

## IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG DAFNE E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 34 MWp - COMUNE DI COPPARO (FE)

### Proponente

#### EG DAFNE S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI, 22 - 20122 MILANO (MI) P.IVA: 12084690960 PEC: egdafne@pec.it

### Progettazione

#### META STUDIO S.R.L.

VIA SETTEMBRINI, 1 - 65123 PESCARA (PE) P.IVA: 02164240687 PEC: metastudiosrl@pec.it TEL: +39/0854315000



### Coordinamento e Responsabile della Progettazione

#### ING. DOMENICO MEMME

VIA L. SETTEMBRINI, 1 - 65123 PESCARA (PE) PEC: metastudiosrl@pec.it MAIL: d.memme@studiomemme.it  
TEL: +39/0854315000 DIRECT: +39/3356390349

### Collaboratori

#### ING. LUIGI NARDELLA

*Progettazione Generale e Strutturale*

#### ING. MAURIZIO ELISIO

*Progettazione Ambientale e Paesaggistica*

#### DOTT. FIORAVENTE VERI

*Progettazione Elettrica*

### Titolo Elaborato

## CALCOLI PRELIMINARI DI PREDIMENSIONAMENTO STRUTTURE E IMPIANTI

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	FORMATO	DATA	SCALA
Progetto Definitivo	DOC_REL_13	Nome file	A4	28.02.202	-

### Revisioni

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
-----------	------	-------------	----------	------------	-----------



Regione EMILIA ROMAGNA  
Provincia di FERRARA  
Comune di COPPARO





# CALCOLI PRELIMINARI DI PREDIMENSIONAMENTO DI STRUTTURE E IMPIANTI

## Sommario

<b>1. PREMESSA</b> .....	8
<b>A. IMPIANTI</b> .....	8
<b>2. DESCRIZIONE DELLE OPERE</b> .....	8
<b>3. RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI</b> .....	10
<b>4. MISURE DI PROTEZIONE ADOTTATE</b> .....	14
4.1. MISURE DI PROTEZIONE IMPIANTI MT E AT .....	14
4.1.1. Criteri di scelta e taratura delle protezioni MT .....	14
4.1.2. Prescrizioni generali per la sicurezza degli impianti AT/MT.....	14
4.2. DIMENSIONAMENTO IN RELAZIONE ALLE TENSIONI E LIVELLI DI ISOLAMENTO.....	14
4.3. DIMENSIONAMENTO IN RELAZIONE ALLE CORRENTI.....	15
4.4. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI.....	15
4.5. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO .....	16
4.6. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO .....	16
4.7. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.....	16
4.8. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI .....	17
4.9. SEZIONAMENTO DEI CIRCUITI.....	19
4.10. INTERBLOCCHI DI SICUREZZA.....	19
5. MISURE DI PROTEZIONE IMPIANTI BT.....	19
5.1. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI.....	19
5.2. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO .....	20
5.3. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO .....	21
5.4. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.....	22
5.5. PROTEZIONE DA CONTATTI INDIRETTI.....	23
5.6. PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI TERMICI .....	24
6. SEZIONAMENTO.....	25
7. QUALITÀ DEI MATERIALI .....	25
8. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA.....	26
8.1. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI .....	26
8.2. RETE DI TERRA .....	26
9. ILLUMINAZIONE ORDINARIA.....	27
10. IMPIANTO ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA .....	27
11. TUBAZIONI.....	27
12. CAVI ELETTRICI .....	28
13. CONNESSIONI E DERIVAZIONI .....	31
14. IMPIANTO DI TERRA .....	31
<b>B. CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE</b> .....	33



---

15.	CONSIDERAZIONI GENERALI.....	33
16.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	33
17.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	34
18.	COMBINAZIONE DEI CARICHI E CRITERI DI CALCOLO .....	35
19.	ANALISI DEI CARICHI.....	36

## 1. PREMESSA

Lo scopo del presente documento è definire tecnicamente l'impianto di generazione elettrica con utilizzo della fonte rinnovabile solare attraverso conversione fotovoltaica e il predimensionamento delle strutture. Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 34,00MW, da installarsi su terreno agricolo, sito in agro del Comune di Copparo (FE).

## A. IMPIANTI

### 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

In relazione a tale parco fotovoltaico, il Proponente ha in progetto la realizzazione delle opere di collegamento alla RTN, costituite da una Stazione Elettrica di trasformazione 132/20kV-Stazione Utente e una Stazione Elettrica Terna di rete 380/132kV e relativi cavidotti MT e AT di connessione. Titolo del progetto "EG DAFNE" (di seguito Progetto).

L'iter procedurale per l'ottenimento dei permessi alla realizzazione del progetto prevede la trasmissione, da parte del Proponente, di diversi elaborati ad Enti di competenza per l'acquisizione delle autorizzazioni. Tra i diversi documenti da esibire in fase autorizzativa, vi è anche il presente elaborato "Relazione Descrittiva Generale".

Con la realizzazione dell'impianto fotovoltaico si intende conseguire un significativo risparmio energetico mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole.

Il progetto si inquadra in quelli che sono i programmi Nazionali e Internazionali per la transizione verso un'economia globale a impatto climatico zero entro il 2050.

In occasione della Conferenza sul clima tenutasi nel 2015 a Parigi è stato stipulato un nuovo accordo sul clima per il periodo dopo il 2020 che, per la prima volta, impegna tutti i Paesi, compreso l'Italia a ridurre le proprie emissioni di gas serra. In tal modo è stata di fatto abrogata la distinzione di principio tra Paesi industrializzati e Paesi in via di sviluppo. Nell'ambito di tale accordo l'Italia ha elaborato un Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) in cui l'Italia fissa degli obiettivi vincolanti al 2030 sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Stabilisce inoltre il target da raggiungere in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell'energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile, definendo precise misure che garantiscano il raggiungimento degli obiettivi definiti con l'accordo di Parigi e la transizione verso un'economia a impatto climatico zero entro il 2050.

L'Italia intende accelerare la transizione dai combustibili tradizionali alle fonti rinnovabili promuovendo il graduale abbandono del carbone per la generazione elettrica a favore di un mix elettrico basato su una quota crescente di rinnovabili e, per

la parte residua, sul gas. L'Italia, punta a portare la quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia al 30%, alla riduzione del 43% dei consumi di energia primaria rispetto allo scenario PRIMES 2007, alla riduzione del 33% dei gas serra.

L'uscita dal carbone al 2025 e la promozione dell'ampio ricorso a fonti energetiche rinnovabili, a partire dal settore elettrico, dovrà fare sì che al 2030 si raggiungano i 16 Mtep da FER, pari a 187 TWh di energia elettrica. Grazie in particolare alla significativa crescita di fotovoltaico la cui produzione dovrebbe triplicare ed eolico, la cui produzione dovrebbe più che raddoppiare, al 2030 il settore elettrico arriverà a coprire il 55,0% dei consumi finali elettrici lordi con energia rinnovabile, contro il 34,1% del 2017. L'obiettivo finale del fotovoltaico è stato portato a 52GW nel 2030, con la tappa del 2025 di 28,5 GW: si prevede dunque che negli ultimi 5 anni vengano installati più di 23 GW dei 30 GW nelle diverse regioni d'Italia vocate per la produzione di energia da fonte rinnovabile, tra cui figura anche la Regione Emilia Romagna.

In tale scenario l'impianto fotovoltaico di progetto con la sua produzione netta attesa di 55.568 MWh/anno di energia elettrica da fonte rinnovabile e con un sostanziale abbattimento di emissioni in atmosfera di CO<sub>2</sub> ogni anno risponde pienamente agli obiettivi energetici e climatici del Paese.

In sintesi l'intervento proposto:

- è finalizzato alla realizzazione di un'opera infrastrutturale, non incentivato;
- è compatibile con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- consente la produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- utilizza fonti rinnovabili eco-compatibili;
- consente il risparmio di combustibile fossile;
- non produce nessun rifiuto o scarto di lavorazione;
- non è fonte di inquinamento acustico;
- non è fonte di inquinamento atmosferico;
- utilizza viabilità di accesso già esistente;
- comporta l'esecuzione di opere edili di dimensioni modeste che non determinano in alcun modo una significativa trasformazione del territorio, relativamente a fondazioni superficiali di alcune stazioni di conversione/trasformazione e cabine di smistamento con volumetrie decisamente molto contenute.
- le opere di connessione consentiranno di migliorare l'infrastruttura elettrica nazionale.

### 3. RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

Gli impianti elettrici dovranno essere realizzati nel rispetto delle disposizioni seguenti:

- D.P.R. 27.04.1955 n. 547 e successive modificazioni;
- D.P.R. 07.01.1956 n. 164 e successive modificazioni;
- D.P.R. 19.03.1956 n. 303 e successive modificazioni;
- Legge 07.12.1984 n. 818 e successive modificazioni;
- Legge 1.03.1990 n. 186;
- Legge 18.10.1977 n. 791;
- Legge 05.03.1990 n. 46 e successive integrazioni (sostituita dal DM NR 37 del 22-01-08);
- D.P.R. 06.12.1991 n. 447(sostituito dal DM NR 37 del 22-01-08);
- D.L. 19.09.1994 n. 626 e successive modificazioni;
- e quanto altro possa comunque interessare.

Si richiamano le prescrizioni degli Enti Locali preposti ai controlli: USL, ISPESL, Aziende distributrici elettriche, del gas, etc.

Si sottolinea che dovranno essere osservate altresì le norme: CEI ,UNI e le tabelle CEI UNEL. Relativamente alle norme CEI dovranno essere rispettate quelle in vigore all'atto esecutivo dei lavori con particolare riferimento, a titolo esemplificativo, e non esaustivo, alle Norme di seguito elencate.

- Criteri di allacciamento alla rete AT della distribuzione.
- ENEL DK 5310
- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata.
- CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne.
- CEI 11-15 Esecuzione di lavori sotto tensione.
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione 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 11-25 Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata.
- CEI EN60865-1 Calcolo degli effetti delle correnti di cortocircuito.
- CEI 11-28 Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a B.T.

- CEI 11-35 Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente.
- CEI 11-37 Guida all'esecuzione degli impianti di terra negli stabilimenti industriali per sistemi di I ,II e III categoria.
- CEI 17-1 Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000V.
  
- CEI 17-4(CEI EN60129) Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000V.
- CEI 17-6(CEI EN60298) Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico per tensioni da 1kV a 52kV.
- CEI 17-9/1(CEI EN60265-1) Interruttori di manovra ed interruttori di manovrasezionatori per tensioni da 1kV a 52kV.
- CEI 17-9/2(CEI EN60265-2) Interruttori di manovra ed interruttori di manovrasezionatori per tensioni uguali o superiori a 52kV.
- CEI 17-21 (CEI EN60694) Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione- Prescrizioni comuni.
- CEI 17-46 (CEI EN60420) Interruttori di manovra ed interruttori-sezionatori con fusibili ad alta tensione per corrente alternata.
- CEI 17-68 (CEI EN50187) Apparecchiatura di manovra con involucro metallico con isolamento a gas per tensioni da 1kV a 52kV.
- IEC 99-4 Scaricatori di sovratensione per sistemi di II e III categoria.
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori di B.T.-Parti 1...7.
- CEI 17-13/1 (CEI EN60439-1) Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per B.T. - Quadri elettrici AS ed ANS.
- CEI 20-13 Cavi isolati in gomma EPR con tensione non superiore a  $U_0/U=0.6/1kV$ .
- CEI 20-14 Cavi isolati in PVC con tensione non superiore a  $U_0/U=0.6/1kV$ .
- CEI 20-21 Calcolo della portata dei cavi elettrici.
- CEI 20-22 Prove dei cavi non propaganti l'incendio.
- CEI 20-33 Giunzioni e terminazioni per cavi di energia con tensione fino a  $U_0/U=0.6/1kV$ .
- CEI 20-37 Cavi elettrici-prove sui gas emessi durante la combustione.
- CEI UNEL 35024/1 Portate di corrente in regime permanente per posa in aria di cavi B.T. ad isolamento elastomerico o termoplastico.
- CEI UNEL 35024/1EC Portate di corrente in regime permanente per posa in aria di cavi B.T. ad isolamento elastomerico o termoplastico.



- CEI 23-28 Tubi per installazioni elettriche/tubi metallici.
- CEI 23-39(CEI EN50086-1) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/prescrizioni generali.
- CEI 23-54(CEI EN50086-2-1) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/tubi rigidi.
- CEI 23-55(CEI EN50086-2-2) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/tubi pieghevoli.
  
- CEI 23-56(CEI EN50086-2-3) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/tubi flessibili.
- CEI 23-29 Cavidotti in materiale plastico.
- CEI 23-19 Sistemi di canali isolanti portacavi ad uso battiscopa.
- CEI 23-32 Sistemi di canali isolanti portacavi e porta apparecchi per utilizzo a soffitto o parete.
- CEI 23-31 Sistemi di canali metallici portacavi ed accessori.
- CEI 23-20/23-21/23-30/23-35/23-41 Dispositivi di connessione e morsetti.
- CEI 23-48(1998) Involucri per installazioni elettriche ad uso domestico o similare - Cassette.
- CEI 23-49 Involucri per installazioni elettriche ad uso domestico o similare – Quadri elettrici.
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione dei quadri elettrici ad uso domestico o similare.
- CEI 23-51V1 Prescrizioni per la realizzazione dei quadri elettrici ad uso domestico o – similare.
- CEI 17-44 (CEI EN60947-1) Apparecchiature per B.T. - Regole generali.
- CEI 17-5 (CEI EN60947-2) Interruttori automatici per B.T.
- CEI EN60947-2 (Appendice B) Dispositivi differenziali indipendenti con toroide separato.
- CEI 17-11 (CEI EN60947-3) Interruttori di manovra e sezionatori con o senza fusibili per B.T.
- CEI 17-50 (CEI EN60947-4-1) Contattori ed avviatori elettromeccanici per B.T.
- CEI 17-45 (CEI EN60947-5-1) Dispositivi per circuiti di comando e manovra in B.T.
- CEI 17-47 (CEI EN60947-6-1) Apparecchiature di commutazione automatica in B.T.
- CEI 17-48 (CEI EN60947-7-1) Morsettiere per conduttori in B.T.

- CEI 17-41 (CEI EN61095) Contattori elettromeccanici per usi domestici o similari.
- CEI 41-1 Relè ausiliari elettromeccanici.
- CEI 23-3 (CEI EN60898) Interruttori automatici per usi domestici e similari.
- CEI 23-12 (CEI EN60309-1/2) Prese a spina per usi industriali.
- CEI 23-5 Prese a spina per usi domestici e similari.
- CEI 23-50 Prese a spina per usi domestici e similari.
- CEI 23-16 Prese a spina di tipo complementare per usi domestici e similari.
- CEI 23-9 (CEI EN60669-1) Apparecchi di comando non automatici per usi domestici e similari.
  
- CEI EN60669-2-1/2 Relè passo/passo modulari.
- CEI 23-42 (CEI EN61008-1) Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari.
- CEI 23-43 (CEI EN61008-2-1) Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari.
- CEI 23-18 (CEI EN61009-2-1) Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari.
- CEI 23-44 (CEI EN61009-1) Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari.
- CEI EN61036 Contattori elettrici statici di energia attiva per corrente alternata.
- CEI EN61010-1 Strumenti di misura digitali.
- CEI EN60414/CEI EN60051 Strumenti di misura analogici.
- CEI 66-5/85-3/85-4/85-5/85-7 Strumenti di misura.
- CEI 38-1 (CEI EN60044-1) Trasformatori di corrente per misura.
- CEI 38-2 Trasformatori di tensione per misura.
- EN 60730-1/2 Termostati modulari.
- EN 61000-3-2 Interruttori crepuscolari modulari.
- CEI EN60730-1/2 Interruttori orari modulari.
- CEI 81-10 Protezione delle strutture contro i fulmini.
- CEI 37-1 Limitatori di sovratensione a resistori non lineari con spinterometri.
- CEI 37-2 Limitatori di sovratensione ad ossido di metallo senza spinterometri.
- IEC 60840 Cavi AT per posa interrata.

## 4. MISURE DI PROTEZIONE ADOTTATE

Gli impianti in oggetto saranno realizzati al fine di assicurare:

- la protezione delle persone e dei beni contro i pericoli ed i danni derivanti dal loro utilizzo nelle condizioni che possono ragionevolmente essere previste;
- il loro corretto funzionamento per l'uso previsto;

Per raggiungere tali obiettivi saranno adottate le seguenti misure di protezione.

### 4.1. MISURE DI PROTEZIONE IMPIANTI MT E AT

#### 4.1.1. Criteri di scelta e taratura delle protezioni MT

Le protezioni MT sono state dimensionate, scelte e tarate secondo quanto dettato dalla guida CEI 11-35..

#### 4.1.2. Prescrizioni generali per la sicurezza degli impianti AT/MT

Gli impianti ed i componenti elettrici devono essere in grado di resistere alle sollecitazioni elettriche, meccaniche, climatiche ed ambientali previste in sito.

### 4.2. DIMENSIONAMENTO IN RELAZIONE ALLE TENSIONI E LIVELLI DI ISOLAMENTO

Gli impianti ed i componenti elettrici devono essere in grado di sopportare le loro tensioni massime assegnate a frequenza industriale, così come le sovratensioni a frequenza industriale, le sovratensioni di manovra e le sovratensioni atmosferiche (norma CEI 11-1 art.2.1.3c).

Devono essere adottate adeguate misure per evitare il contatto fra sistemi a diverse tensioni.

Gli impianti devono essere realizzati per la frequenza nominale del sistema. Il livello di isolamento deve essere scelto in conformità alla tensione massima  $U_m$  stabilita per il componente elettrico e nel rispetto delle minime distanze di isolamento stabilite dalla normativa.

La tensione nominale è la tensione assegnata dal costruttore all'apparecchiatura; essa è indicata con il simbolo  $U_r$  nelle norme di prodotto e con  $U_n$  nella norma impianti (CEI 11-1 art.2.1.4 e art. 2.1.5).

La tensione massima  $U_m$  è il valore più elevato della tensione che si presenta in un istante e in un punto qualunque del sistema nelle condizioni ordinarie di funzionamento (CEI 28-5 art.3.9 e 3.10).

In relazione alla tensione nominale dell'apparecchiatura, sono stabilite nelle norme di prodotto:

- la tensione di tenuta a frequenza industriale  $U_d \times 60\text{sec.}$ ;
- la tensione di tenuta ad impulso  $U_p$  (1,2/50 $\mu\text{s}$ ).

L'insieme di queste due tensioni individua il "livello di isolamento dell'apparecchiatura" (norma CEI 17-21 art.4.2 e norma CEI 28-5 tab.1).

Per ogni valore della tensione nominale, la norma (CEI 11-1 art.4.3.1 tab.4.1 e norma CEI 17-21 tab.1 A) indica le rispettive tensioni di tenuta a 50Hz ed impulso normalizzate, nonché le distanze minime di tenuta dielettrica.

I valori più elevati delle tensioni di tenuta e delle distanze minime riportati nelle tabelle della norma devono essere previsti negli impianti a neutro isolato o con  $N_t=4$  fulmini/kmqxanno.

#### 4.3. DIMENSIONAMENTO IN RELAZIONE ALLE CORRENTI

La corrente (termica) nominale  $I_r$  è il valore efficace della corrente che l'apparecchiatura è in grado di condurre continuamente, nelle condizioni di impiego prescritte (CEI 17-21 art.4.4.1).

La corrente nominale di breve durata  $I_k$  è il valore efficace della corrente di cortocircuito che l'apparecchiatura è in grado di condurre per l'intervallo di tempo  $t_k$  (CEI 17-21 art.4.5).

La durata nominale di cortocircuito  $t_k$  è in genere 1 secondo (CEI 17-21 art.4.7). In ogni caso la durata  $t_k$  deve essere superiore al tempo di intervento delle protezioni.

La corrente nominale di picco  $I_p$  è il valore di cresta della prima semionda della corrente nominale di breve durata (CEI 17-21 art.4.6). Il valore di picco dipende dall'asimmetria della corrente di cortocircuito e dunque dal fattore di potenza di cortocircuito.

Se non diversamente specificato  $I_p=2,5I_k$  con  $\cos\phi_{cc}=0,1$  (condizione peggiorativa).

#### 4.4. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

La protezione dei componenti dagli effetti dannosi causati dalle sovracorrenti è garantita da dispositivi automatici in grado di interrompere le correnti di sovraccarico fino al cortocircuito. I dispositivi previsti sono:

- interruttori di manovra sezionatori a norme CEI 17-1/17-4 azionati dall'intervento dei fusibili MT.
- interruttori automatici di MT a norme CEI 17-1 azionati dall'intervento di protezioni elettroniche indirette.
- interruttori automatici di MT a norme CEI 17-1 azionati dall'intervento di protezioni elettroniche ed elettromeccaniche dirette.
- interruttori di manovra sezionatori AT a norme CEI 17-1/17-4
- interruttori AT con protezione di massima corrente tripolare a due soglie, una di sovraccarico, una di cortocircuito, entrambe a tempo indipendente definito e protezione di minima e massima tensione.

#### 4.5. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO

Ogni sistema deve essere realizzato in modo che le correnti in condizioni di esercizio normale non superino le correnti nominali delle apparecchiature o le correnti ammissibili dei componenti.

Si deve tener conto anche di condizioni ambientali sfavorevoli, come una temperatura più elevata di quella specificata nelle norme corrispondenti.

#### 4.6. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Gli impianti devono essere realizzati in modo da sopportare in sicurezza le sollecitazioni meccaniche e termiche derivanti da correnti di cortocircuito.

Il quadro prefabbricato MT, in particolare, è consigliabile prevederlo del tipo "a prova d'arco interno", secondo la norma CEI 17-6 art.5.101.4 e art.5.104.

Nei quadri a prova d'arco interno i gas caldi in pressione dell'arco vengono convogliati all'esterno, mediante condotti di scarico, in zone non occupate da persone, mentre la struttura resiste alle sollecitazioni e alla sovrappressione prodotta dall'arco.

#### 4.7. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Gli impianti devono essere costruiti in modo da evitare il contatto non intenzionale con parti attive od il raggiungimento di zone pericolose (zone di guardia) prossime alle parti attive. Si devono proteggere le parti attive, quelle con il solo isolamento funzionale, e le parti che possono essere considerate a potenziale pericoloso.

La protezione contro i contatti diretti consiste nell'impedire il contatto con le parti attive nude o di portarsi ad una distanza tale per cui possa avvenire una scarica.

A tal fine, sono state introdotte le distanze di guardia (dg), di vincolo orizzontale (dvo) e verticale (dvv) (CEI 11-1 art.2.5.5.- art.2.5.6).

La distanza di vincolo rappresenta la distanza minima tra la parte in tensione e la superficie sulla quale un operatore al lavoro può stare in posizione eretta, con entrambi i piedi appoggiati.

Le parti attive poste ad una distanza dalla suddetta superficie inferiore alla distanza di vincolo devono essere protette con pareti o barriere metalliche con grado di protezione almeno IP1XB (il dito di prova penetra all'interno dell'involucro ma non raggiunge le parti attive).

Le pareti e le barriere di protezione devono essere alte almeno 2m dal piano di calpestio.

La superficie interna della barriera deve trovarsi ad una distanza dalle parti attive (non schermate) almeno uguale a quella di guardia dg. Tale distanza può essere ridotta alla distanza minima d'isolamento se la barriera ha un grado di protezione almeno IP3X (CEI 111 art.6.2.1).

Le misure di protezione contro i contatti diretti su indicate devono essere applicate anche nei confronti dei componenti isolati ma senza schermo metallico collegato a terra, ad esempio le terminazioni del cavo, relativamente alla parte priva di schermo, e gli avvolgimenti in MT isolati in resina o nastrati dei trasformatori a secco.

E' opportuno che gli isolatori siano posizionati ad interdistanza massima di 120 cm, affinché la sbarra sopporti gli sforzi elettrodinamici della corrente di cortocircuito (CEI 11-1 art.3.1.4.1).

#### 4.8. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

La protezione dai contatti indiretti deve essere attuata mediante la messa a terra delle masse metalliche dell'impianto ed il coordinamento della resistenza di terra con il valore delle correnti di guasto AT/MT (norma CEI 11-1 fig.9.1).

Gli impianti di terra devono essere progettati in modo da soddisfare le seguenti prescrizioni:

- avere sufficienti resistenza meccanica e resistenza alla corrosione;
- essere in grado di sopportare, da un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasto prevedibili sulla rete AT/MT;
- evitare danni a componenti elettrici ed a beni;
- garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra.

I parametri da prendere in considerazione nel dimensionamento degli impianti di terra sono quindi:

- valore della corrente di guasto a terra sulla rete AT/MT;
- valore della corrente di doppio guasto a terra sulla rete AT/MT;
- durata del guasto a terra;
- caratteristiche del terreno.

La tensione di contatto  $U_t$  (CEI 11-1 art.2.7.13.3) è la tensione a cui è soggetta la persona tra mano e piedi, in un contatto indiretto.

Convenzionalmente si assume una resistenza del corpo umano  $R_b=1000\Omega$ .

La norma CEI 11-1 (fig.9.1) stabilisce il valore della tensione di contatto ammissibile  $U_{tp}$  in relazione al tempo di intervento delle protezioni  $t_f$ .

Un impianto di terra è ritenuto idoneo se la tensione di contatto non supera la  $U_{tp}$  e la tensione di passo non supera  $3U_{tp}$ .

Se la tensione totale di terra  $U_E=R_e \times I_f$  è  $U_E \leq U_{tp}$  l'impianto di terra garantisce senz'altro la sicurezza essendo  $U_t \leq U_E$ . In altre parole, è sufficiente che la resistenza di terra soddisfi la condizione:

$$R_E \leq U_{tp} / I_f.$$

Nei confronti di un guasto monofase a terra, oltre alla protezione omopolare 51N occorre anche una protezione direzionale di terra 67N (DK5600 art.6.2.2) se nell'impianto si verifica una delle condizioni seguenti:

- linee aeree MT di utenze in conduttori nudi di qualunque lunghezza;
- trasformatori ubicati in più locali;
- i cavi MT di utenze hanno una lunghezza complessiva  $\geq 500\text{m}$ .

Il dispersore deve avere le caratteristiche indicate nell'allegato A alla norma CEI 11-1 e deve essere realizzato con materiali e dimensioni tali da resistere alle sollecitazioni sopra menzionate.

Il dimensionamento dei conduttori di terra lato MT deve essere effettuato in base alla corrente di doppio guasto a terra lato MT verificando la condizione:

$$S_{ct} \geq \sqrt{I^2 t} / K$$

Dove  $I$  è la corrente doppio guasto a terra lato MT,  $t$  è il tempo di intervento delle protezioni,  $K=228$  per il rame nudo.

Il dimensionamento dei conduttori di protezione PE lato BT o si effettua rispettando la condizione della norma CEI 64-8 con sezione del conduttore pari alla metà della sezione di fase oppure verificando la condizione:

$$S_{pe} \geq \sqrt{I^2 t} / K$$

Dove I è la corrente di guasto fase/PE lato BT, t è il tempo di intervento delle protezioni, K=228 per il rame nudo.

Tutte le masse e le masse estranee devono essere messe a terra mediante idonei conduttori di materiale e sezione tale da resistere alle sollecitazioni sopra menzionate.

#### 4.9. SEZIONAMENTO DEI CIRCUITI

Devono essere previsti dispositivi per mezzo dei quali l'impianto completo o parti di esso possano essere sezionati in relazione alle esigenze di esercizio.

Ogni parte dell'impianto, che può essere sezionata dalle altre parti del sistema, deve essere realizzata in modo da poterne eseguire la messa a terra e in cortocircuito.

#### 4.10. INTERBLOCCHI DI SICUREZZA

La protezione può essere attuata per mezzo di:

- interruttori di manovra al posto di sezionatori;
- sezionatori di terra con potere di stabilimento;
- dispositivi di interblocco;
- interblocchi con chiavi non intercambiabili.

Secondo la norma CEI 17-6 art.5.106 gli interblocchi possono avere due compiti:

- interdire l'accesso alle parti in tensione;
- impedire le manovre errate.

E' consigliato l'interblocco di accesso al box del trasformatore e, nel caso di trasformatori in parallelo, il trascinarsi di apertura fra interruttore primario MT e interruttore secondario BT.

### 5. MISURE DI PROTEZIONE IMPIANTI BT

#### 5.1. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

La protezione dei conduttori dagli effetti dannosi causati dalle sovracorrenti è garantita da dispositivi automatici in grado di interrompere le correnti di sovraccarico fino al cortocircuito.

I dispositivi previsti sono:



- interruttori automatici provvisti di sganciatori di sovracorrente del tipo elettronico per taglie sopra i 160A a norme CEI 17-5;
- interruttori automatici scatolati provvisti di sganciatori di sovracorrente del tipo magnetotermico per taglie da 100A a 160A a norme CEI 17-5;
- interruttori automatici modulari provvisti di sganciatori di sovracorrente del tipo magnetotermico per taglie da 5A a 60A a norme CEI 17-5/23-3;
- interruttori modulari combinati con fusibili gL (CEI 32-1) per la protezione dei circuiti voltmetrici e dei circuiti di segnalazione sui quadri elettrici.

Le caratteristiche corrente/tempo di intervento dei dispositivi di protezione sono le seguenti:

- curve di intervento selezionabili per i dispositivi con sganciatori elettronici;
- curva di intervento "C" ( $I_{magnetica} = 5 \div 10 \times I_{nominale}$ ) per i dispositivi con sganciatori magnetotermici utilizzati su circuiti derivati;
- curva di intervento "D" ( $I_{magnetica} = 10 \div 15 \times I_{nominale}$ ) per i dispositivi con sganciatori magnetotermici utilizzati su circuiti primari di trasformatori;
- curva di intervento "B" ( $I_{magnetica} = 3 \div 5 \times I_{nominale}$ ) per i dispositivi con sganciatori magnetotermici utilizzati su circuiti derivati da gruppi elettrogeni o gruppi soccorritori a batterie.

Interruttori magnetotermici previsti con funzione "G" (guasto a terra) per interruttori di taglia superiore a 400A;

Interruttori previsti con relè differenziale per interruttori di taglia inferiore a 400A.

## 5.2. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI SOVRACCARICO

Utilizzando opportunamente dispositivi automatici a norme CEI 17-5/23-3, fusibili a norme CEI 32-1, risulta assicurata la condizione prescritta dalla norma CEI 64-8:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

Dove:

$I_B$  = corrente di impiego del circuito

$I_z$  = portata in regime permanente della condotta (sez. 523 CEI 64-8)

$I_n$  = corrente nominale del dispositivo di protezione

$I_f$  = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni effettive.

La protezione dai sovraccarichi è svolta materialmente da:

- dispositivo a tempo dipendente selezionabile degli sganciatori elettronici;
- dispositivo a tempo dipendente termico degli sganciatori magnetotermici;
- elemento termico a fusione dei fusibili.

### 5.3. PROTEZIONE CONTRO LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Il potere di interruzione dei dispositivi scelti è superiore alla corrente di corto circuito presunta nei vari punti di installazione.

I dispositivi automatici a norme CEI 17-5/23-3 ed i fusibili a norme CEI 32-1 sono stati scelti in modo tale da assicurare la condizione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

dove:

$t$  = durata in secondi

$S$  = sezione in mmq.

$I$  = corrente effettiva di corto circuito in Ampere, espressa in valore efficace

$K = 115$  per i conduttori in rame isolati in PVC 135 per i conduttori in rame isolati con gomma ordinaria o butilica 136 per i conduttori in rame isolati con gomma EPR o XPRE.

In ogni caso la max energia sopportata dai cavi  $K^2 \cdot S^2$  è superiore al valore di energia specifica  $I^2 \cdot t$  indicata dal costruttore come quella lasciata passare dal dispositivo di protezione.

I dispositivi di protezione previsti sono in grado di assolvere sia la protezione da sovraccarico sia la protezione da corto circuito in quanto rispettano le due condizioni dettate dalla norma CEI 64-8 sez. 435-1 e precisamente:

- protezione assicurata contro i sovraccarichi;
- potere di interruzione non inferiore al valore della corrente di corto circuito presunta. La protezione specifica dai cortocircuiti è svolta da:
  - dispositivo a tempo indipendente selezionabile degli sganciatori elettronici;
  - dispositivo a tempo indipendente elettromagnetico degli sganciatori magnetotermici;
  - elemento termico a fusione dei fusibili.

#### 5.4. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

La protezione dai contatti diretti è garantita dalle misure richieste nella norma CEI 64-8 sez. 412, e precisamente:

- isolamento delle parti attive proporzionato alla tensione di esercizio del sistema e tale da resistere alle influenze meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto;
- isolamento dei componenti elettrici costruiti in fabbrica conforme alle relative norme;
- parti attive poste entro involucri con grado minimo di protezione IP2X o IPXXB;
- superfici superiori degli involucri a portata di mano con grado minimo di protezione IP4X o IPXXD;
- apertura degli involucri possibile solo con uso di una chiave o attrezzo;
- utilizzo di interruttori blocco porta che permettano l'apertura della porta dopo aver disattivato le parti elettriche e la riattivazione delle stesse solo a porta chiusa.

Gli involucri di apparecchiature costruite in fabbrica devono essere conformi alle relative norme. In generale gli involucri devono essere saldamente fissati, resistenti alle sollecitazioni previste e se metallici garantire le distanze d'isolamento.

I sistemi di sicurezza previsti si possono così riassumere:

- utilizzo di involucri per apparecchiature e quadri elettrici con grado minimo di protezione IP40;
- utilizzo di pannelli a vite e porte sottochiave per i quadri elettrici;
- utilizzo di conduttori con isolamento  $U_0/U = 450/750V$  per posa in tubazioni isolanti o metalliche collegate al PE;
- utilizzo di conduttori con isolamento  $U_0/U = 450/750V$  per posa in canalizzazioni isolanti o metalliche collegate al PE;
- utilizzo di conduttori con isolamento  $U_0/U = 450/750V$  per posa in quadri elettrici a norme CEI;
- utilizzo di conduttori con isolamento  $U_0/U = 600/1000V$  in canalizzazioni isolanti o metalliche;
- utilizzo di conduttori con isolamento  $U_0/U = 600/1000V$  per posa interrata od in vista;

- utilizzo di morsetti isolati con  $V_i = 500V$  e grado di protezione IP20 in quadri elettrici e cassette di derivazione;
- utilizzo di cassette isolanti per derivazione con coperchio a vite e grado minimo di protezione IP40;
- utilizzo di cassette metalliche per derivazione con coperchio a vite, grado minimo di protezione IP40 e collegate al PE;
- utilizzo di apparecchiature isolate  $V_i = 500V$  e grado di protezione IP20 in quadri elettrici;
- utilizzo di componenti isolati  $V_i = 500V$  e grado di protezione IP40.

## 5.5. PROTEZIONE DA CONTATTI INDIRETTI

Le misure di protezione adottate contro i contatti indiretti sono quelle previste dalla norma CEI 64-8 per i vari sistemi di stato del neutro.

### Sistema TN-S

Nei sistemi TN-S tutte le masse dell'impianto saranno collegate al punto di messa a terra del sistema di alimentazione in corrispondenza od in prossimità del trasformatore.

Il punto di messa a terra del sistema di alimentazione nel nostro caso è il punto neutro. Le caratteristiche dei dispositivi di protezione sono tali che, in caso di guasto l'interruzione automatica dell'alimentazione avvenga entro i tempi stabiliti dalle norme soddisfacendo la seguente condizione:

$$Z_s I_a \leq U_0$$

Dove:

$Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto;

$I_a$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro il tempo definito dalle norme (nel caso di interruttore differenziale  $I_a$  è la corrente differenziale nominale  $I_{dn}$ ) in funzione della tensione nominale  $U_0$ ;

$U_0$  è la tensione nominale in c.a., valore efficace tra fase e terra.

- Per  $U_0=230V$  intervento entro  $t=0,4sec$ .

- Per  $U_0=400V$  intervento entro  $t=0,2sec$ .

Tempi di interruzione convenzionali non superiori a 5 secondi sono ammessi per i circuiti di distribuzione.

### Prescrizioni Comuni

Saranno collegate al circuito generale di terra tutte le masse metalliche degli utilizzatori e tutte le masse attualmente non identificabili ma comunque da collegare a terra in quanto soggette ad andare, a causa di un guasto, sottotensione (ad esempio passerelle metalliche a pavimento impiegate per la posa dei cavi).

Il fissaggio del conduttore di terra alle suddette masse metalliche, sarà realizzato a mezzo di collari fissa tubo, con morsetti, capicorda ad occhiello o viti autofilettanti da fissare sulla massa metallica in modo tale da impedirne l'allentamento.

Le giunzioni tra i vari elementi di protezione, se necessarie, saranno realizzate con idonei morsetti (ad esempio morsetti a mantello) o con saldatura forte in alluminotermica e saranno ridotte al minimo indispensabile.

Tutte le linee in origine dai quadri elettrici saranno dotate di un proprio conduttore di terra facente capo ad un equipotenziale previsto all'interno del quadro stesso.

Per ragioni di selettività si possono utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale del tipo S (vedere norma CEI 23-42, 23-44 e 17-5V1) in serie con dispositivi differenziali istantanei solo nei circuiti di distribuzione principali.

I differenziali a ritardo regolabile sono utilizzabili sui circuiti di distribuzione principale ed in presenza di personale addestrato (non sono ammessi negli impianti per uso domestico e similare). In ogni caso il massimo ritardo ammesso nei sistemi TT è di 1s.

## 5.6. PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI TERMICI

I componenti elettrici non devono costituire pericolo di innesco o di propagazione di incendio per i materiali adiacenti e quindi devono essere conformi alle relative norme costruttive o, dove mancanti alla sezione 422 della norma CEI 64-8.

I pericoli che derivano dalla propagazione di un eventuale incendio devono essere limitati mediante la realizzazione di barriere tagliafiamma REI 120 sulle condutture che attraversano solai o pareti di delimitazione dei compartimenti antincendio.

Le parti accessibili dei componenti elettrici a portata di mano non devono raggiungere temperature tali che possano causare ustioni alle persone oppure essere protette in modo da evitare il contatto accidentale come indicato alla sezione 423 della norma CEI 64-8.

Gli involucri, quadri o cassette contenenti componenti elettrici devono garantire la dissipazione del calore prodotto al fine di limitare le temperature al livello ammesso per il buon funzionamento. In alternativa è ammesso l'utilizzo di aspiratori o ventilatori comandati da termostato. I sistemi di riscaldamento ad aria forzata devono essere dotati di dispositivi di limitazione della temperatura come descritto alla sezione 424 della norma CEI 64-8.

Gli apparecchi utilizzatori che producono acqua calda o vapore devono essere protetti contro i surriscaldamenti in tutte le condizioni di servizio come descritto alla sezione 424 della norma CEI 64-8.

## 6. SEZIONAMENTO

Sul lato Alta Tensione, l'impianto sarà sezionabile in più punti mediante dispositivi onnipolari costituiti dagli stessi interruttori utilizzati per il comando e la protezione delle linee. In particolare, sul lato utente della Cabina di Trasformazione e Consegna, abbiamo un interruttore tripolare 150kV in corrispondenza del trasformatore, mentre sulle sbarre 150 kV abbiamo il sezionatore tripolare verticale e l'interruttore tripolare.

Sul lato Media Tensione, l'impianto sarà sezionabile in più punti mediante dispositivi onnipolari costituiti dagli stessi interruttori utilizzati per il comando e la protezione delle linee (Cabina di consegna, ingresso Quadro MT di Cabina, partenze per l'alimentazione MT dei trasformatori).

Per il sezionamento dell'impianto di distribuzione in BT potranno essere impiegati tutti i dispositivi onnipolari di protezione e comando posti nei vari quadri elettrici a partire dagli interruttori generali BT di Cabina (posti a valle dell'uscita secondaria dei trasformatori) per arrivare infine a tutti gli interruttori generali di quadro o agli interruttori divisionali per l'alimentazione dei circuiti terminali destinati alle varie utenze.

Sul lato cc l'impianto sarà sezionabile in più punti mediante dispositivi onnipolari, installati sul quadro di campo, costituiti dagli stessi interruttori utilizzati per il comando e la protezione dai circuiti.

## 7. QUALITÀ DEI MATERIALI

Gli impianti in oggetto sono stati progettati con riferimento a materiali / componenti di Fornitori primari, dotati di Marchio di Qualità, di marchiatura o di autocertificazione del Costruttore attestanti la costruzione a regola d'arte secondo la Normativa tecnica e la Legislazione vigente.



Tutti i materiali / componenti rientranti nel campo di applicazione delle Direttive 73/23/CEE ("Bassa Tensione") e 89/336/CEE ("Compatibilità Elettromagnetica") e successive modifiche / aggiornamenti saranno conformi ai requisiti essenziali in esse contenute e saranno contrassegnati dalla marcatura CE. Tutti i materiali / componenti presenteranno caratteristiche idonee alle condizioni ambientali e lavorative dei luoghi in cui risulteranno installati.

## 8. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA

Per la descrizione generale dell'impianto si rimanda agli elaborati specifici allegati al progetto.

### 8.1. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

L'impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa vigente (Legge 36/2001, D.P.C.M. 08/07/2003 e D.M. 29 Maggio 2008). Si rileva che nella Stazione Elettrica, che sarà normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale, se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

### 8.2. RETE DI TERRA

La rete di terra della stazione interesserà l'area recintata dell'impianto.

Il dispersore dell'impianto ed i collegamenti dello stesso alle apparecchiature, saranno realizzati secondo l'unificazione Terna per le stazioni a 150 kV e quindi dimensionati termicamente per una corrente di guasto di 25 kA per 0,5 sec. Sarà costituito da una maglia realizzata in corda di rame da 63 mm<sup>2</sup> interrata ad una profondità di circa 0,7 m composta da maglie regolari di lato adeguato. Il lato della maglia sarà scelto 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 maggiore gradiente di potenziale le dimensioni delle maglie saranno opportunamente infittite, come pure saranno infittite le maglie nella zona apparecchiature per limitare i problemi di compatibilità elettromagnetica.

Tutte le apparecchiature saranno collegate al dispersore a mezzo corde di rame con sezione di 125 mm<sup>2</sup>. Al fine di contenere i gradienti in prossimità dei bordi

dell'impianto di terra, le maglie periferiche presenteranno dimensioni opportunamente ridotte e bordi arrotondati.

I ferri di armatura dei cementi armati delle fondazioni, come pure gli elementi strutturali metallici saranno collegati alla maglia di terra della Stazione.

L'impianto sarà inoltre progettato e costruito in accordo alle raccomandazioni riportate nei par. 3.1.6 e 8.5 della Norma CEI 11-1.

## 9. ILLUMINAZIONE ORDINARIA

L'illuminazione ordinaria artificiale dei vari ambienti e l'illuminazione perimetrale esterna sarà realizzata impiegando corpi illuminanti ad alta efficienza idonee al conseguimento del risparmio energetico. L'illuminazione artificiale sarà realizzata in conformità alle prescrizione della norma UNI 10380. Le tipologie degli apparecchi che verranno impiegati per l'illuminazione ordinaria dell'edificio vengono qui di seguito elencate suddividendole in base ai diversi ambienti di installazione.

## 10. IMPIANTO ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA

L'illuminazione di sicurezza sarà garantita da apparecchi autoalimentati. L'impianto di sicurezza sarà indipendente da qualsiasi altro impianto elettrico dell'edificio.

I dispositivi di protezione contro le sovracorrenti saranno installati in modo da evitare che una sovracorrente in un circuito comprometta il corretto funzionamento degli altri circuiti di sicurezza. Tutti i corpi illuminanti impiegati presenteranno grado di protezione IP65 e saranno realizzati in materiale isolante in esecuzione a doppio isolamento.

L'autonomia minima di funzionamento dell'impianto di illuminazione di sicurezza dovrà essere di un'ora.

## 11. TUBAZIONI

La posa dei cavi elettrici costituenti gli impianti in oggetto è stata prevista in canalizzazioni distinte o comunque dotate di setti separatori interni per quanto riguarda le seguenti tipologie di circuiti:

- energia elettrica;
- segnalazione e speciali.

Le caratteristiche dimensionali ed i percorsi delle canalizzazioni sono riportati negli schemi planimetrici di progetto.

Le tubazioni impiegate per realizzare gli impianti saranno dei seguenti tipi:



- tubo flessibile in PVC autoestinguente, serie pesante, con Marchio di Qualità, conforme alle Norme EN 50086, con colorazione differenziata in base all'impiego, posato entro cavedio/parete prefabbricata o incassato a parete/pavimento
- tubo flessibile corrugato a doppia parete in polietilene alta densità, o tubo rigido in PVC serie pesante, conforme alle norme EN50086 per posa interrata 450N; caratteristiche dello scavo e la profondità di interramento sono dettagliatamente riportate negli elaborati grafici di progetto. Il diametro interno dei tubi sarà maggiore o al limite uguale a 1,4 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in esso contenuti, in ogni caso non inferiore a 16 mm. I cavi avranno la possibilità di essere infilati e sfilati dalle tubazioni con facilità; nei punti di derivazione dove risulti problematico l'infilaggio, saranno installate scatole di derivazione, in metallo o in PVC a seconda del tipo di tubazioni, complete di coperchio fissato mediante viti filettate.

## 12. CAVI ELETTRICI

Negli impianti saranno impiegate le seguenti tipologie di cavi in funzione delle condizioni di posa:

- cavo multipolare/unipolare in rame isolato in gomma etilenpropilenica qualità G7 sotto guaina di PVC, avente caratteristiche di non propagazione dell'incendio, conforme alle Norme CEI 20-22 II e 20-13, da posare prevalentemente in tubazioni interrate o entro canalizzazioni metalliche;
- cavo unipolare in rame isolato in PVC, avente caratteristiche di non propagazione dell'incendio, conforme alle Norme CEI 20-22 II e 20-20, da posare in tubazioni isolanti incassate o in vista;
- cavo unipolare precordato in rame isolato in gomma etilenpropilenica qualità G7, sotto guaina in PVC, con semiconduttore elastomerico estruso schermatura a filo di rame rosso tipo, conforme alle Norme CEI 20-13, da posare in tubazioni interrate per alimentazione MT.
- La scelta delle sezioni dei cavi è stata effettuata in base alla loro portata nominale (calcolata in base ai criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle Tabelle CEI-UNEL), alle condizioni di posa e di temperatura, al limite ammesso dalle Norme per quanto riguarda le cadute di tensione massime ammissibili (inferiori al 4%) ed alle caratteristiche di intervento delle protezioni secondo quanto previsto dalle vigenti Norme CEI

64-8. La portata delle condutture sarà commisurata alla potenza totale che si prevede di installare. Nei circuiti trifase i conduttori di neutro potranno avere sezione inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase, con il minimo di 16 mm, purché il carico sia sostanzialmente equilibrato ed il conduttore di neutro sia protetto per un cortocircuito in fondo alla linea; in tutti gli altri casi al conduttore di neutro verrà data la stessa sezione dei conduttori di fase.

- La sezione del conduttore di protezione non sarà inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_P = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

- dove:
- $S_P$  = sezione del conduttore di protezione (mm<sup>2</sup>);
- $I$  = valore efficace della corrente di guasto che percorre il conduttore di protezione per un guasto franco a massa (A);
- $T$  = tempo di interruzione del dispositivo di protezione (s);
- $K$  = fattore il cui valore per i casi più comuni è dato nelle tabelle VI, VII, VIII e IX delle norme C.E.I. 64-8 e che per gli altri casi può essere calcolato come indicato nell'Appendice H delle stesse norme.

La sezione dei conduttori di protezione può essere anche determinata facendo riferimento alla seguente tabella: in questo caso non è in generale necessaria la verifica attraverso l'applicazione della formula precedente. Se dall'applicazione della tabella risultasse una sezione non unificata, sarà adottata la sezione

unificata immediatamente superiore al valore calcolato. Quando un unico conduttore di protezione deve servire più circuiti utilizzatori, la tabella si applica con riferimento al conduttore di fase di sezione più elevata:

$S \leq 16$	$S_P = S$
$16 < S \leq 35$	$S_P = 16$
$S > 35$	$S_P = S/2$

dove:

- $S$  = sezione dei conduttori di fase dell'impianto (mm<sup>2</sup>);

- $S_p$  = sezione minima del corrispondente conduttore di protezione ( $\text{mm}^2$ ).

I valori della tabella sono validi soltanto se il conduttore di protezione è costituito dello stesso materiale del conduttore di fase. In caso contrario, la sezione del conduttore di protezione sarà determinata in modo da avere conduttanza equivalente.

Se i conduttori di protezione non fanno parte della stessa condotta dei conduttori di fase la loro sezione non sarà inferiore a 6 mm.

Quando un unico conduttore di protezione deve servire più circuiti utilizzatori sarà dimensionato in relazione alla sezione del conduttore di fase di sezione più elevata. I cavi unipolari e le anime dei cavi multipolari saranno contraddistinti mediante le seguenti colorazioni:

- nero, grigio e marrone (conduttori di fase);
- blu chiaro (conduttore di neutro);
- bicolore giallo-verde (conduttori di terra, di protezione o equipotenziali).

La rilevazione delle sovracorrenti è stata prevista per tutti i conduttori di fase. In ogni caso il conduttore di neutro non verrà mai interrotto prima del conduttore di fase o richiuso dopo la chiusura dello stesso. Nella scelta e nella installazione dei cavi si è tenuto presente quanto segue:

- per i circuiti a tensione nominale non superiore a 230/400 V i cavi avranno tensione nominale non inferiore a 450/750 V;
- per i circuiti di segnalazione e di comando è ammesso l'impiego di cavi con tensione nominale non inferiore a 300/500 V, qualora posti in canalizzazioni distinte dai circuiti con tensioni superiori.

Le condutture non saranno causa di innesco o di propagazione d'incendio: saranno usati cavi, tubi protettivi

e canali aventi caratteristiche di non propagazione della fiamma nelle condizioni di posa. Tutti i cavi appartenenti ad uno stesso circuito seguiranno lo stesso percorso e saranno quindi infilati nella stessa canalizzazione, cavi di circuiti a tensioni diverse saranno inseriti in tubazioni separate e faranno capo a scatole di derivazione distinte; qualora facessero capo alle tesse scatole, queste avranno diaframmi divisorii.

I cavi che seguono lo stesso percorso ed in special modo quelli posati nelle stesse tubazioni, verranno chiaramente contraddistinti mediante opportuni contrassegni applicati alle estremità. Il collegamento dei cavi in partenza dai quadri e le derivazioni degli stessi cavi all'interno delle cassette di derivazione saranno effettuate mediante appositi morsetti.

I cavi non trasmetteranno nessuna sollecitazione meccanica ai morsetti delle cassette, delle scatole, delle prese a spina, degli interruttori e degli apparecchi utilizzatori.

I terminali dei cavi da inserire nei morsetti e nelle apparecchiature in genere, saranno muniti di capicorda oppure saranno stagnati. I cavi saranno sempre protetti contro la possibilità di danneggiamenti meccanici fino ad un'altezza di 2,5 m dal pavimento.

### 13. CONNESSIONI E DERIVAZIONI

Tutte le derivazioni e le giunzioni dei cavi saranno effettuate entro apposite cassette di derivazione di caratteristiche congruenti al tipo di canalizzazione impiegata. Negli impianti saranno pertanto utilizzate:

- cassette da incasso in materiale isolante autoestinguente (resistente fino 650° alla prova a filo incandescente CEI 23-19), con Marchio di Qualità, in esecuzione IP40, posate ad incasso nelle pareti;
- cassette da esterno in pressofusione di alluminio, con Marchio di Qualità, in esecuzione IP55, posate in vista a parete/soffitto.

Tutte le cassette disporranno di coperchio rimovibile soltanto mediante l'uso di attrezzo. Per tutte le connessioni verranno impiegati morsetti da trafilato o morsetti volanti a cappuccio con vite isolati a 500 V.

Per quanto riguarda lo smistamento e l'ispezionabilità delle tubazioni interrate verranno impiegati pozzetti prefabbricati in cemento vibrato o (in casi particolari) in muratura di mattoni pieni o in cemento armato. I chiusini saranno carrabili (ove previsto) costituiti dai seguenti materiali:

- cemento, per aree verdi o comunque non soggette a traffico veicolare;
- ghisa classe D400, per carreggiate stradali;

I pozzetti saranno installati in corrispondenza di ogni punto di deviazione delle tubazioni rispetto all'andamento rettilineo, in ogni punto di incrocio o di derivazione di altra tubazione e comunque ad una interdistanza non superiore a 25 m.

### 14. IMPIANTO DI TERRA

Il dispersore di terra (di valore inferiore a 10  $\Omega$ ) sarà unico e costituito da una corda in rame nudo da 50 mm<sup>2</sup>, interrata a circa 0,5 m di profondità integrata da picchetti infissi nel terreno entro pozzetti ispezionabili.

Fanno parte integrante del sistema di dispersione le reti in acciaio annegate nel pavimento del locale trasformazione elettrica per rendere detto locale equipotenziale. Per la cabina di trasformazione e consegna e per la cabina di

connessione saranno realizzate maglie di terra di dimensioni 6x6 m circa con corda di rame nuda interrata della sezione di almeno 50 mm<sup>2</sup>.

Saranno direttamente collegati a questa maglia i sostegni metallici delle apparecchiature AT. Il locale trasformazione sarà dotata di un proprio collettore di terra principale, costituito da una barratura in rame fissata a parete, a cui faranno capo i seguenti conduttori:

- il conduttore di terra proveniente dal dispersore;
- il conduttore di terra proveniente dei ferri di armatura;
- il centro-stella (neutri) del trasformatore;
- il P.E. destinato al collegamento della carcassa del trasformatore;
- il nodo di terra del Quadro Generale BT.

Dal nodo di terra posto in corrispondenza del Quadro Generale BT di Cabina saranno poi derivati tutti i

conduttori di protezione ed equipotenziali destinati al collegamento dei quadri di distribuzione e quindi di tutte le masse estranee dell'impianto. Ad ogni quadro elettrico sarà associato un nodo di terra costituito da una barra in rame. L'impianto di terra risulterà realizzato in conformità al Cap. 54 delle Norme CEI 64-8/5 e adesso saranno collegate:

- le masse metalliche di tutte le apparecchiature elettriche;
- le masse metalliche estranee accessibili (tubazioni dell'acqua, del riscaldamento, del gas, ecc.);
- i poli di terra delle prese a spina.

Tutti i conduttori di protezione ed equipotenziali presenti nell'impianto saranno identificati con guaina isolante di colore giallo-verde e saranno in parte contenuti all'interno dei cavi multipolari impiegati per l'alimentazione delle varie utenze, in parte costituiranno delle dorsali comuni a più circuiti.

Per dimensionare il suddetto impianto di terra sarà necessario richiedere il valore della corrente di guasto

monofase a terra ed il tempo di eliminazione del guasto. Tali valori vengono forniti all'ENEL dal GRTN sede territoriale competente. Ai sensi dell'articolo 2 del DPR 22 ottobre 2001 n. 462, prima dell'entrata in servizio dell'impianto, sarà effettuata da parte di un tecnico abilitato la verifica dell'impianto di terra.

## B. CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE

### 15. CONSIDERAZIONI GENERALI

La presente sezione riguarda il calcolo e la verifica degli elementi che costituiscono la struttura di un inseguitore meccanico monoasse denominato "tracker", strutture che riguardano la parte preponderante dei campi fotovoltaici EG DAFNE

La struttura meccanica è costituita da elementi verticali costituiti da profili  $\Omega 101 \times 108 \times 40 \times 4$  mm infissi mediante battitura direttamente nel terreno. Detti elementi rappresentano al contempo sia i montanti verticali fuori terra che le fondazioni profonde.

Gli elementi orizzontali principali sono costituiti da tubolari  $120 \times 120 \times 3$  mm che sono ancorati ai montanti  $\Omega 101 \times 108 \times 40 \times 4$  mm mediante degli elementi pressopiegati speciali. Il tubolare  $120 \times 120 \times 3$  mm rappresenta l'asse di rotazione della struttura.

Sull'orditura principale sono ancorati i profili  $\Omega 34 \times 33 \times 24 \times 2$  mm che sorreggono i pannelli fotovoltaici mediante ancoranti meccanici.

### 16. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – azioni del vento (UNI EN 1991-1-4:2005);
- EUROCODICE 3 – Progettazione delle Strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici (UNI EN 1993-1-1:2005);
- EUROCODICE 3 – Progettazione delle Strutture in acciaio – Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti (UNI EN 1993-1-8:2005);
- D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare Esplicativa n°617 del 02 febbraio 2009 – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- Legge 2/2/74 n. 64 e DDMM 3/3/1975 – Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche.
- Costruzioni in acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione. (C.N.R. 10011/85);
- Istruzioni per la valutazione delle Azioni sulle Costruzioni. (C.N.R. 10012/85);

## 17. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI

### Acciaio S275 JR

gli elementi che sono progettati con l'acciaio S275 JR sono i seguenti

- Tubolare principale 120x120x3mm;
- profili per fissaggio pannelli  $\Omega$ 34x33x24x2mm;
- profili per fissaggio pannelli Z30x24x3mm;
- piastrame;
- Palo verticale  $\Omega$ 101x108x40x4mm;

Caratteristiche meccaniche:

- $f_y \geq 275$  N/mm<sup>2</sup> limite di snervamento;
- $f_t \geq 430$  N/mm<sup>2</sup> limite di rottura;
- $A\% \geq 25$  % Allungamento minimo;
- $R \leq 27J$  Resilienza a 20°C;
- $E=210000$  N/mm<sup>2</sup> Modulo Elastico;
- $G=E/[2(1+n)]=80769$  N/mm<sup>2</sup> Modulo Tangenziale;
- $a=12 \times 10^{-6}$  per °C-1 coefficiente di espansione termica lineare;

### Bulloni

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968 devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001

Vite 8.8 - Dado 8;

$f_{yb}=649$  N/mm<sup>2</sup>;

$f_{tb}=800$  N/mm<sup>2</sup>;

### Saldature

Eventuali saldature dell'acciaio dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

## 18. COMBINAZIONE DEI CARICHI E CRITERI DI CALCOLO

La combinazione dei carichi agenti sulla struttura e la conseguente verifica strutturale viene fatta in accordo con quanto prescritto dal DM 14/01/08. La relazione fondamentale per la verifica è data dalla seguente espressione

$$E_d \leq R_d = R_k / \gamma_{NO}$$

In accordo con l'Eurocodice 3 per le verifiche è stato considerato:

$R_k$  → Valore caratteristico di Resistenza;

$\gamma_{m0} = 1,05$  → Coefficiente parziale di resistenza di Resistenza per acciaio;

Il criterio utilizzato per la progettazione è l'Approccio 1 in accordo al cap. 02 del DM14/01/08 che considera per le verifiche strutturali i valori dei coefficienti parziali riportati in Tabella 2.6.I colonna A1 STR, come pure per le verifiche geotecniche sono considerati i coefficienti parziali riportati in Tabella A1.2(C).

Combinazione per le verifiche allo stato limite ultimo di resistenza

$$E_d = \sum_{j \in \check{S}1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_Q \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \in \check{S}1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Combinazione per le verifiche per azioni dovute al SISMA:

$$E_d = \sum_{j \in \check{S}1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + E + \sum_{i \in \check{S}1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

In cui i parametri sono:

$G_{k,j}$  → Valore caratteristico dei Carichi Permanenti;

$\gamma_G = \gamma_{G,j} = \{1,30; 1,00\}$  → Coefficiente parziale per i Carichi Permanenti;

$Q_{k,1}$  → Valore caratteristico del Carico Accidentale principale;

$Q_{k,i}$  → Valore caratteristico dei Carichi Accidentali secondarie;

$E$  → Valore caratteristico dell'azione Sismica;

$\gamma_Q = \gamma_{Q,i} = \{1,50; 0\}$  → Coefficiente parziale per i Carichi Accidentali;

$\psi_{0,1} = 0,6$  → Coefficiente parziale per il vento;

$\psi_{1,1} = 0,2$  → Coefficiente parziale per il vento;



$\Psi_{2,1}=0 \rightarrow$  Coefficiente parziale per il vento;

$\Psi_{0,2}=0,7 \rightarrow$  Coefficiente parziale per la neve;

$\Psi_{1,2}=0,5 \rightarrow$  Coefficiente parziale per la neve;

$\Psi_{2,2}=0,2 \rightarrow$  Coefficiente parziale per la neve;

## 19. ANALISI DEI CARICHI

### Carichi permanenti

#### Carichi permanenti portanti definiti – G1:

I carichi permanenti del peso proprio è inserito nella Condizione (1) ed è generato in automatico dal programma di carichi

-Palo $\Omega 101 \times 108 \times 40 \times 4 \text{mm}$ .....	114 N/m
-Traverso Tubolare $20 \times 120 \times 3 \text{mm}$ .....	108 N/m
- Elementi di supporto pannelli centrali – $\Omega 34 \times 33 \times 24 \times 2 \text{mm}$ .....	21 N/m
- Elementi di supporto pannelli laterali – $Z 30 \times 24 \times 3 \text{mm}$ .....	16 N/m

Nel modello di calcolo i carichi sono generati in automatico tramite le caratteristiche geometriche degli elementi e la definizione del materiale acciaio.

#### Carichi permanenti portati pienamente definiti – G2:

- Pannelli fotovoltaici (dim. $1954 \times 982 \text{mm}$ ; $p=220 \text{N}$ ) .....	115 N/m <sup>2</sup>
--------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

Nel modello di calcolo i carichi sono stati applicati con carichi distribuiti linearmente coerentemente con il modello reale:

- cond.2  $\rightarrow$  G2 - pannelli fotovoltaici – elemento  $WP_z = 220/1,954 = 113 \text{N/m}$
- cond.2  $\rightarrow$  G2 - pannelli fotovoltaici – elemento Z ...  $P_z = 220/1,954 \times 0,50 = 56 \text{N/m}$

#### Carichi accidentali - vento – $Q_{kd,vento}$

La determinazione del carico accidentale vento è ricavata in base alla Normativa italiana DM 14/01/2008 e in base alle indicazioni contenuto della Circolare esplicativa n°617 del 02/02/2009.

Il carico statico equivalente dato dal vento viene determinato in base a

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

Dove

- $q_b$  è la pressione cinetica di riferimento come indicata di seguito;

- $C_e$  è il coefficiente di esposizione come indicato di seguito;
- $C_p$  è il coefficiente di forma come indicato di seguito;
- $C_d$  è il coefficiente dinamico che per la struttura in esame può essere assunto pari a 1;

### Pressione cinetica - $q_b$

La pressione cinetica è calcolata con la seguente formula

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

Dove

$V_b$  è la velocità di riferimento del vento (in m/s);

$\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>

Per il calcolo di  $v_b$  si tiene conto del periodo di ritorno  $T_r=20$ anni, come richiamato al punto C3.3.2 della Circolare esplicativa n°617 del 02/02/2009, mediante la seguente espressione:

$$v_b(T_R) = \alpha_R v_b$$

Dove

$\alpha_R$  è un coefficiente che ha la seguente espressione:

$$\begin{aligned} \alpha_R &= 0,75 \cdot 1 / (1 - 0,20 \cdot \ln [-\ln (1 - T_R)]) = \\ &= 0,75 \cdot 1 / (1 - 0,20 \cdot \ln [-\ln (1 - 1/20)]) \end{aligned}$$

- $v_b$  è la velocità di riferimento del vento associata a un periodo di ritorno di 50 anni;
- La determinazione della velocità di riferimento dipende dall'ubicazione geografica e dall'altezza del sito sul livello del mare in base alla seguente tabella:

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Con

$$\begin{aligned}
 v_b &= v_{b,0} && \text{per } a_s \leq a_0 \\
 v_b &= v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) && \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Il sito ricade in zona2-Emilia Romagna- essendo nel Comune di Copparo.

### **Coefficiente di esposizione**

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200$  m, esso è dato dalla formula:

$$\begin{aligned}
 c_e(z) &= k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] && \text{per } z \geq z_{\min} \\
 c_e(z) &= c_e(z_{\min}) && \text{per } z < z_{\min}
 \end{aligned}$$

Il sito è ubicato a meno di 30 Km dalla costa, la classe di rugosità complessiva dell'intervento può essere considerata la A della TAB 3.3.III-classi e rugosità del terreno- in quanto i trackers sono molto fitti formando una schermatura tra loro molto elevata maggiore di una zona urbanizzata.

I parametri per il calcolo del  $c_e$ , per sito con categoria di esposizione IV e avendo un coefficiente topografico pari a  $c_t=1$ , sono dati dalla tabella 3.3.II *Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione*.

### **Coefficiente di forma $C_p$**

Il coefficiente di esposizione  $c_p$  è stato determinato in via analitica con il software Fluent dell'ANSYS, come proposto al punto C.3.3.10 della Circolare esplicativa n°617 del 02/02/2009.

È stata scelta questa strada in quanto la tipologia costruttiva in esame è molto particolare e si allontana dalle costruzioni civili per le quali la norma propone i vari  $c_p$ .

### **Carichi accidentali - neve – $Q_{kd,neve}$**

La determinazione del carico accidentale neve è ricavata in base alla Normativa italiana DM 14/01/2008 e in base alle indicazioni contenuto della Circolare esplicativa n°617 del 02/02/2009.

Il carico statico viene determinato in base alla seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \times q_{sk} \times C_E \times C_t$$

dove:

$\mu_i$  e il coefficiente di forma sulla copertura;

- $q_{sk}$  il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>], per un periodo di ritorno  $T_r$  di 50 anni;
- CE e il coefficiente di esposizione;
- $C_t$  e il coefficiente termico

### **Coefficiente di forma - $\mu_i$**

Il coefficiente di forma viene calcolato in base alla tabella 3.4.II- *Valori del coefficiente di forma*.

### **Valore caratteristico del carico neve – $q_{sk}$**

Il valore caratteristico del carico neve è dato dalla normativa DM 14/01/08 nel cap.3.4.2 e dipende dalla zona climatica. Nel caso specifico il sito ricade nella Zona III e per un'altezza sul livello del mare pari ad  $a_s=0,00$ m a.l.m, pertanto si ha

$$q_{sk} = 600 \text{ N/m}^2$$

In realtà tale valore dovrebbe essere ridotto come per il vento di un coefficiente che tiene conto del reale periodo di ritorno della struttura  $T_r=20$ anni. Non si procede in tal senso soltanto perché la norma italiana non specifica, a differenza del carico vento, il fattore di riduzione con una formula specifica.

### **Coefficiente di esposizione - CE**

coefficiente di esposizione CE è utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera.

La tabella da considerare è la 3.4.I da cui risulta  $CE=1$ .

### **Coefficiente di esposizione – $C_t$**

Il coefficiente termico  $C_t$  può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione.

Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1$ .

## **AZIONI ALLA BASE DEI PALI**



I calcoli sono stati effettuati utilizzando un modello ad elementi finiti sviluppato mediante l'uso di apposito software.

Attraverso l'analisi delle combinazioni di carico sui tre modelli principali, i carichi peggiori da utilizzare durante le prove di estrazione risultano dal modello A.

**Azione perpendicolare verticale – Compressione. Risultati della elaborazione:**

$N_{max} = 14147,2 \text{ N}$  - per i pali laterali

$N_{max} = 21986 \text{ N}$  - per il palo centrale del motore

**Azione perpendicolare verticale – Trazione. Risultati delle elaborazioni**

$N_{max} = -5539,1 \text{ N}$  - per i pali laterali

$N_{max} = -8407 \text{ N}$  - per il palo centrale del motore

**Azione orizzontale**

$T_{max} = 4807 \text{ N}$  - per i pali laterali

$T_{max} = 6867 \text{ N}$  - per il palo centrale del motore

Sulla base delle indicazioni NTC-2018, se vengono eseguite solo prove di carico di estrazione (azione perpendicolare verticale - trazione) con un minimo di 5 prove.

**CALCOLO DELLA LUNGHEZZA DEI PALI**

Nella sezione si analizzano i controlli geotecnici sui pali della struttura dell'inseguitore.

Il calcolo della lunghezza del palo nel terreno viene effettuato con software idoneo.

La lunghezza calcolata è di 1,70 m.