seguito viene fornito un elenco indicativo del personale che sarà coinvolto nelle diverse attività. Per le attività di appalti e project management, il personale sarà interno alla Società.

Tabella 12-1: Personale in fase di dismissione

Attività	Numero di persone	Ore uomo
Acquisti	1	640
Project Management , Direzione lavori e supervisione	2	1280
Sicurezza	2	1280
Lavori di demolizione civili	3	1920
Lavori di smontaggio strutture metalliche	5	3200

Lavori di rimozione apparecchiature elettriche	2	1280
Lavori agricoli	6	3840
TOTALE	21	13440

12.2 ATTREZZATURE E AUTOMEZZI IN FASE DI DISMISSIONE

Durante la fase di dismissione dell'impianto e delle opere elettriche di utenza, saranno utilizzate diverse attrezzature per garantire l'efficacia delle operazioni. Tra queste, vi saranno funi di canapa, nylon e acciaio, dotate di ganci a collare per la movimentazione di materiali pesanti. Saranno impiegati attrezzi portatili manuali per operazioni generiche e attrezzi portatili elettrici, tra cui avvitatori, trapani e smerigliatrici, per operazioni di smontaggio e demolizione.

Le scale portatili saranno necessarie per l'accesso a strutture elevate, mentre il gruppo elettrogeno garantirà l'alimentazione elettrica in loco. Saranno inoltre utilizzati cannelli a gas per taglio e smontaggio, insieme a ponteggi mobili, cavalletti e pedane per garantire la sicurezza delle operazioni in altezza.

Tra le macchine impiegate, si troveranno la fresatrice a rullo e il trancher per il taglio e la rimozione di materiali strutturali, nonché martelli demolitori per operazioni di demolizione. Infine, saranno utilizzati tranciacavi e pressacavi per la gestione e rimozione delle connessioni elettriche.

Tabella 12-2: Attrezzature in fase di dismissione

Tipologia di Attrezzatura
Funi di canapa, nylon e acciaio con ganci a collare
Attrezzi portatili manuali
Attrezzi portatili elettrici (avvitatori, trapani, smerigliatrici)
Scale portatili
Gruppo elettrogeno
Cannelli a gas per taglio e smontaggio
Ponteggi mobili
Cavalletti
Pedane
Fresatrice a rullo
Trancher
Martelli demolitori
Tranciacavi
Pressacavi

Per quanto riguarda gli automezzi, di seguito viene riportato l'elenco di quelli che verranno utilizzati durante la fase di dismissione.

Tabella 12-3: Automezzi in fase di dismissione

Tipologia	N. di automezzi
Escavatore cingolato	1
Battipalo	1
Muletto	1
Carrelli elevatore da cantiere	1
Pala cingolata	1
Autocarro mezzo d'opera	1
Camion con gru	2
Autogru/piattaforma mobile autocarrata	1
Camion con rimorchio	1
Furgoni e auto da cantiere	3
Bobcat	1
Asfaltatrice	1
Trattore agricolo	1
Martello demolitore	1
Rullo ferro-gomma	1
TOTALE	17

13. COSTI

13.1 COSTO DI INVESTIMENTO

L'investimento complessivo previsto per l'Impianto sarà di circa 25.404.896 Euro (inclusa IVA), considerando anche i costi delle opere elettriche di utenza e le spese per la fase di dismissione. Maggiori dettagli relativi ai costi complessivi possono essere trovati nell'Allegato N.02, "Quadro economico e computo metrico estimativo".

Di seguito, la tabella riporta un quadro economico riepilogativo per l'impianto agrivoltaico e le opere connesse.

Tabella 13-1: Costi di investimento per l'Impianto agrivoltaico e per le opere connesse

N.	DESCRIZIONE	IMPORTO (EURO)	ALIQUOTA IVA	IMPORTO CON IVA (EURO)
A	COSTO DEI LAVORI			
A.1	INTERVENTI PREVISTI			
	Scotico, scavo, rinterro per rilevati cabine e power stations e fossi di scolo	80.239	10%	88.263
	Misto stabilizzato per strade e cavi AC interni ed esterni	399.914	10%	439.905
	Geotessile non tessuto per strade, piazzali e fossi	118.732	10%	130.605
	Conglomerato cementizio per fondazioni	55.722	10%	61.295
	Fornitura acciaio per fondazioni	54.793	10%	60.272
	Scavi e rinterri per posa cavi AC, DC e antiintrusione	26.701	10%	29.371
	Fornitura sabbia per sottofondo scavi cavi	22.319	10%	24.550
	Fornitura Pozzetti	105.680	10%	116.248
	Trasporti a discarica	22.725	10%	24.998
	Modellazione terreno agrario	121.380	10%	133.518
	TOC	70.200	10%	77.220
	Tubazioni	39.422	10%	43.365
	Strutture di sostegno fisse per moduli FV	3.251.448	10%	3.576.593
	Moduli Fotovoltaici (fornitura e installazione)	3.188.193	10%	3.507.012
	Power stations, cabine ausiliari e container batterie	4.906.944	10%	5.397.638
	Sistema di monitoraggio e stazione meteorologica	120.566	10%	132.622
	Fornitura e posa cavi AC, DC, Fibra ottica, corda di rame	871.875	10%	959.062
	Recinzioni e cancelli	240.412	10%	264.453
	Sistema antiintrusione e videosorveglianza	593.827	10%	653.210
	Drenaggi	179.107	10%	197.017
	Sistema di monitoraggio delle attività agricole	129.400	10%	142.340
	Dismissione Impianto e dorsali 36 kV	697.209	10%	766.930
	Sorveglianza Cantiere	150.000	10%	165.000

N.	DESCRIZIONE	IMPORTO (EURO)	ALIQUOTA IVA	IMPORTO CON IVA (EURO)
	Assistenza fornitori in campo	30.000	10%	33.000
	Miscellanea cantiere	40.000	10%	44.000
	TOTALE A.1	15.516.806		17.068.487
A.2	ONERI PER LA SICUREZZA			
	Oneri Sicurezza in fase di cantiere A.1	173.416	22%	211.567
	Oneri Sicurezza in fase di cantiere A.3	2.628	22%	3.206
	Oneri Sicurezza in fase di cantiere A.5	30.603	22%	37.335
	Oneri Sicurezza in fase di dismissione A.1	83.745	22%	102.169
	Oneri Sicurezza in fase di dismissione A.5	14.778	22%	18.030
	TOTALE A.2	206.647		252.109
A.3	OPERE DI MITIGAZIONE			
	Realizzazione fascia di mitigazione	131.408	22%	160.318
	TOTALE A.3	131.408		160.318
A.4	SPESE PREVISTE DA STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE E PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE			
	Campi elettromagnetici	8.000	22%	9.760
	Monitoraggio rumore	10.000	22%	12.200
	Scarichi impianto trattamento acque	2.000	22%	2.440
	Attecchimento specie autoctone	5.000	22%	6.100
	Sorveglianza archeologica	20.000	22%	24.400
	TOTALE A.4	45.000		54.900
A.5	OPERE CONNESSE (CABINA UTENTE, DORSALI DI COLLEGAMENTO E INTERVENTI IN STAZIONE RTN)			
	Cabina Utente, Linea 36 kV tra Cabina Utente e Stazione RTN	887.248	10%	975.973
	Impianto di Rete	45.900	10%	50.490
	Dismissione Cabina Utente e connessione 36 kV a Stazione RTN	86.146	10%	94.760
	TOTALE A.5	1.019.294		1.121.223
	TOTALE A	16.919.155		18.657.037
B	SPESE GENERALI			

N.	DESCRIZIONE	IMPORTO (EURO)	ALIQUOTA IVA	IMPORTO CON IVA (EURO)
B.1	SPESE TECNICHE RELATIVE ALLA PROGETTAZIONE, IVI INCLUSA LA REDAZIONE DELLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE O DELLO STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE E DEL PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE, ALLE NECESSARIE ATTIVITÀ PRELIMINARI, AL COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE, ALLE CONFERENZE DI SERVIZI, ALLA DIREZIONE LAVORI E AL COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, ALL'ASSISTENZA GIORNALIERA E CONTABILITÀ			
	Progetto Definitivo e studi specialistici, SIA, PM	200.000	22%	244.000
	Ingegneria e acquisti/appalti di sede	400.000	10%	440.000
	Direzione lavori	105.000	10%	115.500
	Sicurezza Cantiere	90.000	10%	99.000
	PM e supervisione cantiere	200.000	10%	220.000
	Altro	-	10%	-
	TOTALE B.1	995.000		1.118.500
B.2	SPESE PER ATTIVITÀ DI CONSULENZA O DI SUPPORTO			
	Attività di supporto tecnico dei Soci	50.000	22%	61.000
	TOTALE B.2	50.000		61.000
B.3	COLLAUDO TECNICO AMMINISTRATIVO, COLLAUDO STATICO ED ALTRI EVENTUALI COLLAUDI SPECIALISTICI			
	Collaudi strutture	30.000	10%	33.000
	TOTALE B.3	30.000		33.000
B.4	SPESE PER RILIEVI, ACCERTAMENTI, PROVE DI LABORATORIO, INDAGINI			
	Indagini geognostiche	8.000	22%	9.760
	Rilievo topografico	23.000	22%	28.060
	Analisi di laboratorio/CSC	5.000	22%	6.100
	Prove di carico sulle strade	7.000	22%	8.540
	Indagine bellica	-	22%	-
	TOTALE B.4	43.000		52.460
B.5	ONERI DI LEGGE SU SPESE TECNICHE B1), B2), B4) E COLLAUDI B3)			
	N/A	44.720	22%	54.558
	TOTALE B.5	44.720		54.558
B.6	IMPREVISTI			
	3% costo EPC (A.1 e A.5)	501.000	10%	551.100

N.	DESCRIZIONE	IMPORTO (EURO)	ALIQUOTA IVA	IMPORTO CON IVA (EURO)
	TOTALE B.6	501.000		551.100
B.7	SPESE VARIE			
	Oneri per le richieste a Terna	5.000	22%	6.100
	Costi Avviamento	20.000	22%	24.400
	Assicurazioni per costruzione	67.000	22%	81.740
	Costo Terreni (Contratti)	4.765.000	0%	4.765.000
	TOTALE B.7	4.857.000		4.877.240
	TOTALE B	6.520.720		6.747.858
C	EVENTUALI ALTRE IMPOSTE E CONTRIBUTI DOVUTI PER LEGGE OPPURE INDICAZIONE DELLA DISPOSIZIONE RELATIVA L'EVENTUALE ESONERO			
	N/A	-	-	-
	TOTALE C	-		-
	VALORE COMPLESSIVO DELL'OPERA TOTALE (A + B + C)	23.439.875		25.404.896

13.2 COSTO OPERATIVO

La stima dei costi operativi annuali, riportata nella tabella successiva, comprende sia le spese relative al controllo e alla manutenzione dell'impianto, sia quelle legate alla normale gestione operativa, come assicurazioni, costi amministrativi, consumi elettrici, monitoraggio ambientale e sicurezza. Inoltre, viene indicata anche una stima dei costi associati alla manutenzione della Cabina Utente e alle attività agricole. Queste ultime saranno a carico della Società Agricola, che si occuperà della coltivazione delle aree circostanti l'impianto agrivoltaico.

Tabella 13-2: Costi di O&M per l'impianto agrivoltaico

N.	IMPORTO TOTALE (EURO)
A. COSTI O&M	
MANUTENZIONE BOP (LAVAGGIO MODULI, MANUTENZIONE ELETTRICA)	200.000
MONITORAGGIO E CONTROLLO	75.000
CONSUMI ELETTRICI	37.000
LINEA TELEFONICA	15.000
ASSICURAZIONI (0,4% costo EPC)	82.000
AMMINISTRAZIONE	10.000
AUDITORS (PWC or SIMILAR)	5.000
HSE	5.000

	MANODOPERA	-
	PROPERTY TAX	45.000
	CONTINGENZA	15.000
	VIGILANZA	48.000
	CANONI DIRITTO DI SUPERFICIE TERRENI	-
	MISURE COMPENSATIVE AL COMUNE	38.000
	MANUTENZIONE CABINA UTENTE	10.000
	TOTALE O&M COSTS	585.000
B.	COSTI ATTIVITÀ AGRICOLA A CARICO DELLA SOCIETÀ	
B.1	FASCIA DI MITIGAZIONE ARBOREA	32.560
B.2	PIANO DI MONITORAGGIO ATTIVITÀ AGRICOLA	40.000
	TOTALE COSTI ATTIVITÀ AGRICOLA A CARICO DELLA SOCIETÀ	72.560
C.	COSTI AGRICOLI A CARICO DELLA SOCIETÀ AGRICOLA	
C.1	COLTURA ERBA MEDICA	
	SUBTOTALE ERBA MEDICA	35.566
C.2	TRITICALE	
	SUBTOTALE TRITICALE	4.000
C.3	LOIETTO	
	SUBTOTALE LOIETTO	4.000
C.4	FRUMENTO	
	SUBTOTALE FRUMENTO	3.540
C.5	POMODORO	
	SUBTOTALE POMODORO	10.603
C.6	FAGIOLINO	
	SUBTOTALE FAGIOLINO	2.644
C.7	PRATO MELLIFERE	
	SUBTOTALE PRATO MELLIFERE	964
	TOTALE COSTI AGRICOLI A CARICO DELLA SOCIETÀ AGRICOLA	61.317

13.3 COSTO DI DISMISSIONE

La tabella riportata di seguito sintetizza i costi stimati per le operazioni di demolizione e ripristino delle aree interessate dall’Impianto Agrivoltaico, dal sistema di accumulo a batterie (BESS) e dalla Cabina Utente. Il dettaglio analitico dei costi, comprensivo del computo metrico estimativo, è fornito nell’Allegato 02 intitolato “Quadro Economico e Computo Metrico Estimativo”.

Tabella 13-3: Costi dismissioni e ripristino

Descrizione	Importo (Euro)	Aliquota IVA	Importo con IVA (Euro)
Dismissione Cabina Utente e connessione a 36 kV tra Cabina Utente e Stazione RTN	86.145,63	10%	94.760,19
Dismissione Impianto Agrivoltaico e Dorsali 36 kV	697.208,78	10%	766.929,66
Oneri della sicurezza in fase di dismissione	98.523,32	22%	120.198,45
Totale Costi di Dismissione	881.877,73	-	981.888,30

14. TERRE E ROCCE DA SCAVO

La gestione delle terre e rocce derivanti da attività di scavo è regolata dal DPR 120 del 13 giugno 2017, che identifica tre modalità operative:

1. **Riutilizzo in loco:** i materiali non contaminati possono essere riutilizzati direttamente sul sito di scavo, secondo l'art. 185 comma 1 lett. c) del D.Lgs. 152/06, escludendoli dalla normativa sui rifiuti;
2. **Sottoprodotti:** le terre e rocce possono essere classificate come sottoprodotti in conformità all'art. 184-bis del D.Lgs. 152/06, consentendo il riutilizzo diretto o con interventi minimi, sia nel sito che in località esterne, seguendo pratiche industriali consolidate;
3. **Gestione come rifiuti:** nel caso in cui i materiali non possano essere riutilizzati, vengono trattati come rifiuti.

Per le opere in questione, si privilegia il riutilizzo del terreno direttamente in loco, ove possibile, evitando il conferimento esterno. Tale utilizzo è regolamentato dall'art. 185 del D.Lgs. 152/06, che conferma l'esclusione del suolo non contaminato dalla disciplina sui rifiuti, qualora riutilizzato per scopi di costruzione nello stato naturale.

Conformemente alle disposizioni vigenti, è necessario predisporre un piano preliminare che dettagli le modalità di utilizzo delle terre e rocce da scavo, come richiesto dall'art. 24, c. 3 del DPR 120/2017.

Per ulteriori dettagli si rimanda all'Allegato C.06, contenente i dettagli sul riutilizzo nel contesto dell'impianto agrivoltaico e delle opere elettriche correlate.

14.1 STIMA DEI VOLUMI DI SCAI E RINTERRI

L'area destinata alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico e della cabina utente presenta un territorio prevalentemente pianeggiante, rendendo necessari interventi di movimentazione della terra minimi, limitati alla regolarizzazione del terreno per preparare le superfici.

Interventi come il livellamento e la regolarizzazione di eventuali canali esistenti per migliorare la compatibilità con le infrastrutture previste sono essenziali. L'utilizzo di mezzi meccanici sarà impiegato per assicurare che i canali e i terreni siano adeguati alla presenza delle strutture fotovoltaiche.

Le attività di scavo saranno eseguite nelle aree destinate all'installazione delle power station, cabine di trasformazione, container per batterie, locali tecnici e altri elementi strutturali. Nel caso in cui non sia possibile un utilizzo immediato dei terreni scavati, saranno previsti sistemi di gestione idonei per la raccolta e lo smaltimento delle acque superficiali, come drenaggi o canali laterali. Le operazioni includeranno la realizzazione di cunette o fossi a supporto della viabilità interna al sito, laddove necessario, e la posa dei cavi elettrici, sia internamente al perimetro dell'impianto, sia lungo le strade esterne.

Durante la fase di costruzione, il terreno rimosso sarà temporaneamente accumulato in aree dedicate per essere successivamente riutilizzato, ove possibile, in attività di riempimento o ripristino del sito.

Segue una stima delle quantità di scavi e riempimenti previsti per la costruzione dell'impianto agrivoltaico, delle Dorsali 36 kV, della Cabina Utente e della Linea a 36 kV verso la stazione RTN.

Tabella 14-1: Stima dei volumi di scavo e rinterro per la realizzazione dell'Impianto, delle dorsali 36 kV e della Cabina Utente

Descrizione	Quantità (m³)
SCOTICO	
IMPIANTO	
Scotico per fossi	2480,21
Scotico aree cantiere	1010
Scotico per strade e piazzali	5508
Scotico cavi DC	36,45
Scotico cavi Antintrusione/TVCC	439,2
Scotico cavi 36 kV interni	157,5
Totale Impianto	9631,36
CABINA UTENTE	
Scotico accesso e area di cabina utente 36 kV	96,8
Totale Cabina Utente	96,8
TOTALE SCOTICO	9728,16
SCAVI	
Scavo per fossi	3427,99
Scavo cavi DC	115,44
Scavo cavi Antintrusione/TVCC	1390,8
Scavo cavi 36 kV interni	498,75
Totale	5432,98
TOTALE SCAVI	5432,98
RIPORTI E RINTERRI	
Rilevato per power station e cabine	688,34
Rilevato cabina 36 k V	178,54
Rinterro cavi DC	115,44
Rinterro cavi Antintrusione/TVCC	1390,8
Rinterro cavi 36 kV interni	498,75
Totale	2871,87
TOTALE RINTERRI	2871,87
MATERIALI ACQUISTATI	
Materiale portante (misto frantumato/stabilizzato, ecc) per fondazione stradale	
Strade e piazzali	6885
Aree di cantiere	1262,5
Area cabina 36 kV	121
Strada esistente da adeguare	77,8
Sabbia	
Posa cavi DC	36,45
Posa cavi TVCC	139,2
Posa cavi 36 kV interni	107,5

Totale	8629,45
Conglomerato cementizio per fondazioni power station, edifici/container e cancelli	
Cabine	296,98
Conglomerato cementizio per fondazioni cabina 36 kV	176,4
TOTALE MATERIALI ACQUISTATI	9102,83
RIPRISTINI	
Rimessa a coltivo Aree di Cantiere	
Area cabina 36 kV	96,8
Terreno scavato per sistemazione geomorfologica aree interne all'impianto Agrivoltaico	
Area impianto	12192,47
TOTALE RIPRISTINI	12289,27
MATERIALI A SMALTIMENTO	
Materiale arido (fondazione stradale+misto stabilizzato) a seguito rimozione Aree di cantiere Impianto Agrivoltaico	
Impianto	1262,5
Totale aree di cantiere	1262,5
TOTALE MATERIALI A RECUPERO/SMALTIMENTO	1262,5

Tabella 14-2: Stima dei volumi di scavo e rinterro per la realizzazione della Linea 36 kV

Descrizione	Quantità (m³)
SCOTICO	
CAVI 36 kV ESTERNI	
Scotico cavi 36 kV esterni	79,65
Totale cavi 36 kV esterni	79,65
TOTALE SCOTICO	79,65
SCAVI	
CAVI 36 kV ESTERNI	
Scavo cavi 36 kV esterni su terreno agricolo	252,23
Scavo cavi 36 kV esterni su strada bianca	165
Scavo cavi 36 kV esterni su strada asfaltata	401,25
Totale cavi 36 kV esterni	818,48
TOTALE SCAVI	818,48
RIPORTI E RINTERRI	
CAVI 36 kV ESTERNI	
Rinterro cavi 36 kV esterni - Terreno Agricolo	252,23
Rinterro cavi 36 kV esterni - Strada BIANCA	72,6
TOTALE RINTERRI	324,83

MATERIALI ACQUISTATI	
Materiale portante (misto frantumato/stabilizzato, ecc) per fondazione stradale	
Cavi 36 kV esterni	325,65
Sabbia	
Cavi 36 kV esterni	215,55
Totale	541,2
Asfalto	
Cavi 36 kV esterni	128,4
TOTALE MATERIALI ACQUISTATI	669,6
MATERIALI A SMALTIMENTO	
Materiale proveniente dagli scavi dei cavi 36 kV esterni	573,3
Asfalto cavidotti	128,4
TOTALE MATERIALI A RECUPERO/SMALTIMENTO	701,7

15. IMPATTI SOCIALI, OCCUPAZIONALI ED ECONOMICI

La realizzazione dell'impianto agrivoltaico rappresenta un'opportunità significativa per il territorio, non solo sotto l'aspetto energetico, ma anche per i vantaggi sociali, occupazionali ed economici che ne derivano. In questo capitolo vengono analizzati i principali benefici attesi.

15.1 RICADUTE ECONOMICHE

Le ricadute economiche derivanti dall'impianto agrivoltaico influiranno positivamente sulla comunità locale, grazie a misure compensative a favore delle amministrazioni pubbliche e agli investimenti che stimoleranno l'economia locale.

L'impianto agrivoltaico contribuirà a sostenere l'economia attraverso il supporto al commercio locale e l'acquisto di beni e servizi necessari per il mantenimento e l'esercizio della struttura. Saranno inoltre valorizzate le attività di agricoltura, che diventeranno una fonte stabile di reddito per la Società Agricola coinvolta nel progetto.

Infine, la presenza dell'Impianto avrà effetti a lungo termine, non solo per l'energia prodotta, ma anche per la promozione di una cultura della sostenibilità e dell'efficienza energetica, con ricadute positive per l'intera comunità.

15.2 RICADUTE OCCUPAZIONALI

La realizzazione dell'impianto agrivoltaico avrà un impatto significativo sul mercato del lavoro locale, generando nuove opportunità occupazionali, sia nel breve che nel lungo periodo:

- **Fase di costruzione:** Saranno coinvolte figure altamente qualificate, come agronomi, ingegneri, geologi e tecnici specializzati, impegnati nella valutazione ambientale, progettazione e installazione dell'impianto. A supporto di queste attività, sarà impiegata manodopera per le operazioni di costruzione e montaggio delle infrastrutture;
- **Fase di esercizio:** Con l'entrata in funzione dell'impianto, sarà necessario personale specializzato per la manutenzione e gestione, in particolare tecnici dedicati al monitoraggio delle prestazioni e alla gestione delle strutture metalliche ed elettriche. Sul fronte agricolo, si prevede l'impiego di personale per l'implementazione del piano colturale, la manutenzione della fascia arborea perimetrale e la gestione del sistema di drenaggio;
- **Fase di dismissione:** Nella fase di smantellamento, verrà impiegato ulteriore personale per eseguire le attività di dismissione, contribuendo a generare ulteriori benefici occupazionali.

Complessivamente, si stima la creazione di circa 72 posti di lavoro durante la fase di costruzione e l'impiego stabile di circa 10 persone per la gestione e manutenzione dell'impianto nella fase operativa.

15.3 RICADUTE SOCIALI

L'installazione dell'impianto agrivoltaico non si limita alla produzione di energia pulita, ma offre benefici concreti e tangibili per la comunità locale, sia dal punto di vista economico che sociale. Ecco i principali vantaggi:

- **Contributi economici per le amministrazioni locali:** L'impianto genererà incentivi economici che potranno essere utilizzati dalle amministrazioni locali per migliorare le infrastrutture esistenti o finanziare nuovi

progetti di interesse pubblico, come la ristrutturazione di scuole, strade e altri servizi fondamentali. Sarà anche possibile investire in programmi di educazione ambientale rivolti alla comunità;

- **Miglioramento delle infrastrutture locali:** La costruzione dell'impianto richiederà il miglioramento delle strade e delle vie di accesso, facilitando il trasporto nell'area e rendendola più sicura e fruibile per la popolazione locale. Questi interventi lasceranno un'infrastruttura viaria migliorata anche dopo la fine della fase di costruzione;
- **Educazione ambientale e sensibilizzazione:** L'impianto diventerà un esempio concreto di utilizzo di energie rinnovabili, offrendo la possibilità di organizzare visite guidate per scuole, università e gruppi locali. Saranno promosse campagne di sensibilizzazione per educare i cittadini a pratiche più sostenibili e alla tutela dell'ambiente;
- **Collaborazione con enti di ricerca e università:** L'impianto potrà essere un laboratorio a cielo aperto per università e istituti di ricerca, che potranno utilizzarlo per studi e progetti in ambito agrivoltaico. Questa collaborazione stimolerà l'innovazione tecnologica e la sperimentazione di nuove tecniche agricole ed energetiche;
- **Coltivazione di varietà mellifere:** L'impianto dedicherà spazi alla coltivazione di varietà mellifere, contribuendo a creare un habitat favorevole per le api e altri impollinatori. Questo non solo favorirà la biodiversità, ma potrà anche rappresentare un vantaggio per l'agricoltura locale, migliorando la qualità delle colture circostanti grazie a una migliore impollinazione.