

COMMITTENTE



GR Value Brindisi 2 S.r.l.
 Via Durini, 9 Tel. +39.02.50043159
 20122 Milano PEC: grvaluebrindisi2@legalmail.it

GR VALUE BRINDISI 2 S.r.l.
 Via Durini, 9
 20122 Milano (MI)
 P. IVA 11779090965

PROGETTISTI



PROGETTO
Ingveprogetti s.r.l.

Via Federico II Svevo, n°64 -72023, Mesagne (BR)
 email: info@ingveprogetti.it

Coordinatore tecnico del progetto:
 Ing. Giorgio Vece



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI BRINDISI



COMUNE DI MESAGNE



TORRE SANTA SUSANNA

PROGETTO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DENOMINATO "MESSAPIA" DI POTENZA COMPLESSIVA PARI A 29,65 MW SITO NEI COMUNI DI MESAGNE (BR) E TORRE SANTA SUSANNA (BR), CON OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI MESAGNE (BR)

ELABORATO

Calcoli preliminari impianti del progetto definitivo

RELAZIONE

Codice elaborato:

TCJGK65_Calcolilimpianti_01

Tipo

DOCUMENTO PDF

| N° | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|----|-------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
| 00 | MAGGIO 2022 | PRIMA EMISSIONE | ING. GIORGIO VECE | ING. GIORGIO VECE | GR VALUE BRINDISI 2 S.r.l. |
| 01 | | | | | |
| 02 | | | | | |
| 03 | | | | | |
| 04 | | | | | |

INDICE

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO | 2 |
| 1.1 | PREMESSA | 2 |
| 1.2 | NORME DI RIFERIMENTO | 4 |
| 2. | DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI..... | 5 |
| 2.1 | DESCRIZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO..... | 6 |
| 2.2 | IMPIANTO ELETTRICO..... | 8 |
| 2.3 | IMPIANTO DI MESSA A TERRA..... | 8 |
| 2.4 | QUADRI DI CAMPO..... | 9 |
| 2.5 | QUADRI DI PARALLELO..... | 9 |
| 2.6 | INVERTER | 10 |
| 2.7 | QUADRO PARALLELO TRAFI E CONNESSIONE DI RETE | 10 |
| 2.8 | ELETTRODOTTO AEREO..... | 10 |
| 2.9 | ELETTRODOTTO INTERRATO..... | 12 |
| 3. | DIMENSIONAMENTO DEI CAVI..... | 13 |
| 4. | PROTEZIONI ELETTRICHE..... | 14 |
| 4.1 | PROTEZIONE DA CORTO CIRCUITI SUL LATO C.C.DELL'IMPIANTO..... | 14 |
| 4.2 | PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI LATO C.C..... | 14 |
| 4.3 | PROTEZIONE VERSO CORTI CIRCUITI LATO C.A..... | 14 |
| 4.4 | PROTEZIONE DALLE DISPERSIONI VERSO TERRA | 14 |
| 4.5 | PROTEZIONI DI INTERFACCIA..... | 14 |
| 4.6 | PROTEZIONE GENERALE DISPOSITIVO GENERALE (DG) | 15 |
| 4.7 | DISPOSITIVO DI GENERATORE (DDG)..... | 15 |
| 4.8 | SISTEMI DI RINCALZO | 15 |
| 5. | IMPIANTI ILLUMINAZIONE E AUSILIARI | 16 |
| 5.1 | IMPIANTO DI TERRA..... | 16 |
| 5.2 | IMPIANTI BT PER LE CABINE..... | 17 |
| 5.3 | ILLUMINAZIONE ESTERNA | 17 |
| 5.4 | PALO DI SOSTEGNO ILLUMINAZIONE..... | 17 |
| 5.5 | POSA DEI CAVI ILLUMINAZIONE | 18 |
| 5.6 | PROTEZIONE DALLE FULMINAZIONI..... | 18 |
| 6. | CALCOLI PRELIMINARI IMPIANTO BT..... | 19 |
| 6.1 | CALCOLO DELLA SEZIONE DELLA RETE DI MESSA A TERRA | 19 |
| 6.2 | IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA | 20 |
| 6.3 | CALCOLO IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE..... | 21 |
| 6.3.1 | <i>DIMENSIONAMENTO CAVI E INTERRATORI DI PROTEZIONE</i> | <i>21</i> |
| 6.3.2 | <i>DIMENSIONAMENTO PLINTO DI FONDAZIONE DEI PALI DI ILLUMINAZIONE</i> | <i>22</i> |
| 6.3.3 | <i>VERIFICA A RIBALTAMENTO SOSTEGNO</i> | <i>23</i> |

1. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

L'impianto agrovoltaiico denominato "MESSAPIA" è il risultato di una progettazione integrata di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e di un impianto di produzione agricola, ricadente nei Comuni di Mesagne e Torre Santa Susanna (BR) e con opere di connessione nel Comune di Mesagne (BR), la cui potenza nominale è di 29,65 MW.

La proposta progettuale del parco agrovoltaiico in questione ha definito un'architettura di impianto tale da non compromettere la continuità della coltivazione agricola, consentendo altresì l'utilizzo degli strumenti della agricoltura di precisione, come meglio descritto nelle relazioni specialistiche "Piano Colturale" e "Relazione descrittiva del progetto agricolo".

Il progetto di coltivazione agricola sarà realizzato all'interno dell'area dell'impianto fotovoltaico e nel corso della vita dell'impianto interesserà l'intera area di impianto.

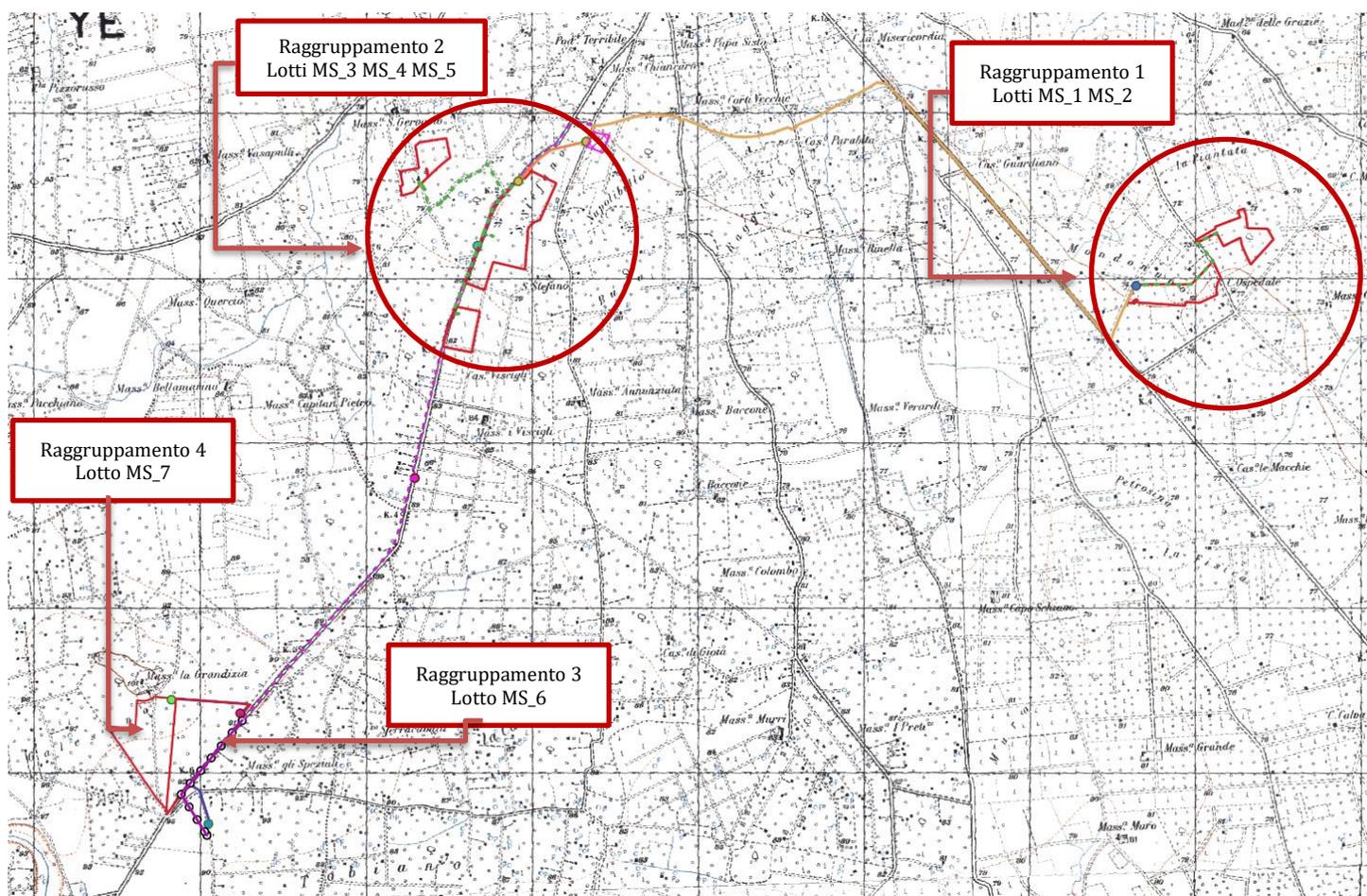
1.1 PREMESSA

La presente relazione descrive l'impianto elettrico, quello di illuminazione e di videosorveglianza del progetto agrovoltaiico denominato "MESSAPIA" che si realizzerà su aree agricole entro i territori dei comuni di Mesagne e Torre Santa Susanna (BR).

Il parco agrovoltaiico si articola in 7 lotti di impianto ed è connesso alla RTN mediante quattro autonome linee di connessione individuate da quattro codici di rintracciabilità distinti che riguardano il singolo raggruppamento.

Essi sono così distinti:

- Raggruppamento 1: codice di rintracciabilità 233310258
 - Lotto MS_1
 - Lotto MS_2
- Raggruppamento 2: codice di rintracciabilità 237474442
 - Lotto MS_3
 - Lotto MS_4
 - Lotto MS_5
- Raggruppamento 3: codice di rintracciabilità T0738041
 - Lotto MS_6
- Raggruppamento 4: codice di rintracciabilità 274844045
 - Lotto MS_7



Pertanto, l'energia elettrica prodotta sarà connessa alla Rete di Distribuzione attraverso la realizzazione di quattro nuove cabine di consegna, una per ogni raggruppamento, ciascuna di essa collegata in antenna da cabina primaria AT/MT MESAGNE CP.

Nella seguente tabella si riportano i dati riepilogativi del progetto agrovoltaico "MESSAPIA":

| | |
|---|------------|
| Superficie complessiva lotti di impianto (mq) | 689.296,53 |
| Superficie area coltivabile totale (mq) | 635.788,17 |
| Percentuale area coltivabile totale (%) | 92,24 |
| Numero pannelli totale (n°) | 32.100,00 |
| Superficie pannelli totale (mq) | 88.080,91 |
| Potenza di picco totale (KWp) | 35.533,80 |
| Potenza nominale totale (KWn) | 29.650,00 |

1.2 NORME DI RIFERIMENTO

- Norma CEI 17.5 parte 2
- Norma CEI 17.11 parte 3
- Norma CEI 17.13/1/2/3
- Norma CEI 23-51
- Norma CEI 20-20
- Norma CEI 20-22
- Norma CEI 23-8
- Norma CEI 64-8
- Norma CEI 64-7
- Uni 10439
- D.Lgs. n° 81/2008
- Legge 10 Marzo 1968 n° 186
- D.P.R. 24 Luglio 1996 n° 503
- DM n° 37/2008 (ex L. n° 46/90)
- DPR 462/01 del 23/01/2001

2. Descrizione degli impianti

La produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile si ottiene a mezzo dei pannelli fotovoltaici, costituiti dall'unione di più celle fotovoltaiche, che convertono l'energia dei fotoni in elettricità. Un pannello solare produce energia in Corrente Continua, DC (Direct Current). Gli inverter convertono la corrente continua in corrente alternata A.C. La corrente continua, in BT, viene poi trasformata in MT dal trasformatore prima di essere immessa in rete.

Come anticipato in premessa il parco agrovoltaiico MESSAPIA si articola in 7 lotti di impianto, connessi alla RTN mediante quattro autonome linee di connessione individuate da quattro codici di rintracciabilità distinti che riguardano il singolo raggruppamento.

Le rispettive potenze AC e DC dei singoli lotti di impianto si articolano come rappresentato nella tabella seguente:

| LOTTO DI IMPIANTO | POTENZA ELETTRICA DC (kW) | POTENZA ELETTRICA AC (kW) |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| MS_1 | 2.736 | 5.500 |
| MS_2 | 3.677 | 5.500 |
| MS_3 | 6.977 | 9.900 |
| MS_4 | 2.702 | 9.900 |
| MS_5 | 2.206 | 9.900 |
| MS_6 | 9.798 | 8.250 |
| MS_7 | 7.439 | 6.000 |
| Totale | 35.533,80 Kwp | 29.650 |

| GENERATORE FOTOVOLTAICO | N° STRUTTURE DI SOSTEGNO (TRACKER) | N° PANNELLI |
|-------------------------|------------------------------------|-------------|
| MS_1 | 160 (1V30) | 4.800 |
| MS_2 | 215 (1V30) | 6.450 |
| MS_3 | 382 (1V30) 52 (1V15) | 12.240 |
| MS_4 | 158 (1V30) | 4.740 |
| MS_5 | 129 (1V30) | 3.870 |
| MS_6 | 559 (1V30) 28 (1V15) | 17.190 |
| MS_7 | 435 (1V30) | 13.050 |

Le opere in progetto per l'impianto agrovoltaiico in studio, si distinguono in:

- Opere di utente
- Opere di rete

Le opere di utente sono:

- pannelli fotovoltaici:
 - MS_1: Generatore fotovoltaico ad inseguimento solare (tracker) in configurazione portrait 1V30;

- MS_2: Generatore fotovoltaico ad inseguimento solare (tracker) in configurazione portrait 1V30;
- MS_3: Generatore fotovoltaico ad inseguimento solare (tracker) in configurazione portrait 1V30 – 1V15;
- MS_4: Generatore fotovoltaico ad inseguimento solare (tracker) in configurazione portrait 1V30;
- MS_5: Generatore fotovoltaico ad inseguimento solare (tracker) in configurazione portrait 1V30;
- MS_6: Generatore fotovoltaico ad inseguimento solare (tracker) in configurazione portrait 1V30 – 1V15;
- MS_7: Generatore fotovoltaico ad inseguimento solare (tracker) in configurazione portrait 1V30;

All'interno di ogni generatore fotovoltaico saranno realizzate:

- cabine prefabbricate da ubicare all'interno della proprietà secondo le posizioni indicate nell'elaborato planimetria di impianto;
- viabilità interna al parco per le operazioni di costruzione e manutenzione dell'impianto e per il passaggio dei cavidotti interrati in MT;
- cavidotti interrati per cavi in MT, BT di collegamento tra le cabine di campo e la cabina di raccolta;
- cavidotto interrato fra i singoli raggruppamenti;
- recinzione metallica;
- impianti ausiliari.

Opere di rete sono:

- raggruppamento 1 (lotto MS_1- lotto MS_2): cabina di consegna, cavo interrato in asfalto (4480 m), cabina di sezionamento, richiusura su MT esistente PIPMESAGNE;
- raggruppamento 2 (lotto MS_3-lotto MS_4-lotto MS_5): cabina di consegna, cavo interrato in terreno (80 m), cavo interrato in asfalto (50 m), linea cavo aereo (500 m);
- lotto MS_6: cabina di consegna, cabina di sezionamento, linea di cavo sotterraneo in asfalto (4600 m), linea di cavo sotterraneo in terreno (7 m), linea di cavo aereo (840 m);
- lotto MS_7: cabina di consegna, cabina di sezionamento, cavo interrato con doppia terna in terreno (10 m), cavo interrato in asfalto (5885 m), cavo interrato con doppia terna in asfalto (600 m).

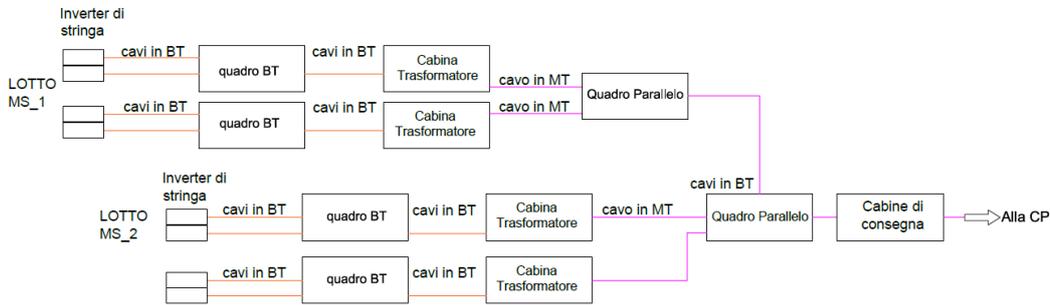
La descrizione tecnica dei cavidotti di connessione è riportata negli elaborati:

- TCJGK65_CalcoliImpianti_02a
- TCJGK65_CalcoliImpianti_02b
- TCJGK65_CalcoliImpianti_02c
- TCJGK65_CalcoliImpianti_02d;

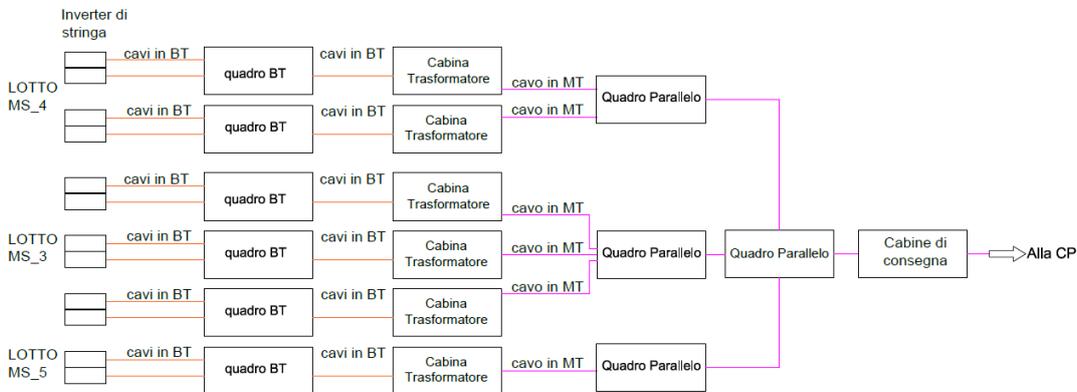
2.1 DESCRIZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Lo schema a blocchi dell'impianto elettrico del generatore fotovoltaico in questione, per singolo impianto, è il seguente:

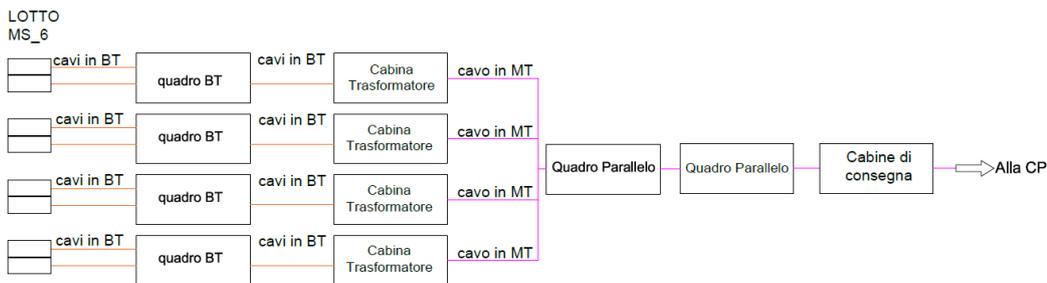
Raggruppamento 1:



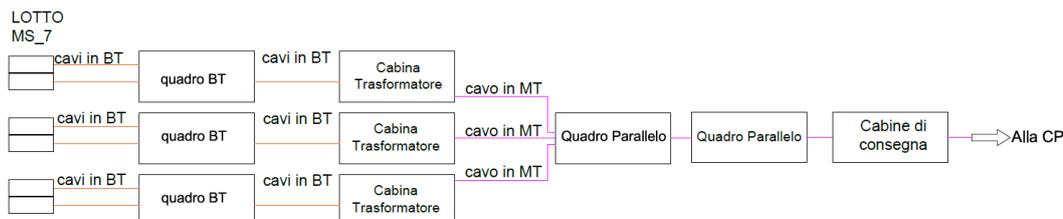
Raggruppamento 2:



Raggruppamento 3:



Raggruppamento 4:



2.2 IMPIANTO ELETTRICO

L'intero impianto sia sul lato D.C. che sul lato A.C., avendo il sistema di neutro fluttuante è stato pensato come sistema con il neutro isolato in modo da non risentire delle eventuali fluttuazioni del neutro, per le linee ausiliarie di alimentazione dei quadri e delle altre utenze sarà invece utilizzato un classico sistema di collegamento a terra del nodo equipotenziale, di seguito si riportano le prescrizioni necessarie per la seconda ipotesi.

Tutti gli interruttori di protezione delle condutture sono scelti in modo da ottemperare le disposizioni del capitolo 43 delle norme CEI 64.8 riguardanti le protezioni contro i sovraccarichi e le correnti di corto circuito, nonché per la protezione contro i contatti indiretti. Ogni apparecchiatura installata all'interno dei quadri di distribuzione avrà idonea targhetta serigrafata riportante la funzione svolta. La distribuzione sarà realizzata a vista adoperando conduttori flessibili solari per i cavi posati a vista o con isolamento in Etilene propilene del tipo FG7OR del tipo multipolare o unipolare, a norme CEI 20-22 e CEI 20-37, per posa direttamente interrata o in aria libera, con protezione meccanica aggiuntiva da adoperare per gli attraversamenti. La sezione dei conduttori dovrà rispettare i seguenti valori minimi ammessi, salvo dove diversamente indicato, così come menzionato dall'art. 433.2 delle norme CEI 64.8 quarta edizione 1998, e tale da verificare le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} I_B &\leq I_N \leq I_Z \\ I_F &\leq 1,45 * I_Z \end{aligned}$$

Dove:

I_B = corrente di impiego del circuito

I_N = corrente nominale del dispositivo di protezione

I_Z = portata in regime permanente della conduttura

I_F = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Le singole linee di alimentazione di utenza calcolate come sopra descritto, sono riportate sugli elaborati grafici di progetto.

La sezione dei conduttori di neutro non dovrà essere inferiore a quella dei rispettivi conduttori di fase per valori di sezioni uguali o inferiori a 16 mmq. La sezione dei conduttori di protezione non dovrà essere ugualmente inferiore a quella del conduttore di fase se inferiore a 16 mmq e infilato nello stesso tubo protettivo. Se il conduttore di protezione è posato in canalizzazione diversa dovrà avere una sezione non inferiore a quella del conduttore di fase convalori.

2.3 IMPIANTO DI MESSA A TERRA

L'impianto di messa a terra sarà costituito da spandenti in acciaio zincato a croce 50x50x5 mm di lunghezza 1,5 m collegati attraverso una corda di rame nudo posata ad intimo contatto con il terreno. Allo stesso impianto faranno capo il conduttore di terra, il conduttore equipotenziale principale e i conduttori di protezione dell'intero impianto. Questi ultimi saranno del tipo a semplice isolamento in pvc del tipo N07V-K, di sezione uguale al corrispondente conduttore di fase. Poiché la protezione contro i contatti indiretti è attuata mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione, in base al collegamento all'impianto di terra del tipo TT, l'art. 413.1.4.2 delle norme CEI 64.8 prescrive che debba essere verificata la condizione seguente:

$$RA \times Ia \leq 50 \text{ V}$$

Dove:

- **RA** è la somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse
- **Ia** è la corrente che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione.

Avendo previsto per tutte le linee di alimentazione un interruttore automatico magnetotermico, la resistenza dell'impianto di terra dovrà assumere un valore tale da soddisfare la seguente relazione:

$$RA \leq 50/0,03 = 1666,7 \Omega.$$

Poiché l'impianto, per ogni lotto, sarà costituito da n. 8 dispersori a croce in acciaio zincato delle dimensioni di 50x50x5 mm di lunghezza 1,5 m, considerando terreno omogeneo con una resistività pari a 300 Ω m, si desume che l'impianto di terra così progettato, avrà una resistenza pari a:

$$Ra = 300\Omega$$

Notevolmente inferiore al limite massimo imposto come precedentemente riportato, norme pari a 1666,7 Ω .

2.4 QUADRI DI CAMPO

Nell'ottica di una sensibile diminuzione dei costi si è optato per una soluzione integrata capace di effettuare allo stesso tempo, il parallelo tra le diverse stringhe, la verifica delle singole tensioni e correnti di stringa e la verifica di presenza stringa con un sistema che ne verifica l'impedenza 24h su 24h e trasmette tramite una linea seriale i dati alle diverse postazioni, inoltre il sistema sarà integrato con una centralina di allarme ed in caso di manomissione genererà un segnale inviato sia alla locale stazione di sorveglianza che alla stazione centrale.

I quadri di campo saranno allocati nelle in campo nei singoli sottocampi elettricamente tracciati.

Il dimensionamento dei cavi di collegamento delle stringhe sarà stato effettuato sulla base delle prescrizioni della norma tecnica CEI-UNEL 35024/1 e s.m. ed i. con una corrente di impiego inferiore a 1500 V c.c. posati in tubo incassato in parete isolante, con un fattore di correzione dipendente dal numero di circuiti posati nello stesso cavidotto.

2.5 QUADRI DI PARALLELO

I suddetti quadri servono al collegamento delle diverse linee di potenza in c.c. con l'inverter, ci saranno di conseguenza tanti quadri di parallelo quanti inverter.

Ad ogni quadro di parallelo saranno collegate le linee in parallelo provenienti dai quadri di sottocampo; i quadri di parallelo saranno collegati al sistema di tele-controllo che sarà capace di verificare l'intero funzionamento dei campi ed in funzione della potenza sarà capace di attivare i diversi inverter.

Ogni collegamento delle linee di potenza dal campo sarà protetto da un sezionatore a fusibile opportunamente tarato; inoltre, tutte le linee di partenza saranno opportunamente protette secondo le prescrizioni esposte nei precedenti paragrafi.

2.6 INVERTER

Il sistema di inverter è stato dimensionato in modo tale da consentire il massimo rendimento, semplificare il montaggio e le manutenzioni, e garantire la durabilità nel tempo.

Il campo fotovoltaico è stato idealmente diviso in sottocampi formati da stringhe, con tale dato si è proceduto alla scelta dell'inverter.

Per effettuare una scelta idonea dell'inverter si è ipotizzato di essere nelle condizioni ottimali di produttività del campo fotovoltaico in modo da selezionare un inverter che anche nelle condizioni migliori in assoluto possa erogare in rete tutta l'energia producibile dal campo, in modo da sfruttare al meglio il campo; nelle condizioni non ottimali avendo una minore produzione di energia sicuramente l'inverter riuscirà ad erogare tutta l'energia producibile.

Le condizioni ottimali possiamo averle in primavera con una temperatura ambiente di 17°C, considerando un NOCT di 47°C (valore dichiarato dal produttore del modulo), una efficienza del campo escluse le perdite per temperatura pari a 0,95 ed una perdita di potenza percentuale in funzione della temperatura pari a 0,45 si ottiene una efficienza FV dell'82,55%.

2.7 QUADRO PARALLELO TRAFI E CONNESSIONE DI RETE

All'uscita dal sistema degli inverter l'energia elettrica in corrente alternata sarà consegnata al trafo BT/MT mediante un quadro di parallelo.

Per effettuare il parallelo con la rete MT il trasformatore sarà collegato con il quadro di parallelo opportunamente dimensionato e fornito comprensivo di tutte le protezioni di rete previste dalle norme tecniche di connessione emanate dalla società gestore della rete di distribuzione, con un controllo della tensione e della frequenza in ingresso lato rete.

I componenti principali quali pannello, inverter e trasformatore, potranno essere comunque sostituiti con componenti di similari caratteristiche tecniche disponibili sul mercato, ogni eventuale variazione sarà comunicata in fase di consegna di progetto esecutivo dell'elettrodotto.

L'elettrodotto di collegamento alla C.P. Mesagne è in parte aereo e in parte interrato. La parte aerea sarà eseguita in sospensioni con sostegni metallici a passo variabile, quella interrata sarà eseguita in scavo a sezione ristretta.

2.8 ELETTRODO AEREO

Nel progetto dell'impianto denominato "MESSAPIA" è presente l'elettrodotto aereo in MT sui seguenti lotti:

- lotto MS_3 l'elettrodotto aereo in MT è costituito da n. 7 sostegni;
- lotto MS_6 l'elettrodotto aereo in MT è costituito da n. 10 sostegni;
- lotto MS_7 l'elettrodotto aereo in MT è costituito da n. 1 sostegno.

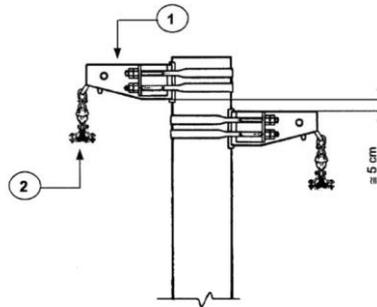


Figura 1 - particolare cavidotto

I sostegni in progetto saranno tutti della tipologia in lamiera di acciaio a sezione poligonale (LAMS/POL), con fondazione M1 normale affiorante, vale a dire in blocchi di fondazione di tipo monolitico con calcestruzzo cementizio dosato di modo da ottenere una resistenza caratteristica non inferiore ai 150 Kg/cm².

In osservanza a quanto disposto dalle Norme Linee (Par. 2.1.13), si dovrà provvedere alla messa a terra degli stessi sostegni utilizzando un dispersore di almeno 0,25 m² di superficie è opportuno ricordare che le fondazioni riportate in tabella sono da considerare orientative (sono calcolate in M1), in quanto sarà buona norma valutare nel corso degli scavi le proprietà caratteristiche del terreno.

Verranno utilizzati specifici supporti del tipo a sospensione o di amarro a seconda delle caratteristiche di sollecitazione dinamica del conduttore sui sostegni, fissati ai sostegni con appositi perni di fissaggio opportunamente adatti allo scopo (riferimento tavole unificazione Enel allegate).

La tensione nominale di isolamento U_0/U dovrà essere pari a 12/20 kV per sistemi con tensione massima di riferimento pari a 24 kV. Il materiale impiegato per l'isolamento delle singole anime sarà costituito da gomma etilenpropilenica sotto guaina di polietilene per i conduttori di fase.

Il cavo MT sarà del tipo tripolare ad elica visibile; ossia cavo isolato con gomma etilenpropilenica (HEPR) o con polietilene reticolato (XLPE). Ai sostegni è associate una fune portante di acciaio rivestita di alluminio diametro 9 mm nella formazione 3x150mm² + 1x50Y unificato Enel, Tabella DC 4390, avente matricola 332565 (sigla ARE4H5EXY-12/20 kV).



Figura 2 cavidotto aereo

La definizione dei cavi è assoggettata alla verifica delle portate limiti secondo la tabella seguente:

| FORMAZIONE [n x mm ²] | PORTATA AL LIMITE TERMICO [A] | CORRENTE NOMINALE TERMICA DI CORTO CIRCUITO | | |
|--------------------------------------|--|--|-----------------|------------------------|
| | | CONDUTTORE [kA] | SCHERMO [kA] | SCHERMI E FUNE [kA] |
| 3x35+50Y | 140 | 4,6 | 1,9 | 8,8 |
| 3x50+50Y | 170 | 6,5 | 2,0 | 9,0 |
| 3x95+50Y | 255 | 12,5 | 2,2 | 9,5 |
| 3x150+50Y | 340 | 19,5 | 2,5 | 10,5 |

I valori di portata valgono in regime permanente per i cavi in aria leggermente mossa (2 km/h) esposti al sole, posati singolarmente, temperatura di riferimento ambiente 40°C, temperatura di riferimento dei conduttori 90°C.

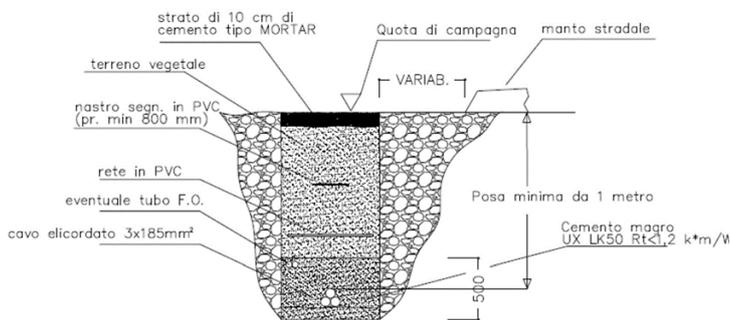
2.9 ELETTRDOTTO INTERRATO

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

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

Al di sopra dei cavidotti ad almeno 0,2 m dall'estradosso del tubo stesso, dovrà essere collocato il nastro monitore con la scritta ENEL CAVI ELETTRICI.

TIPICO POSA LATO STRADE



Il cavidotto interrato sarà eseguito in scavo a sezione ristretta della larghezza di 80 cm. I cavi MT saranno del tipo cordato ad elica visibile per la distribuzione interrata a tensione $U_0/U=18/30$ kV, con isolamento ridotto e schermo in tubo di alluminio:

- Formazione 3 x 1x240mm² con conduttori in Al (ARG7H1RNR 18/30KV).
- Formazione 3 x 1x630mm² con conduttori in Al (ARG7H1RNR 18/30KV).



Figura 3 cavidotto interrato

3. Dimensionamento dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$\begin{aligned} \text{a) } & I_B \leq I_N \leq I_Z \\ \text{b) } & I_F \leq 1,45 * I_Z \end{aligned}$$

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Elenchiamo alcune tabelle, indicate per il mercato italiano:

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

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

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

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{\min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente k ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

4. Protezioni elettriche

4.1 PROTEZIONE DA CORTO CIRCUITI SUL LATO D.C.DELL'IMPIANTO

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito dell'impianto non può superare la somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

4.2 PROTEZIONE DA CONTATTI ACCIDENTALI LATO D.C.

Il contatto accidentale con una tensione di oltre 500 V. c.c., valore certamente superato dalle stringhe, può essere molto pericoloso con anche pericolo di vita.

La protezione per i contatti accidentali lato c.c. è presente a bordo degli inverter che ne provoca l'immediato spegnimento.

4.3 PROTEZIONE VERSO CORTI CIRCUITI LATO A.C.

L'interruttore MT in SF6 è equipaggiato con una protezione generale di massima corrente e una protezione contro i guasti a terra.

4.4 PROTEZIONE DALLE DISPERSIONI VERSO TERRA

All'interno del campo fotovoltaico sarà realizzata una rete di terra a cui sono collegate tutte le strutture metalliche di supporto dei moduli e la recinzione.

L'impianto di terra è dimensionato sulla base della corrente di guasto a terra sulla rete MT di alimentazione e del tempo di eliminazione del guasto a terra da parte delle protezioni ENEL.

4.5 PROTEZIONI DI INTERFACCIA

L'interfaccia (DDI) è un dispositivo di protezione della rete che interviene in caso di anomalie della rete stessa. L'interfaccia di rete inibisce l'immissione di corrente elettrica dell'impianto fotovoltaico nella rete, nel caso in cui venga a mancare la tensione sulla rete elettrica nazionale o nel caso in cui i parametri della rete risultino "fuori standard".

Il DDI ha lo scopo di evitare che:

- in caso di mancanza dell'alimentazione sulla rete, l'utente possa alimentare la rete stessa;
- in caso di guasto o di valori anomali di tensione e frequenza sulla rete BT cui è connesso l'Utente attivo, l'Utente stesso possa continuare ad alimentare il guasto o la rete;
- in caso di richiuse automatiche/manuali di interruttori sulla rete del distributore, il generatore possa trovarsi in discordanza di fase con la rete con possibilità di danneggiamento.

4.6 PROTEZIONE GENERALE DISPOSITIVO GENERALE (DG)

Il Dispositivo Generale unico separa l'intero impianto Utente dalla rete BT del Distributore in caso di guasto a valle del punto di connessione (guasto interno); esso ha le caratteristiche come da CEI 0-21.

E' consentito installare fino al massimo di 3 (tre) DGL.

Il DG:

- non deve aprirsi per guasti a monte dell'impianto dell'utente;
- deve aprirsi per guasti sull'impianto dell'utente.

4.7 DISPOSITIVO DI GENERATORE (DDG)

Dispositivo di Generatore (DDG) separa il generatore dall'impianto, assicurando:

- l'avviamento, l'esercizio e l'arresto dell'impianto di produzione in condizioni ordinarie cioè in assenza di guasti o di funzionamenti anomali del sistema di produzione;
- la protezione dell'impianto di produzione, quando si manifesti un guasto o un funzionamento anomalo dell'impianto di produzione;
- l'intervento coordinato del dispositivo del generatore e dei dispositivi di protezione dei carichi privilegiati (qualora presenti) per guasti dell'impianto durante il funzionamento in isola;
- l'intervento coordinato del dispositivo di generatore, di quello di interfaccia e del dispositivo generale in caso di guasti sulla rete del Distributore. In particolare, in questi casi, il dispositivo di generatore può intervenire o solo come ricalzo del dispositivo di interfaccia per generatori di qualsivoglia tipologia connessi alla rete mediante interposizione di sistemi di raddrizzamento/inversione (generatori statici) o per salvaguardare l'integrità del generatore sincrono/asincrono direttamente connesso alla rete (generatori tradizionali).

4.8 SISTEMI DI RINCALZO

Per potenze superiori a 20 kW deve essere previsto un dispositivo di ricalzo al DDI, la funzione di ricalzo al dispositivo di interfaccia è realizzata tramite l'invio, temporizzato al massimo di 0,5 s, del comando di apertura mediante bobina a mancanza di tensione, bobina a lancio di corrente o altro mezzo equivalente al fine di garantire la sicurezza sull'apertura della protezione di interfaccia ad un altro dispositivo (di ricalzo) in grado di separare il/i generatore/i dalla rete in caso di mancata apertura del dispositivo di interfaccia. Il ripristino del dispositivo di ricalzo deve avvenire solo manualmente. Per impianti di produzione con potenza unitaria o complessiva superiore a 20 kW, devono sempre essere presenti almeno due dispositivi tra il generatore e la rete, asserviti alla protezione di interfaccia di cui:

- uno assolva la funzione di DDI,
- l'altro assolva la funzione di ricalzo al DDI.

L'azione combinata dei due dispositivi separa pertanto in maniera affidabile i generatori dalla rete del Distributore.

5. Impianti illuminazione e ausiliari

Per l'impianto di illuminazione e dei servizi ausiliari la fornitura dell'energia elettrica è prevista in bassa tensione, trifase 400/230 V, tramite quadro di distribuzione. Nei quadri sono previsti interruttori magnetotermici differenziali con valori di corrente e tensione nominale e di caratteristiche tali da risultare adeguati per la sezione dei cavi protetti e per i carichi presenti. I quadri saranno conformi alla Norma CEI 17- 13/1; conterranno i contattori azionati da orologi, interruttori e relè crepuscolare.

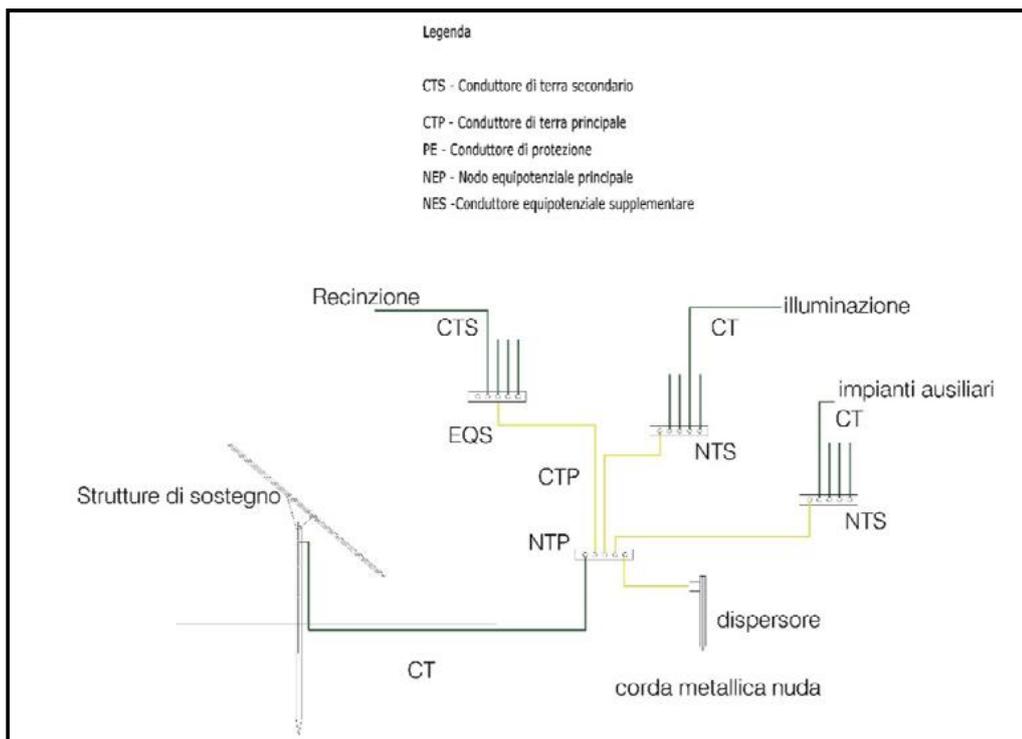
Le condutture elettriche saranno costituite da cavi multipolari con isolamenti in Gomma EPR FG7 OM1 non propagante incendio, con neutro di colore azzurro, posati in cavidotti in PVC interrati a circa 80 - 100 cm di profondità. Idonei pozzetti con chiusino assicureranno la necessaria sfilabilità dei cavi.

5.1 IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della Norma CEI 99-3 ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 35/50 mm², interrati ad una profondità di almeno 0,5 m.

Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione pari a 35/50 mm², sarà posata nello scavo degli elettrodotti una corda di terra in rame elettrolitico di sezione di 35/50 mm² per collegare l'impianto di terra delle cabine di sezionamento con gli impianti di terra delle cabine di conversione e trasformazione.

Le strutture metalliche (tracker, recinzione, e illuminazione) saranno tutte collegate a terra tra di loro e collegati ai nodi equipotenziali secondo lo schema di seguito riportato.



Il sistema di protezione adottato è quello dell'interruzione automatica dell'alimentazione in caso di guasto a terra pericoloso, attraverso un idoneo impianto di terra coordinato con differenziali. Essendo la fornitura dell'energia in bassa tensione (400/230 V), si è in presenza di un sistema TT. Tutti i sostegni devono essere collegati al dispersore in prossimità della loro base, tramite un conduttore di protezione, costituito da un tratto della stessa corda del dispersore, derivato dal dispersore con morsetto a compressione protetto dalla corrosione.

Il sistema dispersore sarà costituito da picchetti in acciaio zincato a caldo profilati a croce (50x50x5x1500) infissi verticalmente nel terreno in prossimità dei pali dell'impianto di illuminazione nel numero di 1 ogni palo entro un pozzetto ispezionabile posto alla base del sostegno e corde di rame nuda interrata.

Occorre considerare che i quadri di distribuzione sono di materiale isolante e che quindi non rappresentano delle masse e non vanno collegati a terra. Gli apparecchi di illuminazione sono di classe II per cui per essi non occorre il collegamento a terra, tuttavia saranno collegati a terra i sostegni.

5.2 IMPIANTI BT PER LE CABINE

Ciascuno dei fabbricati (CABINE DI CONSEGNA, CABINA DI CAMPO , CABINE DI IMPIANTO) saranno dotato di impianto elettrico in bassa tensione.

Per tale impianto sarà richiesta una fornitura separata in BT al Gestore locale, che alimenterà anche i servizi ausiliari delle cabine di trasformazione interne al campo. Le utenze da alimentare saranno:

- illuminazione;
- impianto di videosorveglianza.

L'illuminazione interna dei locali deve garantire all'interno un illuminamento medio di 100 lux con organi di comando indipendenti per singoli locali.

Tutte queste utenze saranno alimentate da una linea derivata dal quadro BT dei servizi ausiliari della sottostazione.

5.3 ILLUMINAZIONE ESTERNA

L'impianto di illuminazione esterno sarà realizzato con corpi illuminanti opportunamente distanziati tra loro per non generare inquinamento luminoso. I proiettori saranno del tipo con corpo di alluminio, a tenuta stagna, grado di protezione IP65, con lampade a led e verranno montati su pali in vetroresina di altezza pari a 6 mt, aventi alla base una cassetta di derivazione. Il valore medio di illuminamento minimo in prossimità delle apparecchiature AT sarà di 30 lux.

5.4 PALO DI SOSTEGNO ILLUMINAZIONE

Palo di sostegno laminato conico, tipo SIDERPALI CDI 7800/4, con le seguenti caratteristiche:

- altezza totale H = 6,8 mm;

- altezza punto luce H = 6.000 mm;
- spessore 4 mm;
- zincato a caldo e verniciato a polveri in colore RAL;
- asola ingresso cavi 46x186 mm., taschina di messa a terra e asola per morsetti 46x186 mm.;
- guaina termorestringente di protezione applicata alla base del palo in polietilene lunghezza L = 400 mm. spessore 4 mm.

5.5 POSA DEI CAVI ILLUMINAZIONE

Per i cavi interrati la Norma CEI 11-17 prescrive che le minime profondità di posa fra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo sono rispettivamente di:

- 0,5 m per le linee BT;
- 0,8 m per i cavi MT (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 0,6 m).

Le sezioni di scavo includono oltre ai cavi a BT, anche MT anche altre tubazioni per il passaggio di cavi a BT o di segnale e la corda di terra.

5.6 PROTEZIONE DALLE FULMINAZIONI

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceraunico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine.

I moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza. Per ridurre i danni dovuti ad eventuali sovratensioni i quadri di parallelo sottocampi sono muniti di varistori su entrambe le polarità dei cavi d'uscita.

In caso di sovratensioni i varistori collegano una od entrambe le polarità dei cavi a massa e provocano l'immediato spegnimento degli inverter e l'emissione di un segnale d'allarme.

6. Calcoli preliminari impianto BT

6.1 CALCOLO DELLA SEZIONE DELLA RETE DI MESSA A TERRA

Il calcolo della sezione della corda di rame è stato effettuato in accordo alla norma CEI 64.8 par.5.3.1, per la quale la sezione delle corde della rete di messa terra si calcola mediante la formula:

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

- S_E è la sezione minima del conduttore di terra in mm²;
- I è la corrente di guasto in A che percorre il conduttore di terra per un guasto franco a massa;
- t è il tempo di intervento in secondi del dispositivo di protezione;
- K^c è un coefficiente che tiene conto delle caratteristiche del materiale e della temperatura iniziale e finale che assume il conduttore. Ripotiamo di seguito alcune tabelle attinenti al calcolo dei coefficienti sopra esposti:

Tabella di calcolo del parametro K^c

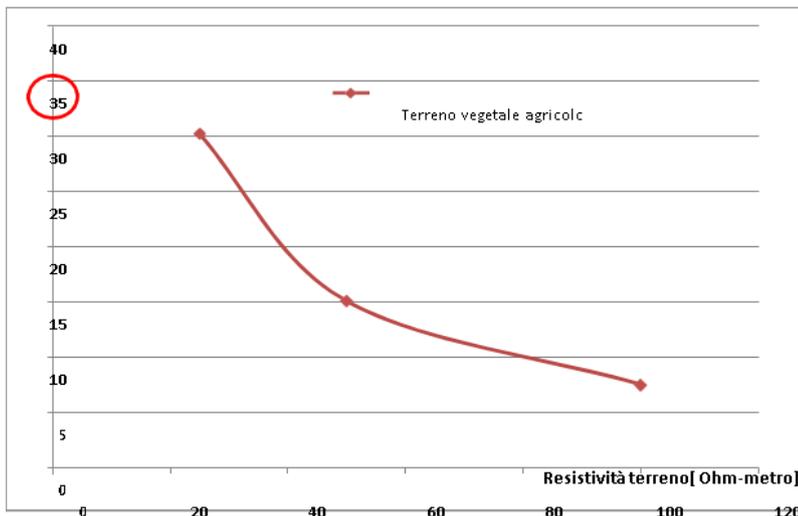
| <i>Valori del coefficiente K^c per conduttori costituiti da cavo unipolare o da un conduttore nudo in contatto con il rivestimento esterno dei cavi.</i> | | | | |
|---|----|---|--|--|
| <i>Tipo conduttore</i> | | <i>Tipo isolante</i> | | |
| | | PVC $\vartheta_0=30$ $\vartheta_r=160$ | G2 $\vartheta_0=30$ $\vartheta_r=250$ | EPR/XLPE $\vartheta_0=30$ $\vartheta_r=220$ |
| <i>Cavo unipolare</i> | Cu | 143 | 166 | 176 |
| | Al | 95 | 110 | 116 |
| <i>Cavo nudo a contatto con rivestimento esterno di cavi isolati</i> | Cu | 143 | 166 | 176 |
| | Al | 95 | 110 | 116 |
| | Fe | 52 | 60 | 64 |

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei parametri per il calcolo della sezione del conduttore:

| | |
|---|-------|
| Resistività terreno agricolo umido ρ_1 [Ohm-metro] | 25 |
| Resistività terreno agricolo normale ρ_2 [Ohm-metro] | 50 |
| Resistività terreno agricolo secco ρ_3 [Ohm-metro] | 100 |
| Tensione U_0 di ingresso inverter [V] | 1500 |
| a [m] (lato nord del perimetro) | 430 |
| b [m] (lato est del perimetro) | 290 |
| K^c (cavo unipolare in PVC in Cu) | 143 |
| t [sec.] | 0.01 |
| $R_{E1} = \rho_1/(a+b)$ [Ohm] | 0,035 |
| $R_{E2} = \rho_2/(a+b)$ [Ohm] | 0,07 |
| $R_{E3} = \rho_3/(a+b)$ [Ohm] | 0,14 |
| $I(\rho_1) = U_0/R_{E1}$ [A] | 43200 |
| $I(\rho_2) = U_0/R_{E2}$ [A] | 21600 |
| $I(\rho_3) = U_0/R_{E3}$ [A] | 10800 |

Il grafico seguente riporta il calcolo della sezione in funzione della resistività del terreno (caso normale, umido e secco).

La sezione di 35 mq risulta essere sufficiente.



6.2 IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA

L'impianto di videosorveglianza attivo 24h su 24h è dimensionato per coprire l'intera area interna alle recinzioni, utilizzando le telecamere installate è possibile rilevare le seguenti situazioni:

- sottrazione di oggetti;
- passaggio di persone;
- scavalco o intrusione in aree definite;
- segnalazione di perdita segnale video, oscuramento, sfocatura e perdita di inquadratura.

L'impianto di videosorveglianza è composto da telecamere e da un apparecchio registratore ad otto canali (DVR 8CH), alloggiato all'interno di apposito quadro. Le unità di videosorveglianza previste sono formate ognuna da una telecamera IP a colori del tipo Day & Night con ottica fissa da 3.6 mm e risoluzione in HD (720p) 30 ips sistemata in un contenitore waterproof con protezione IP66 e per il loro funzionamento sono previsti, per ogni camera di manovra, anche illuminatori ad infrarosso con portata di 30 metri. Il videoregistratore previsto è del tipo digitale AHD stand-alone con 4 ingressi in HD (720p) e/o TVI e/o analogici 960H e/o IP completo di collegamento ad internet per la visualizzazione delle riprese da remoto.

Le immagini riprese inoltre non saranno in alcun modo diffuse all'esterno, tranne per la necessità di tempestiva consegna all'Autorità giudiziaria competente qualora si verificasse un evento delittuoso.

L'impianto registrerà solo le immagini indispensabili e le telecamere saranno orientate verso le aree maggiormente esposte a rischi di furto e danneggiamento.

6.3 CALCOLO IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

In corrispondenza dei singoli centri luminosi di pali e lampioni e apparecchi di illuminazione incassati saranno effettuate le derivazioni tramite giunti a muffola a resina colata.

I giunti saranno effettuati in pozzetti in calcestruzzo con coperchio sottoposto alla rete stradale, così da assicurare un sicuro intervento nella futura manutenzione.

È stato evitato il metodo di connessione entra esci, con morsettiere e portelli sui pali, allo scopo di non consentire la facile manomissione delle connessioni di questo tipo, soprattutto considerando che si tratta di zone abbastanza decentrate.

Le derivazioni lungo i pali per i singoli centri luminosi saranno effettuate con cavo multipolare N1VVK, protetto nel tratto di ingresso nel palo con tubo in PVC pieghevole, avente sezione dei conduttori 2 x 2,5 + 2,5 PE mm² quando la derivazione è effettuata al piede dei pali stessi e 2 x 4 + 4 PE mm² per le derivazioni fatte in corrispondenza del palo più vicino. Ogni apparecchio di illuminazione contiene un fusibile di protezione.

6.3.1 DIMENSIONAMENTO CAVI E INTERRUTTORI DI PROTEZIONE

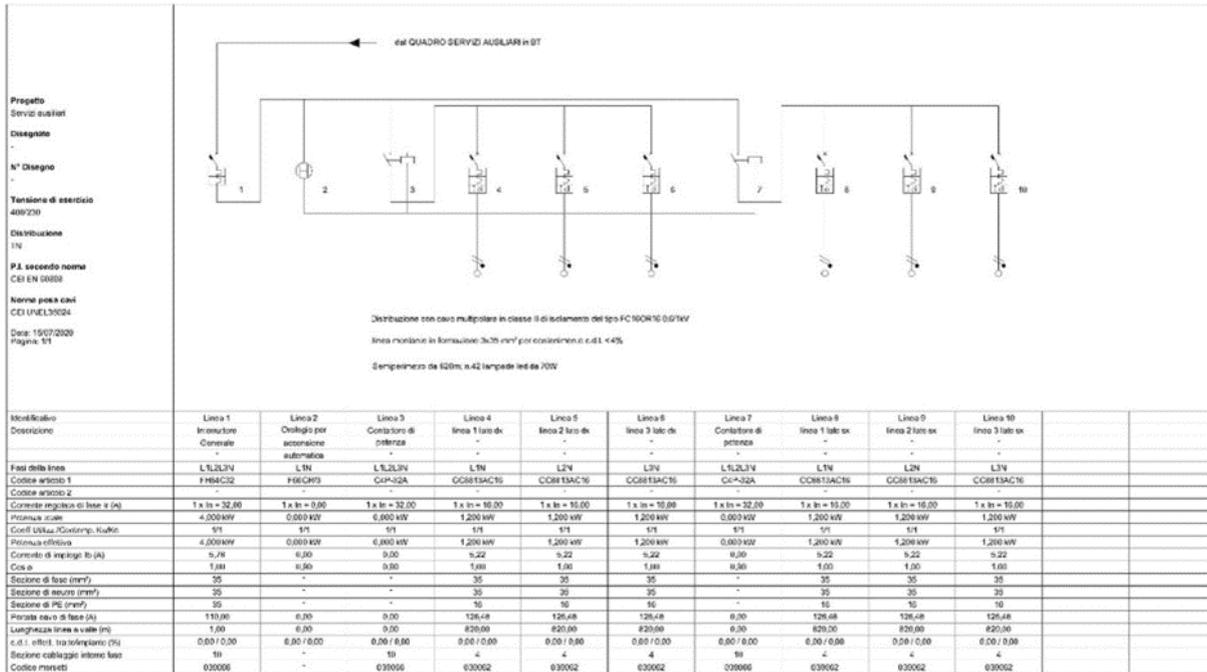
Il dimensionamento dei cavi tiene conto della portata degli stessi (I_z), la corrente di impiego (I_b), il tipo di posa, il tipo di cavo, la caduta di tensione (inferiore in tutti i casi al 4%), il valore di corrente nominale degli interruttori (I_n), la corrente di cortocircuito. Ai fini della protezione dei cavi dalle sovracorrenti (Norme CEI 64-8 e 11-17), per essi basterebbe la sola protezione dai cortocircuiti, trattandosi di circuiti di illuminazione.

Tuttavia, la sezione adottata per i cavi ($S = 4/10 \text{ mm}^2$), a cui corrisponde una portata $I_z = 30 \text{ A}$, tra l'altro uguale per tutti i circuiti per motivi di uniformità, consente di verificare anche la condizione di protezione contro i sovraccarichi:

$I_b \leq I_n \leq I_z$ $I_f \leq 1,45 I_z$ Conseguentemente, senza bisogno di ulteriori verifiche, è sempre soddisfatta la protezione dai cortocircuiti per guasto con valore minimo della corrente di cortocircuito nella parte terminale delle linee.

L'impianto luce sarà diviso in tre zone per il lato sinistro e tre zone per il lato destro per rendere più agevole la gestione, della distribuzione dei carichi elettrici e la ricerca guasti .

Di seguito si riporta il dimensionamento degli interruttori di sicurezza e dei cavi.



6.3.2 DIMENSIONAMENTO PLINTO DI FONDAZIONE DEI PALI DI ILLUMINAZIONE

Si tratta della fondazione che ha lo scopo di sostenere i pali d'illuminazione.

Tale fondazione è realizzata tramite un blocco unico di calcestruzzo di forma parallelepipedica (vedi elaborati grafici).

Il plinto di fondazione verrà realizzato con i seguenti materiali:

- calcestruzzo
- classe di resistenza Rck 25 N/mm²
- composizione della miscela idonea all'impiego per conglomerato cementizio armato normale, con classe di esposizione 2a (ambiente umido senza gelo)
- massima dimensione nominale inerte: 25 mm
- acciaio Fe B 44 k

La Normativa di riferimento è la seguente:

- 21/03/1988: Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne.
- D.M. 16/01/1996: Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni, ed istruzioni relative ai carichi e ai sovraccarichi.
- Norma UNI 9858 (maggio 1991): Calcestruzzo: Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.
- D.M. 09/01/1996: Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale precompresso e per le strutture metalliche.
- CIRC. 04/07/1996 N.156AA.GG./STC: Istruzioni per l'applicazione delle " Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale del 16 gennaio 1996.

6.3.3 VERIFICA A RIBALTAMENTO SOSTEGNO

Il dimensionamento dei blocchi è stato condotto ipotizzando delle dimensioni e verificandone successivamente l'idoneità statica.

La verifica viene condotta secondo quanto riportato nella citata normativa (D.M.21/03/1988) per il caso di fondazioni a blocco unico di forma parallelepipedica.

Trascurando il contributo laterale alla resistenza deve essere:

$$M_r \leq PS \cdot b \cdot c^3 + 0,85 \cdot P \cdot A / 2$$

dove:

- Mr: Momento Ribaltante rispetto al piano di appoggio della fondazione di tutte le forze applicate al sostegno, espresso in N*m;
- P: Peso del blocco e della struttura che insiste su di esso, espressa in N; A: Lato della base del blocco di fondazione, espresso in m;
- c: Profondità d'interramento del blocco di fondazione;
- b: Lato della base del blocco di fondazione, espresso in m;
- PS :17000 N/m³

Il momento ribaltante Mr è valutato in funzione delle forze orizzontali che agiscono sul palo, costituite unicamente dall'azione del vento.

Pressione cinetica del vento

Dalla citata normativa si ricava:

$$Q = q_{ref} \times C_e \times C_p \times C_d$$

$q_{ref} = V^2_{ref} / 1.6$ = Pressione cinetica di riferimento;

V_{ref} = Velocità di riferimento del vento = 27 m/s

C_e = Coefficiente di esposizione = 2.2;

C_p = Coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento e vale:

C_d = Coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

Si ottiene:

$$Q = 1052$$

Nota la pressione cinetica si valuta l'azione d'insieme (N) del vento sul palo.

Si tratta di un corpo cilindrico avente diametro "d" e altezza fuori terra "L", perciò l'azione d'insieme è data da:

$$N = Q \cdot d \cdot L = 947N$$

Per la valutazione del Momento Ribaltante tale azione si considera applicata alla mezzeria del palo.

Per H = 6.0 mt ; d = 0.15; L = 6

Si ha

$M_r = 2,42 \text{ KNm}$ (Momento ribaltante)

$M_s = 8,50 \text{ KNm}$ (momentostabilizzante)

La verifica è soddisfatta.

Mesagne,
11-05-2022

Il tecnico
Ing. Giorgio Vece