



IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE DENOMINATO "TRUNCU REALE" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI SASSARI (SS)

OPERA DI PUBBLICA UTILITA'
VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE ai sensi del D.Lgs 3 aprile 2006, n.152 ALL. II

CUSTOMER
Committente

FIMENERGIA

ADDRESS
Indirizzo

VIA L.BUZZI, 6, 15033 CASALE MONFERRATO (AL)
T. +390292875126 (ufficio operativo)

DESIGNERS TEAM
Gruppo di progettazione

SUPERVISION
Coordinamento

FAVERO ENGINEERING

VIA GIOVANNI BATTISTA PIRELLI, 27
20124 MILANO (MI)
T. +390292875126

Ing. FRANCESCO FAVERO

CONSULTANTS
Consulenti

AMBIENTALE: Dott.ssa MARZIA FIORONI
Via C.Battisti, 44 23100 Sondrio (SO) - +39 0342 050347 - mfioroni@alp-en.it
GEOLOGIA, GEOTECNICA E IDRAULICA: Dott. Geol. FAUSTO PANI
Via Castelli, 2 09122 Cagliari (CA) - +39 070 272011 - fausto.pani@gmail.com
AGRONOMIA: Dott. Agr. GIUSEPPE PUGGIONI
Via Don Minzoni, 3 07047 Thiesi (SS) - +39 348 6621842 - puggioni@gmail.com
ARCHEOLOGIA: Dott. Arch. FABRIZIO DELUSSU
Via Depretis, 7 08022 Dorgali (NU) - + 39 3475012131 - archeologofabriziodelussu@gmail.com
ACUSTICA: Ing. CARLO FODDIS, Ing. IVANO DISTINTO
Viale Europa, 54 09045 Quartu San'Elena (CA) - + 39 070 2348760 - cf@fadsystem.net
FAUNA: Dott. Nat. MAURIZIO MEDDA
Via Lunigiana, 17 09122 Cagliari (CA) - +39 393 8236806 - meddamaurizio@libero.it
FLORA: Dott. Nat. FABIO SCHIRRU
+39 347 4998552 - fabio.schirru@pecagrotecnici.it

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	CHECKED	APPROVED
00	Febbraio 2024	PRIMA EMISSIONE	Ing. A. Lunardi	Ing. A. Lunardi	Ing. F. Favero
01					
02					
03					
04					

DRAWING - Elaborato

TITLE
Titolo

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO OPERE CIVILI E PRELIMINARE STRUTTURE

DRAWING DETAILS - Dettagli di disegno

GENERAL SCALE
Scala generale

-

DETAIL SCALE
Scala particolari

-

ARCHIVE - Archivio

FILE

DTG_003

PLOT STYLE

FAVERO ENGINEERING.ctb

CODING - Codifica

PROJECT LEVEL
Fase progettuale

DEFINITIVO

CATEGORY
Categoria

DTG

PROGRESSIVE
Progressivo

0

0

3

REVISION
Revisione

00

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	OPERE CIVILI	4
2.1	Opere civili interne all’impianto fotovoltaico.....	4
2.1.1	Posa tracker mediante infissione	4
2.1.2	Viabilità interna	6
2.1.3	Recinzione.....	8
2.1.4	Cancello d’ingresso	9
2.1.5	Cabine elettriche.....	9
2.1.6	Illuminazione e videosorveglianza	14
2.2	Opere civili relative alla connessione	19
2.2.1	Posa del cavidotto	19
2.2.2	Attraversamenti mediante tecnica TOC	29
3	NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	30
4	NORMATIVA E ZONIZZAZIONE SISMICA.....	32
5	CARICHI AGENTI SUI TRACKER.....	35
5.1	Azione sismica.....	35
5.2	Carichi permanenti strutturali	35
5.3	Carichi permanenti non strutturali	35
5.4	Azione del vento	35
5.4.1	Calcolo della pressione cinetica del vento	36
5.5	Azione della neve	38
5.6	Qualità dei materiali	39
5.6.1	Strutture metalliche portamoduli	39

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione tecnica specifica sulle opere civili e le strutture per il progetto di otto impianti fotovoltaici e agrivoltaici di produzione di energia elettrica da fonte solare, della potenza complessiva di 61,15 MWp, e delle relative opere di connessione. Gli impianti sono composti da pannelli fotovoltaici installati su inseguitori monoassiali, e sono situati nelle località Cugulasu, Giorre Verdi, e Su Giau nel comune di Sassari. Gli impianti, aventi una superficie complessiva di circa 81 ha, sono raggruppati in 3 lotti, corrispondenti alle località in cui si inseriscono.

Per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), si fa riferimento ai preventivi di connessione proposti da E-Distribuzione, specifici per ogni impianto e accettati dalla società FIMENERGIA S.r.l.

In tabella sono riepilogate le caratteristiche di ogni impianto:

Nome Impianto	Potenza installata	Potenza in immissione	Superficie	Località	Tipologia	Codice preventivo di connessione
Bassu 1	9,30 MWp	7,95 MW	12,51 ha	Cugulagiu	Agrivoltaico	377096864
Bassu 2	8,49 MWp	7,95 MW	12,54 ha	Cugulagiu	Agrivoltaico	377144485
Truncu Reale 2	4,31 MWp	4,2 MW	6,03 ha	Giorre Verdi	Agrivoltaico	346849178
Truncu Reale 3	8,25 MWp	7,95 MW	9,62 ha	Giorre Verdi	Fotovoltaico	336584232
Truncu Reale 4	8,20 MWp	7,95 MW	9,12 ha	Giorre Verdi	Fotovoltaico	377037702
Truncu Reale 5	8,14 MWp	7,95 MW	10,43 ha	Giorre Verdi	Agrivoltaico	336586272
Truncu Reale 6	8,14 MWp	7,95 MW	11,18 ha	Su Giau	Agrivoltaico	377149730
Truncu Reale 7	6,31 MWp	6,00 MW	9,57 ha	Su Giau	Agrivoltaico	371292053
<u>TOTALE</u>	<u>61,15 MWp</u>	<u>57,90 MW</u>	<u>81,00 ha</u>			

L'intervento si identifica come misto di impianti fotovoltaici e agrivoltaici, e questi ultimi rientrano nel Tipo 1, come classificato dalle Linee Guida del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), il quale indica il coesistere, nella stessa area, dell'attività agricola e della produzione di energia elettrica da fotovoltaico.

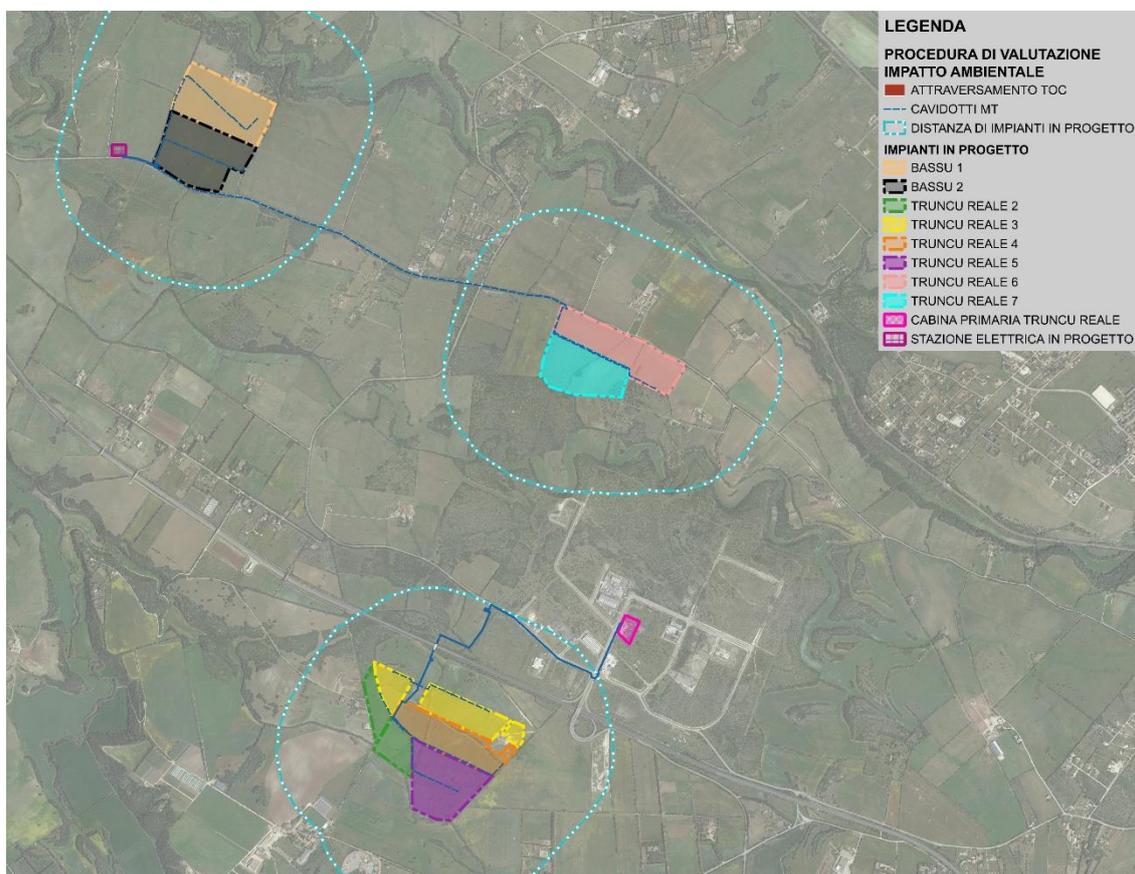


Figura 1 - Suddivisione impianti in progetto

2 OPERE CIVILI

Nei capitoli seguenti si descriveranno separatamente le opere civili necessarie alla realizzazione dei campi fotovoltaici, agro-voltaici e le opere civili necessarie alla realizzazione del cavidotto di connessione.

2.1 Opere civili interne all'impianto fotovoltaico

2.1.1 Posa tracker mediante infissione

Gli impianti saranno costituiti da tracker monoassiali sorretti da pali in acciaio infissi nel terreno, tale tecnologia consente la rotazione dei pannelli sull'asse dei tracker per l'inseguimento dei raggi solari. Un aspetto da non trascurare per garantire la stabilità del sistema riguarda la modalità di infissione del palo.

I pali di sostegno non richiedono generalmente fondazione in calcestruzzo. Il palo è tipicamente rappresentato da un profilato in acciaio per massimizzare la superficie di contatto con il terreno; la profondità dipende dal tipo di terreno interessato. Una flangia, ordinariamente da 5 cm, viene utilizzata per guidare il palo con un infissore al fine di mantenere la direzione di inserimento entro tolleranze minime.

Nel caso specifico, si prevedono le seguenti fasi lavorative:

- Infissione del profilo tramite macchina battipalo
- Eventuale esecuzione di collare in boiacca come rifinitura.

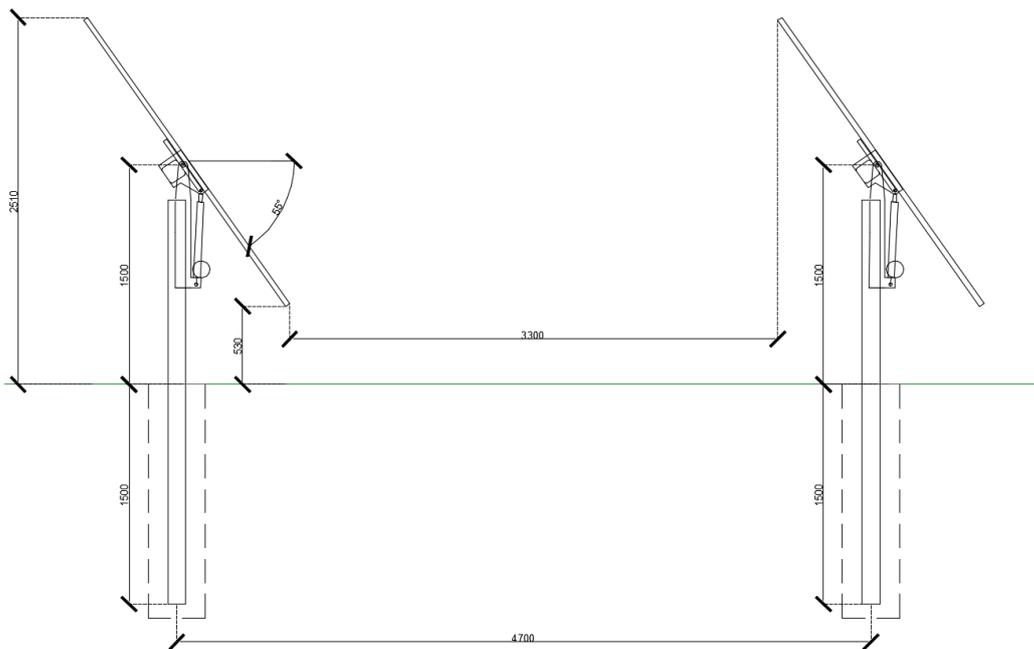


Figura 2 - Schema infissione tracker per impianti fotovoltaici

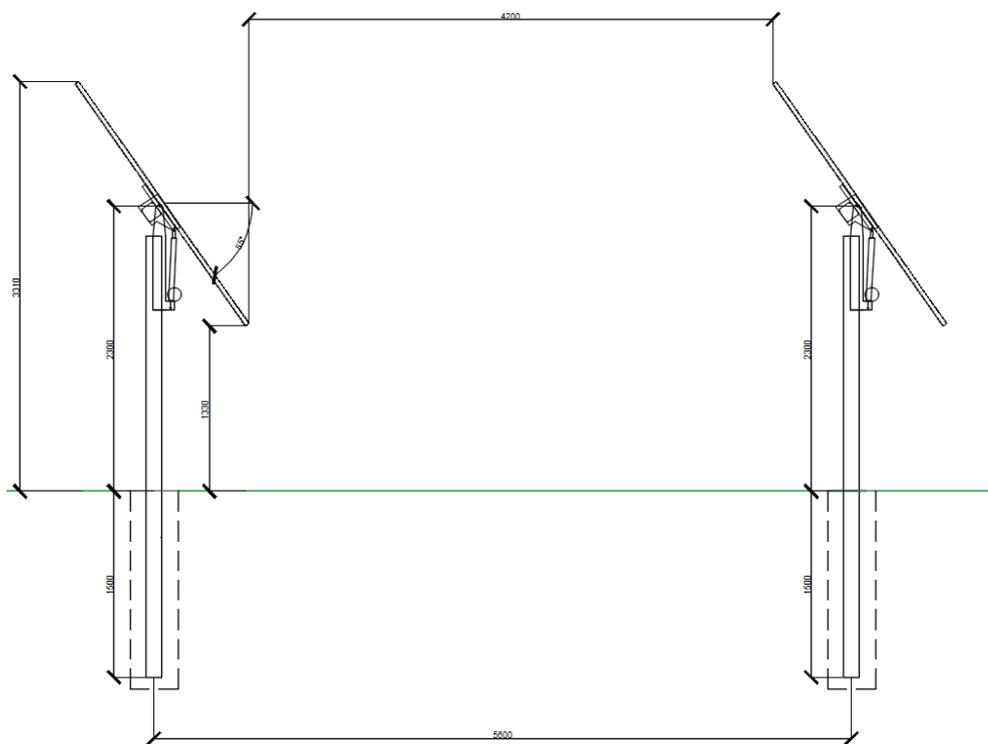


Figura 3 - Schema di infissione tracker per impianti agrivoltaici

2.1.2 Viabilità interna

Per muoversi agevolmente all'interno dell'area ai fini delle manutenzioni e per raggiungere le cabine di campo verranno realizzate le strade interne strettamente necessarie a raggiungere in maniera agevole tutti i punti dell'impianto. La carreggiata stradale della viabilità di impianto presenterà una larghezza massima di 4 metri. La viabilità interna verrà realizzata solo con materiali naturali e la massicciata stradale sarà formata da uno strato di finitura superficiale in ghiaietta di cava di 10 cm posato al di sopra del terreno naturale precedentemente compattato. Questo permetterà l'infiltrazione e il drenaggio delle acque meteoriche nel sottosuolo, pertanto non sarà ridotta la permeabilità del suolo.

Le carreggiate saranno conformate trasversalmente conferendo una pendenza dell'ordine del 2,5% per garantire il drenaggio ed evitare ristagni delle acque meteoriche.

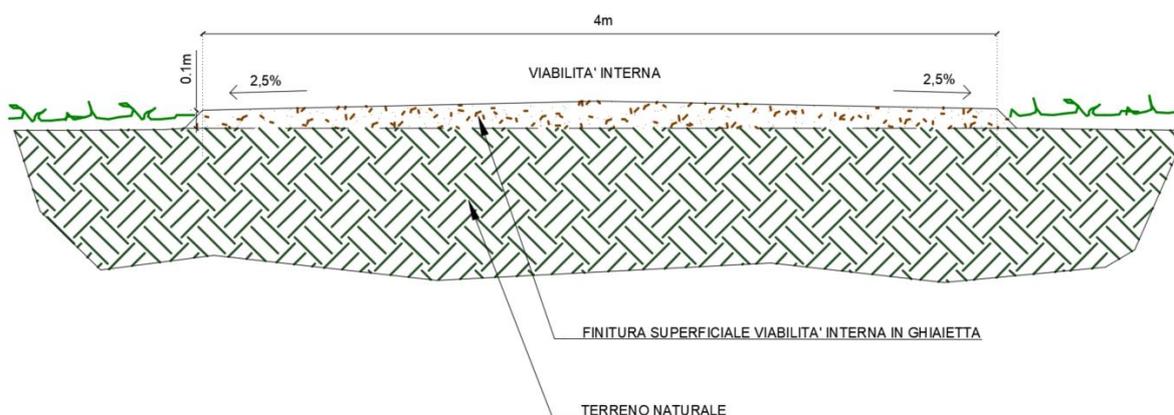


Figura 3 - Sezione tipo Viabilità interna

Per quanto concerne l'andamento plano-altimetrico dei tratti costituenti la viabilità interna, si sottolinea che quest'ultima verrà realizzata seguendo, come criterio progettuale, quello di limitare le movimentazioni di terra nel rispetto dell'ambiente circostante. Questo è possibile in quanto le livellette stradali seguiranno l'andamento naturale del terreno stesso.

Le modalità di costruzione della viabilità di servizio sono le seguenti:

- Tracciamento stradale: pulizia del terreno consistente nello scoticamento del suolo e del materiale vegetale;
- Formazione del sottofondo costituito dal terreno naturale o di riporto, sul quale sarà messa in opera la soprastruttura stradale costituita dallo strato di finitura;
- Posa di eventuale geotessuto e/o geogriglia da valutare in base alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni;
- Realizzazione dello strato di finitura: costituisce lo strato a diretto contatto con le ruote dei veicoli poiché non è previsto il manto bituminoso, al di sopra dello strato di base deve essere messo in opera uno strato di finitura in ghiaietta di cava per uno spessore finito di circa 10 cm.

Al termine della fase di cantiere sono previste le seguenti attività:

- Sagomatura della massicciata per il drenaggio spontaneo delle acque meteoriche;
- Modellazione con terreno vegetale dei cigli della strada e delle scarpate e dei rilevati;

Ripristino della situazione ante operam delle aree esterne alla viabilità di esercizio, delle zone utilizzate durante la fase di cantiere.

2.1.3 Recinzione

Al perimetro dell'impianto FV è prevista la realizzazione di una recinzione in rete metallica plastificata a maglia romboidale (vedi figura). Tale recinzione sarà sostenuta da pali infissi in ferro zincato per la totalità del perimetro del campo fotovoltaico. I sostegni in ferro zincato, dell'altezza di circa 2,0 metri, verranno conficcati nel terreno per una profondità pari a 0,5 m. Questi presenteranno giunti di fissaggio laterale della rete sul palo e giunti in metallo per il fissaggio di angoli retti e ottusi.

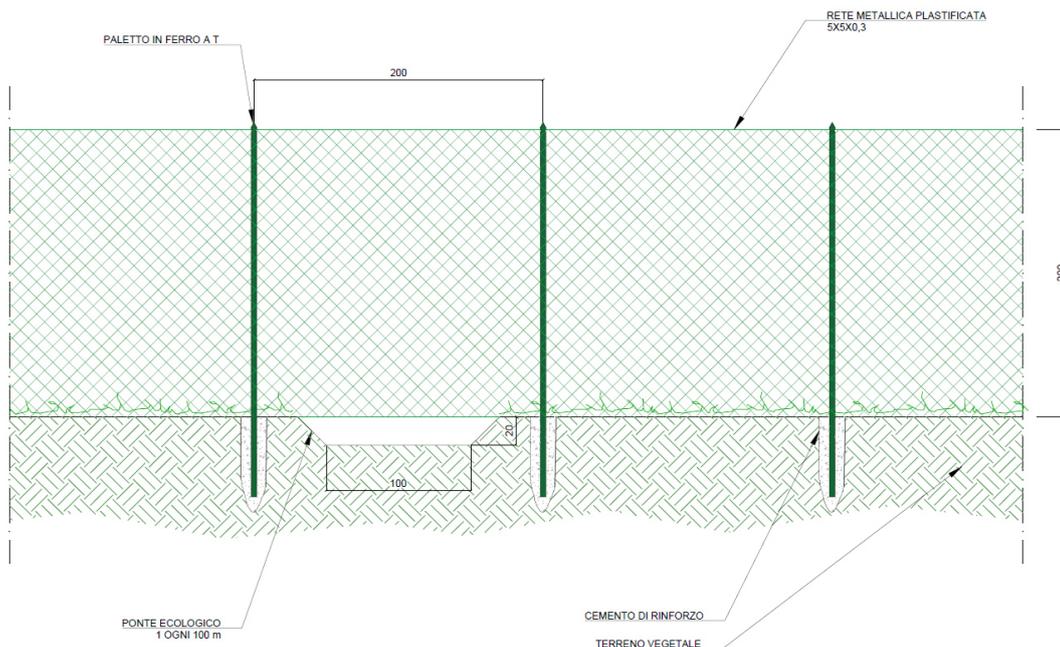


Figura 4 - Prospetto recinzione

Data la presenza di recinzioni di notevole lunghezza, al fine di prevenire le possibili ripercussioni negative in termini di deframmentazione degli habitat, sono state previste delle aperture ogni 100 m di altezza pari 20 cm ed ampiezza 100 cm circa, al fine di consentire il libero transito della piccola fauna selvatica del luogo dall'esterno all'interno e viceversa. Come si evince infatti dalla sezione tipo sopra riportata, le scelte progettuali effettuate permetteranno il passaggio della piccola fauna all'interno o all'esterno dell'impianto, in modo da scongiurare qualsivoglia frattura naturalistica.

2.1.4 Cannello d'ingresso

Per l'accesso agli impianti si realizzeranno numerosi cancelli. I cancelli saranno realizzati in profilati di acciaio, assemblati per elettrosaldatura, verniciati e rete metallica in tondini di diametro 6 mm con passo della maglia di 15 cm, come da disegno di progetto. Il cancello è costituito da due ante a bandiera di altezza 2,0 m e di larghezza di 2,5 m, per una luce totale di 5 m, completo di paletto di fermo centrale e chiusura a lucchetto.

In alternativa alla tipologia sopra descritta, ove richiesto dalla D.L., i cancelli potranno essere realizzati in profilati scatolari di acciaio, assemblati per elettrosaldatura e successivamente zincati a caldo, con tamponamento delle ante in pannelli grigliati elettrofusi di acciaio zincato (a maglia quadrata di 60 x 60 mm costituita da piatti verticali di 25 x 3 mm collegati orizzontalmente da tondi del diametro 5 mm) solidarizzati al telaio mediante bulloneria inamovibile.

In ogni caso le cerniere dovranno essere in acciaio inox ed andranno opportunamente applicate ai pilastri di sostegno (in c.a. o in acciaio).

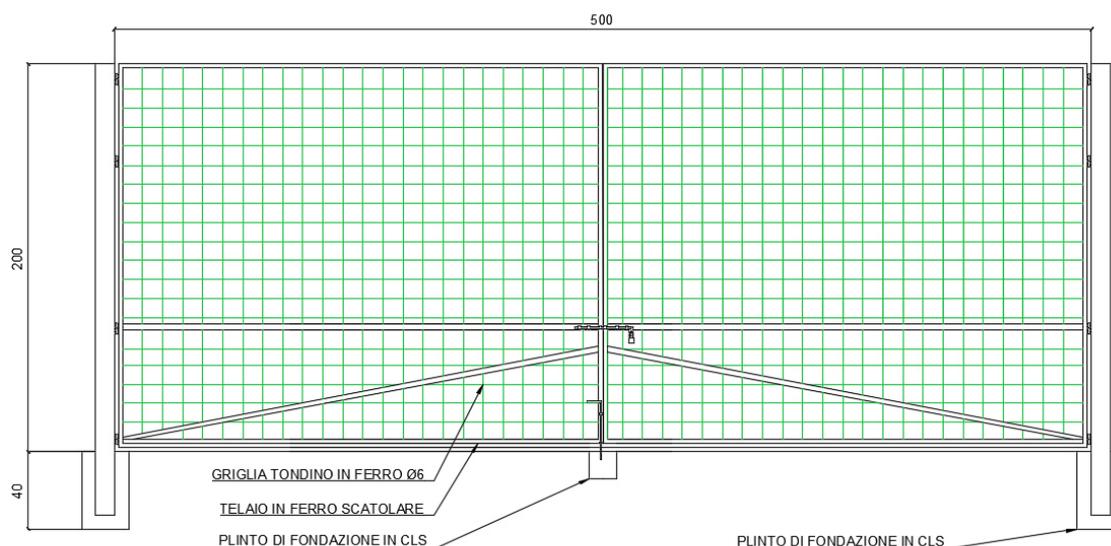


Figura 5 - Particolare cancello d'ingresso

2.1.5 Cabine elettriche

Il progetto prevede la realizzazione di:

- 44 cabine di trasformazione in totale considerando tutti gli impianti posizionati in modo baricentrico rispetto agli inverter nei vari sottocampi elettrici;

- Una cabina utente per impianto che farà da nodo principale per le cabine di trasformazione;
- Una cabina di consegna MT per impianto in adiacenza della cabina utente.

Le cabine, dedicate all'alloggiamento delle apparecchiature elettriche, saranno costituite da monoblocchi prefabbricati con struttura monolitica autoportante senza giunti di unione tra le pareti. Tali cabine poggeranno su un basamento prefabbricato del tipo "a vasca" omologato Enel realizzato in calcestruzzo, idoneo al passaggio dei cavi in ingresso e in uscita dalla cabina. Le pareti esterne delle cabine saranno rivestite da particolari vernici al quarzo impermeabili e idrorepellenti, che garantiscono una buona resistenza agli agenti atmosferici. Il tetto a falde sarà impermeabilizzato con guaina bituminosa ardesiata armata in poliestere applicata a caldo.

Il basamento "a vasca" delle cabine sarà posato su uno strato di allettamento in sabbia. I trasformatori di potenza, situati esternamente a ciascuna cabina di trasformazione saranno posati su un basamento prefabbricato tipo "vasca" necessaria al raccoglimento dell'olio di raffreddamento.

2.1.5.1 Cabina di consegna

La cabina di consegna ha dimensioni esterne 2,48 x 6,70 m ed all'interno lo spazio è suddiviso in due ambienti da una partizione interna, necessaria per separare il locale misure dal resto delle apparecchiature. La cabina avrà un'altezza netta interna di 2,99m.

La cabina di consegna sarà posata con le porte di ingresso rivolte verso la strada, in modo da consentire agli operatori del gestore di rete di accedervi. La cabina sarà dotata di due porte dim. 120x215 cm e di una porta 60x215 cm per l'accesso al locale misure.

2.1.5.2 Cabina utente

La cabina utente ha dimensioni esterne 2,48x6,70 m ed all'interno lo spazio sarà unico. La cabina avrà un'altezza netta interna di 2,99m. Anche la cabina utente sarà posata con le porte di ingresso rivolte verso la strada. La cabina sarà dotata di una porta dim. 120x215 cm. Dato che la posa sarà in un'area all'esterno del campo, la cabina utente sarà provvista di accessi di tipo blindato.

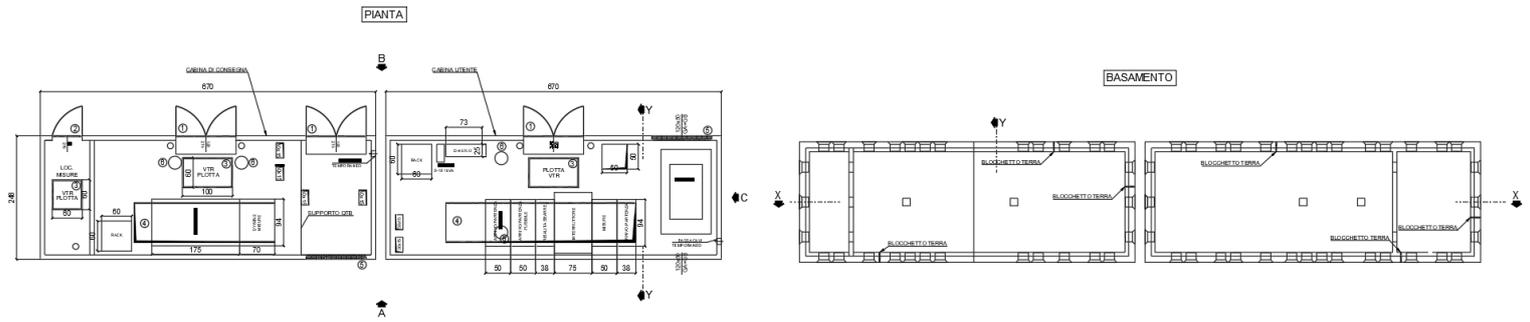


Figura 4 - Pianta posizionamento cabina utente e cabina di consegna

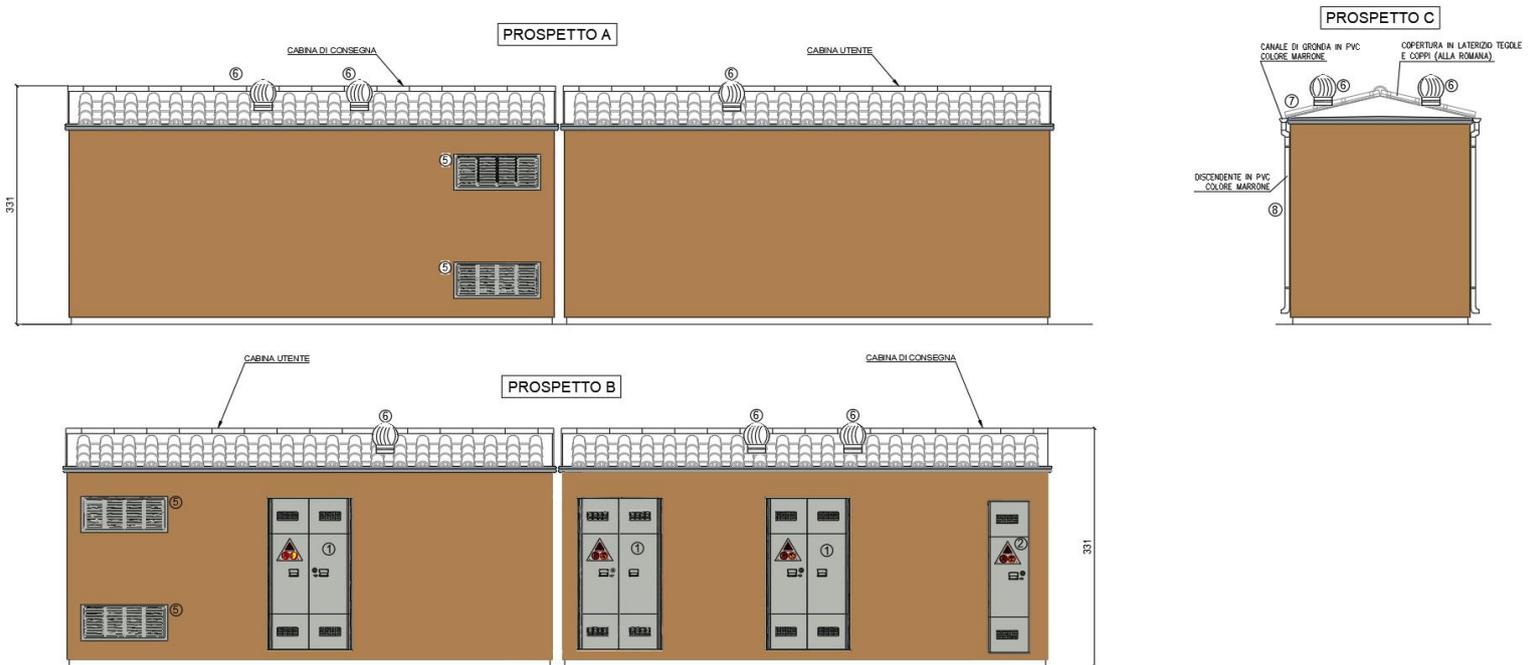


Figura 5 - Prospetti cabina utente e cabina di consegna

2.1.5.3 Cabina di trasformazione

La cabina di trasformazione ha dimensioni esterne 2,48x5,70 m ed all'interno lo spazio è suddiviso in due ambienti da una partizione interna, necessaria per separare il locale trasformatore dal resto delle apparecchiature. La cabina avrà un'altezza netta interna di 2,99m.

La cabina sarà posata con le porte di ingresso rivolte verso l'interno del campo fotovoltaico per consentire l'accesso solo ai manutentori dell'impianto. La cabina sarà dotata di due porte dim. 120x215 cm, di cui una necessaria all'accesso al locale trasformatore

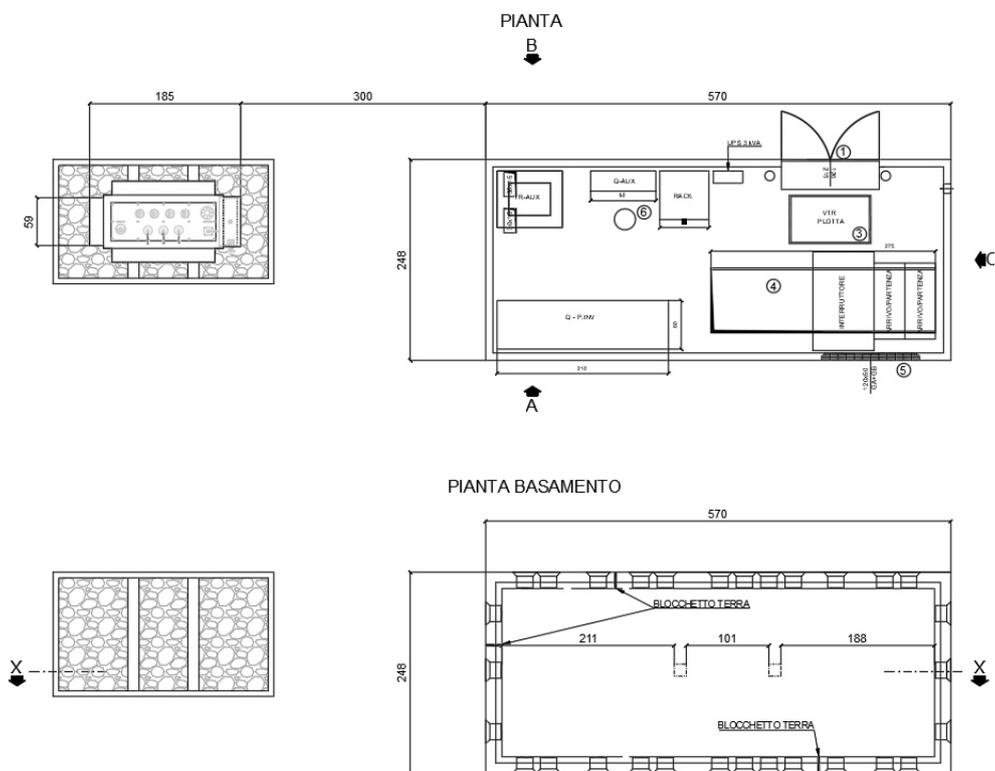


Figura 6 - Pianta posizionamento cabina di trasformazione

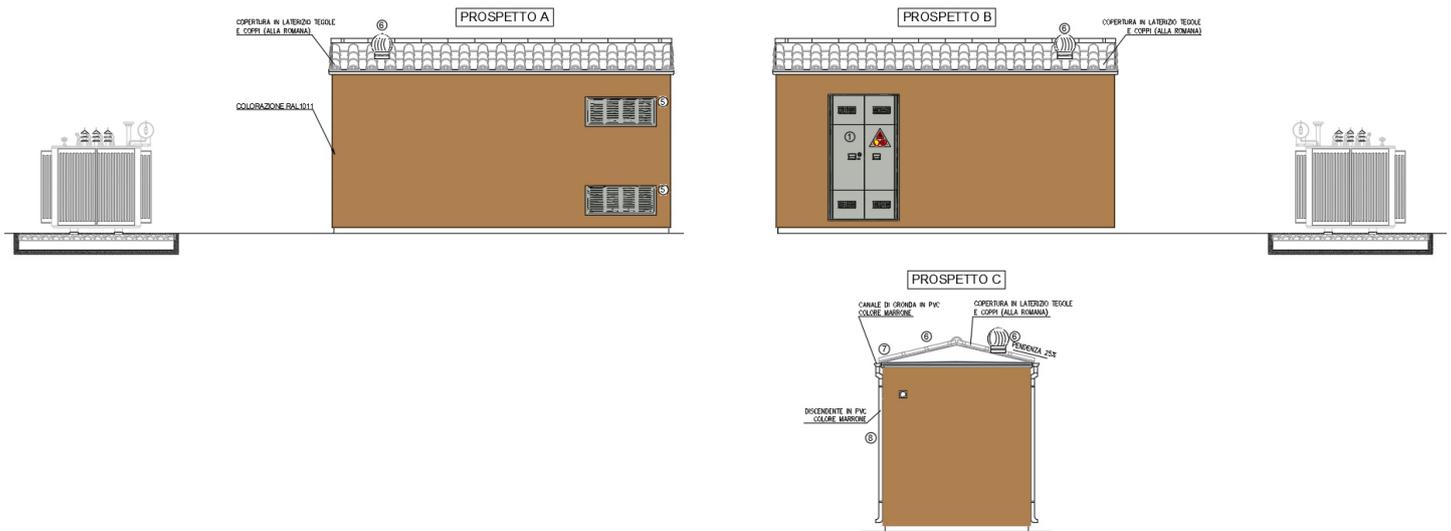


Figura 7 - Prospetti cabina di trasformazione

Per ulteriori informazioni si faccia riferimento ai seguenti elaborati grafici:

- “ELG_411_Pianta e prospetti cabina di trasformazione singola”
- “ELG_412_Pianta e prospetti cabine di trasformazione doppia”
- “ELG_413_Pianta e prospetti cabina utente e cabina di consegna”

2.1.6 Illuminazione e videosorveglianza

Gli impianti fotovoltaici a agrivoltaici vengono spesso realizzati in aree rurali isolate e su terreni più o meno irregolari, vincolando l'utente ad avere una giusta consapevolezza della messa in sicurezza degli impianti stessi. Il complesso studio dei rischi inerenti alla fase di esercizio degli impianti è strettamente legato ai danni più frequenti e più consistenti che possono colpire gli impianti fotovoltaici durante la fase di esercizio. Oltre agli eventi naturali quali terremoto, alluvione, frana, grandine e simili, un'importante preoccupazione, che gli amministratori degli impianti fotovoltaici devono mettere sulla bilancia, è quella dei danni diretti derivanti da atti di terzi come il furto, gli atti vandalici e/o dolosi, gli atti di terrorismo e di sabotaggio e il furto del rame presente. Per tale ragione verrà installato **un sistema di protezione tramite videosorveglianza attiva**, atta a diminuire e limitare il più possibile i rischi inerenti al furto dei pannelli solari, degli inverter e del rame presente sul sito, limitando così i danni con conseguente perdita di efficienza degli impianti fotovoltaici. Il sistema di videosorveglianza provvederà a monitorare, acquisire e rilevare anomalie e allarmi, utilizzando soluzioni intelligenti di video analisi, in grado di rilevare tentativi d'intrusione e furto analizzando in tempo reale le immagini e rilevando:

- La scomparsa o il movimento di oggetti presenti
- Persone che si aggirano in zona in maniera sospetta seguendone i movimenti automaticamente
- Rilevare targhe di mezzi che transitano vicino agli impianti
- Registrazione dei volti degli intrusi
- Invio automatico di allarmi.

La videosorveglianza sarà integrata con l'impianto di illuminazione e da un sistema di allarme antiintrusione.

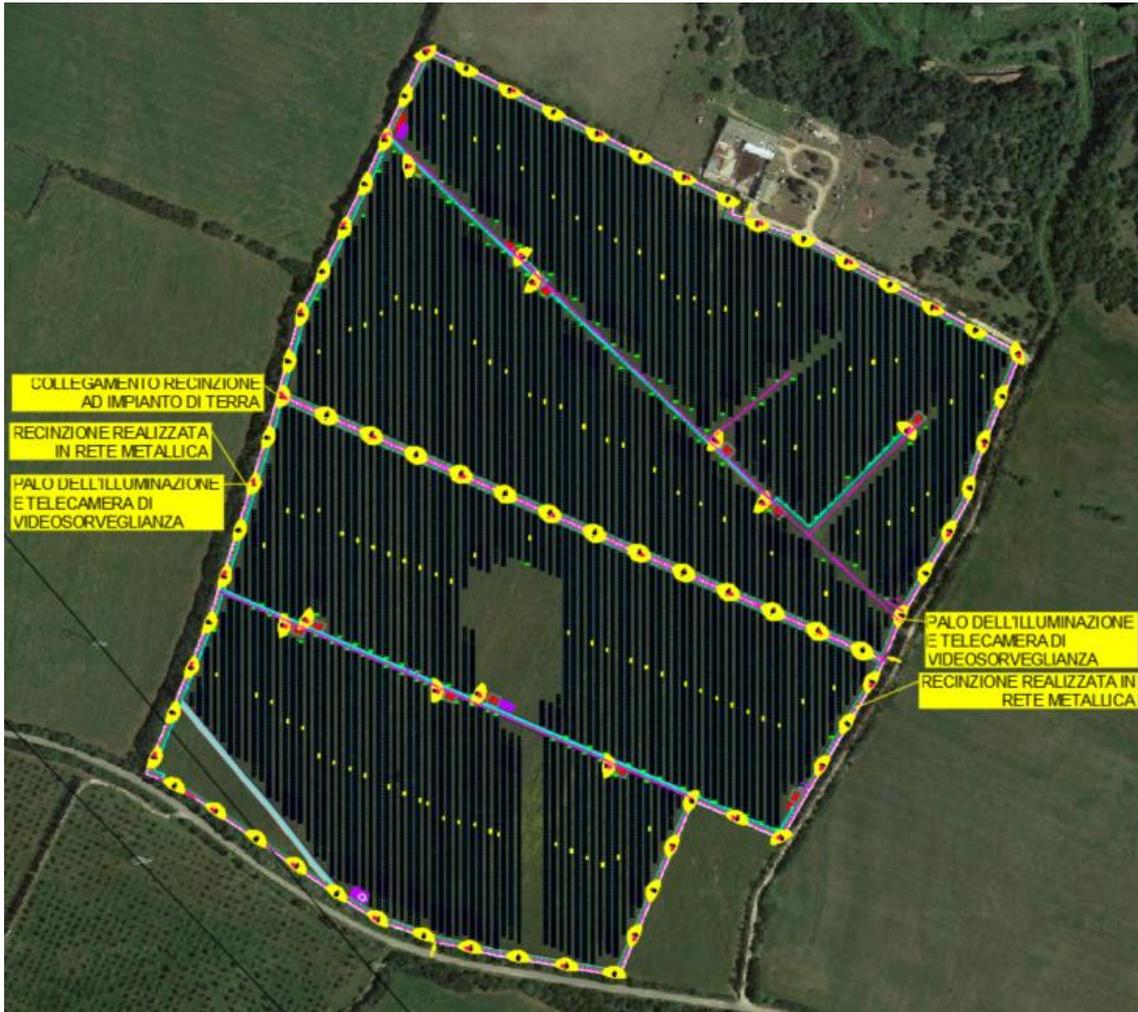


Figura 8 - Planimetria illuminazione e videosorveglianza Impianti Bassu 1 e 2

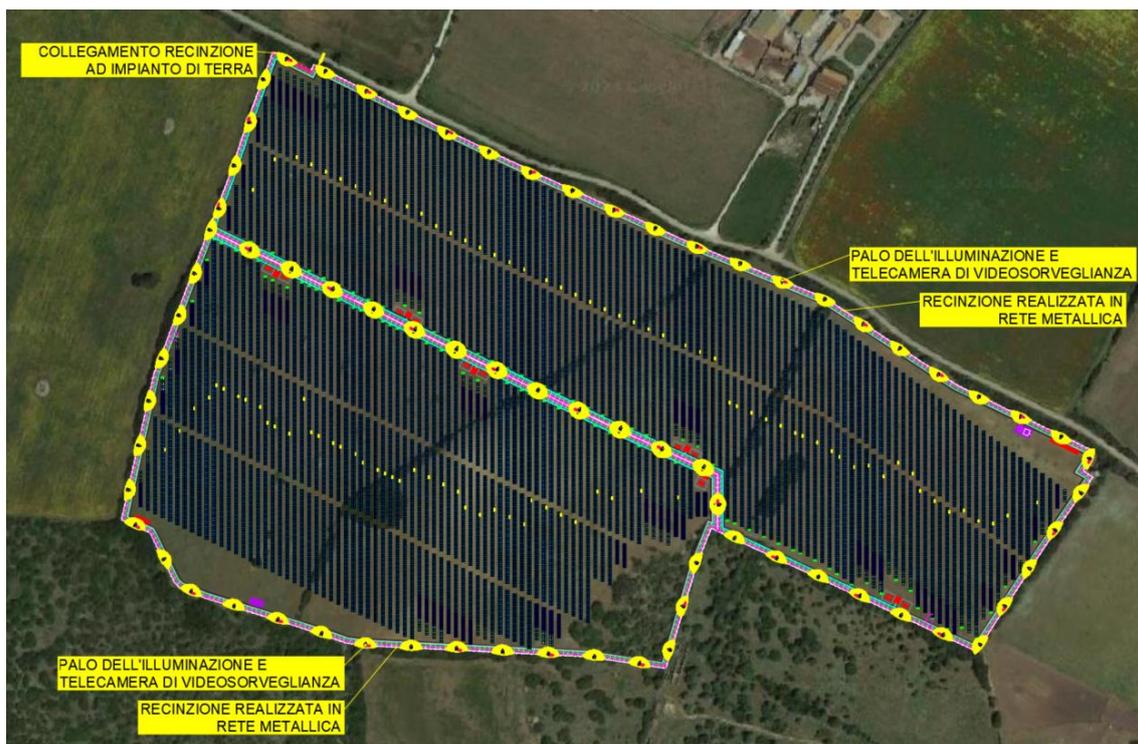


Figura 9 - Planimetria illuminazione e videosorveglianza impianti Truncu Reale 6 e 7

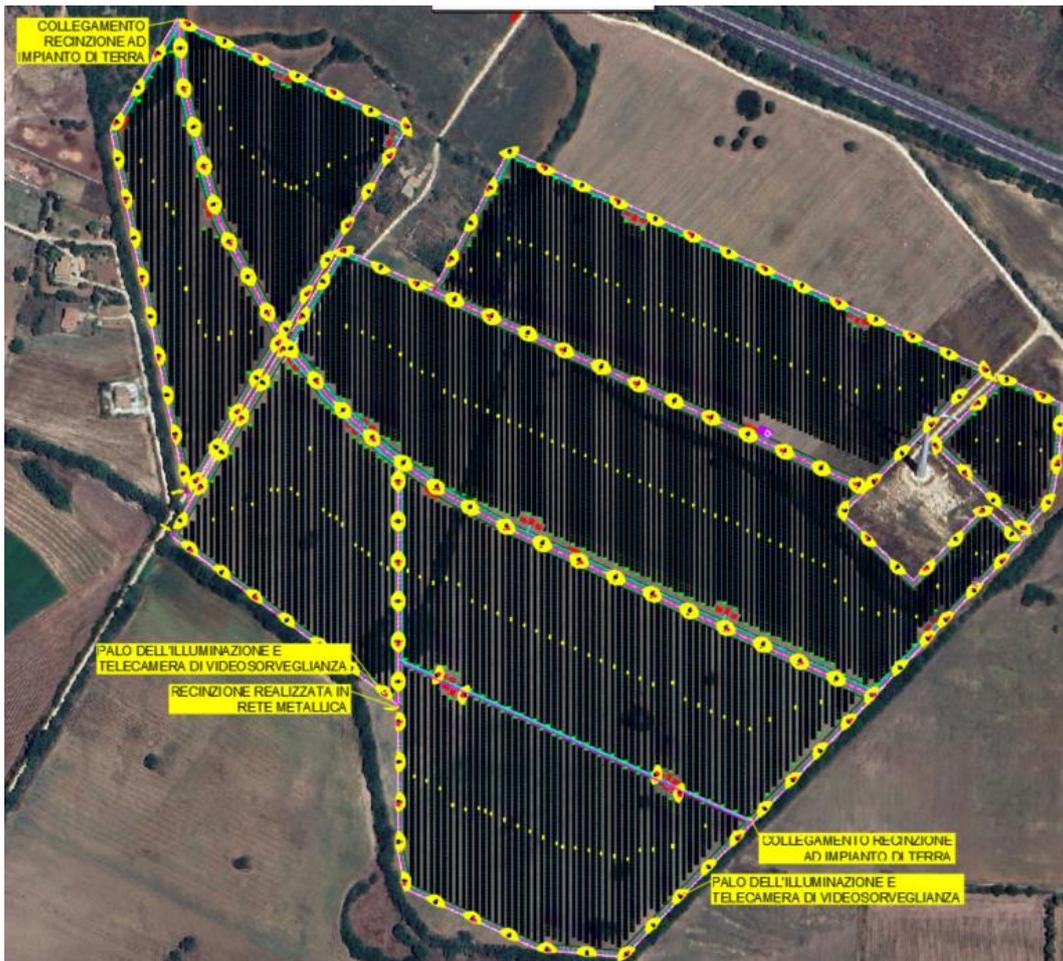


Figura 10 - Planimetria illuminazione e videosorveglianza impianti Truncu Reale 2, 3, 4 e 5

LEGENDA	
	RECINZIONE REALIZZATA IN RETE METALLICA
	TRACKER DA 7 MODULI
	TRACKER DA 14 MODULI
	TRACKER DA 28 MODULI
	VIABILITA' INTERNA
	CABINA ELETTRICA PREFABBRICATA
	INVERTER
	QUADRI DI PARALLELO
	CAVIDOTTO MT INTERRATO IN PROGETTO
	CAVIDOTTO BT INTERRATO IN PROGETTO
	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE E VIDEOSORVEGLIANZA
	PUNTO DI ACCESSO ALL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO
	NUOVA LINEA ELETTRICA ILLUMINAZIONE BT
	NUOVA LINEA FIBRA OTTICA - IMPIANTO TVCC
	NUOVA CORDA RAME NUDO 35 mmq PER IMPIANTO DI TERRA
	PALO TRONCOCONICO IN ACCIAIO ZINCATO E PROIETTORE DA ESTERNO
	POZZETTO DIM. 70x90 cm
	POZZETTO DIM. 40x40 cm
	AREA ILLUMINATA
	TELECAMERA IP IMPIANTO TVCC DA ESTERNO PER INSTALLAZIONE A PALO

Figura 11: Legenda

Per ulteriori informazioni si faccia riferimento agli elaborati grafici:

- “ELG_406_Planimetria impianto di illuminazione, impianto di terra e TVCC – Lotto 1”
- “ELG_407_Planimetria impianto di illuminazione, impianto di terra e TVCC – Lotto 2”
- “ELG_408_Planimetria impianto di illuminazione, impianto di terra e TVCC – Lotto 3”
- “ELG_409_Particolari costruttivi impianto di illuminazione, impianto di terra e TVCC”

2.2 Opere civili relative alla connessione

2.2.1 Posa del cavidotto

Per la realizzazione degli impianti è stato necessario prevedere una rete di distribuzione di energia, composta da cavi elettrici in bassa tensione e media tensione tra cabine e inverter all'interno dell'area di intervento. All'esterno, invece, si sviluppa una linea MT principale che connette la cabina di consegna dell'impianto in progetto alla cabina primaria di E-distribuzione corrispondente. Per la connessione dell'impianto alla rete elettrica nazionale, si fa riferimento ai preventivi di connessione di ogni impianto.

Di seguito riportate i codici delle pratiche:

Impianto	Potenza in immissione	Tipologia	Codice preventivo di connessione
Bassu 1	7,95 MW	Agrivoltaico	377096864
Bassu 2	7,95 MW	Agrivoltaico	377144485
Truncu Reale 2	4,2 MW	Agrivoltaico	346849178
Truncu Reale 3	7,95 MW	Fotovoltaico	336584232
Truncu Reale 4	7,95 MW	Fotovoltaico	377037702
Truncu Reale 5	7,95 MW	Agrivoltaico	336586272
Truncu Reale 6	7,95 MW	Agrivoltaico	377149730
Truncu Reale 7	6,00 MW	Agrivoltaico	371292053



Figura 12 - Planimetria tipologie sezioni di posa cavidotto di connessione impianti Bassu 1 e 2

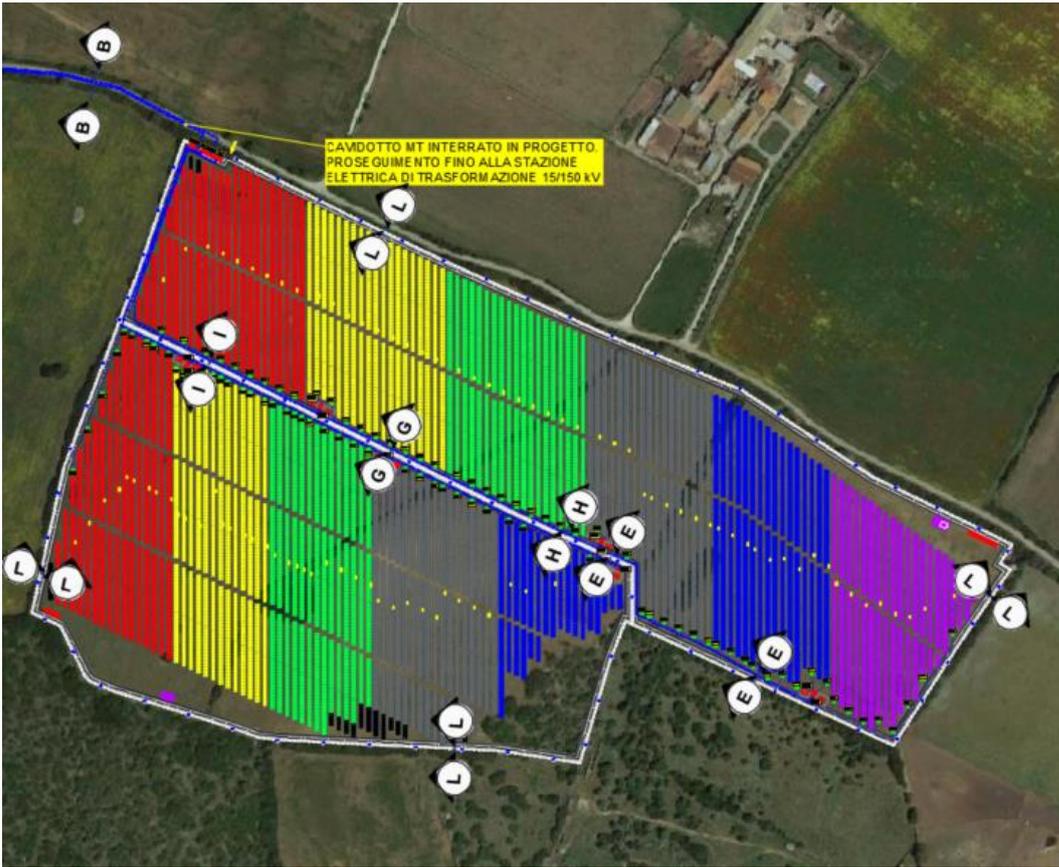
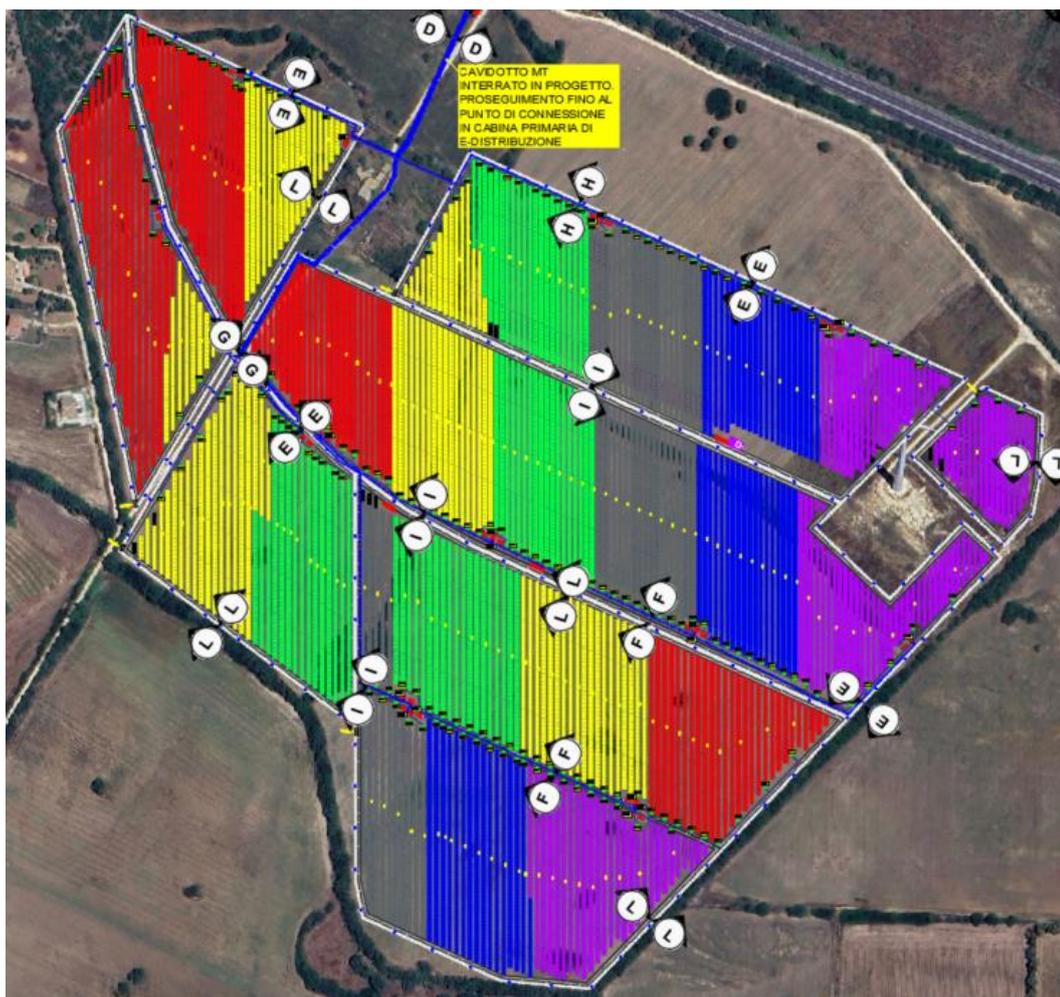


Figura 13 - Planimetria tipologie sezioni di posa cavidotto di connessione impianti Truncu Reale 6 e 7



*Figura 14 - Planimetria tipologie sezioni di posa cavidotto
di connessione impianti Truncu Reale 2, 3, 4 e 5*

Come indicato nelle soluzioni tecniche contenute nei preventivi di connessione, gli impianti in progetto saranno connessi alla Rete Elettrica Nazionale presso la cabina primaria di E-distribuzione di riferimento. Dalla cabina di consegna del impianto saranno posati i cavidotti in media tensione per la connessione dell'impianto alla suddetta cabina. Il cavo sarà connesso in antenna a 15 kV alla rete. I cavidotti saranno posati il più possibile paralleli alla rete stradale esistente.

In tabella sono riassunte le caratteristiche principali del cavidotto:

Impianto	Potenza	Tensione [kV]	Corrente [A]	Lunghezza cavidotto [m]
Bassu 1	7,95 MW	15	315,46	180
Bassu 2	7,95 MW	15	315.46	180
Truncu Reale 2	4,2 MW	15	166.66	1016
Truncu Reale 3	7,95 MW	15	315.46	1016
Truncu Reale 4	7,95 MW	15	315.46	1521
Truncu Reale 5	7,95 MW	15	315.46	1016
Truncu Reale 6	7,95 MW	15	315.46	2032
Truncu Reale 7	6,00 MW	15	238.08	2032

Per tutti i cavidotti dei diversi impianti si è utilizzato un cavo ARE4H5EX -12/20kV 3x2x(1x240) mmq con una frequenza di 50Hz, per calcolare la corrente si è considerato un fattore di potenza (cos fi) di 0.97.

Le operazioni di scavo da attuarsi nell'ambito della costruzione degli impianti devono principalmente riferirsi all'approntamento degli elettrodotti interrati per la distribuzione BT e MT di impianto e la realizzazione della dorsale MT di collegamento tra la cabina di consegna e il punto di inserimento sulla linea elettrica nazionale.

Per la posa dei cavidotti interrati verrà effettuato uno scavo a sezione obbligata di larghezza di 35cm o 60 cm, ed avente una profondità di 100 cm. Lo scavo sarà riempito per i primi 30 cm con sabbia, mentre la parte rimanente verrà costipata con materiale proveniente dagli scavi. Il ricoprimento finale sarà effettuato avendo cura di ripristinare la superficie esistente interessata dallo scavo quale può essere la strada sterrata, il terreno di coltivo o il cotico erboso presente a bordo strada.

I cavidotti all'interno del campo fotovoltaico verranno posati senza l'utilizzo del corrugato di protezione eccezione fatta per la fibra ottica che verrà posata all'interno di un tritubo, mentre quelli posati all'esterno del perimetro dell'impianto saranno posati con corrugato di protezione. In particolare verrà posato un corrugato di diametro Φ 160 per l'interramento della linea di media tensione e un corrugato Φ 110 per la posa della fibra ottica.

I cavidotti saranno segnalati mediante nastro monitore in polietilene reticolato, PVC plastificato o altri materiali di analoghe caratteristiche, conforme alla tabella ENEL DS 4285 matricola 858833.

Verranno posati dei pozzetti di ispezione di dimensione 100cm x 100cm, realizzati in calcestruzzo prefabbricato in vari punti lungo il percorso dei cavi.

Sezione tipologico A

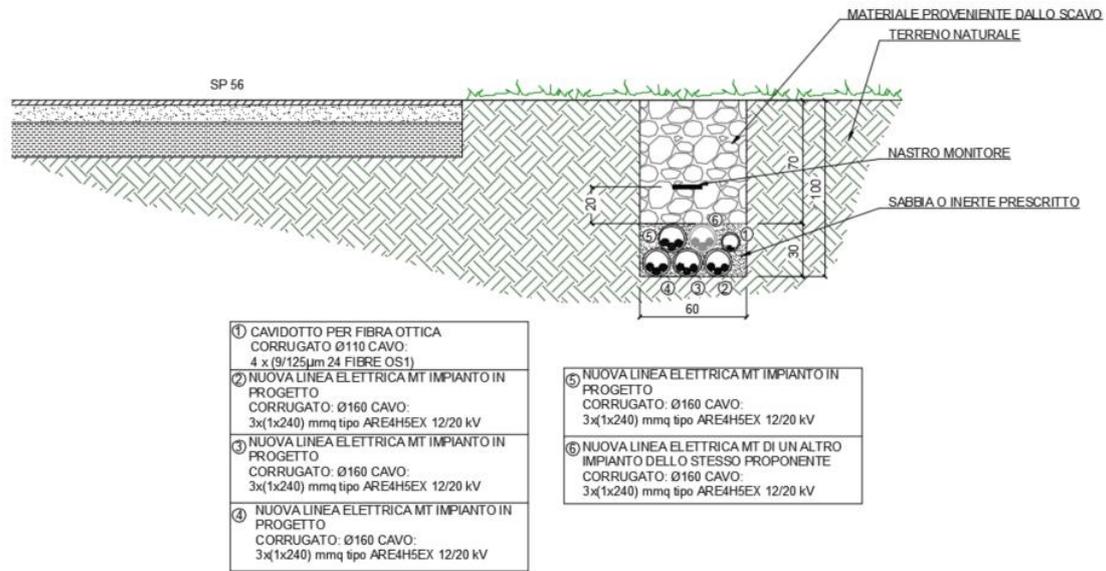


Figura 15 - Sezione tipologico A

Sezione tipologico B

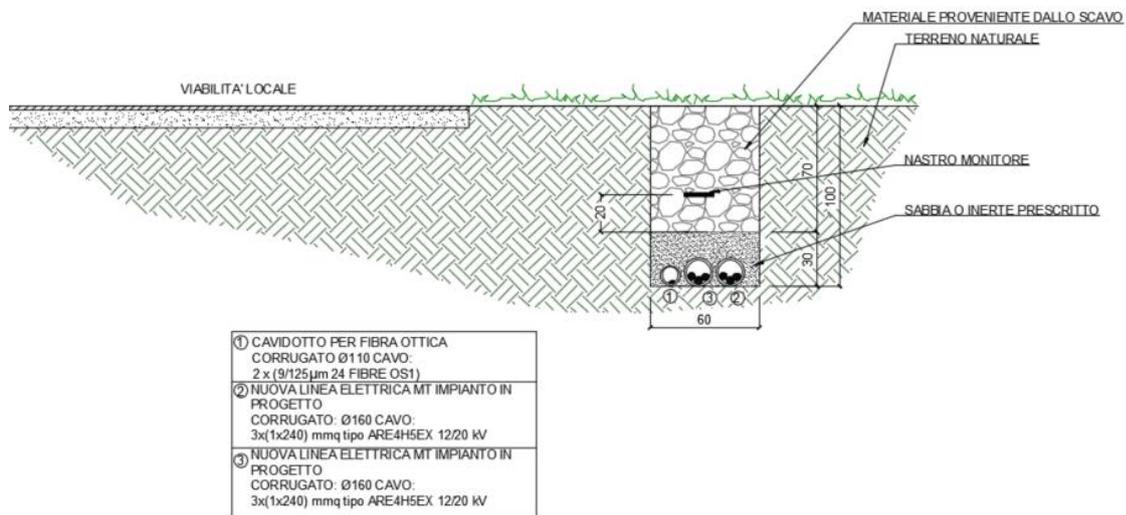


Figura 16 – Sezione tipologico B

Sezione tipologico C

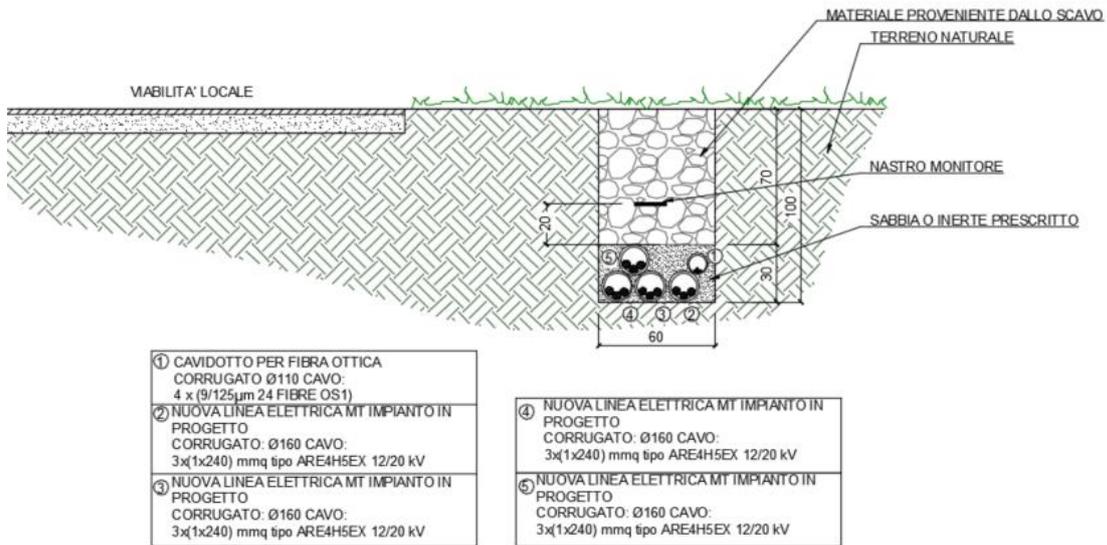


Figura 17 - Sezione tipologico C

Sezione tipologico D

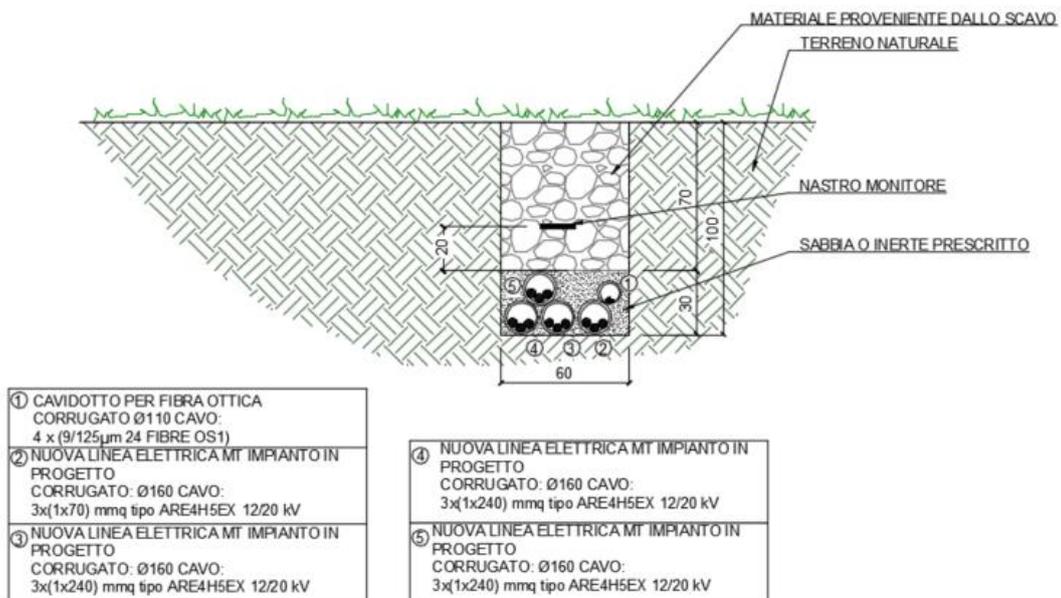


Figura 18 - Sezione tipologico D

Sezione tipologico E

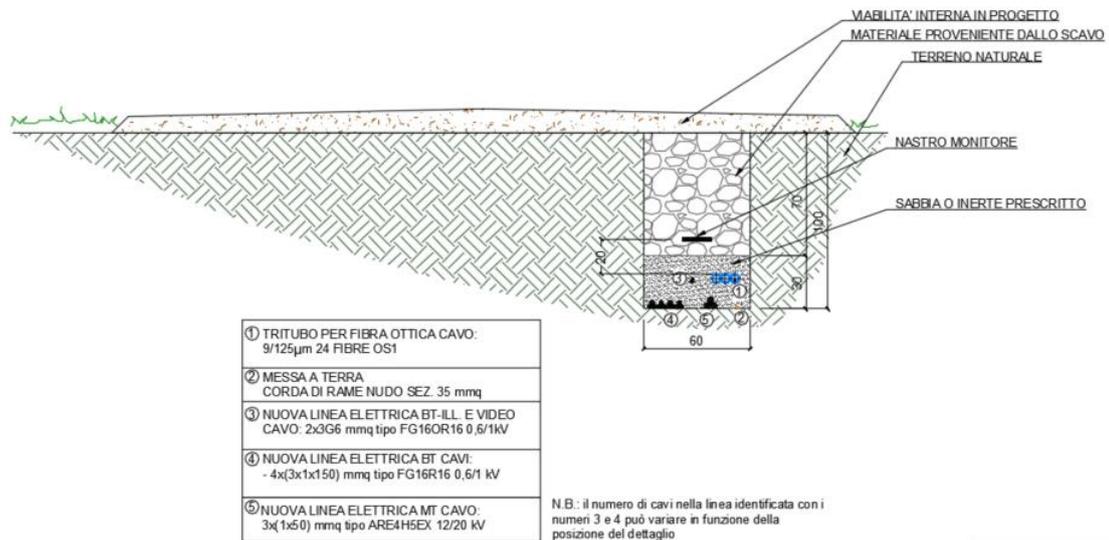


Figura 19 - Sezione tipologico E

Sezione tipologico F

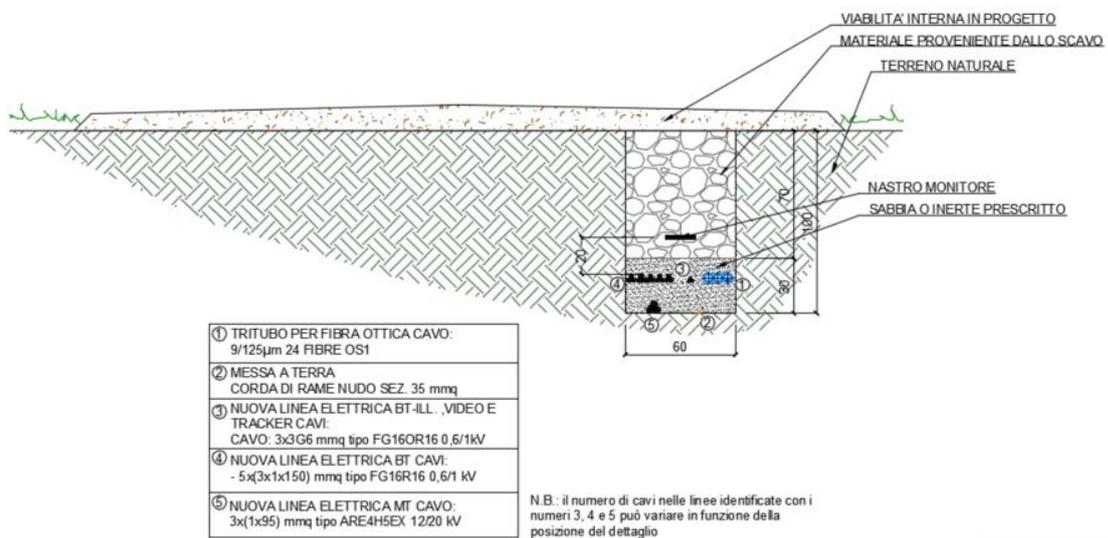


Figura 20 - Sezione tipologico F

Sezione tipologico G

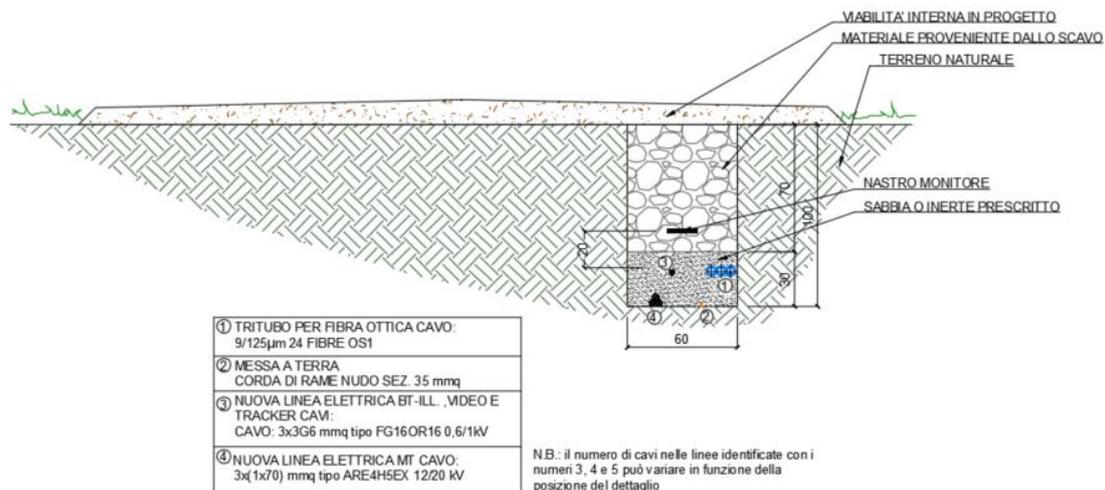


Figura 21- Sezione tipologico G

Sezione tipologico H

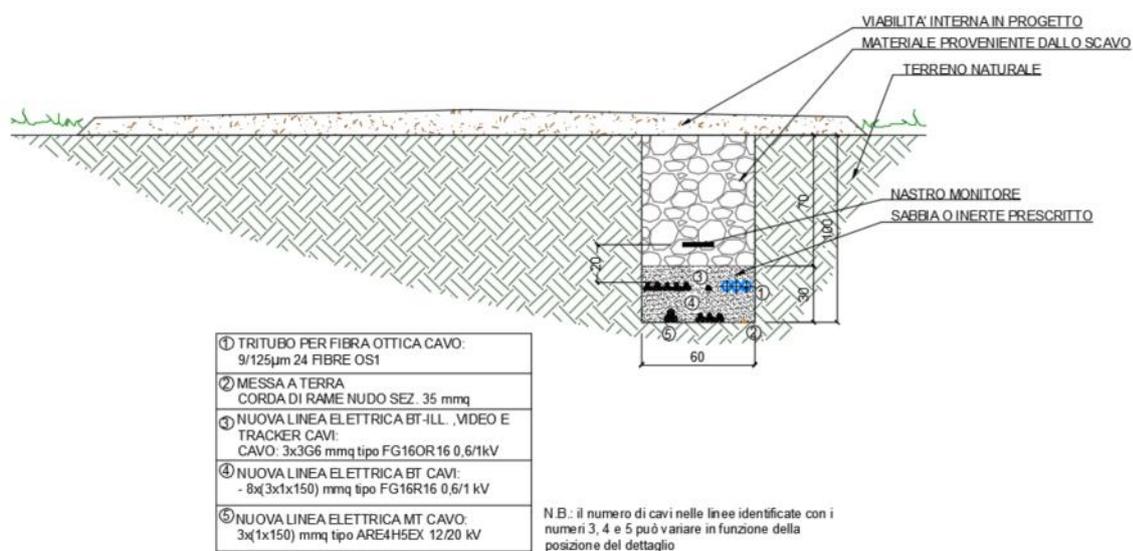


Figura 22 - Sezione tipologico H

Sezione tipologico I

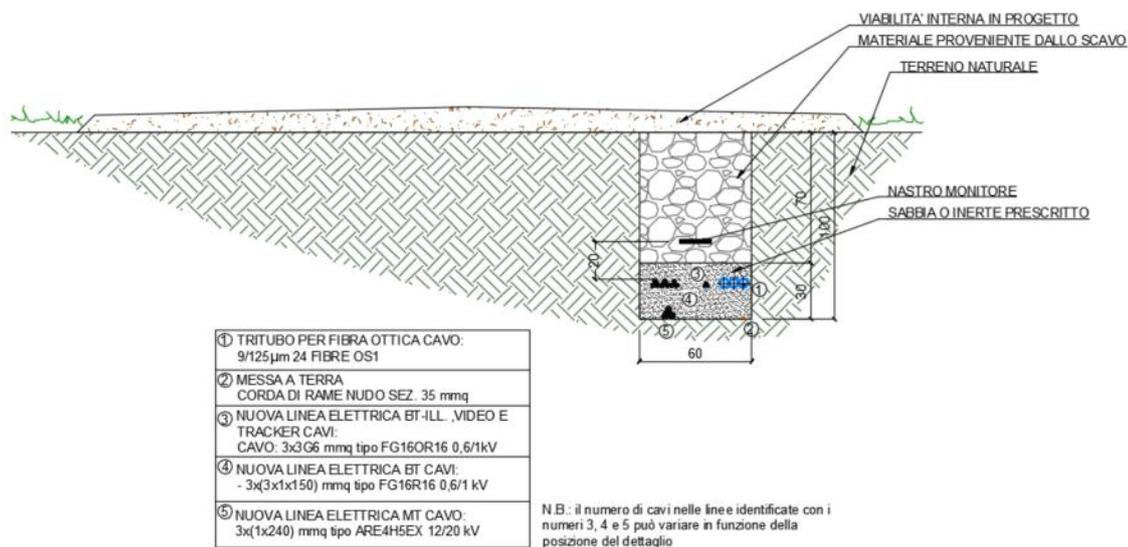


Figura 23 - Sezione tipologico I

Sezione tipologico L

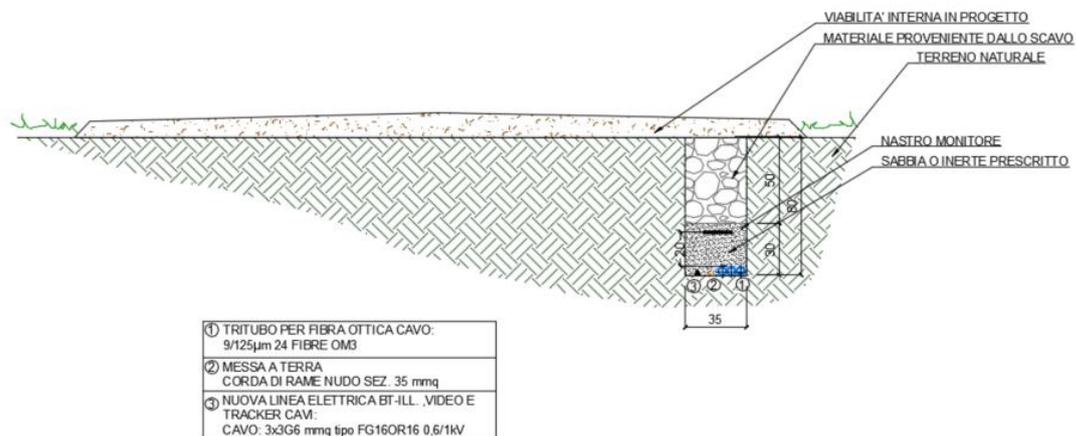


Figura 24: Sezione tipologica tipo L

2.2.2 Attraversamenti mediante tecnica TOC

Per la posa del cavidotto interrato, si è scelto di utilizzare anche la tecnica di posa T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata). Nel caso degli impianti in progetto verrà utilizzata per l'attraversamento inferiore della SS 131, della SP 56 e per interrare al di sotto di una condotta idrica la linea di media tensione spostata dalla zona nord del impianto Truncu Reale 6 (sez di posa tipo M).

Sezione tipologico M



Figura 25 - Sezione tipologico G

In figura sono descritte le fasi di lavorazione per effettuare una TOC.

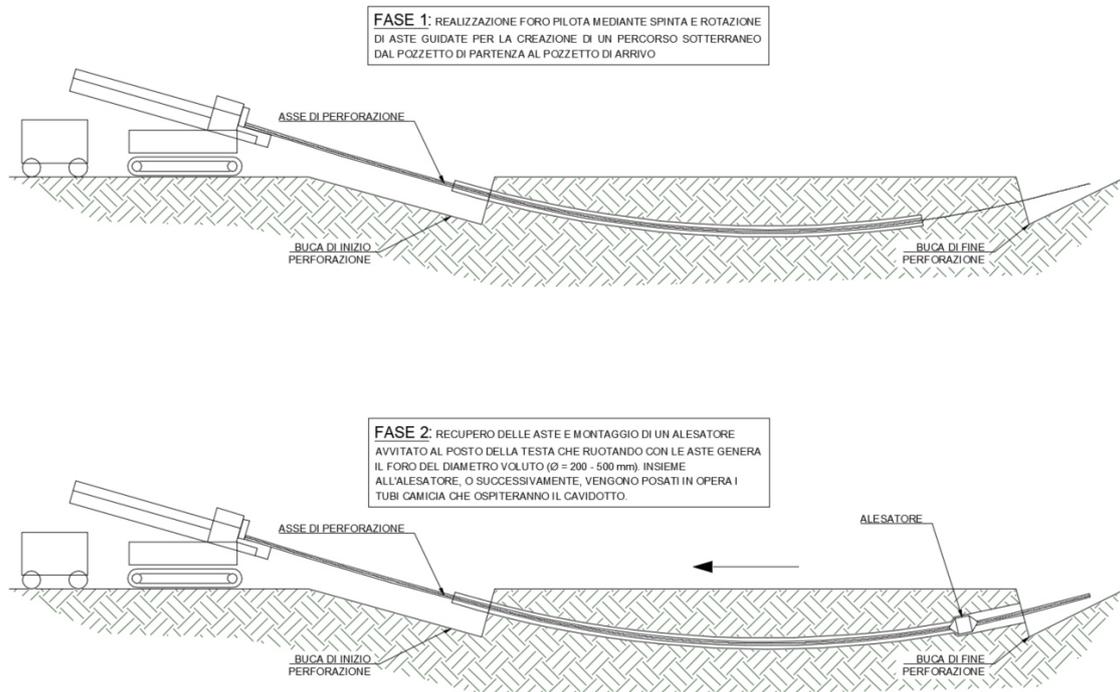


Figura 26 - Metodologia di posa tramite tecnica TOC

3 NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Il progetto delle strutture costituenti la centrale in esame è stato elaborato con le prescrizioni della normativa tecnica vigente nel nostro Paese, e con le indicazioni contenute in pubblicazioni specializzate. Si richiamano, in particolare, i seguenti testi normativi:

- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2018);
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
- O.P.C.M. n. 3431 del 03/05/2005 - Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- D.G.R. n. 260 del 07/03/2005 – “L.R. 20/00 – O.P.C.M. 3274/03 – Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e relativi adempimenti – Recepimento O.P.C.M. n. 3379/04 – Prolungamento del periodo temporale stabilito con il 7° disposto della deliberazione G.R. n. 153/04”;
- D.G.R. n. 597 del 27/04/2004 – “L.R. 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 - Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e relativi adempimenti - Recepimento O.P.C.M. n. 3333/04 e conseguente rettifica della deliberazione G.R. n. 153/04”;
- D.G.R. n. 153 del 02/03/2004 - L.R. 20/00. O.P.C.M. 3274/03. Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti. Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi;
- D.M. 16/01/1996 - Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi, e relativa Circolare Ministeriale n. 156 del 04/07/1996;
- Lg. n. 64 del 02/02/1974 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

- Lg. n. 1086 del 05/11/1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Allegato alla Lg. n. 1684 del 25/11/1962 - Elenco dei Comuni e frazioni e parti di Comune nei quali è obbligatoria l'osservanza delle norme tecniche di edilizia per le località sismiche della 1^a e della 2^a categoria.

4 **NORMATIVA E ZONIZZAZIONE SISMICA**

Sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 (suppl.) del 08.05.2003 è stata pubblicata l'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Zona 1 - E' la zona più pericolosa
Zona 2 - In questa zona forti terremoti sono possibili
Zona 3 - In questa zona i forti terremoti sono meno probabili
Zona 4 - E' la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa

La citata O.P.C.M, fra l'altro, ha sancito che la potestà regionale di individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ricadenti nel territorio regionale doveva essere esercitata sulla base dei criteri approvati e contenuti nell'Allegato 1 all'O.P.C.M..

Le novità introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (Ingv, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'O.P.C.M. n. 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519/2006, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0,25$
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$
4	$a_g \leq 0,05$

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento “propria” individuata sulla base delle coordinate geografiche dell’area di progetto e in funzione della vita nominale dell’opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

L’entrata in vigore della revisione della norma NTC2008 nel 2018 con il Decreto 17 gennaio 2018, segna inoltre il definitivo abbandono della metodologia delle Tensioni Ammissibili a favore del metodo semiprobabilistico agli Stati Limite, eliminando definitivamente i riferimenti alle zone sismiche.

Si riportano di seguito le mappe di pericolosità sismica ufficiali, su cui si analizzano i due parametri dello scuotimento: $\mathbf{a}_{(g)}$ (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall’OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e $\mathbf{S}_{e(T)}$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T, in accelerazione); l’unità di misura è \mathbf{g} , vale a dire l’accelerazione di gravità, corrispondente a $9,8 \text{ m/sec}^2$ [<http://zonesismiche.mi.ingv.it>].

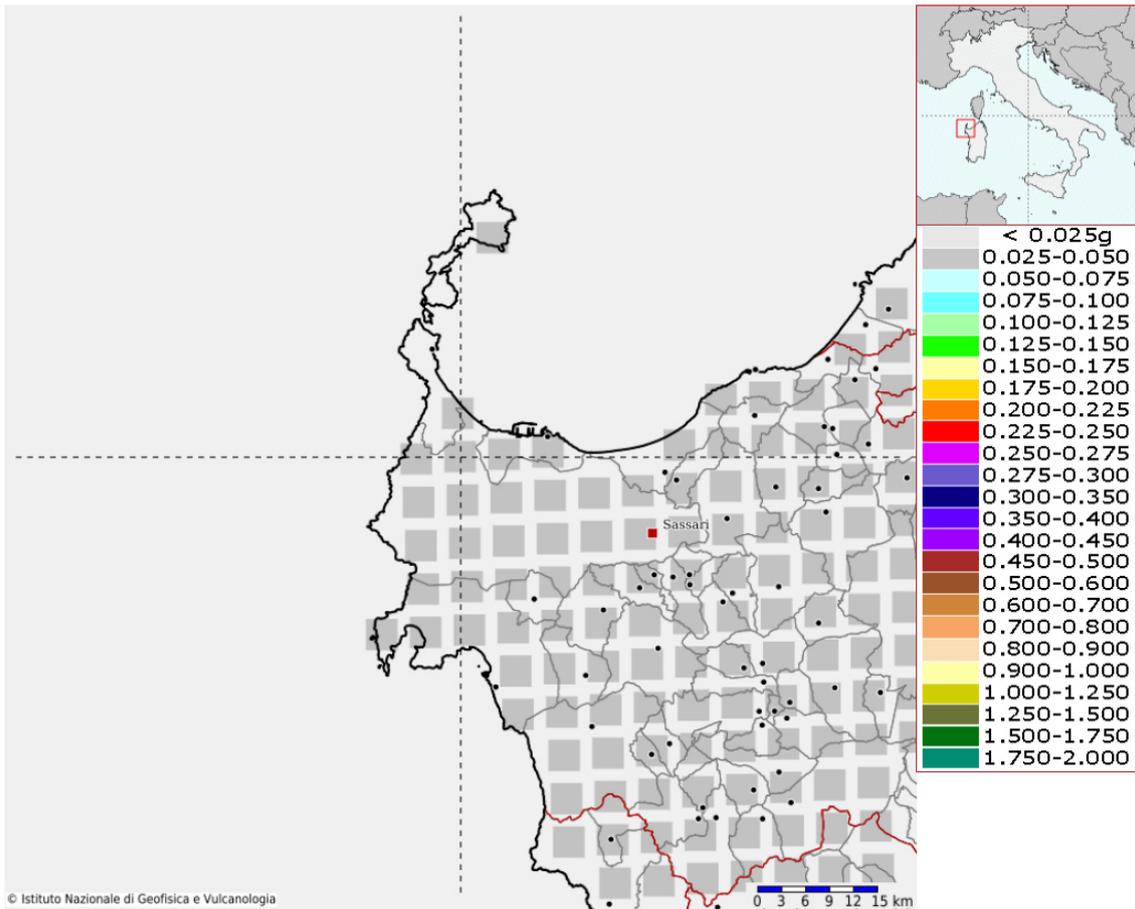


Figura 27 - Mappa di pericolosità sismica nella zona di Sassari- valore a_g

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza	
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g) 50° percentile
0.0021	0.050

5 CARICHI AGENTI SUI TRACKER

In fase di progettazione esecutiva verranno effettuati i calcoli di dimensionamento dei tracker portamoduli, di seguito si riportano le principali azioni agenti su tali strutture e le tipologie di materiali da utilizzare.

5.1 Azione sismica

Per l'azione sismica si veda il precedente capitolo.

5.2 Carichi permanenti strutturali

Per la struttura di sostegno in acciaio dei pannelli fotovoltaici è stata considerata la seguente densità dei materiali:

- Acciaio: 78,5 kN/m³

5.3 Carichi permanenti non strutturali

Il carico permanente non strutturale è rappresentato dai pannelli fotovoltaici aventi un peso proprio di circa 0,12 kN/m².

5.4 Azione del vento

L'azione del vento è calcolata in conformità al capitolo 3.3 del D.M. 17/01/2018. In particolare la pressione del vento è data da:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento;
- c_e è il coefficiente di esposizione;
- c_p il coefficiente di pressione;
- c_d è il coefficiente dinamico.

5.4.1 Calcolo della pressione cinetica del vento

La pressione cinetica di riferimento è data da:

$$q_r = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2$$

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

Dove:

- ρ è la densità dell'aria (1,25 kg/m³);
- v_r è la velocità di riferimento del vento;
- v_b è la velocità base di riferimento;
- c_r è il coefficiente di ritorno (per $T_r = 50$ anni è pari a 1).

L'entità dell'azione del vento gravante sulle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, nella ipotesi di struttura isolata: **Zona 6** [Sardegna (zona occidentale della retta congiungente Capo Teulada con l'isola di Maddalena)]



Figura 28 – Mappa delle zone in cui è diviso il territorio italiano

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Figura 29 - Tabella 3.3.1 delle NTC2018 - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Considerando la zona sopra indicata ed un'altitudine inferiore 500 m.s.l.m., Si ottiene $v_r = v_b = 28$ m/s. Si ha quindi:

$$q_r = 490 \text{ N/m}^2$$

Considerando una classe di rugosità del terreno D ed una distanza dalla costa inferiore a 10 km si ha una categoria di esposizione I ($k_r = 0,17$; $z_0 = 0,01$ m; $z_{min} = 2$ m).

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

ZONA 6					
	costa	10 km	30 km	500m	
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

Ponendo il coefficiente di topografia $c_t = 1$, il coefficiente di esposizione è pari a:

$$c_e = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \cdot \left[7 + c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] = 1,95 \text{ per } z \geq z_{min}$$

$$C_e(z) = C_e(z_{min}) \text{ per } z < z_{min}$$

Se si considerano gli impianti fotovoltaici si ha un'altezza dal suolo pari a $z = 1,50$ invece se si considerano gli impianti agrivoltaici si ha un'altezza dal suolo pari a $z = 2,30$ m corrispondente alla mezzaria del pannello.

Considerati i valori sopra descritti ed un coefficiente di pressione pari a 1,88 per il fotovoltaico e 1,95 per l'agrivoltaico la pressione del vento nella mezzaria del pannello sarà pari a:

$$P_{fotovoltaico} = 2,01 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$P_{agrivoltaico} = 2,09 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

5.5 Azione della neve

L'azione della neve è stata calcolata in conformità a quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni [cap. 3.4], secondo la formula:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$$

Dove:

- q_s è il carico della neve;
- q_{sk} è il valore caratteristico del carico della neve al suolo [kN/m²];
- μ_i è il coefficiente di forma (0,8);
- C_E è il coefficiente di esposizione (1,0);
- C_t è il coefficiente termico (1,0).

Il valore del carico della neve al suolo q_{sk} è pari a (per Zona III $as < 200$ m):

- $q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$

L'azione variabile della neve risulta:

$$q_s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,60 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

5.6 Qualità dei materiali

5.6.1 Strutture metalliche portamoduli

Le strutture portamoduli, saranno metalliche, monopalo, costituite da telai bidirezionali, del tipo tracker.

5.6.1.1 Acciaio per carpenteria pesante

Per le strutture metalliche si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+, e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del § 11.1.

A vantaggio di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} da utilizzare nei calcoli, si assumono i valori nominali $f_y = R_{eH}$ e $f_t = R_m$ riportati nelle relative norme di prodotto.

In sede di progettazione si assumono convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

- modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$;
- modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$;
- coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$;
- coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$ (fino a $100 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme EN10025, EN10210 ed EN10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati di seguito.

Norme e qualità degli acciai con t. 40 mm (UNI 10025-2)

f_{yk} (N/mm ²)		f_{tk} (N/mm ²)
S235	235	360
S275	275	430

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968 devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001, associate nel modo indicato nella tabella seguente:

Normali	ad alta resistenza
Vite	4.6 5.6 6.8 8.8 10.9
Dado	4.0 5.0 6.0 8.0 10.0

Le tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti appartenuti alle classi indicate nella precedente tabella 11.3.XII.a sono riportate nella seguente tabella:

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
F_{yd} (N/mm ²)	240	300	480	649	900
F_{tb} (N/mm ²)	400	500	600	800	1000