



REGIONE SICILIA



PROVINCIA DI TRAPANI



COMUNE DI MAZARA DEL VALLO



COMUNE DI SANTA NINFA



COMUNE DI CASTELVETRANO

| | | | | | |
|------------------|---|-----------------------------------|--|---|-------------------|
| Proponente | Solar Tier S.r.l. | | | | |
| Progettista: | SeaWindPower | | | Partnered by: | |
| Progettazione | <p>Ing. Francesco Desiderio Lanzalaco Via A. Ognibene n. 107 92013 - Menfi (AG) seawindpower@pec.it</p> <p><i>Online degli Ingegneri della Provincia di Palermo n. 4488</i></p> | | Studio Botanico Faunistico e Agronomico | <p>Dott. For. Giuseppe D'Angelo Corso Umberto I n. 140 90010 - Gratteri (PA) g.dangelo@conafpec.it</p> | |
| SIA PMA | <p>Ing. Francesco Desiderio Lanzalaco Via A. Ognibene n. 107 92013 - Menfi (AG) seawindpower@pec.it</p> | | V.I. ARCH. | <p>Dott. Sebastiano Muratore Via G. P. Giraldi n. 16 90123 - Palermo (PA) mutatore@pec.paropos.com</p> | |
| Studio Idraulico | <p>Ing. Dario Tricoli Via Carlo Pisacane n. 25/F 88100 - Catanzaro (CZ) ruwa@pec.ruwa.it</p> | | Studio Geologico Geofisico ed Idrogeologico | <p>Dott. Leonardo Mauceri Via Olanda n. 15 92010 - Montevago (AG) geologomauceri@epap.sicurezzapostale.it</p> | |
| Opera | Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaico e opere connesse nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora | | | | |
| Oggetto | Codice elaborato interno - Titolo elaborato: ARRPDOR08-00 – RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 00 | 20/05/2022 | Emissione per progetto definitivo | Ing. F.D. Lanzalaco | Ing. P. Ferro | Solar Tier S.r.l. |
| Rev. | Data | Oggetto della revisione | Elaborazione | Verifica | Approvazione |

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Premessa..... | 4 |
| 2 | Cavi bassa tensione..... | 4 |
| 2.1 | Cavi solari di stringa..... | 4 |
| 2.2 | Cavi solari DC..... | 5 |
| 2.3 | Cavi dei servizi ausiliari AC..... | 6 |
| 2.4 | Cavi alimentazione tracker..... | 7 |
| 2.5 | Cavi dati..... | 7 |
| 3 | Cavi media tensione..... | 7 |
| 3.1 | Tracciato interno per interconnessione e raggruppamento delle MVPS all'interno del medesimo campo FV..... | 7 |
| 3.2 | Tracciato esterno per interconnessione e raggruppamento delle MVPS localizzate in campi FV differenti..... | 9 |
| 3.3 | Tracciato esterno per vettoriamento dell'energia prodotta dai 4 campi FV al quadro MT in "cabina utenza" prevista nella SSE di trasformazione MT/AT..... | 9 |
| 3.3.1 | <i>Giunzione cavi.....</i> | <i>10</i> |
| 3.3.2 | <i>Terminazione e attestazione cavi MT.....</i> | <i>11</i> |
| 4 | Relazione calcolo cavi BT..... | 11 |
| 4.1 | Cavi solari di stringa..... | 11 |
| 4.2 | Cavi solari DC..... | 12 |
| 4.3 | Cavi alimentazione tracker..... | 13 |
| 4.4 | Cavi servizi ausiliari bassa tensione AT..... | 13 |
| 4.5 | Cavi dati..... | 13 |
| 5 | Relazione calcolo cavi MT..... | 13 |
| 5.1 | Sistema elettrico..... | 13 |
| 5.1.1 | <i>Descrizione generale.....</i> | <i>13</i> |
| 5.1.2 | <i>Condizioni ambientali di progetto.....</i> | <i>14</i> |
| 5.1.3 | <i>Dati di progetto.....</i> | <i>14</i> |
| 5.2 | Linee elettriche di collegamento fra sottocampi..... | 15 |
| 5.3 | Linee elettriche di collegamento fra i campi FV e la cabina utenza..... | 16 |
| 5.4 | Criteri di calcolo..... | 17 |
| 5.4.1 | <i>Calcolo della portata.....</i> | <i>17</i> |
| 5.4.2 | <i>Calcolo delle correnti di corto circuito.....</i> | <i>17</i> |
| 5.4.3 | <i>Calcolo della caduta di tensione (CDT).....</i> | <i>18</i> |
| 5.4.4 | <i>Calcolo della perdita di potenza.....</i> | <i>18</i> |

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetroano (TP), denominato Aurora

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.5 | Risultati..... | 19 |
| 5.5.1 | Linee elettriche di collegamento fra sottocampi..... | 19 |
| 5.5.2 | Linee dorsali esterne..... | 19 |
| 5.5.3 | Linea elettrica MT interna SSE 30/220 kV..... | 20 |
| 6 | Note conclusive | 20 |

1 Premessa

Scopo del documento è quello di rappresentare la tipologia dei cavi elettrici occorrenti per i collegamenti tra le varie apparecchiature e componenti, e per le interconnessioni dei sistemi sul livello di tensione BT e MT presenti nell'impianto fotovoltaico della potenza di 49 MW e relative opere di connessione denominato "Aurora" ubicato nei Comuni di Mazara del Vallo, Castelvetro e Santa Ninfa (TP).

I cavi in funzione del livello di tensione di isolamento e del valore della tensione nominale di funzionamento possono essere classificati in:

- Cavi bassa tensione

Sono cavi che possono essere alimentati mediante tensioni $> 50V$ e $\leq 1000 V$ in corrente alternata oppure $> 120V$ e $\leq 1500 V$ in corrente continua.

- Cavi media tensione

Nel sistema di distribuzione dell'energia elettrica, la media tensione (MT) è utilizzata nei tratti intermedi compresi tra le stazioni ricevitrici di alta tensione dagli elettrodotti e le cabine di trasformazione/distribuzione finale per la consegna in bassa tensione.

La norma CEI 11-1 definisce media tensione l'intervallo di tensione elettrica compreso:

- tra 1.000 e 35.000 volt per i circuiti in corrente alternata
- tra 1.500 e 30.000 volt per i circuiti in corrente continua

- Cavi alta tensione

Si definisce alta tensione una tensione elettrica superiore alle decine di migliaia di volt compreso tra i valori, così come definito dal CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), 60 kV e i 220 kV.

Di seguito la descrizione dei cavi elettrici BT e MT presenti all'interno dell'impianto e i calcoli per i loro dimensionamento.

All'interno dell'impianto fotovoltaico, le linee elettriche -in funzione della tipologia delle apparecchiature, componenti connessi e collegati, del percorso/tracciato seguito- possono essere classificate in:

- Linee elettriche interne al confine/perimetro del sottocampo FV.
- Linee elettriche esterne che per il loro tracciato interessano viabilità/strade comunali, provinciali, statali e che pertanto sono assoggettate al rispetto oltre che della normativa nazionale anche alla regolamentazione degli Enti gestori.

2 Cavi bassa tensione

2.1 Cavi solari di stringa

Sono definiti cavi solari di stringa i cavi che collegano le stringhe (i moduli FV in serie) ai quadri di parallelo di campo (o string box) e hanno una sezione variabile da 6 a 10 mm² (in funzione della distanza del collegamento).

I cavi solari di stringa sono generalmente alloggiati all'interno del profilato della struttura e interrati per brevi tratti (tra inizio vela e quadro parallelo di campo).

I cavi saranno del tipo **FG21M21 0.6/1 kV** o equivalenti indicati per interconnessioni dei vari elementi degli impianti fotovoltaici, rispondente alla norma di riferimento CEI 20-91 febbraio 2010; V1 ottobre 2010 e V2 marzo 2013.

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

Il cavo presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

Descrizione del cavo

- Conduttore: Flessibile rame stagnato secondo CEI 20-29 classe 5
- Isolante: HEPR - tipo G21
- Identificazione anima isolata: Colore naturale
- Guaina: Mescola elastomerica reticolata senza alogeni tipo M21
- Colori della guaina: Nero, rosso, blu

Applicazioni

- Progettati per l'impiego e l'interconnessione dei vari elementi in impianti fotovoltaici per la produzione di energia.
- Possono essere installati sia all'interno che all'esterno in posa fissa o mobile (non gravosa), senza protezione.
- Posa possibile anche in canaline e tubazioni in vista o incassate, adatti anche per posa direttamente interrata o in tubi interrati secondo le prescrizioni della norma CEI 11-17.

Parametri elettrici:

- Tensione massima in c.a. (Um): 1200 V
- Tensione massima in c.c. (Um): 1800 V anche verso terra
- Tensione di prova: 6.5 kV

Parametri termici:

- Temperatura ambiente: Min. - 40 °C; max. + 90 °C
- Max temperatura del conduttore: + 120 °C (in condizioni di sovraccarico)
- Temperatura di cortocircuito: + 250 °C (sul conduttore, max. 5 sec.)

Parametri meccanici:

- Sforzo di trazione durante la posa: 50 N/mm² max
- Sforzo di trazione in esercizio: 15 N/mm² max
- Raggio minimo di curvatura: ≤ 8 mm posa fissa 3 x D; movimento libero 4 x D
> 8 mm posa fissa 4 x D; movimento libero 6 x D

Parametri chimici

Resistenza agli agenti atmosferici:

- Resistenza ozono secondo EN 50396 art. 8.1.3
- Resistenza UV metodo secondo HD 605 par. 2.4.20
- Assorbimento acqua (metodo gravimetrico) secondo EN 60811-1-3

2.2 Cavi solari DC

Sono definiti cavi solari DC, i cavi che collegano i quadri di parallelo di campo (o string box) all'ingresso sezione DC degli inverter, e hanno una sezione variabile da 95 a 240 mm² (in funzione del numero di stringhe in parallelo e della distanza quadro parallelo di campo-inverter).

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

I cavi solari sono generalmente interrati e solo in alcuni brevi tratti o per configurazione e posizione possono essere posati sulla struttura all'interno del profilato della struttura porta moduli. I cavi saranno del tipo **FG21M21 0.6/1 kV** o equivalenti (rame o alluminio) indicati per interconnessioni dei vari elementi degli impianti fotovoltaici, dalle caratteristiche tecniche così come descritte alla voce 2.1.

Si tratta di cavi unipolari flessibili con tensione nominale 1500 V c.c. per impianti fotovoltaici con isolante e guaina in mescola reticolata a basso contenuto di alogeni testati per durare più di 25 anni. Sono cavi adatti per l'installazione fissa all'esterno ed all'interno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate oppure in sistemi chiusi similari, sono resistenti all'ozono secondo la EN 50396, ai raggi UV secondo HD605/A1 e testati per durare nel tempo secondo la EN 60216.

Le condizioni di posa sono:

- Temperatura minima di installazione e maneggio: -40°C
- Massimo sforzo di tiro: 15 N/mm²
- Raggio minimo di curvatura per diametro del cavo D (in mm): 6D

2.3 Cavi dei servizi ausiliari AC

Sono cavi di bassa tensione utilizzati per alimentare i circuiti di impianti a servizio e complementari al funzionamento dell'impianto di produzione FV, quali:

- Impianto illuminazione interna/esterna
- Impianto distribuzione prese di corrente FM
- Impianto VDS
- Impianto antintrusione

Sono cavi flessibili unipolari o multipolari, per tensioni di esercizio 230 V e 400 V, con conduttore a corda rotonda di rame rosso ricotto, isolato in gomma HEPR ad alto modulo qualità G16 che conferisce al cavo elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche; guaina esterna in PVC speciale di qualità R16 colore grigio, a ridotta emissione di gas corrosivi; buona resistenza agli oli e ai grassi industriali; buon comportamento alle basse temperature.

Il cavo selezionato, in formazione flessibile unipolare o multipolare, sarà del tipo **FG16R16 - FG16OR16 0.6/1 kV** con sezione variabile da 2.5÷50 mm².

Caratteristiche funzionali:

- | | |
|--|---|
| - Tensione nominale U ₀ /U: | 600/1000 V c.a. 1500 V c.c. |
| - Tensione Massima U _m : | 1200 V c.a. 1800 V c.c. |
| - Tensione di prova industriale: | 4000 V |
| - Temperatura massima di esercizio: | 90°C |
| - Temperatura minima di esercizio: | -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche) |
| - Temperatura minima di posa: | 0°C |
| - Temperatura massima di corto circuito: | 250°C |
| - Sforzo massimo di trazione: | 50 N/mm ² di sezione del rame |
| - Raggio minimo di curvatura: | 4 volte il diametro del cavo |

Condizioni di impiego:

Riferimento Guida CEI 20-67 per quanto applicabile

Il cavo è adatto per l'alimentazione di energia nell'industria, nei cantieri, nell'edilizia residenziale. Adatto per posa fissa all'interno, all'esterno; per posa interrata diretta e indiretta, adatto all'installazione su murature e strutture metalliche, su passarelle, tubazioni, canalette e sistemi similari.

Riferimento Regolamento Prodotti da Costruzione 305/2011 EU e Norma EN 50575

Date le proprietà di limitare lo sviluppo del fuoco e l'emissione di calore, il cavo è adatto per l'alimentazione di energia elettrica nelle costruzioni ed altre opere di ingegneria civile.

2.4 Cavi alimentazione tracker

Sono cavi di bassa tensione utilizzati per alimentare elettricamente i motori presenti sulle strutture. Potranno essere installati dei quadri di distribuzione per alimentare più motori contemporaneamente. Questi cavi possono essere alloggiati sia sulle strutture tracker (nei profilati metallici della struttura medesima) che essere interrati.

In alternativa, i motori delle strutture possono essere alimentati dalle string box con alimentatori DC/CA, senza modificare né le caratteristiche dei cavi né il tipo di posa.

Si utilizzerà un cavo per energia, isolato con gomma qualità G16, sotto guaina PVC, qualità R16, non propagante l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi.

Il cavo in formazione flessibile unipolare o multipolare sarà del tipo **FG16R16 - FG16OR16 0.6/1 kV**, dalle caratteristiche tecniche e funzionali così come descritte alla voce 2.3.

2.5 Cavi dati

Sono cavi di trasmissione dati riguardanti i vari sistemi dell'impianto (fotovoltaico, strutture tracker, stazioni meteo, antintrusione, videosorveglianza, gruppi di misura EE prodotta, apparecchiature elettriche, sistemi di sicurezza, collegamento verso l'esterno).

Le tipologie di cavo possono essere di due tipi:

- Cavo **RS485** impiegato per tratte di lunghezza limitata
- Cavo in **fibra ottica** impiegato per i tratti più lunghi

3 Cavi media tensione

Le linee elettriche MT di progetto raggruppano gli avvolgimenti dei trasformatori elevatori dell'impianto fotovoltaico, al livello di tensione 30 kV, fino alla sbarra di parallelo del quadro MT in "cabina di utente" presso la stazione di trasformazione MT/AT 30/220 kV.

Il tracciato dei cavi MT è in parte interno e in parte esterno al perimetro degli impianti. Pertanto, si considerano cavi interni di collegamento e di interconnessione tra i trasformatori di potenza BT/MT installati nelle power station (MVPS) di ciascun sottocampo, e le linee elettriche principali (dorsali) esterne.

3.1 Tracciato interno per interconnessione e raggruppamento delle MVPS all'interno del medesimo campo FV

Il tracciato interno prevede dei tronchi di inter-collegamento in configurazione "entra-esce" tra le varie power station (MVPS) presenti nei sottocampi sino alla cella di partenza cavo di dorsale esterna nell'ultima cabina del sottocampo stesso.

Il progetto prevede all'interno dei 4 campi FV n° 14 power station (una per ciascun sottocampo), la cui distribuzione e potenza in kVA viene riportata in Tabella 3.1. In 7 dei 14 sottocampi (opportunamente scelti), saranno previsti dei manufatti in cui verranno installati i quadri di parallelo MT.

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

| Campo FV | Sottocampo FV | MVPS | Potenza [kVA] |
|----------|---------------|------|---------------|
| FV01 | C01 | P01 | 4200 |
| | C02 | P02 | 4200 |
| | C03 | P03 | 4200 |
| | C04 | P04 | 4200 |
| | C05 | P05 | 4200 |
| | C06 | P06 | 2800 |
| | C07 | P07 | 4200 |
| | C08 | P08 | 4200 |
| FV02 | C09 | P09 | 2800 |
| | C10 | P10 | 2800 |
| FV03 | C11 | P11 | 4200 |
| FV04 | C12 | P12 | 4000 |
| | C13 | P13 | 4200 |
| | C14 | P14 | 4200 |

Tabella 3.1 – Power station di sottocampo FV

I cavi saranno interrati e la posa è prevista ad una profondità minima di circa 1.20 m con disposizione delle fasi a trifoglio con formazione unipolare. È prevista la posa di ball-marker per individuare il percorso dei cavi, i giunti, le interferenze con altri sotto servizi ed i cambi di direzione. Al fine di segnalare il cavidotto sarà posato un nastro in PVC con scritta "CAVI ELETTRICI" ad una quota non inferiore a 30 cm dall'estradosso del cavo.

E' previsto l'impiego di cavi idonei al trasporto di energia con formazione unipolare / tripolare ad elica visibile **ARE4H1RX 18/30 kV**, o similare, dalle seguenti caratteristiche tecniche:

Norme di riferimento:

- Costruzione e requisiti: EC 60502-2
- Propagazione Fiamma: CEI 20-35
- Direttiva ROHS: 2011/65/CE

Descrizione del cavo:

- Anima: Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
- Semiconduttivo interno: Mescola estrusa colore nero
- Isolante: Mescola di politene reticolato colore naturale
- Semiconduttivo esterno: Mescola estrusa colore nero
- Schermatura: Fili di rame rosso e contro spirale
- Guaina: PVC, di qualità Rz/ST2, colore rosso

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U₀/U: 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

Condizioni di impiego:

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltale e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

- Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze.
Ammessa la posa in aria libera, in tubo o canale, interrata anche non protetta in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Sezione:

- Da 50 mm² a 300 mm²

Si ritiene che un guasto a terra verrà risolto in un tempo inferiore ad un'ora. Pertanto, considerato che la tensione nominale del sistema elettrico è di 30 kV, si è scelto un cavo con U₀/U pari a 18/30 kV e tensione massima U_m pari a 36 kV.

3.2 Tracciato esterno per interconnessione e raggruppamento delle MVPS localizzate in campi FV differenti

Al fine di raggruppare in maniera opportuna le potenze rispetto alle dorsali esterne, viene previsto il collegamento con cavo MT tra power station poste in campi separati tra loro. La posa dei cavi è prevista ad una profondità di circa 1.20 m a trifoglio con formazione unipolare.

Il cavo previsto, idoneo al trasporto di energia, con formazione unipolare/tripolare, è del tipo **ARP1H5(AR)E 18/30 kV** (o similare), con protezione meccanica implementata, dalle seguenti caratteristiche tecniche:

Norma di riferimento: HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo:

- | | |
|--|--|
| - Anima: | Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio |
| - Semiconduttivo interno: | Mescola estrusa |
| - Isolante: | Mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE) |
| - Semiconduttivo esterno: | Mescola estrusa |
| - Rivestimento protettivo: | Nastro semiconduttore igroespandente |
| - Schermatura: | Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale |
| - Protezione meccanica: | Materiale Polimerico (Air Bag) |
| - Guaina: | Polietilene colore rosso (qualità DMP 2) |
| - Temperatura di sovraccarico massima: | 140°C |
| - Temperatura di funzionamento: | 105°C |
| - Temperatura di corto circuito: | 300°C |
| - Coefficiente K per temperature di corto circuito di 300°C: | K = 100 |
| - Sezione: | da 70 mm ² a 630 mm ² |

Si ritiene che un guasto a terra verrà risolto in un tempo inferiore ad un'ora. Pertanto, considerato che la tensione nominale del sistema elettrico è di 30 kV, si è scelto un cavo con U₀/U pari a 18/30 kV e tensione massima U_m 36 kV.

3.3 Tracciato esterno per vettoriamento dell'energia prodotta dai 4 campi FV al quadro MT in "cabina utenza" prevista nella SSE di trasformazione MT/AT

Il tracciato esterno prevede un tratto su viabilità/strade comunali, provinciali e statale, ed un secondo tratto all'interno della particella catastale dove è ubicata la cabina di utente.

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

La posa dei cavi è prevista ad una profondità di circa 1.20 m a trifoglio con formazione unipolare. È prevista la posa di ball-marker per individuare il percorso dei cavi, i giunti, le interferenze con altri sotto servizi ed i cambi di direzione.

L'elettrodotto sarà costituito da 3 linee elettriche principali (dorsali) -realizzate distribuendo opportunamente i sottocampi facenti capo a ciascuna di esse- per il vettoriamento dell'energia prodotta dai campi FV alla sbarra di parallelo del quadro MT di cabina utente prevista in SSE 30/220 kV.

In Tabella 3.2 le principali caratteristiche delle linee "dorsali" esterne.

| Dorsale | Sottocampo FV | Campo FV | Potenza [kW] | Potenza totale [kW] | Corrente [A] | Lunghezza [km] |
|---------|---------------|----------|--------------|---------------------|--------------|----------------|
| D01 | C11 | FV03 | 3600 | 14940 | 319.47 | 11.56 |
| | C12 | FV04 | 3780 | | | |
| | C13 | FV04 | 3780 | | | |
| | C14 | FV04 | 3780 | | | |
| D02 | C06 | FV01 | 2520 | 15120 | 323.32 | 12.80 |
| | C07 | FV01 | 3780 | | | |
| | C08 | FV01 | 3780 | | | |
| | C09 | FV02 | 2520 | | | |
| | C10 | FV02 | 2520 | | | |
| D03 | C01 | FV01 | 3780 | 18900 | 404.15 | 13.05 |
| | C02 | FV01 | 3780 | | | |
| | C03 | FV01 | 3780 | | | |
| | C04 | FV01 | 3780 | | | |
| | C05 | FV01 | 3780 | | | |

Tabella 3.2 – Principali caratteristiche delle dorsali esterne

Nella tavola di progetto "INQUADRAMENTO GENERALE SU CTR: Impianto fotovoltaico ed opere di connessione" è riportato il tracciato esterno previsto per le 3 dorsali principali.

Il cavo previsto, idoneo al trasporto di energia, con formazione unipolare/tripolare, è del tipo **ARP1H5(AR)E 18/30 kV** (o similare), dalle caratteristiche tecniche già descritte al paragrafo 3.2.

3.3.1 Giunzione cavi

La posa dei cavi prevede lunghezze non standardizzate, per cui si dovrà provvedere alla realizzazione di apposite "buche giunti", di dimensioni di circa 200 cm x 150 cm, ove effettuare la giunzione elettrica di due spezzoni.

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile (lunghezza minima della pezzatura 800÷1000 m), si dovranno realizzare giunzioni elettriche mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo con la normativa vigente ed alle indicazioni riportate dal costruttore dei giunti.

Il posizionamento dei giunti sarà determinato in sede di progetto esecutivo in funzione delle interferenze sotto il piano di campagna e della possibilità di trasporto.

3.3.2 Terminazione e attestazione cavi MT

Tutti i cavi MT posati dovranno essere terminati da entrambe le estremità. Nella esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri MT si deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capicorda a compressione per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto. Lo schermo dei cavi dovrà essere collegato a terra da entrambe le estremità adottando quindi lo schema SOLID-BONDING e conformemente a quanto definito nella norma CEI 99-2, 99-3.

La messa a terra dei rivestimenti metallici ha lo scopo di rendere equipotenziale le masse metalliche che ricoprono il cavo, ponendole tutte a potenziale zero, riducendo eventuale fonte/causa di pericolo per il personale autorizzato ad eseguire lavorazioni e interventi di manutenzione degli impianti nelle vicinanze del cavo. Lo schermo del cavo non può essere considerato come un conduttore di terra per altre parti d'impianto.

4 Relazione calcolo cavi BT

I cavi bassa tensione BT sono cavi impiegati per la realizzazione ed esecuzione degli impianti a servizio e complementari al funzionamento dell'impianto di produzione FV.

In fase di progetto esecutivo i cavi saranno dimensionati seguendo le norme specifiche di riferimento.

In particolare la sezione dei cavi sarà selezionata considerando i seguenti aspetti:

- Portata nominale del cavo in funzione della potenza trasmessa, delle caratteristiche di posa e di installazione
- Massima caduta di tensione ammissibile a fine linea
- Tenuta al cortocircuito
- Massime perdite nel cavo per effetto Joule.
- Condizioni ambientali

In fase preliminare di progetto sono state selezionate sezioni soddisfacenti, per le attese portate, che in fase di progetto esecutivo di realizzazione degli impianti saranno verificate e controllate.

Di seguito la descrizione dei cavi presenti all'interno dell'impianto in BT.

4.1 Cavi solari di stringa

Sono definiti cavi solari di stringa, i cavi che collegano le stringhe (i moduli in serie) ai quadri DC di parallelo e hanno una sezione variabile da 6 a 10 mm² (in funzione della distanza del collegamento). I cavi solari di stringa sono di norma alloggiati all'interno del profilato della struttura e interrati per brevi tratti (tra inizio vela e quadro DC di parallelo di campo).

I cavi saranno del tipo **FG21M21** o equivalenti (rame o alluminio) indicati per interconnessioni dei vari elementi degli impianti fotovoltaici. Si tratta di cavi unipolari flessibili con tensione nominale 1500 Vc.c. per impianti fotovoltaici con isolante e guaina in mescola reticolata a basso contenuto di alogeni testati per durare più di 25 anni. Essi sono adatti per l'installazione fissa all'esterno ed all'interno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate oppure in sistemi chiusi similari, sono resistenti all'ozono secondo la EN50396, ai raggi UV secondo HD605/A1. Sono testati, inoltre, per durare nel tempo secondo la EN 60216.

Le condizioni di posa sono:

- Temperatura minima di installazione e maneggio: -40 °C
- Massimo sforzo di tiro: 15 N/mm²
- Raggio minimo di curvatura per diametro del cavo D (in mm): 4D

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

*Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora*

In Tabella 4.1 la consistenza dei moduli generatori FV per singolo campo e stringhe.

| Campo FV | Moduli FV | Potenza modulo [kWp] | N° moduli per stringa | Stringhe | Potenza stringa [kWp] | Sezione [mm ²] |
|----------|-----------|----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------------------------|
| FV01 | 59748 | 0.570 | 26 | 2298 | 14.82 | 6÷10 |
| FV02 | 10660 | 0.570 | 26 | 410 | 14.82 | 6÷10 |
| FV03 | 8138 | 0.570 | 26 | 313 | 14.82 | 6÷10 |
| FV04 | 22048 | 0.570 | 26 | 848 | 14.82 | 6÷10 |

Tabella 4.1 – Moduli FV per sottocampo e stringhe

4.2 Cavi solari DC

Sono definiti cavi solari DC, i cavi che collegano i quadri di parallelo di campo (o string box) all'ingresso sezione DC degli inverter e hanno una sezione variabile da 95 a 240 mm² (in funzione del numero di stringhe in parallelo e della distanza tra quadro parallelo di campo e power station).

I cavi solari sono generalmente interrati, e solo in alcuni brevi tratti o per configurazione e posizione possono essere posati all'interno del profilato della struttura porta moduli. I cavi saranno del tipo **FG21M21 0.6/1 kV** o equivalenti (rame o alluminio) indicati per interconnessioni dei vari elementi degli impianti fotovoltaici.

Si tratta di cavi unipolari flessibili con tensione nominale 1500 V c.c. per impianti fotovoltaici con isolante e guaina in mescola reticolata a basso contenuto di alogeni testati per durare più di 25 anni. Sono cavi adatti per l'installazione fissa all'esterno ed all'interno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate oppure in sistemi chiusi similari, sono resistenti all'ozono secondo la EN 50396, ai raggi UV secondo HD605/A1 e testati per durare nel tempo secondo la EN 60216. Le condizioni di posa sono:

- Temperatura minima di installazione e maneggio: -40°C
- Massimo sforzo di tiro: 15 N/mm²
- Raggio minimo di curvatura per diametro del cavo D (in mm): 6D

In Tabella 4.2 la consistenza dei quadri di parallelo di campo (string box) per singolo sottocampo.

| Campo FV | Sottocampo FV | Potenza sottocampo [kWp] | N° string box | Sezione [mm ²] |
|----------|---------------|--------------------------|---------------|----------------------------|
| FV01 | C01 | 4505.28 | 19 | 95 ÷ 240 |
| | C02 | 4505.28 | 19 | 95 ÷ 240 |
| | C03 | 4268.16 | 18 | 95 ÷ 240 |
| | C04 | 4683.12 | 20 | 95 ÷ 240 |
| | C05 | 4386.72 | 19 | 95 ÷ 240 |
| | C06 | 2875.08 | 13 | 95 ÷ 240 |
| | C07 | 4534.92 | 20 | 95 ÷ 240 |
| | C08 | 4297.80 | 19 | 95 ÷ 240 |
| FV02 | C09 | 3082.56 | 13 | 95 ÷ 240 |
| | C10 | 2993.64 | 13 | 95 ÷ 240 |
| FV03 | C11 | 4638.66 | 20 | 95 ÷ 240 |
| FV04 | C12 | 4149.60 | 18 | 95 ÷ 240 |
| | C13 | 4164.42 | 18 | 95 ÷ 240 |
| | C14 | 4253.34 | 18 | 95 ÷ 240 |

Tabella 4.2 – Collegamenti string box/MVPS

4.3 Cavi alimentazione tracker

Sono cavi di bassa tensione utilizzati per alimentare elettricamente i motori presenti sulle strutture.

La modalità di posa prevede che i cavi possono essere alloggiati sia sulle strutture tracker (nei profilati metallici della struttura medesima) che essere interrati.

Per la realizzazione dei collegamenti e delle alimentazioni elettriche dei motori si utilizzerà un cavo per energia, isolato con gomma qualità G16, sotto guaina PVC, qualità R16, non propagante l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Il cavo, in formazione flessibile unipolare o multipolare, sarà del tipo **FG16R16 - FG16OR16 0.6/1 kV** e sezione variabile da 4 a 10 mm² (dipendentemente dalla lunghezza della tratta).

4.4 Cavi servizi ausiliari bassa tensione AT

Per la realizzazione ed esecuzione degli impianti a servizio e complementari al funzionamento dell'impianto di produzione FV saranno impiegati cavi in bassa tensione per la esecuzione di alimentazioni elettriche, connessioni, collegamenti alle apparecchiature e componenti costituenti gli impianti, quali:

- Impianto illuminazione interna/esterna
- Impianto distribuzione prese di corrente FM
- Impianto VDS
- Impianto antintrusione

Sono cavi flessibili unipolari o multipolari, per tensioni di esercizio 230V e 400V, con conduttore a corda rotonda di rame rosso ricotto, isolato in gomma HEPR ad alto modulo qualità G16 che conferisce al cavo elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche; guaina esterna in PVC speciale di qualità R16 colore grigio.

Il cavo selezionato in formazione flessibile unipolare o multipolare sarà del tipo **FG16R16 - FG16OR16 0.6/1 kV** con sezione variabile da 2,5÷50 mm² (dipende dalla lunghezza della tratta).

4.5 Cavi dati

Per la trasmissione dei dati riguardanti i vari sistemi dell'impianto (fotovoltaico, strutture tracker, stazioni meteo, antintrusione, videosorveglianza, gruppi di misura energia prodotta, apparecchiature elettriche, sistemi di sicurezza, collegamento verso l'esterno) si prevede l'impiego di:

- Cavo **RS485** impiegato per tratte di lunghezza limitata
- Cavo in **fibra ottica** impiegato per i tratti più lunghi

5 Relazione calcolo cavi MT

Nel seguito viene descritto il calcolo preliminare di dimensionamento e la selezione dei cavi di media tensione utilizzati per allacciare le 14 MVPS interne ai sottocampi FV, che trasformano la generazione proveniente dai moduli fotovoltaici, alla cabina elettrica di utenza presso la SSE 30/220 kV.

Il vettoriamento dell'energia prodotta verso la SSE di utenze, connessa alla RTN, è realizzato con 3 linee elettriche principali (dorsali) costituite da cavi elettrici con tensione di esercizio 30 kV su tracciato esterno al perimetro dei sottocampi impegnando viabilità/strade comunali, provinciali, statali.

5.1 Sistema elettrico

5.1.1 Descrizione generale

L'impianto è costituito da 4 campi indipendenti, a loro volta suddivisi in sottocampi, ciascuno dei quali è dotato di una power station (MVPS) -completa di inverter centralizzato e trasformatore di potenza BT/MT-

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

che trasforma l'energia generata dai moduli FV, rendendola disponibile come potenza/energia in corrente alternata. In 7 dei 14 sottocampi (opportunamente scelti), vengono installati dei cabineti, all'interno dei quali si realizza il collegamento "entra-esce" tra le varie power station con cavo MT, e sino al nodo di connessione della linea elettrica di dorsale esterna. Il collegamento nelle celle MT di arrivo e partenza sarà realizzato mediante apposita terminazione per interno di tipo retraibile, con idonei capicorda a compressione dello spessore previsto.

I sottocampi sono connessi alla cabina MT in SSE Utente, per la trasmissione dell'intera potenza prodotta/producibile, con 3 cavidotti indipendenti eserciti in MT. Nella tratta in comune si prevede che i cavi vengano posati all'interno di uno stesso scavo in modo da minimizzare l'impatto ambientale.

Nella SSE utente i cavi sono connessi ad un quadro MT 30 kV che permette lo smistamento e la protezione degli impianti.

In dettaglio l'impianto fotovoltaico è costituito da:

- 100594 moduli fotovoltaici da 570 Wp
- 14 power station (MVPS) complete di:
 - Inverter centralizzato
 - Trasformatore di potenza BT/MT
 - Scomparto di media tensione con protezione trasformatore
- 7 cabineti di parallelo MT
- 247 quadri di parallelo di campo (string box) collegati con l'ingresso DC delle power station
- 3 cavidotti esterni interrati in media tensione (30 kV) per il collegamento delle cabine di campo alla SSE utente, e più precisamente alla sbarra di parallelo del quadro MT di smistamento
- N.1 cabina di smistamento e protezione MT a 30 kV
- N.1 SSE di trasformazione 30/220 kV.

5.1.2 Condizioni ambientali di progetto

Di seguito, le condizioni ambientali di progetto:

- Altezze sul livello del mare
 - FV01: 60 ÷ 127 m
 - FV02: 33 ÷ 36 m
 - FV03: 88 ÷ 124 m
 - FV04: 137 ÷ 145 m
- Temperatura ambiente: -5 ÷ 45°C
- Temperatura media: 17.8°C
- Umidità relativa: 70-90%
- Inquinamento: leggero
- Tipo di atmosfera: non aggressiva

5.1.3 Dati di progetto

In Tabella 5.1 sono riportati i dati di progetto per il dimensionamento dei cavi MT.

| Dati di progetto | Valore |
|--|-----------|
| Tensione di rete impianto fotovoltaico | 30 kV |
| Materiale conduttore | Alluminio |
| Profondità di posa | 1.20 m |
| Temperatura del terreno | 20 °C |

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

*Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora*

| | |
|--|-----------|
| Resistività del terreno | 1 °C m/W |
| Potenza di impianto (AC) | 49 MW |
| Potenza di impianto (DC) | 57.34 MWp |
| Fattore di potenza | 0.90 |
| Caduta di tensione massima ammissibile per ogni tratta | 4% |
| Perdite per effetto Joule per ogni tratta | 3% |
| Margine sulla lunghezza complessiva dei cavi | 3% |

Tabella 5.1 – Dati di progetto per il dimensionamento dei cavi a 30 kV

5.2 Linee elettriche di collegamento fra sottocampi

Come descritto ai paragrafi 3.1 e 3.2, ciascun collegamento tra power station (in configurazione “entra-esce”), viene realizzato tramite tracciati interni o tracciati esterni, a seconda se queste siano localizzate in uno stesso campo FV o in due campi differenti. Nel primo caso, è previsto l’impiego di cavi del tipo **ARE4H1RX 18/30 kV**; nel secondo, invece, il cavo utilizzato è del tipo **ARP1H5(AR)E 18/30 kV**.

La lunghezza di ogni tratta di collegamento in cavo è stata ricavata dalla planimetria generale di impianto in cui è mostrata la posizione delle power station, delle cabine di parallelo, e il relativo percorso cavi; a questa lunghezza teorica si sono aggiunti 3 m di risalita cavo per ciascun collegamento. La lunghezza di cavo risultante è stata, quindi, aumentata del 3% per tenere in considerazione sfridi, variazioni di quota del terreno e piccole deviazioni di percorso.

In Tabella 5.2 si riportano le lunghezze risultanti per ciascuna tratta.

La sigla P00 si riferisce alla MVPS di sottocampo. La sigla CP00_QMT00 si riferisce al quadro di media tensione di cabina in sottocampo; la sigla QMT_SSE si riferisce al quadro media tensione di cabina utente in SSE.

| Partenza linea | | | Arrivo linea | | | Caratteristiche tratta | |
|----------------|------------|-------|--------------|------------|-------|------------------------|---------------|
| Posizione | Sottocampo | Campo | Posizione | Sottocampo | Campo | Tipo | Lunghezza [m] |
| P01 | C01 | FV01 | CP04_QMT02 | C02 | FV01 | interna | 20 |
| P02 | C02 | FV01 | | | | interna | 20 |
| CP04_QMT02 | C02 | FV01 | CP02_QMT04 | C01 | FV01 | interna | 373 |
| P03 | C03 | FV01 | | | | interna | 38 |
| P04 | C04 | FV01 | | | | interna | 20 |
| P05 | C05 | FV01 | | | | interna | 670 |
| P09 | C09 | FV02 | CP05_QMT09 | C09 | FV02 | interna | 20 |
| P10 | C10 | FV02 | | | | interna | 427 |
| P07 | C07 | FV01 | CP07_QMT08 | C08 | FV01 | interna | 45 |
| P08 | C08 | FV01 | | | | interna | 20 |
| CP05_QMT09 | C09 | FV02 | CP06_QMT06 | C06 | FV01 | esterna | 5136 |
| CP07_QMT08 | C08 | FV01 | | | | interna | 1203 |
| P06 | C06 | FV01 | | | | interna | 20 |
| P11 | C11 | FV03 | CP03_QMT11 | C11 | FV03 | interna | 20 |
| CP03_QMT11 | C11 | FV03 | CP01_QMT13 | C13 | FV04 | esterna | 2632 |
| P12 | C12 | FV04 | | | | interna | 609 |
| P13 | C13 | FV04 | | | | interna | 20 |
| P14 | C14 | FV04 | | | | interna | 565 |

Tabella 5.2 – Lunghezza cavi tratte collegamento sottocampi FV

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

5.3 Linee elettriche di collegamento fra i campi FV e la cabina utente

Il tracciato esterno prevede un tratto su strade comunali, provinciali e statale, ed un secondo tratto all'interno della particella catastale dove è ubicata la cabina di utente.

La posa dei cavi è prevista ad una profondità di circa 1.20 m a trifoglio con formazione unipolare. È prevista la posa di ball-marker per individuare il percorso dei cavi, i giunti, le interferenze con altri sotto servizi ed i cambi di direzione.

L'elettrodotta sarà costituito da 3 linee dorsali principali per il vettoriamento dell'energia prodotta dai 4 campi FV, e saranno connesse, con dispositivi di protezione, alla sbarra di parallelo del quadro MT di cabina utente prevista in SSE 30/220 kV.

In Tabella 5.3 viene mostrato il raggruppamento delle power station (MVPS) e delle cabine di parallelo dei sottocampi rispetto alle linee dorsali, nonché le principali caratteristiche di ciascuna di esse:

| Dorsale | MVPS | Cabine di parallelo | Sottocampo FV | Campo FV | Nodo di uscita | Potenza totale [kW] | Corrente [A] | Lunghezza [km] |
|---------|------|---------------------|---------------|----------|----------------|---------------------|--------------|----------------|
| D01 | P11 | CP03_QMT11 | C11 | FV03 | CP01_QMT13 | 14940 | 319.47 | 11.56 |
| | P12 | | C12 | FV04 | | | | |
| | P13 | CP01_QMT13 | C13 | FV04 | | | | |
| | P14 | | C14 | FV04 | | | | |
| D02 | P06 | CP06_QMT06 | C06 | FV01 | CP06_QMT06 | 15120 | 323.32 | 12.80 |
| | P07 | | C07 | FV01 | | | | |
| | P08 | CP07_QMT08 | C08 | FV01 | | | | |
| | P09 | CP05_QMT09 | C09 | FV02 | | | | |
| D03 | P10 | | C10 | FV02 | CP02_QMT04 | 18900 | 404.15 | 13.05 |
| | P01 | | C01 | FV01 | | | | |
| | P02 | CP04_QMT02 | C02 | FV01 | | | | |
| | P03 | | C03 | FV01 | | | | |
| | P04 | CP02_QMT04 | C04 | FV01 | | | | |
| | P05 | | C05 | FV01 | | | | |

Tabella 5.3 – Distribuzione MVPS di cabine e potenze rispetto alle dorsali esterne, e principali caratteristiche

Il tracciato esterno delle quattro dorsali è chiaramente identificabile nella tavola di progetto "Inquadramento generale su CTR: Impianto fotovoltaico ed opere di connessione".

La lunghezza di ogni tratta di collegamento in cavo è stata ricavata dalla planimetria generale del Cluster su mappa satellitare; a questa lunghezza teorica si sono aggiunti 3 m di risalita cavo per ciascun collegamento in cella MT di partenza e arrivo cavo.

La lunghezza del cavo risultante è stata, quindi, aumentata del 3% per tenere in considerazione sfridi, variazione di quota del terreno e piccole deviazioni di percorso.

Il cavo previsto per il collegamento, idoneo al trasporto di energia, in formazione unipolare, è del tipo **ARP1H5(AR)E 18/30 kV**, o similare, dalle caratteristiche tecniche già riportate al paragrafo 3.2.

Il cavo selezionato presenta una protezione meccanica implementata intrinseca realizzata con materiale polimerico (Air Bag). Tale sistema evita la realizzazione e la messa in opera di protezioni meccaniche aggiuntive in situazioni dove sarebbe richiesta una protezione contro schiacciamenti. Infatti, come riportato nella norma CEI 11-27 punto 4.3.11b, per tali cavi è ammessa la posa direttamente interrata.

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

5.4 Criteri di calcolo

I cavi sono stati dimensionati seguendo le norme specifiche di riferimento; in particolare, la sezione dei cavi è stata selezionata considerando i seguenti aspetti:

- Portata nominale del cavo in funzione delle caratteristiche di posa in corrispondenza della massima producibilità dei campi fotovoltaici
- Massima caduta di tensione ammissibile a fine linea
- Tenuta al cortocircuito
- Massime perdite nel cavo per effetto Joule per il trasporto dell'energia dalle cabine di sottocampo alla cabina MT di smistamento e protezione di utente in SSE di utenza 30/220 kV
- Tipologia di posa a trifoglio per formazione cavo unipolare
- Condizioni ambientali

5.4.1 Calcolo della portata

Per il calcolo delle portate dei cavi, si considera che i sottocampi FV possano erogare tutta la massima potenza producibile.

I coefficienti di declassamento della portata in funzione delle condizioni di posa, di installazione e delle condizioni ambientali risultano essere i seguenti:

- K1 profondità di posa a 1.20 m: 0.96
- K2 temperatura del suolo (assunta) a 20°C: 1.0
- K3 resistività termica del terreno (assunta) pari a 1 K*m/W: 1.0
- K4 vicinanza di altro circuito. Tale fattore di riduzione tiene conto della presenza di altri circuiti nelle vicinanze, sia che questi si trovino a contatto tra loro, sia che siano a distanza ma all'interno dello stesso scavo. I valori considerati (ricavati dalla norma CEI UNEL 35024/1) sono riportati in Tabella 5.4.

| Tubi interrati posti in uno stesso scavo distanti 250 mm | | Circuiti posti all'interno di uno stesso tubo | |
|--|--------------------|---|--------------------|
| N° tubi | Fattore correttivo | N° circuiti | Fattore correttivo |
| 2 | 0.90 | 2 | 0.80 |
| 3 | 0.85 | 3 | 0.70 |
| 4 | 0.80 | 4 | 0.65 |
| 5 | 0.80 | 5 | 0.60 |

Tabella 5.4 – Fattori correttivi per circuiti posti negli stessi scavi e/o tubi

5.4.2 Calcolo delle correnti di corto circuito

In termini di correnti di corto circuito la sezione minima del conduttore può essere calcolata tramite la seguente equazione:

$$S_{min} = \frac{I_{cc}\sqrt{t}}{C}$$

dove:

- I_{cc} corrente di corto circuito [A]
- C coefficiente definito dalla Norma CEI 11-17 (tabella 4.2.2)

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltato e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

- T tempo di eliminazione del corto circuito
(intervento protezione) [s]

5.4.3 Calcolo della caduta di tensione (CDT)

Per ciascuna linea di cui si compone l'impianto, si procede alla verifica della caduta di tensione (ΔV) e della caduta di tensione percentuale ($\Delta V\%$). Sulla tratta considerata la caduta di tensione è calcolata secondo la relazione:

$$\Delta V = \sqrt{3} I L (r \cos \varphi + x \sin \varphi)$$

dove:

- r resistenza specifica del cavo alla massima T di esercizio [Ω/km]
- x reattanza induttiva specifica del cavo [Ω/km]
- I corrente di impiego del cavo [A]
- L lunghezza tratta [km]
- $\cos \varphi$ fattore di potenza dell'impianto

La CDT percentuale sulla tratta è determinata con la relazione:

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

dove:

- ΔV CDT sulla tratta [V]
- V tensione nominale del sistema elettrico [V]

5.4.4 Calcolo della perdita di potenza

Le perdite di potenza per effetto Joule sul conduttore sono valutate come:

$$\Delta P = 3 r L I^2$$

dove:

- r resistenza specifica del cavo alla massima T di esercizio [Ω/km]
- I corrente di impiego del cavo [A]
- L lunghezza tratta [km]

La perdita di potenza percentuale sul cavo è determinata con la relazione:

$$\Delta P\% = 100 \frac{\Delta P}{P}$$

dove:

- ΔP perdita di potenza sul tratto di cavo [W]
- P potenza trasmessa sul tratto di cavo [W]

Come riportato nei paragrafi precedenti, al fine della progettazione, si considera che la massima perdita di potenza (ΔP) riscontrabile per il collegamento in MT dalla cabina di sottocampo alla cabina MT di smistamento e protezione di utente in SSE possa essere al massimo il 3%.

Per quanto concerne la caduta di tensione massima ammissibile a fine linea si considera il limite del 4% della tensione nominale.

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

*Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora*

5.5 Risultati

5.5.1 Linee elettriche di collegamento fra sottocampi

I risultati del dimensionamento preliminare sono riportati in Tabella 5.5.

| Partenza linea | | | Arrivo linea | | | Caratteristiche tratta | | |
|----------------|------------|-------|--------------|------------|-------|------------------------|---------------|---------------------------------|
| Posizione | Sottocampo | Campo | Posizione | Sottocampo | Campo | Tipo | Lunghezza [m] | Sezione cavo [mm ²] |
| P01 | C01 | FV01 | CP04_QMT02 | C02 | FV01 | interna | 20 | 3x1x50 |
| P02 | C02 | FV01 | | | | interna | 20 | 3x1x50 |
| CP04_QMT02 | C02 | FV01 | CP02_QMT04 | C01 | FV01 | interna | 373 | 3x1x70 |
| P03 | C03 | FV01 | | | | interna | 38 | 3x1x50 |
| P04 | C04 | FV01 | | | | interna | 20 | 3x1x50 |
| P05 | C05 | FV01 | | | | interna | 670 | 3x1x70 |
| P09 | C09 | FV02 | CP05_QMT09 | C09 | FV02 | interna | 20 | 3x1x50 |
| P10 | C10 | FV02 | | | | interna | 427 | 3x1x50 |
| P07 | C07 | FV01 | CP07_QMT08 | C08 | FV01 | interna | 45 | 3x1x50 |
| P08 | C08 | FV01 | | | | interna | 20 | 3x1x50 |
| CP05_QMT09 | C09 | FV02 | CP06_QMT06 | C06 | FV01 | esterna | 5136 | 3x1x240 |
| CP07_QMT08 | C08 | FV01 | | | | interna | 1203 | 3x1x95 |
| P06 | C06 | FV01 | | | | interna | 20 | 3x1x50 |
| P11 | C11 | FV03 | CP03_QMT11 | C11 | FV03 | interna | 20 | 3x1x50 |
| CP03_QMT11 | C11 | FV03 | CP01_QMT13 | C13 | FV04 | esterna | 2632 | 3x1x95 |
| P12 | C12 | FV04 | | | | interna | 609 | 3x1x50 |
| P13 | C13 | FV04 | | | | interna | 20 | 3x1x50 |
| P14 | C14 | FV04 | | | | interna | 565 | 3x1x50 |

Tabella 5.5 – Cavi MT per collegamento fra sottocampi FV

5.5.2 Linee dorsali esterne

I risultati del dimensionamento preliminare sono riportati in Tabella 5.6.

| Dorsale esterna | Partenza linea | | | Arrivo linea | | Caratteristiche tratta | |
|-----------------|----------------|------------|-------|--------------|----------------|------------------------|---------------------------------|
| | Posizione | Sottocampo | Campo | Posizione | Localizzazione | Lunghezza [km] | Sezione cavo [mm ²] |
| D01 | CP01_QMT13 | C13 | FV04 | QMT_SSE | SSE UTENTE | 11.56 | 3x1x400 |
| D02 | CP06_QMT06 | C06 | FV01 | | | 12.80 | 3x1x500 |
| D03 | CP02_QMT04 | C04 | FV01 | | | 13.05 | 3x1x630 |

Tabella 5.6 – Cavi MT collegamenti dorsali esterne

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

5.5.3 Linea elettrica MT interna SSE 30/220 kV

All'interno della SSE utente è previsto il collegamento MT tra la cella partenza cavo da QMT_SSE ed i terminali MT del trasformatore elevatore MT/AT.

Il cavo selezionato per la realizzazione dei collegamenti è **ARP1H5(AR)E 18/30 kV**.

Le modalità di posa e di installazione prevedono:

- posa direttamente interrata
- profondità di posa pari ad 1 m

Per cui, il coefficiente di declassamento per la determinazione della portata del cavo è valutato pari a 1.

I risultati del dimensionamento preliminare sono riportati in Tabella 5.7.

| Partenza linea | | Arrivo linea | | Caratteristiche tratta | |
|----------------|----------------|--------------|----------------|------------------------|---------------------------------|
| Posizione | Localizzazione | Posizione | Localizzazione | Lunghezza [m] | Sezione cavo [mm ²] |
| QMT_SSE | SSE | Trafo MT/AT | SSE UTENTE | 70 | 3x(3x1x400) |

Tabella 5.7 – Collegamento MT in SSE utente

6 Note conclusive

In base ai layout di progetto, le sezioni calcolate sono valori preliminari che potranno subire, in fase di progettazione esecutiva, modifiche per variazioni di percorso dei cavi, dei layout di impianto e/o per diverso valore di potenza elettrica trasmessa a causa di diverso raggruppamento sui cavi delle cabine BT/MT di sottocampo.

Si allega alla presente relazione la scheda tecnica dei cavi elettrici BT e MT selezionati.

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaiico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

BASSA TENSIONE / LOW VOLTAGE

gia solare
Solar energy

FG21M21
0,6/1 kV



Condizioni di posa / *Laying conditions*



68 **Prysmian**
Group

CATALOGO CAVI E ACCESSORI / CABLES AND ACCESSORIES CATALOGUE

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

BASSA TENSIONE / LOW VOLTAGE

Energia solare
Solar energy

FG21M21 

0,6/1 kV



Parametri elettrici / Electrical parameters

| | |
|--|--|
| Tensione massima in c.a. (U _n) / Rated voltage in a.c. U ₀ /U (U _n) | 1200 V |
| Tensione massima in c.c. (U ₀) / Maximum permissible operating voltage in DC systems | 1800 V anche verso terra / also to earth |
| Tensione di prova / Test voltage | 6,5 kV |
| Altre prove / Tests | Resistenza del conduttore, spark test, prova di tensione sui cavi finiti, resistenza superficiale della guaina, resistenza d'isolamento a 20 °C e 90 °C, stabilità in corrente continua CEI EN 50305 parte 6.7 Conductor resistance, test voltages AC and DC, electric strength, surface resistance, spark test on insulation, insulation resistance 20 °C and 90 °C, DC stability according to CEI EN 50305 part 6.7 |

Parametri termici / Thermal parameters

| | |
|---|---|
| Temperatura ambiente / Ambient temperature | Min. - 40 °C, max. + 90 °C |
| Max temperatura del conduttore / Maximum permissible operating temperature of the conductor | + 120 °C (in condizioni di sovraccarico) / (in overload conditions) |
| Temperatura di cortocircuito / Short-circuit temperature | + 250 °C (sul conduttore, max. 5 sec.) / (on the conductor, max 5 sec.) |
| Resistenza freddo / Resistance to cold | Prove di piegatura e allungamento a -40 °C, secondo EN 60811-1-4 Resistenza all'impatto a -25 °C, secondo EN 60811-1-4 Bending and elongation test at -40° C, according to EN 60811-1-4 Impact test at -25° C, according to EN 60811-1-4 |
| Verifica comportamento a lungo termine / Long term behaviour | + 120 °C - 20.000 h, secondo EN 60216-1 / EN 60216-2 + 120 °C - 20.000 h, according to EN 60216-1 / EN 60216-2 |

Parametri meccanici / Mechanical parameters

| | |
|---|--|
| Sforzo di trazione durante la posa / Tensile load during installation | 50 N/mm ² max. |
| Sforzo di trazione in esercizio / Tensile load in operation | 15 N/mm ² max. |
| Raggio di curvatura minimo / Minimum bending radius | ≤ 8 mm posa fissa 3 x D, movimento libero 4 x D > 8 mm posa fissa 4 x D, movimento libero 6 x D ≤ 8 mm fixed installation 3 x D, free movement 4 x D > 8 mm fixed installation 4 x D, free movement 6 x D |

Parametri chimici / Chemical parameters

| | |
|---|---|
| Resistenza all'olio minerale / Mineral oil resistance | 4 h, 100 °C prova secondo EN 60811-2-1 4 h, 100 °C according to EN 60811-2-1 |
| Resistenza agli agenti atmosferici / Weather resistance | Resistenza ozono secondo EN 50396 art. 8.1.3 Resistenza UV, metodo secondo HD 605 par. 2.4.20 Assorbimento acqua (metodo gravimetrico) secondo EN 60811-1-3 Ozone resistance according to EN 50396 art. 8.1.3 UV-resistance according to HD 605 par. 2.4.20 Absorption of water (gravimetric) according to EN 60811-1-3 |
| Comportamento in caso di incendio / Behaviour in case of fire | Non propagazione della fiamma, prova su singolo cavo secondo EN 60332-2 Basse emissioni di fumi secondo CEI EN 61034-2 Corrosività secondo CEI EN 50267-2. Tossicità secondo CEI 20-37/4 Flame propagation, single cable according to EN 60332-2 Low smoke emission according to CEI EN 61034-2 Corrosivity according to CEI EN 50267-2. Toxicity according to CEI 20-37/4 |
| Compatibilità ambientale / Ambient compatibility | In accordo alle norme sulla riciclabilità e lo smaltimento (in assenza di sostanze inquinanti ed alogene) Given in terms of recycling, disposal and energy-saving production (free of pollutants and halogens) |

Prysmian
Group 69

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltatoico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

BASSA TENSIONE / LOW VOLTAGE

Energia solare
Solar energy

FG21M21 

0,6/1 kV



Informazioni per la scelta dei cavi / Cables selection data

| Formazione nominale | Diametro conduttore indicativo | Spessore isolante minimo medio | Spessore guaina minimo medio | Diametro esterno massimo | Peso indicativo | Resistenza elettrica in c.c. a 20 °C massima | Portata di corrente a 60 °C in aria singolo cavo |
|------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------|--|---|
| Nominal cross-section | Conductor diameter (approx.) | Insulation thickness (min. medium) | Sheath thickness (min. medium) | Outer diameter (max.) | Weight (approx.) | Electrical D.C. resistance at 20 °C (max.) | Current carrying capacity at 60 °C in air 1 cable |
| (n x mm ²) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (kg/km) | (Ω/km) | (A) |
| 1 x 1,5 | 1,5 | 0,7 | 0,8 | 5,1 | 35 | 13,7 | 30 |
| 1 x 2,5 | 2,0 | 0,7 | 0,8 | 5,7 | 46 | 8,21 | 41 |
| 1 x 4 | 2,5 | 0,7 | 0,8 | 6,2 | 60 | 5,09 | 55 |
| 1 x 6 | 3,0 | 0,7 | 0,9 | 6,9 | 85 | 3,39 | 70 |
| 1 x 10 | 3,9 | 0,7 | 1,0 | 8,2 | 130 | 1,95 | 98 |
| 1 x 16 | 5,0 | 0,7 | 1,0 | 9,3 | 195 | 1,24 | 132 |
| 1 x 25 | 6,4 | 0,9 | 1,1 | 11,4 | 290 | 0,795 | 176 |
| 1 x 35 | 7,7 | 0,9 | 1,1 | 12,8 | 376 | 0,565 | 218 |
| 1 x 50 | 9,2 | 1,0 | 1,2 | 14,8 | 535 | 0,393 | 276 |
| 1 x 70 | 11,0 | 1,1 | 1,2 | 16,9 | 740 | 0,277 | 347 |
| 1 x 95 | 12,5 | 1,1 | 1,3 | 18,7 | 940 | 0,210 | 416 |
| 1 x 120 | 14,2 | 1,2 | 1,3 | 20,7 | 1215 | 0,164 | 488 |
| 1 x 150 (*) | 15,8 | 1,4 | 1,4 | 23,5 | 1530 | 0,132 | 566 |
| 1 x 185 (*) | 17,5 | 1,6 | 1,4 | 25,2 | 1820 | 0,108 | 644 |
| 1 x 240 (*) | 20,1 | 1,7 | 1,5 | 28,3 | 2340 | 0,0817 | 775 |

Per portate di corrente in diverse condizioni di posa vedi CEI 20-91; V2
For current carrying capacity in different installation conditions refer to CEI 20-91; V2

Note / Notes:

(*) Sezioni non previste dalla norma CEI 20-91, cavi senza marchio IMQ (costruzione e caratteristiche basate su norma CEI 20-91)
(*) Cross sections not foreseen by the standard CEI 20-91, cables without IMQ mark (construction and characteristics based on CEI 20-91)

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

CAVI BASSA TENSIONE - ENERGIA, SEGNALAMENTO E COMANDO
LOW VOLTAGE - POWER, SIGNALLING AND CONTROL

FG16R16 - FG16OR16 0,6/1 kV

NON PROPAGANTI LA FIAMMA, NON PROPAGANTI L'INCENDIO, BASSISSIMA EMISSIONE DI FUMI, GAS TOSSICI E CORROSIVI, ZERO ALOGENI
FLAME RETARDANT, FIRE RETARDANT, VERY LOW EMISSION OF SMOKE, TOXIC AND CORROSIVE GASES, HALOGEN FREE



NON PROPAGANTE
LA FIAMMA
FLAME RETARDANT



NON PROPAGANTE
L'INCENDIO
FIRE RETARDANT
CEI EN 20-22 II



CONFORME
CPR



RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE

| | |
|--|---|
| Costruzione e requisiti elettrici fisici e meccanici/Structure and electrical, physical, mechanical requirements | CEI 20-13 IEC 60502-1 CEI UNEL 35318 (energia) CEI UNEL 35322 (Segnalamento) |
| Direttiva Bassa Tensione/Low Voltage Directive | 2014/35/UE |
| Direttiva RoHS/RoHS Directive | 2011/65/UE |



Le immagini sono puramente illustrative e coperte da copyright ©



REAZIONE AL FUOCO/REACTION TO FIRE

REGOLAMENTO/REGULATION 305/2011/UE

| | |
|--|-----------------------------|
| Norma/Standard | EN 50575:2014+A1:2016 |
| Classe/Low Voltage Directive | C _{ca} -s3, d1, a3 |
| Classificazione/Classification (CEI UNEL 35016) | EN 13501-6 |
| Non propagazione della fiamma verticale/ Not Flame propagation | EN 50399 |
| Gas corrosivi e alogenidrici/Corrosive gases or halogens | EN 60332-1-2 |
| Densità dei fumi/Smoke density | EN 60754-2 |

Cavo commercializzato da produttori con classificazione CPR

Cables & Equipments

CAVI MEDIA TENSIONE - PER IMPIANTI EOLICI
MEDIUM VOLTAGE CABLES - WIND POWER PLANTS

ARE4H1RX - Elica visibile 12/20 kV - 18/30 kV

MEDIA TENSIONE - ENERGIA
MEDIUM VOLTAGE - ENERGY



RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE

| | |
|---|------------|
| Costruzione e requisiti/Construction and specifications | EC 60502-2 |
| Propagazione fiamma/Flame propagation | CEI 20-35 |
| Direttiva RoHS/RoHS Directive | 2011/65/CE |



CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_0/U : : 12/20 kV - 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

CARATTERISTICHE PARTICOLARI:

Cavi media tensione non propaganti la fiamma. Adatti per impianti eolici.

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatti per installazioni in canale interrato; tubo interrato; interrato diretto; aria libera; interrato con protezione.

FUNCTIONAL CHARACTERISTICS

- Nominal voltage U_0/U : 12/20 kV - 18/30 kV
- Maximum operating temperature: 90°C
- Minimum installation temperature: 0°C
- Maximum short circuit temperature: 250°C

SPECIAL FEATURES

Medium voltage cable, not propagating flame. Suitable for wind power plants.

USE AND INSTALLATION

Suitable for installations in buried trough; buried duct; directly buried; open air; buried with protection.

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltatico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

ARP1H5(AR)E *P-Laser* **AIR BAG™**
CABLE SYSTEM



Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
Single core 12/20 kV and 18/30 kV

Norma di riferimento
HD 620/IEC 60502-2

Standard
HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo

Cable design

Anima
Conduttore a corda rotonda con patta di alluminio
Semiconduttivo interno
Mescola estrusa
Isolante
Mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE)
Semiconduttivo esterno
Mescola estrusa
Rivestimento protettivo
Nastro semiconduttore igrospandente
Schermatura
Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale
(Rmax 3Ω/Km)
Protezione meccanica
Materiale Polimerico (Air Bag)
Guaina
Polietilene: colore rosso (qualità DMP2)
Marcatura
PRYSMIAN (**), ARP1H5(AR)E < tensione >
< sezione > < anno >

Core
Compact stranded aluminium conductor
Inner semi-conducting layer
Extruded compound
Insulation
Thermoplastic elastomer compound (type HPTE)
Outer semi-conducting layer
Extruded compound
Protective layer
Semi-conductive watertight tape
Screen
Aluminium tape longitudinally applied
(Rmax 3Ω/Km)
Mechanical protection
Polymeric material (Air Bag)
Sheath
Polyethylene: red colour (DMP2 type)
Marking
PRYSMIAN (**), ARP1H5(AR)E < rated voltage >
< cross-section > < year >

(**) sigla di produttivo

(**) production label

Marcatura in rilievo ogni metro
Marcatura metrica ad inchiostro

Embossed marking each meter
Ink jet meter marking

Applicazioni

Applications

Temperatura di sovraccarico massima 140 °C
Coefficiente K per temperature di corto circuito di 300 °C: K=100
N.B. Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante, per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Overload maximum temperature 140 °C
K coefficient for short-circuit temperatures at 300 °C: K=100
N.B. According to HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

Accessori idonei

Suitable accessories

Terminali

Terminations

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),
FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132),
FMCTS-630/C (pag. 136)

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),
FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132),
FMCTS-630/C (pag. 136)

Giunti

Joints

ECCOSPEED™ (pag. 140)

ECCOSPEED™ (pag. 140)



Condizioni di posa / Laying conditions



96 Prysmian Group

CATALOGO CAVI E ACCESSORI / CABLES & ACCESSORIES CATALOGUE

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

MEDIA TENSIONE - DATI TECNICI / MEDIUM VOLTAGE - TECHNICAL DATA

RESISTENZA E REATTANZA / RESISTANCE AND REACTANCE

Cavi isolati in materiale elastomerico / Cables insulated with elastomeric compounds

Reattanza di fase a 50 Hz / Phase reactance at 50 Hz

| CAVI UNIPOLARE SINGLE | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| SINGLE CORE CABLES | | | | | | | |
| sezione nominale conductor cross section (mm ²) | 1,8/3 kV (Ω/km) | 3,6/6 kV (Ω/km) | 6/10 kV (Ω/km) | 8,7/15 kV (Ω/km) | 12/20 kV (Ω/km) | 18/30 kV (Ω/km) | 26/45 kV (Ω/km) |
| 10 | 0,140 | 0,160 | 0,160 | - | - | - | - |
| 16 | 0,130 | 0,140 | 0,150 | 0,160 | - | - | - |
| 25 | 0,120 | 0,130 | 0,140 | 0,150 | 0,150 | - | - |
| 35 | 0,110 | 0,120 | 0,130 | 0,140 | 0,140 | 0,160 | - |
| 50 | 0,110 | 0,120 | 0,120 | 0,130 | 0,130 | 0,150 | - |
| 70 | 0,100 | 0,110 | 0,120 | 0,120 | 0,130 | 0,140 | 0,15 |
| 95 | 0,098 | 0,110 | 0,110 | 0,120 | 0,120 | 0,130 | 0,14 |
| 120 | 0,097 | 0,100 | 0,110 | 0,110 | 0,120 | 0,130 | 0,14 |
| 150 | 0,092 | 0,099 | 0,100 | 0,110 | 0,110 | 0,120 | 0,13 |
| 185 | 0,089 | 0,096 | 0,100 | 0,110 | 0,110 | 0,120 | 0,12 |
| 240 | 0,086 | 0,093 | 0,096 | 0,100 | 0,100 | 0,110 | 0,12 |
| 300 | 0,084 | 0,092 | 0,094 | 0,098 | 0,100 | 0,110 | 0,12 |
| 400 | 0,082 | 0,090 | 0,092 | 0,095 | 0,099 | 0,110 | 0,11 |
| 500 | 0,081 | 0,088 | 0,089 | 0,092 | 0,095 | 0,100 | 0,11 |
| 630 | 0,079 | 0,086 | 0,087 | 0,090 | 0,093 | 0,099 | 0,10 |

Note / Notes:

Validi sia per cavi in rame che alluminio.
Valid both for copper and aluminium cables.

Reattanza di fase a 50 Hz / Phase reactance at 50 Hz

| CAVI TRIPOLARE | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| THREE CORE CABLES | | | | | | | |
| sezione nominale conductor cross section (mm ²) | 1,8/3 kV (Ω/km) | 3,6/6 kV (Ω/km) | 6/10 kV (Ω/km) | 8,7/15 kV (Ω/km) | 12/20 kV (Ω/km) | 18/30 kV (Ω/km) | 26/45 kV (Ω/km) |
| 10 | 0,110 | 0,130 | 0,140 | - | - | - | - |
| 16 | 0,100 | 0,120 | 0,130 | 0,140 | - | - | - |
| 25 | 0,096 | 0,110 | 0,120 | 0,130 | 0,140 | - | - |
| 35 | 0,091 | 0,100 | 0,110 | 0,120 | 0,130 | 0,14 | - |
| 50 | 0,086 | 0,100 | 0,110 | 0,110 | 0,120 | 0,13 | - |
| 70 | 0,083 | 0,095 | 0,100 | 0,110 | 0,110 | 0,13 | 0,14 |
| 95 | 0,080 | 0,091 | 0,096 | 0,100 | 0,110 | 0,12 | 0,13 |
| 120 | 0,078 | 0,088 | 0,093 | 0,099 | 0,100 | 0,12 | 0,13 |
| 150 | 0,076 | 0,086 | 0,091 | 0,096 | 0,100 | 0,11 | 0,12 |
| 185 | 0,075 | 0,083 | 0,088 | 0,093 | 0,098 | 0,11 | 0,12 |
| 240 | 0,073 | 0,081 | 0,085 | 0,090 | 0,094 | 0,10 | - |
| 300 | 0,071 | 0,081 | 0,083 | 0,088 | 0,092 | 0,10 | - |
| 400 | 0,070 | 0,080 | 0,081 | 0,086 | - | - | - |
| 500 | 0,070 | 0,080 | 0,081 | - | - | - | - |

Note / Notes:

Validi sia per cavi in rame che alluminio.
Valid both for copper and aluminium cables.

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

MEDIA TENSIONE - DATI TECNICI / MEDIUM VOLTAGE - TECHNICAL DATA

CAPACITÀ CAPACITANCE

Cavi isolati in materiale elastomerico (HEPR) / Cables insulated with elastomeric compounds (HEPR)

Capacità / Capacitance

| sezione nominale conductor cross-section (mm ²) | schermati | | armati | | 6/10 kV (μF/km) | 8,7/15 kV (μF/km) | 12/20 kV (μF/km) | 18/30 kV (μF/km) | 26/45 kV (μF/km) |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | shielded (μF/km) | 1,8/3 kV (μF/km) | shielded (μF/km) | armoured (μF/km) | | | | | |
| 30 | 0,20 | 0,16 | 0,21 | 0,14 | 0,17 | - | - | - | - |
| 36 | 0,27 | 0,18 | 0,23 | 0,16 | 0,19 | 0,17 | - | - | - |
| 25 | 0,28 | 0,21 | 0,27 | 0,18 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | - | - |
| 35 | 0,32 | 0,23 | 0,30 | 0,19 | 0,24 | 0,20 | 0,17 | 0,14 | - |
| 50 | 0,36 | 0,25 | 0,35 | 0,22 | 0,26 | 0,22 | 0,19 | 0,15 | - |
| 70 | 0,42 | 0,28 | 0,38 | 0,24 | 0,30 | 0,24 | 0,21 | 0,16 | 0,15 |
| 95 | 0,48 | 0,30 | 0,45 | 0,25 | 0,34 | 0,27 | 0,23 | 0,18 | 0,16 |
| 120 | 0,53 | 0,32 | 0,47 | 0,28 | 0,37 | 0,29 | 0,25 | 0,19 | 0,17 |
| 150 | 0,58 | 0,34 | 0,51 | 0,29 | 0,40 | 0,32 | 0,27 | 0,21 | 0,19 |
| 185 | 0,67 | 0,37 | 0,56 | 0,31 | 0,43 | 0,34 | 0,29 | 0,22 | 0,21 |
| 240 | 0,75 | 0,38 | 0,61 | 0,32 | 0,49 | 0,39 | 0,33 | 0,25 | 0,23 |
| 300 | 0,81 | 0,41 | 0,64 | 0,35 | 0,54 | 0,43 | 0,36 | 0,27 | 0,25 |
| 400 | 0,90 | 0,44 | 0,67 | 0,38 | 0,59 | 0,47 | 0,40 | 0,29 | 0,27 |
| 500 | 0,93 | 0,45 | 0,70 | 0,39 | 0,66 | 0,52 | 0,44 | 0,32 | 0,30 |
| 630 | 0,97 | - | 0,80 | - | 0,76 | 0,59 | 0,50 | 0,37 | 0,35 |

Note / Notes:

Validi sia per cavi in rame che alluminio.
Valid both for copper and aluminium cables.

Cavi isolati in polietilene reticolato (XLPE) / Cables insulated with cross-linked polyethylene (XLPE)

Capacità / Capacitance

| sezione nominale conductor cross-section (mm ²) | 12/20 kV (μF/km) | 18/30 kV (μF/km) |
|---|---------------------|---------------------|
| 35 | 0,17 | - |
| 50 | 0,18 | 0,14 |
| 70 | 0,21 | 0,16 |
| 95 | 0,23 | 0,17 |
| 120 | 0,25 | 0,19 |
| 150 | 0,27 | 0,20 |
| 185 | 0,29 | 0,22 |
| 240 | 0,32 | 0,24 |
| 300 | 0,36 | 0,26 |
| 400 | 0,39 | 0,29 |
| 500 | 0,43 | 0,32 |
| 630 | 0,48 | 0,36 |

Cavi isolati in elastomero termoplastico (HPTE) / Cables insulated with thermoplastic elastomer (HPTE)

Capacità / Capacitance

| sezione nominale conductor cross-section (mm ²) | 12/20 kV (μF/km) | 18/30 kV (μF/km) |
|---|---------------------|---------------------|
| 50 | 0,19 | 0,13 |
| 70 | 0,22 | 0,15 |
| 95 | 0,25 | 0,17 |
| 120 | 0,28 | 0,19 |
| 150 | 0,29 | 0,21 |
| 185 | 0,31 | 0,23 |
| 240 | 0,35 | 0,26 |
| 300 | 0,38 | 0,29 |
| 400 | 0,42 | 0,32 |
| 500 | 0,46 | 0,34 |
| 630 | 0,52 | 0,38 |

RELAZIONE DI CALCOLO DEI CAVI BT E MT

Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltatico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Santa Ninfa (TP) e Castelvetro (TP), denominato Aurora

MEDIA TENSIONE - DATI TECNICI / MEDIUM VOLTAGE - TECHNICAL DATA

CAPACITÀ / CAPACITANCE

Cavi MV power e cavi COMPACT 105 / MV power cables and COMPACT 105 cables

| sezione nominale conductor cross section (mm ²) | CAPACITÀ | | trifoglio | | REATTANZA DI FASE A 50 Hz | |
|---|---------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| | CAPACITANCE | | in trifoglio (formation) | | in flat formation | |
| | 12/20 kV (μF/km) | 18/30 kV (μF/km) | 12/20 kV (μF/km) | 18/30 kV (μF/km) | 12/20 kV (μF/km) | 18/30 kV (μF/km) |
| 25 | 0,195 | - | 0,142 | - | 0,157 | - |
| 35 | 0,196 | - | 0,135 | - | 0,149 | - |
| 50 | 0,221 | 0,160 | 0,128 | 0,144 | 0,142 | 0,159 |
| 70 | 0,259 | 0,175 | 0,119 | 0,133 | 0,134 | 0,148 |
| 95 | 0,284 | 0,202 | 0,113 | 0,125 | 0,127 | 0,139 |
| 120 | 0,322 | 0,226 | 0,109 | 0,119 | 0,123 | 0,133 |
| 150 | 0,341 | 0,248 | 0,106 | 0,115 | 0,121 | 0,130 |
| 185 | 0,362 | 0,274 | 0,103 | 0,110 | 0,118 | 0,125 |
| 240 | 0,405 | 0,305 | 0,099 | 0,107 | 0,114 | 0,121 |
| 300 | 0,443 | 0,333 | 0,097 | 0,103 | 0,111 | 0,118 |
| 400 | 0,476 | 0,359 | 0,095 | 0,101 | 0,109 | 0,115 |
| 500 | 0,530 | 0,393 | 0,091 | 0,097 | 0,106 | 0,112 |
| 630 | 0,591 | 0,438 | 0,089 | 0,095 | 0,104 | 0,109 |

Note / Notes:

Validi sia per cavi in rame che alluminio.
Per i cavi con Air Bag aumentare i valori della reattanza di ca. 10%.
Valid both for copper and aluminium cables.
For Air Bag cables increase the values of the reactance of about 10%.

Resistenza apparente del conduttore (rame rosso-alluminio) 50 Hz e a 105 °C Apparent resistance (bare copper-aluminium) 50 Hz and at 105 °C

| sezione nominale conductor cross section (mm ²) | CAVI A TRIFOGLIO | | | | CAVI IN PIANO | | | |
|---|-----------------------------|-------|--------------------|-------|---------------------------------|-------|--------------------|-------|
| | CABLES IN TREFOIL FORMATION | | | | CABLES LAYING IN FLAT FORMATION | | | |
| | 12/20 kV (Ω/km) | | 18/30 kV (Ω/km) | | 12/20 kV (Ω/km) | | 18/30 kV (Ω/km) | |
| | Cu | Al | Cu | Al | Cu | Al | Cu | Al |
| 25 | 0,970 | 1,630 | - | - | 0,970 | 1,630 | - | - |
| 35 | 0,699 | 1,170 | - | - | 0,699 | 1,170 | - | - |
| 50 | 0,517 | 0,868 | 0,516 | 0,867 | 0,516 | 0,867 | 0,516 | 0,867 |
| 70 | 0,358 | 0,601 | 0,358 | 0,601 | 0,358 | 0,601 | 0,358 | 0,601 |
| 95 | 0,258 | 0,433 | 0,258 | 0,433 | 0,258 | 0,433 | 0,258 | 0,433 |
| 120 | 0,205 | 0,344 | 0,205 | 0,344 | 0,205 | 0,344 | 0,205 | 0,344 |
| 150 | 0,166 | 0,279 | 0,166 | 0,279 | 0,166 | 0,279 | 0,166 | 0,279 |
| 185 | 0,133 | 0,223 | 0,133 | 0,223 | 0,133 | 0,223 | 0,133 | 0,223 |
| 240 | 0,102 | 0,171 | 0,102 | 0,171 | 0,102 | 0,171 | 0,102 | 0,171 |
| 300 | 0,082 | 0,138 | 0,082 | 0,138 | 0,082 | 0,138 | 0,082 | 0,138 |
| 400 | 0,066 | 0,111 | 0,065 | 0,109 | 0,064 | 0,108 | 0,064 | 0,108 |
| 500 | 0,053 | 0,089 | 0,052 | 0,087 | 0,051 | 0,085 | 0,051 | 0,085 |
| 630 | 0,043 | 0,072 | 0,042 | 0,070 | 0,041 | 0,068 | 0,040 | 0,067 |