

**IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE ALLA TENSIONE DI 20 kV  
PER UNA POTENZA IN IMMISSIONE DI 17,97 MW  
Connessione alla rete MT di e-distribuzione per Cessione Totale per un  
impianto di produzione da fonte Solare per una potenza in immissione  
richiesta di 17,97 MW sito nel Comune di Latina (LT), Strada Provinciale  
054 KM**

**PROGETTO DEFINITIVO**

DENOMINAZIONE ELABORATO:

**RELAZIONE TECNICA OPERE DI RETE**

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progettazione	Cod. Rintracciabilità	Tipo docum.	N° elaborato	N° foglio	Tot. fogli	NOME FILE	DATA	SCALA
<b>PD</b>	<b>T0737713</b>		<b>01</b>			Relazione tecnica opere di rete	Marzo '21	

REVISIONI

REV	REV	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

Progettazione

**Ing. Gennaro Gigli**

PROGETTAZIONI CIVILI ED INDUSTRIALI

STUDIO TECNICO  
Via XXIV Maggio, 15  
04014 PONTINIA (LT)



ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI LATINA N°435

Gestore Rete Elettrica

**e-distribuzione Spa**

Infrastrutture e Reti Italia  
Area Nord Ovest

Sviluppo Rete - PRF Centro PL Torino  
Via Salvo d'Acquisto, 4  
13900 Biella (Bi)

Richiedente

**Nextpower Development Italia S.r.l.**

Sede legale in Milano (MI)

Via San Marco 21

Partita IVA 11091860962

npditalia@legalmail.it

NextPower Development Italia S.r.l.  
Via San Marco 21  
20121 Milano  
P. IVA - C. F. 11091860962

## 1. PREMESSA

Il presente elaborato è relativo al progetto delle opere di connessione alla rete di distribuzione dell'energia elettrica esercita in media tensione dell'impianto di produzione da fonte solare sito nel Comune di Latina.

Nel documento sono descritte le caratteristiche generali delle opere necessarie per il collegamento alla rete di distribuzione locale in media tensione del lotto di impianti di produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica di cui sopra avente potenza massima in immissione pari a 17,97 MW.

L'istanza di autorizzazione è finalizzata all'ottenimento dell'autorizzazione e all'esercizio dell'impianto fotovoltaico di "NextPower Development Italia S.r.l.", completo delle opere di connessione alla rete elettrica di distribuzione.

In conformità con quanto stabilito dal D.Lgs. 387/2003, art.12, comma 3, l'iter autorizzativo sarà unico e, se ottenuto, il provvedimento finale di rilascio dell'autorizzazione all'installazione ed all'esercizio dell'impianto fotovoltaico sarà comprensivo dell'autorizzazione alla realizzazione ed all'esercizio delle opere di rete (porzione di impianto compreso tra il punto di inserimento sulla rete esistente ed il punto di connessione e consegna).

Il Richiedente NextPower Development Italia S.r.l. Milano (MI) Partita IVA 11091860962, in conformità a quanto stabilito dal Testo Integrato delle Connessioni Attive, all'accettazione del preventivo si è avvalso della facoltà di:

curare in proprio tutti gli adempimenti connessi alle procedure autorizzative necessari per l'impianto di connessione;

di realizzare in proprio l'impianto di rete per la connessione che una volta completato e collaudato verrà ceduto ad e-distribuzione S.p.A.

Nella Determina Dirigenziale dovrà pertanto essere espressamente indicato che l'autorizzazione della parte relativa all'impianto di rete sarà a favore di e-distribuzione S.p.A. in quanto proprietario e gestore dell'impianto di rete stesso. Infatti una volta realizzati gli impianti di connessione entreranno a far parte della rete elettrica di distribuzione nazionale e saranno pertanto gestiti ed eserciti da e-distribuzione S.p.A..

Per quanto sopra riportato, all'impianto di rete per la connessione non potrà essere imposto l'obbligo di ripristino dello stato dei luoghi in caso di cessazione dell'impianto di produzione.

Per l'autorizzazione alla costruzione e l'esercizio dell'impianto di rete per la connessione, dovranno essere acquisiti tutti i provvedimenti richiesti dalla legge ai fini della cantierabilità, tra i quali gli adempimenti richiesti dalla normativa statale, regionale e/o dai regolamenti locali.

L'impianto di rete per la connessione sarà pertanto:

- autorizzato a: NextPower Development Italia S.r.l. Partita IVA 11091860962 all'interno dell'istanza di autorizzazione unica D.Lgs. 387/2003;
- costruito da NextPower Development Italia S.r.l. Partita IVA 11091860962 e successivamente ceduto a e-distribuzione S.p.A., come indicato nell'accettazione del preventivo di connessione;
- inserito nel perimetro della rete di distribuzione nazionale;

- gestito ed esercito da e-distribuzione S.p.A.

## **2. GENERALITA'**

La presente relazione indica i criteri per la realizzazione dell'impianto di rete e di utenza in riferimento all'impianto di produzione di energia elettrica attraverso fonte fotovoltaica, da realizzarsi nel Comune di Latina (LT), da connettere alla rete MT di ENEL Distribuzione SpA. presso la cabina denominata "Pontina ZI".

L'impianto, nel suo complesso, può essere suddiviso nelle seguenti sezioni:

- Parco fotovoltaico

Realizzato e costituito da tre lotti, rispettivamente:

Lotto 1 da 7002 KW

Lotto 2 da 6855 kw

Lotto 3 da 7708 kw

- Cavidotto interrato MT di collegamento tra il parco e la cabina utente

L'energia prodotta dal parco fotovoltaico è trasmessa verso la rete, attraverso un cavidotto interrato esercito alla tensione nominale di 20 kV. Tale cavidotto si sviluppa all'interno del Comune di Latina.

- Cabina di consegna e cabina utente

Prima di essere immessa in rete, l'energia transita attraverso la cabina utente e successivamente attraverso la cabina di consegna. Queste due cabine saranno ubicate esternamente ed in adiacenza alla cabina "Pontina ZI" di proprietà di Enel Distribuzione Spa, situata nel Comune omonimo. Le suddette cabine saranno installate all'interno del Foglio 264– Particelle 24,32,187 – Comune di Latina (LT).

- Collegamento Mt tra la cabina di consegna ed il quadro MT della cabina "PONTINA ZI"

L'energia prodotta dal campo fotovoltaico viene immessa in rete attraverso una linea dedicata esercita a 20 kV, di lunghezza complessiva 3,5 km circa, che collega la Cabina di Consegna al quadro MT della cabina "Pontina ZI".

- Punto di consegna dell'impianto

La connessione in antenna alla rete di distribuzione MT 20 kV mediante stallo dedicato, costituente l'impianto di rete, si realizza attraverso una nuova linea afferente alle sbarre del Quadro MT esistente della "Pontina ZI", di proprietà di ENEL Distribuzione S.p.A.

Il Punto di consegna è ubicato nell'impianto di rete per la connessione ed è definito dai morsetti a valle del dispositivo di sezionamento di ENEL Distribuzione che alimenta l'impianto Utente, cui si attesta il terminale del cavo di collegamento; esso costituisce il confine funzionale e di proprietà tra impianto di rete

per la connessione, di competenza di ENEL Distribuzione, e impianto di utenza di competenza dell'Utente. Nelle tavole grafiche allegate al progetto è riportata l'ubicazione della cabina di consegna, della cabina utente e del punto di connessione alla rete di Enel Distribuzione.

Per quanto riguarda l'inquadramento dell'opera nel territorio risulta che dal punto di vista:

Urbanistico: il sito ricade in zona rurale "H" Aree a prevalente copertura di seminativi estensivi ed intensivi;

Geologico: l'area di intervento è localizzata nel foglio 159 "Frosinone" della Carta Geologica d'Italia e fa parte della Pianura Pontina;

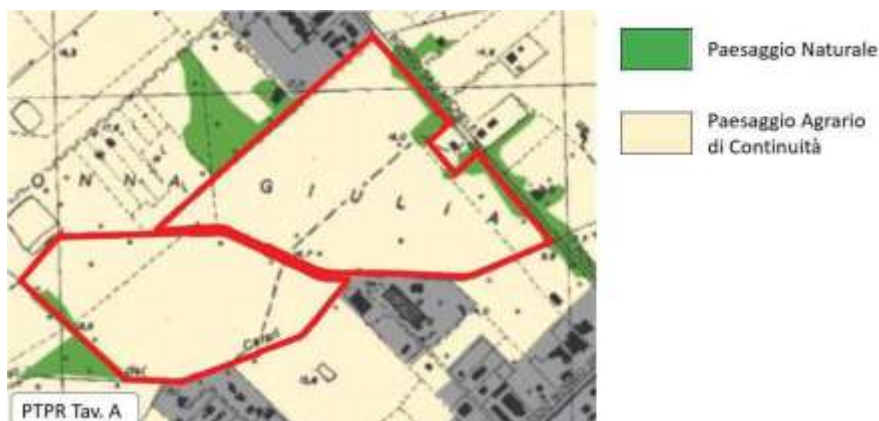
Idrologico: il terreno di ubicazione dell'impianto ricade nel Bacino Rio Martino di competenza dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio; su di esso non insistono aree sottoposte a pericolo di inondazione di cui ai codici A,B e C del Piano di Assetto Idrogeologico;

Sismico: il sito ricade in zona sismica 3. Si riportano nello schema riassuntivo i dati estesi riguardanti i parametri di pericolosità sismica del sito in esame

"Stato Limite"	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
Operatività	30	0.030	2.550	0.232
Danno	50	0.035	2.586	0.280
Salvaguardia Vita	475	0.065	2.805	0.433
Prevenzione Collasso	975	0.077	2.909	0.511

Ambientale: sul sito non insistono Sic, Zps e Aree Protette;

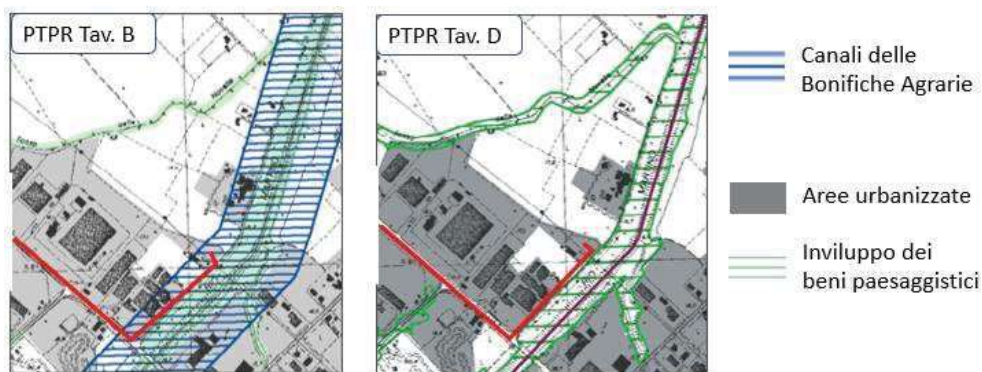
Ai sensi della Tavola A del PTPR 2021, la maggior parte dell'area interessata dall'impianto è classificata Paesaggio Agrario di Continuità. In tali aree la realizzazione di impianti fotovoltaici è consentita previo accertamento di compatibilità in sede di Autorizzazione Paesaggistica.



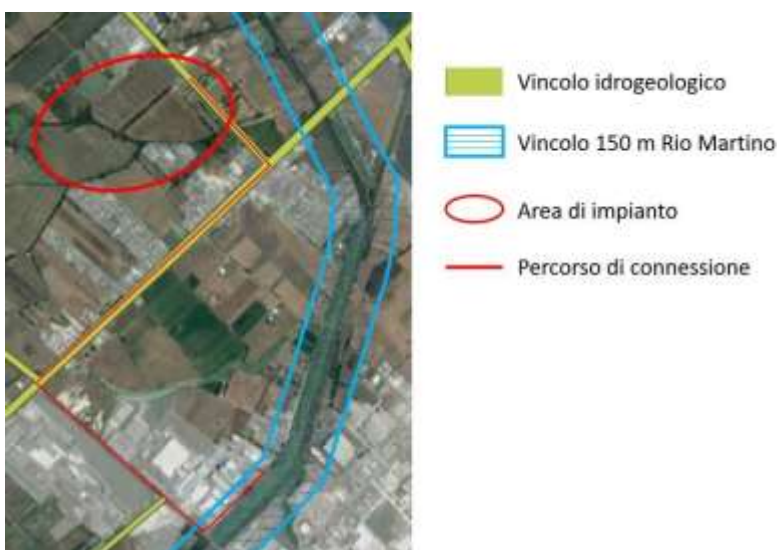
Osserviamo inoltre che la stessa Tavola A individua, all'interno del sito di impianto, alcune piccole

estensioni di aree classificate come Paesaggio Naturale, mentre la Tavola B del PTPR 2021 classifica queste stesse aree come Aree boscate, soggette a vincolo paesistico. Ai sensi delle norme del PTPR, in tali aree non è consentita la realizzazione di impianti FV per cui, nella redazione del layout di progetto, esse sono state lasciate libere.

Osserviamo infine che il cavidotto interrato e il punto di immissione in rete presso l'esistente Cabina Primaria di Enel ricade, secondo la Tavola B del PTPR, entro la fascia di 150 m dai "Canali delle Bonifiche Agrarie", per via della presenza del Rio Martino (si veda immagine seguente). Secondo l'art. 46 delle Norme Tecniche del PTPR, le aree urbanizzate non sono comprese tra i "beni paesaggistici" relativi ai canali di bonifica, anche se ricadenti all'interno dell'area di rispetto. Questa indicazione è confermata dalla tavola D del PTPR, che identifica l'area di interesse come urbanizzata e la esclude dall'inviluppo dei beni paesaggistici.



Idrogeologico: l'area destinata all'impianto non è soggetta a tale vincolo ai sensi del Regio Decreto 3267/1923. Il percorso delle opere di connessione interessa invece alcune strade soggette a vincolo idrogeologico (vedi immagine seguente); non è previsto l'insorgere di rilevanti criticità da un punto di vista tecnico.



Possiamo concludere dicendo che il sito non ricade in area vincolata.

Oltre all'aspetto vincolistico, il sito è stato selezionato sulla base di diversi fattori quali la sua producibilità, la possibilità di accesso durante la fase di cantiere, la possibilità di allacciamento degli impianti alla rete di distribuzione/trasmissione dell'energia elettrica generata, in modo da minimizzare gli impatti derivanti dalla realizzazione di nuove linee di interconnessione e di impianti di trasformazione.

Per quanto riguarda la rappresentazione e localizzazione dell'area in oggetto all'interno delle varie cartografie (PTPR, PAI, PRG ecc) si fa riferimento alle tavole di progetto.

### **3. CARATTERISTICHE TECNICHE**

#### **3.1 Generalità**

La cabina di consegna ubicata nel Comune di Latina (LT), sarà predisposta per essere asservita all'impianto di produzione ubicato nel territorio del Comune di Latina (LT).

Detta cabina di consegna esercita a 20 kV sarà collegata alle sbarre del quadro MT dell'esistente cabina Enel Pontina ZI , attraverso un nuovo cavidotto costituito da un cavo interrato 3x1x185 mm<sup>2</sup> 20 kV, con conduttore in alluminio di lunghezza complessiva 3,5 km.

La cabina di consegna sarà conforme alla specifica Enel DG2092 Ed. 03 – Settembre 2016 e pertanto costituita da due locali distinti:

In posizione adiacente alla cabina di consegna sarà installata la cabina utente, con accesso riservato alla società richiedente, contenente le apparecchiature di protezione e manovra, costituite dal dispositivo generale "DG" e dal dispositivo d'interfaccia "DI" per la connessione dell'impianto utente, il trasformatore ed il quadro dei servizi ausiliari SA.

La cabina di consegna sarà collegata elettricamente alla cabina utente attraverso un cavo il più corto possibile (massimo 20 m) di sezione 95 mm<sup>2</sup> di rame, con tensione nominale 20 kV allestito dal Cliente.

Il posizionamento catastale della cabina di consegna e della cabina utente è riportato nelle tavole grafiche allegate.

I dati generali utilizzati per il dimensionamento dell'impianto sono riportati nella tabella che segue:

## **3.2 Caratteristiche elettromeccaniche**

### **3.2.1 Collegamento in antenna tra la cabina di consegna e la C.P. “Pontina ZI”**

All'interno dell'edificio quadri MT dell'esistente cabina Enel “Pontina Zi”, sarà allestito dall'Enel Distribuzione con onere a carico del produttore, un nuovo scomparto per la realizzazione del collegamento in antenna con la cabina di consegna. Tale scomparto MT sarà del tipo in lamiera zincata, con porte e pannelli frontali verniciati in grigio RAL 7035, conforme alle seguenti norme e disposizioni di legge:

IEC 298 – 1990

CEI 17-6 fascicolo 2056

CENELEC HD 187 S5

D.P.R. 547 e vigenti norme antinfortunistiche.

Tale scomparto sarà del tipo a tenuta di arco interno, al fine di garantire ulteriormente la sicurezza del personale, inoltre, sarà predisposto con interblocchi di sicurezza che garantiscono la sicurezza delle manovre.

All'interno del suddetto scomparto alloggeranno le apparecchiature MT necessarie per l'esercizio dell'impianto, che saranno conformi ai disegni unificati Enel.

Le prescrizioni per il collaudo d'accettazione sono contenute nel documento Enel DY1674.

Il suddetto collegamento interrato avverrà con un cavidotto posato su strada asfaltata (3400 m circa) e su terreno naturale (82 m circa) un'altra parte, e sarà realizzato, in conformità al preventivo di connessione emesso, con cavo conforme alla seguente specifica di unificazione di Enel Distribuzione:

DC4385/2 matricola 332284, cavo 3x1x185 mm<sup>2</sup> tripolare cordato ad elica visibile per posa interrata con conduttore in alluminio, isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo d'alluminio e guaina in PE.

DC 4677/2 matricola 359051, cavo a fibre ottiche multifibre, dielettrico, tamponato, per posa in tubazione, a 24 fibre sigla TOS4 24 4 (6SMR) T/EKE.

### 3.2.1.1 Prescrizioni tecniche per la posa interrata del cavo MT.

#### Sollecitazioni meccaniche

Le prescrizioni contenute nella norma CEI 11-17 Ed.III art. 4.3.04 riportano le regole da rispettare durante l'attività di posa del cavo. Esse definiscono che le sollecitazioni di trazione da imporre al cavo durante la posa, devono essere applicate non ai rivestimenti protettivi di cui è dotato il cavo stesso, bensì unicamente ai conduttori. Per un conduttore in alluminio di sezione 3x1x185 mm<sup>2</sup> lo sforzo di trazione massimo consentito non deve essere superiore ai seguenti valori:

$$50 \text{ N/mm}^2 \square 27750 \text{ N}$$

Pertanto quando la posa del cavo viene eseguita mediante un argano idraulico occorrerà prevedere l'utilizzo di un dispositivo dinamometrico per l'impostazione ed il controllo del tiro, nonché un freno ad intervento automatico. Inoltre durante l'applicazione di tale sollecitazione di trazione, occorre prevedere l'utilizzo di sistemi che possano impedire rotazioni del cavo intorno al proprio asse. Pertanto per realizzare la posa conformemente a tale prescrizione, occorrerà interporre tra la testa del conduttore del cavo e la fune di tiro, un dispositivo d'ancoraggio realizzato attraverso un giunto snodabile, indispensabile per evitare che sul cavo si trasmetta la sollecitazione di torsione che si sviluppa sulla fune traente.

#### Raggi di curvatura

L'articolo 4.03.03 della norma CEI 11-17 Ed.III, riporta il valore dei raggi di curvatura minimi da rispettare nella posa del cavo, per impedire l'insorgere di deformazioni permanenti al cavo stesso che possano compromettere l'affidabilità in esercizio. Indicato con D=diametro esterno del cavo, per la formazione in oggetto 3x1x185 mm<sup>2</sup> il valore minimo del raggio di curvatura, misurata sulla generatrice interna dei cavi, da rispettare nella posa è:

$$14D \square 0,70 \text{ m}$$

In cui D è il diametro esterno del cavo. Nel caso di cavi multipolari costituiti da più cavi unipolari cordati ad elica visibile il diametro D da prendere in considerazione è quello pari a 1,5 volte il diametro esterno del cavo unipolare di maggiore diametro. La sezione del cavidotto è riportata nella tavole grafiche allegate, le principali proprietà sono le seguenti:

Posa: cavidotto interrato in strada asfaltata pubblica e su terreno naturale (strada sterrata privata);

Tipologia di posa: in tubo protettivo interrato (N – CEI 11.17);

Cavo: Tripolare ad elica visibile (E1 – CEI UNEL 35027)

Profondità di posa: CEI 11.17



### **3.2.2 Cabina di consegna – locale consegna**

Il locale consegna conterrà gli scomparti conformi alla “Guida per la connessione alla rete elettrica di Enel Distribuzione” ed al progetto di unificazione di Enel Distribuzione. Essi saranno del tipo N° 1 scomparto linea “SL” che collega la suddetta cabina di consegna alla CP “Pontinia ZI” e N°1 scomparto “SC” di partenza per il cavo MT d’alimentazione dell’impianto d’utente. Tali scomparti saranno conformi alle seguenti specifiche di Enel Distribuzione:

Scomparto linea “SL”: ENEL DY 900 – matricola 162105

Scomparto consegna “SC”: Enel DY 808 – matricola 162032

Lo scomparto linea DY 900 sarà equipaggiato con i seguenti componenti elettrici:

Interruttore isolato in vuoto, a comando elettrico motorizzato;

Sezionatore isolato in SF6;

$I_k=16kA$

Tale scomparto, inoltre, sarà equipaggiato con il dispositivo di Rilevatore di Guasto Direzionale e di Assenza di Tensione (RGDAT), interconnesso all’UP, Unità periferica di telecontrollo, elemento necessario per l’implementazione dell’algoritmo di controllo dello stato, monitoraggio guasti e gestione automatica del telecontrollo della rete MT di Enel Distribuzione.

Lo scomparto consegna DY 808, conterrà i TV e TA necessari al funzionamento del sistema di misura dell’energia elettrica scambiata con la rete (contatore M1).

Il locale consegna è ceduto dal proponente in uso esclusivo e a titolo gratuito ad Enel Distribuzione fino a quando resterà in essere il collegamento elettrico. In detto locale Enel potrà installare tutte le apparecchiature e gli organi di manovra, da considerarsi asservite all’impianto di Rete per la connessione, ritenute necessarie al corretto funzionamento del nodo di connessione e al collegamento dell’impianto d’Utente anche in relazione alle evoluzioni tecnologiche.

### **3.2.3 Cabina di consegna – locale misure**

Il locale misure inserito nella cabina di consegna, contiene l’insieme delle apparecchiature indicate con M1 (Contatore di energia di scambio).

I TA e TV per il rilievo delle grandezze per M1, sono quelli appartenenti al progetto di unificazione di Enel. Il contatore M1 dovrà essere fornito completo di sistema per la tele-lettura in accordo alle specifiche di Enel Distribuzione; inoltre tale contatore sarà sottoposto al regime UTF per la certificazione dell’Agenzia delle Dogane.

### 3.2.4 Cavidotto interrato dell'impianto di utenza

In tale paragrafo si tratta il cavidotto interrato esercito a 20 kV collegante lo scomparto di media tensione della cabina utente al parco fotovoltaico (impianto di utenza).

#### 3.2.4.1 Dimensionamento elettrico

Nel seguito si elencano i parametri elettrici del suddetto collegamento elettrico:

Cavo: 3x1x185 mm<sup>2</sup> ARE4H1RX - 12/20 kV

Tipologia del sistema: trifase;

Frequenza: 50 Hz;

Tensione nominale: 20 kV;

Tensione massima del sistema: 24 kV;

Massima durata permessa di funzionamento per ogni singolo caso di funzionamento con una fase a terra, per ciascun guasto a terra: Categoria A fino ad 8 ore;

Tensione nominale di riferimento per l'isolamento a frequenza d'esercizio tra un conduttore isolato qualsiasi e la terra:  $U_0 = 12$  kV;

Modalità di posa: in tubo interrato – N (CEI 11.17)

Per la determinazione della portata del cavo si è fatto riferimento alla seguente condizione operativa definita dalla norma CEI - Unel 35027:

Profondità Posa: 0,8 m

Temperatura del terreno di riferimento: 20°C

Resistività termica del terreno: 1,5 Km/W

La modalità di posa impiegate nel suddetto calcolo relativamente alla sezione MT è quella standard indicata con E1 ed E2: cavo tripolare posato dentro un tubo il cui diametro esterno sarà  $\Phi=160$  mm (superiore a 1,5 volte il diametro del cavo circoscritto).

La norma CEI EN 35027 definisce i criteri per la determinazione della portata dei cavi di energia con tensione nominale da 1kV a 30 kV.

La formula per il calcolo della portata è la seguente (CEI EN 35027):

$$IZ = I_0 = k$$

$$k = k_{tt} \times K_d \times K_p \times K_r$$

$I_0$  = Portata definita dalle tabelle della norma CEI EN 35027, corrispondente a specificate condizioni di posa interrata;

$K$  = coefficiente correttivo che tiene conto dell'effettiva condizione di posa  $K_{tt}$  = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da 20 °C;

Kd= coefficiente di correzione per spaziatura 250 mm piuttosto che 70 mm, valido per cavi direttamente interrati;

Kp = coefficiente di correzione per valori di profondità di posa differenti da 0,8m

Kr= coefficiente di correzione per valori di resistività termica del terreno differenti da 1,5 Km/W

In merito alla profondità di posa si rileva che la portata definita dalle tabelle della CEI 35027 si riferisce ad un valore di 0,8m, assumendo come riferimento il centro del tubo. Il cavidotto in oggetto è realizzato attraverso sezioni di scavo la cui composizione e dimensione dipende dal tipo di strada su cui è installato (vedi tavole grafiche allegate). Considerato che il diametro del tubo è 160 mm, si configurano due casi:

Strada sterrata privata: profondità scavo – 1.30m □ quota centro tubo = -1.18m;

Strada asfaltata pubblica: profondità scavo -1.3m □ quota centro tubo = -1.18m.

In corrispondenza di un tratto di collegamento realizzato in parte su strada asfaltata pubblica ed in parte su strada sterrata privata, si considera come quota del centro tubo il valore -1.18 che comporta la riduzione di portata complessiva del tratto, calcolo a favore della sicurezza.

Il calcolo della sezione del cavo MT dell'impianto di utenza è realizzato nel soddisfacimento dei seguenti punti:

Verifica della portata

Verifica della massima caduta di tensione

Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il corto circuito

Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il sovraccarico

#### Verifica della portata

Il valore della corrente nominale sul lato MT di ciascun componente il parco fotovoltaico è:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = \frac{3000000}{\sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 0,95} = 91,2A$$

Si è assunto un fattore di potenza 0,95.

Pertanto si considera come valore della corrente d'impiego il valore  $I_B=91,2A$

Pertanto la verifica della portata è soddisfatta.

Verifica della massima caduta di tensione

Per il calcolo della caduta di tensione lungo la linea si è utilizzata la seguente formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_B \cdot (R_L \cos \varphi + X_L \sin \varphi)$$

dove:

$\Delta V$ : caduta di tensione [V] L:

lunghezza della linea [km]  $I_B$ :

corrente di impiego [A]  $\cos \varphi$ :

fattore di potenza

$R_L$ : resistenza del cavo elettrico [ $\Omega/km$ ]  $X_L$ : reattanza del cavo elettrico [ $\Omega/km$ ]

In valore percentuale la caduta di tensione è stata calcolata come:

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100$$

$V_n$  : Tensione nominale del sistema = 20000 V

In base al dimensionamento eseguito emerge che il valore percentuale della caduta di tensione totale della linea MT di collegamento tra il parco fotovoltaico e le sbarre della cabina utente, è contenuto al di sotto del valore massimo fissato al valore del 4%, valore limite ritenuto accettabile in relazione al servizio, come richiesto dalla norma CEI 11.17.

In seguito al calcolo della caduta di tensione si procede anche alla verifica delle perdite elettriche associate al suddetto collegamento elettrico. A tale scopo si adotta la seguente relazione:

$$P_{joule} = 3 \cdot R_L \cdot I_B^2 \cdot L$$

dove:

$P_{joule}$ : perdite joule [W]

RL: resistenza elettrica della linea [ $\Omega/\text{km}$ ] L: lunghezza della linea [km]

IB: corrente d'impiego del tratto [A]

In valore percentuale, si ottiene :

$$P_{joule} \% = \frac{P_{joule}}{P_{trasmessa}} \cdot 100$$

Si fa riferimento alla massima potenza che l'impianto può trasferire ossia 22445 kW.

Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il corto circuito

La sezione del conduttore viene scelta in maniera tale che la temperatura raggiunta dal conduttore per effetto della sovracorrente non sia dannosa, come entità e durata, per l'isolamento o per gli altri materiali con cui il conduttore è in contatto o in prossimità.

Qualora la sovracorrente sia praticamente costante e il fenomeno termico sia di breve durata (cortocircuito) in modo da potersi considerare di puro accumulo (regime adiabatico), il cavo risulta protetto se è soddisfatta la seguente relazione (integrale di Joule):

$$\int_0^{t_g} i^2 dt \leq K^2 S^2$$

$i$  = valore istantaneo della corrente di cortocircuito

$t_g$

$\int_0^{t_g} i^2 dt$  = energia specifica passante nel dispositivo di protezione

0

$t_g$  = tempo d'interruzione del guasto (tempo d'apertura dei contatti + tempo d'estinzione dell'arco elettrico) = 0,25 s

$S$  = Sezione del cavo

$K^2 S^2$  = energia ammissibile dal cavo (ipotesi di sistema adiabatico)

$K$  è una costante caratteristica del cavo. È un valore indicato dalle Norme (CEI 11-17) ed è stabilito in funzione della temperatura massima ammissibile di funzionamento del conduttore (90°C), della temperatura massima di cortocircuito per i diversi isolanti specificati nella Norma 11-17 (250°C) e del tipo di conduttore. Per un cavo isolato in EPR/XLPE, con conduttore in rame risulta  $K = 143$ , con conduttore in alluminio  $K=92$

Se tale disuguaglianza è soddisfatta, in corrispondenza del passaggio di una corrente di corto circuito all'interno del cavo, è rispettata la condizione di non superamento della temperatura massima ammissibile del cavo in corto circuito. Nell'ipotesi che il fenomeno abbia una durata superiore ad un decimo di secondo è sufficientemente verificata la seguente relazione:

$$I_{CC}^2 \cdot t_g \leq K^2 S^2$$

I<sub>cc</sub> = valore efficace della componente simmetrica della corrente di cortocircuito

L'espressione della corrente di cortocircuito rispetto alla quale deve essere eseguita la verifica della sezione del cavo è la seguente:

$$I_{cc} = I_{ccrete} + I_{ccutente}$$

La corrente di corto circuito è la somma di due termini: I<sub>ccrete</sub> è il contributo alla corrente di corto circuito dovuto alla rete MT presente a monte del punto di corto circuito, mentre I<sub>ccutente</sub> è il contributo dovuto all'impianto di produzione dell'utente a valle del punto di corto circuito.

Il termine I<sub>ccrete</sub> dipende dalle caratteristiche della rete MT a cui l'impianto di produzione si connette; per la verifica della sezione minima del cavo che soddisfa l'integrale di Joule si assume I<sub>ccrete</sub>=12,5 kA, cioè si assume il valore massimo caratterizzante la rete di media tensione (dato fornito da Enel Distribuzione). Tale ipotesi è sicuramente cautelativa, in quanto il valore reale di tale corrente risulterà certamente inferiore al valore ipotizzato, considerando l'effetto dell'abbattimento provocato dalle impedenze di linea, comprese tra il punto di alimentazione del generatore equivalente della rete MT ed il punto di partenza del cavo in oggetto.

$$E = \text{Tensione nominale di fase riportata sul lato MT} = 20000/\sqrt{3} \text{ [V]}$$

$$X_{eqgener} = \text{Reattanza equivalente del generatore} \text{ [\Omega]}$$

$$X_{TrasfBT \rightarrow MT} = \text{reattanza equivalente del trasformatore BT/MT} \text{ [\Omega]}$$

### 3.2.4.2 Prescrizioni tecniche per la posa del cavo MT

#### Sollecitazioni meccaniche

Le prescrizioni contenute nella norma CEI 11-17 Ed.III art. 4.3.04 riportano le regole da rispettare durante l'attività di posa del cavo. Esse definiscono che le sollecitazioni di trazione da imporre al cavo durante la posa, devono essere applicate non ai rivestimenti protettivi di cui è dotato il cavo stesso, bensì unicamente ai conduttori. Per un conduttore in alluminio di sezione  $3 \times 1 \times 185 \text{ mm}^2$  lo sforzo di trazione massimo consentito non deve essere superiore ai seguenti valori:

$60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow 33300 \text{ N}$

Pertanto quando la posa del cavo viene eseguita mediante un argano idraulico occorrerà prevedere l'utilizzo di un dispositivo dinamometrico per l'impostazione ed il controllo del tiro, nonché un freno ad intervento automatico. Inoltre durante l'applicazione di tale sollecitazione di trazione, occorre prevedere l'utilizzo di sistemi che possano impedire rotazioni del cavo intorno al proprio asse. Pertanto per realizzare la posa conformemente a tale prescrizione, occorrerà interporre tra la testa del conduttore del cavo e la fune di tiro, un dispositivo d'ancoraggio realizzato attraverso un giunto snodabile, indispensabile per evitare che sul cavo si trasmetta la sollecitazione di torsione che si sviluppa sulla fune traente.

#### Raggi di curvatura

L'articolo 4.03.03 della norma CEI 11-17 Ed.III, riporta il valore dei raggi di curvatura minimi da rispettare nella posa del cavo, per impedire l'insorgere di deformazioni permanenti al cavo stesso che possano compromettere l'affidabilità in esercizio. Indicato con  $D$ =diametro esterno del cavo, per la formazione in oggetto  $3 \times 1 \times 185 \text{ mm}^2$  il valore minimo del raggio di curvatura, misurato sulla generatrice interna dei cavi, da rispettare nella posa è:

$14D \square 1,07\text{m}$

In cui  $D$  è il diametro esterno del cavo. Nel caso di cavi multipolari costituiti da più cavi unipolari cordati ad elica visibile il diametro  $D$  da prendere in considerazione è quello pari a 1,5 volte il diametro esterno del cavo unipolare di maggiore diametro.

La sezione del cavidotto è riportata nella tavole grafiche allegate, le principali proprietà sono le seguenti:

Posa: cavidotto interrato in strada asfaltata pubblica e strada sterrata privata;

Tipologia di posa: in tubo protettivo interrato (N – CEI 11.17);

Cavo: Tripolare ad elica visibile (E1 ed E2 – CEI UNEL 35027)

Profondità di posa: CEI 11.17 e DLGS 30/4/92 n°285 e DPR 16/12/1992 n°495 (codice della strada)

#### Attraversamenti Ponti esistenti

Il percorso del cavidotto MT interrato (impianto di utenza) prevede l'attraversamento di un ponte individuato sulle planimetrie grafiche allegate al progetto.

Al fine di proteggere meccanicamente il cavidotto lungo lo sviluppo del suddetto attraversamento, i cavi saranno posati all'interno di tubazione in PEAD staffata al muretto laterale del ponte.



Le caratteristiche del tubo da impiegare per i suddetti attraversamenti sono: tubo corrugato a doppia parete tipo pesante diametro esterno 160 mm, resistenza allo schiacciamento CEI EN 50086-2-4/A1 (CEI 23-46, V1) 750N con deformazione diametro interno del 5%.

#### **4. OPERE CIVILI E IMPIANTI.**

##### **4.1 Cabina di consegna, cabina utente - caratteristiche dell'edificio**

L'edificio della cabina di consegna (locale consegna + locale misure) sarà realizzato mediante la soluzione in box prefabbricato, realizzato in conformità alla specifica Enel DG2092 Rev.02 – 2011.

La cabina utente e la cabina di consegna saranno realizzate anch'esse attraverso la soluzione di un box prefabbricato e rispetteranno per quanto applicabili le prescrizioni normative costruttive riportate nella specifica DG2092 Rev.02-2011; inoltre tali cabine devono risultare conformi alle prescrizioni della norma CEI 99-4.

I disegni riportanti i suddetti box prefabbricati costituenti la cabina di consegna, la cabina utente sono riportati nella tavole grafiche allegate al presente progetto.

##### **4.2 Cabina di consegna, cabina utente - Impianto Luce e F.M.**

In riferimento alla cabina di consegna, l'impianto di illuminazione interno sarà realizzato secondo quanto prescritto nella specifica Enel DG2092 Rev.02 – Luglio 2011.

In riferimento alla cabina utente l'impianto d'illuminazione sarà realizzato attraverso l'installazione di n° 4 plafoniere con lampade fluorescenti da 30 W, analoghe a quelle installate nel locale Enel.

L'accensione di tali lampade sarà comandato da un interruttore 16A

Inoltre la suddetta cabina sarà dotata di una presa interbloccata 2P+T ed una 3P+T entrambe da 16A e grado di protezione IP44.

##### **4.3 Impianto di terra**

###### **4.3.1 Impianto di terra della cabina di consegna e cabina utente**

L'impianto di terra della cabina di consegna e della cabina utente sarà progettato e costruito in conformità alla norma CEI 99-3.

In accordo alle prescrizioni Enel "Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione" e le norme CEI, l'impianto di terra della cabina di consegna e della cabina utente, presenterà una parte interna ed una esterna; esso sarà conforme alle prescrizioni tecniche della specifica Enel Distribuzione DG 2092-Rev.02.

###### Impianto Interno:

E' costituito dall'insieme dei collegamenti equipotenziali di tutte le apparecchiature elettromeccaniche

presenti all'interno della cabina ed anche ogni massa metallica estranea all'impianto. Il conduttore di terra adottato sarà una corda di rame nudo di sezione 35 mm<sup>2</sup> attestato attraverso capicorda a compressione. Connettori a compressione a "C" sono impiegati per realizzare i collegamenti equipotenziali delle masse metalliche al conduttore di terra ed il collegamento tra la rete interna e quella esterna della cabina.

#### Impianto Esterno:

In riferimento alla cabina di consegna ed utente, in accordo alle prescrizioni Enel "Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione" e alla norma CEI 99.3, esso è realizzato da un dispersore orizzontale costituito da una corda di rame sezione 35 mm<sup>2</sup>, installato ad una profondità di 0,5 m rispetto al piano del terreno e si sviluppa attraverso un anello chiuso intorno alla fondazione della cabina a distanza di 1 m da quest'ultima (anello semplice).

Ai vertici dell'anello il dispersore orizzontale è collegato attraverso appositi capicorda a compressione a due fori, ai paletti di terra verticali, costituiti da profilati in acciaio zincato a caldo con sezione a "T", di lunghezza 160 cm.

I dettagli realizzativi dell'impianto di terra sono indicati nelle tavole grafiche allegate.

In accordo alla CEI 99-3 si riporta la definizione delle principali grandezze caratterizzanti l'impianto di terra:

Tensione totale di terra UE: tensione tra un impianto di terra e la terra di riferimento;

Impedenza di terra ZE: impedenza ad una data frequenza, tra un punto specifico in un sistema o impianto o apparecchiatura e la terra di riferimento;

Tensione di contatto UT: tensione tra parti conduttrici quando vengono toccate simultaneamente;

Corrente di guasto a terra IF: corrente che fluisce dal circuito principale verso terra o verso parti collegate a terra, nel punto di guasto;

Corrente di terra IE: corrente che fluisce verso terra tramite l'impedenza collegata a terra

Dispersore di terra: parte conduttiva che può essere annegata in uno specifico mezzo conduttore (es. nel calcestruzzo), in contatto elettrico con il terreno;

Conduttore di terra: Conduttore che realizza un collegamento o parte di un collegamento conduttivo, tra un dato punto in un sistema, in un impianto, o apparecchiature ed un dispersore.

In accordo alla suddetta norma il dimensionamento dell'impianto di terra in riferimento al conduttore di terra ed al dispersore di terra, deve avvenire in accordo a tre requisiti tecnici:

Dimensionamento rispetto alla corrosione ed alle sollecitazioni meccaniche

Dimensionamento rispetto alla tensione di contatto

Dimensionamento rispetto al criterio termico

Dimensionamento rispetto alla corrosione ed alle sollecitazioni meccaniche

In merito al dispersore, essendo direttamente a contatto con il terreno, deve essere costruito con materiale in grado di sopportare la corrosione (aggressivi chimici o biologici, formazione di coppia elettrolitica, elettrolisi, etc.). Il dispersore deve resistere alle sollecitazioni meccaniche durante la sua installazione ed a quelle che si verificano durante il servizio ordinario. Le dimensioni minime dei dispersori sono indicate

nell'Allegato C della norma CEI 99-3, che si riporta nel seguito.

In merito invece ai conduttori di terra la suddetta norma fissa le seguenti dimensioni minime:

Rame: 16 mm<sup>2</sup>

Alluminio: 35 mm<sup>2</sup>

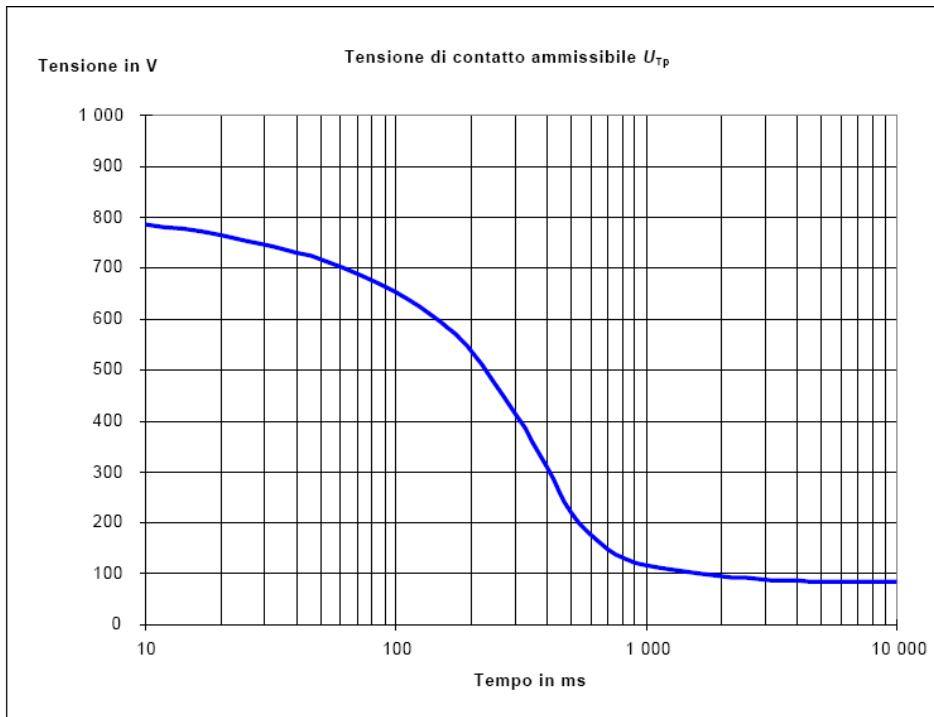
Acciaio: 50 mm<sup>2</sup>

### Materiale e dimensioni minime dei dispersori per garantirne la resistenza meccanica e alla corrosione

Materiale		Tipo di dispersore	Dimensione minima				
			Corpo			Rivestimento/guaina	
			Diame- tro mm	Sezio- ne mm <sup>2</sup>	Spes- sore mm	Valori singoli μm	Valori medi μm
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina <sup>(b)</sup>		90	3	63	70
		Profilati (incl. piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo <sup>(a)</sup>	Tondo per dispersore orizzontale	8			1 000	
	Con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2 000	
Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100	
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 <sup>(c)</sup>			
		Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo <sup>(a)</sup>	Corda	1,8 <sup>(d)</sup>	25		1 000	
		Filo tondo		25		1 000	
<p>(a) Non idoneo per posa diretta in calcestruzzo. Si raccomanda di non usare il piombo per ragioni di inquinamento.</p> <p>(b) Piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati.</p> <p>(c) In condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm<sup>2</sup>.</p> <p>(d) Per fili singoli.</p>							

## Dimensionamento rispetto alla tensione di contatto

La progettazione dell'impianto di terra deve essere realizzata al fine di contenere la tensione di contatto UT in funzione dei valori della tensione di contatto ammissibile UTP, indicati nella norma CEI 99-3 definiti dalla curva e dalla tabella che di seguito si riportano.



**Figura 4 – Tensione di contatto ammissibile**

NOTA Se la corrente fluisce per un tempo molto più lungo di 10 s, si può usare per  $U_{Tp}$  un valore di 80 V.

Durata del guasto (s)	(UTP - CEI 99-3) [V]
0,10	654
0,50	220
0,64	165
0,72	140
1,00	117
2,00	96
5,00	86
10,00	85
>10	80

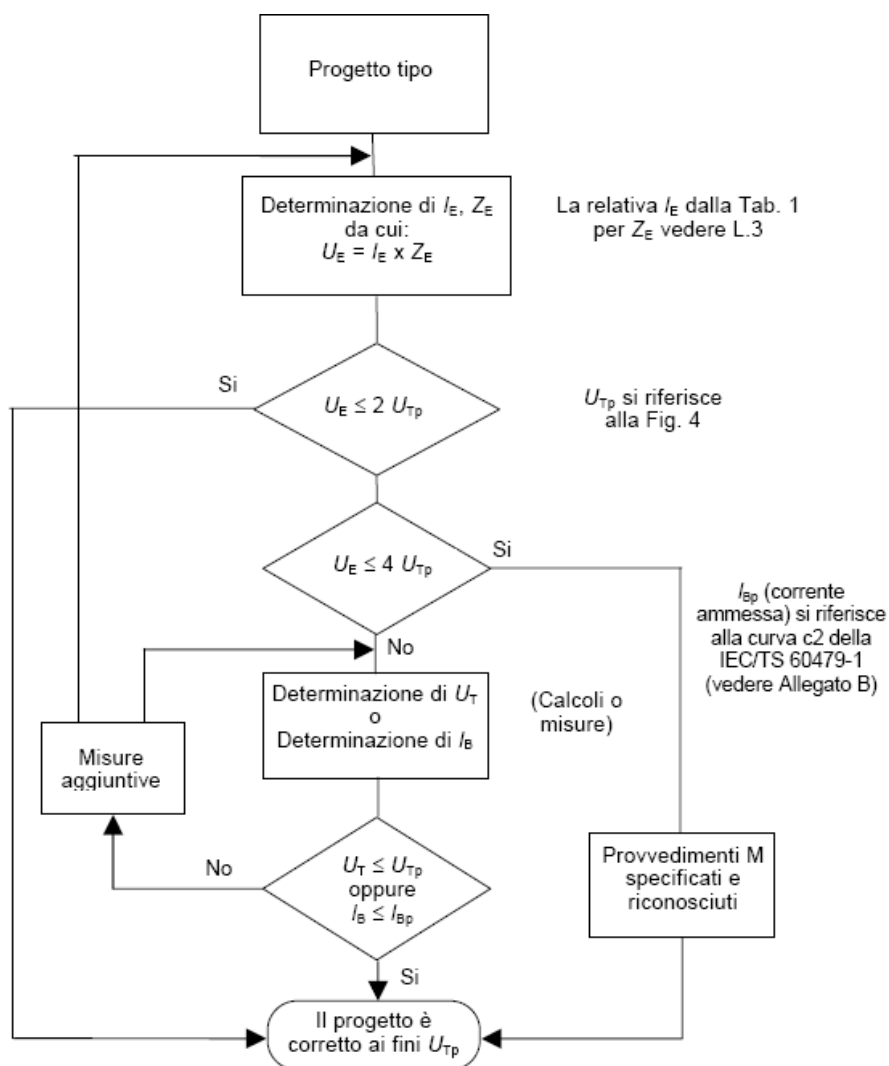


Figura 5 – Progetto di un impianto di terra, che non fa parte di un impianto di terra globale (C1 di 5.4.2), con riguardo alla tensione di contatto ammissibile  $U_{TP}$  in relazione alla tensione totale di terra  $U_E$  o alla tensione di contatto  $U_T$

In riferimento al dimensionamento rispetto alla tensione di contatto, l'attività di progettazione di un impianto di terra deve essere eseguito in conformità al diagramma di flusso indicato nella norma CEI 99-3 qui riportato, valido per un impianto di terra che non fa parte di un impianto di terra globale:

Calcolo o misura della  $U_E$ , attraverso la conoscenza della  $I_E$  e della  $Z_E$ ;

Verifica della condizione analitica  $U_E \leq 2 U_{TP}$  (condizione C della norma); in caso di verifica positiva, il progetto dell'impianto di terra si ritiene completato ai fini della tensione di contatto;

Se tale condizione  $U_E \leq 2 U_{TP}$  non è soddisfatta, verificare la condizione  $U_E \leq 4 U_{TP}$ ; qualora tale condizione è verificata, applicare i provvedimenti M della norma per assicurare le tensioni di contatto ammissibili. In tali ipotesi il progetto dell'impianto di terra si ritiene completato ai fini della

tensione di contatto;

Se la condizione  $UE \leq 4 UTP$  non è soddisfatta, procedere alla misura di UT e verificare che  $UT < UTP$

I dati standard della rete elettrica MT a 20 kV di riferimento per il calcolo sono i seguenti:

Guasto monofase a terra:

$$IF_{Enel} = 50 \text{ A tF} \gg 10\text{s}$$

Doppio guasto monofase a terra:

$$IF_{Enel} = 10,8 \text{ kA tF} = 350 \text{ ms}$$

Il valore della corrente di terra IE è solo una parte della corrente di guasto IF; infatti una parte della corrente di guasto IF si richiude nelle funi di guardia/piedi dei sostegni delle linee elettriche aeree e nello schermo dei cavi.

Per eseguire un calcolo in sicurezza, in prima analisi si considera  $IE = IF$ , pertanto il dimensionamento dell'impianto di terra dipende dal valore della corrente IF.

Evidentemente risulta complesso il calcolo rigoroso della verifica elettrica in oggetto, in quanto le variabili che intervengono (resistività del terreno, aliquota di corrente di guasto che non si richiude nell'impianto di terra, effetto del contenimento del potenziale provocato dalla posa dei dispersori aggiuntivi, etc) non possono essere conosciute in tale fase. Pertanto ad opera ultimata saranno condotte le misure seguendo il diagramma di flusso indicato nella CEI 99-3 e sintetizzato precedentemente.

In tale paragrafo si vuole fornire un calcolo semplificato al fine di validare globalmente la soluzione progettuale in oggetto. Nel seguito si fa riferimento alla cabina di consegna e cabina utente, le quali afferiscono al medesimo impianto di terra.

La corrente di guasto monofase totale dell'impianto IF si calcola attraverso la determinazione di due contributi distinti: uno associato alla rete Enel e uno associato all'impianto di produzione dell'utente. Pertanto vale la seguente relazione:

$$IF = IF_{Enel} + IF_{utente}$$

Il contributo della rete Enel si conosce in funzione delle proprietà della rete MT, i valori comunicati dall'ente distributore in riferimento al punto di connessione sono quelli precedentemente indicati.

Il contributo dell'impianto d'utente si calcola considerando il contributo capacitivo della corrente di corto circuito, attraverso la seguente espressione analitica:

$$IF_{utente} = V_n \cdot (0.003 L_1 + 0.2 L_2)$$

$V_n$  = Tensione nominale del sistema in kV  $L_1$  = Lunghezza linea aerea in km

$L_2$  = Lunghezza linea in cavo in km

In riferimento all'impianto in oggetto risulta, sostituendo i valori numerici:

$$I_{\text{Futente}} = 20 \cdot (0,2 \cdot 5,11) = 20,44 \text{ A}$$

Essendo  $L_1 = 0$  (assenza di tratti aerei della linea) ed  $L_2 \square 5,11 \text{ km}$

Pertanto sommando i due contributi della corrente di guasto monofase si ottiene:

$$I_E = I_F = I_{\text{Fenel}} + I_{\text{Futente}} = 50 + 20,44 = 70,44 \text{ A}$$

Rilevando dalla tabella riportata il valore di UTP ammissibile in corrispondenza di  $t_F \gg 10\text{s}$  si ottiene  $UTP = 80 \text{ V}$ .

Si determina il valore della resistenza di terra della cabina di consegna ed utente.

Resistenza del dispersore verticale

La resistenza elettrica del singolo picchetto verticale costituente il dispersore si calcola con la seguente formula:

$$R_p = \frac{I}{2} \square 70,44 \square 4,80 \square 338,5\text{V}$$

in cui:

$\rho_E$ : resistività del terreno =  $100 \text{ }\Omega\text{m}$

L: lunghezza del picchetto =  $1,60 \text{ m}$

d: diametro equivalente del picchetto =  $25 \text{ mm}$

Sostituendo i valori numerici:

$$R_p = \frac{100}{2\pi \cdot 1,60} \cdot \ln$$

Il dispersore sarà caratterizzato da n picchetti infissi nel terreno che elettricamente risultano collegati in parallelo tra loro pertanto si ha:

$$R_p^{TOT} = \frac{R_p}{n} = \text{Resistenza totale del dispersore verticale}$$

Per n=4 risulta:

$$R_p^{TOT} = \frac{R_p}{4} = 13,8\Omega$$

#### Resistenza del dispersore orizzontale

La resistenza di un conduttore interrato orizzontale di lunghezza L è fornita dalla seguente relazione:

$$R_{Oriz} = \frac{\rho_E}{\pi L} \cdot \ln \frac{2L}{d}$$

in cui:

$\rho_E$  : resistività del terreno = 100  $\Omega\text{m}$

L : lunghezza del conduttore

d : diametro del conduttore = 7,56 mm (35 mm<sup>2</sup>)

Si determinano il contributo del dispersore orizzontale costituito dall'anello chiuso interrato intorno alle due cabine consegna ed utente  $R_{Oriz}$ .

$$R_{Oriz} = \frac{100}{\pi 40} \cdot \ln \frac{2 \cdot 40}{7,56 \cdot 10^{-3}} = 7,37\Omega$$

La resistenza dell'impianto di terra  $R_E$  sarà la resistenza equivalente del parallelo di  $R_{Oriz}$  e

$R_p^{TOT}$  calcolata con la seguente formula:

$$R_E = \frac{R_{Oriz} \cdot R_p^{TOT}}{R_{Oriz} + R_p^{TOT}} = \frac{7,37 \cdot 13,8}{7,37 + 13,8} = 4,80\Omega$$

Si determina il valore di  $U_E$ :

$$U_E = I_E \cdot R_E = 70,44 \cdot 4,80 = 338,5V$$



Seguendo il diagramma di flusso della CEI 99.3 risulta evidente che il modesto sviluppo della lunghezza del dispersore orizzontale posato intorno alle due cabine non è sufficiente da solo a garantire la condizione di verifica elettrica; infatti in tal caso non risulta verificata la condizione analitica  $UE \leq 2 \text{ UTP}$ . Pertanto si dovrà passare a verificare la condizione  $UE \leq 4 \text{ UTP}$ , la quale unitamente applicazione dei provvedimenti M descritti in allegato E della CEI 99-3, assicura il rispetto dei valori massimi di contatto ammissibili. Dall'analisi numerica condotta, sebbene valida attraverso ipotesi semplificative, emerge che la relazione  $UE \leq 4 \text{ UTP}$  non risulta verificata; pertanto, seguendo il diagramma di flusso della CEI 99.3, in tali ipotesi, si dovrà procedere alla misura della tensione UT per le masse dell'impianto ed alla verifica della condizione  $UT \leq \text{UTP}$ . Attraverso la verifica della suddetta condizione l'impianto di terra sarà conforme alla norma.

### Dimensionamento rispetto al criterio termico

Il dispersore ed il conduttore di terra devono essere dimensionati affinché resistano al valore della corrente di guasto che li attraversa, senza che raggiungano valori di temperatura alla fine del corto circuito incompatibili con la loro natura. In tale paragrafo si realizza la verifica termica sia per il guasto monofase che doppio monofase a terra, dimostrando che il doppio guasto monofase a terra è più vincolante per il dimensionamento termico.

Per correnti di guasto che siano interrotte in un tempo inferiore a 5s, la norma CEI 99-3 definisce la formula per il calcolo della sezione minima che soddisfa la verifica termica in oggetto:

$$S_{\min} = \frac{I_E}{K} \cdot \sqrt{\frac{t_F}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}}$$

Poiché il doppio guasto monofase a terra è estinto in un tempo inferiore a 5s, si applica tale formula. In essa risulta:

$I_E = I_F$  corrente di doppio guasto monofase a terra = 10800 kA

$t_F$  = tempo di eliminazione del doppio guasto monofase a terra = 0,350 s  $K=226 \text{ Amm} \cdot 2\text{s}^{1/2}$  (rame)

$\beta$  = reciproco del coefficiente di temperatura del conduttore = 234,5 °C per il rame

$\theta_f$  = Temperatura finale = 300 °C (Rame nudo)

$\theta_i$  = Temperatura iniziale = 20 °C

Infatti si è considerato che il conduttore di terra sia in aria ed il dispersore infisso nel terreno. Si ottiene un valore  $S_{\min} = 32,8 \text{ mm}^2$

Pertanto la sezione 35 mm<sup>2</sup> adottata per realizzare il conduttore di terra ed il dispersore di terra è

conforme al suddetto procedimento di calcolo.

La stessa norma CEI 99-3, per correnti di guasto che sono eliminate in tempi superiori a 5s, come il guasto a terra monofase della rete Enel, impone un'altra metodologia di verifica termica. In funzione del grafico riportato in Allegato D della suddetta norma, ricavo che il conduttore 35 mm<sup>2</sup> in rame, ad una temperatura finale di 300 °C (rame nudo) può condurre in maniera permanente circa 320A. Risulta evidente che tale valore è notevolmente superiore al valore di circa 50A, corrente di guasto monofase a terra che fluisce nel conduttore di terra e nel dispersore. Da tali calcoli si evince, appunto, che il doppio guasto monofase a terra è più sollecitante nel dimensionamento termico del conduttore.

#### **4.3.2 Collegamenti di messa a terra degli schermi dei cavi MT**

Le condizioni descritte al paragrafo precedente assicurano le condizioni di sicurezza in caso di guasto favorendo l'intervento in un tempo adeguato dei sistemi di protezione dell'impianto.

A tale scopo, per favorire il drenaggio della corrente di guasto, gli schermi dei cavi MT devono essere messi a terra ad entrambe le estremità di ogni tratta, in corrispondenza delle terminazioni; a tale riguardo fare riferimento all'elaborato grafico relativo all'impianto di terra, in cui sono riportati i dettagli costruttivi di tale connessione in accordo al progetto di Enel Distribuzione.

In generale qualora risulti  $UE > UTP$  per impedire il trasferimento di tale potenziale pericoloso all'esterno su punti accessibili, occorrerà prevedere l'interruzione della continuità metallica dello schermo dei cavi.

Ciò si realizza attraverso due possibili interventi:

collegando un solo estremo del cavo all'impianto di terra locale in corrispondenza dei terminali, lasciando scollegato da terra l'altra estremità della tratta;

Interponendo lungo la tratta appositi giunti di interruzione dello schermo del cavo.

Entrambi gli interventi sopra descritti finalizzati all'interruzione della continuità dello schermo dei cavi MT, dovranno essere segnalati su entrambe le estremità del tronco di cavo stesso, attraverso l'applicazione di appositi cartelli.

## **5. RIFERIMENTI NORMATIVI, LEGGI E PRESCRIZIONI**

Tutte le opere, se non diversamente specificato nel presente documento, dovranno essere progettate, realizzate e collaudate in osservanza dei riferimenti normativi (CEI, IEC, CENELEC, ISO, UNI, etc.), leggi, decreti, regolamenti e prescrizioni citati nel testo e tutte le altre leggi e norme pertinenti attualmente in vigore con particolare riferimento a:

Decreto Legislativo 16 marzo 1999, n. 79/99: “Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell’energia elettrica”;

Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n°387: “Attuazione delle direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità”;

Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 168 del 30 dicembre 2003: “Condizioni per l’erogazione del pubblico servizio di dispacciamento dell’energia elettrica sul territorio nazionale e per l’approvvigionamento delle relative risorse su base di merito economico, ai sensi degli articoli 3 e 5 del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79” e relativo Allegato A modificato con ultima deliberazione n.20/06;

Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 39 del 28 febbraio 2001: “Approvazione delle regole tecniche adottate dal Gestore della rete di trasmissione nazionale ai sensi dell’articolo 3, comma 6, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79”;

Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 333 del 21 dicembre 2007: “Testo integrato della regolazione della qualità dei servizi di distribuzione, misura e vendita dell’energia elettrica” – TIQE;

Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 348 del 29 dicembre 2007: “Testo integrato delle disposizioni dell’Autorità per l’energia elettrica e il gas per l’erogazione dei servizi di trasmissione, distribuzione e misura dell’energia elettrica per il periodo di regolazione 2008-2011 e disposizioni in materia di condizioni economiche per l’erogazione del servizio di connessione” e relativi allegati: Allegato A e Allegato B;

Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas ARG/elt 99/08 del 23 luglio 2008: “Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive – TICA)”.

Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas ARG/elt 179/08 del 11 dicembre 2008: “Modifiche e integrazioni alle deliberazioni dell’Autorità per l’energia elettrica e il gas ARG/elt 99/08 e n. 281/05 in materia di condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica”;

Norma CEI 0-16 “Regole Tecniche di Connessione (RTC) per Utenti attivi ed Utenti passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica” III Ed.;

Norma CEI 99-2 “Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in c.a. - Parte 1: prescrizioni comuni”

Norma CEI 99-3 “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.”

Norma CEI 99-4 “Guida per l’esecuzione di cabine elettriche MT/BT del Cliente/Utente finale”;

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 EN 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

Norma CEI 11-20 “Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria”;

Norma CEI EN 60529 “Gradi di protezione degli involucri (codice IP)”

Norma CEI UNI 70029 (CEI 11-46) “Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Progettazione, costruzione, gestione ed utilizzo – Criteri generali di posa”;

Norma CEI UNI 70030 (CEI 11-47) “Impianti tecnologici sotterranei – Criteri generali di posa”;

Norma CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”;

Norma CEI EN 61386-24 (CEI 23-116): “Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 24: Prescrizioni particolari - sistemi di tubi interrati”;

Norma CEI EN 50272-1 (CEI 21-58): “Prescrizioni di sicurezza per batterie di accumulatori e loro installazioni – Parte 1: Informazioni generali di sicurezza”

Norma CEI EN 50272-2 (CEI 21-39): “Prescrizioni di sicurezza per batterie di accumulatori e loro installazioni – Parte 2: Batterie stazionarie”

Norma CEI EN 62040-1/A1(CEI 22-32–V1): “Sistemi statici di continuità (UPS) Parte 1: Prescrizioni generali e di sicurezza”;

Norma CEI EN 62040-2 (CEI 22-29): “Sistemi statici di continuità (UPS) Parte 2: Requisiti di compatibilità elettromagnetica”;

Norma CEI EN 62040-3 (CEI 22-24): “Sistemi statici di continuità (UPS) Parte 3: Metodi di specifica delle prestazioni e prescrizioni di prova”;

Norma CEI 103-6: “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”;

Norma CEI EN 62305 – Parte 1-2-3-4 (CEI 81-10): “Protezioni contro i fulmini”;

Norma CEI 64-12: “Guida per l’esecuzione dell’impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario”

Norma CEI 11-27 “Lavori su impianti elettrici”

Norma CEI EN 61439-1 (CEI 17-113): “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1 : regole generali”

Norma CEI EN 61439-2 (CEI 17-114): “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 2 : quadri di potenza”

CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV”;

CEI 106-11 “ Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni

del DPCM 8 Luglio 2003 (Art.6) – Parte I”

CEI 211-4 “ Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche;

DK 4452: “Criteri di taratura degli impianti di distribuzione MT ed esempi tipici di coordinamento delle protezioni di rete e di utenza”;

DK 4460: “Corrente di guasto a terra nelle reti MT”;

DK 4461: “Impianti di terra delle cabine secondarie”;

D.P.R. 22 Ottobre 2001 n. 462 “Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi”

Decreto Legislativo 1 agosto 2003 n. 259 "Codice delle comunicazioni elettroniche"

D.M. 25 settembre 1992 “Approvazione della convenzione-tipo prevista dall'art. 22 della legge 9 gennaio 1991, n. 9, recante norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali”.

D.L. n. 186 del 1/3/1968 Costruzione di impianti a regola d’arte;

Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge in merito alle acque ed agli impianti elettrici;

Legge sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro: Dlgs. 81/08 ed integrazioni, aggiornamenti e circolari successive;

DM 22/1/2008 n. 37 Norme per la sicurezza degli impianti;

- D.P.R. n. 447 del 6/12/1991;

- DM 21/03/1988;

- DM 05/08/1998;

Legge del 22/02/01 n° 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;

DPCM 08/07/2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”, in attuazione dell’art. 4 comma 2 lettera a) della Legge 36/2001;

- DM 29/05/2008:

approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (GU n. 156 del 5/7/2008 – Suppl. Ordinario n. 160);

approvazione delle procedure di misura e valutazione dell’induzione magnetica (GU n. 153 del 2/7/2008);

D.P.R. 22 Ottobre 2001 n. 462 “Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi”

DPR 1 Agosto 2011 n° 151 “ Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell’art. 49 comma 4-quarter, decreto legge 31 Maggio 2010 n° 78,

convertito con modificazioni dalla legge 30 Luglio 2010 n° 122”

Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio",

Decreto Del Presidente Del Consiglio Dei Ministri 12 dicembre 2005 "Verifica Compatibilità Paesaggistica ai sensi dell' art 146 del Codice dei Beni Ambientali e Culturali",

Prescrizioni e raccomandazioni della Struttura Pubblica di Controllo Competente (ASL/USSSL/ISPELS).

Il rispetto della normativa sopra specificata sarà inteso nel modo più restrittivo, nel senso che non solo la progettazione sarà adeguata a quanto stabilito dai suddetti criteri, ma vi sarà un'analoga rispondenza alle normative da parte di tutti i materiali ed apparecchiature che saranno impiegati.

Con preciso riferimento a quanto prescritto dalle Norme d'installazione degli impianti elettrici, saranno scelti materiali provvisti di Marchio Italiano di Qualità (I.M.Q.) per tutti i prodotti per i quali il marchio è ammesso.

Saranno comunque pure rispettate le prescrizioni delle presenti specifiche, ove sono previsti dimensionamenti in lieve misura eccedenti i limiti minimi consentiti dalle Norme.

Gli impianti dovranno rispondere ai seguenti requisiti generali:

Sicurezza ed affidabilità;

Capacità di ampliamento;

Accessibilità.

Il tecnico

Ing. Gennaro Gigli