

Impianto agrivoltaico G R _ M A N D A S della potenza di 26,576 MWp DC (26,025 MW AC in immissione)

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
COMUNI DI GESICO E MANDAS

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Elaborato:

novembre 2023

137PRG001R 00

RELAZIONE TECNICA IMPIANTI

PROPONENTE:



GREENERGY RINNOVABILI 10 S.R.L.
Via Borgonuovo, 9 - 20121 Milano
P.IVA 11892590966

REDATTORE SIA - CAPOGRUPPO:



EGERIA

ingegneria per l'ambiente

Corso V.Emanuele II, 90 Cagliari
P.Iva 03528400926
Tel. +39 328 82 88 328
info.egeria@gmail.com - www.egeriagroup.net

GRUPPO
DI
LAVORO

Dott. Ing. Barbara Dessì (EGERIA)
Dott.ssa Arch. Elisabetta Erika Zucca (EGERIA)
Dott.ssa Ing. Elisa Mura (EGERIA)
Dott. Ing. Marco A. L. Murru (Ingegnere elettrico)
Dott. Archeol. Marco Cabras (Archeologo)
Dott. Geol. Nicola Demurtas (Geologo)
Dott. Nat. Francesco Mascia (Botanico e Agrotecnico)
Dott. Nat. Maurizio Medda (Faunista)
Dott. Agr. Pasqualino Tammaro (Agronomo)
Dott. Piero Angelo Salvatore Rubiu (Tecnico compet. in Acustica Ambientale)

INDICE

1	Premessa	3
2	Scopo della Relazione	4
3	Normativa tecnica	4
4	Quadro progettuale.....	6
4.1	Layout dell'impianto.....	6
4.2	Moduli su strutture di sostegno fisse	8
4.3	Moduli su strutture di sostegno ad inseguimento - tracker	9
4.4	Moduli fotovoltaici	11
4.5	Sistema di condizionamento della potenza - inverter	11
4.6	Sistema di accumulo elettrochimico	13
4.7	Cabine di campo, di raccolta e sezionamento, di supervisione.....	14
4.7.1	Caratteristiche costruttive delle cabine	14
4.8	Connessione alla rete elettrica	18
4.9	Contributo alla corrente di corto circuito.....	20
4.10	Cavi, rete di terra ed altri componenti	20
4.10.1	Cavi in corrente continua	20
4.10.2	Cavi in corrente alternata BT e condotti prefabbricati BT	20
4.10.3	Cavi 36 kV	21
4.11	Preparazione delle aree per l'installazione dell'impianto	22
4.11.1	Scavi	22
4.11.2	Infissione dei pali per i tracker	23
4.12	Componente agronomica di progetto	23
4.12.1	Progetto agronomico	23
4.12.2	Scelta delle specie (prato pascolo).....	24
4.12.3	Interventi sulla fascia perimetrale dell'area di impianto	26
4.13	Recinzione, viabilità, livelli, acque superficiali, sottoservizi, interferenze	27
4.13.1	Recinzione	27
4.13.2	Viabilità	28
4.13.3	Smaltimento acque meteoriche.....	28
4.13.4	Illuminazione e videosorveglianza	29
4.14	Cabine e cavidotti - Interferenze	31
4.14.1	Interferenze con l'installazione nell'area dell'impianto.....	31
4.14.2	Attraversamenti all'esterno dell'impianto di produzione.....	31
4.15	Organizzazione del cantiere macchine - viabilità - rumore	31
4.15.1	Cantiere interno parco	31
4.15.2	Cantiere esterno parco	33
4.15.3	Macchine operatrici	34
4.15.4	Viabilità cantiere	34
4.15.5	Rumore	34
4.16	Ciclo di vita dell'impianto, dismissione e ripristino dei luoghi	35
5	Campo fotovoltaico aree - cabine - potenze - producibilità	35
5.1	Dati geografici.....	36
5.2	Producibilità dell'impianto fotovoltaico	36
6	Rendimento energetico gas serra evitati	38
6.1	Fonti fossili evitate	38
6.2	Gas serra non immessi in atmosfera	38
7	Costo dell'opera e ricadute occupazionali.....	38
7.1	Costo complessivo	38
7.2	Persone impiegate in fase di costruzione.....	38
7.3	Persone impiegate in fase di esercizio, manutenzione ordinaria (valore previsionale)	39

1 Premessa

La società Greenergy Rinnovabili 10 S.r.l., (sinteticamente GRR10) parte del gruppo Greenergy Renovables SA, attivo nel campo delle energie rinnovabili, per lo sviluppo, la costruzione e la gestione degli impianti, ha incaricato la società Egeria S.r.l. per la progettazione dell'impianto agrivoltaico "GR Mandas", da **26,576 MW DC** e **26,025 MW AC**, integrato con un Sistema di Accumulo BESS di **44,032 MWh**, nel quale la potenza complessiva del convertitore PCS è di **10 MW**.

Essendo i convertitori PCS e Inverter del BESS bidirezionali, l'accumulo è in grado di prelevare o immettere dalla rete, pertanto in funzione della richiesta del Gestore di Rete, il totale immesso sulla rete può arrivare alla potenza in immissione totale di **FV + BESS fino a 28 MW** (prevista nella STMG), o anche a valori di punta più elevati se espressamente richiesto dal Gestore per esigenze della rete.

La connessione dell'impianto prevede la posa di un cavidotto interrato posato parallelamente alla SS 128, della lunghezza di circa 2 km ed il collegamento ad una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a 150/36 kV nel comune di Mandas.

Il progetto ricerca la coesistenza tra gli interventi necessari alla produzione di energia da fonti rinnovabili, la salvaguardia dei servizi ecosistemici e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica agropastorale locale; con questo intento e assumendo come riferimento le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (pubblicate il 27 giugno 2022 dal MITE), prevede che la superficie interessata dall'installazione dei pannelli fotovoltaici, sia destinata alla semina di un prato-pascolo polifita stabile per il pascolamento libero degli ovini (prato-pascolo) ed erbai di graminacee per fienagione alternati a sulla. I pannelli fotovoltaici sono inseriti in tale contesto attraverso tracker a inseguimento monoassiale orientati nord-sud distanziati su file parallele in località Cuccuru Venugu, adeguata a questioni morfologiche ad accogliere questo tipo di strutture dinamiche. La restante parte di impianto è prevista su strutture fisse orientate in direzione est-ovest; il layout d'insieme e la distanza tra le file di pannelli è funzionale alla semina e conduzione del prato polifita stabile e al pascolo e pertanto alla prosecuzione delle attività agro-pastorali già in essere, oggetto di miglioramento attraverso le soluzioni argomentate nella relazione agronomica.

Lo specchio successivo riepiloga le caratteristiche essenziali dell'impianto.

	PROGETTO PRESENTATO
Potenza pannello e tipologia (ipotesi)	610 Wp - Canadian Solar BiHiKu7
Potenza di picco dell'impianto (DC): fissi + inseguitori	26'576 kWp: 16'755 kWp + 9'821 kWp
N. pannelli totali su strutture: fisse + inseguitori	43'568: 27'468 + 16'100
Potenza in immissione (AC) Totale FV	26'025 kW
Potenza massima (AC) dei Convertitori PCS del BESS	10'000 kW
Energia Accumulabile dal Sistema BESS	44'032 kWh
n. cabine di campo (Skid)	9
Cabina di Raccolta e Trasmissione (CRT)	1
Cabine container accumulo BESS e convertitori PCS	16 + 2
Altre cabine / container funzionali (SCADA E TLC)	1
Altre cabine (CS) di Sezionamento presso Stazione Terna)	1

Tabella 1 - Dati sintetici impianto

2 Scopo della Relazione

Lo scopo del presente documento è quello di descrivere le soluzioni tecniche progettuali per la realizzazione dell'opera, comprese le opere di connessione per l'immissione dell'energia prodotta dall'impianto di produzione nella Rete di Trasmissione Nazionale.

In merito al progetto suddetto, si descrive di seguito il dettaglio della parte impiantistica, fornendo le informazioni, che insieme a quelle contenute negli altri elaborati, permettono la valutazione dal punto di vista energetico, calcolando, su base annuale, le tonnellate di petrolio equivalente (tep) risparmiate (sostituite) e le tonnellate di anidride carbonica (CO₂) evitate in atmosfera, infine fornisce le ricadute occupazionali per l'impianto a regime.

3 Normativa tecnica

Per quanto riguarda la parte tecnologica, le caratteristiche delle realizzazioni degli impianti in genere, dei loro componenti, dovranno rispondere alle norme tecniche, a quelle di legge ed ai regolamenti vigenti ed in particolare dovranno essere conformi a:

- vincoli ambientali specifici del territorio in cui verranno inseriti;
- prescrizioni delle Autorità Locali di controllo ASL e di vigilanza INAIL (ARPAS) e VV. F;
- quanto previsto in materia di compatibilità elettromagnetica;
- D.Lgs. n.81 del 09 aprile 2008 e sue modifiche: "Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro";
- Legge 1° marzo 1968, n. 186 "disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici, ed elettronici";
- D.M. n. 37 del 22 gennaio 2008 "installazione degli impianti";
- Modalità per la Dichiarazione di conformità di tutti gli impianti;
- Delibere AEEG in materia di energia elettrica prodotta da impianti di generazione rinnovabile e non;
- Marcatura CE o dichiarazione CE ove richiesta;
- Prescrizioni e indicazioni delle società per l'esercizio telefonico;
- Guida Tecnica Allegato Terna A.70 e A 68.
- Allegato A.2 - Guida agli schemi di connessione. Introduzione dello standard di connessione a 36 kV
- Delibera AEEG 08/03/2012 n. 84/12: "Interventi urgenti relativi agli impianti di produzione di energia elettrica, con particolare riferimento alla generazione distribuita, per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale".
- Deliberazione 18 ottobre 2021 439/2021/R/EEL
- Norme CEI, CEI-EN, in caso di mancanza di riferimenti nazionali e/o europei, quelle IEC (International Electrotechnical Commission), UN.EL.-U.N.I./I.S.O.- CEE, in particolare quelle indicate in tabella:

Classificazione CENELEC o IEC CEN o ISO	Classificazione CEI o UNI	Titolo della norma, specifica o guida
NC	CEI 0-2	<i>Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici</i>
EN 61936 -1	CEI 99-2	<i>Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata - Parti Comuni</i>
EN 50522	CEI 99-3	<i>Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.</i>
IEC 60364	CEI 64-8	<i>Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua: 1-7</i>
IEC / EN 61439-1	CEI 17-113	<i>Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) parte 1: Regole generali</i>
NC	CEI 82-25	<i>Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione</i>
EN 50530	CEI 82-35	<i>Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica</i>
EN 62109	CEI 82-44	<i>Sicurezza dei convertitori di potenza utilizzati negli impianti fotovoltaici Parte 2: Prescrizioni particolari per gli inverter</i>
EN 50110-1	CEI 11-27	<i>Lavori su impianti elettrici</i>
EN 50110-2	CEI 11-48	<i>Esercizio degli impianti elettrici Parte 2: Allegati nazionali</i>
	UNI 9795	<i>Sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio - Progettazione, installazione ed esercizio</i>
CEI EN 61000-6-2	CEI 210-54	<i>Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali</i>
CEI EN 61000-6-4	CEI 210-66	<i>Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali</i>
NC	CEI 11-17	<i>Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica; linee in cavo.</i>
NC	CEI 20-65	<i>Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente</i>
NC	CEI 20-22/2	<i>Prove di incendio su cavi elettrici. Prova di non propagazione dell'incendio.</i>
EN 60529	CEI EN 60529	<i>Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)</i>
NC	CEI 0-16	<i>Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica</i>
NC	CEI 11-20	<i>Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria</i>

Tabella 2 - Elenco principali norme settore elettrico

Di tutte le norme anche non espressamente citate dovrà essere considerato l'ultimo aggiornamento, compresi gli eventuali supplementi, modifiche ed integrazioni.

4 Quadro progettuale

4.1 Layout dell'impianto

In generale gli impianti fotovoltaici devono essere posizionati a massimizzare la captazione della radiazione solare durante le diverse giornate dell'anno facendo sì che il piano dei pannelli sia costantemente ortogonale alla direzione dell'irraggiamento.

Gli unici impianti in grado di fare questo in maniera ottimale sono gli impianti ad inseguimento a due gradi di libertà; tuttavia, questi impianti hanno bisogno di superfici molto estese, in questo caso è invece opportuno procedere con:

- una parte di strutture di supporto di tipo fisso con Potenza pari a 16'755 kW);
- una parte con inseguitori monoassiali con potenza pari a 9'821 kW;

per un totale di potenza pari a 26'576 kW.

La distribuzione dei pannelli è suddivisa in quattro sottocampi, insieme ai rispettivi collegamenti elettrici di potenza, viene definita una opportuna viabilità, che comprende quella interna ai campi e quella esterna esistente come rappresentata negli elaborati grafici.

Le strade interne, per avere stabilità nel tempo, andranno costruite in tout-venant oppure in terra stabilizzata evitando così che vengano distrutte in caso di violenti temporali.

Per esigenza impiantistiche e di manutenibilità nel tempo, ai bordi delle strade, per quanto possibile sono previsti i cavidotti ed eventuali canali per lo scorrimento delle acque superficiali.

Lo schema della distribuzione dei pannelli e delle cabine di campo è rappresentato, ai soli fini della forma dei terreni coinvolti, nell'estratto della figura sottostante, i dettagli sono individuabili nell'elaborato di progetto in adeguata scala: 137PRG605D - Planimetria distribuzione pannelli e cabine.

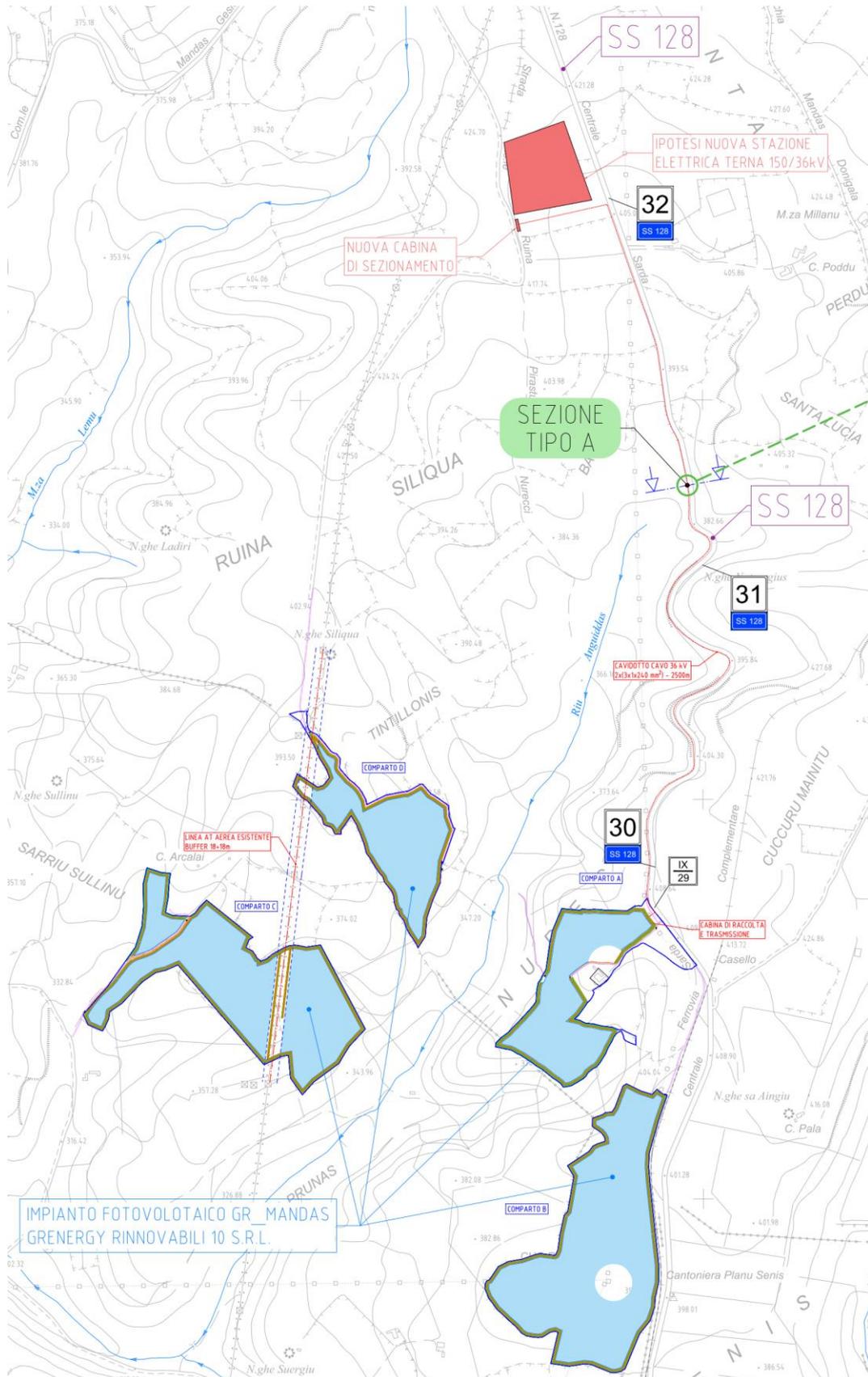


Figura 1 – Aree interessate dall’impianto agrovoltaico in progetto

La rete per la raccolta dell'energia costituita dalle cabine di campo e la loro potenza è stata pensata in funzione della loro dislocazione, lo schema unifilare semplificato, che rappresenta questa connessione, è indicato nell'estratto della figura sottostante, maggiori dettagli sono individuabili nell'elaborato dedicato.

Nello stesso schema, di cui si inserisce un estratto, sono indicate le varie parti rappresentate.

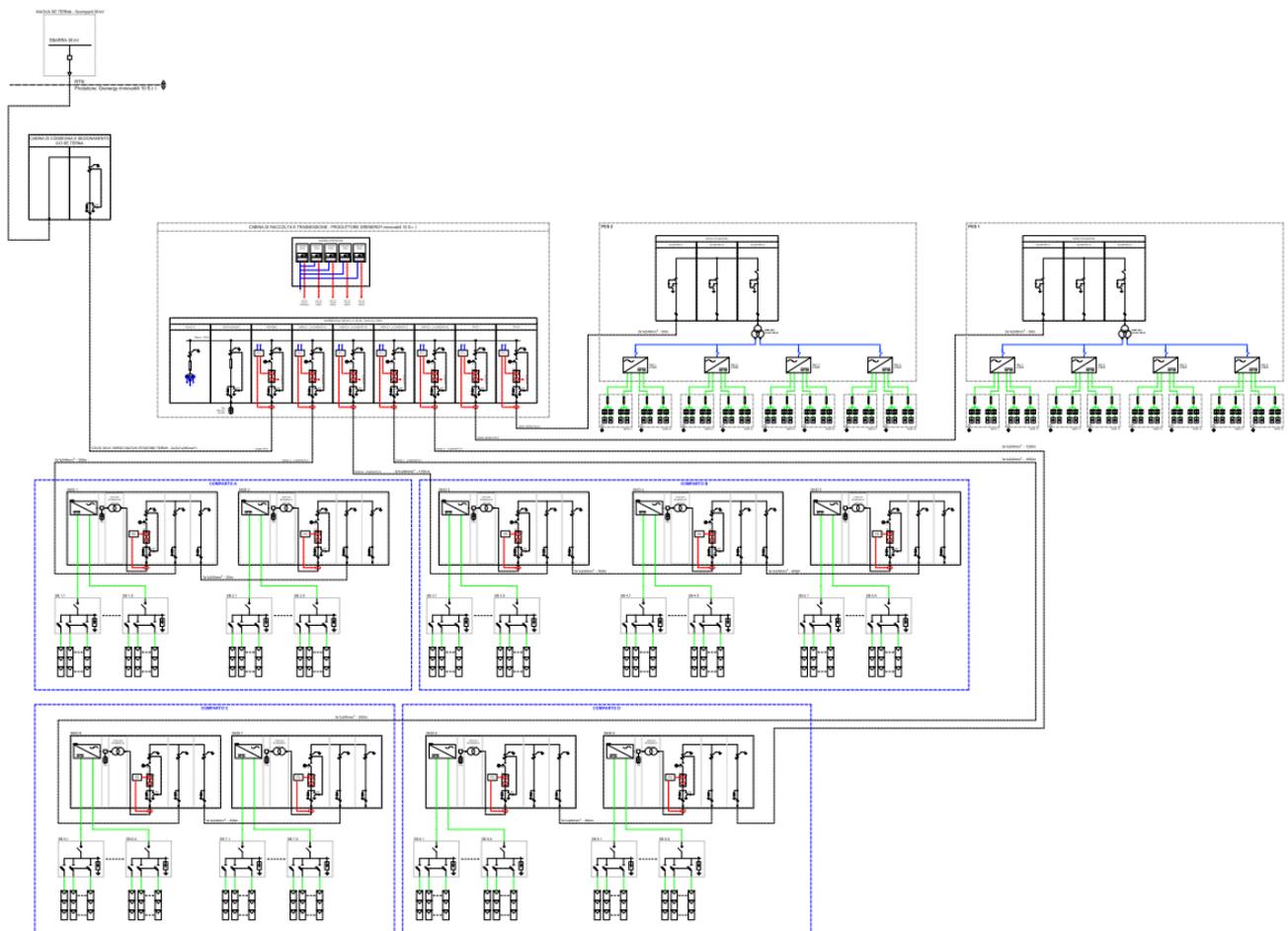


Figura 2 – Schema unifilare semplificato cabine nel campo FV sostituire

Maggiori dettagli sono apprezzabili sull'elaborato: 137PRG608D - Schema Unifilare 36kV.

4.2 Moduli su strutture di sostegno fisse

Il sistema di sostegno dei moduli fissi è previsto con strutture infisse bifilari (doppio palo), con i pannelli montati in configurazione "portrait" (affiancamento sul lato più lungo), con due file per vela.

Saranno utilizzati 981 strutture del tipo fisso ciascuna da 28 moduli da 610 W.

Il fissaggio dei pannelli a terra sarà realizzato con infissione sul terreno tramite macchine battipalo.

Il dimensionamento delle strutture tiene in conto i carichi statici (pesi dei componenti), le sollecitazioni dinamiche del vento e le caratteristiche del terreno sulla base dello studio geologico.

I dettagli strutturali saranno confermati e/o ridefiniti in fase di progettazione esecutiva, dopo la verifica della disponibilità sul mercato dei componenti scelti (moduli e strutture), insieme ad opportuni saggi sul terreno per validare le caratteristiche ai fini della portanza e della resistenza all'estrazione dei pali.

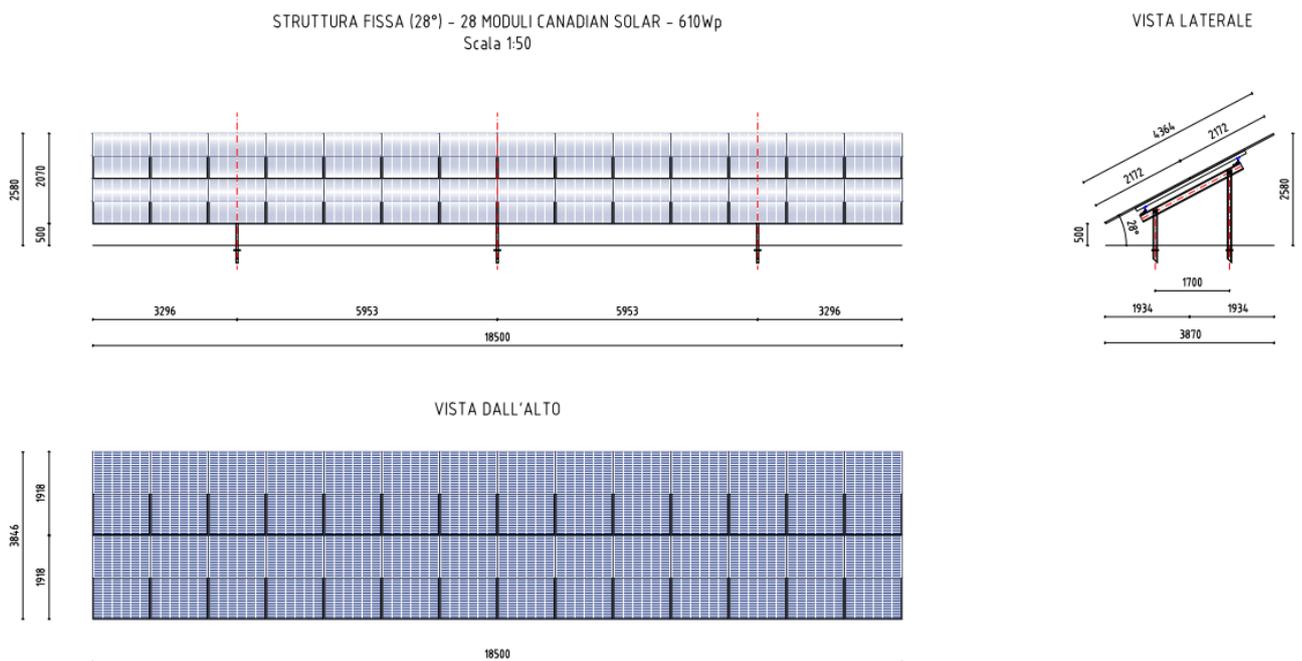


Figura 3 – Tipico struttura supporto pannelli di tipo fisso

4.3 Moduli su strutture di sostegno ad inseguimento - tracker

Il sistema di sostegno dei moduli ad inseguimento (tracker), è previsto con strutture infisse su file monopalo, con i pannelli montati in configurazione "portrait" (affiancamento sul lato più lungo), con due file per vela. Il fissaggio dei pannelli a terra sarà realizzato con infissione sul terreno tramite macchine battipalo. La soluzione individuata permette una buona ventilazione, un buon irraggiamento del terreno.

In generale gli inseguitori possono essere installati anche su terreni non piani, se le pendenze sono comprese entro il 10% che corrisponde ad angolazioni minori di 6°.

Il dimensionamento delle strutture tiene in conto i carichi statici (pesi dei componenti), le sollecitazioni dinamiche del vento e le caratteristiche del terreno sulla base dello studio geologico.

I dettagli strutturali saranno confermati e/o ridefiniti in fase di progettazione esecutiva, dopo la verifica della disponibilità sul mercato dei componenti scelti (moduli e strutture), insieme ad opportuni saggi sul terreno per validare le caratteristiche ai fini della portanza e della resistenza all'estrazione dei pali.

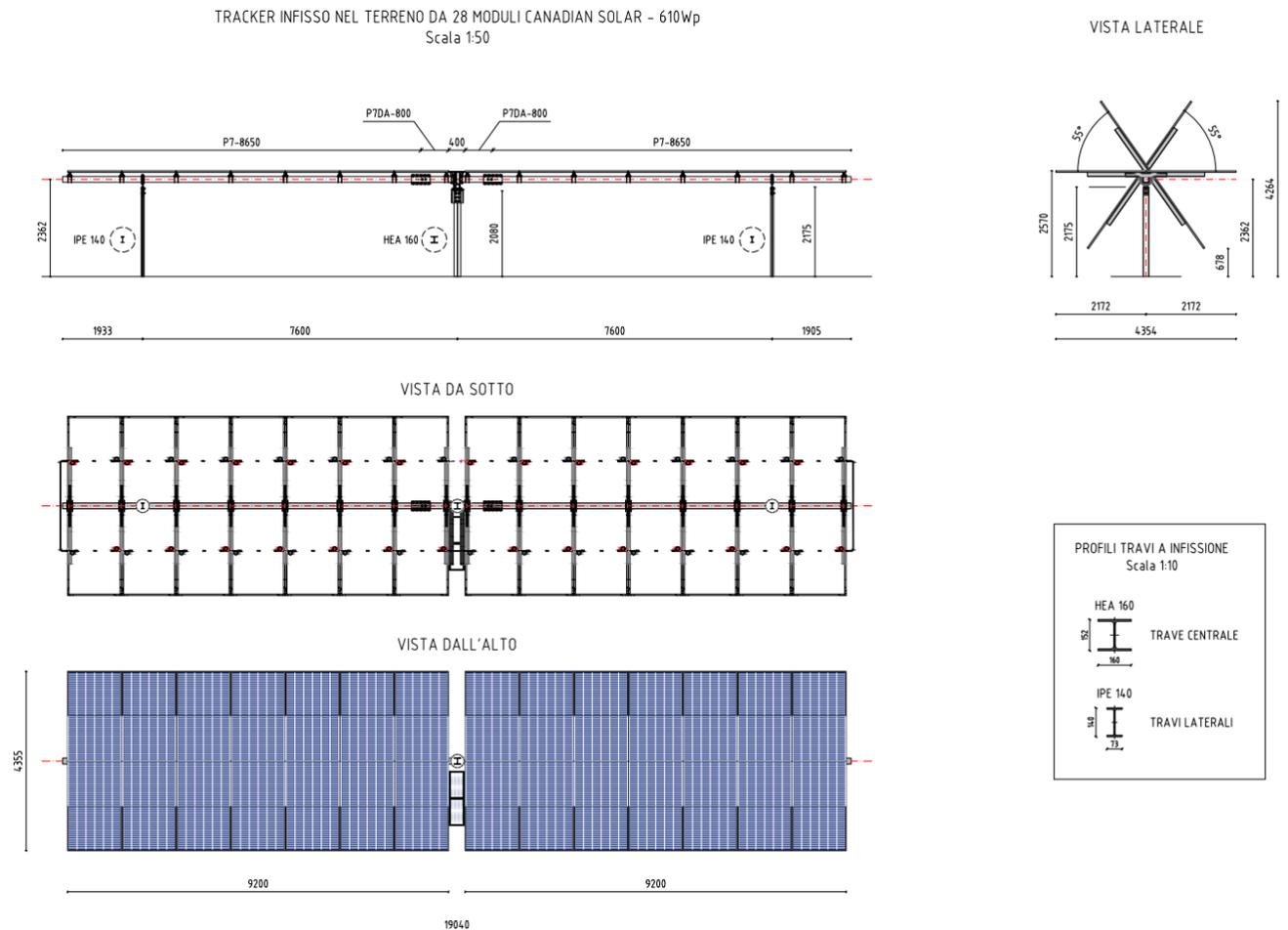


Figura 4 – Tipico struttura supporto pannelli ad inseguimento (tracker)

Maggiori dettagli sono apprezzabili sull'elaborato: 137PRG604D - Tipici Pannelli e Strutture - Tracker.

La parte del layout con tracker mono-assiali ad asse di rotazione nord-sud consente di ottimizzare la produzione di energia elettrica, inseguendo la posizione giornaliera del sole con appositi motori, riduttori e schede di controllo installate a bordo dei tracker. Per gestire le diverse conformazioni delle superfici del terreno si sono adottati, per quanto possibile, inseguitori di lunghezza e numero di pannelli standard, in particolare saranno utilizzati 575 tracker da 28 moduli da 610 W, per cui i tracker avranno una potenza nominale di 17,08 kW dc.

4.4 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici utilizzati sono del tipo monocristallino, questa tipologia è stata individuata dall'investitore, come quale buon compromesso tecnico economico disponibile, per le caratteristiche generali ed è fra le più interessanti sul mercato. Nella tabella seguente sono elencate le caratteristiche principali.

Parametro	Sigla e/o valori caratteristici	UM
Costruttore e sigla modello	Canadian Solar CS7L 610MS-R	-
Tipologia	Silicio monocristallino	-
Dimensioni	2172 x 1303 x 35	mm
Peso	34,4	kg
Numero di celle	120 (20 file da 6);	-
Potenza nominale massima con STC (P_{max})	610	W
Efficienza del modulo	21,6	%
Tensione di esercizio ottimale (V_{mp})	35,3	V
Corrente di esercizio ottimale (I_{mp})	17,29	A
Tensione di circuito aperto (V_{oc})	41,7	V
Corrente di corto circuito (I_{sc})	18,57	A
Temperatura di esercizio	-40 °C ÷ 85	°C
Tensione massima di sistema	1500	V

Tabella 3 - Caratteristiche dei moduli fotovoltaici previsti

Per maggiori dettagli vedasi Datasheet di prodotto allegato al Progetto.

4.5 Sistema di condizionamento della potenza - inverter

Per la conversione dell'energia prodotta, da continua in alternata, sono stati previsti inverter di tipo centralizzato completi internamente dei componenti accessori, quali filtri e dispositivi di protezione e controllo, che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili.

Gli inverter individuati sono della Power Electronics, i due modelli che verranno utilizzati sono:

- MVS3430 di potenza 3'550 kVA;
- MVS2285 di potenza 2'365 kVA;

con potenze a 40 ° C, temperatura di riferimento tipiche delle macchine elettriche di potenza.

Questi inverter sono inseriti nel campo fotovoltaico all'interno delle rispettive **Cabine di Campo**, comprendendo pertanto sia la parte di conversione, sia la parte di trasformazione BT/AT a raccogliere l'energia delle stringhe, che vengono convogliate agli ingressi degli inseguitori MPPT, tramite quadri DC di campo di concentrazione.

Di seguito le caratteristiche principali delle due tipologie di inverter scelti.

INVERTER TIPO 1

Parametro	Sigla e/o valori caratteristici	UM
Tipologia	Inverter centralizzato	-
Costruttore e sigla modello	Power Electronics MVS2285	-
Efficienza massima	98,81	%
Efficienza parametri Europei	98,43	%
Parametri in ingresso (DC)		
Massima tensione di ingresso	1500	V _{DC}
Massima corrente in ingresso	2645	A
Massima corrente di corto circuito (DC)	4000	A
Tensione di avvio	800	V
Campo di tensione degli inseguitori MPPT	913-1500	V
Tensione nominale	950	V
Numero ingressi stringa	36	-
Parametri in uscita (AC)		
Potenza attiva nominale	2365 a 40 °C (2285 a 50 °C)	kW
Potenza apparente massima	2365	kVA
Tensione nominale	645	V
Frequenze nominali	50/60	Hz
Corrente nominale	2117 a 40 °C	A
Corrente massima	2117	A
Campo di regolazione cosφ	(rif. diagramma P – Q dell'inverter)	-
Massima distorsione armonica totale IEEE519	< 3%	

Tabella 4 - Caratteristiche dell'inverter 1

INVERTER TIPO 2

Parametro	Sigla e/o valori caratteristici	UM
Tipologia	Inverter centralizzato	-
Costruttore e sigla modello	Power Electronics MVS3430	-
Efficienza massima	98,87	%
Efficienza parametri Europei	98,60	%
Parametri in ingresso (DC)		
Massima tensione di ingresso	1500	V _{DC}
Massima corrente in ingresso	3970	A
Massima corrente di corto circuito (DC)	6000	A
Tensione di avvio	800	V
Campo di tensione degli inseguitori MPPT	913-1500	V
Tensione nominale	950	V
Numero ingressi stringa	36	-
Parametri in uscita (AC)		
Potenza attiva nominale	3550 a 40 °C - 3430 a 50 °C	kW
Potenza apparente massima	3550	kVA
Tensione nominale	645	V
Frequenze nominali	50/60	Hz
Corrente nominale	3175 a 40 °C	A
Corrente massima	3175	A
Campo di regolazione cosφ	(rif. diagramma P – Q dell'inverter)	-
Massima distorsione armonica totale IEEE519	< 3%	

Tabella 5 - Caratteristiche dell'inverter 2

Per maggiori dettagli vedasi il data sheet: 137PRG651D - Datasheet Skid e inverter, allegato al Progetto.

4.6 Sistema di accumulo elettrochimico

Considerata la natura intermittente non programmabile delle fonti rinnovabili, è stato previsto un sistema di accumulo, BESS (Battery Energy Storage System), collegato anch'esso alla rete a 36 kV, come evidenziato nello schema unifilare generale di fig. 2.

I sistemi di accumulo, per la loro disponibilità "su richiesta" della rete, sono assimilabili alle altre unità di produzione non rinnovabili (programmabili), a questi sistemi vengono applicati anche i corrispettivi economici di remunerazione in funzione delle esigenze del dispacciamento e dal mercato dell'energia.

Tecnicamente il sistema previsto è del tipo bidirezionale ed in generale può caricarsi sia tramite energia proveniente dall'impianto fotovoltaico, sia con quella proveniente direttamente dalla connessione RTN (ove il parametro "costo a MWh" della rete siano giustificati), in quest'ultimo caso la quota parte di energia prelevata esclusivamente dall'accumulo è assimilata a quella del pompaggio per i sistemi idroelettrici.

In generale i sistemi di accumulo connessi in AT sono dimensionati sia per compensare le fluttuazioni della produzione di energia solare sia per offrire servizi di gestione della rete, quali ad esempio il supporto al controllo della frequenza.

Il progetto prevede l'installazione dei seguenti componenti di impianto principali entro container ognuno da posizionarsi su basamento appositamente predisposto:

- n. 16 moduli batteria da 2'752 kWh ciascuno, per un totale nominale DC pari a 44'032 kWh, con a valle dei convertitori una potenza in AC pari a 42'896 kWh;
- n. 2 sistema Power Conversion System, centralizzato per le batterie, con convertitori DC/AC, trasformazione BT/AT e quadro elettrico AT a 36kV, con potenza nominale del singolo convertitore pari a 5'500 kVA ed una potenza attiva di 5MW kW cadauno.

Il sistema di accumulo complessivo costituito dai 16 moduli avrà pertanto una potenza, disponibile sul nodo della rete di circa 10 MW (a meno delle perdite di trasmissione), per un tempo indicativo di 4h.

I componenti scelti sono quelli indicati nel datasheet **137PRG653D - Datasheet sistema di accumulo**, salvo diverse soluzioni tecnico-commerciali disponibili all'atto della realizzazione dell'impianto, che verranno approfondite nella progettazione esecutiva.

I dettagli dei collegamenti nel layout sono individuabili negli unifilari di figura 2 e nello schema a blocchi di figura 9, maggiori dettagli sono leggibile negli elaborati grafici allegati al progetto, mentre le dimensioni indicative sono indicate nel successivo paragrafo 4.2.1.3.

4.7 Cabine di campo, di raccolta e sezionamento, di supervisione

La localizzazione degli inverter è individuata con un compromesso: averli il più possibile baricentrici in riferimento alle rispettive stringhe e comunque sul percorso della viabilità, per non sottrarre ulteriore superficie utile a moduli e attività agricola.

L'uscita in corrente alternata trifase di ogni inverter, arriva protetto da canala e carter nella sezione BT affiancata alla cabina di campo (Skid), e dopo trasformazione BT/AT esce sulla rete, interna al campo, al livello di tensione 36 kV.

Ogni cabina di campo contiene al suo interno il quadro di gestione in corrente continua costituito da un numero di dispositivi di protezione e sezionamento, ai quali arrivano le linee provenienti dai quadri di concentrazione DC.

In uscita dall'inverter, un quadro con interruttore generale trasferisce su apposita sbarra BT l'energia raccolta dalla zona di riferimento per lo Skid, fino al trasformatore elevatore BT/AT, che la porta dal livello 645 V a quello a 36'000 V, tensione adatta al trasferimento dell'energia sia all'interno del *campo* fotovoltaico sia per il trasferimento (tramite la Cabina di Raccolta e Trasmissione) fino alla sezione 36 kV di connessione, della Nuova Stazione Elettrica RTN a 150/36 kV di proprietà Terna S.p.A.

Ciascuna cabina di zona contiene al proprio interno il quadro 36 kV che, oltre alla protezione del trasformatore BT/AT, contiene il sezionatore per il collegamento alla cabina di raccolta.

Le cabine hanno al loro interno diversi altri componenti di impianto e accessori, quali: l'impianto di terra ed equipotenziale, un trasformatore BT/BT per i servizi ausiliari, un UPS per i servizi di cabina sotto continuità, l'impianto di illuminazione, le prese di servizio e manutenzione, i ventilatori, il sistema di protezione e monitoraggio e telecontrollo, il sistema di sgancio in emergenza.

Nell'elaborato *137PRG605D - Planimetria su CTR Distribuzione Pannelli e Cabine*, sono rappresentate tutte le cabine dell'impianto.

4.7.1 Caratteristiche costruttive delle cabine

Le cabine sia quelle dedicate alla parte elettrica di potenza, sia quelle per il control room, verranno realizzate in stabilimenti dedicati per prefabbricati e verranno consegnate in cantiere pronte al collegamento DC lato inverter, AT lato rete di trasferimento e per la parte dati.

4.7.1.1 Cabine di campo (Skid)

Ciascuna di queste cabine è costituita dai diversi componenti, che globalmente avranno dimensioni esterne indicative: 10,00 x 2,50 x 3,00 [m], al loro interno sono contenuti il quadro 36 kV di tipo entra esce con le protezioni del trasformatore di potenza AT/BT, il quadro BT ed il trasformatore BT/BT per gli ausiliari.

Nella figura sottostante è rappresentato un estratto che rappresenta gli skid previsti che hanno stesse dimensioni, pur con potenze differenti.

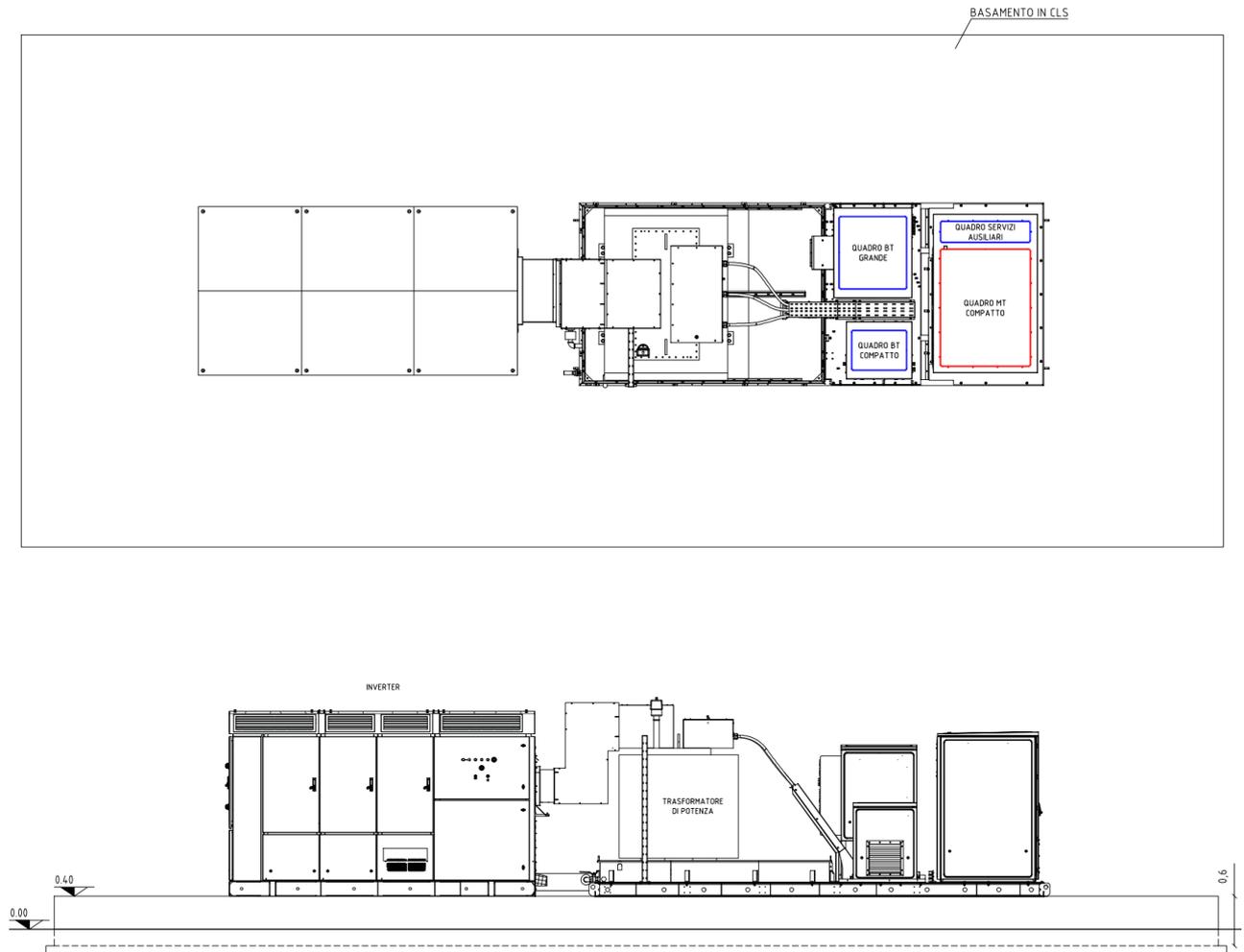


Figura 5 – Cabina di Campo - Pianta e prospetti

Maggiori dettagli sono visibili nel documento: *137PRG651D - Skid di campo 36kV-BT - Pianta e Prospetti*

4.7.1.2 Cabina di Raccolta e Trasmissione (CRT)

Questa cabina contiene i quadri 36 kV con gli scomparti per linee di arrivo dal campo e gli scomparti per le linee di trasmissione fino alla Stazione Elettrica Terna.

La cabina che insiste nell'area del Comparto A avrà anche uno scomparto 36 kV per il trasformatore servizi ausiliari AT/BT ed un gruppo elettrogeno di emergenza per tutta l'area di Stazione Produttore.

Oltre al locale 36 kV, in questo edificio sono presenti: una sala contatori e di controllo, un locale Servizi Ausiliari, un locale per il TSA, un locale per il Gruppo Elettrogeno.

Le dimensioni esterne totali del locale sono indicativamente: 32,00 x 6,50 x 4,50 [m], nella figura sottostante è rappresentato un estratto di quanto contenuto nell'elaborato:



Figura 6 – Cabina di Raccolta e Trasmissione

Maggiori dettagli sono visibili nell'elaborato:

137PRG602D - Edificio di raccolta e trasmissione 36kV – Pianta e Prospetti

4.7.1.3 Cabine / Container per l'accumulo e PCS

Queste cabine/container sono dedicate all'accumulo dell'energia, sono in numero di 16 ed hanno dimensioni esterne indicative paria a: 12,20 x 2,50 x 2,60 [m].

Per la parte di conversione della sezione di accumulo, interconnessa anch'essa alla Cabina di Raccolta e Trasmissione in quanto dovrà immettere energia al livello di tensione 36 kV prevista, sono previsti 2 container dedicati dimensioni esterne indicative paria anche essi a: 12,00 x 2,50 x 2,60 [m], denominati PCS (Power Conversion System).

Nella figura sottostante sono rappresentati la pianta del container batterie ed un esempio indicativo di realizzazione sia del container batterie che di quello inverter dedicato PCS.

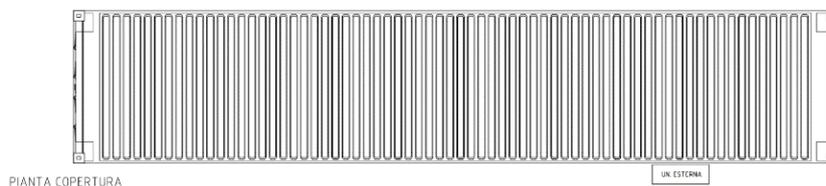


Figura 7 – Container Storage e Power Converter System – PCS

Altri monoblocchi simili sono dedicati a funzioni specifiche che saranno meglio dettagliate in fase esecutiva. L'area nella quale devono essere posizionati questi prefabbricati, dovrà essere accessibile ai mezzi con gru per lo scarico. Le aperture adibite per l'aerazione dei locali tecnici dovranno garantire un grado di protezione IP33 ed un'adeguata ventilazione; le tubazioni d'ingresso cavi, dovranno essere sigillate in modo da prevenire l'ingresso indesiderato di fluidi.

La posizione di tutte queste cabine è rappresentata nel documento:

137PRG605D - Planimetria su CTR Distribuzione Pannelli e Cabine.

4.8 Connessione alla rete elettrica

Considerata la potenza importante dell'impianto, è necessario che essa sia immessa nella rete in alta tensione, pertanto, ci sarà una prima rete di cavi 36 kV interrato che raccolgono l'energia delle cabine di campo e le convogliano ad una cabina di Raccolta e Trasmissione, dalla quale un altro cavo interrato AT provvede a trasportare l'energia in alta tensione, fino allo scomparto 36 kV dedicato nella Nuova Stazione 150/36 kV prevista da Terna.

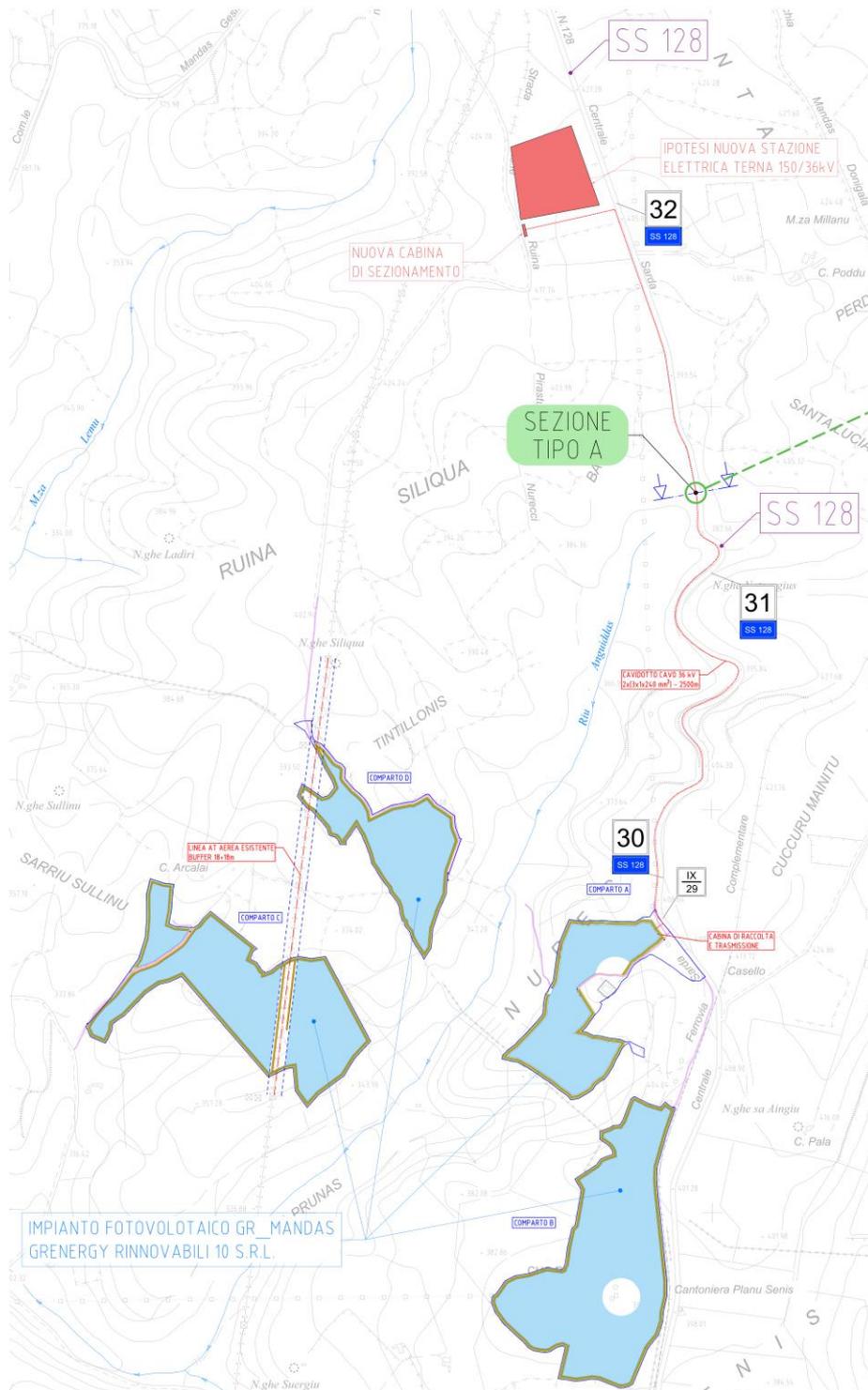


Figura 8 - Connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale.

Per un miglior dettaglio, vedasi documenti: 134PRG611D - Planimetria connessione alla RTN

In vicinanza della nuova SE Terna di Mandas, si provvederà un locale prefabbricato, nel quale alloggiare un quadro di sezionamento, al fine di utilizzarlo per abbreviare i tempi per la ricerca di eventuali guasti sulla linea di trasmissione a 36 kV.

Tale quadro non avrà protezioni a bordo ma soltanto organi di sezionamento, non sarà pertanto necessario un sistema di alimentazione permanente, sarà eventualmente previsto solo un quadro ausiliari per illuminazione e manutenzione, che sarà alimentato all'occorrenza tramite gruppo elettrogeno portatile; quindi, sarà prevista una presa per il collegamento di quest'ultimo.

Di seguito viene rappresentato lo schema a blocchi della rete a partire dal livello BT dc, BT ac, fino al livello 36 kV, che comprende la tratta di connessione alla RTN.

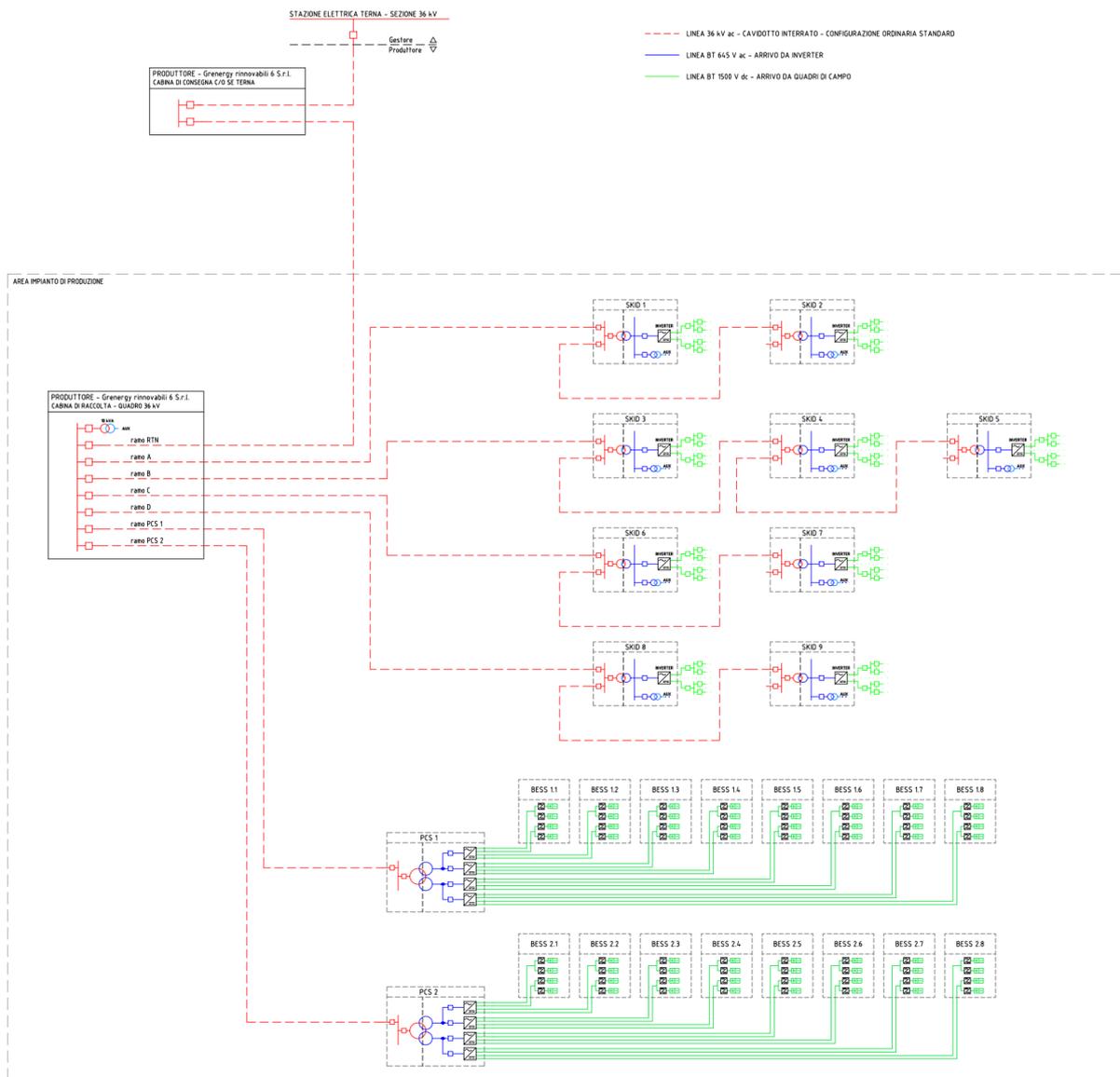


Figura 9 – Schema a blocchi della connessione fino alla RTN

Per maggiori dettagli, sulla connessione AT, vedasi elaborato:
137PRG609D - Schema a Blocchi 36kV, BTac, BTdc

4.9 Contributo alla corrente di corto circuito

La corrente di corto circuito dovuta al contributo degli inverter sulla sezione BT del fotovoltaico, riportata al livello 36 kV è trascurabile rispetto ai parametri a monte della rete 36 kV (determinati dai livelli AT della stazione Terna) ed ai valori di dimensionamento adottati per i componenti.

Anche i dispositivi di protezione previsti nei quadri BT, nei quadri 36 kV e nella seziona AT, hanno valori della tenuta termica ed elettrodinamica congruente con la corrente di corto circuito nel punto specifico dell'impianto in cui sono installati.

Calcoli di questo ordine sono pertanto irrilevanti ai fini del dimensionamento dei componenti, pure per l'influenza della potenza di cortocircuito sul nodo di rete.

La sua influenza ai fini della tensione e della frequenza sarà oggetto del load-flow in fase esecutiva, con le caratteristiche dei componenti effettivamente installati.

4.10 Cavi, rete di terra ed altri componenti

Le caratteristiche dei cavi di collegamento, della rete di terra, dei componenti accessori necessari per il funzionamento dell'impianto e per il soddisfacimento dei requisiti di sicurezza dovranno rispettare quanto previsto nelle norme. Di seguito si descrivono le diverse tipologie previste in funzione dei livelli di tensione che saranno presenti nelle diverse parti dell'impianto fotovoltaico.

4.10.1 Cavi in corrente continua

Per collegare i pannelli in stringhe fino all'ingresso degli inverter, per la tensione prevista, sono previsti cavi per il funzionamento fino a 1500 Vcc, del tipo FG21M21 o equivalente.

4.10.2 Cavi in corrente alternata BT e condotti prefabbricati BT

Dagli inverter l'energia in alternata, viene trasferita, alle cabine di campo in un quadro BT di raccolta, i cavi adatti sono quelli siglati FG16OR16 o caratteristiche similari.

All'interno delle cabine di campo, ci sarà il collegamento dai quadri BT a valle degli inverter fino ai terminali BT del trasformatore di potenza, esso potrà essere eseguito con più cavi in parallelo FG16OR16 o caratteristiche similari o con un condotto sbarre prefabbricato.

Questi collegamenti di fatto verranno forniti assemblati all'interno degli skid (cabine di campo).

4.10.3 Cavi 36 kV

4.10.3.1 Caratteristiche principali dei cavi 36 kV

La rete 36 kV prevista per la raccolta dell'energia elettrica proveniente dalle cabine del campo Fotovoltaico sarà realizzata con tipologia di cavo in categoria III, U_0/U 20.8/36 kV da 240 mm² in alluminio, e U_0/U 26/45 kV da 240 mm² in rame, a seconda di quello che sarà disponibile sul mercato.

Le caratteristiche di isolamento e di portata dei cavi significativi sono indicate in tabella.

DESCRIZIONE	UM	ARE4H5EX	RG7H1R
Sezione	mm ²	240	240
Portata di corrente a 293 K (20°C) cavi interrati a trifoglio posa	A	372	510
Tensione nominale U_0/U	kV	20.8/36	26/45

Tabella 6 - Cavi MT tripolari 36 kV

I cavi con sezioni inferiori a 240 mm² non sono stati descritti, in quanto sono utilizzati solo per il trasformatore ausiliari della Cabina di Raccolta e Trasmissione o all'interno degli skid, che verranno forniti montati, cablati e certificati dai rispettivi costruttori.

4.10.3.2 Modalità di posa dei Cavi

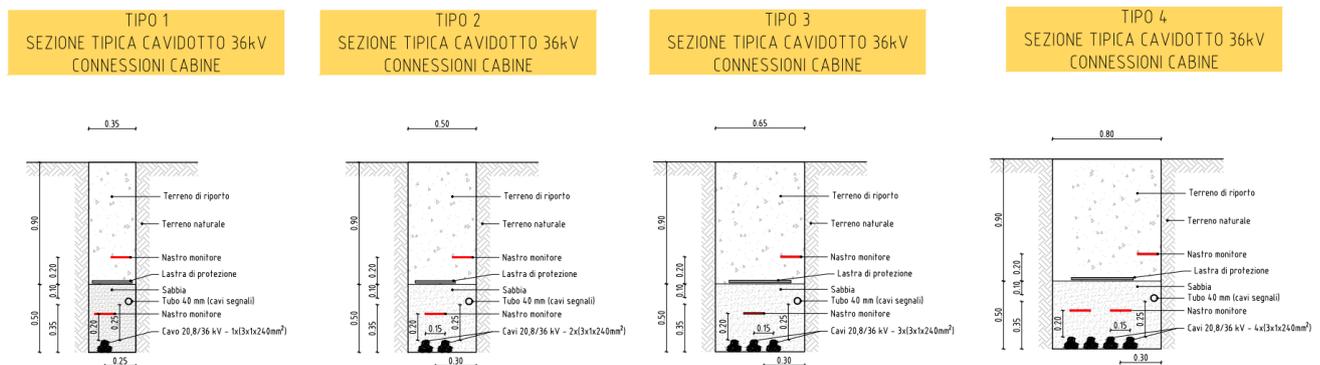


Figura 10 – Tipici per la posa interrata dei cavi 36 kV nell'area dell'impianto di produzione

Maggiori dettagli sono individuabili nell'elaborato: 137PRG607D - Planimetria su CTR percorso cavi 36kV, nel quale sono rappresentate percorsi e sezioni di posa.

4.11 Preparazione delle aree per l'installazione dell'impianto

Per rendere compatibile l'installazione dei pannelli nell'area d'interesse è necessario che la pendenza dei terreni sia contenuta, l'ideale sarebbe avere aree perfettamente pianeggianti o al più già orientate verso sud.

Per la conformazione del terreno esistente, anche per minimizzare l'impatto, questo non può essere fatto con un unico piano, ma con diverse sub aree che mantengano al proprio interno una pendenza compatibile con l'installazione dei tracker e l'orientamento dei pannelli, che essendo fissati su strutture ancorate a pali direttamente infissi nel terreno, non impediscono lo scorrimento delle acque.

L'ipotesi di livellamento eseguita è fatta sulla base di livelli cartografici, il progetto esecutivo permetterà una maggior precisione, i volumi da escavare e riempire, andranno il più possibile in compensazione, non si prevede in ogni caso di importare terre dall'esterno del sito.

4.11.1 Scavi

Per i cavidotti sono previsti scavi a sezione ristretta, necessari per la posa dei cavi elettrici, gli scavi avranno ampiezza variabile tra 35 e 80 cm e profondità di circa 140 cm. La larghezza dello scavo dipenderà dal numero di terre di cavi (36 kV), di cavi DC o cavi per telecomunicazioni (fibre ottiche) che dovranno essere posati, come evidenziato nei tipici di posa dei paragrafi precedenti.

Nella realizzazione si dovrà avere cura di sistemare temporaneamente il materiale inerte su uno dei due bordi di scavo, in modo da lasciare l'altro libero per la posa dei corrugati e/o dei cavi elettrici che verranno posati all'interno dello scavo. Ove si attui la posa diretta del cavo (es cavi 36 kV esterni al campo fotovoltaico), senza la protezione di cavidotto in apposito corrugato, si dovrà predisporre un letto di posa in sabbia, atto a proteggere i cavi da danneggiamenti meccanici. La sabbia dovrà essere stesa entro lo scavo prima e subito dopo la posa del cavo stesso. Sopra il secondo strato di sabbia, dovrà essere predisposta apposito nastro monitore, a segnalare la presenza del cavidotto in tensione.

Gli scavi saranno effettuati con mezzi meccanici, in maniera da evitare scoscendimenti, franamenti, ed in modo tale che le acque scorrenti alla superficie del terreno non pregiudichino i lavori.

I materiali derivanti dagli scavi a sezione ristretta, realizzati per la posa dei cavi, saranno temporaneamente depositati in prossimità degli scavi stessi o dove non possibile, in altra posizione del sito individuati nel cantiere. In generale lo stesso materiale sarà riutilizzato per il rinterro, quelli in eccedenza per la realizzazione delle fondazioni delle cabine e degli scavi per i cavidotti potranno essere utilizzati per il livellamento dell'area di installazione. Trattandosi di scavi poco profondi, in terreni naturali lontani da strade, sarà possibile evitare la realizzazione delle paratoie, verificando in fase esecutiva, a cura della Direzione dei Lavori e del Responsabile per la Sicurezza, che la natura del terreno sia sufficientemente compatta.

4.11.2 Infissione dei pali per i tracker

I tracker hanno la caratteristica di poter essere infissi attraverso i pali nel terreno senza bisogno di alcun tipo di fondazione in calcestruzzo (cls), compatibilmente alle caratteristiche geotecniche del terreno ed alle prove penetrometriche dettagliate che verranno confermate in fase esecutiva.

In generale le strutture sono in grado di supportare il peso dei moduli anche in presenza di raffiche di vento, di neve e altri carichi accidentali, previste nel sito di installazione.

I pali, che avranno profili in acciaio HEA 160 e IPE 200 per massimizzare la superficie di contatto con il terreno - la cui profondità di posa dipende dal tipo di terreno - saranno infissi nel terreno per mezzo di apposito "battipalo".

4.12 Componente agronomica di progetto

Al fine di soddisfare la salvaguardia dei servizi ecosistemici, il fabbisogno di energia da fonti rinnovabili e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica agropastorale locale, si prevede che l'intera superficie interessata dai pannelli sia destinata alla **semina di un prato-pascolo polifita stabile** per il pascolamento libero degli ovini (prato-pascolo) ed erbai di graminacee per fienagione alternati a sulla (*Hedysarum coronarium L* - leguminosa miglioratrice)

4.12.1 Progetto agronomico

Le superfici oggetto di studio sono attualmente destinate alla coltivazione di specie per l'alimentazione animale, nonché al pascolamento libero dei capi allevati per la produzione di latte.

Il progetto propone:

- A. il miglioramento delle superfici a seminativo con la gestione turnata dei fondi;
- B. il mantenimento ed il miglioramento delle superfici a pascolo permanente.

La gestione dei seminativi in rotazione di graminacee con leguminose **(A)** garantirà:

- il mantenimento della fertilità naturale del suolo dopo anni di coltivazione di specie depauperanti;
- il miglioramento della micro/macro porosità, della capacità di ritenzione idrica e del microbiota naturali del suolo attraverso la tecnica del minimum tillage;
- la riduzione della compattazione degli strati più superficiali del terreno causata dal ricorrente passaggio dei mezzi impiegati nelle lavorazioni dei fondi rustici con le tecniche tradizionali.

Il miglioramento ed il mantenimento delle superfici già investite a pascolo permanente garantiscono:

- l'aumento delle superfici pascolive nella disponibilità dei capi attualmente allevati in azienda;
- l'aumento della qualità e della quantità di foraggio fresco nella disponibilità dei capi che pascolano le superfici.

4.12.2 Scelta delle specie (prato pascolo)

Per il popolamento erbaceo si ipotizza un mix di **60% leguminose e 40% graminacee**, al fine di mantenere una elevata biodiversità vegetale. Tale inerbimento favorisce una maggiore biodiversità microbica e della mesofauna del terreno, nonché quella della fauna selvatica che trova rifugio nel prato e contribuisce al miglioramento dei suoli in virtù delle proprietà anti-erosive del manto erboso, all'utilizzo di piante azotofissatrici e alla riduzione della diffusione di specie infestanti. Inoltre, si prevede un miglioramento della struttura del suolo in virtù degli apparati radicali fittonanti e molto sviluppati in profondità che sono capaci di sviluppare alcune specie designate (leguminose).

Il prato-pascolo permanente è definibile **polifita** poiché il mix da impiegare sarà composto da **cinque o più specie** - come già accennato appartenenti al patrimonio floristico spontaneo regionale, integrato con specie che possano conferire allo stesso anche un alto valore foraggero. La soluzione proposta, oltre ai vantaggi già elencati, favorisce la stabilità del biota e la conservazione/aumento della sostanza organica del terreno, poiché non prevede, per definizione, alcuna rotazione e lavorazioni annuali (come avviene invece nei seminativi tradizionali); allo stesso tempo, consente la produzione di foraggio verde utile al pascolamento. Il cotico erboso permanente consentirà infine un agevole passaggio dei mezzi meccanici che verranno utilizzati per la pulizia periodica dei pannelli fotovoltaici anche in condizioni di elevata umidità del suolo.

Tra le specie più adatte alle condizioni pedoclimatiche del sito in esame, nonché ad alto valore foraggero ed in linea con le essenze spontanee tipiche del territorio regionale, sono state selezionate le seguenti:

- **Trifoglio brachicalicino** (*Trifolium brachycalycinum* Katzn e Morley) cv. **Antas** (semi-tardiva) - 20%;
- **Trifoglio squarroso** (*Trifolium squarrosum* Savi) - 5%;
- **Erba medica polimorfa** (*Medicago polymorpha* L.) cv. **Anglona** (medio-tardiva) - 10%;
- **Meliloto d'India** (*Melilotus indicus* L.) - 5%;
- **Erba mazzolina** (*Dactylis glomerata* L.) cv. **Hispanica** (di origine mediterranea) - 20%;
- **Loglio rigido** (*Lolium rigidum* Gaudin) cv. **Nurra** (selezionata in Sardegna) - 10%;
- **Orzo distico** (*Hordeum distichum* L.) - 10%.

Per le **leguminose** sono state selezionate specie appartenenti ai pascoli mediterranei, con varietà selezionate localmente, appartenenti prevalentemente ai **trifogli sotterranei** (*Trifolium subterraneum* L.), così chiamati per il loro geocarpismo¹² e all'**erba medica polimorfa** (molto diffusa e apprezzata nei pascoli sardi).

Tutte le specie identificate fanno parte del gruppo delle leguminose annuali autoriseminanti le quali, grazie al loro ciclo congeniale ai climi mediterranei, alla loro persistenza in coltura (dovuta al fenomeno dell'autorisemina), all'adattabilità a suoli poveri (che arricchiscono grazie alla loro capacità di azotofissazione) e a pascolamenti continui e severi, sono chiamate a svolgere un ruolo importante in molte regioni Sud-europee, non solo come risorsa fondamentale dei sistemi prato-pascolivi, ma anche in utilizzazioni non convenzionali (ad esempio in sistemi multiuso: agrivoltaico, aree viticole, aree forestali).

Il manto vegetale - soprattutto quello dei trifogli che rappresentano nel loro insieme la percentuale maggiore del miscuglio - è per lo più contenuto in altezza, estremamente compatto, con il grosso della fitomassa vicina al suolo (5-15 cm), con foglie situate in alto e steli ed organi riproduttivi allocati in basso, e ben funzionante anche quando sottoposto a frequenti defogliazioni.

Ai trifogli brachicalcino e ianninico è stata associata anche una piccola percentuale di trifoglio squarroso, di erba medica polimorfa e di meliloto d'india, anch'essi comuni della flora Sarda e idonei alle condizioni climatico-edafiche esistenti con ampi margini di tolleranza.

Il prato formato da queste specie risulta di lunga durata, capace di superare le estati siccitose e tollerare anche una condizione di semi-ombreggiamento dovuta alla coesistenza della coltura con i moduli fotovoltaici.

Per quanto concerne le graminacee sono state selezionate tre specie di caratteristiche sinergiche tra di loro e in consociazione con le leguminose. Nello specifico, il miscuglio ha previsto una piccola percentuale di orzo distico a ciclo annuale autunno-vernino, caratterizzato da germinazione precoce e crescita rapida (funzionale a instaurare una subitanea copertura al suolo con funzione anti-erosiva e coadiuvante all'insediamento del prato perennante ma privo di persistenza negli anni successivi a quello di semina), unitamente a erba mazzolina e loglio rigido.

L'erba mazzolina, in particolare (con specifico riferimento alla varietà mediterranea designata presenta insediamento lento, producendo cotici inizialmente non serrati, ma caratterizzata da pronto ricaccio, grande adattamento, lunga persistenza ed elevata produttività. Il loglio rigido, invece, è una graminacea annuale a ciclo autunno-primaverile dotata di buona persistenza, autoriseminante di grande capacità, con elevate produzioni foraggere.

Il cotico erboso derivante dal mix ipotizzato sarà caratterizzato da:

- biomassa in continua evoluzione e fioriture scalari durante tutto il periodo di pascolamento delle greggi;
- sfruttamento di tutta la colonna di terra per la radicazione, avendo le varie specie diverse caratteristiche degli apparati radicali;
- scarsa competitività delle varie essenze l'una con le altre in termini di risorsa idrica e nutrienti, nonché capacità di alcune di arricchire il terreno favorendo lo sviluppo di altre;
- una buona capacità di risemina il che concorrerà a garantire una certa persistenza delle specie nel tempo, da gestire ad hoc con risemine e trasemine.

Per maggiori dettagli si rimanda alla 137QAM340R Relazione Agronomica.

4.12.3 Interventi sulla fascia perimetrale dell'area di impianto

Sia ai fini paesaggistici, cioè con finalità di un migliore inserimento visivo dell'impianto, secondo quanto dimostrato nello sviluppo della 137PAE001R Relazione Paesaggistica, sia allo scopo di sostenere e potenziare la connettività ecologica nell'area, come riscontrata anche nelle relazioni specialistiche dedicate alla componente floristica e faunistica, si prevede di realizzare delle fasce perimetrali ai lotti completate con specie arboree ed arbustive di nuovo impianto esclusivamente autoctone e facenti parte della vegetazione potenziale dell'area vasta o preesistenti nel sito di intervento. Gli esemplari arborei di olivo presenti all'interno del perimetro ed interferenti con la realizzazione delle opere, opportunamente censiti ed identificati, dovranno essere espianati con adeguato pane di terra e reimpiantati in precisi segmenti di contesto alle suddette fasce perimetrali.

In merito alle specie arboree, si prevede l'impiego di piante di olivastro (*Olea europea var. sylvestris*) e di leccio (*Quercus ilex*); le specie arbustive proposte sono invece le seguenti: lentisco (*Pistacia lentiscus*), viburno (*Viburnum*), Ginepro (*Juniperus oxycedrus subsp. Oxycedrus*) con distribuzione disomogenea e casuale tra un olivastro e l'altro. La distribuzione lungo la fascia perimetrale è rappresentata nella figura seguente.

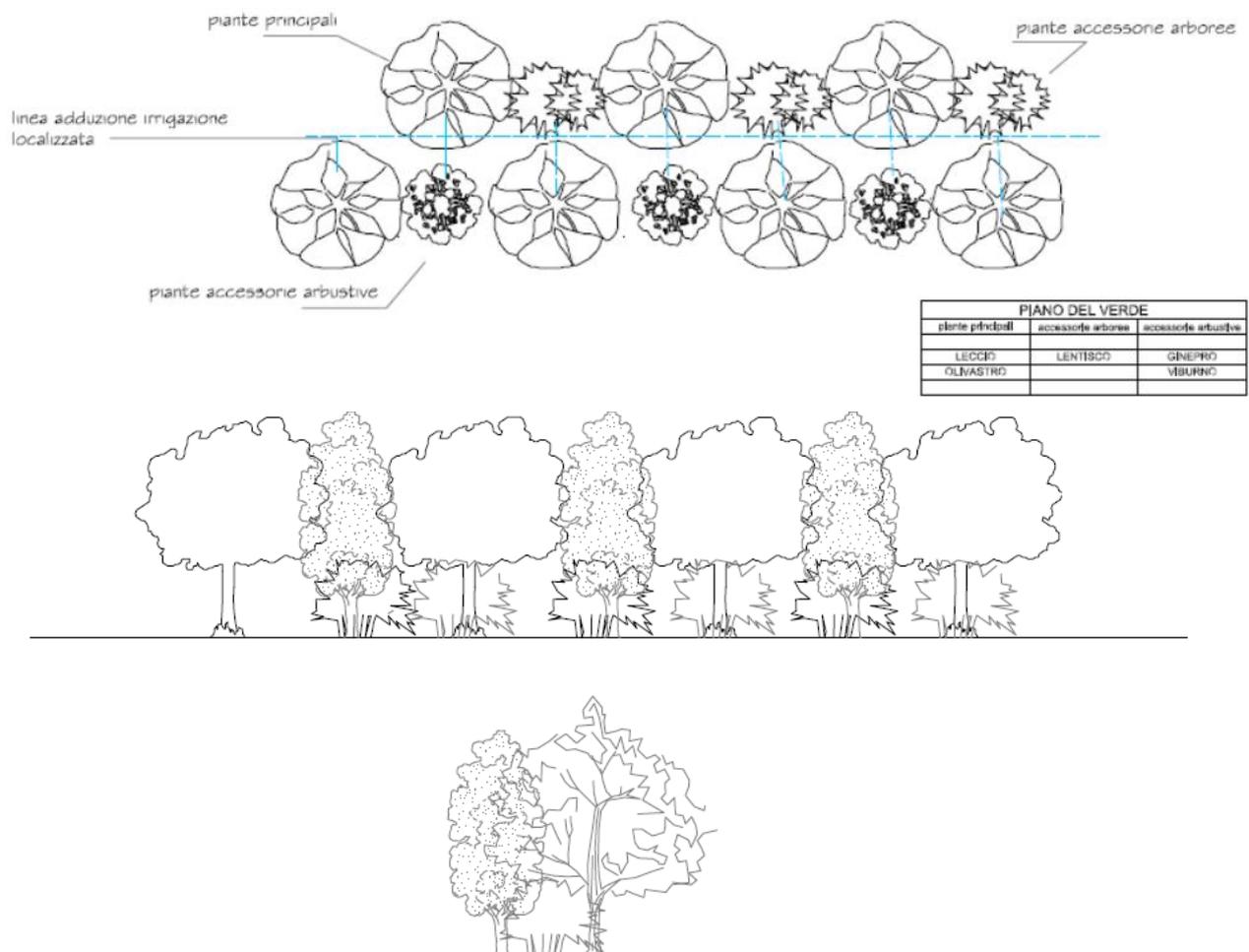


Figura 11 – Distribuzione di specie arboree e arbustive lungo la fascia perimetrale

I dettagli di queste scelte sono parte integrante del documento 137QAM200R – Relazione agronomica, mentre la tavola di riferimento per apprezzare tali inserimenti verdi anche nel contesto di altri elementi è la 137QAM351D – "Tavola del verde e altre misure di mitigazione".

È prevista la piantumazione di 5.736 nuove specie.

In merito agli interventi di carattere agronomico e perimetrale si rimanda per il dettaglio alla relazione agronomica (cod. 137QAM340R) e alla Tavola del verde e altre misure di mitigazione (cod. 137QAM351D)

4.13 Recinzione, viabilità, livelli, acque superficiali, sottoservizi, interferenze

4.13.1 Recinzione

Intorno a tutte le aree nelle quali saranno installati i pannelli fotovoltaici ci sarà una recinzione, al fine di delimitare la proprietà, essa sarà costituita da rete metallica romboidale, maglia 5 x 5 cm, altezza 2 m, plastificata verde, ancorata ad elementi metallici.

Al fine di garantire la continuità dei corridoi ecologici alle specie faunistiche, la recinzione sarà dotata di idonee aperture e/o dovrà essere sollevata da terra di almeno 30 cm.

Quanto descritto è rappresentato nella figura sottostante.

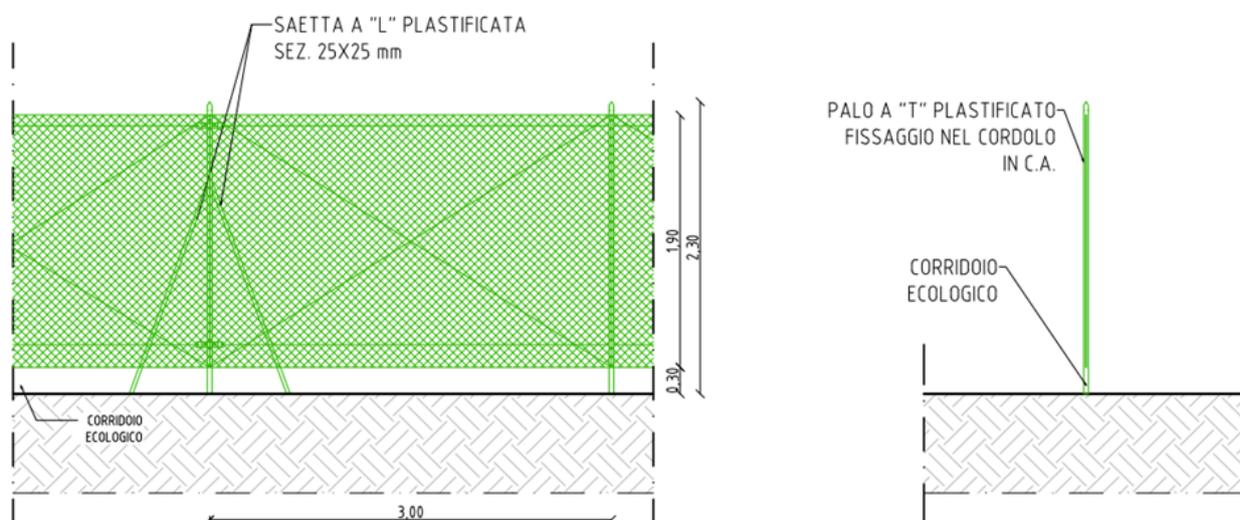


Figura 12 – Dettaglio recinzione - Prospetto e sezione

Maggiori dettagli sono visibili sull'elaborato di progetto: 137PRG605D - Planimetria su CTR Distribuzione Pannelli e Cabine e viabilità.

Per inibire furti ed atti vandalici i perimetri recintati saranno controllati da sistema antintrusione tramite sorveglianza con telecamere, con sensore di movimento, in grado di funzionare nel campo dell'infrarosso per la visione notturna e di attivare automaticamente l'accensione dell'impianto di illuminazione.

4.13.2 Viabilità

Per quanto riguarda la viabilità, all'interno dei campi fotovoltaici, in generale il passo tra le file dei pannelli è sufficiente a permettere ai mezzi, sia in fase di costruzione sia in fase di esercizio e manutenzione di muoversi all'interno delle aree, mantenendo la velocità entro i valori tipici da rispettare per i cantieri.

Per garantire la viabilità a mezzi importanti anche quando i tracker sono in funzione è prevista una viabilità principale costituita da percorsi perimetrali ed alcuni trasversali, che di fatto utilizza quella esistente opportunamente mantenuta.

Le strade seguiranno in linea di massima i perimetri del layout rappresentato nella suddivisione dei sottocampi; in generale, per minimizzare gli impatti, sulle stesse strade ci saranno le vie cavi ed i canali principali per lo scorrimento delle acque superficiali.

Per avere un ridotto impatto ambientale, i nuovi accessi e la viabilità aggiuntiva saranno realizzati con la tecnica della terra stabilizzata, prendendo cioè il materiale in situ, opportunamente vagliato, miscelato ed impastato nelle dosi con calce, opportuni leganti, aggreganti, sanificanti.

Questo permette di avere percorsi stabili adatti anche al traffico pesante, altamente drenanti, temperando le esigenze di valenza paesaggistica e di eco-sostenibilità con la funzionalità ed affidabili nel tempo. La conformazione opportuna della sezione di queste strade, l'ottimizzazione dei percorsi dei cavidotti coordinandoli con la viabilità, permette la gestione delle acque superficiali in modo da non erodere il piano stradale e diminuire il più possibile la manutenzione delle stesse.

In alternativa le strade si potranno realizzare in tout-venant, soluzione che mantiene ugualmente una elevata capacità drenante, un basso impatto ambientale, ma che dovrà essere mantenuta con più frequenza ed intervenendo per il ripristino in caso di interruzione della viabilità.

4.13.3 Smaltimento acque meteoriche

I movimenti di terra, come già evidenziato nei paragrafi precedenti, saranno quelli indispensabili al livellamento, lasciando inalterati o migliorando i regimi di scorrimento delle acque superficiali, ripristinando gli scorrimenti già previsti, con la rimozione, ove necessario, dello strato superficiale del terreno e degli arbusti.

Per lo scopo, a fianco delle strade interne e periferiche, sarà realizzato un canale di invito che correrà parallelo alle strade stesse e, ove la direzione dei deflussi siano trasversali, saranno aggiunti dei pozzetti con dei tubi di dreno a permettere lo scarico verso i canali di raccolta esistenti.

Sottostante una figura rappresentativa.

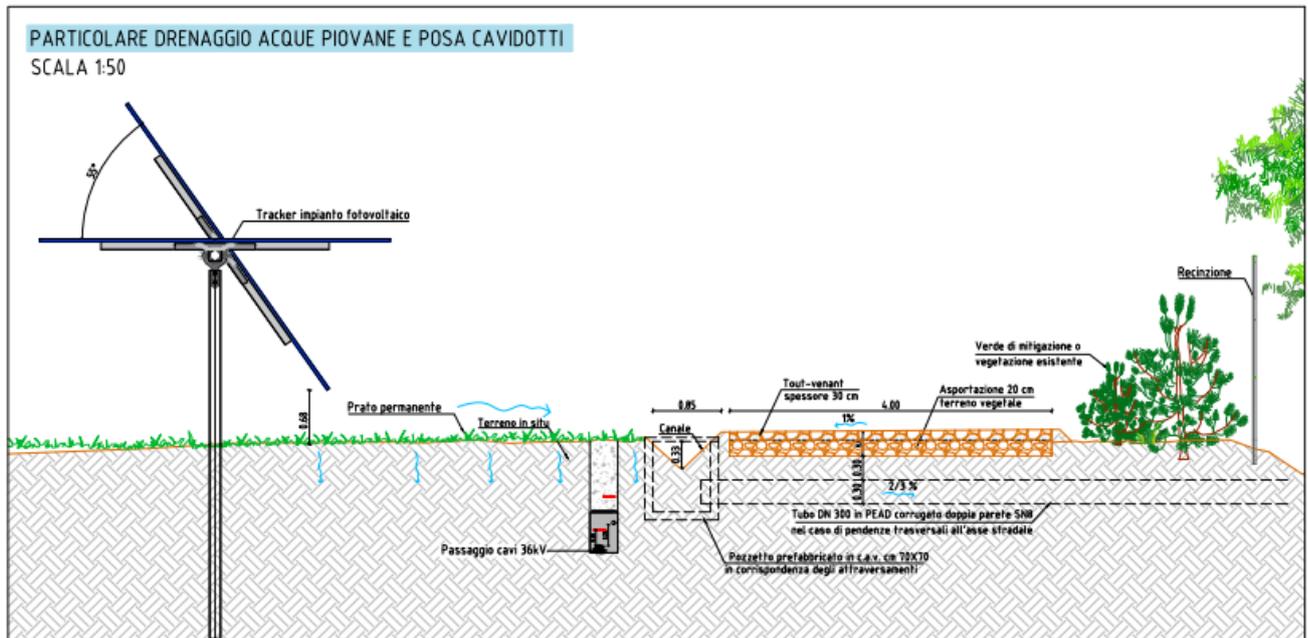


Figura 13 – Acque superficiali - drenaggi trasversali bordo strada

Maggiori dettagli sono visibili nel documento: 137PRG605D - Planimetria su CTR Distribuzione Pannelli e Cabine e viabilità.

Informazioni supplementari sulle acque superficiali nelle condizioni esistenti, possono reperirsi nel documento:

137QAM320R_Relazione_Geologica, allegata al progetto.

4.13.4 Illuminazione e videosorveglianza

Per l'impianto fotovoltaico è previsto un impianto di antintrusione e videosorveglianza composto da punti di rilevamento montati su pali perimetrali al lotto, è prevista anche l'installazione di sistema di illuminazione utilizzando lo stesso supporto per installare sia il proiettore, sia le telecamere.

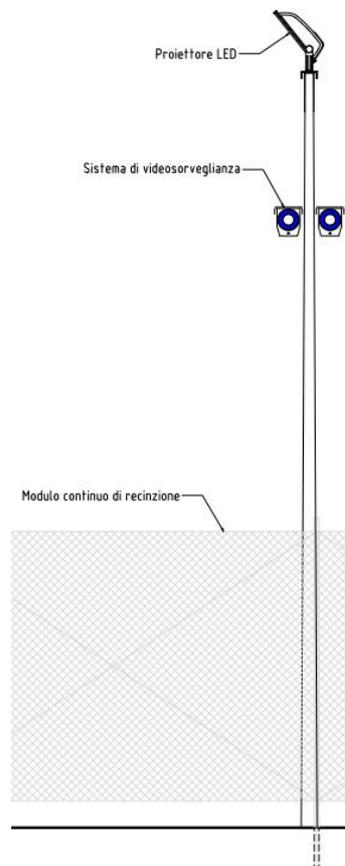


Figura 14 – Palo di supporto per corpo illuminante e telecamere

I pali, con a bordo corpi illuminanti e telecamere, saranno distribuiti su tutta la recinzione, come indicato nell'elaborato: 137PRG605D 00 - Planimetria su CTR Distribuzione Pannelli e Cabine.

Il sistema di accensione/spegnimento può essere gestito a tempo, con parzializzazione 50 %, al fine di ridurre l'inquinamento luminoso, con l'attivazione automatica del sensore di movimento della telecamera di sorveglianza, anche tramite accensione individuale o totale da remoto, tramite il sistema di videosorveglianza. La soluzione verrà meglio dettagliata in fase esecutiva, in funzione della tipologia da implementare effettivamente.

All'interno delle cabine e dei containers ed all'esterno degli stessi, saranno posizionati i corpi illuminanti, necessari alla gestione e manutenzione anche notturne, plafoniere collegamenti e comandi saranno adatti al luogo di installazione (interno o esterno, eventualmente ATEX ove necessario), saranno previste anche opportune lampade di emergenza, aventi autonomia adatta allo specifico luogo ed alla funzione.

4.14 Cabine e cavidotti - Interferenze

Nella predisposizione del layout di progetto si è tenuta in considerazione la presenza degli elementi interferenti rappresentandole negli elaborati progettuali.

4.14.1 Interferenze con l'installazione nell'area dell'impianto

All'interno del perimetro dell'impianto fotovoltaico sono state considerate alcune zone di rispetto, ad esempio un'apposita fascia di rispetto per la linea aerea AT esistente, in prossimità di queste zone e fasce non verranno installati tracker o cabine, come evidenziato nel documento:

137PRG606D - Planimetria su Ortofoto Distribuzione Pannelli e Cabine

Per i collegamenti elettrici e la viabilità le interferenze sono invece gestite come di seguito specificato.

4.14.2 Attraversamenti all'esterno dell'impianto di produzione

Il cavidotto per la connessione a 36 kV sarà interrato secondo un tracciato che, allo scopo di non determinare movimenti terra in parti private, verrà posato in parte lungo alcune vie comunali di Mandas, presenti per l'accessibilità alle zone rurali, ripristinandole dopo la posa, e una parte importante andrà a costeggiare la SS 128 per raggiungere la Nuova Stazione Elettrica 150/36 kV pianificata da Terna.

I tipici di attraversamento, che per le caratteristiche grafiche non sono apprezzabili nel formato del presente documento, vengono rappresentati in dettaglio nell'elaborato: **1347RG611D - Planimetria connessione alla RTN.**

4.15 Organizzazione del cantiere macchine - viabilità - rumore

4.15.1 Cantiere interno parco

Per quanto concerne l'organizzazione del cantiere, si ipotizza di suddividerlo in corrispondenza dei vari sottocampi, dedicando a ciascuna un'area dedicata, una zona di accesso, controllo e di sorveglianza notturna, in generale a seconda dello stato di avanzamento delle varie fasi, saranno previste anche le baracche e le aree parcheggi per i mezzi di cantiere.

La viabilità sarà riorganizzata in modo da renderla congruente con la viabilità definitiva del parco fotovoltaico, da collegare tramite apposite strade dedicate per l'accesso ai cantieri dei singoli sottocampi fotovoltaici.

Le aree di cantiere saranno recintate, avranno un accesso controllato (con badge o addetto) e vi saranno localizzati i baraccamenti, i parcheggi per il personale, i parcheggi dei mezzi di cantiere, le postazioni di cantiere, un'area per lo stoccaggio di pannelli e materiali e un'area per lo stoccaggio dei rifiuti.

In generale, il layout sarà organizzato con le seguenti zone:

- Zona Direzionale: con uffici per il committente, la direzione lavori ed il coordinamento della sicurezza, un ufficio di cantiere per l'impresa affidataria delle opere civili ed uno per l'affidataria delle opere elettriche, una sala riunioni comune, servizi igienici.
- Zona Operativa: con spogliatoi e servizi igienici per gli addetti, l'infermeria, una sala ristoro per pause brevi con tettoia all'aperto, un refettorio/mensa per le pause lunghe.

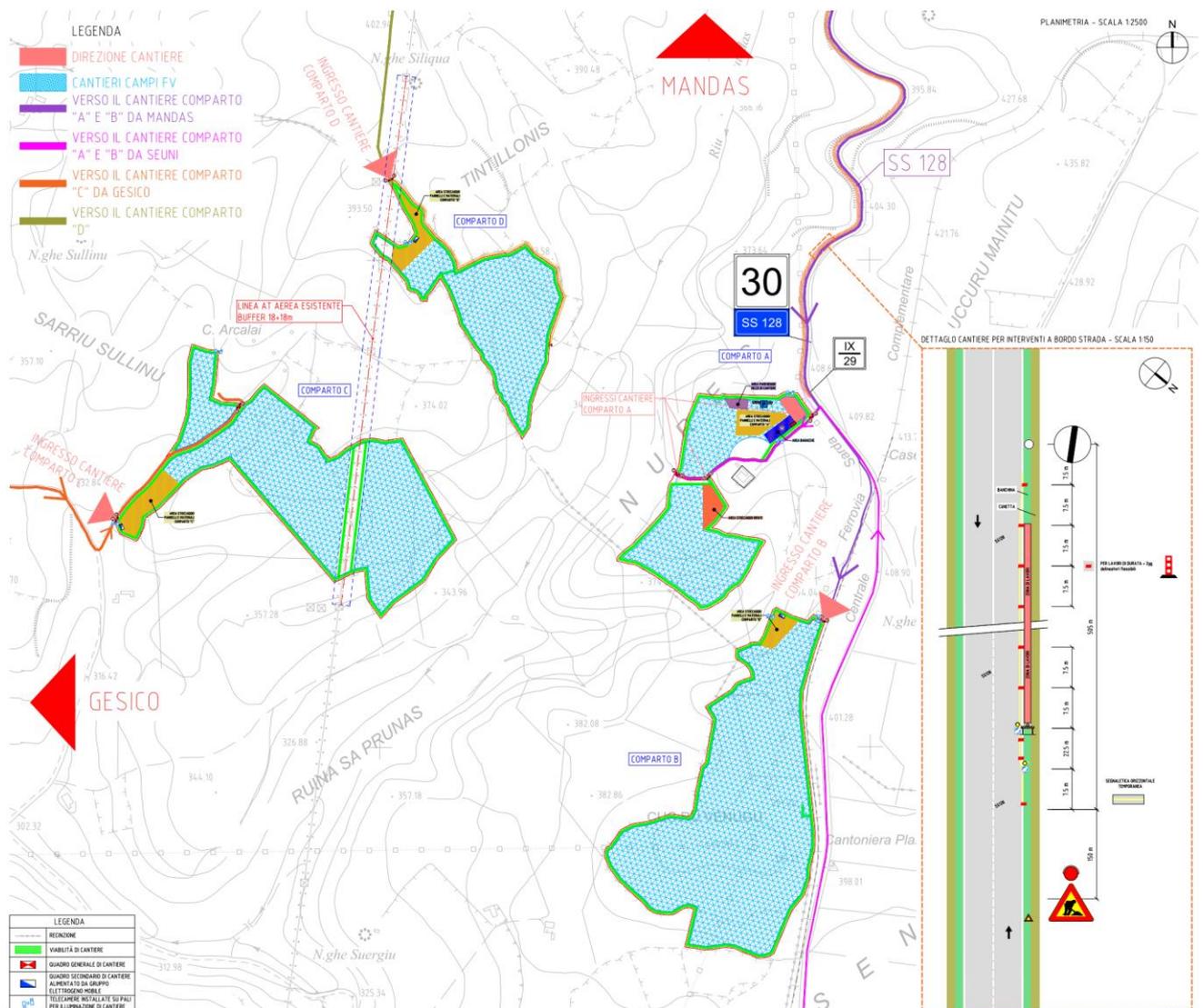


Figura 15 – Layout cantiere

In generale ciascuna delle aree di suddivisione di lavoro, costituirà un cantiere satellite del principale: comparto A, nel quale ci saranno tutti gli spazi per la Direzione dei Lavori, del Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione ed i vari Capi Cantiere delle diverse Imprese. Ogni comparto sarà recintato e dotato dei servizi minimi: un box per impresa se verrà ritenuto necessario, un bagno chimico, una o più postazioni di lavoro libere, con zona di stoccaggio breve e montaggio.

In generale per ogni comparto il cantiere sarà organizzato secondo opportuna viabilità interna, studiata per ridurre al minimo le interferenze.

4.15.2 Cantiere esterno parco

Per la realizzazione degli elettrodotti in cavo sono individuabili le seguenti fasi:

- esecuzione degli scavi, per le parte di costeggiamento della strada;
- stesura e posa del cavo;
- realizzazione dei giunti;
- riinterro dello scavo fino al ripristino del piano.

Per la posa longitudinale con scavo, l'area di cantiere sarà costituita essenzialmente dalla trincea di posa del cavo prevista per la lunghezza del percorso, larga circa 1m per una profondità variabile fino a 1,4 m.

Ove la Direzione dei Lavori lo ritenesse opportuno, la profondità di posa potrà essere aumentata o anche diminuita, utilizzando in questo secondo caso, un'opportuna protezione meccanica aggiuntiva (es. bauletti in calcestruzzo).

Poiché per l'esecuzione dei lavori non sono previste tecnologie di scavo con prodotti in grado di contaminare rocce e terre, nelle aree a verde o canali in cui sono assenti scarichi e in tutte le aree in cui non sia accertata e non si sospetti potenziale contaminazione, nemmeno dovuto a fonti inquinanti diffuse, il materiale scavato sarà considerato idoneo al riutilizzo in sito. In ogni caso durante la realizzazione delle opere, il criterio di gestione materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e successivamente il suo utilizzo per il rinterro degli scavi, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito.

In merito all'interessamento di aree da parte dell'elettrodotto, con riferimento ai riferimenti legislativi sugli espropri, le Aree Impegnate, cioè quelle necessarie per la sicurezza dell'esercizio e manutenzione dell'elettrodotto, in fase esecutiva saranno concordate nel dettaglio con la direzione tecnica dei proprietari delle strade.

Anche ciascuna di queste aree sarà recintata dotata di opportuna cartellonistica per indicare il cantiere e regolare l'accesso e, all'interno, per individuare pericoli e prescrizioni delle aree di lavoro.

Per quanto riguarda i lavori sul tratto di strada provinciale SS 128, indicato in figura 15, verranno attuate le specifiche procedure dedicate agli interventi sulle strade aperte al traffico.

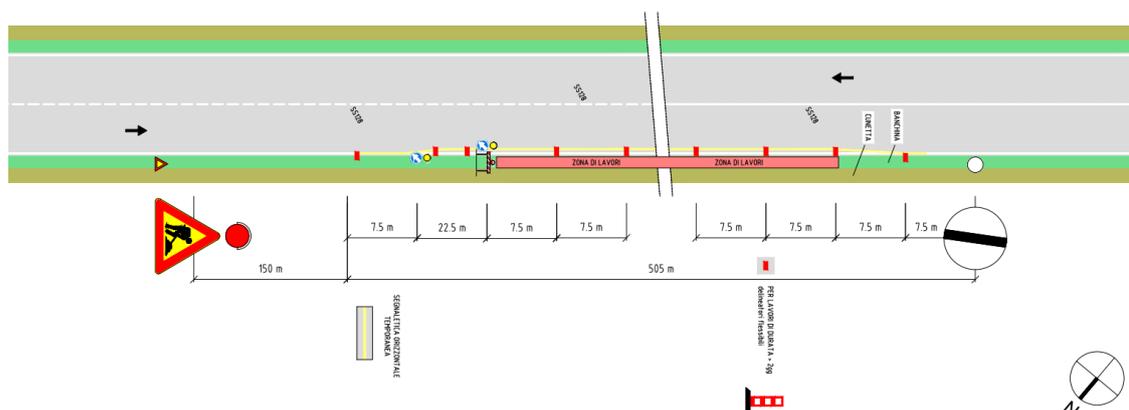


Figura 16 – Layout cantiere area SS 128

Maggiori dettagli posso essere apprezzati nel documento: **137PRG610D - Planimetria di cantiere**

Per le modalità di posa e attraversamento con il cavidotto esterno al parco, relativo al collegamento alla RTN, non ci sono criticità, le sezioni di fatto sono quelle tipiche già rappresentate precedentemente, i cui dettagli sono rilevabili nel documento 137PRG611D 00 - Planimetria connessione alla RTN 36kV.

4.15.3 Macchine operatrici

Per le lavorazioni da eseguirsi in cantiere verranno utilizzate diverse macchine, in generale mobili, in particolare, indicativamente saranno presenti:

- 3 mezzi tra gommati e cingolati (ruspe e pale meccaniche) per il movimento e livellamento terra;
- Rullo compressore (per il solo compattamento strade in tout-venant)
- 3 trivelle e/o battipali per l'infissione dei supporti di sostegno delle strutture dei pannelli;
- 3 camion per trasporto del terreno, delle apparecchiature, dei pannelli e delle strutture;
- 1 Betoniera con autopompa per i getti di fondazioni container e cabina di raccolta e trasmissione;
- 1 autocisterna per rifornimento betoniera/impastatrice e per irrorazione strade per abbattimento polvere;
- 6 veicoli per il trasporto delle attrezzature e del personale.

4.15.4 Viabilità cantiere

La viabilità sarà organizzata in maniera da ottimizzare le opere ed i tempi di esecuzione, in particolare verranno realizzate da subito quelle strade e le canalizzazioni in terra stabilizzata o tout-venant, che saranno utilizzate già in fase di cantiere e che resteranno funzionali alla viabilità dell'impianto anche in fase di esercizio.

Questo sforzo iniziale diminuirà in maniera determinante la necessità di provvedere alla irrorazione continua delle vie, per diminuire la polverosità, durante il transito dei mezzi di cantiere.

4.15.5 Rumore

Per quanto riguarda il Rumore e le Vibrazioni, questi sono da associare essenzialmente alle fasi di cantiere, per l'utilizzazione delle macchine operatrici richiamate nel paragrafo precedente, considerato che le lavorazioni con le macchine saranno effettuate principalmente in orari diurni e che la zona circostante è di tipo prettamente agricolo, non si prevede un impatto importante, in ogni caso qualora fosse necessario, per quanto riguarda il superamento sporadico dei limiti di immissione nei confronti dei soli ricettori abitativi, potranno essere adottate delle barriere mobili fonoassorbenti, per maggiori dettagli si rimanda al documento: **137QAM401R Valutazione Previsionale dell'impatto acustico**.

In fase di esercizio dell'impianto essendo i componenti e le macchine tutte statiche, non ci sono impatti significativi. Le uniche fonti di rumore degne di nota sono:

- l'attivazione temporanea dei ventilatori delle cabine di campo, che sono interne al parco ed hanno un livello di emissione che verrà in parte schermato dai pannelli stessi;

- l'attivazione temporanea dei ventilatori delle cabine container dedicate all'accumulo, che sono anch'esse interne al parco ed hanno un livello di emissione che verrà in parte schermato dai pannelli stessi e dalle fasce di mitigazione del verde.

4.16 Ciclo di vita dell'impianto, dismissione e ripristino dei luoghi

Per un corretto approccio ambientale va considerato che, al diminuire dell'efficienza dell'impianto al di sotto di valori accettabilità (oggi l'efficienza dei moduli monocristallini diminuisce di valori inferiori a 0,7 % all'anno), deve esserne prevista la dismissione e lo smantellamento in tutte le sue parti.

Al contempo sempre nell'ottica del rispetto ambientale e del risparmio delle fonti di energia primaria per la produzione di materie prime pregiate, deve essere predisposta la selezione ed il recupero delle varie parti di installazione, ad esempio il silicio, il rame, l'alluminio e l'acciaio, il litio della parte storage, per i quali le valorizzazioni sono ben definibili in funzione dei valori di mercato al momento del recupero.

In generale, per la dismissione sono previste 16 settimane con 5 squadre (di 4 persone cadauna) per un totale di 20 persone. Per maggiori dettagli vedasi documento *137PRG006R Piano Computo e Cronoprogramma Dismissione*.

5 Campo fotovoltaico aree - cabine - potenze - producibilità

Come è evidente dagli elaborati planimetrici e dagli schemi a blocchi, la potenza suddivisa in funzione delle zone disponibili, le cabine, così come gli inverters, sono stati configurati in funzione delle potenze nelle diverse zone; sottostante una tabella riepilogativa di detta suddivisione, in sottocampi, con numero dei pannelli, potenze e numero delle cabine.

Superficie Moduli su strutture fisse	Pannelli da 610 W	Strutture fisse da 28 pannelli	Cabine Inverter	P _{DC} totale su strutture fisse	P _{AC} totale strutture fisse
[m ²]	[n]	[n]	[n]	[kW]	[kW]
69'799,13	27'468	981	6	16'755,48	16'560,00

Superficie Moduli su tracker	Pannelli da 610 W	Tracker da 28 pannelli	Cabine Inverter	P _{DC} totale tracker	P _{AC} totale tracker
[m ²]	[n]	[n]	[n]	[kW]	[kW]
47'678,54	16'100	575	3	9'821,00	9'465,00

Superficie Moduli Totali	Pannelli da 610 W	Strutture totali da 28 pannelli	Cabine Inverter totali	P _{DC} totale	P _{AC} totale
[m ²]	[n]	[n]	[n]	[kW]	[kW]
117'477,67	43'568	1'556	9	26'576,48	26'025,00

Tabella 7 - Campi, Sottocampi, P_{DC}, P_{AC}, e Cabine

Oltre alle cabine della generazione fotovoltaica devono essere considerate 16 Cabine di Accumulo elettrochimico, di capacità pari a 2,752 MWh ciascuna per un totale di circa 44 MWh e potenza nominale complessiva pari a 10 MW¹, la cui connessione per l'erogazione controllata è prevista sempre nella cabina di Raccolta e Trasmissione 36 kV, che, per la parte di competenza, sarà telecontrollata anche dal Gestore della Rete Nazionale.

5.1 Dati geografici

I dati relativi al sito in cui è installato l'impianto (coordinate) sono i seguenti:

Comuni di	Mandas e Gesico
Latitudine	39.618 °
Longitudine	9.129 °
Altitudine	da 380 a 400 m
Azimuth	0° (sud)

Tabella 8 - Dati geografici

5.2 Producibilità dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico, connesso in rete con allaccio in alta tensione 36 kV, ha una potenza totale corrispondente al numero di pannelli, pari ad una potenza DC 26,576 **MWp**, è suddiviso in 9 generatori (cabine inverter), cui corrisponde una potenza in AC pari a circa **26 MW** ed una produzione di energia annua pari a circa **43'618 MWh**, derivante da **43'568** moduli da 610 Wp ciascuno.

I moduli insistono su una superficie complessiva, messa a disposizione, di circa 45 ettari, i pannelli occupano una superficie netta di circa 12 ettari.

Di seguito la tabella riepilogativa per la parte Fotovoltaica.

Superficie totale del terreno	circa 45 ettari
Superficie totale moduli	117'478 m²
Numero totale moduli	43'568
Potenza totale pannelli	26'576,48 kW
Numero totale cabine inverter	9
Potenza totale uscita inverter AC	26'025 kW
Energia totale annua	43'618'040kWh

Tabella 9 - Dati riepilogativi Impianto fotovoltaico GRR10 Mandas

¹ La potenza erogabile della parte di accumulo, oltre dall'energia immagazzinata dipende dal dimensionamento dei componenti elettronici (inverter) associati al Power Control System.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i parametri più significativi per la producibilità dell'impianto, in particolare si evidenziano i valori di produzione media mensile (su base annuale). I valori inseriti sono approssimati, ma indicativi sulla effettiva producibilità media attesa, che, di fatto, sarà fortemente legata alla manutenzione dell'impianto, in particolare alla pulizia periodica della superficie dei moduli, che prevede ovviamente anche l'impiego di personale del luogo.

Mese	E _d	E _m	H _d	H _m
Gennaio	46'496,40	1'441'388,48	3,28	101,62
Febbraio	58'935,84	1'650'203,55	4,21	117,77
Marzo	67'409,34	2'089'689,69	4,95	153,53
Aprile	76'827,04	2'304'811,27	5,85	175,59
Maggio	82'041,76	2'543'294,57	6,42	199,14
Giugno	88'241,32	2'647'239,62	7,17	215,18
Luglio	90'779,72	2'814'171,33	7,50	232,36
Agosto	87'188,62	2'702'847,24	7,16	221,99
Settembre	76'341,75	2'290'252,38	5,98	179,37
Ottobre	66'237,06	2'053'348,97	4,99	154,83
Novembre	50'062,63	1'501'878,94	3,62	108,70
Dicembre	44'682,41	1'385'154,86	3,16	97,89
Media su base annuale	69'604	2'118'690	5,4	163,2
Totale per anno		25'424'281		

Tabella 10 - Producibilità dell'agrivoltaico parte su strutture fisse

Mese	Ed	Em	Hd	Hm
Gennaio	26'078,18	808423,65	3,1	96,13
Febbraio	36'697,74	1027536,6	4,38	122,74
Marzo	45'529,37	1411410,52	5,6	173,62
Aprile	56'668,22	1700046,51	7,22	216,66
Maggio	64'660,09	2004462,66	8,48	263,01
Giugno	73'617,02	2208510,52	10,03	300,77
Luglio	76'126,35	2359916,94	10,51	325,85
Agosto	69'058,94	2140827,24	9,47	293,55
Settembre	53'793,44	1613803,12	7,04	211,17
Ottobre	42'382,87	1313869,03	5,34	165,51
Novembre	28'323,56	849706,67	3,45	103,52
Dicembre	24'362,78	755246,04	2,91	90,27
Media su base annuale	49'775	1'516'147	6,5	196,9
Totale per anno		18'193'760		

Tabella 11 - Producibilità dell'agrivoltaico parte su strutture ad inseguimento

La somma delle due parti è pari a **43'618'040 kWh/anno**.

Va precisato che la producibilità di **43'618'040 kWh /anno** è un valore di simulazione, calcolato con riferimento alle coordinate dell'impianto supponendo il campo libero su tutte le direzioni. Per un valore che tenga conto dell'orizzonte non libero, introduciamo una ulteriore riduzione, pari a circa il 3 % per cui il valore finale di producibilità risulta essere cautelativamente pari a **42'309'499 kWh /anno**, tale valore è da considerarsi probabilistico, con le incertezze sulle variabili meteo e prestazioni delle apparecchiature che, in funzione delle scelte in fase esecutiva, potrebbero introdurre ulteriori variazioni.

6 Rendimento energetico gas serra evitati

6.1 Fonti fossili evitate

Come visto al paragrafo precedente, la produzione stimata cautelativa è pari a **42'309'499 [kWh/anno]**, considerando il coefficiente di conversione, come aggiornato nella Delibera EEN 3/08, pari a 0,187 tep/MWh, abbiamo che le tonnellate equivalenti di petrolio tep non utilizzate, sono:

$$42'309'499 \text{ [kWh]} \cdot 0,187 \times 10^{-3} \text{ [tep/kWh]} = 7'911,88 \text{ [tep]}$$

6.2 Gas serra non immessi in atmosfera

L'energia elettrica prodotta da fotovoltaico, proprio perché evita l'utilizzazione della quantità equivalente di petrolio sopra calcolata, consente di calcolare (considerando di fatto i rapporti stechiometrici per la combustione), la quantità di biossido di carbonio corrispondente che si sarebbe invece prodotta con la fonte fossile di riferimento.

Utilizzando tale valore di conversione da tep a tonnellate di CO₂, si ha:

$$3,17 \text{ [t / tep]} \cdot 7'911,88 \text{ [tep]} = 25'080,65 \text{ [t]}$$

7 Costo dell'opera e ricadute occupazionali

7.1 Costo complessivo

Il costo dell'opera considerando tutte le componenti: fornitura e posa in opera dell'impianto e spese generali, è stimato pari a circa **27 M€**.

7.2 Persone impiegate in fase di costruzione

Facendo riferimento alle indicazioni dell'Associazione Nazionale Costruttori Edili ANCE, individuando come categoria prevalente dei lavori la OG9, Impianti per la produzione di energia elettrica, la cui incidenza minima sulle opere della mano d'opera è minimo 14,23 %, considerando la maggior attenzione da porre anche in funzione dello sviluppo del cavidotto AT, possiamo assumere un valore del 18 %.

Con queste ipotesi si procede al calcolo degli uomini giorno, riepilogato nella tabella seguente.

Descrizione		UM	Note
IMPORTO LAVORI	27'000'000,00	[€]	
Incidenza % MANODOPERA	18%	[%]	
Incidenza manodopera	4'860'000,00	[€]	
Costo orario medio operaio	33,00	[€]	
Costo medio giornata operaio (8 ore)	264,00	[€]	
Calcolo Uomini Giorno	18409,09	[uomini]	
Numero squadre	20,00	[-]	
Numero componenti squadre	4,00	[-]	ip. squadre da 4 persone
Totale uomini	80,00	[uomini]	
Giorni totali	230,00	[giorni]	arrotondati
Giorni lavorativi (ip. anno costruzione)	261,00	[giorni lav.]	Ipotesi costruzione: 2025
Anni lavorativi	0,88		
Totale tempo impiegato	10,57	[mesi]	
Totale tempo arrotondato	11	[mesi]	

Tabella 12 - Uomini giorno e tempistiche

Dal calcolo di cui sopra con 20 squadre (di 4 persone cadauna) si prevedono circa 11 mesi di lavori.

Totale 80 persone impiegate per 10 mesi.

È escluso da questo calcolo il personale di ingegneria per Progettazione, Direzione dei Lavori, Sicurezza e Commissioning impianto.

7.3 Persone impiegate in fase di esercizio, manutenzione ordinaria (valore previsionale)

Per l'esercizio dell'impianto di produzione

Descrizione Attività	h/anno	gg lav./anno	Persone	
			min	max
Interventi agronomici aree pannelli	6'645	831	3	5
Lavaggi pannelli	2'392	299	1	2
Manutenzione elettromeccanica: cabine quadri, inverter	2'658	332	1	2
Sevizio di guardiania (diurna 4h) e dedicata notturna (8h)	4'380	365	1	2
Totali	16'075	1'827	6	11

Tabella 13 - Personale per la manutenzione in esercizio

Dal calcolo in tabella per la manutenzione e gestione ordinaria si prevedono da 6 a 11 persone, non necessariamente contemporanee e di diverse specializzazioni. Sono altresì previste altre ricadute sul territorio per la manutenzione straordinaria, non calcolabili a priori.