REGIONE LIGURIA

COMUNE DI ORTOVERO

PROVINCIA DI SAVONA

PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UNA CENTRALE IDROELETTRICA IN CORPO TRAVERSA NEL COMUNE DI ORTOVERO (SV)

Torrente
ARROSCIA

PROGETTO DEFINITIVO

REVISIONE	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
00	15/05/2017	PRIMA_EMISSIONE			

TAVOLA	TITOLO ELABORATO	SCALA
R-18	**COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA**	**-**

PROPONENTE

OCAF S.r.l.
Via Valle d'Aosta n.10/4
17031 Albenga (SV)
P.IVA 01740170095

PROGETTISTI

Ing. Stefania Benzo
Viale Cagna 31 bis
12078 Ormea (CN)
P.I. 03524030040
Ordine degli Ingegneri della Spezia A1064
e-mail:studiogb@email.it
pec:benzo.stefania@ingpec.eu
tel. 0174 392281

IDENTIFICATIVO FILE:

NOTE: LA DIFFUSIONE E RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DEL SEGUENTE ELABORATO E' VIETATA A TERMINE DI LEGGE.

SOMMARIO

1 Generalità 3
2 Descrizione della connessione 4
2.1 Linea interrata 6
2.2 Linea privata 6
2.3 Linea Enel 6
2.4 Verifica delle distanze di rispetto 10
2.5 Incroci tra cavi di energia e cavi di telecomunicazione (Norme CEI 11-17) 10
3 Caratteristiche costruttive della cabina e impianto di terra 12
4 Costituzione delle servitù di elettrodotto 14
5 Campi elettromagnetici 15
6 Fasce di rispetto campo elettrico 19
7 Conclusioni 22

1 Generalità

La presente relazione fornisce una descrizione tecnica completa delle opere necessarie alla realizzazione dell'impianto di rete per la connessione in MT, come da preventivo Enel, dell'impianto a progetto con potenza di immissione massima da 145 kW, da realizzarsi nel comune di Ortovero (SV).
Il progetto dell'impianto di rete per la connessione in MT è stato commissionato dalla società Ocaf S.r.l. con sede legale in Albenga (SV) in Via Valle d'Aosta n. 10/4 CAP 17031, titolare della richiesta di connessione dell'impianto, con lo scopo di portare a compimento l'iter tecnico-amministrativo per il rilascio dell'Autorizzazione Unica.

2 Descrizione della connessione

La connessione in oggetto è destinata al collegamento dell'impianto idroelettrico "Ortovero", situato sulla sinistra orografica del Torrente Arroscia, alla rete di distribuzione elettrica in media tensione a 15kV.
Il tracciato della connessione si articola sarà realizzato mediante cavidotto interrato.
I seguenti dati sono relativi al punto di connessione dell'impianto in oggetto alla rete MT con tensione nominale 15000 V ed identificato con il codice di rintracciabilità della richiesta 156357150. L'impianto sarà allacciato alla rete di Distribuzione tramite cabina di consegna collegata in antenna da cabina secondaria MT/BT LA QUIETE.

Indirizzo località:	Località SS Annunziata – EX SS 453 SNC Ortovero 17037 (SV)
Codice POD:	IT001E024177904 (Art. 37, c.1 Delibera 111/06)
codice presa:	0920202600020
codice fornitura	024177904
Cliente:	OCAF S.rl.
DTR:	Piemonte Liguria
Zona:	Savona-Imperia

La linea elettrica in M.T. di allaccio alla rete di cui si prevede la realizzazione sarà articolata dei seguenti impianti:

- cavo interrato al 185 mm^2 (asfalto): m 180
- cavo interrato al 185 mm^2 (terreno): m 90
- up e modulo gsm: 1
- montaggi elettromeccanici con scomparto di arrivo+consegna: 1

Per quanto concerne i conduttori si prevede la posa interrata di un cavo del tipo ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al, isolamento estruso a spessore ridotto in XLPE, schermo in tubo di Al e guaina in XLPE, tipo: ARE4H5EX 12/20kV, sezione 185 mm^2 aventi caratteristiche indicate nelle tabelle ENEL unificate.
La tubazione che alloggerà il cavo sarà in HDPE con diametro esterno ϕ=160 mm corrugato esternamente e con guaina interna liscia; i colori dei due strati (liscio interno e corrugato esterno) dovranno essere visibilmente differenti.

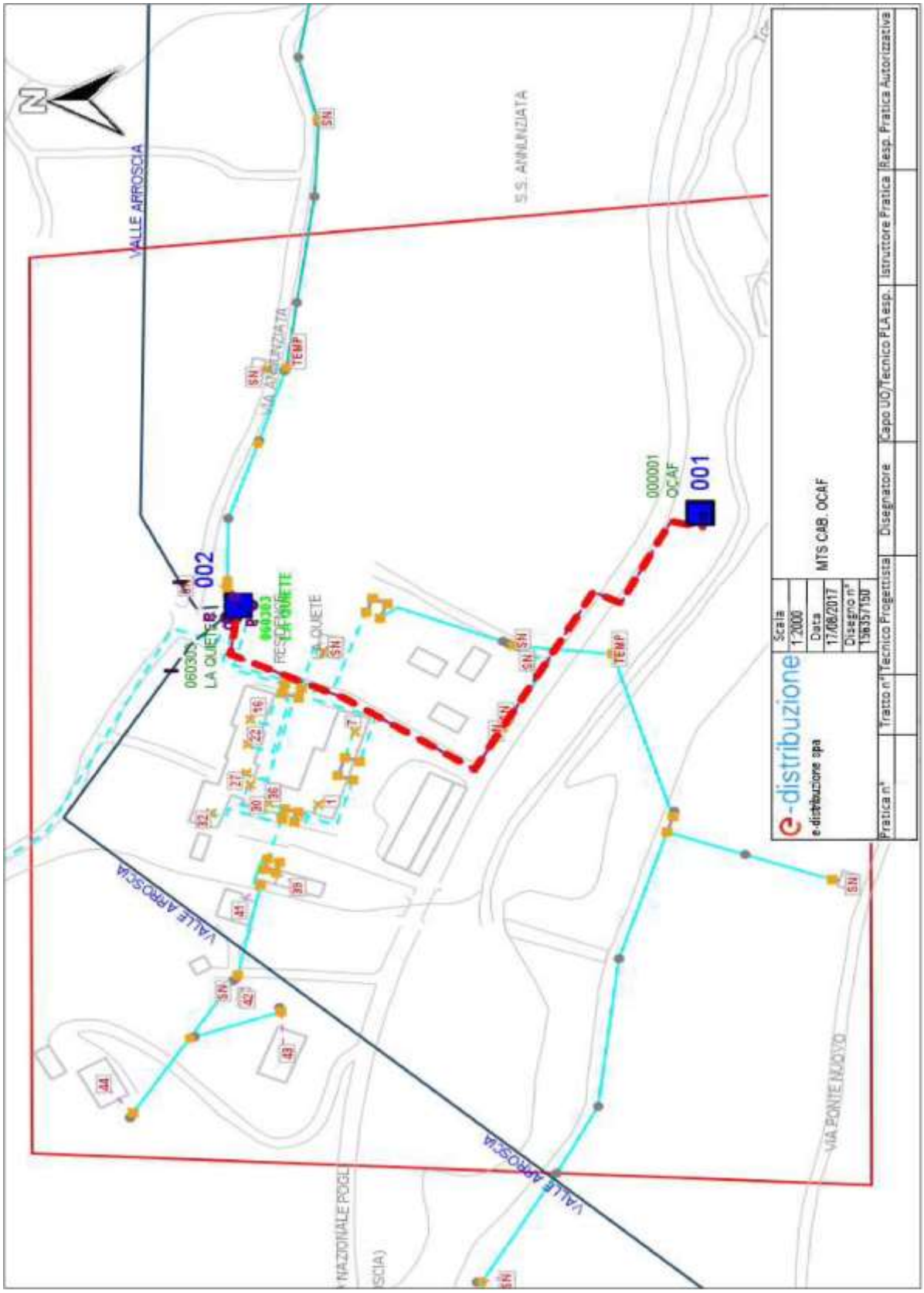


Figura 1 Inquadramento linee elettriche a progetto approvate da Enel

2.1 Linea interrata

2.2 Linea privata

I cavi interrati impiegati per la connessione tra il generatore e il trasformatore saranno di tipo tripolare ad elica visibile per posa interrata, con conduttori in rame di sezione almeno pari a 240 mm^2, isolato in XLPE a spessore ridotto e schermato.

2.3 Linea Enel

I cavi interrati impiegati per la connessione dal trasformatore alla cabina di consegna sarà di tipo tripolare ad elica visibile per posa interrata, con conduttori in alluminio di sezione 185 mm^2, isolato in XLPE a spessore ridotto e schermato in tubo di alluminio con guaina esterna ancora in XLPE, designazione ARE4H5EX, conforme alla normativa CEI 20-1.

Il diametro indicativo esterno del cavo si attesta a circa 75.25 mm, pertanto la tubazione in HDPE prescelta risulta di diametro interno conveniente per ospitare il dispositivo, secondo la prescrizione:

$$D_{int} > 1{,}4\ D_{cavo}$$

La tubazione che alloggerà il cavo sarà in HDPE con diametro esterno Ø=160 mm e diametro interno minimo non inferiore a 125 mm, corrugato esternamente e con guaina interna liscia; i colori dei due strati (liscio interno e corrugato esterno) dovranno essere visibilmente differenti.
Il tubo dovrà presentare un grado di resistenza allo schiacciamento di almeno 750 N, conformemente alle normative CEI 11-23.

Tubo	Marcature	Grandezza	Diametro interno [mm]	Impiego
"N"	Materiale impiegato Sigla o marchio del costruttore Anno di fabbricazione Grado di resistenza all'urto :"N"	160	120	cavi MT
		125	94	cavi BT

L'interramento avverrà tenendo in considerazione le prescrizioni della normativa elettrica CEI 11-17 sulla posa dei cavidotti in MT; la profondità minima di scavo risulterà pertanto non inferiore a 1,20 mt. Tale genere di sistemazione, come mostrato in Figura 2, sarà costituita da:
- letto in sabbia per l'alloggiamento e la stabilizzazione della tubazione;
- strato di riempimento costituito da inerte (terra di scavo);
- manto superficiale di stabilizzato/ricoprimento.

Secondo quanto richiesto dalla normativa il passaggio dei cavi verrà segnalato collocando un nastro estensibile a non meno di 20 cm al di sopra dell'estradosso della tubazione.
Il nastro impiegato sarà conforme alle prescrizioni ENEL, in PVC plastificato oppure PE reticolato, di colore rosso e recante la dicitura "ENEL – CAVI ELETTRICI", in nero ed a caratteri cubitali chiaramente leggibili, sul lato rivolto verso l'alto, come mostrato in Figura 3.

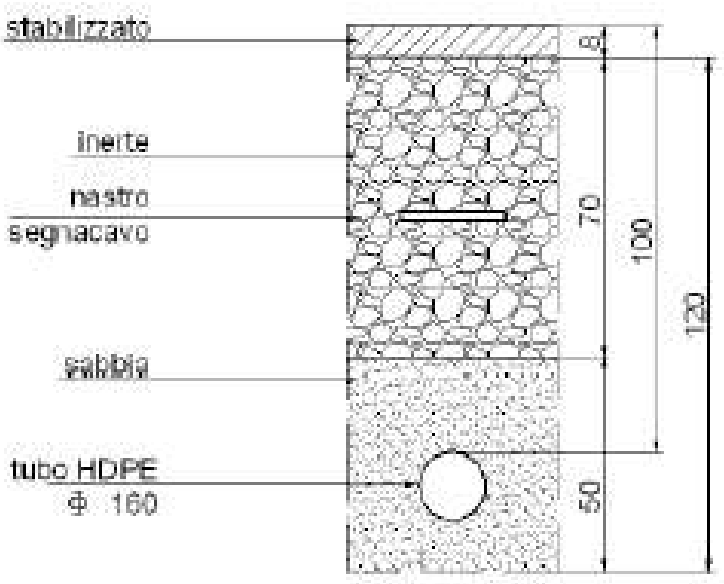


Figura 2 Sezioni per posa tipo del cavidotto interrato



Figura 3 Nastro di segnalazione unificato ENEL

La tubazione che ospiterà le condutture elettriche dovrà presentare un grado di resistenza allo schiacciamento di almeno 750 N, conformemente alle normative CEI 11-23, secondo le specifiche riportate di seguito.

Enel Distribuzione

TUBO PROTETTIVO FLESSIBILE "TIPO CORRUGATO"

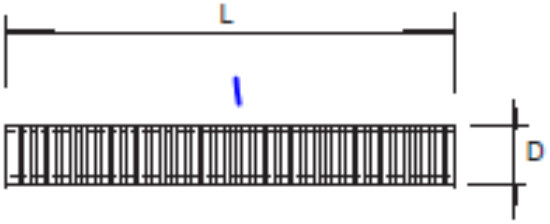
DS 4247

Gennaio 2002
Ed. IV - 1/2

INGEGNERIA - UNIFICAZIONE

RIFERIMENTI NORMATIVI

(CEI EN 50086-1)
(CEI EN 50086-2-2)
(CEI EN 50086-2-4)



MATRICOLA	TIPO	D (mm)	L (m)
29 55 10	DS 4247/1	25	50
29 55 11	DS 4247/2	32	50
29 55 12	DS 4247/3	50	50
29 55 13	DS 4247/4	63	50
29 55 14	DS 4247/5	125	50
29 55 15	DS 4247/6	160	25

UNITA' DI MISURA : m

MATERIALE :

I tubi devono essere realizzati:
- il tipo DS 4247/1/2/3 in materiale termoplastico a base di PVC autoestinguente di colore grigio RAL 7001.

- il tipo DS 4247/4/5/6 in polietilene ad alta densità (HDPE) di colore nero per la struttura esterna, e polietilene a bassa densità per la guaina interna (LDPE).
  Il fornitore deve documentare la provenienza dei materiali impiegati.

CARATTERISTICHE :

- i tubi devono essere realizzati secondo quanto stabilito dalle Norme CEI EN 50086-2-2; e CEI EN 50086-2-4
  rispondenti alle seguenti caratteristiche di cui al punto 6 "Classificazione":
  6.1.2.2 resistenza all'urto - **Normale** -
- la struttura dovrà essere realizzata da un tubo esterno corrugato e da una guaina interna liscia priva di irregolarità;
- il raggio minimo di curvatura ammesso senza alterazioni delle caratteristiche meccaniche, dovrà essere pari a 5 volte il diametro esterno;
  nelle giunzioni, devono essere garantite le caratteristiche di protezione meccanica dichiarate per il tubo.

Descrizione ridotta:

T	U	B	O		C	O	R	R	U	G	A	T	O		P	R	O	T	E	Z		C	A	V	I		ϕ	x	x	x	m	m

Figura 4 Specifiche tubo corrugato

Nella posa dei tubi le curve devono essere limitate al minimo necessario e comunque dovranno avere un raggio non inferiore a 1,50 m. In particolare il profilo della tubazione MT e BT deve essere quanto più lineare possibile evitando in particolare le "strozzature" nei casi di incrocio con altre opere o per la eventuale presenza di ostacoli.

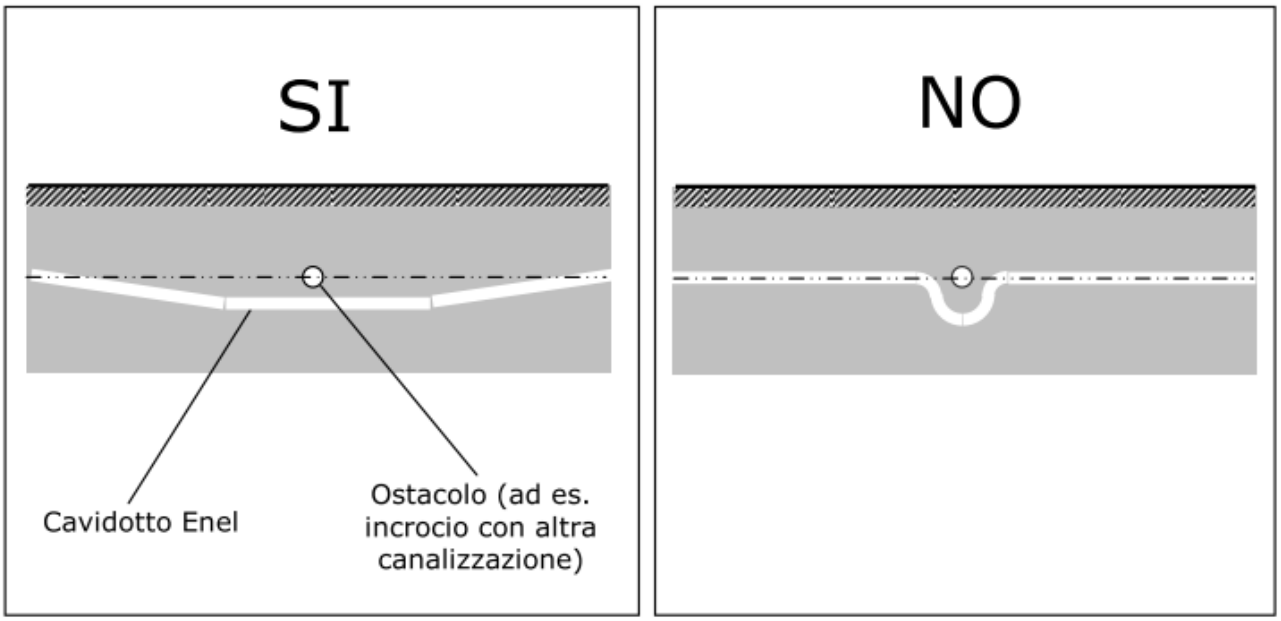


Figura 5 Profilo dei cavidotti MT

Il cavo scelto risulta adatto per le correnti a regime termico fino a 140 A, valore ben maggiore dell'intensità nominale consegnata alla rete dall'impianto in esame, pari a:

$$In = P_{imp}/(V_n * \sqrt{3}) = 59{,}65A$$

nella quale V_n rappresenta la tensione concatenata MT di consegna (pari a 15kV) e P_{imp} la potenza nominale dell'impianto

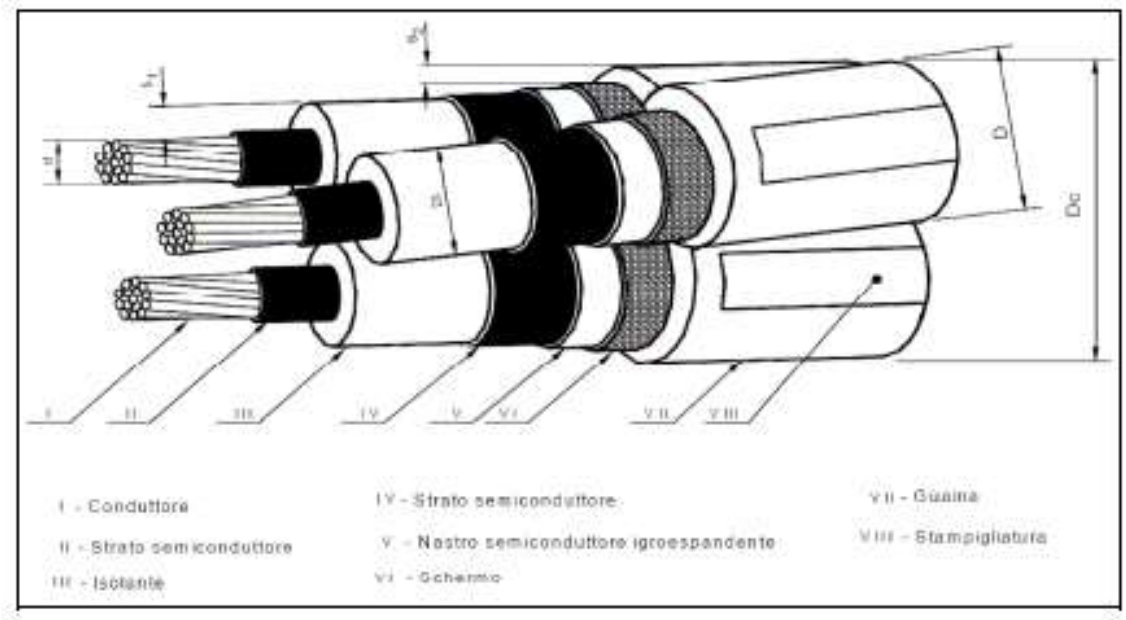


Figura 6 Schema costruttivo del cavo interrato

PROSPETTO 1 - Caratteristiche dei cavi

1	2	3	4	5	6	7	8
Matricola	Tipo	Isolante	Numero di conduttori per sezione nominale (n° x mm²)	Diametro circoscritto Dc max. (mm)	Massa circa (kg/km)	Portata (1) (A)	Corrente termica di corto circuito (2) (kA)
33 22 82	DC 4385/1	XLPE	3 x (1x70)	65	2150	200	9
	DC 4385/3	HPTE					
33 22 84	DC 4385/2	XLPE	3 x (1x185)	78	3550	360	24
	DC 4385/4	HPTE					

1. I valori di portata valgono in regime permanente per il cavo posato singolarmente e direttamente interrato alla profondità di 1,2 m, temperatura dei conduttori non superiore a 90 °C; temperatura del terreno 20 °C e resistività termica del terreno 1 °C m/W.
(Poiché allo stato attuale non esiste una normativa che recepisca pienamente il cavo in tabella, si consiglia di preferire la posa in tubo, in questo caso i limiti di portata sono circa : 160 A e 288 A).
2. I valori della corrente termica di corto circuito valgono nelle seguenti condizioni: durata del corto circuito 0,5 s, temperatura iniziale dei conduttori pari alla temperatura massima ammissibile in regime permanente (90 °C), temperatura finale dei conduttori 250 °C.

ESEMPIO DI DESCRIZIONE RIDOTTA

CAVO XXXXXXX 12/20 kV 3x(1xXXX)

Figura 7 Caratteristiche dei cavi

2.4 Verifica delle distanze di rispetto

Le prescrizioni in merito alla coesistenza tra i cavidotti MT-BT e le condutture degli altri servizi del sottosuolo derivano principalmente dalle seguenti norme:

- Norme CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo”;
- DM 24.11.1984 “Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l’accumulo e l’utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8”.

Le Norme CEI 11-17 precisano in particolare le distanze minime da mantenere tra i cavidotti MT-BT e le linee di telecomunicazione, le tubazioni metalliche in genere e i serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili, mentre il DM 24.11.1984 si occupa specificatamente della coesistenza tra i cavi di energia in tubazione e le condotte del gas metano.
Di seguito è riportato un estratto di tali norme nonché le indicazioni operative Enel nei casi di interferenza (incroci e parallelismi) tra i cavidotti MT-BT e le opere di cui sopra.

2.5 Incroci tra cavi di energia e cavi di telecomunicazione (Norme CEI 11-17)

Quando entrambi i cavi sono direttamente interrati, debbono 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 un’idonea protezione meccanica che deve essere disposta simmetricamente rispetto all’altro cavo. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettata la distanza minima sopra indicata, la protezione suddetta deve essere applicata su entrambi i cavi. La protezione meccanica di cui sopra deve essere costituita da involucri (cassette o tubi) preferibilmente in acciaio zincato a caldo (Norma CEI 7-6) od inossidabile, con pareti di spessore non inferiore a 2 mm. Sono ammessi involucri protettivi differenti purché presentino adeguata resistenza meccanica e siano, quando il materiale di cui sono costituiti lo renda necessario,

protetti contro la corrosione. 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.

Indicazione operativa Enel Incroci tra cavi BT in tubazione (cavidotti BT) e linee di telecomunicazione (TT) Essendo possibile la posa dei cavi BT e la loro successiva manutenzione senza la necessità di effettuare scavi, non è prescritta alcuna particolare distanza dai cavi TT (anch'essi generalmente in tubazione), né l'impiego di particolari protezioni (v. figura 8). Si rammenta che deve comunque essere osservata la profondità minima di posa dei cavidotti BT (per la profondità di posa del cavidotto TT contattare il gestore del servizio).

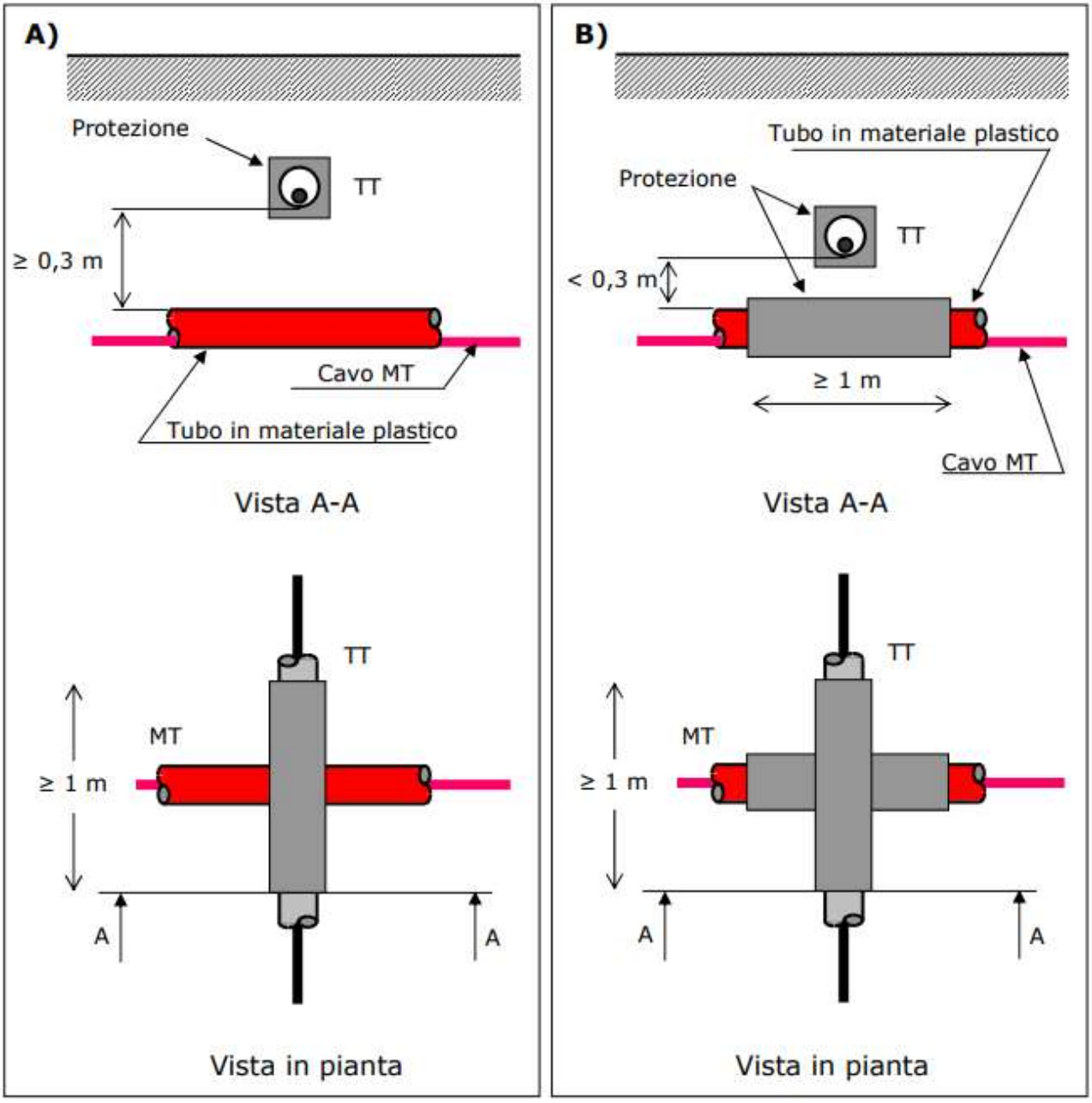


Figura 8 Attraversamenti cavi telecomunicazioni

3 Caratteristiche costruttive della cabina e impianto di terra

La cabina di consegna sarà costituita da un manufatto in cemento armato prefabbricato costruito in conformità alle prescrizioni del Capitolato Tecnico Enel ed in particolare alla CEI 0-16 e alla DG2092 ed.3 del 2016, completo di griglie e porte in vetroresina autoestinguente a norme Enel ed impianto di terra. Il locale sarà dotato di un accesso diretto ed indipendente da via pubblica, le aperture dovranno garantire un grado di protezione minimo IP 33 ed una adeguata ventilazione a circolazione naturale di aria; le tubazioni di ingresso dei cavi dovranno essere sigillate onde impedire la propagazione e/o infiltrazione di fluidi liquidi e gassosi.
Piante, prospetti e sezioni della cabina di trasformazione, comprese posizione delle bucature e previste posizioni delle apparecchiature interne, sono mostrate nella tavola di progetto allegata alla presente relazione.
La cabina sarà dotata di un impianto di terra di protezione dimensionato in base alle prescrizioni di Legge ed alle Norme CEI EN 50522: 2011-03 (CEI 99-3) e CEI EN 61936 -1: 2011-03 (CEI 99-2). Il collegamento interno-esterno della rete di terra sarà realizzato con n. 2 connettori in acciaio inox, annegati nel calcestruzzo e collegati all'armatura o con analogo sistema che abbia le stesse caratteristiche. L'armatura metallica della struttura deve essere collegata a terra per garantire l'equipotenzialità elettrica. I connettori saranno dotati di boccole filettate a tenuta stagna, per il collegamento della rete di terra, facenti filo con la superficie interna ed esterna della vasca.
Per quanto riguarda l'impianto di terra interno, tutte le masse delle apparecchiature MT e BT che fanno parte dell'impianto elettrico devono essere collegate all'impianto di terra interno messe a terra, in particolare:

- quadro MT;
- cassone del trasformatore MT/BT;
- rack apparecchiature BT
- telaio per quadri BT
- le masse di tutte le apparecchiature BT

L'impianto di terra esterno viene fornito in opera ed è costituito da anello con dimensioni descritte nella specifica tecnica e-distribuzione DG2061 in vigore. Nel caso in cui sia necessario potenziare l'impianto di terra base ovvero lo stesso non sia realizzabile, questo può essere integrato da dispersori orizzontali (baffi) escludendo
Per il dimensionamento dell'impianto di terra a servizio dell'impianto di consegna dovranno essere considerati i seguenti parametri:

- corrente di guasto monofase a terra 40 A;
- tempo di eliminazione del guasto molto maggiore di 10 s.

In queste ipotesi l'impianto di terra dovrà garantire, conformemente alle norme CEI 11-1, una tensione totale di terra massima di 75 V.
Per raggiungere tale scopo, l'impianto di dispersione per la messa a terra a servizio dell'impianto di consegna sarà realizzato da un anello in rame nudo di sezione 35 mm^2, interrato alla profondità di 50 cm ad una distanza di 1 m dal perimetro fabbricato.

Verranno collocati 4 dispersori a croce di sezione 50x50 mm e lunghezza 1,5 mt, installati uno per ogni angolo, conformemente alla tipologia prevista denominata "ANELLO SEMPLICE".
L'efficienza di tale impianto dovrà essere verificata a lavori eseguiti attraverso apposita misura della resistenza di terra ed eventualmente delle tensioni di passo e di contatto.

L'impianto di dispersione, attraverso un conduttore di terra, farà capo ad un collettore principale, connesso all'anello dell'impianto di terra della cabina, attraverso il quale verranno collegate a terra tutte le masse presenti nel locale, nonché tutti gli schermi dei cavi entranti ed uscenti.
L'impianto di terra interno sarà costituito da piatto in rame 40x3 posato a parete; il collegamento delle apparecchiature sarà realizzato con trecce di rame sez. 35 mm^2; l'impianto sarà collegato alle maglie della struttura e della fondazione.
L'impianto di dispersione dovrà essere integrato con il collegamento della rete elettrosaldata, maglia 20x20 diametro 6 mm, posta sotto la pavimentazione della cabina, con il collegamento ai ferri di fondazione della cabina e con l'allacciamento alla rete di terra esistente.
Per quanto attiene ai conduttori di protezione dovranno essere costituiti da corda in rame isolata in PVC posata entro tubi o canaline.
a entro tubi e canaline.

4 Costituzione delle servitù di elettrodotto

Poiché il tracciato dell'impianto di rete per la connessione interessa aree private e pubbliche, sarà necessaria la costituzione delle relative servitù di elettrodotto, la cui consistenza dovrà essere conforme alla tabella mostrata nella pagina seguente. Il sezionatore per la nuova tratta MT sarà collocato all'interno della cabina Enel, la quale può essere raggiunta facilmente. La cabina di consegna risulta collocata all'interno di mappali di proprietà di privati verrà comunque costituita una servitù di accesso alla cabina ed i locali destinati al complesso di misura ed il locale di consegna saranno gratuitamente messi a disposizione di Enel Distribuzione, finché la connessione alla rete elettrica e l'impianto di produzione resterà in essere. Per l'utilizzo del terreno, della cabina elettrica di consegna e dei locali destinati al complesso di misura dovrà essere stipulata specifica servitù di elettrodotto e diritto di superficie cabina elettrica. La parte impiantistica MT e BT del locale di consegna (apparecchiature, carpenteria, conduttori, ecc.) sarà di proprietà esclusiva di Enel Distribuzione. In relazione a quanto previsto ai precedenti punti, qualora il terreno o i locali in argomento non siano ancora di proprietà del committente, quest'ultimo si impegna sin d'ora ad acquisire prima dell'attivazione della connessione il consenso della proprietà alla stipulazione degli atti necessari a regolare l'utilizzazione dei beni da parte di Enel Distribuzione.

Larghezza delle fasce da asservire in presenza di campate di lunghezza ricorrente[1]

Tipo di linea	Natura conduttore	Sezione o diametro	Palificazione	Armamento	Lunghezza campata ricorrente (1)	Larghezza fascia (2)
BT	Cavo interrato	qualsiasi				3 m
MT	cavo aereo	qualsiasi	Qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	4 m
	Cavo interrato	qualsiasi				4 m
	rame nudo	25/35 mm2	Qualsiasi	qualsiasi	160 m	11 m
	rame nudo	70 mm2	Qualsiasi	qualsiasi	160 m	13 m
	Al- Acc. Lega di Al	Qualsiasi	Qualsiasi	qualsiasi	160 m	13 m
	Qualsiasi	Qualsiasi	Qualsiasi	qualsiasi	250 m	19 m
AT fino a 150 kV	All-Acc	Φ = 22,8 mm	tralicci semplice terna	sospeso	400 m	27 m
			tralicci doppia terna	sospeso	400 m	28 m
	All-Acc	Φ = 31,5 mm	tralicci semplice terna	sospeso	350 m	29 m
			tralicci doppia terna	sospeso	350 m	30 m
	Cavo interrato	qualsiasi				5 m

[1] Di norma si adottano le larghezze delle fasce di rispetto riportate nella tabella seguente. Eventuali maggiori larghezze sono consentite per tener conto di soluzioni impiantistiche specifiche o di normative applicabili.
(1) Per campate di lunghezze superiori la larghezza Ha delle fasce da asservire va calcolata con riferimento alle posizioni impraticabili di cui all'art. 2.1.06 lettera h) del D.M. 21.03.1988 n. 449.
(2) La larghezza della fascia può essere aumentata qualora si presentino circostanze che lo consiglino.

Figura 9 Larghezza delle fasce da asservire in presenza di campate di lunghezza di lunghezza ricorrente

5 Campi elettromagnetici

I campi elettrici e quelli magnetici sono grandezze fisiche differenti, che però interagiscono tra loro e dipendono l'uno dall'altro al punto di essere considerati manifestazioni duali di un unico fenomeno fisico: il campo elettromagnetico.
Il campo magnetico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica, la cui unità di misura è l'Ampère [A/m].
Il campo elettrico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica, la cui unità di misura è il Volt [V/m].
Il campo magnetico è difficilmente schermabile e diminuisce soltanto allontanandosi dalla linea che lo emette. Il campo elettrico è invece facilmente schermabile da parte di materiali quali legno o metalli, ma anche alberi o edifici.
Questi campi si concatenano tra loro per determinare nello spazio la propagazione di un campo chiamato elettromagnetico (CEM).
Le caratteristiche fondamentali che distinguono i campi elettromagnetici e ne determina le proprietà sono la frequenza [Hz] e la lunghezza d'onda [m], che esprimono tra l'altro il contenuto energetico del campo stesso.
Col termine inquinamento elettromagnetico si riferisce alle interazioni fra le radiazioni non ionizzanti (NIR) e la materia.
I campi NIR a bassa frequenza sono generati dalle linee di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica ad alta, media e bassa tensione, e dagli elettrodomestici e i dispositivi elettrici in genere.
Con riferimento specifico alle linee di vettoriamento dell'energia elettrica dai produttori agli utilizzatori, si possono distinguere diversi tipi di elettrodotto, in base alla tensione di alimentazione:
a) Linee elettriche di trasporto ad altissima tensione (220-380 kV): collegano le centrali di produzione alle stazioni primarie dove la tensione viene abbassata dal valore di trasporto a quello delle reti di distribuzione (ambito superregionale);
b) Linee elettriche di distribuzione o linee di subtrasmissione ad alta tensione (30-150 kV): partono dalle stazioni elettriche primarie ed alimentano le grandi utenze o le cabine primarie da cui originano le linee di distribuzione a media tensione;
c) Linee elettriche di distribuzione a media tensione (1-30 kV): partono dalle cabine primarie ed alimentano le cabine secondarie e le medie utenze industriali e talvolta utenti particolari;
d) Linee elettriche di distribuzione a bassa tensione (220 – 400 V): partono dalle cabine secondarie e alimentano gli utenti della zona.
I sistemi elettrici di potenza (costituiti da centrali, stazioni e linee elettriche) costituiscono particolari sorgenti di campi elettromagnetici che in dipendenza della loro frequenza di funzionamento (50 Hz) vengono definiti come sorgenti ELF (Extremely Low Frequency).
Per i campi a bassa frequenza (elettrodotti, apparecchi elettrici) si misura l'intensità del campo elettrico [V/m] e
l'induzione magnetica([T], ma generalmente in millesimi di Tesla, mT, e milionesimi di Tesla, μT).
In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:
• effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono, con margini cautelativi, la non insorgenza di tali effetti;

• effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

In Italia la normativa in materia di inquinamento elettromagnetico, e nello specifico campo delle radiazioni non ionizzanti quali gli ELF, è molto frammentaria.

La L. n. 36 del 22/02/01, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", ricorre a differenti strumenti di prevenzione e controllo, intervenendo sulle sorgenti dei campi elettromagnetici, con lo scopo di ridurre ai livelli più restrittivi le loro produzioni e quindi diminuendo l'esposizione della popolazione.
Oggetto della normativa sono infatti gli impianti e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possano comportare l'esposizione dei lavoratori e della popolazione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz.
L'aspetto innovativo della legge quadro italiana riguarda l'introduzione dei "valori di attenzione" così da considerare anche gli effetti di lungo e medio termine sulla popolazione; nella L. 36/01 sono, infatti, definiti:
• Limite di esposizione: valore di campo elettrico, magnetico, elettromagnetico (considerato come valore di immissione), da considerarsi come limiti inderogabili a tutela della salute umana da effetti acuti di esposizione;
• Valore di attenzione: valore di campo elettrico, magnetico, elettromagnetico definiti a fine cautelativo per la protezione della popolazione da effetti cronici dei campi elettromagnetici nel caso di abitazioni, scuole e permanenze prolungate;
• Obiettivi di qualità: volti a prefigurare i progressivi e graduali miglioramenti della qualità ambientale, in una prospettiva temporale di durata.

Si suddividono in:
-criteri localizzativi, standard urbanistici, prescrizioni ed incentivi per l'utilizzo delle BAT;
-valori di campo elettrico, magnetico, elettromagnetico, definiti dallo Stato, per il raggiungimento di una progressiva minimizzazione dell'esposizione a tali campi.
Il DPCM del 8 luglio 2003 (Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete di 50 Hz generati dagli elettrodotti) in tema di campi elettromagnetici a basse e bassissime frequenze stabilisce i seguenti valori da applicarsi in ambienti abitati e in luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere:

Normativa	Limiti	Intensità del campo elettrico [kV/m]	Induzione magnetica [μT]
DPCM 08/ 07/ 2003	Limite di esposizione	5	100
	Valore di attenzione (24 ore di esposizione)	-	10
	Obiettivo di qualità (progettazione nuovi elettrodotti)	-	3

L'approssimazione quasi-statica permette di analizzare i due campi, elettrico e magnetico, in modo separato.
Il campo elettrico prodotto da un sistema polifase di conduttori posti entro uno spazio imperturbato, è esprimibile con un vettore di intensità E che ruota in un piano trasversale rispetto ai conduttori descrivendo un'ellisse. Esso è sempre presente appena la linea si mette in tensione indipendentemente dal fatto che essa trasporti o meno potenza.
Il campo magnetico H è un vettore ortogonale al campo elettrico, ed è associato alla corrente (quindi alla potenza) trasportata.
Nel caso di un sistema polifase in corrente alternata, il vettore campo magnetico nasce dalla composizione dei contributi di tutte le correnti circolanti nei conduttori e, come per il campo elettrico, ruota su un piano trasversale descrivendo un'ellisse.
I fattori che influenzano il campo magnetico, prodotto da un cavo interrato, sono: distanza tra le fasi, profondità di posa, geometria di posa e le correnti indotte dal campo magnetico stesso nelle guaine metalliche.
Sostanzialmente ci sono tre modi diversi per posare un cavo interrato;
• posa piana: i tre cavi sono disposti in una linea orizzontale;
• a trifoglio: sono disposti uno vicino all'altro a 120°;
• a separazione di fasi: con l'ausilio di cinque cavi, la terra al centro e gli altri quattro messi in modo che ogni coppia di fasi abbia nel mezzo il cavo di terra.

Oltre alla disposizione si può introdurre anche uno schermo più o meno aperto che abbassa ulteriormente il campo magnetico in superficie.
Una indagine condotta a livello europeo sulla percezione sociale dei pericoli ambientali mostra i campi elettromagnetici come il fattore che ha maggiormente registrato un aumento di preoccupazione tra i cittadini.
La pubblicazione del Decreto Ministeriale 29 maggio 2008 per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti, attuativo del DPCM 8 luglio 2003, ha fornito gli strumenti per valutare in maniera univoca le ricadute sul territorio dovute all'inquinamento elettromagnetico a bassa frequenza.
La componente di maggior interesse sanitario è il campo magnetico, per i possibili effetti cronici. A livello internazionale i limiti di esposizione sono stati definiti in base agli effetti accertati di tipo acuto. È su questo principio che è stato ricavato il limite di esposizione per i campi magnetici a 50 Hz (frequenza di rete) di 100 μT, adottato nella normativa nazionale come limite di esposizione assoluto.

Il legislatore italiano ha adottato una politica cautelativa per tutelare la popolazione da eventuali effetti cronici dovuti a esposizioni di lunga durata all'interno di aree tutelate (aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi e scolastici, luoghi con permanenza superiore a 4 ore giornaliere), prevedendo una doppia regolamentazione: soglie di esposizione per luoghi da tutelare e fasce di rispetto, corridoi di sicurezza in grado di assicurare il rispetto di tali limiti.
Le soglie si suddividono a loro volta in due:
-valore di attenzione pari a 10 μT nel caso di luoghi tutelati gi à esistenti nei pressi di elettrodotti;
-obiettivo di qualità pari a μT3 nel caso di nuove installazioni di elettrodotti in corrispondenza delle medesime aree o, viceversa, in caso di nuovi insediamenti da tutelare in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti sul territorio.
La legge quadro 36/2001 definisce fasce di rispetto le aree all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, oppure un uso che comporti una permanenza superiore alle 4 ore (negozi, uffici, ...).
Il DM del 2008 ha meglio specificato tale definizione, precisando che per fasce di rispetto si deva intendere lo spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità pari a 3 μT
Per determinare le fasce di rispetto si deve impiegare la portata in corrente, grandezza che non è costante in quanto dipende dalla richiesta di energia elettrica e pertanto anche il campo magnetico può variare nel tempo. La determinazione operativa della fascia di rispetto è piuttosto complessa, e va effettuata per ogni campata della linea. Richiede una notevole mole di dati, oltre a sofisticati software di simulazione.
Il DM del 2008 ha pertanto previsto un regime semplificato e ampiamente cautelativo che prevede il calcolo della Distanza di Prima Approssimazione (DPA), definita per le linee come la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di legge per l'esposizione.
A differenza della fascia di rispetto, espressa come un volume, la DPA viene definita come una distanza, in modo tale che garantisca sempre l'ottemperanza dei limiti derivanti dalla fascia di rispetto. Questo comporta un vincolo su maggiori porzioni di territorio ma permette di valutare più rapidamente l'esistenza di punti di conflitto fra elettrodotto ed edifici.
Il progetto proposto consta nella realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica tramite una centrale idroelettrica; l'impianto è costituito dai seguenti elementi principali che, avendo parti in tensione, possono dar luogo all'emissione di onde elettromagnetiche:

1) **Cavidotti interrati per il collegamento dei generatori alla cabina di consegna (cavi a 680 V);**

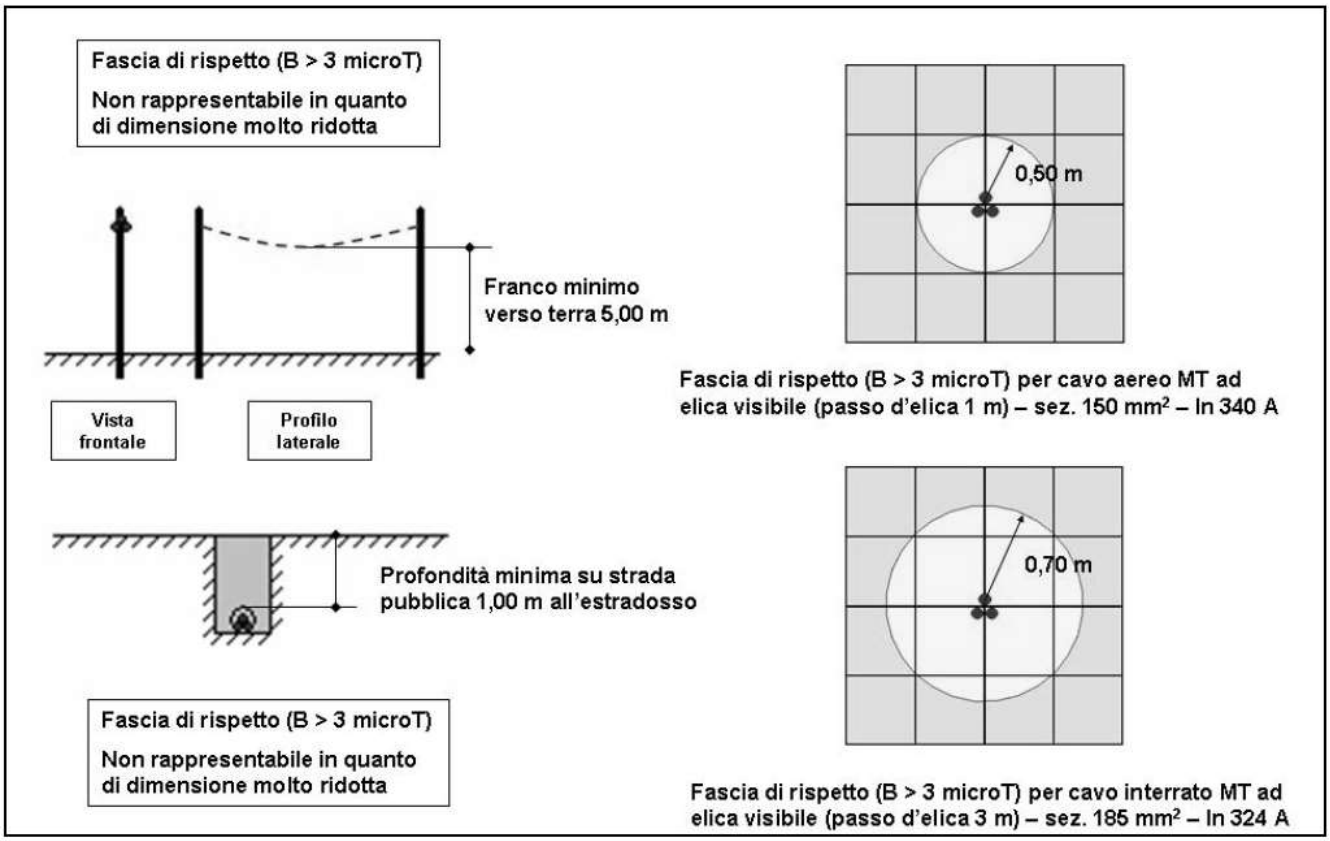
2) **Cavidotti interrati per il collegamento della cabina di consegna alla cabina di sezionamento (cavi a 15 kV).**

Le cabine in Media Tensione sono caratterizzate da valori di campo elettrico ed induzione magnetica che dipendono – oltre che dall'intensità di corrente di esercizio – dagli specifici componenti (sezionatori di sbarra, interruttori, trasformatori, etc.) presenti nella cabina stessa.
I valori più elevati del campo elettrico sono attribuibili al funzionamento dei sezionatori di sbarra (1.2-5.0 kV/m), mentre il valore più elevato di induzione magnetica è registrabile in corrispondenza

dei trasformatori (6.0-15.0 µT). Le cabine in Media Tensione, quindi, sono caratterizzate da valori di induzione magnetica e di campo elettrico inferiori ai limiti normativi vigenti.
L'impianto genera campi elettromagnetici per la presenza di collegamenti elettrici; la scelta di utilizzare cavi schermati e di realizzare linee elettriche interrate, associata alla localizzazione dei tracciati interni al perimetro dell'impianto, anche con riferimento alla linea MT tra le cabine di consegna e la cabina di sezionamento, tutte distanti da luoghi ove si può prevedere la presenza prolungata di persone, porta ad escludere impatti sulla salute della popolazione.
La rete di connessione tra le varie apparecchiature dell'impianto è interamente interrata e consta in: cavi in BT per la connessione dal generatore alla cabina di consegna. Le linee interrate sono costituite da terne trifase con cavo interrato cordato ad elica, sistemate in apposito alloggiamento sotterraneo; ciò consente di avere campi elettrici assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i cavi ed all'effetto schermante del terreno.
Per quanto riguarda l'impianto idroelettrico, lo stesso non si configura come luogo dove si prevede la permanenza delle persone per periodi superiori alle 4 ore giornaliere.
Nel caso delle apparecchiature elettriche, la scelta effettuata garantisce inoltre la loro certificazione di rispondenza alle norme CEI relative alla compatibilità` elettromagnetica
Per quanto riguarda il cavidotto MT di collegamento alla cabina di sezionamento, in tale sede ci si limita ad evidenziare che il tracciato segue, per tutto lo sviluppo, la viabilità esistente e che in linea generale, la soluzione interrata, consente di escludere possibili ricadute con riferimento alla vicinanza ad abitazioni o luoghi di permanenza prolungata delle persone.

6 Fasce di rispetto campo elettrico

Per "fasce di rispetto" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.
Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT, sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.
In riferimento al Decreto Ministeriale Ambiente in Supplemento ordinario GU n 160 del 5 luglio 2008 su fasce di rispetto per gli elettrodotti, ***la distanza di prima approssimazione*** (Dpa) e quindi la fascia di rispetto dell'impianto di rete e dell'impianto utente per la connessione (stazioni elettriche), ricade all'interno dell'area di pertinenza degli impianti.
La distanza (Dpa) e quindi la fascia di rispetto è pari a circa 6 m e quindi rientra nella (Dpa) degli impianti.
Il calcolo delle DPA per quanto riguarda tutti i cavi, interrati in cavo cordato ad elica , si fa riferimento al par. 3.2 del dm 29/05/2008, per il quale dette linee sono escluse dal calcolo delle DPA.
La figura riprodotta di seguito riporta le Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con il modello tridimensionale "Elico" della piattaforma "EMF Tools", che tiene conto del passo d'elica.

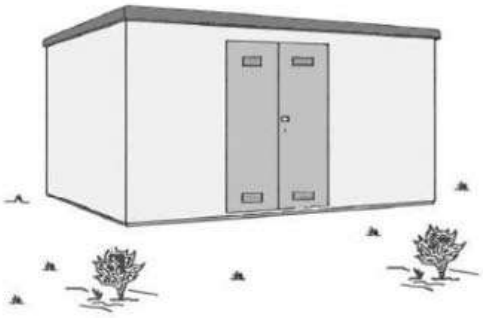


Il calcolo delle DPA per la cabina di consegna MT/BT di trasformazione è stato preso dal documento ENEL: Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" a cui si fa riferimento per il calcolo della DPA.
Per quanto riguarda la cabina di sezionamento MT, che non contiene trasformatori MT/bt, la DPA è da considerarsi compresa all'interno della cabina stessa.
Le DPA, di cui agli allegati A e B della Linea Guida, sono state simulate ed elaborate con il software EMF Tools v. 3.0 del CESI, che raccoglie, in unica piattaforma diversi moduli di calcolo dei campi elettrici e magnetici, associabili alle varie tipologie di sorgenti esistenti (EMF v. 4.06, CEMCabine v. 1.0, Fasce v. 1.0, ecc.). La modellizzazione delle sorgenti fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed è bidimensionale per le linee elettriche e tridimensionale per le cabine elettriche.
Per la determinazione delle DPA si è fatto riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto.
Le DPA per linee aeree ed interrate di AT, per linee aeree di MT e per le cabine elettriche, fa riferimento alle seguenti teste dei sostegni e configurazioni elettriche:

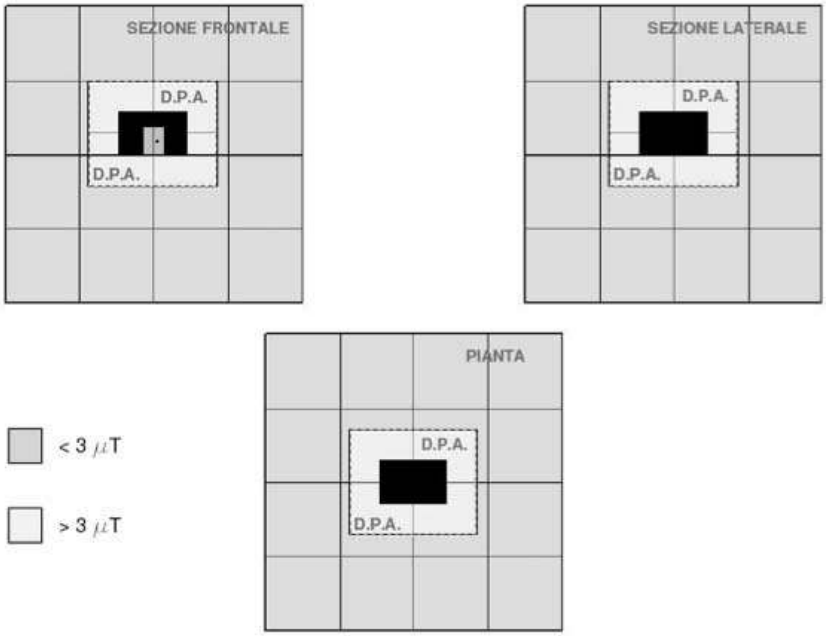
- B 10. Cabina secondaria di tipo "box" o similari, alimentata in cavo sotterraneo (15/20 kV).

Cabina secondaria di tipo box o similari, alimentata in cavo sotterraneo Scheda B10	Dimensioni mediamente di (4,0 x 2,4) m – altezze di 2,4 e 2,7 m ed unico trasformatore		Trasformatore 250 KVA	1,5	B10a
			Trasformatore 400 KVA	1,5	B10b
			Trasformatore 630 KVA	2	B10c

B10 – CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO – TENSIONE 15 KV O 20 KV



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



DIAMETRO DEI CAVI (m)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (KVA)	CORRENTE (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
Da 0,020 a 0,027	250	361	1,5	B10a
	400	578	1,5	B10b
	630	909	2,0	B10c

7 Conclusioni

In tema di protezione della popolazione delle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati da reti e manufatti in tensione, gli interventi edilizi sono disciplinati dal DPCM 8 luglio 2003 s.m.i. e dal DM 29 maggio 2008 s.m.i.. un tale quadro normativo non trova però applicazione ai fini della realizzazione di un impianto idroelettrico, non solo perché i limiti di esposizione fissati dal suddetto DPCM non si applicano a lavoratori esposti per ragioni professionali, ma soprattutto in quanto l'intervento in esame non consta di fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza superiori a quattro ore giornaliere consecutive di persone e/o animali.
In particolare, lungo il tracciato del cavidotto interrato a 15 kV (profondità > 1 metro), così come in prossimità anche delle cabine, nell'attuale assetto del territorio preso a base del progetto non sono presenti costruzioni di tipo abitativo o di altro genere in cui si prevede una permanenza superiore alle 4 ore giornaliere consecutive. In merito, infine, all'eventuale presenza di personale entro l'area di progetto, questa è prevista solo in sede di interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria di durata non superiore a 3 ore consecutive giornaliere.
Pertanto si può concludere che:

- per quanto riguarda le DPA dalle cabine di trasformazione MT/BT che contengono trasformatori, essendo queste inferiori a 2 m, risultano sempre ricomprese all'interno delle recinzioni dell'impianto, e dunque non interessano luoghi adibiti a permanenze di persone e/o animali superiori a 4 ore giornaliere consecutive.
- per quanto riguarda le linee MT, essendo tutte in cavo interrato cordato ad elica, non è necessario il calcolo delle DPA.