



REGIONE SICILIA PROVINCIA DI TRAPANI

COMUNE DI BUSETO PALIZZOLO
COMUNE DI VALDERICE
COMUNE DI ERICE

OGGETTO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO PER UNA POTENZA NOMINALE DI 58,113 MWp (45 MW IN IMMISSIONE) INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 36 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI BUSETO PALIZZOLO, ERICE E VALDERICE (TP)

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE

X-ELIO

TITOLO

RELAZIONE TECNICA SOTTOSTAZIONE
ELETTRICA DI UTENTE SSE

PROGETTISTA

Dott. Ing. Girolamo Gorgone

Collaboratori

Ing. Giocchino Ruisi
Ing. Giuseppina Brucato
Arch. Eugenio Azzarello
All. Arch. Flavia Termini

Ing. Francesco Lipari
Dott. Haritiana Ratsimba
Dott. Agr. e For. Michele Virzi
Dott. Martina Affronti

Dott. Valeria Croce
Dott. Irene Romano
Barbara Gorgone

CODICE ELABORATO

XB_R_01_A_C_S_1

SCALA

n°.Rev.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

Rif. PROGETTO

N.

NOME FILE DI STAMPA

SCALA DI STAMPA DA FILE

Sommario

1. PREMESSA.....	2
1.1 Inquadramento territoriale dell'intervento.....	3
1.2 Breve descrizione del progetto	5
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	9
3. STAZIONE DI RACCORDO E CONNESSIONE	12
3.1 Ubicazione e viabilità d'accesso	12
3.2 Descrizione delle opere elettromeccaniche.....	13
3.3 Servizi ausiliari	14
3.4 Rete di terra.....	14
3.5 Edificio SSE.....	15
3.6 Opere civili.....	16
3.7 Principali apparecchiature in progetto.....	17
3.8 Collegamenti AT	17
3.9 Disposizioni particolari per la posa	19
3.10 Modalità di posa	22
3.11 Servitù di cavidotto	23
3.12 Sistema di telecomunicazione	24
3.13 Dimensionamento e verifica del cavo adottato.....	24
3.14 Parametri della linea AT dalla SSE al campo FTV (cabina di raccolta)	27

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Opere Civili parte integrante del Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di generazione di energia da fonte solare di tipo agro-fotovoltaico per una potenza nominale pari a 58,113 MWp (45 MW in immissione), di cui 34,2738 MWp da moduli ad inseguimento monoassiale e 23,8392 MWp da moduli su struttura fissa, integrato da un sistema di accumulo da 36 MW. L'impianto, con le relative opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale, interessa i comuni di Erice, Valderice e Buseto Palizzolo, nella provincia di Trapani.

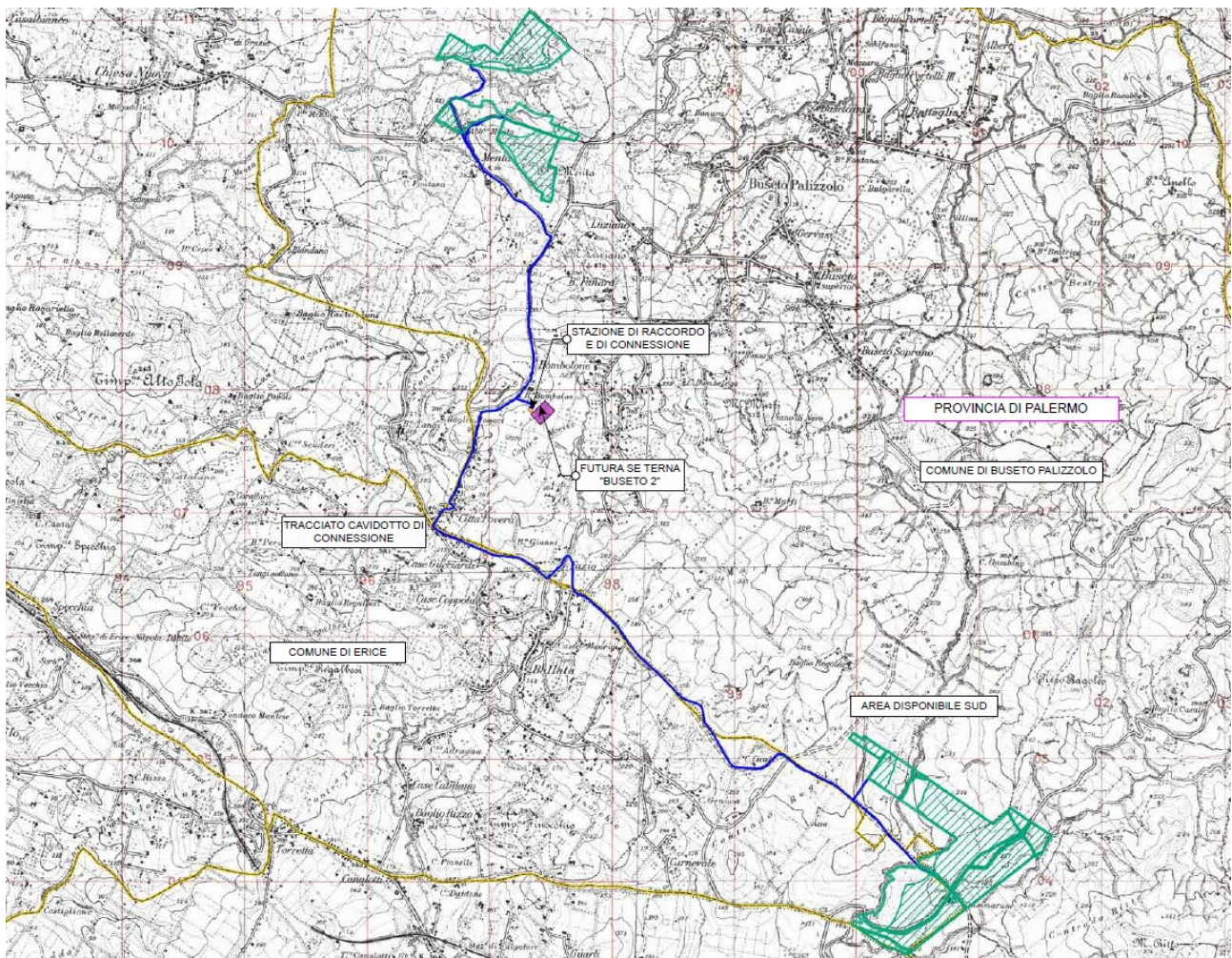


Figura 1- Inquadramento su IGM dell'intervento

X-ELIO Energy nasce nel 2005 a Madrid ed è oggi un'azienda leader nel settore delle energie rinnovabili con uffici negli Stati Uniti, Messico, Cile, Sudafrica, Australia, Giappone, Spagna e Italia (Roma, Palermo). Attivamente impegnata nella riduzione dei gas serra e nel contrasto alla crisi climatica, X-ELIO Energy ha realizzato ad oggi più di 2 GW in impianti fotovoltaici e dispone di 25 parchi solari operativi in 10 paesi. Al fine di assicurare alti standard di qualità progettuale e di tutela e protezione dei propri operatori, della cittadinanza e dell'ambiente, X-ELIO Energy ha istituito un sistema di gestione integrato per l'ambiente, la salute, la sicurezza e il benessere dei lavoratori in accordo con gli standard ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018.

Al fine di perseguire gli obiettivi di qualità, X-ELIO Energy prevede lo sviluppo di iniziative tramite proprie società, come nel caso in oggetto con la X-ELIO Antares S.r.l. titolare del presente progetto.

1.1 Inquadramento territoriale dell'intervento

Per la realizzazione dell'impianto la società proponente ha acquisito la disponibilità di aree site in Contrada Menta, nel Comune di Buseto Palizzolo (che complessivamente verranno indicate come "Area disponibile Nord-Ovest") e in Contrada Giammarune, nei comuni di Buseto Palizzolo ed Erice (denominata "Area disponibile Sud-Est"). Il tracciato del cavidotto di connessione alla RTN interessa i territori comunali di Buseto Palizzolo ed Erice.

Le aree disponibili per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico e il tracciato del cavidotto di connessione alla RTN ricadono nelle tavolette n. 257 IV SE (Area disponibile NO) e n. 257 II NO, SO (Area disponibile SE) della cartografia IGM a scala 1:25000, e nei fogli 593130 (Area disponibile NO) e 606010 (Area disponibile SE) della Carta tecnica regionale a scala 1:10000.

Per l'inquadramento catastale dell'intervento si rimanda agli elaborati specifici.

Entrambe le aree sono raggiungibili attraverso la A29, che porta, tramite lo svincolo Fulgatore, alla Strada Statale 113. Da questa si può raggiungere tanto l'area disponibile Nord-Ovest, imboccando la SP22 e, quindi, la SP36 o la SP52, quanto l'area disponibile Sud-Est, raggiungibile attraverso la SP35 in direzione Bosco di Scorace.

L'area disponibile Nord-Ovest (NO), in Contrada Menta, è prevalentemente adibita a seminativo con presenza di campi a vigneto ed uliveto ed ha una superficie totale di circa 56 ettari. L'altimetria nel complesso varia tra 222 e 378 m s.l.m. All'interno dell'area ricadono anche incisioni vallive caratterizzate da vegetazione ripariale e affioramenti rocciosi.

L'area disponibile Sud-Est (SE), in contrada Giammarune, è quasi interamente adibita a seminativo, presentando una morfologia pianeggiante. L'area ha una superficie complessiva di circa

100 ettari. L'altimetria varia tra 283 e 163 m s.l.m. Il versante collinare ricompreso nell'area ha dolce pendenza ed è interrotto dall'incisione valliva del Fosso Binuara, ove si sviluppa vegetazione ripariale.

Il cavidotto di connessione alla Rete Elettrica Nazionale, da entrambe le aree di impianto, corre interrato lungo viabilità esistente fino alla Futura stazione elettrica di connessione alla RTN "Buseto2" individuata da TERNA sita nel comune di Buseto Palizzolo in Baglio Bombolone. Il tracciato interessa i territori comunali di Buseto Palizzolo ed Erice.

STRADA PERCORSATA	DISTANZA (KM)
Cavidotto da Area Nord-Ovest alla stazione di connessione	
SP52	1,96
SB047	1,63
Strada sterrata	0,99
LUNGHEZZA TOTALE	4,58
Cavidotto da Area Sud-Est alla stazione di connessione	
Terreno	0,43
SB042	4,54
SP22	0,25
Via Salvatore Frusteri	1,05
Via Messina	0,42
SB 47	1,16
LUNGHEZZA TOTALE	7,85
TOTALE CAVIDOTTO	12,43

Di seguito si riporta uno schema di inquadramento territoriale dell'intervento.

LEGENDA

Area di intervento

- Area disponibile
- Cavidotto interrato di connessione
- Punto di connessione alla RTN
- Stazione di raccordo e connessione

Sistema territoriale

- Autostrada
- Strada statale
- Strada provinciale
- Strada locale
- Ferrovia
- Corso d'acqua
- Centri abitati

Confini amministrativi

- Limiti comunali



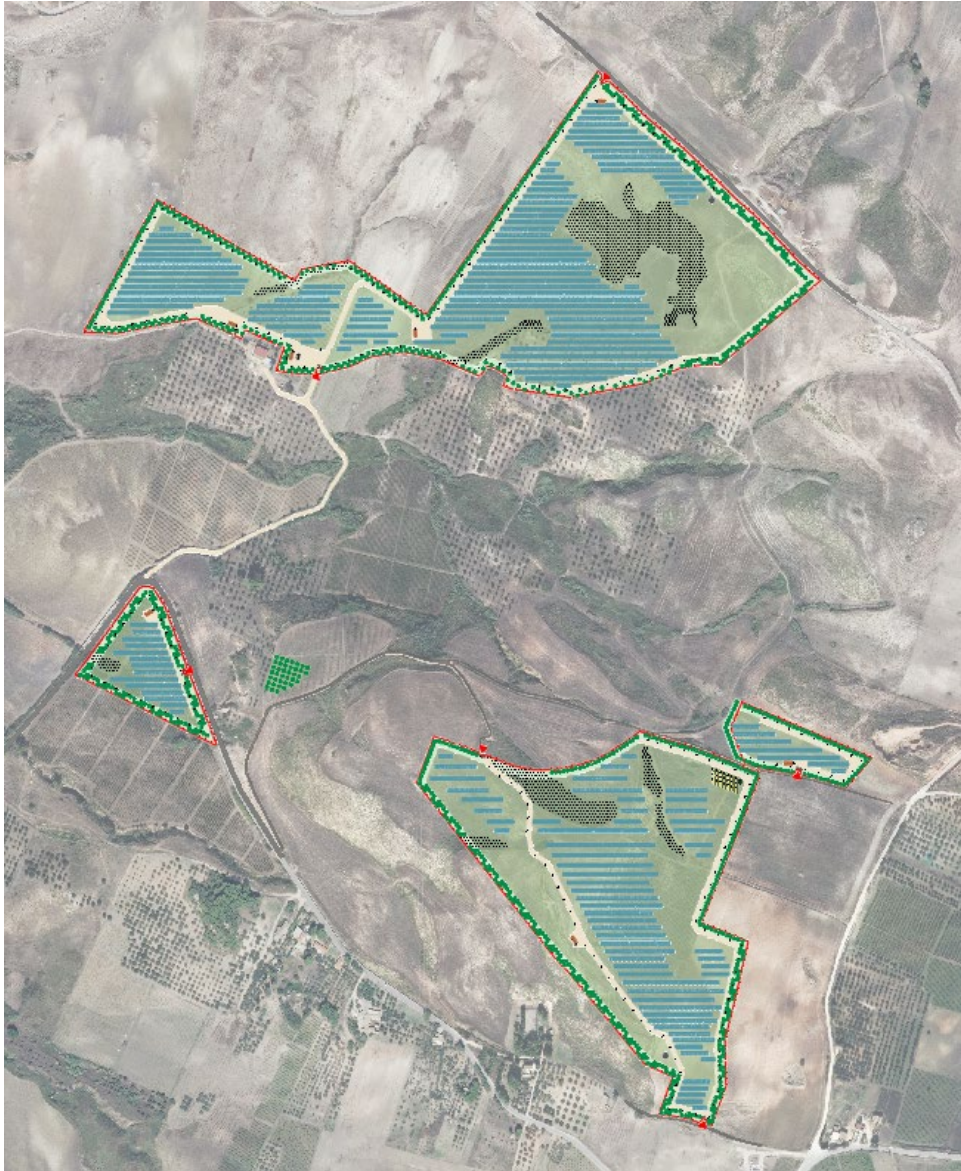
Figura 2 - Inquadramento territoriale dell'intervento

1.2 Breve descrizione del progetto

L'impianto di produzione di energia elettrica fotovoltaica ha una potenza nominale di picco di 58,113 MWp, di cui 34,2738 MWp da moduli ad inseguimento monoassiale e 23,8392 MWp da moduli su strutture di tipo fisso, ed una potenza di immissione nella rete di trasmissione nazionale (RTN) di 45 MW, integrato da un sistema di accumulo da 36 MW.

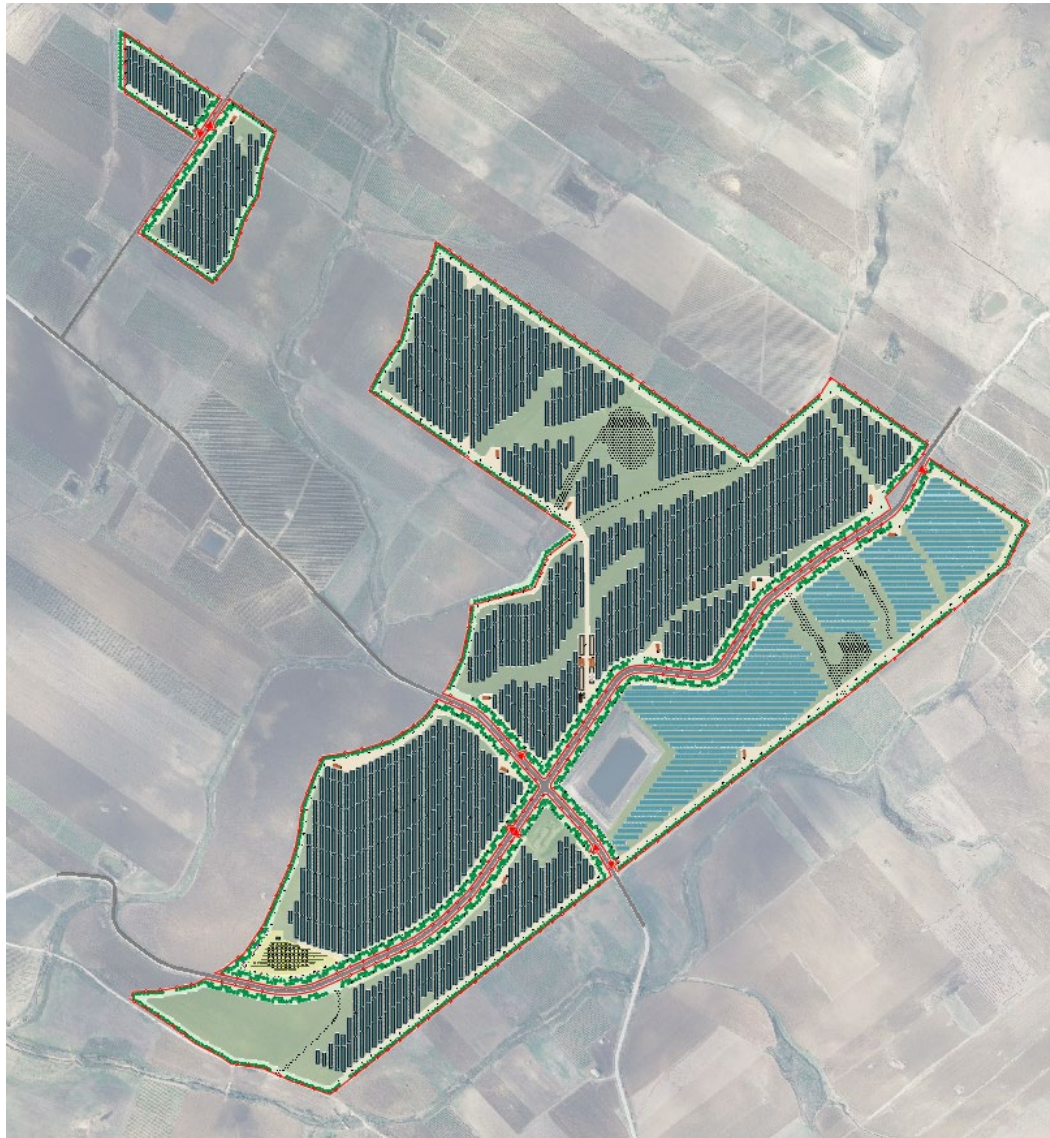
A seguire si riportano il layout generale di progetto e una tabella riassuntiva delle componenti principali dell'impianto di produzione energetica. All'impianto fotovoltaico è associato un programma agronomico che prevede la coltivazione di foraggere, il mantenimento di prati-pascolo e l'introduzione dell'apicoltura (agrivoltaico). Inoltre, lungo il perimetro dell'impianto verrà piantumata una fascia di mitigazione ampia almeno 10 metri utilizzando specie arboree e arbustive autoctone e tipiche del paesaggio locale.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati di Progetto definitivo e allo Studio di impatto ambientale.



LEGENDA			
	Ingressi di impianto		Alberi
	Recinzione		Cabina MTR con cabina partenza linea
	Palo servizi ausiliari		Magazzino
	Piste e Piazzali		Stringa da 30 moduli
	Viabilità		Stringa da 60 moduli
	Cabina ausiliaria		Fascia di mitigazione
	Power station		Erbacee spontanee basse
	Control room		Vegetazione spontanea
	Cisterna		Struttura mobile
			Struttura fissa
			Siepi aromatiche
			Arnie
			Colture foraggere
			Arbustive

(Layout generale di impianto su ortofoto, Area Nord-Ovest)



LEGENDA		
	Ingressi di impianto	
	Recinzione	
	Palo servizi ausiliari	
	Piste e Piazzali	
	Viabilità	
	Cabina ausiliaria	
	Power station	
	Control room	

(Layout generale di impianto su ortofoto, Area Sud-Est)

IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AREA NORD-OVEST	<ul style="list-style-type: none"> • N. 22.890 moduli fotovoltaici montati su strutture fisse; • N. 6 cabine di campo o power stations: ricevono i cavi provenienti dai moduli FV interconnessi convertendo l'energia elettrica da essi prodotta da corrente continua a corrente alternata tramite inverter ed elevando la tensione da bassa a media; • N. 1 cabina principale di impianto (Main Technical Room – MTR) nella quale sono convogliate tutte le linee di media tensione provenienti dalle power stations; • N. 1 Control room che ospita un locale a ufficio e i servizi igienici per il personale e un locale separato a magazzino; • N. 1 magazzino per l'attività agricola; • N. 2 cisterne per irrigazione; • Viabilità interna di servizio; • Recinzione e sistemi di illuminazione di emergenza e di sorveglianza.
IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AREA SUD-EST	<ul style="list-style-type: none"> • N. 51.930 moduli fotovoltaici montati su strutture ad inseguimento solare monoassiale (trackers); • N. 13.230 moduli fotovoltaici montati su strutture fisse; • N. 18 cabine di campo o power stations: ricevono i cavi provenienti dai moduli FV interconnessi convertendo l'energia elettrica da essi prodotta da corrente continua a corrente alternata tramite inverter ed elevando la tensione da bassa a alta; • N. 1 cabina principale di impianto (Main Technical room – MTR) nella quale sono convogliate tutte le linee di media tensione provenienti dalle power stations; • N. 1 control room che ospita un locale a ufficio e i servizi igienici per il personale e un locale separato a magazzino; • N. 48 “container energia” con le batterie di accumulo, serviti da 6 power station dotata di 2 inverter ciascuna; • N. 2 magazzini per l'attività agricola; • Viabilità interna di servizio; • Recinzione e sistemi di illuminazione di emergenza e di sorveglianza.
OPERE DI CONNESSIONE	<ul style="list-style-type: none"> • Una linea interrata in alta tensione (36 kV) per la connessione dell'impianto nell'Area NO alla rete elettrica nazionale, della lunghezza di circa 6,1 km giacente lungo viabilità esistente; • Una linea interrata in alta tensione (36 kV) per la connessione dell'impianto nell'Area SE alla rete elettrica nazionale, della lunghezza di circa 3,9 km giacente lungo viabilità esistente; • Un punto di raccordo e connessione alla RTN comune alle due aree di produzione fotovoltaica, ricadente in territorio di Buseto Palizzolo.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa:

- D.Lgs. 387/2003;
- D.Lgs. 28/2011;
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";
- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- Norma CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- Norma CEI EN 50110-1-2 Esercizio degli impianti elettrici;
- Norma CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- Norma CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- Norma CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;

- Norma CEI EN 60721-3-3 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60721-3-4 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60068-3-3 Prove climatiche e meccaniche fondamentali Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature;
- Norma CEI 64-2 Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione;
- Norma CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;
- Norma CEI EN 62271-100 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- Norma CEI EN 62271-102 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione;
- Norma CEI EN 61009-1 Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari;
- Norma CEI EN 60898-1 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari;
- Norma CEI 33-2 Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi;
- Norma CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V;
- Norma CEI EN 60044-1 Trasformatori di corrente;
- Norma CEI EN 60044-2 Trasformatori di tensione induttivi;
- Norma CEI EN 60044-5 Trasformatori di tensione capacitivi;
- Norma CEI 57-2 Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata;
- Norma CEI 57-3 Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate;
- Norma CEI EN 60076-1 Trasformatori di potenza;
- Norma CEI EN 60137 Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1 kV;
- Norma CEI EN 60099-4 Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata;
- Norma CEI EN 60099-5 Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione;

- Norma CEI EN 60507 Prove di contaminazione artificiale degli isolatori per alta tensione in sistemi a corrente alternata;
- Norma CEI EN 60694 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
- Norma CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)
- Norma CEI EN 60168 Prove di isolatori per interno ed esterno di ceramica e di vetro per impianti con tensione nominale superiore a 1000 V;
- Norma CEI EN 60383-1 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 1 Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata;
- Norma CEI EN 60383-2 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 2 Catene di isolatori e equipaggiamenti completi per reti in corrente alternata;
- Norme CEI EN 61284 Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsetteria;
- Norma CEI EN 61000-6-2 Immunità per gli ambienti industriali;
- Norma CEI EN 61000-6-4 Emissione per gli ambienti industriali;
- Norma CEI-UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV;
- Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata;
- Guida Terna. INSIX1016 Criteri di coordinamento dell'isolamento nelle reti AT;
- Guida Terna DRRPX04042 Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV;
- Guida Terna DRRPX02003 Criteri di automazione delle stazioni elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV;
- Guida Terna DRRPX03048 Specifica funzionale per sistema di monitoraggio delle reti elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV.

3. STAZIONE DI RACCORDO E CONNESSIONE

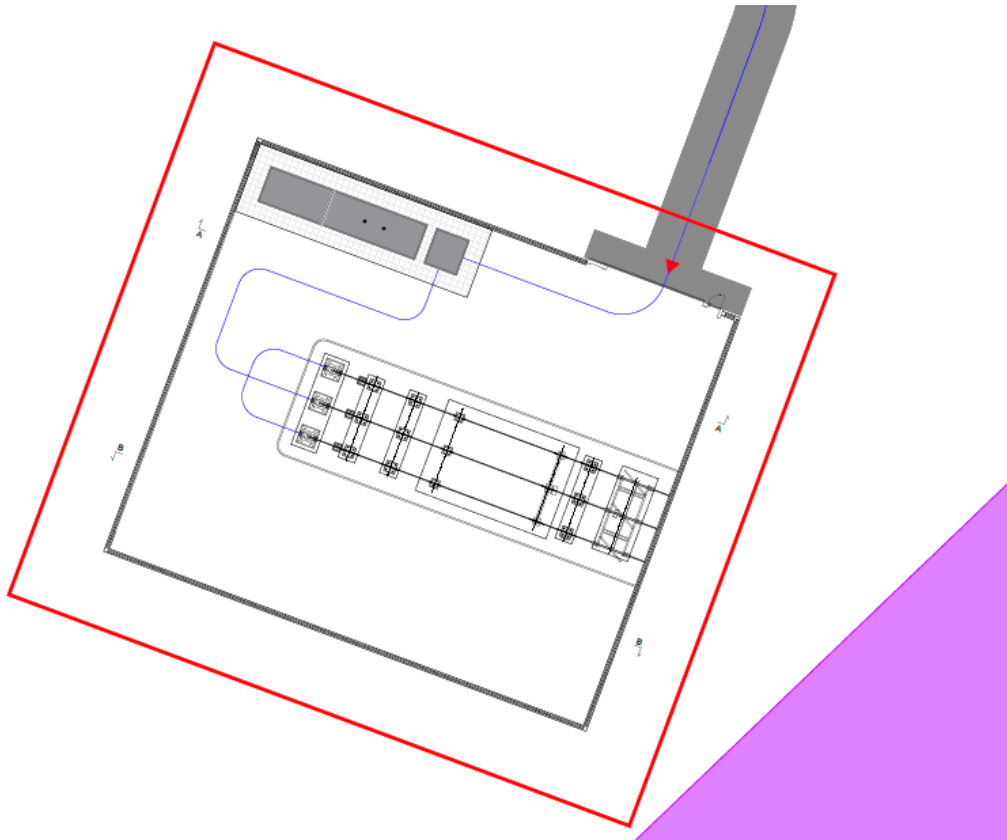
3.1 Ubicazione e viabilità d'accesso

Il parco fotovoltaico in progetto convoglierà l'energia prodotta a 36 kV verso una nuova Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU), con funzione di raccordo e connessione, da ubicarsi presso il Comune di Buseto Palizzolo (TP).

Nel comune di Buseto Palizzolo le particelle interessate dalla stazione utente sono:

Comune	Foglio	Particella
Buseto Palizzolo (TP)	29	131
		134

La stazione si trova nelle immediate vicinanze della nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione a 150/36 kV della RTN da inserire in doppio entra- esce alle due linee RTN 150 kV "Buseto Palizzolo - Fulgatore" e "Buseto Palizzolo – Castellammare Golfo", alla quale sarà collegata con un sistema di sbarre aeree in derivazione, come illustrato nella seguente immagine.



(Elettromeccaniche SSE)

3.2 Descrizione delle opere elettromeccaniche

Nella sua configurazione di progetto, la sottostazione elettrica di utente prevede un collegamento alla limitrofa stazione Terna attraverso il sistema di sbarre.

Presso la SSEU verrà realizzato un nuovo impianto AT di utente, così composto:

- n. 3 terminali di cavo per l'ingresso del cavidotto interrato;
- n. 3 scaricatore
- n. 3 trasformatori di tensione TV;
- n. 3 trasformatori di corrente TA ;
- n. 3 interruttori
- n. 1 sezionatore AT

L'impianto della SSE sarà completato dalla sezione AT/BT, la quale sarà composta da:

1. Quadri AT generale 36kV completo di:
 - Scomparto di arrivo con IMS e sezionatore di terra;
 - Scomparto di protezione con funzioni di DDI con interruttore di manovra e sezionatore di terra;
 - 4 Scomparti di protezione linea AT in uscita verso il campo;
 - Scomparto di misura;
 - Scomparto di protezione trafo ausiliari;
2. Trasformatore AT/BT servizi ausiliari da 100 kVA 36/0,4 Kv;
3. Quadri servizi ausiliari;
4. Quadri misuratori fiscali;
5. Sistema di monitoraggio e controllo;

3.3 Servizi ausiliari

I servizi ausiliari necessari presso la SSE saranno alimentati tramite trasformatori AT/BT 36/0,4 kV, in derivazione dai quadri generali AT.

Al fine di garantire la massima continuità di servizio e il riarmo delle apparecchiature, è prevista l'installazione di un gruppo elettrogeno ausiliario.

Da tali trasformatori/generatori verrà alimentato il quadro QSA, al quale saranno collegate tutte le utenze in c.a. in bassa tensione, quali:

- Ausiliari sezione AT;
- Illuminazione aree esterne;
- Circuiti prese e circuiti illuminazione edificio SSE;
- Motori e pompe;
- Raddrizzatore BT;
- Sistema di monitoraggio;
- Altre utenze minori.

Dal quadro QSA verrà derivata l'alimentazione dei circuiti di protezione e comando, alimentati a 110 Vcc mediante un banco di batterie, alimentate dal raddrizzatore.

3.4 Rete di terra

Presso la sottostazione verrà realizzato un sistema di terra dimensionato secondo le norme CEI EN 50522 (CEI 99-3) e CEI EN 61936-1 (CEI 99-2), nonché alle prescrizioni Terna, considerando una corrente di corto circuito monofase pari a 31,5 kA e un tempo di eliminazione del guasto a terra pari a 0,5 s.

L'impianto di terra consisterà in un dispersore di terra in corda di rame nudo della sezione di 63 mm², interrato alla profondità di circa 70 cm dal piano di calpestio, che seguirà l'intero perimetro della SSE, e da una maglia interna di lato massimo pari a 4,5 m.

Il sistema di terra sarà integrato dalla presenza di dispersori verticali lungo il perimetro della SSE, in prossimità degli stalli.

Il sistema di terra verrà collegato con l'impianto di terra presso l'edificio SSE, nonché potrà essere collegato anche con l'impianto di terra della limitrofa SE Terna, attraverso collegamenti sconnettibili in pozzetti ispezionabili. In tal modo l'impianto di terra costituirà un sistema di terra unico, con i benefici che ne derivano in termini di capacità di dispersione e incremento del livello di sicurezza.

Il collegamento fra la rete di terra e le apparecchiature di AT saranno effettuati in corda di rame nudo da 125 mm².

Le connessioni fra i conduttori in rame avverranno mediante morsetti a compressione in rame, mentre il collegamento fra i conduttori e i sostegni metallici delle apparecchiature avverrà mediante capicorda e bulloni di fissaggio.

Al fine di garantire il rispetto delle tensioni limite entro i valori individuati dalla norma, in sede di progettazione esecutiva verranno individuate le aree da integrare con sistemi di dispersione ausiliaria, o sulle quali adottare provvedimenti particolari.

A seguito della realizzazione dell'opera, i valori di tensione di contatto saranno comunque oggetto di verifica strumentale.

Al fine di migliorare la sicurezza contro le tensioni di contatto in caso di guasto a terra, in corrispondenza delle apparecchiature AT (ove si potrebbe avere la maggiore probabilità di presenza di personale) verrà realizzato un infittimento della maglia del dispersore, così pure verranno installati conduttori di terra suppletivi per il collegamento delle apparecchiature.

L'impianto di terra proteggerà entrambi i lati AT della SSE.

L'impianto di terra del campo fotovoltaico e della cabina di raccolta viene trattato in altro elaborato.

3.5 Edificio SSE

Presso la sottostazione verrà realizzato un edificio destinato a locali tecnici e uffici, avente funzione di MTR (Main Technical Room) ospita i quadri di alta tensione per il collettamento dell'energia proveniente dalle MTR degli impianti Nord e Sud, al fine di raccorderla e convogliarla verso il punto di connessione alla RTN. Le cabine hanno un ingombro in pianta di (4,48 + 6,67) x 2,55 m per le sale quadri presso il quale verranno ubicati i quadri AT nonché i quadri ausiliari e una cabina 2,38 x 2,55 m per l'area destinata alla partenza linea.

L'edificio è articolato in più locali interni, adibiti a:

- Locale quadri AT;

- Locale gruppo elettrogeno;
- Locale quadri BT;
- Locale misure;
- Locale uffici e servizi.

L'edificio sarà completo di tutti gli impianti elettrici civili interni (illuminazione e prese).

3.6 Opere civili

Di seguito le principali opere civili previste in progetto:

- Scavo di sbancamento per una profondità di 80 cm da piano di calpestio finale;
- Eventuali opere strutturali necessarie alla *site preparation* (palificate e/o gabbionate);
- Realizzazione della rete di terra;
- Realizzazione della rete idraulica di smaltimento acque bianche;
- Realizzazione fondazioni in c.a. per apparecchiature AT;
- Sistemazione delle aree sottostanti le apparecchiature AT con area inghiaiaata;
- Realizzazione di sottofondo stradale per lo spessore complessivo di 0,50 cm;
- Finitura aree con conglomerato bituminoso, con strato binder (7 cm) e strato usura (3 cm);
- Realizzazione dell'impianto di illuminazione esterna, con l'installazione di corpi illuminanti LED su pali tronco conici a stelo dritto lungo il perimetro;
- Realizzazione muro perimetrale, del tipo chiuso con pannelli prefabbricati in calcestruzzo e paletti in cls, infissi su fondazione in c.a., per una altezza complessiva fuori terra pari a 2,50 m;
- Realizzazione di un ingresso pedonale (larghezza 0,9 m) e di un carrabile (larghezza 6 m), lungo il muro perimetrale;
- Realizzazione rampa di accesso da pubblica viabilità sino al cancello di ingresso presso la SSE.

3.7 Principali apparecchiature in progetto

Nel seguito del paragrafo si elencano le caratteristiche delle principali apparecchiature AT a 36 kV della SSE in progetto. Tutte le apparecchiature saranno rispondenti alle Norme tecniche CEI citate al cap. 1 e alle prescrizioni Terna.

Le caratteristiche elettriche della sezione AT sono le seguenti:

Dati di impianto

Si riportano i dati relativi ai vari componenti dell'impianto.

RETE AT

- | | |
|--|---------|
| • Sistema | trifase |
| • Frequenza | 50 Hz |
| • Tensione nominale (AT) | 36 kV |
| • Corrente massima di corto circuito trifase (lato AT-RTN) ¹ | 31.5 kA |
| • Corrente massima di corto circuito monofase (lato AT-RTN) ¹ | 40 kA |

Nota 1: dati da TERNA

3.8 Collegamenti AT

La progettazione dell'elettrodotto in cavo che collega la SSE Utente al Parco fotovoltaico lato SUD e Nord (cabine di raccolta Sud e Nord) con una lunghezza di circa 3,5 e 4,3 km rispettivamente, è stata eseguita in accordo ai parametri elettrici specificati nel seguito; in particolare la scelta del cavo è stata eseguita in relazione alla tensione di impiego ed alle condizioni di carico previste ed in relazione alla tipologia di posa ipotizzata.

In tale configurazione, in caso di guasto a terra, la corrente di guasto in media tensione è dell'ordine di $I_g = U \cdot 0,2 \cdot L$

Ove U è la tensione di esercizio in kV;

L è la lunghezza complessiva dei cavi AT in km.

Nel nostro caso, stimando una estensione della rete AT di 3,5 e 4,3 km per la linea dalla SSE alle due cabine di raccolta e di altri 6+3 km per la rete di distribuzione dalla cabine di raccolta alle stazioni di conversione si ottiene: $I_g = 36 \times 0,2 \times (3,5 \times 2 + 4,3 + 6 + 3) = 146,16$ A. (da confermare in fase di realizzazione la effettiva estensione dell'impianto MT).

Le protezioni di terra devono essere in grado di rilevare tale guasto ed intervenire nei tempi previsti in accordo con la curva tempi-tensione di contatto massima di cui alle norme CEI 99-2 e 99-3.

Si prevede una taratura delle protezioni per guasto a terra di 2A e tempi di intervento non superiori a 0,5 sec.

Di seguito sono riportate le caratteristiche tecniche del cavo:

- ✓ Tipo di cavo ARE4H5E 20,8/36 kV 630 mmq;
- ✓ Tensione nominale U_0 20,8 Kv;
- ✓ Tensione nominale U 36 Kv;
- ✓ Tensione di prova 2,5 U_0 ;
- ✓ Tensione massima più di 42 kV;
- ✓ Temperatura massima di esercizio +90°C;
- ✓ Temperatura massima di corto circuito +250 °C;
- ✓ Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico) -150 °C;
- ✓ Temperatura minima di installazione e maneggio -25 °C.
- ✓ Minima flessione durante la posa in condizioni dinamiche $14 D_{cavo}$
- ✓ Massima tensione di trazione durante la posa 50 N/mm²

I cavi saranno interrati ed installati in una trincea della profondità di circa 1,60 metri, con disposizione delle fasi che potrà essere a trifoglio o in piano, come rappresentato nella Tavola allegata.

Nello stesso scavo, sarà posata la fibra ottica e la treccia di terra di rame nudo da 35 mmq.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica potrà essere corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento "mortar", e saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, e, ove necessario, anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore non inferiore a 6 cm.

La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto.

Qualora si rendesse necessario l'attraversamento di ponti e viadotti il cavo sarà alloggiato in apposite canalette ancorate alle stesse strutture o come meglio si riterrà opportuno, sempre in osservanza delle prescrizioni e norme vigenti.

In corrispondenza dell'attraversamento di acquedotti, eventuali canali o altre linee elettriche o di telecomunicazione, l'installazione potrà essere realizzata con il sistema dello spingitubo o della perforazione teleguidata o come si riterrà più opportuno.

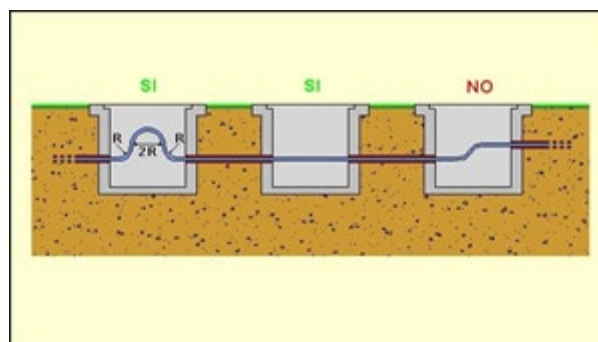
Il cavidotto sarà realizzato con scavo a sezione obbligata con mezzo meccanico.

Per quanto possibile si cercherà di utilizzare percorsi rettilinei o con cambiamenti di direzione di ampio raggio. Lo scavo avrà dimensioni medie di larghezza 600 mm per una profondità minima di 1500 mm. Il fondo dello scavo sarà sistemato con sabbia fine dove sarà posato il cavo e protetto con coppone adatto a questo impiego. Il riempimento potrà riutilizzare il materiale di scavo. In ogni caso lo scavo riporterà in superficie le stesse condizioni esistenti prima dell'utilizzo: prato, terra compattata o asfalto.

Per il collegamento, oggetto del presente lavoro, essendo la distanza di collegamento 1300m il cavo sarà posato in 4 pezzature, ciascuna da 500/1000 m, con l'impiego di appositi giunti.

Il tracciato effettivo sarà reso disponibile dalla D.L. prima di effettuare i lavori. Per le operazioni di posa rispettare quanto riportato nelle immagini sotto indicate:

Di seguito una rappresentazione della corretta posa del cavo



3.9 Disposizioni particolari per la posa

Di seguito vengono indicate le prescrizioni da rispettare al verificarsi dei casi trattati.

Incrocio tra cavi di energia e cavi di telecomunicazioni

Il cavo di energia, di regola, deve essere posato inferiormente al cavo di telecomunicazione; la distanza tra due cavi non deve essere inferiore a 0,30 m.

Deve essere realizzata sul cavo superiore, una protezione per una lunghezza non inferiore ad 1m disposta simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Tali dispositivi di protezione devono essere costituiti da involucri preferibilmente di acciaio zincato a caldo, sono ammessi involucri protettivi in PVC pesanti aventi caratteristiche meccaniche adeguate all'impiego.

Parallelismo tra cavi

Nei percorsi paralleli i cavi di energia e i cavi di telecomunicazione devono essere posati alla maggiore distanza possibile. Al limite minimo la distanza da rispettare deve essere non inferiore a 0,30 m misurata sulla proiezione dei cavi su un piano orizzontale.

Incroci tra cavi di energia e tubazioni metalliche interrate

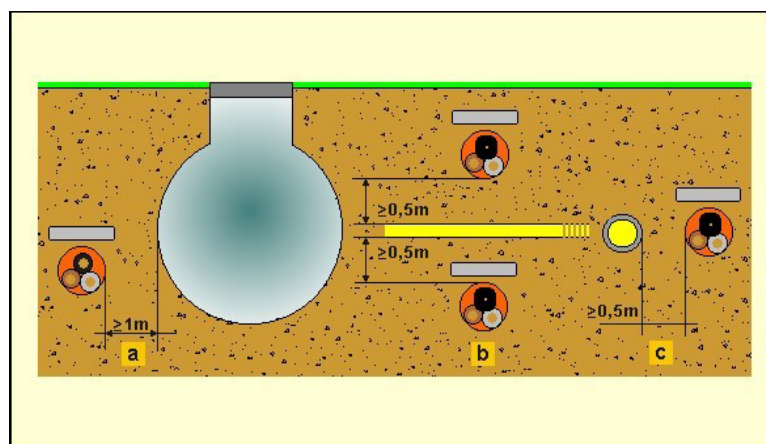
L'incrocio fra cavi di energia e le tubazioni metalliche adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, gasdotti) non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati. La distanza non deve essere inferiore a 0,5m.

Parallelismo tra cavi di energia e tubazioni metalliche

Nei percorsi paralleli i cavi di energia e le tubazioni metalliche devono essere posati alla maggiore distanza possibile. Al limite minimo la distanza da rispettare deve essere non inferiore a 0,30m misurata sulla proiezione dei cavi su un piano orizzontale.

Serbatoi di liquidi e gas infiammabili

Le superfici esterne dei cavi di energia interrati non devono distare meno di 1m dalla superficie esterna di serbatoi.



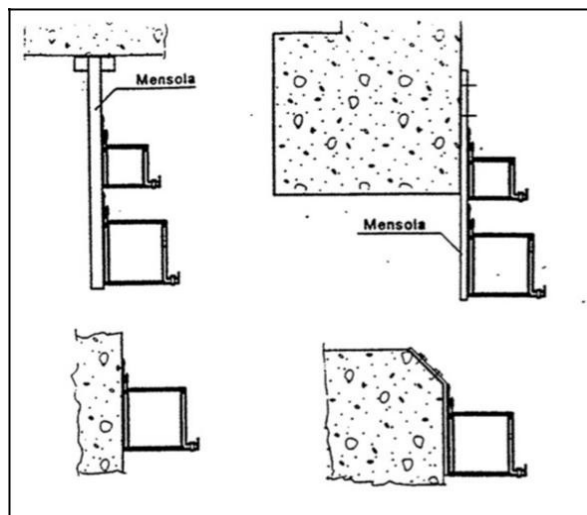
Incroci tra cavi di energia e tubazioni di gas con densità non superiore a 0,8 non drenante con pressione massima di esercizio > 5BAR

Nei casi di sopra e sottopasso tra canalizzazioni per cavi elettrici e tubazioni non drenante, la distanza in senso verticale fra le due superfici affacciate deve essere $\geq 1,50\text{m}$.

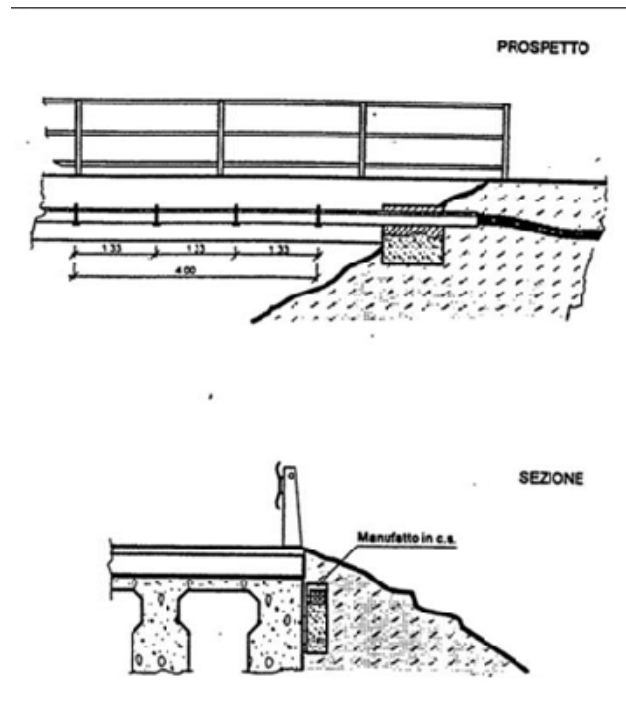
In ogni caso deve essere evitato il contatto metallico tra le superfici affacciate.

Parallelismi tra cavi di energia e tubazioni di gas con densità non superiore a 0,8 non drenante con pressione massima di esercizio > 5BAR

La distanza minima tra le due superfici affacciate non deve essere inferiore alla profondità di interramento della condotta del gas, salvo l'impiego di diaframmi continui di separazione nei tipi sopra indicati.



Tipi di ancoraggio di canalette in acciaio per cavi



Schema tipico di attraversamento viadotto

3.10 Modalità di posa

Per realizzare l'intero elettrodotto sono state previste pezzature di cavo di lunghezza unitaria pari a circa 500 m, unite da apposite giunzioni. Tali giunzioni, necessarie su ogni conduttore di fase, saranno realizzate all'interno di apposite camere giunti realizzate in accordo al tipico schematizzato nella figura sotto indicata.

All'interno delle camere saranno posizionati i giunti terminali dei cavi e le scatole di messa a terra schermo, con scaricatori. Nelle fosse giunti saranno anche posate le scatole per i collegamenti equipotenziali degli schermi.

Le guaine metalliche dei cavi delle diverse pezzature verranno connesse e trasposte per mezzo di un sistema "Cross-Bonding". Alla fine di ogni trasposizione completa (ogni tre pezzature), le guaine verranno collegate a terra.

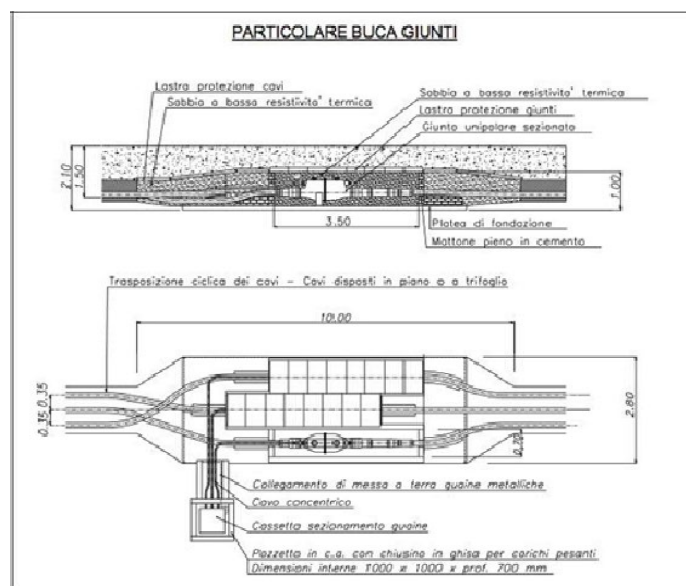
Gli schermi metallici intorno ai conduttori di fase dei cavi con isolamento estruso forniscono una via di circolazione a bassa impedenza alle correnti di guasto in caso di cedimento dell'isolamento. Pertanto, tali schermi saranno dimensionati in modo da sostenere le massime correnti di corto circuito che si possono presentare.

In fase di progetto esecutivo sarà valutata inoltre la necessità o meno di inserire scaricatori in linea per proteggere il cavo.

I cavi verranno posati in piano.

La profondità di posa dei cavi sarà superiore a 1,60 m, più o meno costante su tutto il percorso tranne nei tratti di incrocio con altri servizi, che verranno in genere sottopassati, e nel caso di attraversamenti stradali, ferroviari e di fiumi.

I cavi saranno ricoperti con cemento magro e con terra di controllate caratteristiche termiche. Negli attraversamenti stradali, per i quali è prevista la posa complanare, i cavi saranno infilati in apposite tubazioni in PVC rigido a interasse di 0,35 m con riempimento in bentonite inglobati in massetto di calcestruzzo e con terra di controllate caratteristiche termiche.



(Particolare buca giunti)

3.11 Servitù di cavidotto

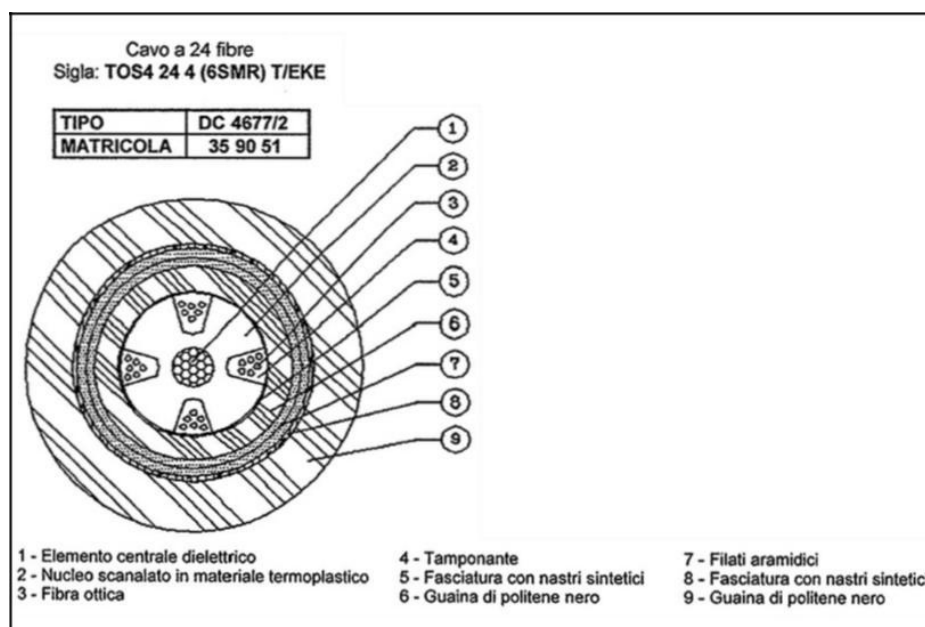
L'ampiezza convenzionale della fascia asservita o di asservimento per la tipologia in argomento è di 2,5 m complessivi.

3.12 Sistema di telecomunicazione

Per la trasmissione dati per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà realizzato un sistema di telecomunicazione tra le stazioni terminali dei collegamenti.

All'interno del cavidotto verrà inoltre posato un cavo per la trasmissione dei dati al sistema.

La trasmissione dati sarà di tipo ottico, esterna al cavo. La scelta di realizzare una rete in fibra ottica permette di avere a disposizione un mezzo di comunicazione esente da disturbi, con isolamento galvanico ed avere una banda larga di comunicazione anche per lunghe distanze.



(Esempio di cavo in fibra ottica)

3.13 Dimensionamento e verifica del cavo adottato

Un cavo è costituito dai seguenti elementi (non sempre tutti contemporaneamente presenti):

- Condotto: parte metallica destinata a condurre la corrente, in alluminio;
- Isolante: strato di dielettrico che circonda il conduttore;
- Riempitivo: materiale in fibra tessile destinato a riempire gli interstizi nei cavi a più anime;
- Schermo protettivo: elemento con funzione di protezione meccanica o di schermo elettrico costituito da una guaina metallica o da una armatura o da una fasciatura;
- Guaina: rivestimento tubolare che ricopre le anime al fine di proteggerle;
- Filo di identificazione IMQ o HAR.

Indicando con I_z la portata massima di corrente trasportata dal cavo ricavata dalle tabelle del Costruttore, in funzione al sistema di posa, detta portata deve essere correlata ai parametri sotto indicati.

La portata dei cavi in regime permanente viene determinata in accordo alla norma IEC 60502-2, tenendo conto del declassamento dovuto alla temperatura, profondità e tipologia di posa.

In particolare è utilizzata la formula seguente:

$$I_z = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$$

Dove:

I_0 = portata in condizioni nominali dei conduttori con isolante polimerico, E4 e G7, ed è ricavata dai datasheet del costruttore;

k_1 = coefficiente di correzione che tiene conto del numero di circuiti affiancati (più cavi o più tubi);

k_2 = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da quella di riferimento;

k_3 = coefficiente di correzione per profondità di posa diversa da quella di riferimento;

k_4 = coefficiente di correzione per resistività termica del terreno diversa da quella di riferimento:

Il valore di I_0 ricavato dalle tabelle è riferito alle seguenti condizioni:

- Temperatura del terreno 20°C;
- Profondità di posa 1.60 m;
- Resistività termica del terreno 2 Km/W.

In assenza di informazioni specifiche sulle caratteristiche termiche del terreno, variabili sulla base di diversi fattori (composizione, umidità, ecc...), è stato considerato una resistività termica pari a 2 Km/W. Tale valore risulta essere cautelativo e rappresenta una media tra i valori di resistività dei materiali costituenti il letto di posa (sabbia, materiale di risulta, ecc...).

Per la temperatura è mantenuto il valore di riferimento di 20 °C. La portata (I_z) si modifica in funzione dei parametri:

K_6 = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da 20°;

K_7 = coefficiente di riduzione di portata di un cavo installato in tubo da solo o in vicinanza di altri cavi;

K_8 = coefficiente di riduzione di portata in funzione della profondità di interramento;

K_9 = coefficiente di riduzione di portata quando la resistività termica del terreno è diversa da 1,5.

La I_z diventa: $I_z \times K_t = I_z \times (K_6 \times K_7 \times K_8 \times K_9)$ (tutti i valori di $K...$ sono indicate in apposite tabelle).

Caduta di Tensione

Seconda la Tabella A: NF C 15100 la caduta di tensione massima per alimentazione da stazioni ad alta tensione non deve superare l'8%.

Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = P / K \cdot V_n \cdot \cos \phi$$

K = radice di tre; V_n = Livello di tensione; $\cos \phi$ = fattore di Potenza del carico

Cadute di tensione

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale.

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k I_b L / 1000 (R \cos \phi + X \sin \phi) \cdot 100 / V_n$$

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 80°C, mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km . La $cdt(I_b)$ è la caduta di tensione alla corrente I_b e calcolata analogamente alla $cdt(I_b)$.

Il tratto SSE-Campo SUD è il più caricato (45 MW massimi), per tale tratto è stato previsto una conduttura composta da due terne in parallelo da 630 mm². L'altro tratto (SSE-Campo NORD), invece, con una potenza massima di circa 15 MW è collegato alla SSE con una sola terna da 630 mm². Per entrambe le linee è stata considerata una riserva.

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico. In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) I_b \leq I_n \leq I_z, b) I_f \leq 1,45 I_z$$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

3.14 Parametri della linea AT dalla SSE al campo FTV (cabina di raccolta)

Le linee in AT presenti nel campo risultano essere variabili per carico e lunghezza.

Per il ramo SSE-Campo SUD, la potenza massima prevista in immissione è di circa 43 MW, e la lunghezza risulta essere di 3,6 km.

Le caratteristiche della linea saranno le seguenti:

- Tensione di esercizio 36 kV
- Carico nominale trasportato: 43,006 MW
- Corrente carico max 766,34 A
- Cavo in alluminio ARE4H5E 2x(3x1x630) mm²
- Portata cavo interrato 864,65 A
- AV % < 1,5% (circa 1.01%)
- Fattore di potenza 1

Per il ramo SSE-Campo NORD, la potenza massima prevista in immissione è di circa 15 MW, e la lunghezza risulta essere di 4,2 km.

Le caratteristiche della linea saranno le seguenti:

- Tensione di esercizio 36kV
- Carico nominale trasportato: 15,107 MW
- Corrente carico max 269,20 A
- Cavo in alluminio ARE4H5E 3x1x630 mm²
- Portata cavo interrato 456,96 A

- AV % < 1% (circa 0.55 %)
- Fattore di potenza 1

La linea sarà protetta alla partenza con dispositivi automatici posti nella Stazione AT di Utenza dotati di protezione di massima corrente, direzionale di terra e di massima tensione residua sugli interruttori di partenza linea ed arrivo linea.

Per ciascuna unità funzionale di arrivo linea dal campo, un relè di protezione per alta tensione, con le seguenti funzioni di protezione:

- protezione di massima corrente trifase ad una soglia di intervento a tempo dipendente (51), contro il sovraccarico della linea in cavo;
- protezione di massima corrente trifase ad una soglia di intervento a tempo indipendente (0.05 s), contro i corto circuiti polifasi sulla linea. Tale protezione risulta intrinsecamente direzionale se viene tarata con soglia di intervento minore del contributo della RTN al corto circuito sulla linea proveniente dal campo e maggiore del contributo dei gruppi di conversione;
- protezione direzionale di terra ad una soglia di intervento a tempo indipendente (67N) codirezionalità di intervento in uscita dal quadro verso il campo. La protezione sarà in grado di intervenire su un guasto a terra lungo la linea.

Le protezioni di massima corrente 51-50 effettuano la misura trifase delle correnti da una terna di sensori di misura posti a valle dell'interruttore installato nelle unità funzionali del quadro AT di sottostazione, mentre la protezione direzionale di terra 67N effettua la misura della corrente residua mediante toroide sulla linea in partenza dal quadro; la protezione direzionale di terra 67N effettua inoltre la misura della tensione residua mediante i TV inseriti nel quadro stesso. Per intervento della protezione 51 o 50 o 67N viene comandata l'apertura dell'interruttore dell'unità funzionale specifica (52L/01 e 52L/02).