

REGIONE
BASILICATA



Comune
FORENZA



Comune
PALAZZO
SAN GERVASIO



Provincia
POTENZA



**PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN
IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 7 AEROGENERATORI E
DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE ELETTRICHE

ELABORATO

A.9

PROPONENTE:



SKI W A9 s.r.l.
via Caradosso n.9
Milano 20123
P.Iva 12655800964
skiwa9@unapec.it

CONSULENZA:

PROGETTO E SIA:



ATECH srl
Via Caduti di Nassirya, 55
70124- Bari (BA)
pec: atechsrl@legalmail.it
Ing. Alessandro Antezza

Il DIRETTORE TECNICO
Ing. Orazio Tricarico



SOLARITES s.r.l.
piazza V.Emanuele II n.14
Ceva (CN) 12073

EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
0	Dicembre 2023	B.C.C	A.A. - O.T.	A.A. - O.T.	Progetto Definitivo

Indice

1.PREMESSE	2
2.NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3.SOLUZIONE DI CONNESSIONE.....	4
4.SOTTOSTAZIONE UTENTE	5
5.OPERE ELETTRICHE.....	5
5.1. CARATTERISTICHE DEL COLLEGAMENTO IN CAVO	6
6.CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	10
6.1. CADUTA DI TENSIONE	10
6.2. PORTATA TERMICA	11
7.CORTO CIRCUITO.....	13
8.IMPIANTO DI TERRA.....	14

1. PREMESSE

Il presente documento illustra le opere elettriche previste per la realizzazione di un **parco eolico** denominato **"Wind Farm Costa delle Ripe"** costituito da **7 turbine e relative opere di connessione alla RTN, aventi potenza complessiva pari a 50,4 MW**, da ubicare nel territorio del comune di **Forenza**, in provincia di Potenza, **Regione Basilicata**).

In particolare, il progetto, denominato **"Wind Farm Costa delle Ripe"**, è costituito da:

- **n° 7 aerogeneratori della potenza di 7,2 MW** (denominati "WTG 1-7") e delle rispettive piazzole di collegamento;
- tracciato dei cavidotti di collegamento (tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta MT e tra la cabina MT e la sottostazione elettrica di trasformazione utente MT-AT);
- ampliamento ed adeguamento definitivo della viabilità di accesso;
- nuova Stazione Elettrica Utente 150/30 Kv;
- collegamento in antenna a 150 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 150 kV "Genzano-Palazzo San Gervasio – Forenza Maschito"

La società proponente è la **SKI W A9 S.r.l.**

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il quadro normativo nazionale italiano sulle fonti rinnovabili è stato modificato in modo sostanziale negli ultimi anni a seguito delle nuove politiche del settore energetico- ambientale e conseguenti anche ad impegni internazionali e direttive comunitarie.

Si segnala, in particolare:

- ❖ Decreto Legislativo n. 387 del 29 dicembre 2003: "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità", pubblicato sul supplemento ordinario n. 17 della Gazzetta Ufficiale n. 25 del 31 gennaio 2004. Esso prevede la razionalizzazione e semplificazione delle procedure autorizzative attraverso un procedimento unico, al quale partecipano tutte le

Amministrazioni interessate, la cui durata massima è stabilita in 180 giorni. Inoltre, stabilisce che l'autorizzazione unica rilasciata dalla Regione o da altro soggetto istituzionale delegato costituisce titolo a costruire ed esercire l'impianto in conformità al progetto approvato.

- ❖ Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico del 10 settembre 2010: "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 219 del 18 settembre 2010. Questo decreto introduce: alla Parte II, il regime giuridico delle Autorizzazioni, alla Parte III disciplina le fasi del Procedimento autorizzatorio Unico, alla Parte IV detta criteri essenziali per il corretto inserimento degli impianti nel paesaggio e sul territorio.
- ❖ Decreto Legislativo del 3 aprile 2006 n. 152: "Norme in materia Ambientale", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 (e s.m.i.);

Segue quindi un elenco delle normative tecniche di riferimento in materia di impianti elettrici:

- ❖ DPCM 23/4/92: Decreto che fissa i limiti massimi di esposizione ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza industriale di 50 Hz.
- ❖ CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;
- ❖ CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- ❖ CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo;
- ❖ CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- ❖ CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- ❖ CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- ❖ CEI 81-3: Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico;
- ❖ CEI EN 61400: Sistemi di generazione a turbina eolica;
- ❖ CEI EN 60099: Scaricatori;

- ❖ CEI-UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV – Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata;
- ❖ Legge n. 339 del 28/6/86 e relativo regolamento di attuazione (D.M. 21/3/88) che recepisce la norma CEI 11-4 per le linee elettriche: Per la parte elettrica dei lavori, la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne;
- ❖ D.M. 16/1/91: Distanze minime dei conduttori dal terreno, da acque non navigabili e da fabbricati, tenendo conto dei campi elettrici e magnetici e del rischio di scarica.
- ❖ D.M n. 36 del 22/01/2008 che sostituisce la legge n. 46 del 05/03/1990 Norme per la sicurezza degli impianti elettrici
- ❖ D.L n 81/08 Testo unico per la sicurezza in sostituzione dei D.L. n. 626 del 19/09/1994 e s.m. Attuazioni delle Direttive Comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro, e D.L. n. 494 del 14/08/1996 e s.m. Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.

3. SOLUZIONE DI CONNESSIONE

Lo schema di allacciamento alla RTN, in base al Preventivo di connessione ricevuto da Terna con CP 202303439, prevede la realizzazione di una sottostazione elettrica di trasformazione dell'energia prodotta dal parco eolico (SE di utenza) alla quale convergeranno i cavi di potenza e controllo provenienti dal parco eolico, collegato in antenna a 150 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 150 kV "Genzano-Palazzo San Gervasio – Forenza Maschito".

4. SOTTOSTAZIONE UTENTE

All'interno dell'area della sottostazione AT/MT sarà realizzato un edificio atto a contenere le apparecchiature di potenza e controllo relative alla sottostazione stessa; saranno previsti i seguenti locali:

- Locale quadri di controllo e di distribuzione per l'alimentazione dei servizi ausiliari– sala BT;
- Locale contenente il quadro di Media Tensione;
- Locale Contatore, con accesso garantito sia dall'interno che dall'esterno della SSE;
- Locale contenente il gruppo elettrogeno per l'alimentazione dei servizi ausiliari in situazione di emergenza;
- Locale contenente i quadri di comando e controllo del parco eolico;
- GE esterno ai locali.

La sottostazione di trasformazione AT/MT sarà opportunamente recintata e sarà previsto un ingresso carraio collegato al sistema viario più prossimo ed un accesso pedonale per il locale misure UTF.

5. OPERE ELETTRICHE

Per la connessione dell'impianto sono state ipotizzate 3 linee MT, facenti capo alle WTG.

È stato scelto come tipologia di cavo ARP1H5(AR)EX unipolare 18/30 kV, che presenta le seguenti caratteristiche:

Tipologia cavo	<i>Unipolare</i>
Tensione nominale	<i>30 kV</i>
Anima	<i>Conduttore a corda rotonda compatta di</i>
Semiconduttivo interno	<i>Mescola estrusa</i>
Isolante	<i>Mescola di polietilene reticolato</i>
Semiconduttivo esterno	<i>Mescola estrusa</i>
Guaina	<i>Polietilene</i>

Alcuni aerogeneratori (vedi schema unifilare MT) saranno raggruppati e collegati in entra-esce, pertanto un unico cavidotto cumulerà l'energia prodotta come riportato nella seguente tabella che riassume anche la sezione dei conduttori che saranno posati nel medesimo scavo, con la posa a trifoglio in trincea.

TRATTO	TIPO DI CAVO 18/30 kV	SEZIONE [mm²]	LUNGHEZZA LINEA [m]
WTG 01 – WTG 03	ARP1H5(AR)EX	95	1.780
WTG 03 – Sottostaz. Utente	ARP1H5(AR)EX	240	5.770
WTG 07 – WTG 05	ARP1H5(AR)EX	95	1.730
WTG 05 – Sottostaz. Utente	ARP1H5(AR)EX	240	6.310
WTG 02 – Cabina di Smistam.	ARP1H5(AR)EX	95	1.870
WTG 04 – Cabina di Smistam	ARP1H5(AR)EX	95	1.080
WTG 06 – Cabina di Smistam.	ARP1H5(AR)EX	95	570
Cabina di Smist. – Sottostaz. Utente	ARP1H5(AR)EX	500	4.240

5.1. Caratteristiche del collegamento in cavo

L'energia prodotta dagli aerogeneratori sarà convogliata, tramite un cavidotto interrato, alla SSE Utente di Trasformazione, dove avverrà l'innalzamento di tensione (da 30 kV a 150 kV) e, da quest'ultima mediante un cavidotto interrato AT 150 kV avverrà la connessione alla SSE Terna. Per quanto concerne le opere di connessione alla RTN, quindi, saranno previsti: - cavi interrati MT 30 kV di interconnessione tra gli aerogeneratori e la cabina di smistamento e la Sottostazione di trasformazione Utente; sottostazione elettrica utente 30/150 kV (SSU); - cavo interrato AT 150 kV di connessione tra lo stallo di uscita della SSU e lo stallo dedicato della futura SSE AT Terna.

Il criterio progettuale che è stato seguito per la determinazione del tracciato di connessione è stato quello di utilizzare il più possibile le strade pubbliche esistenti, al fine di evitare scavi in terreni agricoli e limitare gli impatti su suolo, colture agricole e microfauna locale e quindi limitando gli impatti ambientali dell'opera.

In particolare, tra le possibili soluzioni è stato individuato il tracciato più funzionale, che tenga conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione

nazionale e regionale vigente in materia e il rispetto delle distanze in con interferenze quali presenza di servizi o manufatti superficiali e sotterranei in vicinanza o lungo il tracciato dei cavi, presenza di piante in vicinanza o lungo il tracciato dei cavi;

La scelta del tracciato di posa è stata, pertanto, effettuata selezionando fra i possibili percorsi quelli che risultano tecnicamente validi ed individuando tra questi quello che è risultato ottimale.

La profondità minima di posa per le strade di uso pubblico è fissata dal Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione; per tutti gli altri suoli e le strade di uso privato valgono i seguenti valori, dal piano di appoggio del cavo, stabiliti dalla norma CEI 11-17:

- 0,6 m (su terreno privato);
- 0,8 m (su terreno pubblico).

I cavidotti saranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata con profondità massima di 1.5 m e avrà larghezza variabile da un minimo di 0,45 m per una terna ad un massimo di 1.7 m, in dipendenza del numero di terne di cavi da posare fino ad un massimo di 6 terne.

Le terne saranno posate tutte allo stesso livello ad una profondità variabile in base al tipo di posa fino ad un massimo di 150cm per la posa in terreno agricolo.

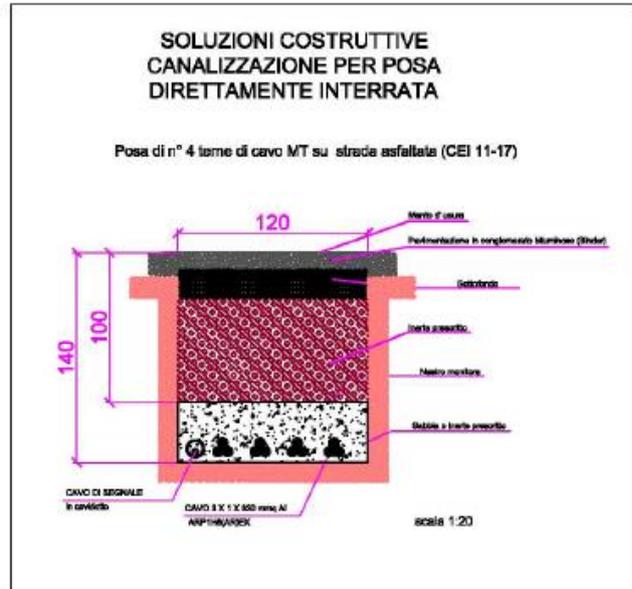
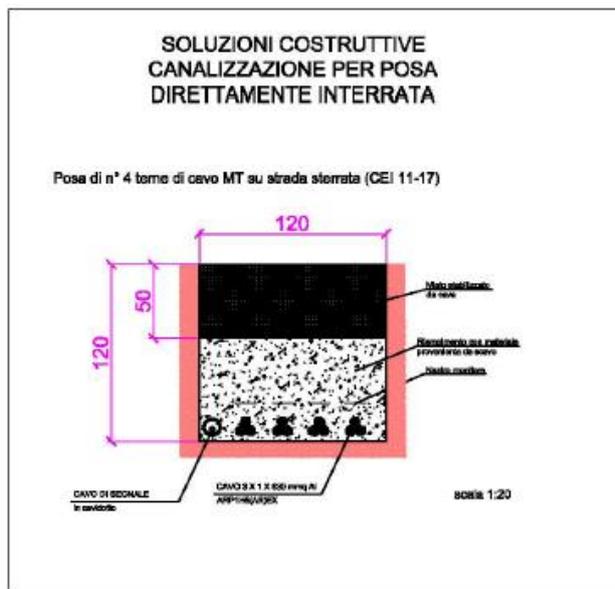
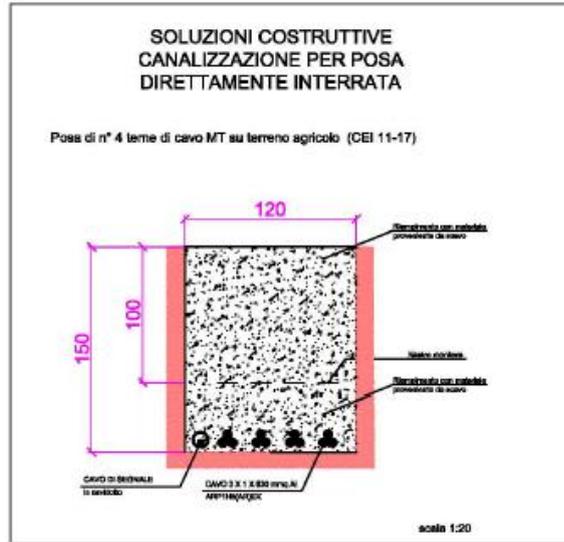


Figura 5-1: Modalità di posa cavo ARP1H5(AR)EX unipolare 18/30 kV

Al di sopra di tale strato si poseranno quindi le terne di conduttori in alta tensione, avvolte ognuna ad elica, il cui verso di avvolgimento sarà invertito ogni 500 metri in modo da compensare le reattanze di linea.

Il cavo scelto è del tipo ARP1H5(AR)EX formato da tre cavi unipolari avvolte a spirale con conduttore in alluminio, isolamento termoplastico (HPTE), schermo a nastro di alluminio, guaina rinforzata in polietilene (PE). È un cavo resistente agli urti, dotato di barriera radiale e longitudinale all'acqua ed è

pertanto adatto alla posa direttamente interrata anche in ambiente umido e senza l'utilizzo di protezioni meccaniche aggiuntive, poiché è comparabile ad un cavo armato.



Figura 5-2: Particolare cavo ARP1H5(AR)EX unipolare avvolte ad elica

Per la posa su terreno vegetale verrà riutilizzato lo stesso materiale proveniente dagli scavi per effettuare il rinterro, mentre per la posa su strada sterrata e strada asfaltata si procederà secondo quanto riportato nei particolari in figura 5-1. Al di sopra di uno strato di 15-20cm dai cavi sarà posato per tutta la lunghezza dello scavo, ed in corrispondenza dei cavi, un nastro plastificato rosso o una rete di plastica rossa atti a segnalare la presenza dei cavi sottostanti.

In caso di percorso totalmente su terreno vegetale, lo scavo sarà completato con il rinterro di altro terreno vegetale, proveniente dallo scavo stesso, fino alla quota del piano campagna. In caso di attraversamenti stradali o di percorsi lungo una strada, la trincea di posa verrà realizzata secondo le indicazioni dei diversi Enti Gestori (Amm.ne Comunale e/o Provinciale). Ogni cinquecento metri, o a distanza diversa, dipendente dalle lunghezze commerciali dei cavi, si predisporranno delle camere cavi, costituite da pozzetti di ispezione 80 cm x 80 cm, adatte ad eseguire le giunzioni necessarie fra le diverse tratte di cavi.

6. CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

6.1. Caduta di tensione

Data la non elevata lunghezza complessiva di ciascuna linea, non è stato necessario l'utilizzo di più linee in parallelo, al fine di contenere la caduta di tensione complessiva che, nel peggiore dei casi è pari al 2,28%.

Infatti è possibile determinare la caduta tensione con la nota formula:

$$\Delta V = KLI(R\cos\varphi + X\sin\varphi)$$

dove:

K è una costante che per i sistemi trifase vale 1,732;

L è la lunghezza del collegamento espresso in km;

I è la corrente trasportata, pari alla corrente di impiego, che dipende dal numero di torri collegate su ciascun tratto;

R è la resistenza del conduttore espressa in Ω/km ;

X è la reattanza di fase espressa in Ω/km ;

$\cos\varphi$ è il fattore di potenza del carico, convenzionalmente pari a 0,9.

Sostituendo i valori nella formula precedente, considerato che il contributo alla corrente nominale di ciascuna torre è pari a:

$$\mathbf{I_N=154 A,}$$

è possibile costruire la tabella seguente che riepiloga le cadute di tensione dei singoli tratti, come riportate nella tavola dello schema unifilare di MT.

Tabella – Cadute di tensione sui singoli tratti di cavidotto

TRATTO	SEZIONE [mm²]	LUNGHEZZA LINEA [m]	-V % nel tratto	-V % Compless.
WTG 01 – WTG 03	95	1.780	0,48%	0,48%
WTG 03 – Sottostaz. Utente	240	5.770	1,66%	2,14%
WTG 07 – WTG 05	95	1.730	0,47%	0,47%
WTG 05 – Sottostaz. Utente	240	6.310	1,81%	2,28%
WTG 02 – Cabina di Smistam.	95	1.870	0,51%	0,51%
WTG 04 – Cabina di Smistam	95	1.080	0,29%	0,29%
WTG 06 – Cabina di Smistam.	95	570	0,15%	0,15%
Cabina di Smist. – Sottostaz. U.	500	4.240	0,90%	1,41%

6.2. Portata termica

Per quanto attiene, invece, i coefficienti di calcolo per la portata dei cavi (profondità di posa, condizioni termiche, ecc.) sono state assunte le seguenti ipotesi:

- resistività termica del terreno pari a 2 °C*m/W (in fase di progettazione esecutiva sarà effettuata una misura di resistività termica del terreno lungo il tracciato previsto, in modo tale da effettuare una correzione del valore se risultasse più alto); temperatura terreno pari a 20° C (CEI 20-21 A.3);
- coefficiente di variazione della portata per carico ciclico giornaliero;
- condizioni di posa con la situazione termica più critica.

Le singole sezioni individuate al punto precedente, sono state verificate considerando che il cavo deve avere una portata I_z uguale o superiore alla corrente di impiego I_B del circuito. E' stato così verificato ogni tratto del cavidotto in base al numero di terne affiancate nello stesso scavo e in base alla corrente che interessa ciascun circuito.

Innanzitutto è stata calcolata la portata termica del cavo prescelto, nelle condizioni di posa suddette, considerando un fattore cautelativo di riduzione del 30% a causa della coesistenza di più circuiti in parallelo, come mostrato di seguito:

$I_z = 196 \text{ A}$ nel caso di terna di sezione pari a 95 mmq

$I_z = 327 \text{ A}$ nel caso di terna di sezione pari a 240 mmq

$I_z = 478 \text{ A}$ nel caso di terna di sezione pari a 500 mmq

Il calcolo suddetto è stato effettuato sulla base delle indicazioni della casa costruttrice.

La seguente tabella verifica che, in ogni singolo tratto, la portata termica in regime stazionario **I_z** risulta essere maggiore della corrente di impiego del carico **I_B** .

Tabella – Verifica della portata termica sui singoli tratti di cavidotto

TRATTO	SEZIONE [mm²]	Corrente di Impiego I_B [A]	Portata Termica I_z [A]
WTG 01 – WTG 03	95	154 A	196 A
WTG 03 – Sottostaz. Utente	240	308 A	327 A
WTG 07 – WTG 05	95	154 A	196 A
WTG 05 – Sottostaz. Utente	240	308 A	327 A
WTG 02 – Cabina di Smistam.	95	154 A	196 A
WTG 04 – Cabina di Smistam	95	154 A	196 A
WTG 06 – Cabina di Smistam.	95	154 A	196 A
Cabina di Smist. – Sottostaz. U.	500	462 A	478 A

In ogni caso la porta termica del conduttore, determinata in regime stazionario, risulta essere maggiore della corrente di impiego determinata alla massima potenza di generazione dell'aerogeneratore.

7. CORTO CIRCUITO

Per ciascuna sezione è anche ampiamente verificata la tenuta al cortocircuito degli isolanti, infatti a tal fine è da considerare la seguente relazione:

$$K^2 S^2 \geq I_{CC}^2 \cdot T$$

dove:

I_{CC} è la massima corrente di corto circuito che, pur nell'ipotesi conservativa di disporre di potenza infinita a monte del trasformatore AT/MT e che il guasto avvenga nelle immediate vicinanze del trasformatore (dunque trascurando il contributo dell'impedenza dei cavi) sarebbe pari a 7,58 kA (essendo il trasformatore AT/MT caratterizzato dai seguenti valori $V_{CC} = 16,0\%$ e $P_N = 63$ MVA);

K è una costante che, nel caso di conduttore in alluminio è pari a 92;

T è la durata massima del cortocircuito che, nel caso di protezioni istantanee di massima corrente, si può assumere non maggiore di 100 ms;

S è la sezione del conduttore che nel caso peggiore è pari a 1x120 mmq.

Sostituendo i valori nella formula, si ottiene:

$$8\,464 \times 14\,400 = \mathbf{1,219\,10^8} \geq \mathbf{5,7 \cdot 10^6}$$

La formula precedente è stata verificata per la sezione inferiore (tratti più lontani dove l'impedenza del circuito è maggiore quindi la corrente di cortocircuito sarà inferiore), con la massima corrente di corto circuito teorica sul lato MT del trasformatore (trascurando l'impedenza a monte di esso e nel tratto in cui il circuito ha sezione è maggiore di 120). Pertanto la disequaglianza è sempre ampiamente verificata.

8. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra sarà dimensionato in accordo alla Norma CEI 11-1, sarà costituito da una rete magliata di conduttori in corda di rame e dimensionato termicamente per la corrente di 31,5 kA, per una durata di 0.5 s.

Per il suo progetto si procederà:

- ❖ al dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra in accordo all'Allegato B della Norma CEI 11-1;
- ❖ alla definizione delle caratteristiche geometriche del dispersore, in modo da garantire il rispetto delle tensioni di contatto e di passo secondo la curva di sicurezza di cui alla Fig.C-2 della Norma CEI 11-1.

Allo stato attuale delle conoscenze si può supporre di realizzare la rete magliata di conduttori scegliendo il lato di maglia in modo da limitare le tensioni di passo e di contatto a valori non pericolosi, secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-1.

Nei punti sottoposti ad un maggior gradiente di potenziale (sostegni, TA, TV, scaricatori) le dimensioni delle maglie saranno opportunamente ridotte.

La rete di terra primaria potrà essere costituita, come da altri impianti simili della RTN, da conduttori in corda di rame nudo avente sezione 63 mm² interrati ad una profondità di 0,70 m.

I conduttori di terra che collegano al dispersore le strutture metalliche, saranno in rame di diametro 14.7 mm (sezione 125 mm²) collegati a due lati di maglia. I TA, i TV, ed i portali di amarro sono collegati alla rete di terra mediante quattro conduttori di rame sempre di diametro 14.7 mm, allo scopo di ridurre i disturbi elettromagnetici nelle apparecchiature di protezione e di controllo (compatibilità elettromagnetica), specialmente in presenza di correnti ad alta frequenza.

Tensioni di contatto e di passo

La definizione della geometria del dispersore al fine di garantire il rispetto dei limiti di tensione di contatto e di passo sarà effettuata in fase di progetto esecutivo, quando saranno noti i valori di resistività del terreno, da determinare con apposita campagna di misure.

In via preliminare, sulla base degli standard normalmente adottati e di precedenti esperienze, può essere ipotizzato un dispersore orizzontale a maglia, con lato di maglia di 5m.

In caso di terreno non omogeneo con strati superiori ad elevata resistività si potrà procedere all'installazione di dispersori verticali (picchetti) di lunghezza sufficiente a penetrare negli strati di terreno a resistività più bassa, in modo da ridurre la resistenza di terra dell'intero dispersore.

In ogni caso, qualora risultasse la presenza di zone periferiche con tensioni di contatto superiori ai limiti, si procederà all'adozione di misure correttive così come previsto dalle norme CEI 99-2 e 3 e dalla Norma CEI 11-37.