



COMUNE DI SAN MICHELE SALENTINO



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI BRINDISI

Committente:

ECOPUGLIA 1 s.r.l.
via Alessandro Manzoni, 30
Milano

BRIO GREEN s.r.l.
Corso Umberto I - 114
Carovigno (Br)

IMPIANTO FTV - SAN MICHELE SALENTINO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI IMMISSIONE IN RETE PARI A 24,03804 MW, IN AGRO DEL COMUNE DI SAN MICHELE SALENTINO

oggetto:

**RELAZIONE TRACCIATO
ELETTRODOTTO IN MT**

Elaborato

RT.08

Stato	Data	Modifiche	Revisione
DEFINITIVO	AGOSTO/SETTEMBRE 2022		01

Gruppo di Progettazione

ing. Pasquale MELPIGNANO (capogruppo coordinatore)



Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. QUADRO NORMATIVO.....	4
3. SCELTE PROGETTUALI DI BASE.....	4
4. DESCRIZIONE SOMMARIA DEL TRACCIATO	4
5. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ELETTRODOTTO	9
5.1 Definizione di cavidotto.....	9
5.2 Posa dei tubi	9
5.3 Pozzetti e chiusini	11
5.4 Esecuzione degli scavi.....	12
5.5 PRESCRIZIONI GENERALI.....	14
5.5.1 Realizzazione del cavidotto e interferenze.....	14
5.5.2 Scavo a cielo aperto.....	14
5.5.3 Interferenze con condotte metalliche.....	16
5.5.4 Interferenze con linee elettriche MT.....	16
5.5.5 Interferenze con linee di telecomunicazione	16
5.5.6 Interferenze con rete gas.....	17
5.5.7 Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)	18
5.5.8 Ripristino ambientale.....	18
5.6 Tipologia dei cavi e criteri di dimensionamento.....	19
6. STAZIONE DI UTENZA (TRASFORMAZIONE 30/150 kV)	23

1. PREMESSA

La società ECOPUGLIA 1 srl, nell'ambito dei suoi piani di sviluppo di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, ha previsto la realizzazione di un impianto agrovoltaiico nel Comune di San Michele Salentino, in provincia di Brindisi; nella necessità di connettere la propria iniziativa alla rete di trasmissione nazionale, si propone alla società distributrice come referente unico nella realizzazione delle opere di utenza e di rete indispensabili al recepimento di energia elettrica non programmabile.

L'allacciamento del campo fotovoltaico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) è stato subordinato alla richiesta di connessione alla rete, presentata al Gestore della rete di trasmissione nazionale, esercita alla tensione di 150 kV, TERNA SPA.

A fronte di tale richiesta il Soggetto distributore ha predisposto una soluzione tecnica secondo la quale l'impianto dovrà essere collegato in antenna a 150 kV sulla sezione in AT della futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea esercita a 380 kV "*Brindisi - Taranto N2*".

In particolare, la soluzione elaborata da TERNA SpA (in allegato alla presente), quale soggetto responsabile del dispacciamento in AT nonché gestore di riferimento, prevede la possibile connessione dell'iniziativa privata alla rete di trasmissione nazionale al compimento delle opere di rete e di utenza di seguito elencate:

1. Realizzazione di una nuova Stazione Elettrica di trasformazione 380/150 kV in doppia sbarra e congiuntore con n. 08 stalli in AT (progettazione definitiva in carico ad altro produttore);
2. Realizzazione di nuovi raccordi in AAT da inserire sull'elettrodotto esistente, esercito a 380 kV, denominato "*Brindisi - Taranto N2*" (progettazione definitiva in carico ad altro produttore);
3. Realizzazione di nuova Cabina Primaria della società "Ecopuglia 1 srl" (Fig. 1), in elevazione MT/AT (30/150kV), per connessione di una centrale elettrica per produzione energetica derivata da fonte rinnovabile (nella fattispecie solare fotovoltaica) alla rete di trasmissione nazionale RTN in esercizio a 150kV attraverso nuovo elettrodotto di tipo interrato in cavo XLPE isolato in politere reticolato a 150kV in formazione minima da 3x1x400 mm² (alla quale corrisponde una portata massima, in posa trifoglio, di 485 A a 20°C).

Nella soluzione tecnica elaborata da Terna SpA, il gestore della RTN fa riferimento alla eventuale razionalizzazione di utilizzo delle strutture di rete e dello "Stallo Linea" in disponibilità della Stazione di Trasformazione, pertanto suggerisce l'opportunità di dover condividere il medesimo stallo con altri produttori. Tale eventualità genera dunque la necessità di realizzare una unica Stazione di Utenza, in condivisione con altri produttori per i quali sia stata elaborata una medesima STMG; il proposito al fine di impegnare, cumulativamente, un unico stallo di assegnazione per una potenza di recepimento pari a circa 200 MVA.

Lo studio del progetto definitivo sarà inoltrato al Gestore di Rete in AT/AAT dalla società proponente "capofila", unico soggetto interlocutore, giusto accordo di condivisione tra produttori.

La Stazione di Utenza condivisa sarà costituita da una serie di "*Stalli TR*" di pertinenza delle singole società proponenti, da un comune collettore di "*Sbarre Parallelo*" ed unico "*Stallo Linea*" dal quale

sarà derivato l'unico elettrodotto in cavo XLPE, esercito alla tensione di 150 kV e formazione $3 \times 1 \times 1.600 \text{ mm}^2$, per l'immissione in RTN su stallo a 150 kV della Stazione di Trasformazione 380/150 kV "Latiano", in futura costruzione, di Terna SpA.

Il fine della presente relazione afferisce alla progettazione del percorso della condotta in posa interrata, esercita in media tensione (30 kV), necessario al vettoriamento dell'energia prodotta dall'unità di produzione del campo agrovoltaiico di Contrada Archi Vecchi alla Cabina Primaria/Stazione di Utenza; quest'ultima si pone ad una distanza, in linea d'aria, di circa 6 km dal campo fotovoltaico e risulta allocata in agro del Comune di Latiano, al Foglio 9, particella 318 e 319, in particolare nella porzione di territorio agricolo individuato alle coordinate geografiche di latitudine: **$40^{\circ}35'35.50''N$** - longitudine: **$17^{\circ}43'15.86''E$** .



Fig. 1: Rappresentazione dell'area di intervento per S.E. Terna (380/150kV) e Stazione di Utenza (30/150kV)

La presente relazione tecnica ha lo scopo di descrivere il tracciato del cavidotto di collegamento tra l'impianto agrovoltaiico "Archi Vecchi" della società Ecopuglia 1 e il collegamento alla sezione 150 kV della "Stazione di Utenza", condivisa con altri produttori, in agro di Latiano a poche decine di metri di distanza dalla nuova S.E. "Latiano".

La relazione ha lo scopo di definire le scelte tecniche di base per la realizzazione del cavidotto esercito in media tensione.

2. QUADRO NORMATIVO

- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica -Linee in cavo;
- CEI EN 50110-1 CEI (11-48) Esercizio degli impianti elettrici;
- CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI 11-46 “Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Progettazione, costruzione, gestione ed utilizzo – Criteri generali di posa”;
- CEI UNEL 35024-35026 (normativa di riferimento per posa cavi)”;
- CEI 64-8 (normativa di calcolo)”.

3. SCELTE PROGETTUALI DI BASE

La scelta del tracciato si è basata sui seguenti criteri base e in osservanza all'art.121 del T.U. 11-12-1933 n.1775:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minore porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico economica, utilizzando tracciati già ritenuti idonei per allacci di altre utenze;
- mantenere il tracciato del cavo il più possibile all'interno delle strade esistenti, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento di nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future (si utilizzerà appunto la messa in posa principalmente lungo un tracciato già esistente);
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente (caso di ingresso al cavidotto esistente e di uscita dello stesso);
- minimizzare l'impatto ambientale paesaggistico rispettando l'art. 4 del DPCM 08-07-2003 di cui alla Legge. n° 36 del 22/02/2001 (osservanza del limite di campo magnetico dei **3 μ T**).

4. DESCRIZIONE SOMMARIA DEL TRACCIATO

Il tracciato del cavidotto si sviluppa in gran parte su viabilità pubblica e sarà di tipo interrato. Come esplicitamente raffigurato nelle rappresentazioni di seguito riportate, il cavidotto interesserà strade pubbliche e, in minima parte, private (Fig. 2).



Fig. 2: Percorso generale del cavidotto in MT

La lunghezza complessiva del tracciato è di 8.500 mt. e in nessun tratto interferisce con area sottoposta a vincolo come è anche visibile dalla cartografia riportata in Fig. 3 e meglio esplicitato nell'elaborato grafico generale in allegato nella documentazione generale di inquadramento.



Fig. 3: Percorso generale del cavidotto in MT in cartografia PPTR

Lo scavo di tipo longitudinale che darà alloggio alla condotta elettrica di II categoria avrà inizio dalla cabina di consegna (identificata con lo standard di unificazione Enel DG 2092) del campo fotovoltaico (Fig. 4). La cabina citata sarà installata nelle immediate vicinanze dell'impianto a ridosso,

nel rispetto delle distanze urbanistiche (> 10m), della strada comunale di accesso al campo agrovoltaiico, mentre nel seguito si riportano, in sequenza, i tratti interessati dalla condotta interrata.



Fig. 4a: Partenza del percorso cavidotto in MT



Fig. 4b: Partenza del percorso cavidotto interrato dalla Cabina di consegna DG2092

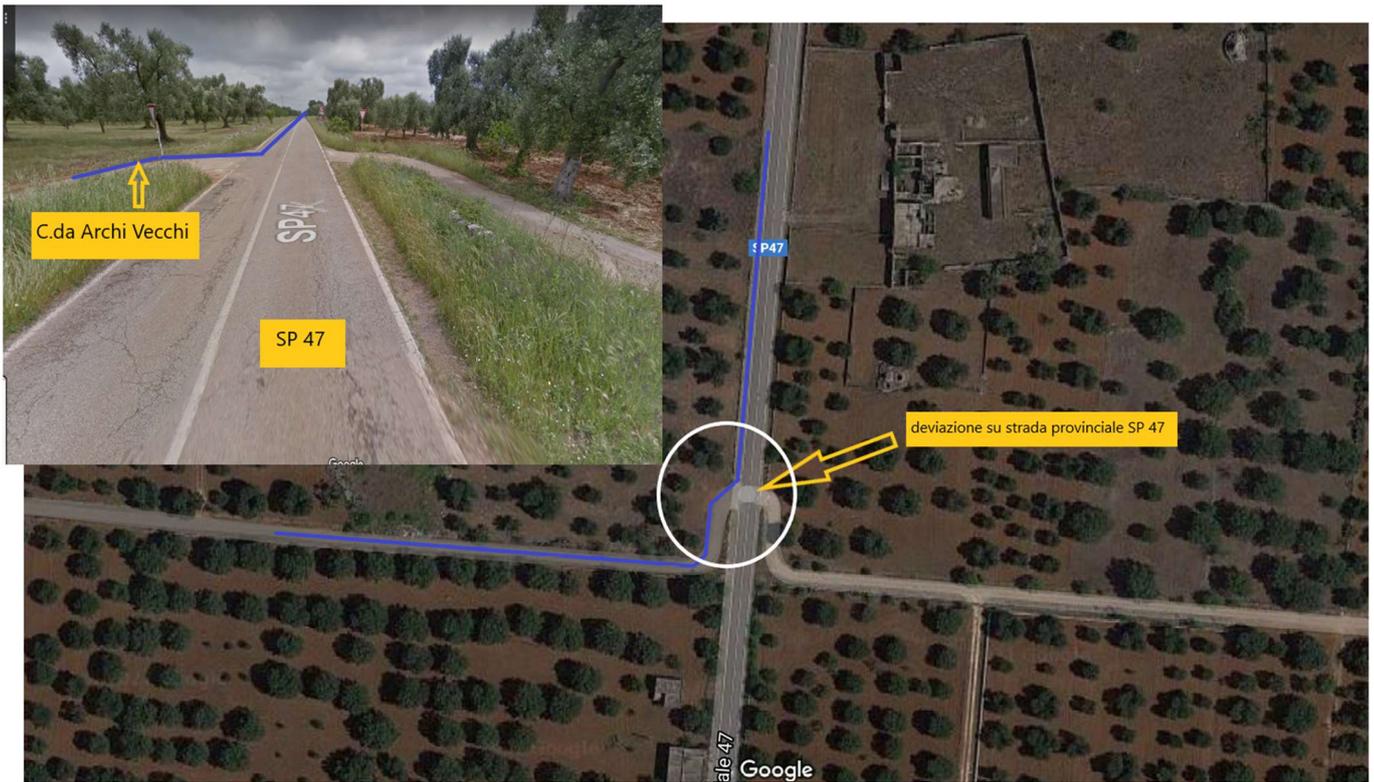


Fig. 5: Deviazione sulla Strada provinciale SP 47



Fig. 6: Percorso su banchina della Strada comunale e connessione su cabina di sezionamento



Fig. 7: Percorso con deviazione su banchina della Strada provinciale SP 46

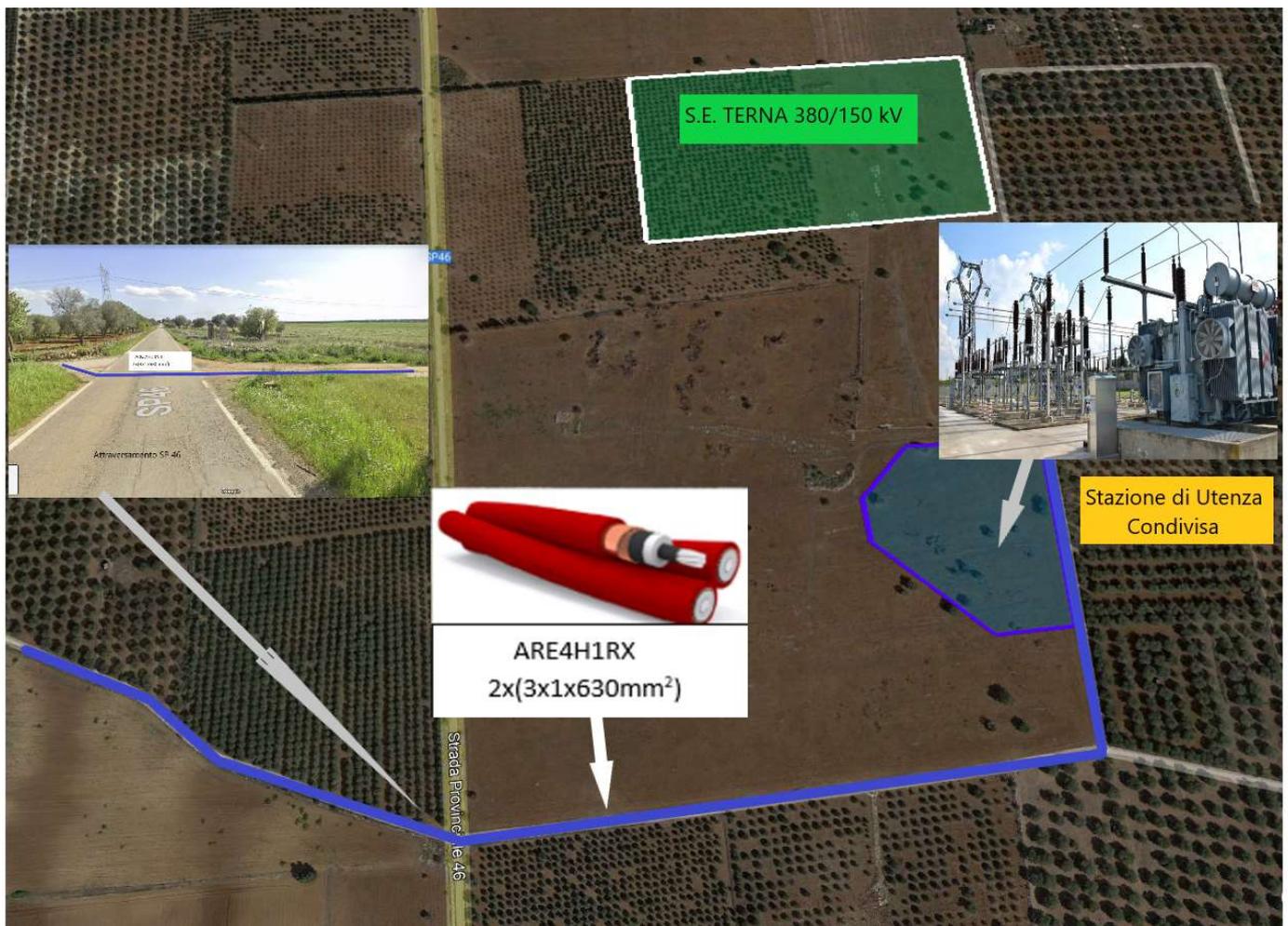


Fig. 8: Ingresso, seguito attraversamento della SP 46, in Stazione di Utanza per immissione in RTN

5. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'ELETTRODOTTO

5.1 DEFINIZIONE DI CAVIDOTTO

Per cavidotto si intende il tubo interrato (o l'insieme di tubi) destinato ad ospitare i cavi di media e/o bassa tensione, compreso il regolare ricoprimento della trincea di posa (reinterro), gli elementi di segnalazione e/o protezione (nastro monitor, cassette di protezione o manufatti in cls.) e le eventuali opere accessorie (quali pozzetti di posa/ispezione, chiusini, ecc.).

La realizzazione dei cavidotti MT deve essere effettuata tenendo conto della presenza degli altri servizi interrati (acqua, gas, telecomunicazioni, ecc.); sarà cura del richiedente prendere accordi con gli esercenti di tali servizi al fine di assicurare il rispetto delle prescrizioni indicate nel seguito (distanze da altre opere). Nel presente progetto si è prevista la posa delle tubazioni su strada pubblica limitandone al minimo la posa su terreno privato.

Nella posa dei tubi le curve saranno limitate al minimo necessario e comunque osserveranno un raggio di curvatura non inferiore a 1,5 metri. In particolare, il profilo della tubazione In media tensione sarà, quanto più possibile lineare, avendo cura di evitare strozzature, anche nei casi di incrocio ed interferenze con altre opere o per presenza di ostacoli (Fig. 12)

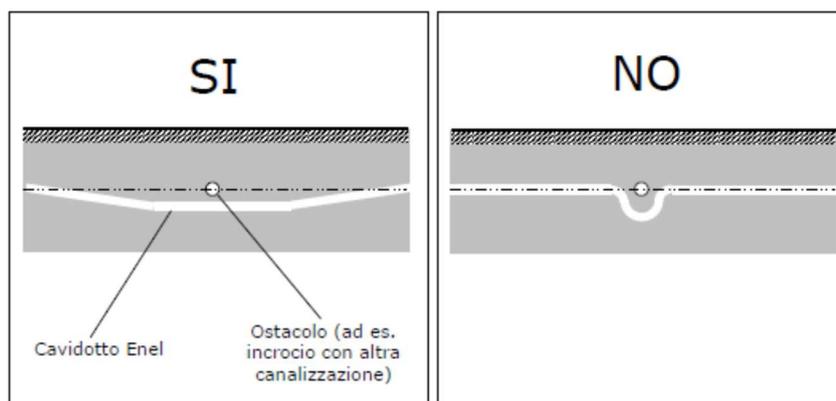


Fig. 12: Profilo dei cavidotti

5.2 POSA DEI TUBI

La profondità minima di posa dei tubi sarà tale da garantire almeno 1,0 m, misurata dall'estradosso superiore del tubo (Fig. 13a). Va tenuto conto che detta profondità di posa minima sarà osservata, in riferimento alla strada, tanto nella posa longitudinale che in quella trasversale fin anche nei raccordi ai pozzetti. In merito al fondo dello scavo, ci si assicurerà che lo stesso sia piatto e privo di asperità che possano danneggiare le tubazioni stesse.

Al di sopra dei cavidotti ad almeno 0,2 m dall'estradosso del tubo stesso, dovrà essere collocato il nastro monitor con la scritta **CAVI ELETTRICI** (uno almeno per ogni coppia di tubi) (Figg. 13a - 14).; nelle strade pubbliche si dovrà comunque evitare la collocazione del nastro immediatamente al di sotto della pavimentazione, onde evitare che successivi rifacimenti della stessa possano determinarne la rimozione. A scopo cautelativo, ed in prossimità di aree private, sarà adottata anche la segnaletica verticale

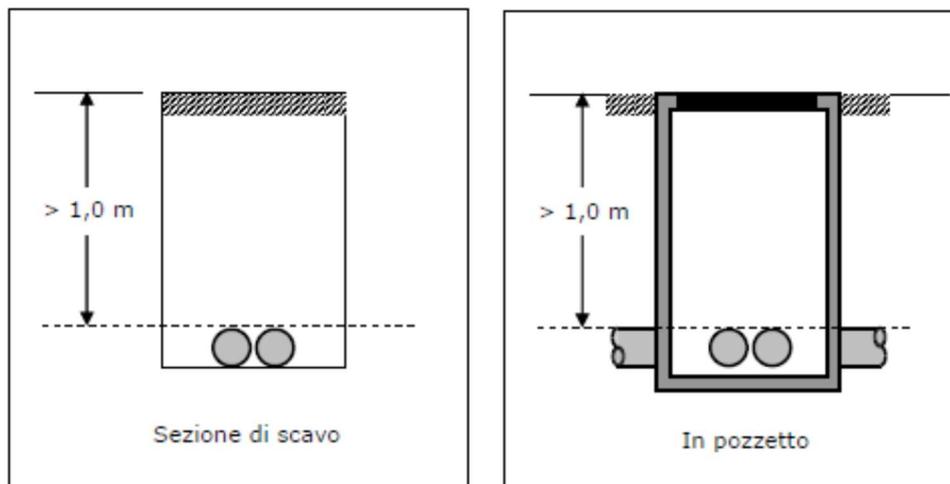


Fig. 13°: Profondità minima dei cavidotti

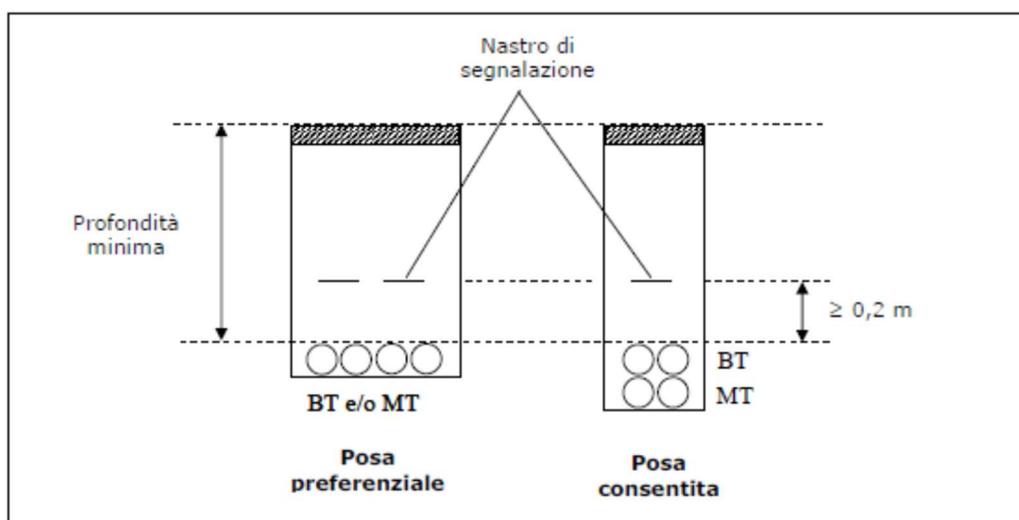


Fig. 13b: Disposizione e segnalazione dei cavidotti

NASTRO DI SEGNALAZIONE "ENEL CAVI ELETTRICI"				
Matricola	Specifica tecnica	Altezza del Nastro (cm.)	Lunghezza del rotolo (mt.)	
858833	DS 4285	20	250	
858833/b		10	250	

Fig. 14 Nastro di segnalazione presenza cavidotti

Una volta completata la posa dei tubi, prima del loro ricoprimento, si dovrà verificare la continuità e l'allineamento degli stessi. In particolare, al fine di impedire l'ingresso di terra o altro materiale all'interno dei cavidotti si verificherà che:

- la giunzione dei tubi sia realizzata a regola d'arte;
- la sigillatura delle estremità dei tubi che non si attestino a pozzetti sia opportunamente protetta.

Laddove le amministrazioni competenti non diano particolari prescrizioni in merito alle modalità di ricoprimento della trincea, si osserveranno le seguenti prescrizioni:

- la prima parte del reinterro (fino a 0,1 m sopra al tubo collocato più in alto) sarà eseguita con sabbia o terra vagliata e successivamente irrorata con acqua, in modo da realizzare una buona compattazione;
- la restante parte della trincea (esclusa la pavimentazione) sarà riempita a strati successivi di spessore non superiore a 0,3 m ciascuno utilizzando il materiale di risulta dallo scavo (a tal fine, i materiali utilizzati dovranno essere fortemente compressi ed eventualmente irrorati al fine di evitare successivi cedimenti).

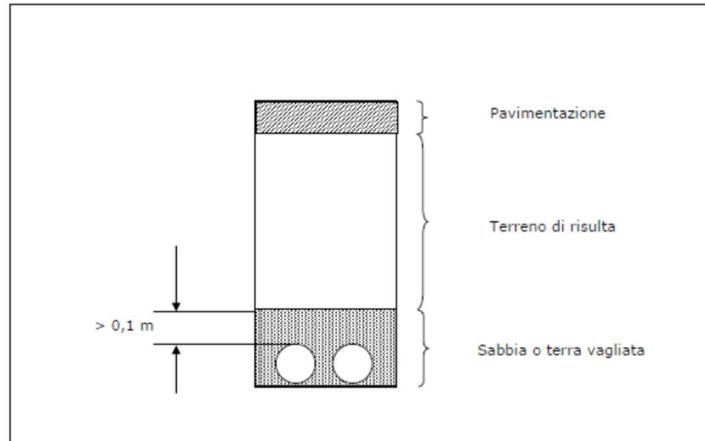


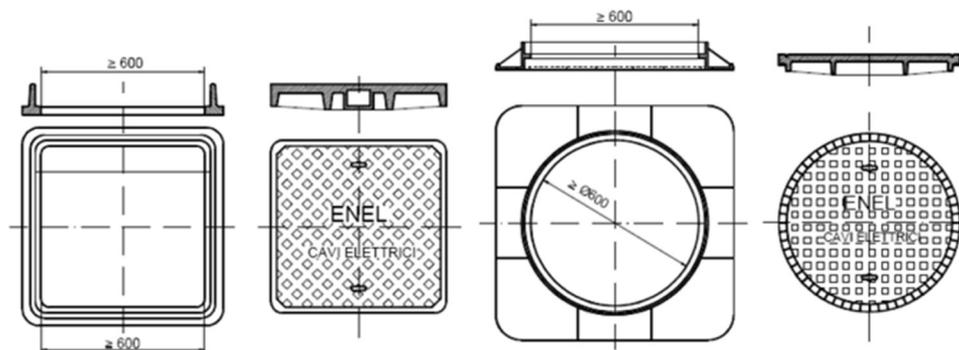
Fig. 15: Modalità di ricoprimento

5.3 POZZETTI E CHIUSINI

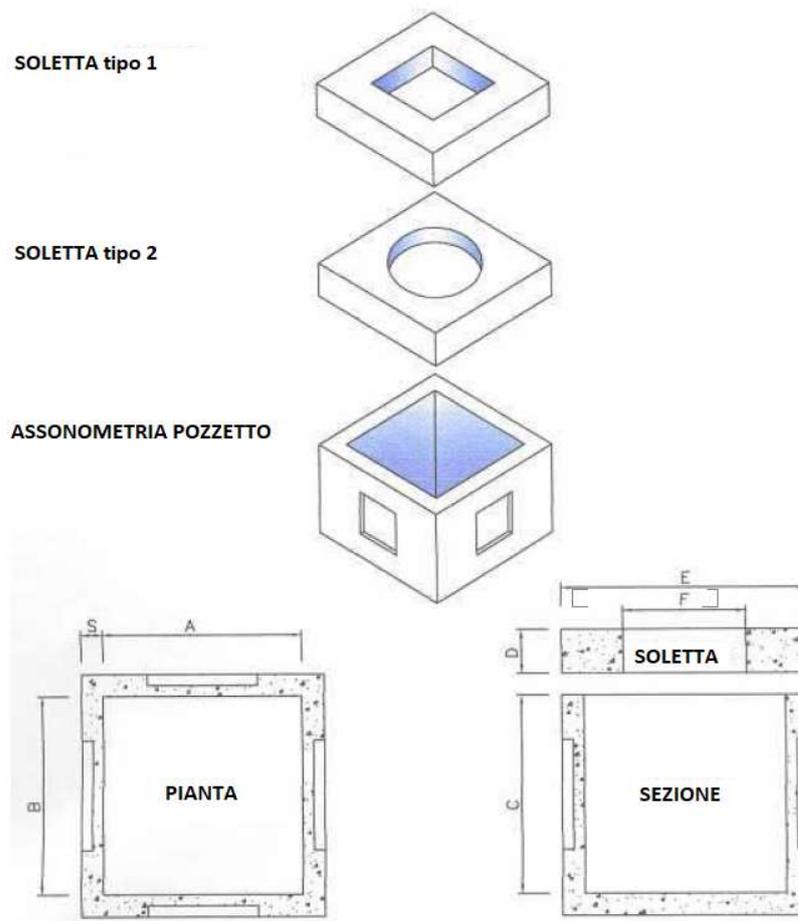
Lungo il percorso di interramento, e secondo necessità, si installeranno dei pozzetti di ispezione in cemento armato vibrato con caratteristiche di resistenza tali da consentire il traffico veicolare transitante su strade di percorrenza pubblica. Appare evidente che tale particolarità sarà adottata anche per la soletta di copertura e la eventuale prolunga necessaria a consentire l'alloggiamento della condotta alla profondità di posa in progetto; alla base del pozzetto saranno praticati dei fori che agevoleranno il drenaggio dell'acqua piovana.

POZZETTO	A	B	C	E	F	D
60 x 60	60	60	70			
80 x 80	80	80	85	100 x 100	60	20
90 x 90	90	90	90	110 x 110	60	20
100 x 100	100	100	100	127 x 127	60	20
150 x 150	150	150	100	180 x 180	60	20

Misure indicative dei pozzetti in c.a.v.



Chiusino in ghisa (tipo 1 – tipo 2)



Il chiusino da utilizzare per la copertura dei pozzetti sarà realizzato in ghisa e rispondente alla norma UNI EN 124 – D400 (con riferimento al carico di prova di 400 kN); le dimensioni saranno generalmente di 600 x 600 mm con la scritta in rilievo di “ENEL - CAVI ELETTRICI - “.

5.4 ESECUZIONE DEGLI SCAVI

Gli scavi interrati, ai sensi della Norma CEI 11-17, le minime profondità di posa fra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo sono rispettivamente di:

- 0,5 m per cavi con tensione fino a 1000 V;
- 0,8 m per cavi con tensione superiore a 1000 V e fino a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 0,6 m);
- 1,2 m per cavi con tensione superiore a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 1,0 m);

Per gli attraversamenti, sia longitudinali che trasversali, di strade pubbliche con occupazione della carreggiata si applicano le prescrizioni dell’art. 66 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada (DPR 16/12/92, n. 945) e le disposizioni dell’Ente proprietario della strada lì dove presenti.

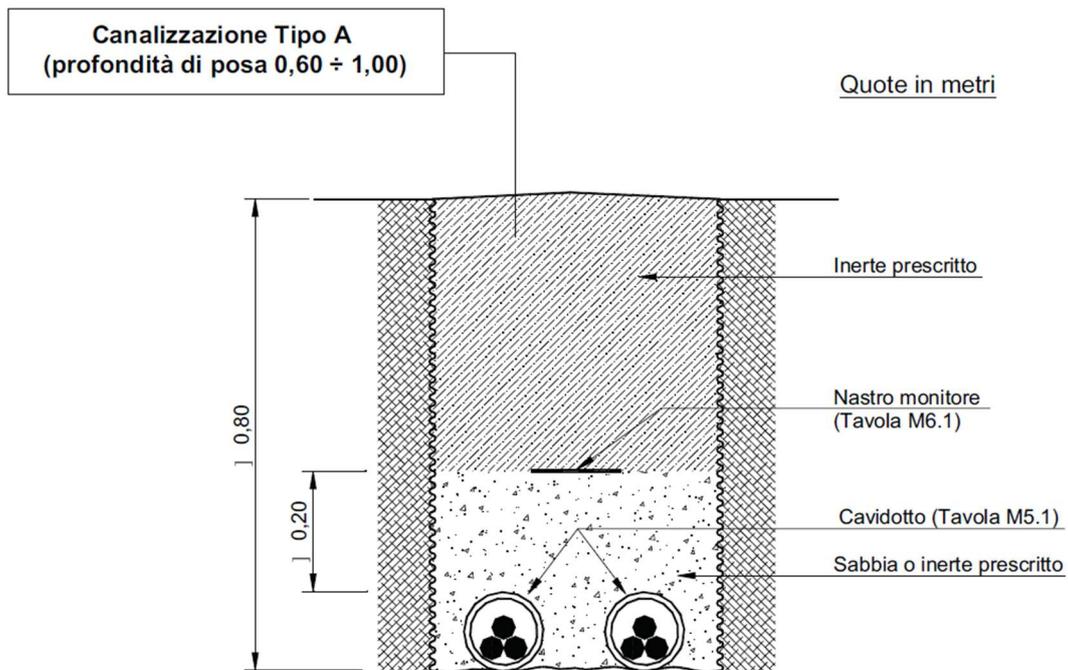


Fig. 16: Canalizzazione conduttura in MT in terreno agricolo/strada sterrata

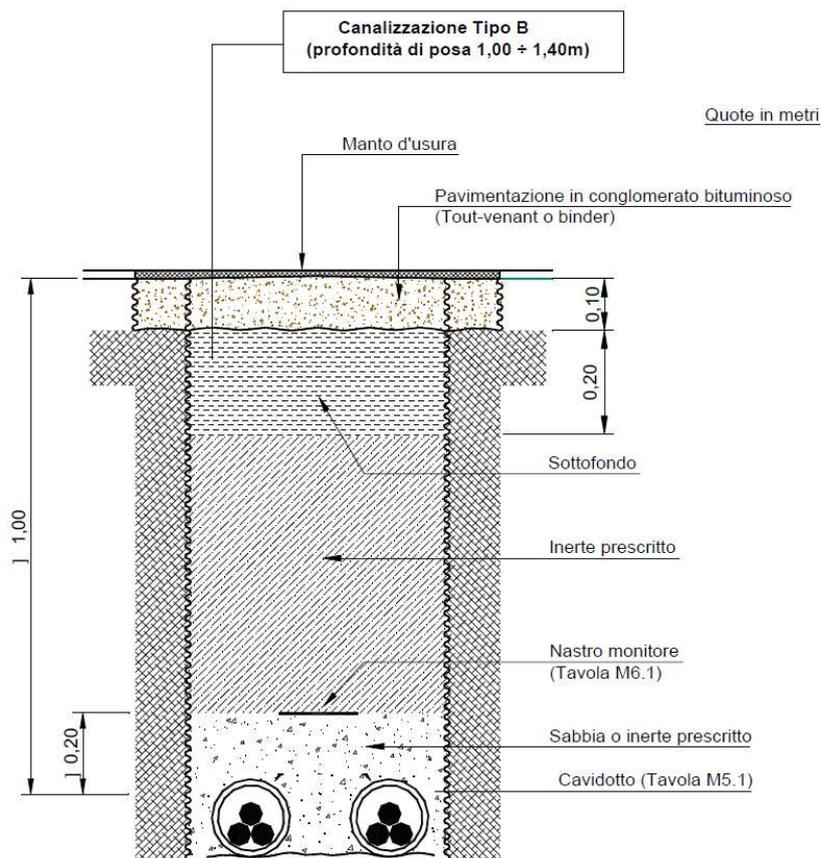


Fig. 17: Canalizzazione conduttura in MT in strada asfaltata

In Fig. 16 e 17 sono riportati gli esempi, secondo unificazione di *e-distribuzione*, di posa per condutture in cavo MT (nel particolare del progetto in studio esercite a 30 kV) in terreno agricolo o strada sterrata (con strato superiore di massiccata) e su strada asfaltata.

5.5 PRESCRIZIONI GENERALI

5.5.1 Realizzazione del cavidotto e interferenze

Le modalità di esecuzione degli attraversamenti e delle interferenze riscontrate, nonché le modalità proposte per la gestione di altre possibili interferenze, saranno realizzate, in sovrappasso o in sottopasso, in accordo alle *Norme Tecniche* applicabili e comunque secondo le indicazioni degli Enti proprietari dei sottoservizi, sono possibili in linea generale le seguenti interferenze (trasversale e/o longitudinali):

- 1) con condotte metalliche (acquedotto, condotte di irrigazione, etc.);
- 2) con linee elettriche interrate MT e BT;
- 3) con linee di telecomunicazioni;
- 4) con condotte del gas.

5.5.2 Scavo a cielo aperto

Il sistema di linee interrate a servizio del parco fotovoltaico, che per la quasi totalità del suo sviluppo segue il percorso delle piste di accesso e delle strade esistenti, sarà realizzato con le seguenti modalità:

- scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) della profondità massima di 120 cm e larghezza variabile da 40 a 60 cm, a seconda del numero di terne da porre in opera;
- letto di sabbia di circa 5 cm, per la posa delle linee MT;
- cavi tripolari MT 30kV, direttamente interrati;
- rinfiacco e copertura dei cavi MT con sabbia, per almeno 20 cm;
- corda nuda in rame, per la protezione di terra (posata solo nei cavidotti interni al Parco e non nel tratto di collegamento Parco FTV – Stazione di Utenza);
- tubazioni in PEAD per il contenimento dei cavi di segnale (fibra ottica), posati nello strato di sabbia, all'interno dello scavo;
- nastro in PVC di segnalazione;
- rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte.

Osserviamo che l'utilizzo di cavo tipo "air bag" permette di evitare l'utilizzo della sabbia per la realizzazione del letto di posa e del rinfiacco, ed utilizzare al suo posto materiale rinvenente degli scavi opportunamente vagliato (esente da pietre di grosse dimensioni).

I cavi utilizzati nei cavidotti uscenti dalle cabine di trasformazione (DG 2061) saranno con conduttori in alluminio compatto, schermatura in nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale, protezione meccanica con materiale polimerico (tipo air bag), posati direttamente in trincee di cavidotto predisposte, anche senza utilizzo di sabbia di rinfiacco, con sezioni variabili fino 3x1x95 mm²

L'utilizzo di cavi tipo airbag, con doppia guaina in materiali termoplastici (PE e PVC) che migliora notevolmente la resistenza meccanica allo schiacciamento rendendoli equivalenti, ai sensi della Norma CEI 11-17, a cavi armati, consente la posa interrata senza utilizzo di ulteriore protezione meccanica.

La rete di terra di ciascuna vela sarà collegata a quella delle altre del parco fotovoltaico tramite una corda di rame stagnata avente una sezione > 35 mm² o in alluminio di sezione equivalente. Tale conduttore sarà interamente ricoperto dalla terra compattata.

I cavi saranno del tipo ad elica visibile o unipolari. Questi ultimi saranno posati preferibilmente a trifoglio, con posizione invertita ogni 500 metri in modo da compensare le reattanze di linea. In caso di percorso totalmente su terreno vegetale, lo scavo sarà completato con il rinterro di altro terreno vegetale, proveniente dallo scavo stesso, fino alla quota del piano campagna. In caso di attraversamenti stradali o di percorsi lungo una strada, la trincea di posa verrà realizzata secondo le indicazioni dei diversi Enti Gestori (Amm.ne Comunale e/o Provinciale). Ogni 500 metri circa, o a distanza diversa, dipendente dalle lunghezze commerciali dei cavi, si predisporranno delle vasche cavi, costituite da "vasche giunti", per l'esecuzione dei giunti 200cmx150cm, adatte ad eseguire le giunzioni necessarie fra le diverse tratte di cavi.

L'esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni su cavi MT avverrà preferibilmente tramite l'utilizzo di giunti unipolari auto restringenti, costituiti da una gomma siliconica su tubo spiralato, che al momento dell'installazione viene rimosso consentendo l'accoppiamento tra i cavi senza l'ausilio di particolari attrezzature e fonti di calore assicurando una continua pressione radiale. Questo sistema rispetto ad altri (giunti termo restringenti) ha il notevole vantaggio di utilizzare un corpo isolante testato in fabbrica, oltre ad offrire maggiore velocità di installazione. Accorgimenti generali che dovranno comunque essere adottati sono:

- pulizia dei cavi prima dell'esecuzione del giunto;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione, e seguire pedissequamente le istruzioni d'uso dei materiali.

A seconda della tipologia di fondo stradale sono previsti i seguenti tipi di rinterri:

1) *Terreno agricolo*

Il rinterro su terreno agricolo prevede la compattazione del materiale vagliato utilizzato per il rinterro e proveniente dagli scavi stessi, fino ad una profondità di 20 cm circa dal piano stradale ed il successivo rinterro (per gli ultimi 20 cm) con terreno vegetale, sempre rinvenente dagli scavi e tenuto separato nel deposito temporaneo.

2) *Strade o banchine non asfaltate*

Il rinterro su strade non asfaltate (esistenti o di nuova realizzazione) prevede la compattazione del materiale vagliato utilizzato per il rinterro e proveniente dagli scavi stessi.

3) *Strade asfaltate*

La chiusura dello scavo prevede la finitura con conglomerato bituminoso a ricostituire la pavimentazione stradale, ed in particolare:

- Fondazione stradale in misto cava (materiale lapideo duro): spessore 20 cm
- Conglomerato bituminoso per strato di collegamento (bynder): spessore 7 cm
- Conglomerato bituminoso per strato di usura (tappetino): spessore 3 cm

Qualora richiesto sarà realizzato un ulteriore strato di fondazione dello spessore di 10 cm in

calcestruzzo non armato.

Il tracciato del cavidotto interesserà, per la sua quasi totalità, strade pubbliche, strade private esistenti e di nuova realizzazione. Sulle strade private verrà acquisita una servitù di cavidotto e di passaggio.

5.5.3 Interferenze con condotte metalliche

Parallelismi ed interferenze tra cavi elettrici e condotte metalliche verranno realizzati secondo quanto previsto dalla Norma CEI 11-17 o, comunque, secondo le modalità indicate dagli enti proprietari.

Nei parallelismi i cavi elettrici e le tubazioni metalliche devono essere posati alla maggiore distanza possibile tra loro.

La distanza misurata in proiezione orizzontale tra le superfici esterne di eventuali altri manufatti di protezione non deve essere inferiore a 0,30 m.

La suddetta prescrizione può essere superata, previo accordo tra gli enti proprietari o concessionari, nei seguenti casi:

- se la differenza di quota tra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m;
- se tale differenza di quota è compresa tra 0,30 e 0,50 m ma tra le strutture sono interposti separatori non metallici, oppure se la tubazione è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Negli incroci, invece, deve essere rispettata una distanza di almeno 50 cm tra cavi elettrici e condotte metalliche.

5.5.4 Interferenze con linee elettriche MT

Eventuali interferenze con linee MT interrato riguarderanno sia parallelismi che incroci.

Nella realizzazione di incroci tra i cavi di energia (in MT) sarà rispettata una distanza di 0,5 m tra il cavidotto da realizzare e quelli esistenti, con scavi a cielo aperto, per eseguire l'attraversamento in sottopasso o sovrappasso.

5.5.5 Interferenze con linee di telecomunicazione

In riferimento alla Norma CEI 11-17, nel caso di incroci tra cavi di energia e cavi di telecomunicazioni, quando entrambi i cavi sono direttamente interrati, devono essere osservate le seguenti prescrizioni:

- il cavo di energia deve, di regola, essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione;
- la distanza tra i due cavi non deve essere inferiore a 0,30 m;
- il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, con tubazioni in acciaio zincato, dette protezioni devono essere disposte simmetricamente rispetto all'altro cavo. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettata la distanza minima di 0,30 m, si deve applicare su entrambi i cavi la protezione suddetta.

Quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti (tubazioni, cunicoli ecc.) che

proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi, non è necessario osservare le prescrizioni sopraelencate.

Sempre in riferimento alla Norma CEI 11-17, nel caso di parallelismo:

- i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione devono, di regola, essere posati alla maggiore possibile distanza tra loro; nel caso, per esempio, di posa lungo la stessa strada, possibilmente ai lati opposti di questa.

Ove, per giustificate esigenze tecniche il criterio di cui sopra non possa essere seguito, è ammesso posare i cavi vicini fra loro purché sia mantenuta, fra essi, una distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m.

Qualora detta distanza non possa essere rispettata, si deve applicare sul cavo posato alla minore profondità, oppure su entrambi i cavi quando la differenza di quota fra essi è minore di 0,15 m, un opportuno dispositivo di protezione (tubazioni in acciaio zincato).

Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la tratta interessata, in appositi manufatti (tubazioni, cunicoli ecc.) che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi.

Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando i due cavi sono posati nello stesso manufatto; per tali situazioni di impianto si devono prendere tutte le possibili precauzioni, ai fini di evitare che i cavi di energia e di telecomunicazione possano venire a diretto contatto fra loro, anche quando le loro guaine sono elettricamente connesse.

Il comma b) punto 4.1.1 della Norma CEI 11-17 riporta che nei riguardi dei fenomeni induttivi, dovuti ad eventuali guasti sui cavi di energia, le caratteristiche del parallelismo (distanza tra i cavi, lunghezza del parallelismo) devono soddisfare quanto prescritto dalle Norme CEI 103-6; nei riguardi di altri fenomeni di interferenza tra cavi di energia e cavi di telecomunicazione, devono essere rispettate le direttive del Comitato Consultivo Internazionale Telegrafico e Telefonico (CCITT).

In ogni caso, le eventuali interferenze con le linee di telecomunicazione saranno gestite nel rispetto delle indicazioni e prescrizioni che il proprietario delle linee TLC riporterà nel relativo Nulla Osta, nonché secondo le indicazioni riportate nel Nulla Osta che sarà rilasciato dal Ministero dello Sviluppo Economico.

5.5.6 Interferenze con rete gas

Eventuali parallelismi ed interferenze tra cavi elettrici e condotte del gas (con densità non superiore a 0,8, non drenate e con pressione massima di esercizio > 5 bar) verranno realizzati secondo quanto previsto dal DM 24/11/1984 o, comunque, secondo le modalità indicate dagli enti proprietari.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi elettrici e tubazioni convoglianti liquidi infiammabili.

Nel caso specifico di interferenza con condotta di metano, la distanza minima del cavidotto dovrà essere:

- maggiore della profondità della generatrice superiore della condotta di metano, in caso di parallelismo;
- maggiore di 150 cm, in caso di incrocio.

5.5.7 Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)

La Trivellazione Orizzontale Controllata è una tecnica **no dig** (ovvero senza scavo) per la posa di tubazioni e cavi interrati. Con l'ausilio di una macchina perforatrice comandata da un sistema di teleguida, permette la realizzazione di fori nel quale possono essere "tirati" (pull back) direttamente i cavi elettrici o le tubazioni atti a contenerli. Tale tecnica è possibile debba essere utilizzata in corrispondenza di alcune interferenze con sotto servizi qualora esplicitamente richiesto dagli enti gestori della tubazione interferente, o nell'attraversamento trasversale di strade (p.e. strade provinciali).

5.5.8 Ripristino ambientale

Prima dell'inizio dei lavori sarà effettuato un dettagliato rilievo dello stato dei luoghi, in modo da poterne garantire il perfetto ripristino alla fine degli stessi. Alla chiusura del cantiere, prima dell'inizio della fase di esercizio del parco fotovoltaico, i terreni interessati dall'occupazione temporanea dei mezzi d'opera o dal deposito provvisorio dei materiali di risulta o di quelli necessari alle varie lavorazioni, saranno ripristinati.

Nel dettaglio tali operazioni interesseranno le seguenti superfici:

- Piste/Strade interne: ripristino delle aree relative agli allargamenti in corrispondenza di curve ed intersezioni;
- Piazzole/Area cabine: ripristino delle aree relative agli allargamenti in corrispondenza degli ingressi ai prefabbricati;
- Area principale di cantiere: ripristino di tutta la superficie interessata;
- Altre superfici: aree interessate dal deposito dei materiali rivenienti dagli scavi e dai movimenti materie.

Le operazioni di ripristino consisteranno in:

- ✚ Rimozione del terreno di riporto o eventuale rinterro, fino al ripristino della geomorfologia pre-esistente;
- ✚ Finitura con uno strato superficiale di terreno vegetale, il terreno vegetale sarà quello preesistente, che era stato momentaneamente accantonato, eventualmente integrato con terreno vegetale avente stesse caratteristiche (di fatto proveniente da aree limitrofe).

Particolare cura si dovrà osservare per:

- eliminare dalla superficie della pista e/o dell'area provvisoria di lavoro, ogni residuo di lavorazione o di materiali;
- provvedere al ripristino del regolare deflusso delle acque di pioggia, rispettando la morfologia originaria;
- dare al terreno la pendenza originaria al fine di evitare ristagni.

Saranno poi ripristinate le strade interessate dal percorso del cavidotto.

- Strade non asfaltate: chiusa la trincea di cavidotto e dopo un'opportuna costipazione a strati, il ripristino così realizzato sarà tenuto sotto traffico per almeno 4 mesi. Solo dopo questo periodo (e possibilmente in periodo non invernale) sarà effettuata una ulteriore costipazione in corrispondenza della trincea e quindi la sede stradale per l'intera larghezza sarà ripresa con uno strato di stabilizzato (max 10 cm), anche questo opportunamente costipato.
- Strade asfaltate: chiusa la trincea di cavidotto con uno strato di bynder di 10-12 cm, il ripristino così effettuato sarà tenuto sotto traffico per almeno 4 mesi. Solo dopo questo periodo (e possibilmente in periodo non invernale) sarà effettuata una fresatura del manto bituminoso, che potrà interessare una fascia della sede stradale (quella dove ricade il cavidotto), mezza sede, o tutta sede. Alla fresatura seguirà la stesa di uno strato di tappetino bituminoso (strato di usura) di spessore non inferiore a 3 cm.

5.6 TIPOLOGIA DEI CAVI E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

Per i collegamenti elettrici MT si impiegheranno terne di cavi ad elica visibile disposti a trifoglio, con posizione invertita ogni 500 metri in modo da compensare le reattanze di linea, del tipo ARE4H1RX 18/30 kV o similare. Ossia conduttori in alluminio a corda rotonda compatta di alluminio. Per questi conduttori si ha che tra il conduttore e l'isolante, in mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE), sarà interposto uno strato di semiconduttore estruso; tra l'isolante e lo schermo metallico invece è interposto uno strato di semiconduttore a mescola estrusa che, a sua volta coperto da un rivestimento protettivo costituito da un nastro semiconduttore igroespandente. La schermatura di questi cavi è realizzata mediante un nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. La protezione meccanica è eseguita da un materiale polimerico (Air Bag) sulla quale sarà avvolta una guaina in polietilene di qualità DMP 2 di colore rosso. Sono stati scelti cavi in alluminio per la più ampia reperibilità sul mercato e dal più basso costo. L'utilizzo di cavi in rame appare sconsigliata a causa dei ripetuti furti e danneggiamenti subiti dai cavi in fase di posa o di esercizio.

La scelta delle sezioni dei cavi è stata fatta sulla base dei seguenti criteri base:

- selezione delle portate dei cavi in base alla tipologia di posa (norma CEI 20-21) e alla tipologia di carico ciclico giornaliero (CEI 20-42/1);
- il contenimento delle perdite di linea.

Si è poi tenuto conto dei seguenti parametri:

- resistività termica del terreno pari a $1,5^{\circ}\text{K m/W}$;
- temperatura terreno pari a 25°C (CEI 20-21 A.3);
- coefficiente di variazione della portata per carico ciclico giornaliero;
- fattori di riduzione quando nello scavo sono presenti condutture affiancate;
- ulteriore fattore di sicurezza corrispondente ad una riduzione del 10% rispetto alla portata calcolata (I_z);

- condizioni di posa con la situazione termica più critica.

La scelta della sezione è stata effettuata considerando che il cavo deve avere una portata I_z uguale o superiore alla corrente di impiego I_b del circuito. Sono stati così dimensionati i vari tratti di elettrodotto in base al numero di terne affiancate nello stesso scavo.

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

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}$$

nella quale:

- $K_{ca} = 1$ (nel sistema monofase o bifase, 2 conduttori attivi)
- $K_{ca} = 1.73$ (nel sistema trifase, 3 conduttori attivi)

Dal valore massimo (modulo) di I_b vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos \varphi - j \sin \varphi) \\ \dot{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right) \\ \dot{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 4\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) - j \sin \left(\varphi - \frac{4\pi}{3} \right) \right) \end{aligned}$$

Il vettore della tensione V_n è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\dot{V}_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot \text{coeff}$$

Nella quale il *coeff* è pari al fattore di utilizzo per le utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per le utenze in distribuzione.

Per le utenze terminali la potenza P_n è la potenza nominale del carico, mentre per le utenze di distribuzione P_n rappresenta la somma vettoriale delle P_d delle utenze a valle (ΣP_d a valle).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan \varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle (ΣQ_d a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos \varphi = \cos \left(\arctan \left(\frac{Q_n}{P_n} \right) \right)$$

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 condotta in modo da verificare le condizioni:

$$\begin{aligned} a) \quad & I_b \leq I_n \leq I_z \\ b) \quad & I_f \leq 1.45 \cdot I_z \end{aligned}$$

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. Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una condotta principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- condotta che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della condotta principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi.

Elenchiamo alcune tabelle, indicate per il mercato italiano:

- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026;
- CEI 20-91 (HEPR).

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:

- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV).
- EC 60502-2 (6-30kV)
- IEC 61892-4 off-shore (fino a 30kV)

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:

$$c.d.t(ib) = \max_{f=R,S,T} \left(\sum_{i=1}^k \dot{Z}f_i \cdot \dot{I}f_i - \dot{Z}n_i \cdot \dot{I}n_i \right)$$

con f che rappresenta le tre fasi R, S, T;

con n che rappresenta il conduttore di neutro;

con i che rappresenta le k utenze coinvolte nel calcolo;

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

$$cdt(I_b) = k_{cat} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos \varphi + X_{cavo} \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cat} = 2$ per sistemi monofase;
- $k_{cat} = 1.73$ per sistemi trifase.

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 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km .

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.



5.6.1 Conclusioni

Alla luce di quanto sopra esposto, in considerazione dell'eventuale ampliamento della centrale elettrica vista la disponibilità di ulteriori aree adiacenti (medesima proprietà) e delle considerazioni già riportate nell'elaborato specifico *“Relazione di dimensionamento elettrico”*, quale parte integrante della documentazione di progetto, si è ritenuto progettare l'elettrodotto di connessione *impianto agrovoltaiico - Stazione di Utenza* con conduttura in XLPE/EPR del tipo ARE4H1RX 18/30kV in formazione di doppia terna da 630 mm² in posa interrata a trifoglio. La conduttura così costituita, in posa interrata (tabella IEC 71-D1), dispone di una I_z pari a circa 1.200 A, in decisa ridondanza con la corrente di impiego della centrale FTV con potenza di 24.000 kW ($I_B = 460$ A); la formazione di progetto assicura, dopo un percorso interrato di 8.500 metri (dalla cabina di consegna nel campo FTV fino all'”Edificio Comando e Controllo in MT” della Cabina Primaria/Stazione di Utenza, una caduta di tensione < **1.0%**.

6. STAZIONE DI UTENZA (TRASFORMAZIONE 30/150 kV)

Per la Stazione di Utenza condivisa o Cabina Primaria di elevazione della tensione di 30 kV alla tensione di esercizio della Rete di Trasmissione Nazionale si rimanda alla relativa *“Relazione delle opere di utenza in AT”*, parte integrante del progetto definitivo.