



IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA 42 MWp

Comuni: Montorio nei Frentani- Ururi - Rotello

Provincia: Campobasso (CB)

Regione: Molise

PROPONENTE: OX2

Via Fabio Filzi n.7
20124 Milano (MI)



GRUPPO DI LAVORO:

Coordinamento sviluppo:

EMEREN ITALIA S.r.l.

Via Giorgio Giulini n.2
20123, Milano (MI)
Tel: 0282197048
P.Iva: 11670160966



Progettazione tecnica: Full Service Company S.r.l.

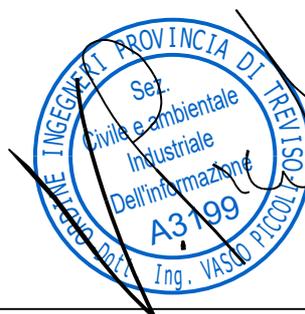
Via del Commercio n.14/A
60021, Camerano (AN)
P.Iva: 02743840429
Pec: fullservicecompany@legalmail.it



Progettazione tecnica opere di rete:

GSB CONSULTING S.r.l. - Ing. Vasco Piccoli

Via Ponte di Legno n.7
20134, Milano (MI)
Mail: info@gbsconsulting.it
P.Iva: 11882750968



Aspetti ambientali e paesaggistici:

ARCADIS Italia S.r.l. Milan

Via Monte Rosa n.93
20194, Milano (MI)
Tel: 0200624665
P.Iva: 01521770212



Dott. Agronomo Alberto Massa Saluzzo: aspetti agronomici

Rev.	Data	Descrizione	Dis.	Contr.	App.
0	Sett. 23	Progetto definitivo Opere di Rete	I.G.	G.B.	V.P.

Nome Progetto:

Impianto Agrivoltaico Montorio 42.08 MWp

Codice Documento:

PV11KMEPD023-D

Nome Documento:

01-PTO – Relazione Descrittiva

Scala:

-

SOMMARIO

SOMMARIO	2
1 PREMESSA	3
1.1 INQUADRAMENTO GENERALE	4
1.2 GENERALITÀ	5
1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
1.4 DEFINIZIONI E ACRONIMI.....	8
2 DEFINIZIONE DEL PIANO TECNICO DELLE OPERE DI CONNESSIONE (PTO)	9
2.1 INQUADRAMENTO DEL PTO	10
3 CABINA DI RACCOLTA 36 KV	12
4 CABINA DI MONITORAGGIO	14
5 CABINA O&M.....	14
6 CAVIDOTTO 36 KV.....	15
6.1 CARATTERISTICHE TECNICHE	16
6.2 INTERFERENZE.....	18
6.3 VERIFICA DIMENSIONAMENTO.....	19
6.3.1 <i>Verifica Dimensionamento Cavo Elettrico</i>	19
6.3.2 <i>Verifica portata di corrente e coordinamento protezioni</i>	19
6.3.3 <i>Coordinamento Protezioni</i>	21
6.3.4 <i>Verifica Caduta di Tensione</i>	21
6.3.5 <i>Verifica Perdite</i>	22
6.4 GIUNTI E CONNETTORI	23
6.5 TERMINALI E CAPOCORDA	23
6.6 CANALIZZAZIONI.....	23
6.7 PROTEZIONE E SEGNALAZIONE DEI CAVI	24
6.8 FIBRA OTTICA.....	24
7 AMPLIAMENTO ROTELLO 36 KV.....	25
APPENDICE 1 – CAVI 36 KV	26

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di descrivere il Piano Tecnico di Opere necessarie per la connessione alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale) dell'impianto di generazione di energia elettrica da fonte fotovoltaica di PV ITALY 1 Srl, da ubicarsi nel Comune di Montorio nei Frentani, Ururi e Rotello (provincia di Campobasso). In accordo con il Preventivo di Connessione (cod. pratica 202000977), suddetto impianto fotovoltaico:

- avrà una potenza nominale complessiva pari a circa 42,08 MWp;
- avrà una potenza di immissione in rete pari a 42 MW;
- sarà connesso tramite cavidotto 36 kV al futuro ampliamento della stazione elettrica 380/150/36 kV della S.E. Rotello 380.

Per maggiore chiarezza, di seguito riportiamo la struttura della presente relazione tecnica:

- Breve Descrizione dell'impianto elettrico del Campo Fotovoltaico.
- Definizione del Piano Tecnico delle Opere di Connessione (PTO):
 - o Descrizione della cabina di raccolta 36 kV;
 - o Descrizione del cavidotto 36 kV;
- Breve descrizione dell'ampliamento 380/150/36 kV della S.E Rotello 380.

Seguono i paragrafi dedicati alle verifiche di coordinamento/progettazione:

- Coordinamento elettrico lato AT;
- Verifica tipologia e configurazione cavi.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1.1 INQUADRAMENTO GENERALE

L'impianto di generazione di energia elettrica da fonte fotovoltaica è tipicamente molto vasto, poiché l'energia viene generata da ogni modulo fotovoltaico. Compito dei collegamenti elettrici è convogliare tutta l'energia prodotta in un solo punto. Di seguito è illustrato uno schema di principio dell'impianto fotovoltaico:

All'interno del Campo Fotovoltaico sono posizionati i Moduli FV, che sono in grado di trasformare l'irraggiamento solare in energia elettrica, generata in forma di corrente continua. Per il presente impianto sono stati previsti moduli con tecnologia bifacciale, ovvero in grado di convertire in energia elettrica sia la radiazione diretta dal sole che la radiazione sul lato posteriore dei moduli stessi (prevalentemente radiazione diffusa e riflessa dal terreno).

I moduli saranno montati su strutture ad inseguimento, costituite da telai metallici in acciaio zincato, ancorati a terra mediante pali di fondazione anch'essi in acciaio zincato. La modalità di ancoraggio sarà determinata in funzione delle caratteristiche del terreno, in modo da avere il minor impatto possibile sull'area di impianto. Il passo fra le strutture adiacenti sarà dimensionato per limitare al massimo i mutui ombreggiamenti. I moduli FV sono collegati elettricamente in serie a formare una "stringa" di moduli. L'energia prodotta dai moduli FV è raggruppata direttamente negli inverter, che sono apparecchi in grado di trasformare l'energia elettrica da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) in Bassa Tensione (BT).

L'energia disponibile in corrente alternata BT verrà fatta confluire nelle varie cabine di trasformazione che saranno distribuite all'interno del Campo Fotovoltaico. Le cabine di trasformazione ricevono energia in forma di Bassa Tensione e la rendono disponibile in Alta Tensione (AT). L'energia disponibile in corrente alternata AT verrà convogliata dalle varie cabine di trasformazione alla cabina di raccolta 36 kV.

In uscita dal campo fotovoltaico ci saranno le opere esterne di connessione definite da un dedicato Piano Tecnico delle Opere di connessione (PTO) che permetterà di far arrivare l'energia generata dalla cabina di raccolta 36 kV fino al Punto di Connessione (PdC) tramite un cavidotto 36 kV.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1.2 GENERALITÀ

Il progetto definitivo prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra su strutture ad inseguimento monoassiale ubicato nel Comune di Montorio dei Frentani, Ururi e Rotello, provincia di Campobasso, regione Molise.

Le varie stazioni di trasformazione saranno collegate tra loro attraverso una rete di distribuzione esercita in Alta Tensione fino ad una cabina di raccolta 36 kV, avente lo scopo di collettare tutta l'energia elettrica generata dal campo fotovoltaico verso l'ampliamento 380/150/36 kV della S.E. Rotello 380.

Il percorso del sovra-menzionato elettrodotto si sviluppa per una lunghezza pari a circa 16 km di cavidotto in Alta Tensione (esercito a 36kV), studiato al fine di minimizzare l'impatto sul territorio locale, adeguandone il percorso a quello delle sedi stradali preesistenti ed evitando, dove possibile, gli attraversamenti di terreni agricoli.

L'impianto FV sarà connesso alla rete elettrica nazionale in virtù della STMG proposta dal gestore della rete Terna (codice STMG: 202000977) e relativa ad una potenza elettrica in immissione pari a 42 MW. Lo schema di collegamento alla RTN prevede il collegamento in antenna a 36 kV presso un nuovo ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione preesistente (S.E.) 380/150 kV della RTN di "Rotello380", denominata "Rotello36kV", mediante la realizzazione delle seguenti opere:

- Realizzazione di una nuova stazione di trasformazione (Stazione Elettrica) 380/36 kV da collegare in antenna a 36 kV sulla "Rotello380".
- Realizzazione di un cavidotto a 36 kV, di collegamento tra la cabina di raccolta sita nel campo B dell'impianto fotovoltaico e la nuova sezione di SE (della Rotello380) a 36 kV.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Elenco normativa tecnica di riferimento per la progettazione e la realizzazione di impianti fotovoltaici

- Codice di Rete di Terna e relativi allegati;
- CEI 0-16: regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 11-17: impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo;
- CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI EN 60904-1 (CEI 82-1): Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;
- CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;
- CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- CEI EN 61727 (CEI 82-9): Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
- CEI EN 61215-1/2 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61730 (CEI 82-27): qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV)
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 62446 (CEI 82-38): Sistemi fotovoltaici – Prescrizioni per le prove, la documentazione e la manutenzione
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti -Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase);
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Serie
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

- CEI 20-13: cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 81-10-1/2/3/4): Protezione contro i fulmini – serie
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI 0-3: Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati per la legge n. 46/1990;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- D.Lgs 81/2008 – Attuazione dell'articolo 1 della legge n°123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, nome e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1.4 DEFINIZIONI E ACRONIMI

- **AT:** Alta Tensione;
- **BT:** Bassa Tensione – fino a 1kV in corrente alternata e 1,5kV in corrente continua;
- **Cabina di trasformazione:** cabina elettrica avente come scopo principale quello di elevare il livello di tensione della potenza elettrica in uscita dagli inverter da BT a MT;
- **Campo FV:** porzione dell’impianto FV, recintato, che afferisce a cabine di trasformazione MT;
- **CA:** Corrente Alternata;
- **CC:** Corrente Continua;
- **Generatore FV:** insieme di stringhe FV afferenti al medesimo inverter;
- **Impianto FV:** impianto di produzione di energia elettrica tramite effetto fotovoltaico. Esso rientra nella categoria degli impianti di generazione alimentati da fonti rinnovabili non programmabili (FRNP). L’impianto è costituito da generatore FV, inverter, sistema di distribuzione e connessione con la rete elettrica;
- **Inverter:** dispositivo elettronico con lo scopo principale di convertire l’energia elettrica generata dai moduli FV da corrente continua a corrente alternata;
- **MT:** Media Tensione;
- **Modulo FV:** assieme di celle FV collegate elettricamente tra loro, che provvede alla generazione di energia elettrica quando esposto alla radiazione solare. Il modulo FV costituisce l’unità elementare per la progettazione elettrica dell’impianto;
- **Potenza di picco:** o potenza nominale di un dispositivo FV (modulo, stringa, generatore o impianto) misurata in corrente continua ed in condizioni di misura standard (STC – Standard Test Conditions) ovvero irraggiamento sul piano dei moduli di 1000 W/m², temperatura modulo di 25°C, Air Mass 1,5; è il valore comunemente riportato nelle schede tecniche dei moduli FV e si misura in [Wp];
- **Punto di consegna:** punto di confine tra la rete del distributore e la rete di utente, dove l’energia scambiata con la rete del distributore viene contabilizzata e dove avviene la separazione funzionale tra la rete del distributore e la rete di utente;
- **Sottocampo FV:** porzione di impianto FV che afferisce ad un’unica cabina di trasformazione MT
- **Stringa FV:** insieme di moduli FV collegati elettricamente tra loro al fine di raggiungere la tensione necessaria per il collegamento con l’inverter;
- **Sottostazione elettrica:** è l’insieme delle apparecchiature aventi lo scopo principale di elevare il livello di tensione della potenza elettrica generata da MT a BT.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

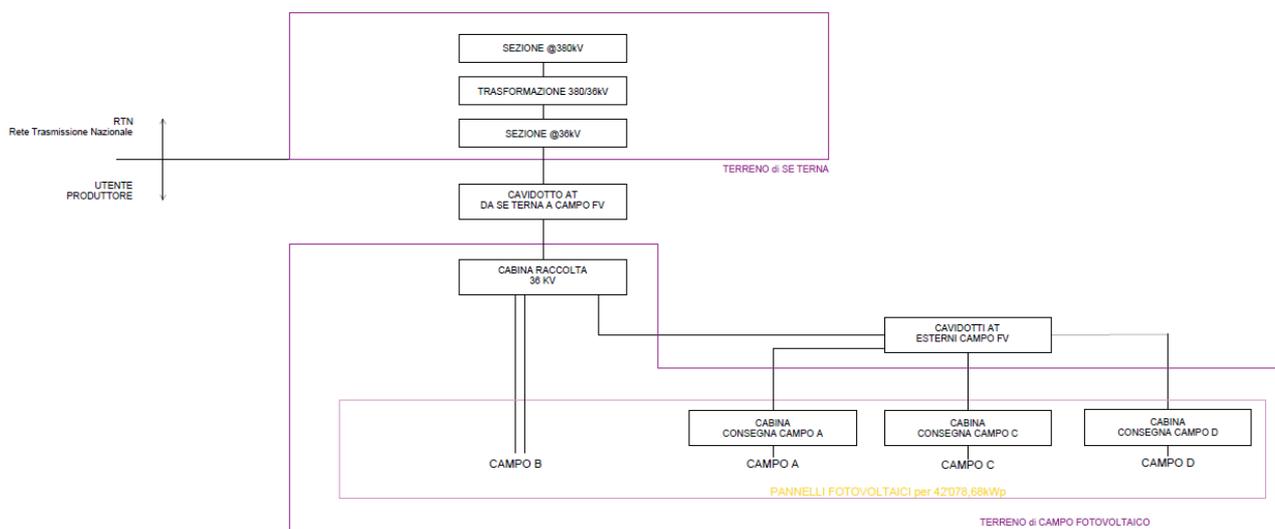
2 DEFINIZIONE DEL PIANO TECNICO DELLE OPERE DI CONNESSIONE (PTO)

Come già indicato in introduzione, in questo capitolo verrà definito il Piano Tecnico delle Opere di Connessione (PTO), suddiviso nei seguenti paragrafi:

- Descrizione della cabina di raccolta 36 kV;
- Descrizione del cavidotto 36 kV;

Nello schema a blocchi illustrato di seguito viene indicata la sequenza dei componenti per maggior chiarezza:

SCHEMA A BLOCCHI IMPIANTO



00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.1 INQUADRAMENTO DEL PTO

Il PTO sarà realizzato nel territorio dei Comuni di Montorio nei Frentani e di Rotello (Provincia di Campobasso) ed è identificato nell'intorno delle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine 41.854198°
- Longitudine 15.114063°

In Figura 1 è riportata la posizione del sito interessato su immagine satellitare, inquadrato nel territorio della Regione Molise:

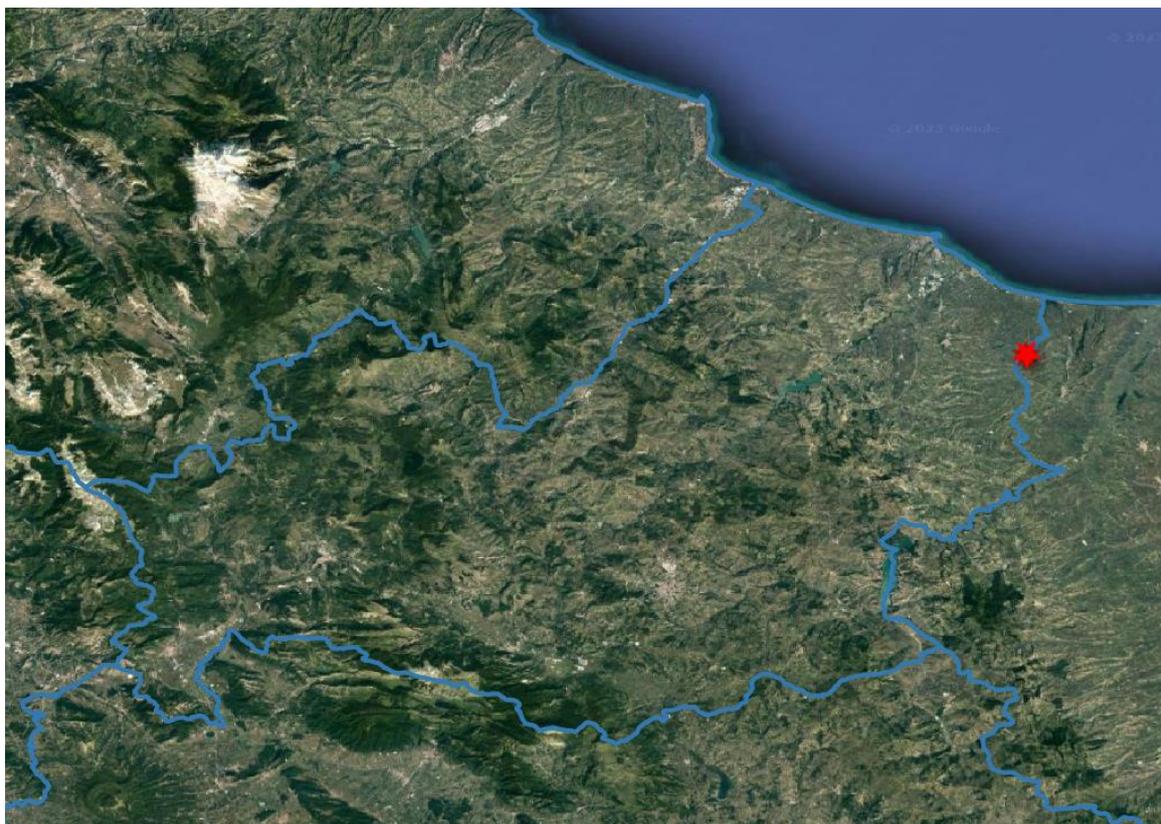


Figura 1: Inquadramento zone del PTO - Molise

e della provincia di Campobasso:

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

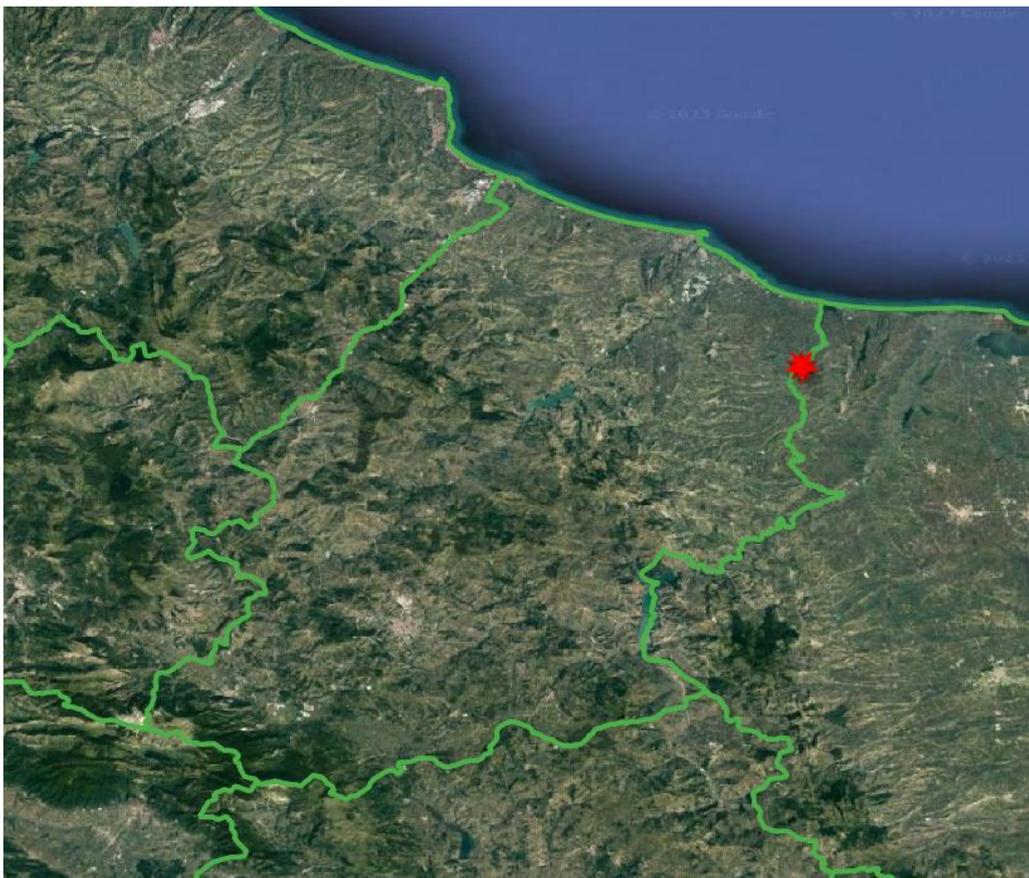


Figura 2: Inquadramento zone del PTO – Provincia Campobasso

Ed infine, nell'immagine di seguito l'inquadramento su Ortofoto del dettaglio del PTO:

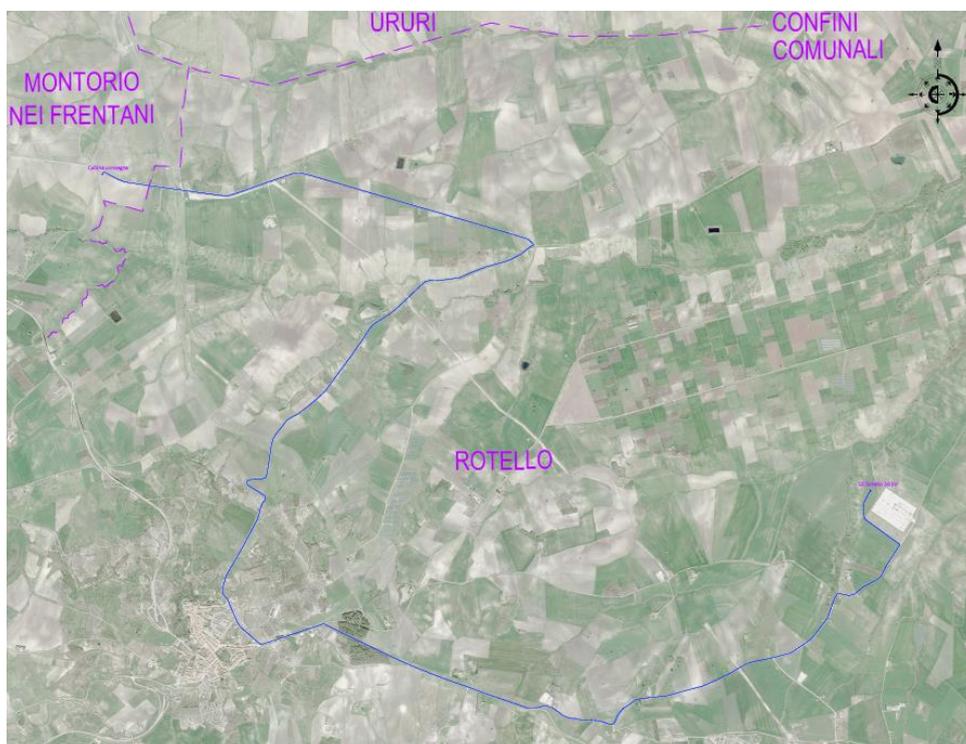


Figura 3 - Inquadramento Ortofoto PTO

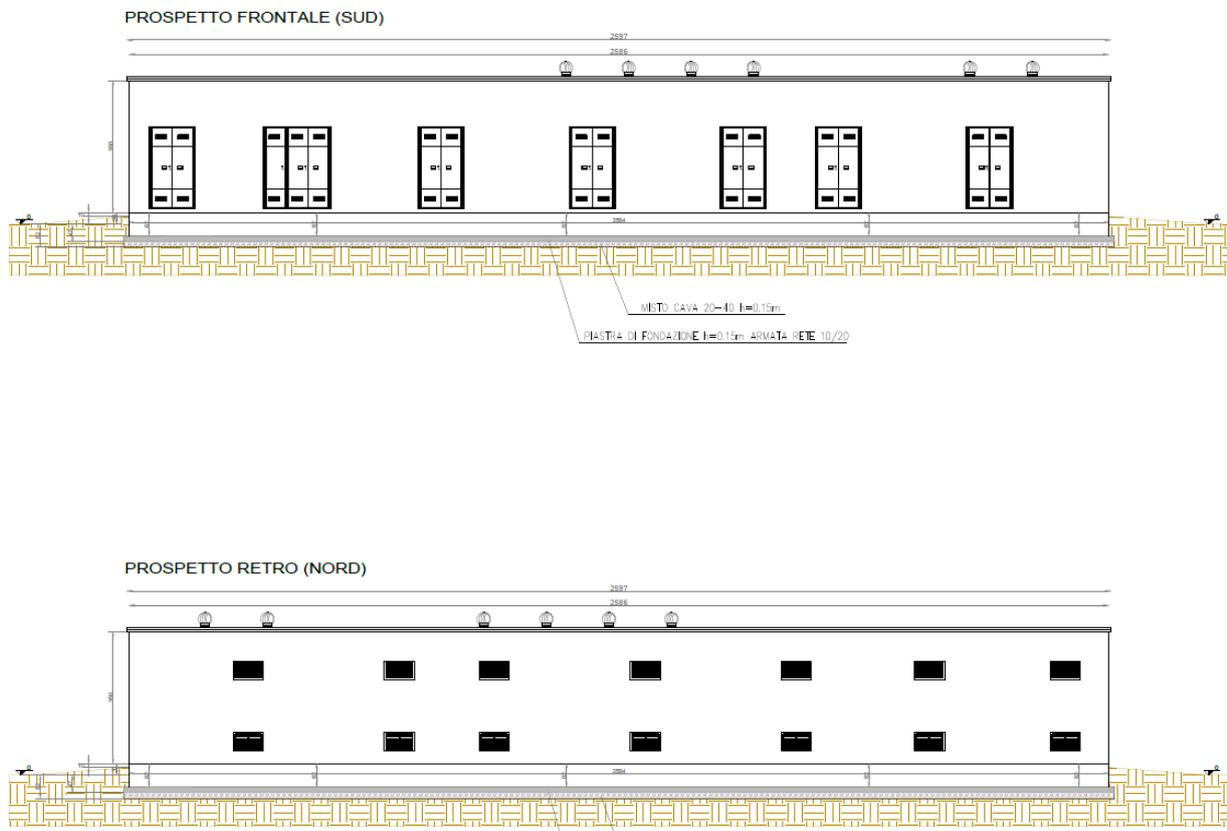
00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3 CABINA DI RACCOLTA 36 KV

All'interno del Sottocampo B sarà ubicata una cabina di raccolta principale, esercita a 36kV-50Hz, avente lo scopo principale di veicolare la produzione energetica proveniente dalle cabine di smistamento presenti all'interno del campo FV verso la stazione elettrica 380/150/36 kV della S.E Rotello 380.

La cabina sarà costituita da elementi prefabbricati di tipo containerizzato (dimensioni pari a 25,86x3,50x6,30 m), realizzati in acciaio galvanizzato a caldo e costruiti per garantire un grado di protezione dagli agenti atmosferici esterni pari a IP33. Essendo la cabina costruita con un'apposita struttura prefabbricata, tale struttura (precaria) non necessita alcuna autorizzazione urbanistica accessoria.

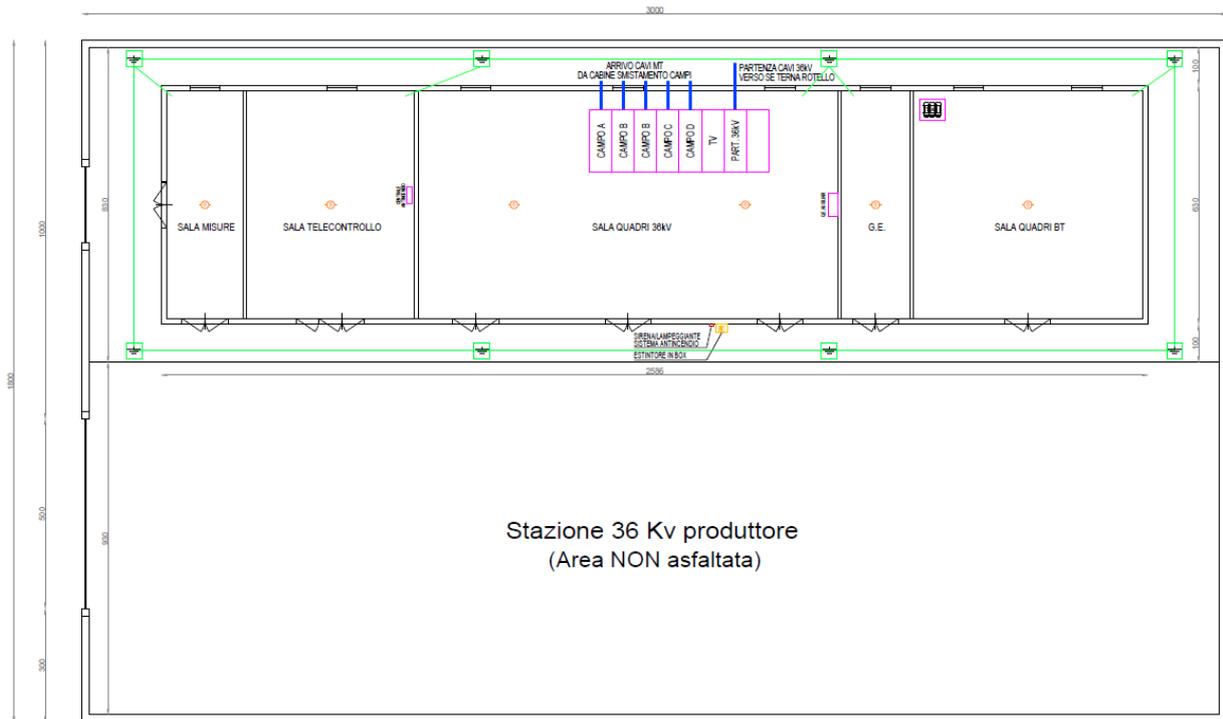
La cabina sarà posata su apposite fondazioni in calcestruzzo tali da garantirne la stabilità, e nelle quali saranno predisposti gli opportuni cavedi e tubazione per il passaggio dei cavi di potenza e segnale. Per ulteriori dettagli in merito alle fondazioni nonché al sistema di fissaggio del container si rimanda all'elaborato "Cabina Raccolta 36 kV - Disegno Architettonico e rete equipotenziale", di cui di seguito si riporta un estratto:



All'interno della cabina sarà essenzialmente previsto:

- Nr. 1 Sala Misure;
- Nr. 1 Sala Telecontrollo;
- Nr.1 Sala Quadri 36 kV;
- Nr.1 Sala G.E.;
- Nr.1 Sala Quadri BT.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Il quadro di alta tensione (QAT) è classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

40,5kV-16kA-1600A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

ovvero in particolare con l' Internal Arc Certification (IAC) su tutti e 4 i lati (Fronte Lati Retro) a massima sicurezza dell'operatore.

Il quadro sarà composto dalle seguenti unità:

- nr. 5 partenze delle linee dirette verso campi FV; questa unità serve per la protezione della linea in AT di ingresso ed è quindi accessoriata con un relè avente le seguenti protezioni AT:
 - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
 - massima corrente direzionale omopolare per l'apertura in caso di guasto a terra (67).
- nr. 1 partenza per la protezione dei trasformatori ausiliari con sezionatore-fusibile AT;
- nr. 1 scomparto TV per l'alloggio dei trasformatori di misura di tensione che servono per il controllo dei parametri elettrici di sbarra AT;
- nr. 1 scomparto partenza cavi AT che va verso la SE Rotello.

Nella sala Quadri BT sarà presente un trasformatore AT/BT (resina E2C2F1, 36/0.4kV, installato nel locale tecnico di cabina) di potenza nominale pari a 100 kVA per l'alimentazione dei servizi ausiliari, costituiti da:

- Sezione "normale" di alimentazione dei servizi non essenziali;
- Sezione "preferenziale" sotto UPS, dedicata all'alimentazione dei servizi essenziali, quali ad esempio: comandi elettrici di emergenza, SCADA per segnalazione allarmi e stato dei componenti principali;
- Un quadro UPS per alimentazione di emergenza (6kVA – 230/230V, autonomia 12h@ 200 VA).

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4 CABINA DI MONITORAGGIO

In prossimità della cabina di raccolta 36 kV, è prevista una cabina di monitoraggio (o, in alternativa, un container) di dimensione 6.00 m x 2.50 m ed altezza pari a 3.50 m, contenenti le seguenti apparecchiature:

- Quadro BT ausiliari generale del sottocampo corrispondente;
- Quadro BT alimentazione tracker del sottocampo corrispondente;
- Quadro BT prese F.M., illuminazione, antintrusione, TVCC ecc. del sottocampo corrispondente e della cabina di raccolta;
- Sistema di monitoraggio, controllo e comando sottocampo di appartenenza tracker;
- Sistema di monitoraggio e controllo sottocampo di appartenenza Impianto Fotovoltaico e della cabina di raccolta;
- Sistema di monitoraggio e controllo stazioni meteo di appartenenza;
- Sistema di trasmissione dati del sottocampo di appartenenza.

5 CABINA O&M

In prossimità della cabina di raccolta 36 kV è prevista l'installazione di una cabina locale deposito O&M (o, in alternativa, di un container) di dimensioni 12.00 m x 2.50m x 3.50 m, volta ad ospitare il magazzino per lo stoccaggio dei materiali di consumo relativi all'impianto fotovoltaico.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

6 CAVIDOTTO 36 kV

Il cavidotto AT ha lo scopo di connettere la cabina di smistamento principale allo stallo AT che Terna ha riservato all'interno della 380/150/36 kV della S.E Rotello 380– Nuovo Satellite di Terna ubicata in Rotello.

Il tracciato è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121 del T.U. 11-12-1933 n.1775, comparando le esigenze di pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

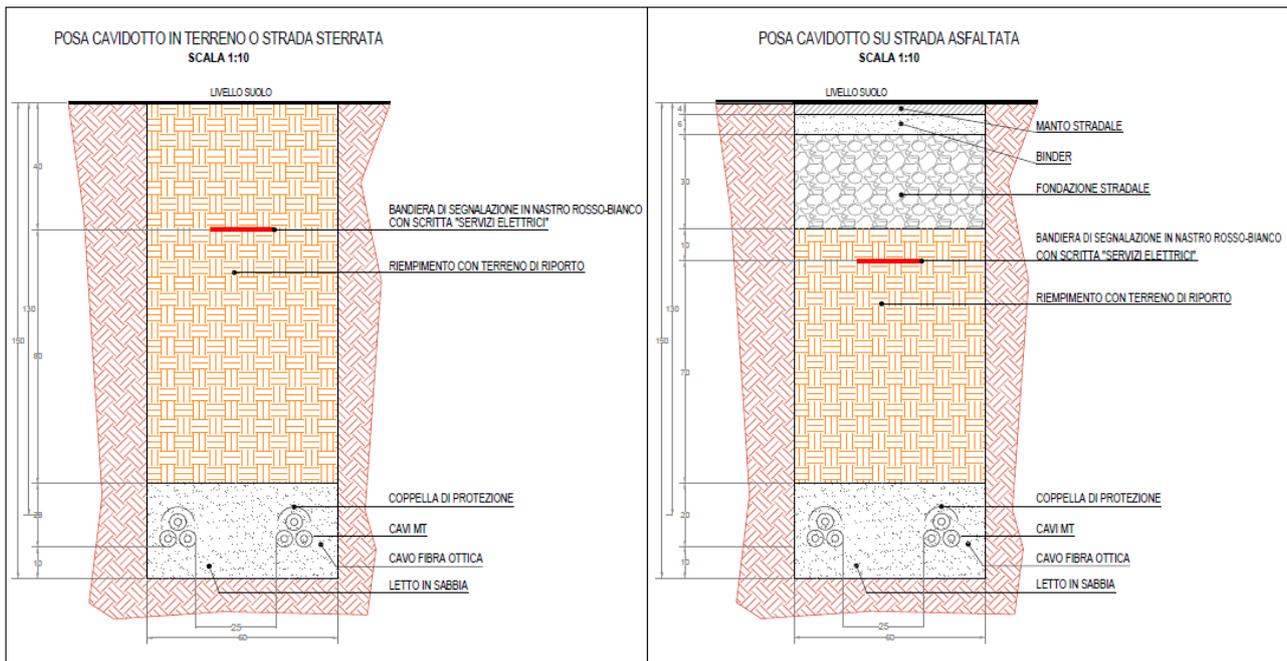
- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico economica;
- mantenere il tracciato del cavo il più possibile all'interno delle strade esistenti, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento di nuclei e centri abitati (ove presenti), tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le eventuali zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

6.1 CARATTERISTICHE TECNICHE

Tale elettrodotto interrato si sviluppa per una lunghezza pari a circa 15 km e sarà realizzato da una terna di cavi aventi le seguenti caratteristiche principali:

Caratteristiche principali	
Tipo di cavo	RG7H1R
Tensione di esercizio	26/45 kV
Sezione nominale	2x3//(1x630) mm ²
Diametro esterno (min/max)	62,7 mm
Peso netto indicativo	8,2 kg/m
Conduttore	
Tipo	Formazione rigida compatta
Materiale	Rame Rosso
Isolante	
Materiale	HEPR
Spessore nominale	9,0 mm
Caratteristiche elettriche	
Portata corrente [A]	835 A (singola terna - trifoglio interrati)
Resistenza Elettrica @20°C:	0,0283 Ω/km per conduttore 0,10 Ω/km per schermo



00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga 600mm e profonda 1'500mm, che sarà riempita nel caso di terreno agricolo con:

- Uno spessore pari a 100mm di sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio;
- uno spessore pari a circa 200mm di terreno compattato con caratteristiche termiche controllate, nel quale verranno installati: i cavi Alta Tensione (disposti a trifoglio) ed i cavi di fibra ottica armato e rinforzato; tegolo per protezione meccanica, in base alla specificità di ogni tratta; un nastro monitore rosso-bianco con scritta servizi elettrici;
- uno spessore pari a circa 800mm di terreno compattato di riporto;
- uno spessore pari a circa 400mm strato base nella parte più in alto, che potrà essere utilizzato per la posa e fissaggio di eventuali cartelli monitori o altro, con terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

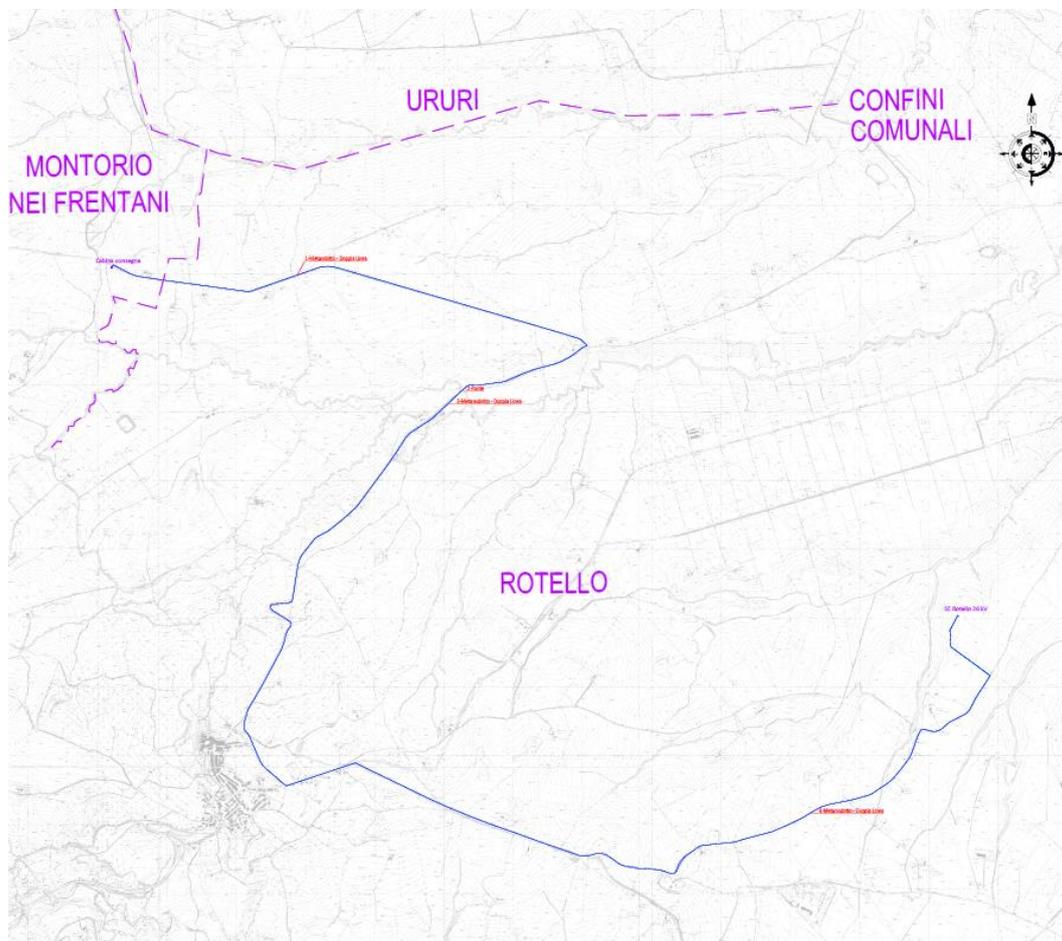
Nel caso di terreno asfaltato con:

- Uno spessore pari a 100mm di sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio;
- uno spessore pari a circa 200mm di terreno compattato con caratteristiche termiche controllate, nel quale verranno installati: i cavi Alta Tensione (disposti a trifoglio) ed i cavi di fibra ottica armato e rinforzato; tegolo per protezione meccanica, in base alla specificità di ogni tratta; un nastro monitore rosso-bianco con scritta servizi elettrici;
- uno spessore pari a circa 700mm di terreno compattato di riporto;
- uno spessore pari a circa 100mm strato base nella parte più in alto, che potrà essere utilizzato per la posa e fissaggio di eventuali cartelli monitori o altro, con terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.
- Uno spessore pari a circa 300mm di fondazione stradale;
- Uno spessore pari a circa 60mm di binder;
- Uno spessore pari a circa 40 mm di manto stradale.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

6.2 INTERFERENZE

Il percorso cavidotto è identificato chiaramente nell'allegato dedicato (*Cavidotto 36 kV - Percorso-Interferenze-Sezione Cavidotto su CTR*) dove vengono evidenziati i seguenti punti particolari (in ordine dalla cabina di smistamento principale alla stazione elettrica 380/150/36 kV della S.E Rotello 380''):



- Interferenza 1
Attraversamento Metanodotto;
- Interferenza 2
Attraversamento Ponte;
- Interferenza 3
Attraversamento Metanodotto;
- Interferenza 4
Attraversamento Metanodotto;

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

6.3 VERIFICA DIMENSIONAMENTO

In questo paragrafo vengono identificate le condizioni di esercizio elettriche e ambientali, necessarie per procedere con la verifica del dimensionamento. In merito alla temperatura, ai fini del dimensionamento dei cavi elettrici si considera il seguente intervallo di temperature ambiente:

intervallo temperature di funzionamento $\rightarrow -10 \dots + 50^{\circ}\text{C}$

Tensione di esercizio

In merito alla tensione, sia il valore di esercizio che le variazioni sono imposta dall'operatore di rete; i valori di riferimento sono:

$$V_e = 36'000 \text{ V, con intervallo funzionamento su rete MT pari a } 85\% \dots 115\% V_e$$

6.3.1 Verifica Dimensionamento Cavo Elettrico

In merito alla corrente, si fa riferimento alla seguente formula:

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_N \times \cos \phi}$$

dove:

- P è la potenza di STMG e quindi è pari a 42'000 kW;
- V_N è pari a 36kV;
- $\cos \phi$ è pari a 0,95.

In conclusione il valore di riferimento della corrente è pari a:

$$I_N = \frac{42'000}{\sqrt{3} \times 36 \times 0,95} = 709,9 \text{ A}$$

6.3.2 Verifica portata di corrente e coordinamento protezioni

Per valutare la portata in corrente devono essere determinati su ogni tratta i coefficienti di declassamento della portata in funzione delle condizioni di installazione.

I cavi di Alta Tensione saranno installati come segue:

- in aria libera, in attestazione con gli isolatori AT alle estremità del cavidotto;
- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione a trifoglio;
- all'interno di tubo agli estremi (un tubo per cavo), nei tratti di superamento interferenze.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

I coefficienti vengono calcolati nelle tratte direttamente interrati e interrati in tubo e sono rispettivamente:

Cavi Direttamente Interrati	Cavi in Tubo (un cavo per tubo)
Temperatura → $k_1 = 1$	Temperatura ≤ 50 → $k_1 = 0,80$
Tipo di posa: stesso piano, circuiti a distanza 2D → $k_2 = 0,84$	Tipo di posa: 2 cavi posati in tubo interrato → $k_2 = 0,69$
profondità $>1,2m$ → $k_3 = 0,98$	profondità $>1,2m$ → $k_3 = 0,98$
resistività terreno = $1,5 \text{ }^\circ\text{K} \times \text{m}/\text{W}$ → $k_4 = 1$	resistività terreno = $1,5 \text{ }^\circ\text{K} \times \text{m}/\text{W}$ → $k_4 = 1$
fattore di sicurezza → $k_5 = 0,9$	fattore di sicurezza → $k_5 = 0,9$
$k_{TOT} = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 = 0,74$	$k_{TOT} = k_1 \times k_2 \times k_5 = 0,49$

- (*) = il fattore di sicurezza è posto =0,9 data l'importanza del collegamento.

E' evidente che la condizione peggiorativa sia il tratto pur minimo (max 5m) in cui i cavi sono posizionati all'interno del tubo corrugato: la verifica della portata di corrente deve essere fatta considerando questa condizione peggiorativa: verrà quindi considerato il fattore $k_{TOT} = 0,49$.

La verifica ha esito positivo per ogni tratta della condizione:

$$I_N < I_Z$$

dove:

- I_N è la corrente nominale della linea da proteggere;
- I_Z è la portata del cavo.

Facendo riferimento alla configurazione cavi riportata in relazione tecnica impianto e nello schema unifilare, e al valore di portata lorda dei cavi (portata in aria libera), riportato nel data sheet del costruttore selezionato (Prysmian), di seguito la tabella riassuntiva di verifica portata di corrente.

(unità di misura: I_N , I_Z e la portata lorda sono espresse in A, la configurazione cavi è espressa in mm^2)

I_N	Configurazione Cavo	Potata lorda	k_{tot}	I_Z	Verifica
709,1	2x3//(1x630)	1670	0,49	818,3	OK

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

6.3.3 Coordinamento Protezioni

Nella sezione di verifica della portata di corrente, dovrà essere verificato anche il coordinamento protezioni.

Il criterio per il settaggio delle protezioni verrà coordinato con le indicazioni del gestore di rete; questi valori saranno poi personalizzati in accordo con le caratteristiche del cavidotto AT da proteggere ed in funzione anche della potenza massima da immettere.

La verifica del coordinamento ha esito positivo se è rispettata la seguente condizione:

$$I_N < I_r < I_z$$

dove:

- I_N è la corrente nominale della linea da proteggere;
- I_r è la corrente regolata, ovvero settaggio della protezione 51>;
- I_z è la corrente del cavo, ovvero quella calcolata con la portata del cavo.

Il valore della corrente I_r dovrà dunque essere all'interno dell'intervallo

$$709,9A < I_r < 818,3A$$

6.3.4 Verifica Caduta di Tensione

Per valutare preliminarmente la caduta di tensione sarà applicata la seguente formula:

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} \times I_N \times L \times (r \times \cos \phi + x \times \sin \phi)}{V_e}$$

dove:

- I_N è la corrente nominale, pari a 709,9A;
- L è la lunghezza del cavidotto AT, pari a 15km;
- r è la resistenza specifica del conduttore, in accordo con data sheet pari a 0,0283 Ω /km; a 20°C che riportati a 90°C ipotizzata come temperatura massima di esercizio, è pari a 0,0425 Ω /km;
- $\cos \phi$ è il fattore di potenza del carico, posto pari a 0,95 per il tratto AT;
- x è la reattanza specifica del conduttore, $\sin \phi$ si deriva dal fattore di potenza – si considera la componente $x \sin \phi$ trascurabile ai fini del calcolo della caduta di tensione;
- V_e è la tensione di esercizio, pari a 36'000V.

Si può quindi applicare la formula del calcolo della caduta di tensione:

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} \times 709,9 \times 15 \times 0,0425 \times 0,95}{36'000} = 2,06\%$$

e quindi:

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

$$\Delta v\%_{AT} = 2,06\% < 3\% = \Delta v\%_{MAX}$$

Il dimensionamento del cavo AT rispetta le condizioni di massima caduta di tensione della tratta.

6.3.5 Verifica Perdite

Per valutare le perdite del cavidotto AT si applica la seguente formula:

$$\Delta P_{AT} = \frac{n \times r \times L \times I_N^2}{P_N}$$

dove:

- n è il numero di fasi della linea, pari a 3 nelle linee in Alta Tensione;
- r è la resistenza specifica del conduttore, in accordo con data sheet pari a 0,0283 Ω /km; a 20°C che riportati a 90°C ipotizzata come temperatura massima di esercizio, è pari a 0,0425 Ω /km;
- L è la lunghezza del cavidotto AT, pari a 15km;
- I_N è la corrente nominale, pari a 709,9A;
- P_N è la potenza attiva nominale, pari a 42'000kW.

In conclusione le perdite di potenza nel cavidotto AT sono pari a:

$$\Delta P_{AT} = \frac{3 \times 0,0425 \times 15 \times 709,9}{42'000'000} = 0,003\%$$

La verifica delle perdite serve per computare le perdite nella stima di producibilità che verranno computate in via cautelativa pari a 0,01%, per comprendere anche i fattori di sicurezza dell'intero impianto.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

6.4 GIUNTI E CONNETTORI

I giunti servono a collegare tra loro due pezzature contigue di cavo e devono provvedere:

- Alla connessione dei conduttori di due pezzature di cavo mediante manicotti metallici chiamati connettori;
- All'isolamento del conduttore e al ripristino dei vari elementi del cavo;
- A controllare la distribuzione del campo elettrico, per evitare concentrazioni localizzate che possono provocare in breve tempo alla perforazione del giunto;
- Al mantenimento della continuità elettrica tra gli schermi metallici dei cavi;
- Alla protezione dall'ambiente nel quale il giunto è posato.

Nelle giunzioni fra cavi, i connettori sono i componenti deputati alla sola continuità elettrica; essi sono installati sui conduttori dei cavi mediante compressione eseguita con presse idrauliche e con le rispettive matrici a corredo.

I connettori si distinguono per materiali costituenti e foggia, secondo l'impiego a cui sono destinati.

I giunti unipolari saranno posizionati lungo il percorso del cavo, a circa 600-1000 m l'uno dall'altro. Il posizionamento dei giunti sarà determinato in sede di progetto esecutivo in funzione della lunghezza delle pezzature del cavo, delle interferenze sotto il piano di campagna e di eventuali vincoli per il trasporto.

6.5 TERMINALI E CAPOCORDA

I terminali, che costituiscono generalmente le estremità di una linea in cavo, nonché gli elementi di connessione alle apparecchiature, devono consentire:

- La connessione del conduttore, mediante capocorda;
- La sigillatura del cavo contro il possibile ingresso di acqua o umidità;
- La protezione dell'isolante dalle radiazioni UV, dagli agenti atmosferici e comunque dall'ambiente circostante;
- Per i cavi il controllo della distribuzione del campo elettrico.

Per realizzare le connessioni dei conduttori dei cavi si utilizzano capicorda, che possono essere con attacco ad occhiello o a codolo.

Per i cavi i capicorda sono parte integrante dei terminali.

6.6 CANALIZZAZIONI

La canalizzazione utilizzata è normalmente prevista per le strade di uso pubblico, per le quali il Nuovo Codice della Strada fissa una profondità minima di 1 metro dall'estradosso della protezione.

La canalizzazione ad altezza ridotta è prevista solo in casi eccezionali concordati con l'ente gestore della strada.

Il riempimento della trincea e il ripristino della superficie devono essere effettuati secondo le specifiche prescrizioni imposte dal proprietario del suolo.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

6.7 PROTEZIONE E SEGNALAZIONE DEI CAVI

Per i cavi interrati le Norme CEI 11-17 prevedono una protezione meccanica che può essere intrinseca al cavo stesso oppure supplementare a seconda del tipo di cavo e della profondità di posa. Nel caso in esame sarà utilizzata eventualmente una protezione meccanica mediante utilizzo di cavidotto in tubo flessibile (corrugato) con resistenza all'urto (CEI 23-46) di tipo N (normale) o mediante l'uso di coppella di protezione; in alternativa potranno essere utilizzati cavi di tipo armato "AIRBAG". Sarà previsto superiormente il nastro segnaletico posato ad almeno 70 cm dalla protezione del cavo.

Nel caso si utilizzasse un tubo flessibile, il diametro nominale interno del tubo sarà maggiore di 1,4 volte il diametro del cavo.

6.8 FIBRA OTTICA

È prevista l'installazione di fibre ottiche a servizio del cavidotto, le quali saranno posate contestualmente alla stesura del cavo secondo le modalità descritte nei tipi.

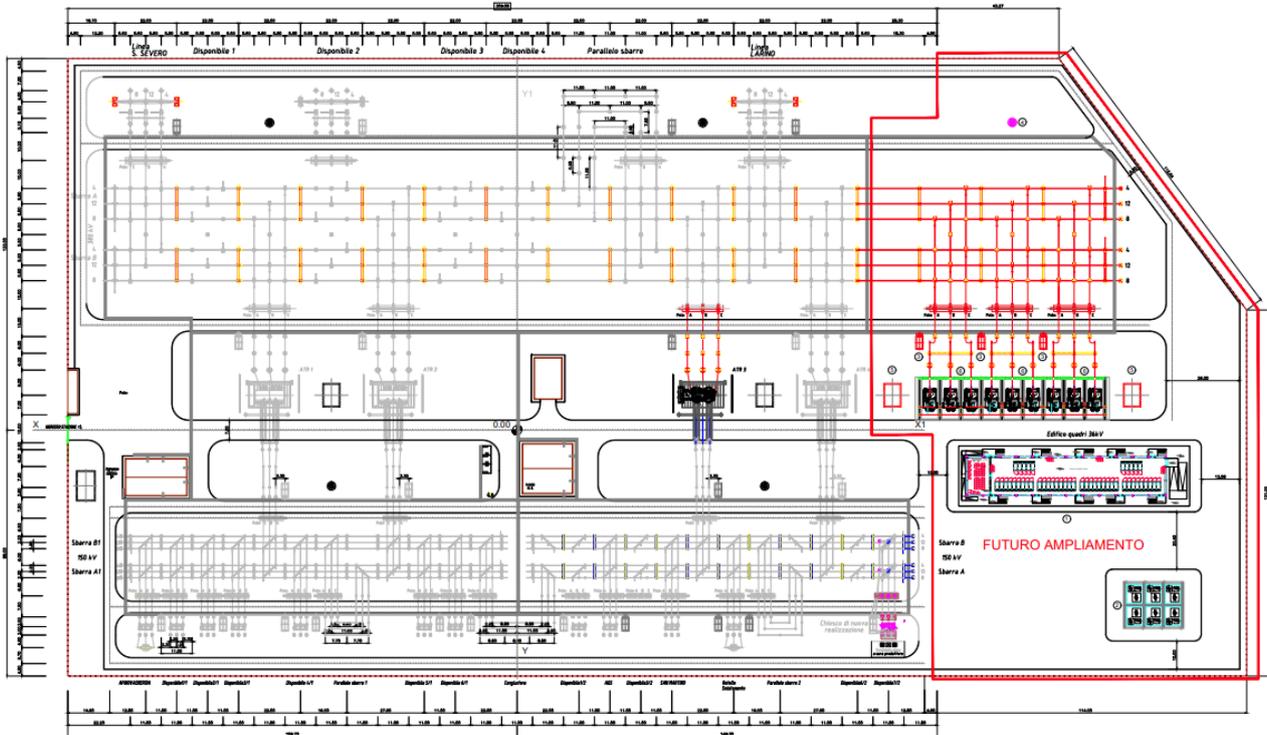
In sede di progetto esecutivo e comunque prima che si dia inizio alla realizzazione dell'opera ed in particolare prima dell'installazione della rete di comunicazioni elettroniche in fibre ottiche a servizio dell'elettrodotta, si procederà all'ottenimento dell'autorizzazione generale espletando gli obblighi stabiliti dal Decreto Legislativo 1 agosto 2003, n. 259, "Codice delle comunicazioni elettroniche"; in particolare si procederà alla presentazione della dichiarazione, conforme al modello riportato nell'allegato n. 14 al suddetto decreto, contenente l'intenzione di installare o esercire una rete di comunicazione elettronica ad uso privato; ciò costituisce denuncia di inizio attività ai sensi dello stesso D.Lgs.259/2003 art. 99, comma 4.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

7 AMPLIAMENTO ROTELLO 36 kV

Il punto di connessione dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) sarà a 36kV, all'interno del nuovo satellite TERNA della stazione 380/150/36 kV della S.E Rotello 380.

Di seguito è riportato il lay-out dell'ampliamento (estratto dell'allegato 008-PTO - RTN-SE Rotello 36 kV - Layout e viste):



Per ulteriori dettagli e quotature si rimanda agli elaborati che sono stati condivisi da Terna.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

APPENDICE 1 – CAVI 36 kV

Di seguito si riporta un datasheet di un fornitore primario per i cavi 36 kV.

CAVI MEDIA TENSIONE - ENERGIA
MEDIUM VOLTAGE CABLES - POWER

RG7HIR 1.8/3 kV - 26/45 kV

MEDIA TENSIONE - SENZA PIOMBO
MEDIUM VOLTAGE - LEAD-FREE

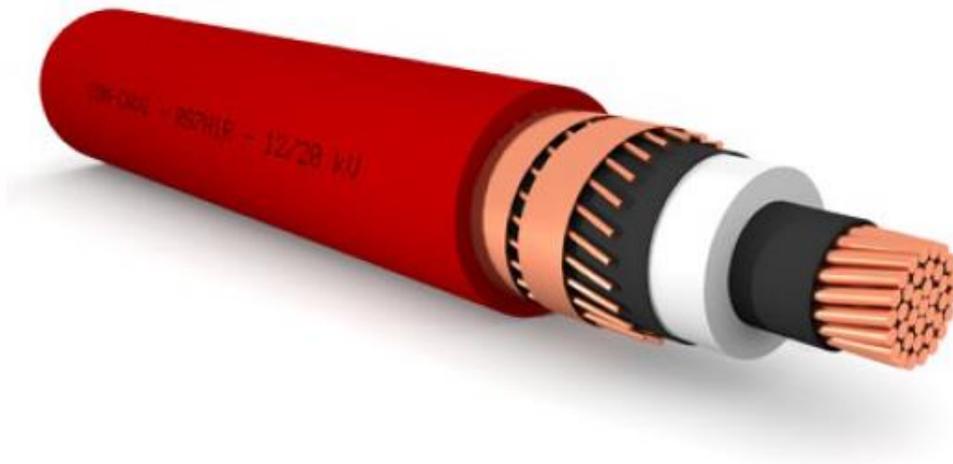


NON PROPAGANTE
LA FIAMMA
FLAME RETARDANT



SENZA PIOMBO
LEAD-FREE

RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE	
Costruzione e requisiti/Construction and specifications	IEC 60502 CEI 20-13
Misura delle scariche parziali/Measurement of partial discharges	CEI 20-16 IEC 60885-3
Propagazione fiamma/Flame propagation	CEI EN 60332-1-2



La immagine senza preavviso illustrativa a scopo di copyright ©

DESCRIZIONE:

Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.

CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_0/U : 1,8/3 ÷ 26/45 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 12 volte il diametro del cavo.
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm² di sezione del rame

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale. Ammessa la posa interrata anche non protetta, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

DESCRIPTION:

Single-core cables, insulated with HEPR rubber of G7 quality, under PVC sheath.

FUNCTIONAL CHARACTERISTICS

- Nominal voltage U_0/U : 1,8/3 ÷ 26/45 kV
- Maximum operating temperature: 90°C
- Min. operating temperature: -15°C (without mechanical shocks)
- Minimum installation temperature: 0°C
- Maximum short circuit temperature: 250°C
- Recommended minimum bending radius: 12 times the cable diameter.
- Recommended maximum tensile stress: 60 N/mm² of the cross-section of the copper

USE AND INSTALLATION

Suitable for energy transmission between transformer rooms and big power users. For laying on air, into tube or open pass. Can be laid underground, also if not protected, complying with art. 4.3.11 of CEI 11-17 standard.

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

CAVI MEDIA TENSIONE - ENERGIA
MEDIUM VOLTAGE CABLES - POWER
RG7H1R 26/45 kV
Caratteristiche tecniche/Technical characteristics
U max: 52 kV

Formazione Size	Ø indicativo conduttore Approx. conduct. Ø	Spessore medio isolante Average insulation thickness	Ø esterno max Max outer Ø	Peso indicativo cavo Approx. cable weight	Portata di corrente Current rating			
					A		Interrato* buried*	
					In aria In air	In piano flat	In aria In air	In piano flat
					a bifoglio twofold	In piano flat	a bifoglio twofold	In piano flat
1 x 70	9,7	10,3	41,9	2150,0	280,0	315,0	255,0	260,0
1 x 95	11,4	10,3	43,8	2490,0	340,0	380,0	300,0	310,0
1 x 120	12,9	10,0	44,8	2735,0	395,0	440,0	355,0	365,0
1 x 150	14,3	9,5	45,1	3020,0	445,0	495,0	385,0	395,0
1 x 185	16,0	9,3	47,1	3395,0	510,0	570,0	440,0	450,0
1 x 240	18,3	9,3	49,2	4025,0	600,0	665,0	510,0	520,0
1 x 300	21,0	9,0	52,2	4725,0	695,0	760,0	570,0	580,0
1 x 400	23,2	9,0	54,8	5635,0	800,0	875,0	650,0	655,0
1 x 500	26,1	9,0	58,6	6825,0	930,0	1010,0	735,0	740,0
1 x 630	30,3	9,0	62,7	8260,0	1070,0	1180,0	835,0	845,0

*Resistività termica del terreno 100°C cm/W
 * Ground thermal resistivity 100°C cm/W

Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics

Formazione Size	Resistenza elettrica a 20°C Max. electrical resistance at 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz Conductor apparent resistance at 90°C and 50Hz		Reattanza di fase Phase reactance		Capacità a 50Hz Capacity at 50Hz
		a bifoglio twofold	In piano flat	a bifoglio twofold	In piano flat	
n° x mm ²	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	µF/km
1 x 70	0,268	0,342	0,342	0,15	0,21	0,15
1 x 95	0,193	0,245	0,245	0,14	0,20	0,16
1 x 120	0,153	0,196	0,196	0,14	0,20	0,18
1 x 150	0,124	0,159	0,158	0,13	0,19	0,20
1 x 185	0,0991	0,128	0,127	0,13	0,19	0,21
1 x 240	0,0754	0,0965	0,0972	0,12	0,18	0,23
1 x 300	0,0601	0,0797	0,0779	0,12	0,18	0,26
1 x 400	0,0470	0,0638	0,0616	0,11	0,17	0,28
1 x 500	0,0366	0,0517	0,0489	0,11	0,17	0,31
1 x 630	0,0283	0,0425	0,0389	0,10	0,16	0,34

00	13-09-2023	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione