



## INDICE

<b>INDICE .....</b>	<b>2</b>
<b>1 PRESENTAZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>16</b>
<b>Quadri Elettrici .....</b>	<b>19</b>
<b>3 MISURE DI PROTEZIONE ADOTTATE .....</b>	<b>24</b>
3.1 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI .....	24
3.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI .....	24
3.3 PROTEZIONE DALLE SOVRACORRENTI .....	25
3.4 SEZIONAMENTO .....	26
<b>4 QUALITÀ DEI MATERIALI .....</b>	<b>27</b>
<b>5 CARATTERISTICHE TECNICHE .....</b>	<b>28</b>
5.1 MODULI FOTOVOLTAICI .....	28
5.2 INVERTER .....	30
5.3 TRASFORMATORE .....	36
5.4 CENTRO INVERTER-TRASFORMATORE .....	36
5.5 STRUTTURE DI SUPPORTO .....	40
5.6 CABLAGGI E CAVI .....	40
5.7 QUADRI STRINGA .....	41
5.8 QUADRI ELETTRICI .....	45
5.9 IMPIANTO DI UTENZA ED IMPIANTO DI CONSEGNA-RETE .....	45
5.10 SISTEMI AUSILIARI .....	50
<b>6 CAVI ELETTRICI .....</b>	<b>53</b>
<b>7 CONNESSIONI E DERIVAZIONI .....</b>	<b>57</b>
<b>8 IMPIANTO DI TERRA .....</b>	<b>58</b>
<b>9 RELAZIONE DEI CALCOLI ELETTRICI .....</b>	<b>59</b>
9.1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	59
9.2 PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI .....	60
9.3 DETERMINAZIONE DELLE CORRENTI DI IMPIEGO .....	61
9.4 DIMENSIONAMENTO DEI CAVI .....	62
9.5 INTEGRALE DI JOULE .....	63
9.6 CADUTE DI TENSIONE .....	64
9.7 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO .....	65
9.8 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE .....	66
9.9 CALCOLO DEI GUASTI .....	66
9.10 CALCOLO DELLE CORRENTI MASSIME DI CORTO CIRCUITO .....	67
9.11 SCELTA DELLE PROTEZIONI .....	69
9.12 VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE .....	70

## 1 PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

S&P 12 s.r.l. intende realizzare nei territori dei Comuni di Corleone (PA), Monreale (PA) e Roccamena (PA) un impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento monoassiale per la produzione di energia elettrica.

L'impianto che la S&P 12 srl presenta in autorizzazione è suddiviso in 3 macro-aree ed è composto da:

- **Lotto A**, con campi agro-fotovoltaici siti nel Comune di Monreale (PA), nelle contrade Arcivocale, Castellana, Giangrosso;
- **Lotto B**, con campi agro-fotovoltaici siti nei territori dei Comuni di Monreale (PA) e Roccamena (PA), nelle contrade Capparini, Gamberi, Ponte e Sticca;
- **Lotto C**, con campi agro-fotovoltaici siti nei territori del Comune di Corleone (PA) e Roccamena (PA), nelle contrade Galardo, Giammaria, Petrulla;
- Stazione di elevazione e Utente, sita in C. da Arcivocale (Lotto A) nel Comune di Monreale (PA);
- Stazione di Rete, sita in C. da Aquila nel Comune di Monreale (PA);
- Stazione di elevazione **B1**, sita nel Lotto B, in C. da Ponte (Monreale, PA);
- Stazione di elevazione **B2**, sita nel Lotto B, in C. da Sticca (Roccamena, PA);
- Stazione di elevazione **C**, sita nel Lotto C, in C. da Galardo (Roccamena, PA);
- Cavidotti di collegamento MT (30 kV) alle stazioni di elevazione, nei Comuni di Corleone (PA), Monreale (PA) e Roccamena (PA);
- Cavidotti di collegamento AT (150 kV), tra le stazioni di elevazione e la stazione Utente sita nel lotto A (Arcivocale);
- Cavidotti di collegamento AT (220 kV), tra la stazione Utente e la stazione Rete.

L'impianto si sviluppa su una superficie lorda complessiva di circa 1.065,09 ha di cui:

- 233,40 ha appartenenti all'area di impianto ricadente nel Comune di Monreale (PA), Lotto A;
- 570,01 ha appartenenti all'area di impianto ricadente nei Comuni di Monreale (PA) e

Roccamena (PA), Lotto B;

- 261,68 ha appartenenti all'area di impianto ricadente nei Comuni di Corleone (PA) e Roccamena (PA), Lotto C.

Gli impianti avranno una potenza di 317.679,60 kWp (250.000,00 kW) e l'energia prodotta sarà ceduta alla rete elettrica di alta tensione, tramite la costruenda stazione di trasformazione a 220 kV, idonea ad accettare la potenza.

L'area di interesse ricade nella Zona Territoriale Omogenea "ZONA E", ossia Zona Agricola e non vi è alcun tipo di vincolo in corrispondenza delle strutture, locali e attrezzature che compongono l'impianto. L'area ricade all'interno del bacino idrografico BAC-057 Fiume del Belice, secondo il Piano del bacino dell'Assetto Idrogeologico (PAI).

Coordinate Stazione Utente	Coordinate Stazione Rete	Coordinate Lotto A	Coordinate Lotto B	Coordinate Lotto C
Lat: 37.854444 Long: 13.241389	Lat: 37.903056 Long: 13.297778	Lat: 37.859841 Long: 13.066033	Lat: 37.881053 Long: 13.058682	Lat: 37.870515 Long: 13.096639

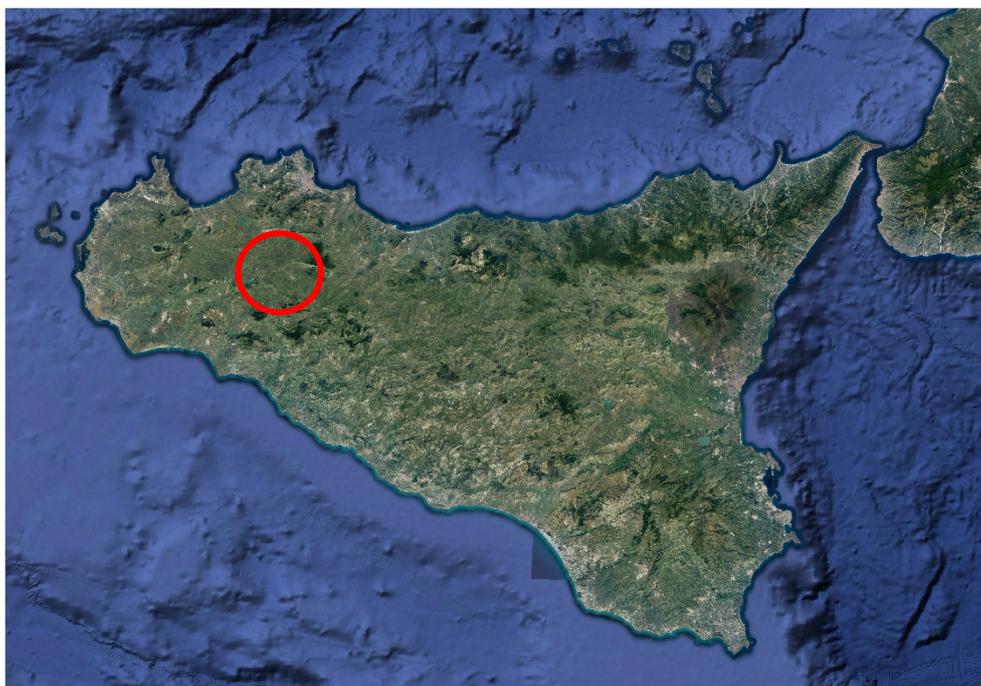


Figura 1 – Ubicazione area impianto e stazione di consegna (Google Earth)



Figura 2 A - Ortofoto dell'area della stazione ricadente sul territorio di Monreale (PA) Contrada Aquila

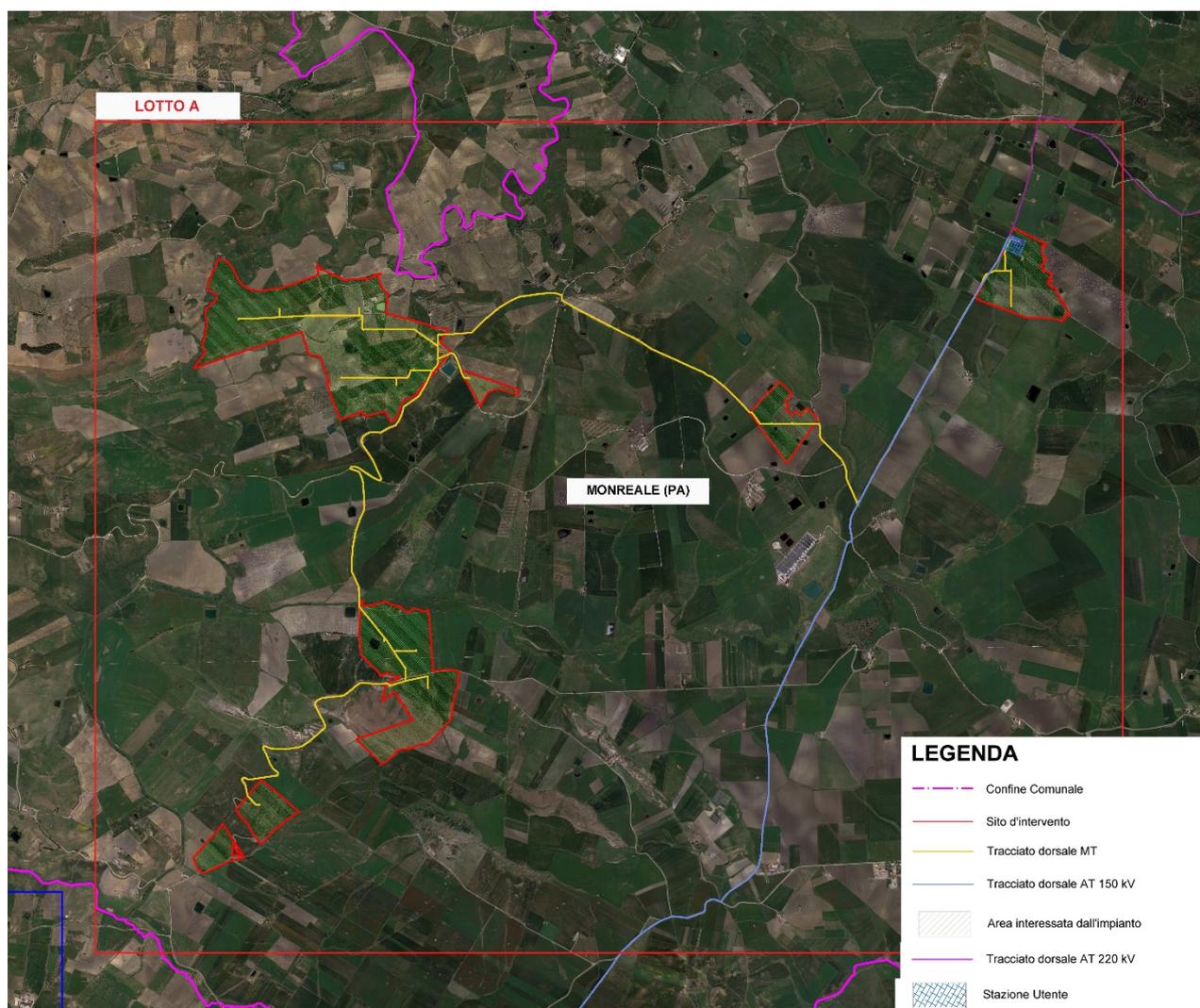


Figura 2 B - Ortofoto dell'area di impianto e stazione utente ricadente sul territorio di Monreale (PA)  
– **Lotto A** e cavidotto di connessione

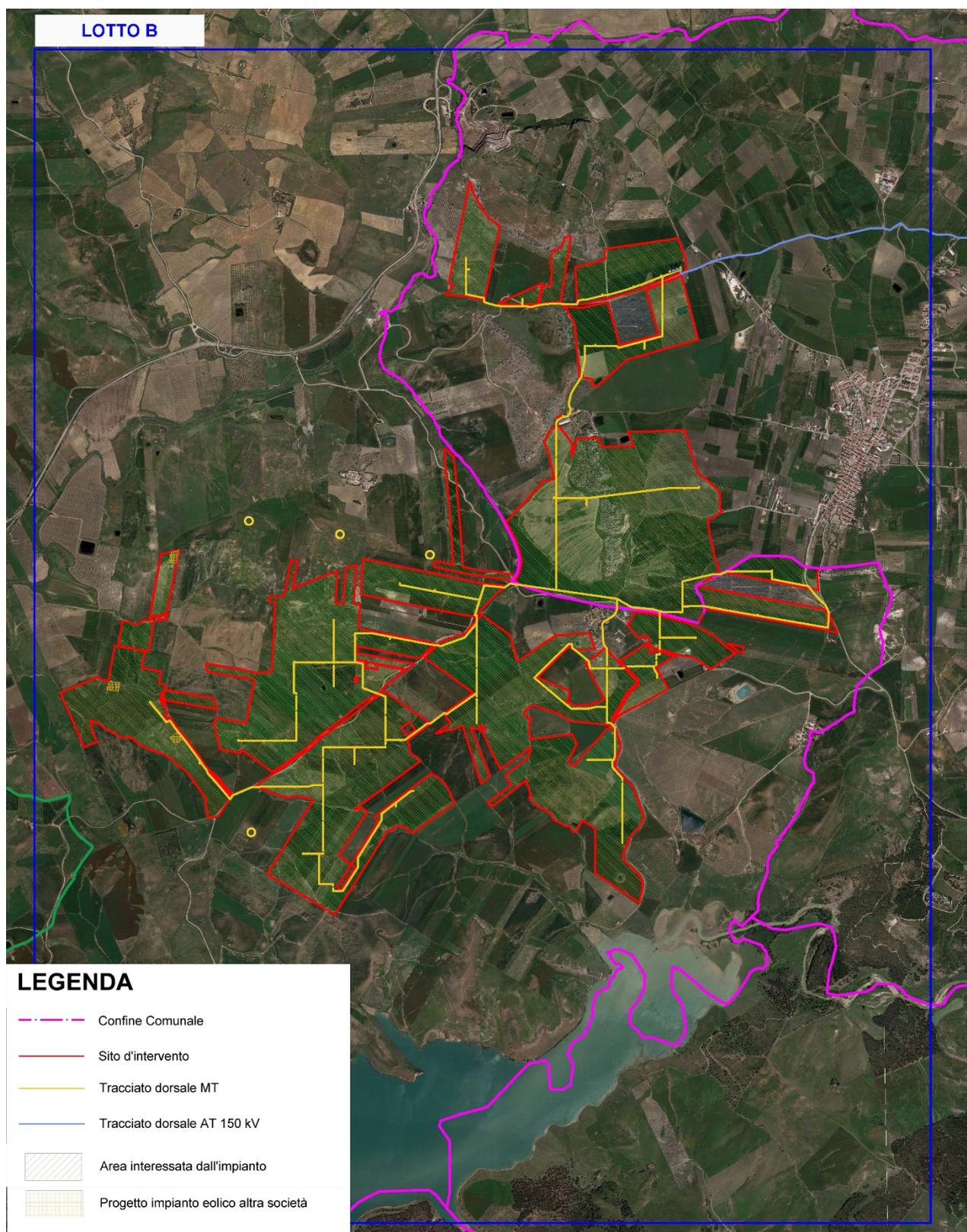


Figura 2 C - Ortofoto dell'area di impianto ricadente sul territorio di Monreale e Roccamena (PA) – **Lotto B** e cavidotto di connessione

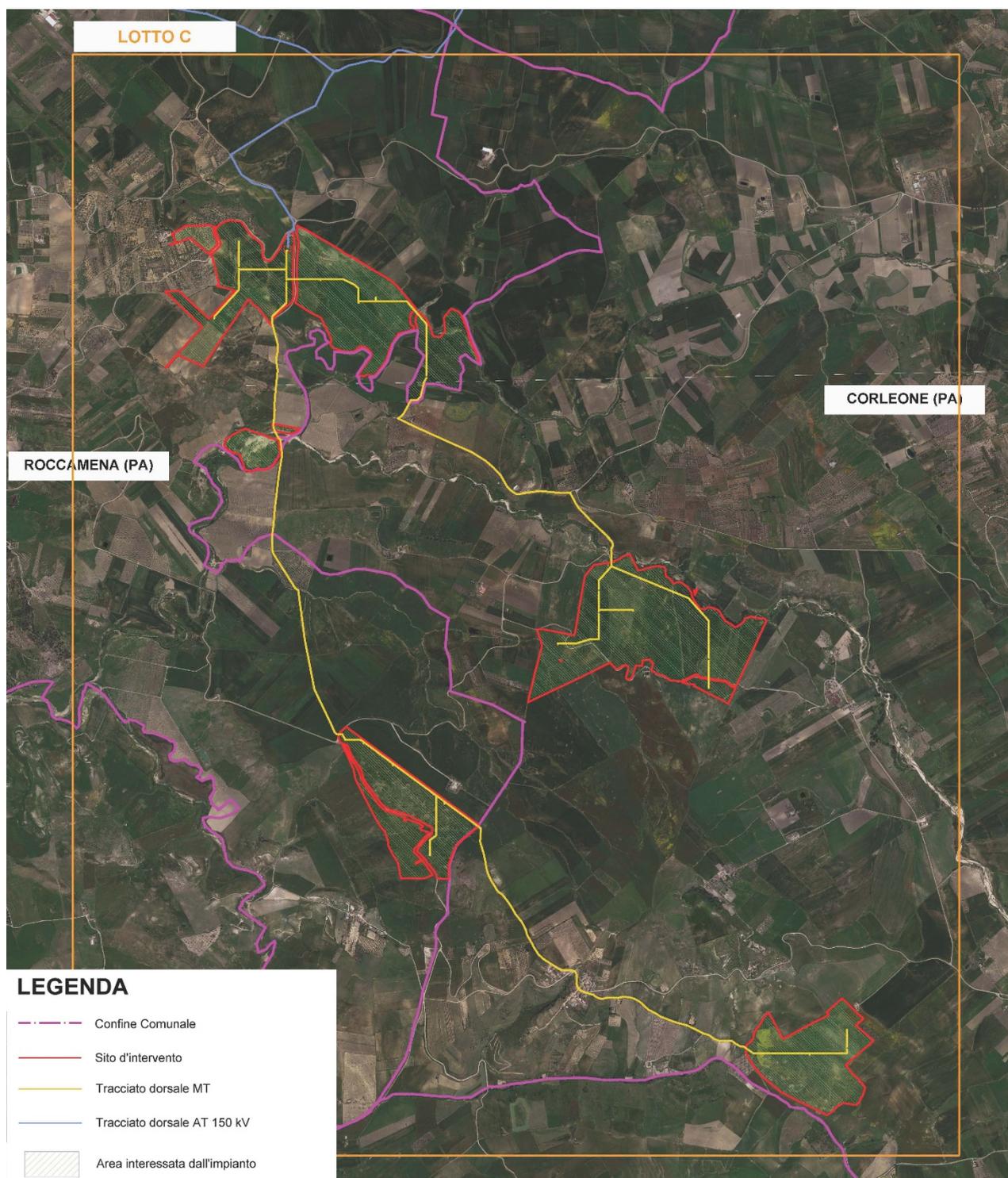


Figura 2 D - Ortofoto dell'area di impianto ricadente sul territorio di Roccamena e Corleone (PA) – **Lotto C** e cavidotto di connessione

Il sito dell'impianto agro-fotovoltaico è individuato nella porzione centroccidentale della Tavoletta "Piana degli Albanesi", Foglio N°258, Quadrante I, Orientamento N.O., nella Tavoletta "Rocche di Rao", Foglio N° 258, Quadrante I, Orientamento S.O., nella Tavoletta "Camporeale", Foglio N° 258, Quadrante IV, Orientamento S.E., nella Tavoletta "Monte Bruca", Foglio N° 258, Quadrante III, Orientamento N.E. e nella Tavoletta "Corleone", Foglio N° 258, Quadrante II, Orientamento N.O. della Carta d'Italia scala 1: 25.000 edita dall'I.G.M. e nelle sezioni 607080 (stazione rete), 607070 (stazione utente, Arcivocalotto e Giangrosso), 607100 (sito Sticca), 607110 (sito Castellana e Giangrosso), 607140 (sito Balata e Gamberi), 607150 (sito Galardo, Petrulla e Giammaria) e 619030 (sito Giammaria) della Carta Tecnica Regionale in scala 1: 10.000.

La S&P 12 s.r.l. ha ottenuto in data 19/07/2021 (cod. pratica 202100476) dal gestore di rete Terna la soluzione tecnica minima generale (STMG) per connettere 300 MWn sulla linea AT Ciminna-Partinico prevedendo che il parco fotovoltaico venga collegato alla Linea AT del distributore tramite la costruenda stazione a 220 kV denominata "Monreale 3".

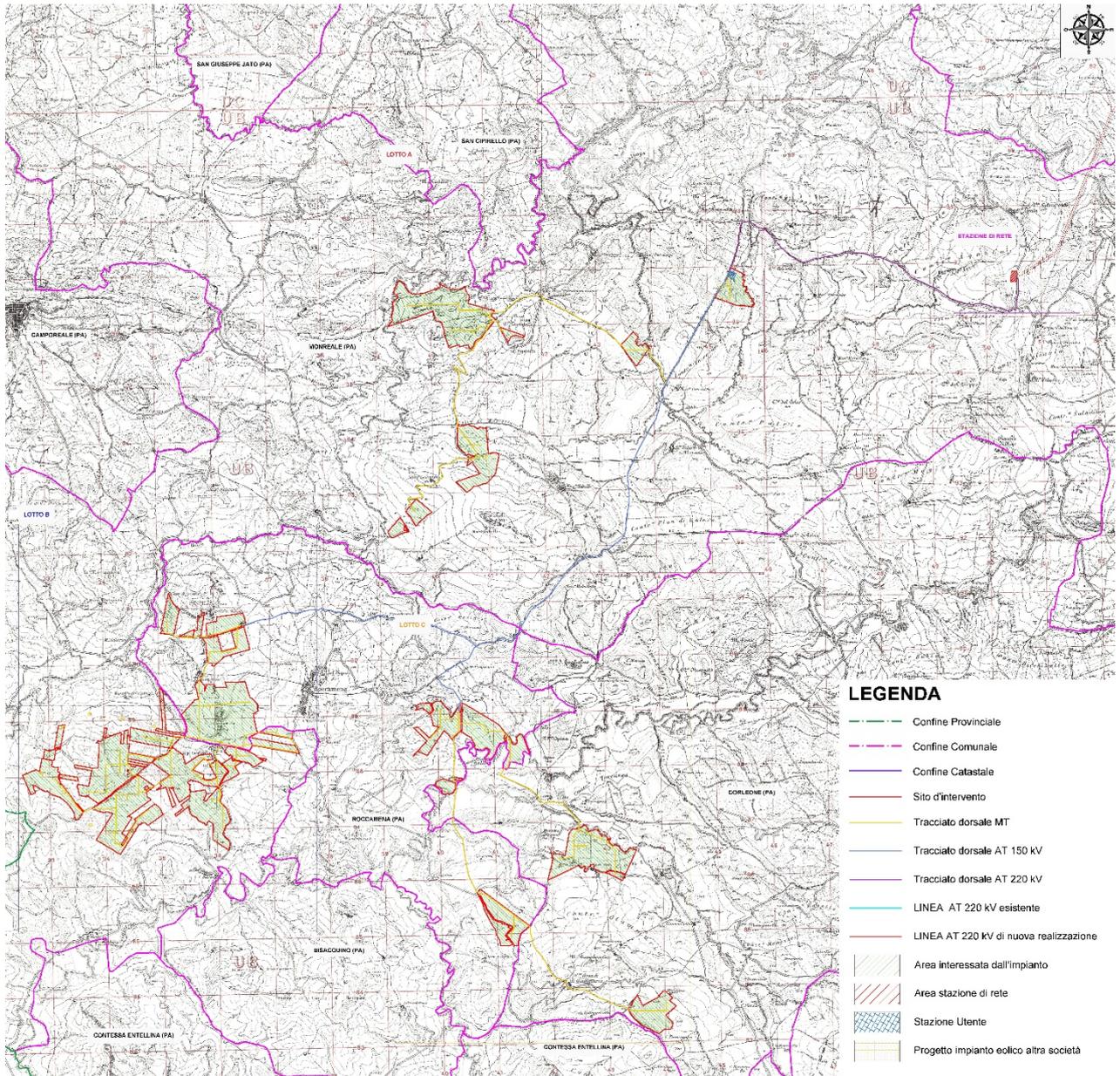


Figura 3 – Inquadramento territoriale di S&P 12 I.G.M. scala 1:25.000 (TAV. IT-COG)

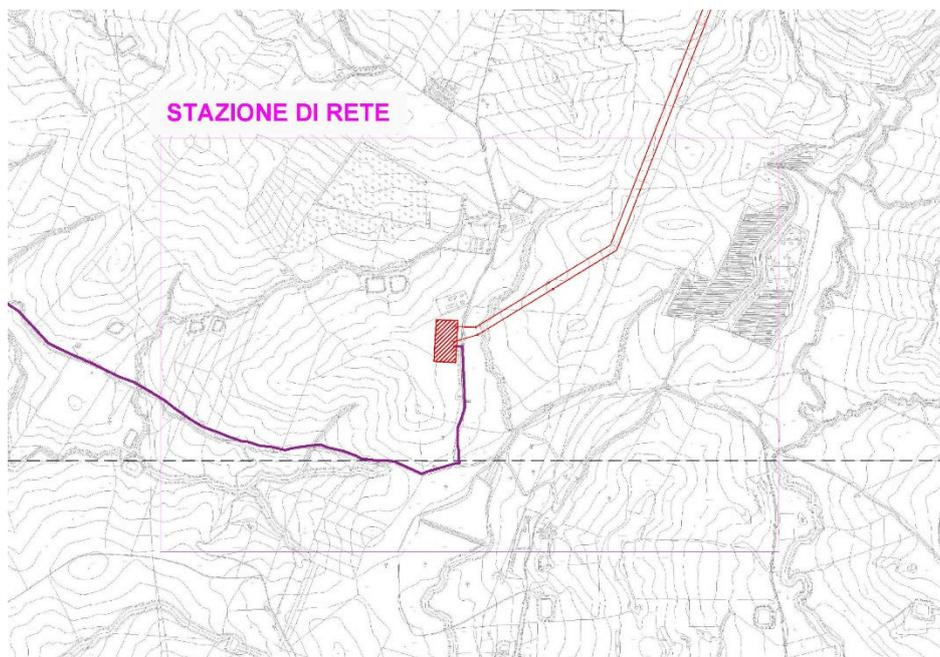


Figura 4 – Inquadramento territoriale dell'area della stazione ricadente sul territorio di Monreale (PA - Contrada Aquila) su C.T.R. scala 1:10.000

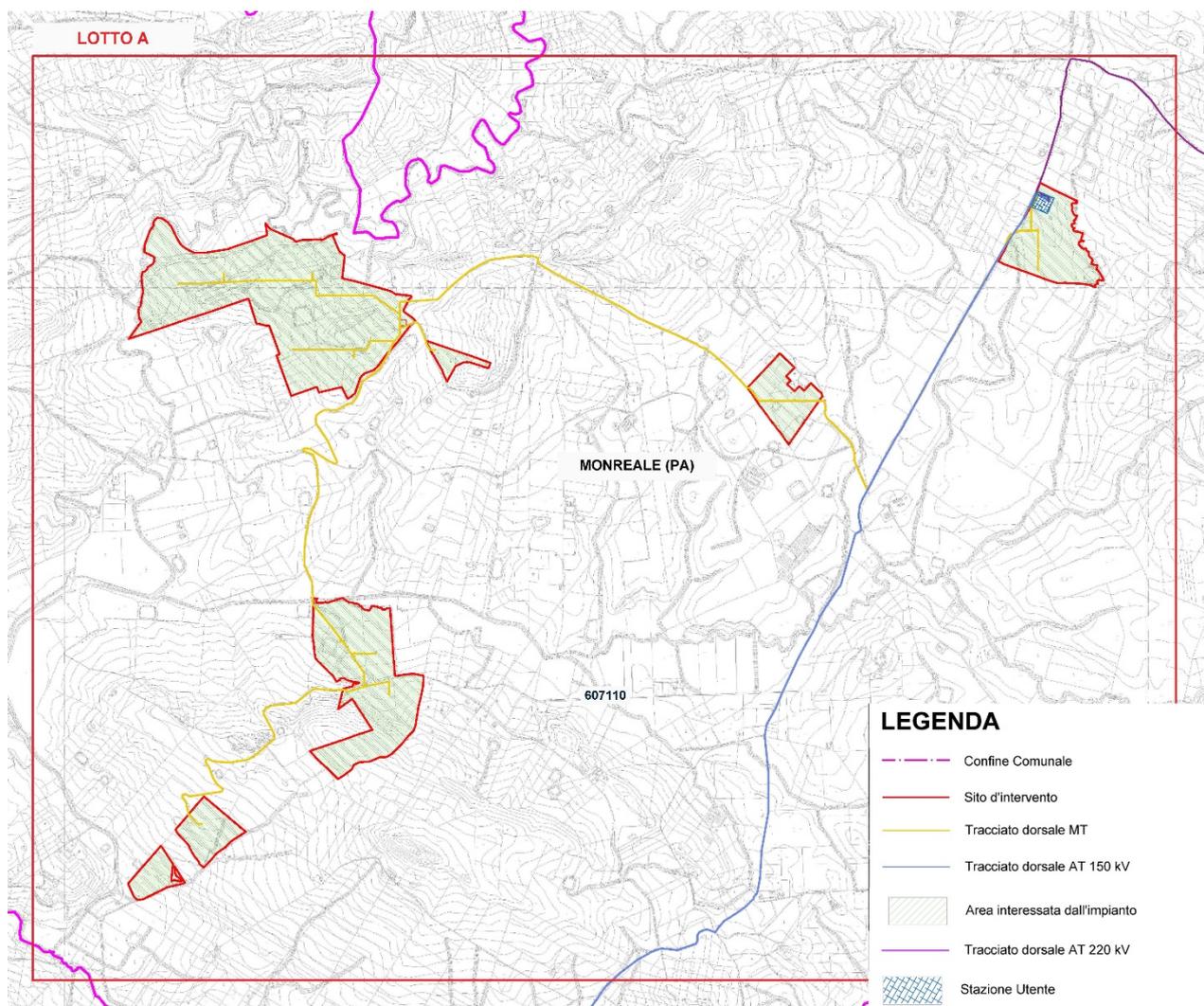


Figura 5 A – Inquadramento territoriale dell'area di impianto ricadente nel territorio di Monreale (PA) **Lotto A** e cavidotto di connessione su C.T.R. scala 1:10.000

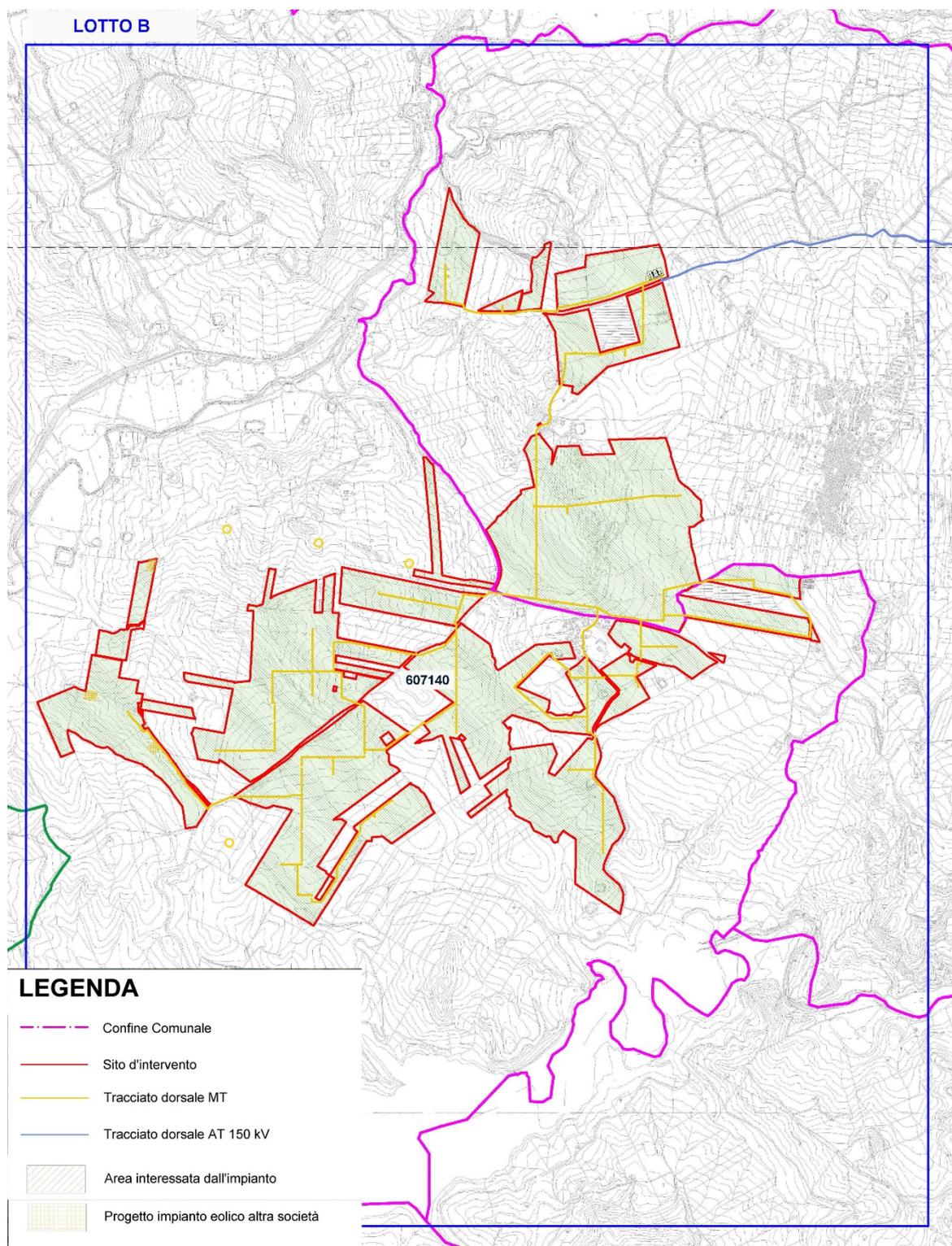


Figura 5 B - Inquadramento territoriale dell'area di impianto ricadente sul territorio di Monreale e Roccamena (PA) – **Lotto B** e cavidotto di connessione su C.T.R. scala 1:10.000

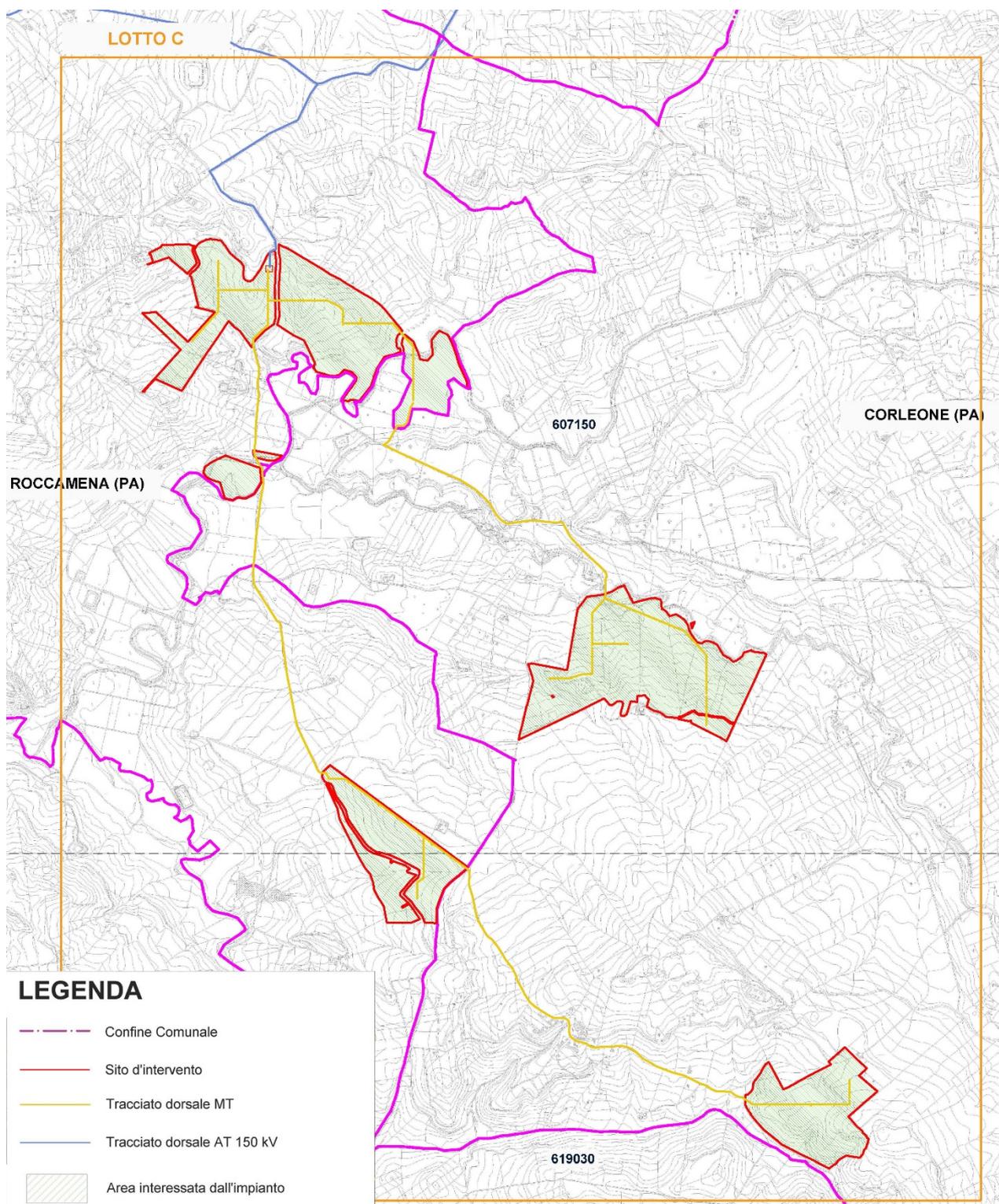


Figura 5 C - Inquadramento territoriale dell'area di impianto ricadente sul territorio di Roccamena e Corleone (PA) – **Lotto C** e cavidotto di connessione su C.T.R. scala 1:10.000

L'accesso all'area in cui sarà realizzato l'impianto S&P 12 è raggiungibile attraverso due bretelle principali: l'autostrada A29 Palermo – Mazara del Vallo con uscita Gallitello e la SS 624 Palermo-Sciacca; il sito dell'impianto e della relativa stazione di trasformazione è raggiungibile attraverso una serie di strade statali (SS118 e SS 624) e provinciali (tra cui la SP4, SP27, SP42, SP44, SP59, SP97, SP107, SP113, SP133) che garantiscono il collegamento oltre che con l'impianto anche con i Comuni limitrofi.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

L'impianto elettrico oggetto del presente progetto sarà realizzato in conformità alle vigenti Leggi/Normative tra le quali si segnalano le seguenti principali:

<b>Leggi e Decreti</b>	
Direttiva Macchine 2006/42/CE.	
"Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" indicate dal DM del 17 Gennaio 2018, pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale il 20 febbraio 2018, in vigore dal 22 marzo 2018, con nota n. 3187 del Consiglio superiore dei Lavori pubblici (Cslpp) del 21 marzo 2018 e relative circolari applicative della norma.	

<b>Legislazione e normativa nazionale in ambito Elettrico</b>	
D. Lgs 9 Aprile 2008 n. 81 e s.m.i.	(Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 Agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro).
CEI EN 50110-1	(Esercizio degli impianti elettrici)
CEI 11-27	(Lavori su impianti elettrici)
CEI 0-10	(Guida alla manutenzione degli impianti elettrici)
CEI UNI EN ISO/IEC 17025:	Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
CEI EN 60445 (CEI 16-2)	Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori

<b>Sicurezza elettrica</b>	
CEI 0-16	Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica
CEI 11-27	Lavori su impianti elettrici
CEI 64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
CEI 64-8/7 (Sez.712)	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari
CEI 64-12	Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
CEI 64-14	Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori

IEC/TS 60479-1	Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects
IEC 60364-7-712	Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems
CEI 64-57	Edilizia ad uso residenziale e terziario - Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici - Impianti di piccola produzione distribuita.
CEI EN 61140 (CEI 0-13)	Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature

Normativa Fotovoltaica	
ANSI/UL 1703:2002	Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels
IEC/TS 61836	Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols
CEI 82-25	“Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione”
CEI EN 50438 (CEI 311-1)	Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione
CEI EN 50461 (CEI 82-26)	Celle solari - Fogli informativi e dati di prodotto per celle solari al silicio cristallino
CEI EN 50521(82-31)	Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove
CEI EN 60891 (CEI 82-5)	Caratteristiche I-V di dispositivi fotovoltaici in Silicio cristallino – Procedure di riporto dei valori misurati in funzione di temperatura e irraggiamento
CEI EN 60904-1 (CEI 82-1) Dispositivi fotovoltaici– Parte 1:	Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione
CEI EN 60904-2 (CEI 82-2) Dispositivi fotovoltaici – Parte 2	Prescrizione per i dispositivi solari di riferimento
CEI EN 60904-3 (CEI 82-3) Dispositivi fotovoltaici – Parte 3	Principi di misura dei sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento
CEI EN 60904-4 (82-32) Dispositivi fotovoltaici - Parte 4	Dispositivi solari di riferimento - Procedura per stabilire la tracciabilità della taratura
CEI EN 60904-5 (82-10) Dispositivi fotovoltaici - Parte 5	Determinazione della temperatura equivalente di cella (ETC) dei dispositivi solari fotovoltaici (PV) attraverso il metodo della tensione a circuito aperto

CEI EN 60904-7 (82-13) Dispositivi fotovoltaici - Parte 7	Calcolo della correzione dell'errore di disadattamento fra le risposte spettrali nelle misure di dispositivi fotovoltaici
CEI EN 60904-8 (82-19) Dispositivi fotovoltaici - Parte 8:	Misura della risposta spettrale di un dispositivo fotovoltaico
CEI EN 60904-9 (82-29) Dispositivi fotovoltaici - Parte 9	Requisiti prestazionali dei simulatori solari
CEI EN 60068-2-21 (91-40) 2006 Prove ambientali - Parte 2-21	Prove - Prova U: Robustezza dei terminali e dell'interconnessione dei componenti sulla scheda
CEI EN 61173 (CEI 82-4)	Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici (FV) per la produzione di energia – Guida
CEI EN 61215 (CEI 82-8)	Moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo
CEI EN 61646 (CEI 82-12)	Moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo
CEI EN 61277 (CEI 82-17)	Sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – Generalità e guida
CEI EN 61345 (CEI 82-14)	Prova all'UV dei moduli fotovoltaici (FV)
CEI EN 61683 (CEI 82-20)	Sistemi fotovoltaici - Condizionatori di potenza - Procedura per misurare l'efficienza
CEI EN 61701 (CEI 82-18)	Prova di corrosione da nebbia salina dei moduli fotovoltaici (FV)
CEI EN 61724 (CEI 82-15)	Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati
CEI EN 61727 (CEI 82-9)	Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete
CEI EN 61730-1 (CEI 82-27)	Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Prescrizioni per la costruzione
CEI EN 61730-2 (CEI 82-28)	Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 2: Prescrizioni per le prove
CEI EN 61829 (CEI 82-16)	Schiere di moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino – Misura sul campo delle caratteristiche I-V
CEI EN 62093 (CEI 82-24)	Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali
CEI EN 62108 (82-30)	Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) – Qualifica del progetto e approvazione di tipo

Quadri Elettrici	
CEI EN 61439-1 (CEI 17-13/1)	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);
CEI EN 61439-3 (CEI 17-13/3)	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso – Quadri di distribuzione ASD;
CEI 23-51	Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.

Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti	
CEI 11-1	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
CEI 11-17	Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo
CEI 11-20	Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
CEI 11-20, V1	Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante
CEI 11-20, V2	Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alle reti di I e II categoria – Allegato C - Prove per la verifica delle funzioni di interfaccia con la rete elettrica per i micro generatori
CEI EN 50110-1 (CEI 11-48)	Esercizio degli impianti elettrici
CEI EN 50160 (CEI 8-9)	Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica Cavi, cavidotti e accessori

Cavi, cavidotti e accessori	
CEI 20-13	Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
CEI 20-14	Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV
CEI-UNEL 35024-1	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
CEI-UNEL 35026	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata
CEI 20-40	Guida per l'uso di cavi a bassa tensione
CEI 20-65	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
CEI 20-67	Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
CEI 20-91	Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici
CEI EN 50086-1 (CEI 23- 39)	Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 1: Prescrizioni generali
CEI EN 50086-2-4 (CEI 23-46)	Sistemi di canalizzazione per cavi - Sistemi di tubi Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati
CEI EN 50262 (CEI 20-57)	Pressacavo metrici per installazioni elettriche
CEI EN 60423 (CEI 23-26)	Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori
CEI EN 61386-1 (CEI 23-80)	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 1: Prescrizioni generali
CEI EN 61386-21 (CEI 23-81)	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori
CEI EN 61386-22 (CEI 23-82)	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori
CEI EN 61386-23 (CEI 23-83)	Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori

<b>Conversione della Potenza</b>	
CEI 22-2	Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione
CEI EN 60146-1-1 (CEI 22- 7)	Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-1: Specifiche per le prescrizioni fondamentali
CEI EN 60146-1-3 (CEI 22-8)	Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-3: Trasformatori e reattori
CEI UNI EN 45510-2-4 (CEI 22-20)	Guida per l'approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione di energia elettrica – Parte 2-4: Apparecchiature elettriche –Convertitori statici di potenza

<b>Scariche atmosferiche e sovratensioni</b>	
CEI EN 50164-1 (CEI 81-5)	Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione
CEI EN 61643-11 (CEI 37-8)	Limitatori di sovratensioni di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove
CEI EN 62305-1 (CEI 81- 10/1)	Protezione contro i fulmini – Parte 1: Principi generali
CEI EN 62305-2 (CEI 81- 10/2)	Protezione contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio
CEI EN 62305-3 (CEI 81- 10/3)	Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
CEI EN 62305-4 (CEI 81- 10/4)	Protezione contro i fulmini – Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

<b>Dispositivi di Potenza</b>	
CEI EN 50123 (serie) (CEI 9-26 serie)	Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Apparecchiatura a corrente continua
CEI EN 50178 (CEI 22-15)	Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza
CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1)	Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e simili – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2)	Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e simili - Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua
CEI EN 60947-1 (CEI 17-44)	Apparecchiature a bassa tensione - Parte 1: Regole generali
CEI EN 60947-2 (CEI 17-5)	Apparecchiature a bassa tensione – Parte 2: Interruttori automatici
CEI EN 60947-4-1 (CEI 17-50)	Apparecchiature a bassa tensione – Parte 4-1: Contattori ed avviatori– Contattori e avviatori elettromeccanici

<b>Compatibilità Elettromagnetica</b>	
CEI 110-26	Guida alle norme generiche EMC
CEI EN 50263 (CEI 95-9)	Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i relè di misura e i dispositivi di protezione
CEI EN 60555-1 (CEI 77-2)	Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1:
CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10)	Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-2: Ambiente – Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione
CEI EN 61000-2-4 (CEI 110-27)	Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-4: Ambiente – Livelli di compatibilità per disturbi condotti in bassa frequenza negli
CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31)	Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-2: Limiti – Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso 16 A per fase)
CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28)	Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-3: Limiti – Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale 16 A e non soggette ad allacciamento su condizione

CEI EN 61000-3-12 (CEI 210-81)	Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-12: Limiti - Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso > 16 A e <= 75 A per fase
CEI EN 61000-6-1 (CEI 210-64)	Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-1: Norme generiche - Immunità per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera
CEI EN 61000-6-2 (CEI 210-54)	Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali
CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65)	Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-3: Norme generiche - Emissione per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera
CEI EN 61000-6-4 (CEI 210-66)	Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali

### 3 MISURE DI PROTEZIONE ADOTTATE

---

Gli impianti oggetto dell'appalto saranno realizzati al fine di assicurare:

- la protezione delle persone e dei beni contro i pericoli ed i danni derivanti dal loro utilizzo nelle condizioni che possono ragionevolmente essere previste;
- il loro corretto funzionamento per l'uso previsto;
- Per raggiungere tali obiettivi saranno adottate le seguenti misure di protezione.

#### 3.1 Protezione dai contatti diretti

Protezione totale contro i pericoli derivanti da contatti con parti in tensione, realizzata in conformità al cap. 412 della Norma CEI 64-8 mediante:

- isolamento delle parti attive, rimovibile solo mediante distruzione ed in grado di resistere a tutte le sollecitazioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere sottoposto nel normale esercizio
- involucri idonei ad assicurare complessivamente il grado di protezione IP XXB (parti in tensione non raggiungibili dal dito di prova) e, sulle superfici orizzontali superiori a portata di mano, il grado di protezione IP XXD (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova)

A tal fine saranno impiegati cavi a doppio isolamento (o cavi a semplice isolamento posati entro canalizzazioni in materiale isolante) e le connessioni saranno racchiuse entro apposite cassette con coperchio apribile mediante attrezzo. Come protezione aggiuntiva saranno installati a capo di tutti i circuiti terminali destinati all'alimentazione di prese F.M., interruttori differenziali con soglia di intervento 0,03 A.

#### 3.2 Protezione dai contatti indiretti

Protezione contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, da realizzare mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione secondo il paragrafo 413.1 della Norma CEI 64-8, collegando all'impianto generale di terra dell'edificio tutte le masse presenti negli ambienti considerati ed impiegando interruttori automatici di tipo magnetotermico differenziale, il

tutto coordinato in modo da soddisfare in tutti i punti la condizione di cui all'art. 413.1.3.3 della Norma CEI stessa:

$$Z_s * I_a \leq U_0$$

dove:

$Z_s$  = impedenza dell'anello di guasto

$I_a$  = corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro un tempo stabilito

$U_0$  = tensione nominale del circuito

E' noto che, nel caso di utilizzo di dispositivi a corrente differenziale, la suddetta relazione è sempre verificata, indipendentemente dal valore di impedenza di guasto riscontrabile nei circuiti da essa derivati.

Limitatamente ai circuiti alimentanti apparecchi illuminanti a doppio isolamento (corridoi, esterni ed impianto di sicurezza), la protezione dai contatti indiretti sarà realizzata utilizzando componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente (condutture e corpi illuminanti) in accordo al paragrafo 413.2 delle Norme CEI 64-8.

### 3.3 Protezione dalle sovracorrenti

Protezione contro il riscaldamento anomalo degli isolanti dei cavi e contro gli sforzi elettromeccanici prodotti nei conduttori e nelle connessioni causati da correnti di sovraccarico o di cortocircuito, da realizzare mediante dispositivi unici di interruzione di tipo magnetotermico installati all'origine di ciascuna conduttura ed aventi caratteristiche tali da interrompere automaticamente l'alimentazione in occasione di un sovraccarico o di un cortocircuito, secondo quanto prescritto nel Cap. 43 e nella sez. 473 della Norma CEI 64-8 facendo riferimento alle tabelle CEI-UNEL relative alla portata dei cavi in regime permanente.

A tal fine ogni dispositivo, oltre a possedere un potere di interruzione non inferiore al valore della corrente di corto circuito presunta nel suo punto di installazione, risponderà alle seguenti due condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

dove:

$I_b$  = corrente di impiego del circuito (Ampère)

$I_z$  = portata in regime permanente della condotta (Ampère)

$I_n$  = corrente nominale del dispositivo di protezione (Ampère)

$I_f$  = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite (Ampère)

### 3.4 Sezionamento

Sul lato M.T., l'impianto sarà sezionabile in più punti mediante dispositivi omipolari costituiti dagli stessi interruttori/sezionatori utilizzati per il comando e la protezione delle linee (Quadro MT in dotazione sulla Power Station, Quadri Mt posti nelle Cabine di Testa per ogni sottocampo).

Per il sezionamento dell'impianto di distribuzione in b.t. potranno venire impiegati tutti i dispositivi omipolari di protezione e comando posti nei vari quadri elettrici a partire dagli interruttori generali b.t. a bordo Inverter per arrivare infine a tutti gli interruttori generali di quadro o agli interruttori divisionali per l'alimentazione dei circuiti terminali destinati alle varie utenze.

#### 4 QUALITÀ DEI MATERIALI

---

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

Tutti i materiali/componenti rientranti nel campo di applicazione delle Direttive 73/23/CEE ("Bassa Tensione") e 89/336/CEE ("Compatibilità Elettromagnetica") e successive modifiche/aggiornamenti saranno conformi ai requisiti essenziali in esse contenute e saranno contrassegnati dalla marcatura CE.

Tutti i materiali/componenti presenteranno caratteristiche idonee alle condizioni ambientali e lavorative dei luoghi in cui risulteranno installati.

## 5 CARATTERISTICHE TECNICHE

---

### 5.1 Moduli Fotovoltaici

Il dimensionamento di massima sarà realizzato con un modulo fotovoltaico composto da 132 celle fotovoltaiche in silicio monocristallino ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 800 Wp.

L'impianto sarà costituito da un totale di 924.990 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 367.572,00 kWp (300.000,00 kW).

Le caratteristiche principali della tipologia di pannelli scelti sono le seguenti:



## 5.2 Inverter

L'inverter è una parte fondamentale dell'installazione. Esso permette la conversione dell'energia in corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici.

L'impianto, complessivamente di 367.572,00 kWp (300.000,00 kWh) sarà composto da 99 inverter: n. 40 inverter di tipo Ingecon Sun Double + Dual Inverters con potenza nominale di 7,200 MWp, n. 49 inverter di tipo Ingecon Sun Single + Dual Inverters con potenza nominale di 5,400 MWp, n.10 inverter Sun Dual Inverter con potenza nominale di 3,600 MWp.

Nelle cabine di campo CT tramite degli inverter avviene la trasformazione della corrente continua generata dai moduli fotovoltaici in corrente alternata in bassa tensione (BT). Successivamente, tramite dei trasformatori la corrente in BT viene elevata in media tensione (MT) a 33.000 V.

L'impianto è diviso in sottocampi. Nelle cabine di campo CT tramite degli inverter avviene la trasformazione della corrente continua generata dai moduli fotovoltaici in corrente alternata in bassa tensione (BT). Successivamente, tramite dei trasformatori la corrente in BT viene elevata in media tensione (MT) a 30.000 V.

Le cabine di campo sono, a loro volta, collegate alle stazioni di elevazione. Per la consegna dell'energia elettrica prodotta dall'impianto agro-fotovoltaico saranno realizzate delle stazioni di elevazione 30/150 kV che convogliano l'energia elettrica prodotta alla stazione utente di trasformazione 150/220 kV. I cavidotti delle linee BT sono interni all'impianto agro-fotovoltaico, un ulteriore tratto di cavidotto passa a lato della viabilità comunale e provinciale esistente fino alle stazioni di elevazione, denominate B1 – B2 – C, e ricadenti B1 e B2 nel Lotto B, rispettivamente in C. da Ponte e C. da Sticca, e la stazione C ricadente nel Lotto C, in C. da Galardo. Il cavidotto AT (150 kV) collegherà le stazioni di elevazione con la stazione Utente sita nel Lotto A, in C. da Arcivocale, elevandola a 220 kV, che da qui partirà e arriverà alla costruenda Stazione di consegna Rete "Monreale 3" sita in Contrada Aquila (Monreale, PA).

Dalle suddette stazioni di elevazione MT/AT partirà un cavidotto di collegamento AT (150 kV).

I cavidotti BT prevedono delle sezioni di scavo per l'alloggiamento di circa 100 cm di profondità e di larghezza variabile, compresa tra 60 cm e 120 cm.

I cavidotti MT/AT prevedono delle sezioni di scavo per l'alloggiamento di circa 190 cm di profondità per 60 cm di larghezza; si utilizzeranno tipologie di scavi differenti.

INGECON

SUN

PowerStation

1,500 Vdc

**MEDIUM VOLTAGE  
INVERTER STATION,  
CUSTOMIZED  
UP TO 7.20 MVA**

### From 2100 to 7200 kVA

This brand new medium voltage solution integrates all the devices required for a multi-mega-watt system.

**Maximize your investment  
with a minimal effort**

Ingeteam's Inverter Station is a compact, customizable and flexible solution that can be configured to suit each customer's requirements. It is supplied together with up to four photovoltaic inverters (two dual inverters). The main equipments such as inverters and MV transformer are suitable for outdoor installation and the IP54 shelter includes in two separate compartments the MV switchgear and the LV auxiliary equipments. The LV compartment can be implemented with auxiliary devices provided by the customer and is available with forced air cooling or air conditioner cooling system.

**Higher adaptability and power density**

This PowerStation is now more versatile, as it presents the MV transformer integrated into a steel base frame together with the MV switchgear. Moreover, it features the greatest power density on the market: 326 kW/m<sup>3</sup>.

**Plug & Play technology**

This MV solution integrates power conversion equipment –up to 7.20 MVA-, liquid-filled hermetically sealed transformer up to 34.5 kV and provision for low voltage equipment. The MV Mini-Skid is delivered pre-assembled for a fast on-site connection with up to four PV inverters from Ingeteam's B Series central inverter family.

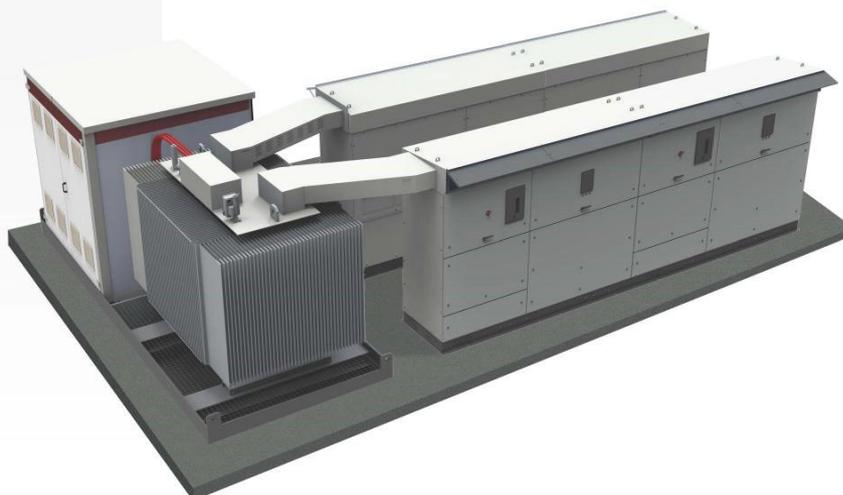
**Complete accessibility**

Thanks to the lack of housing, the inverters and the transformer can have immediate access. Furthermore, the design of the B Series central inverters has been conceived to facilitate maintenance and repair works.

**Maximum protection**

Ingeteam's B Series central inverters integrate the latest generation electronics and a much more efficient electronic protection. Apart from that, they feature the main electrical protections and they deploy grid support functionalities, such as low voltage ride-through capability, reactive power deliverance and active power injection control.

Furthermore, the electrical connection between the inverters and the transformer is fully protected from direct contact.



[www.ingeteam.com](http://www.ingeteam.com)  
solar.energy@ingeteam.com

**Ingeteam**

INGECON

SUN

PowerStation 1,500 Vdc

## Medium voltage inverter station, customized up to 7.20 MVA

### CONSTRUCTION

- Steel base frame.
- Suitable for slab or piers mounting.
- Compact design, minimizing freight costs.

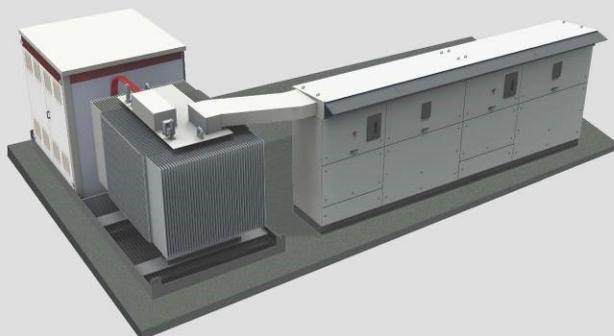
### STANDARD EQUIPMENT

- Up to four inverters with an output power of 7.20 MVA.
- Liquid-filled hermetically sealed transformer up to 34.5 kV.
- Oil-retention tank.
- Shelter for installation of LV equipment.
- Minimum installation at project site installation at project site.

### OPTIONS UPON REQUEST

- Electrical gear as per customer necessities: low voltage distribution panels, auxiliary transformers, SCADA panels, and integration on shelter.
- Metering equipment.
- Remote communications.
- Start-up at the system site.

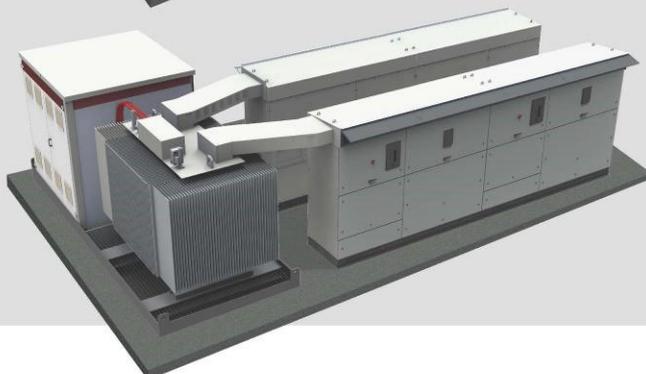
### Three possible configurations



**Dual Inverter Station**  
From 2,100 up to 3,600 kVA.



**Single Inverter +  
Dual Inverter Station**  
From 3,150 up to 5,400 kVA.



**Two Dual Inverter Stations**  
From 4,200 up to 7,200 kVA.

Ingeteam

### Medium voltage inverter station, customized up to 7.2 MVA

**STANDARD EQUIPMENT**

- From one up to four inverters with an output power of 7.2 MVA.
- Liquid-filled hermetically sealed transformer up to 34.5 kV with reduced power losses.
- LV/MV Shelter integrating the LV panel, MV switchgear and auxiliary services transformer.

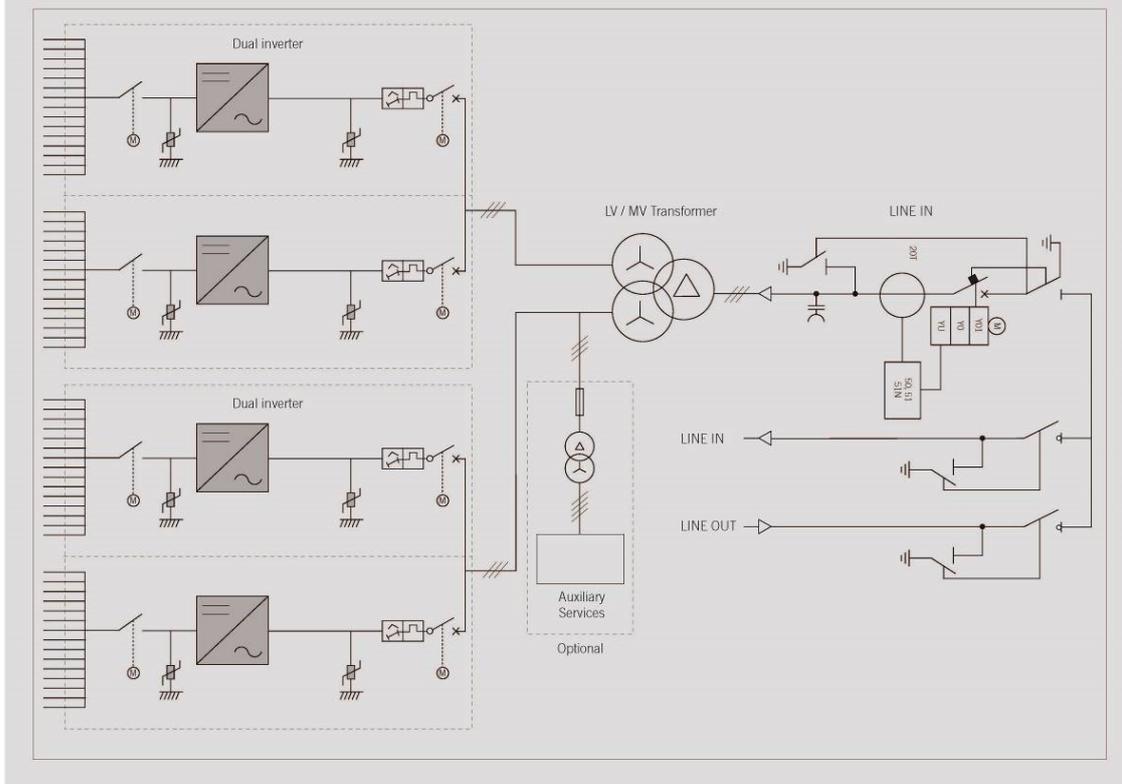
**OPTIONS UPON REQUEST**

- Electrical gear as per customer necessities:
  - Low voltage distribution panels.
  - UPS for auxiliary services.
  - Start-up at the system site.
  - Air conditioning cooling system.
  - High-speed Ethernet / Fiber Optic communication system for a plug-and-play connection to the PPC or SCADA.
- INGECON® SUN StringBox with 16, 24 or 32 input strings.
- Gateway for the grid operator to monitor and control the PV plant by using standard protocols, like IEC61850, IEC60870-5-101/104, DNP 3.0, etc.
- Sand trap kit.
- Meteo station.
- Energy meter for the auxiliary services and/or energy production.
- Insulation monitoring relay for the IT systems.
- Reactive power regulation without PV power.
- Ground connection of the PV array.

	SKL - Dual Inverter	SKL - Single + Dual Inverter	SKL - Double Dual Inverter
Number of inverters	2	3	4
Rated power @50 °C / 122 °F	3,227 kVA	4,840 kVA	6,454 kVA
Max. power @30 °C / 86 °F	3,586 kVA	5,379 kVA	7,172 kVA
Voltage class	24 - 36 kV	24 - 36 kV	24 - 36 kV
Installation altitude <sup>(1)</sup>	Up to 4,500 m (14,765 ft)	Up to 4,500 m (14,765 ft)	Up to 4,500 m (14,765 ft)
Operating temperature range	-20 °C to +60 °C / -4 °F to +140 °F	-20 °C to +60 °C / -4 °F to +140 °F	-20 °C to +60 °C / -4 °F to +140 °F

**Notes:** <sup>(1)</sup> For installations beyond 1,000 m (3,280 ft), please contact Ingeteam's solar sales department.

#### Configuration with two dual inverters



**Ingeteam**

**Long-lasting design**

These inverters have been designed to guarantee a long life expectancy. Standard 5 year warranty, extendable for up to 25 years.

**Grid support**

The INGECON® SUN PowerMax B Series has been designed to comply with the grid connection requirements, contributing to the quality and stability of the electric system. These inverters therefore feature a low voltage ride-through capability, and can deliver reactive power and control the active power delivered to the grid. Moreover, they can operate in weak power grids with a low SCR.

**Ease of maintenance**

All the elements can be removed or replaced directly from the inverter's front side, thanks to its new design.

**Easy to operate**

The INGECON® SUN PowerMax inverters feature an LCD screen for the simple and convenient monitoring of the inverter status and a range of internal variables. The display also includes a number of LEDs to show the inverter operating status with warning lights to indicate any incidents. All this helps to simplify and facilitate maintenance tasks.

**Monitoring and communication**

Ethernet communications supplied as standard. The following applications are included at no extra cost: INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor and its Smartphone version Web Monitor, available on the App Store. These applications are used for monitoring and recording the inverter's internal operating variables through the Internet (alarms, real time production, etc.), in addition to the historical production data.

Two communication ports available for each inverter (one for monitoring and one for plant controlling), allowing fast and simultaneous plant control.

**PROTECTIONS**

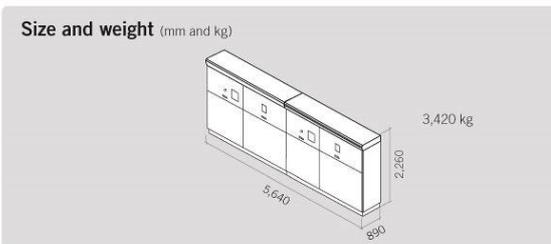
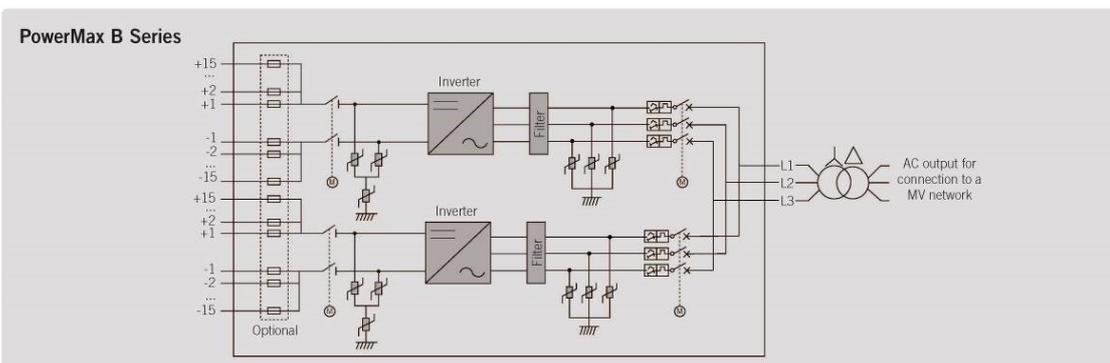
- DC Reverse polarity.
- Short-circuits and overloads at the output.
- Anti-islanding with automatic disconnection.
- Insulation failure DC.
- Up to 15 pairs of fuse-holders per power block.
- Lightning induced DC and AC surge arresters, type II.
- Motorized DC switch to automatically disconnect the inverter from the PV array.
- Low voltage ride-through capability.
- Motorized AC circuit breaker.
- Hardware protection via firmware.
- Additional protection for the power stack, as it is air-cooled by a closed loop.

**OPTIONAL ACCESSORIES**

- Insulation failure AC.
- Grounding kit.
- Heating kit, for operating at an ambient temperature of down to -30 °F.
- DC surge arresters type I+II.
- DC fuses.
- Monitoring of the group currents at the DC input.
- PID prevention kit (PID: Potential Induced Degradation).
- Night time reactive power injection.
- Sand trap kit.
- Integrated DC combiner box.

**ADVANTAGES OF THE B SERIES**

- Higher power density.
- Latest generation electronics.
- More efficient electronic protection.
- Night time supply to communicate with the inverter at night.
- Enhanced performance.
- Easier maintenance thanks to its new design and enclosure.
- Lightweight spares.
- It allows to ground the PV array.
- Components easily replaceable.



**Ingeteam**

INGECON

SUN

PowerMax B Series 1,500 V<sub>dc</sub>

	1640TL B630	1665TL B640	1690TL B650	1740TL B670	1800TL B690
<b>Input (DC)</b>					
Recommended PV array power range <sup>(1)</sup>	1,620 - 2,128 kWp	1,646 - 2,162 kWp	1,672 - 2,196 kWp	1,723 - 2,263 kWp	1,775 - 2,330 kWp
Voltage Range MPP <sup>(2)</sup>	910 - 1,300 V	922 - 1,300 V	937 - 1,300 V	965 - 1,300 V	994 - 1,300 V
Maximum voltage <sup>(3)</sup>	1,500 V				
Maximum current	1,850 A				
N° inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)				
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)				
Type of connection	Connection to copper bars				
Power blocks	1				
MPPT	1				
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles				
<b>Input protections</b>					
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I-II optional)				
DC switch	Motorized DC load break disconnect				
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton				
<b>Output (AC)</b>					
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,637 kVA / 1,473 kVA	1,663 kVA / 1,496.5 kVA	1,689 kVA / 1,520 kVA	1,741 kVA / 1,567 kVA	1,793 kVA / 1,613 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A				
Power IP56 @27 °C / @50 °C <sup>(4)</sup>	1,637 kVA / 1,449 kVA	1,663 kVA / 1,472 kVA	1,689 kVA / 1,495 kVA	1,741 kVA / 1,541 kVA	1,793 kVA / 1,587 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C <sup>(4)</sup>	1,500 A / 1,328 A				
Rated voltage <sup>(5)</sup>	630 V IT System	640 V IT System	650 V IT System	670 V IT System	690 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz				
Power Factor <sup>(6)</sup>	1				
Power Factor adjustable	Yes, 0-1 (leading / lagging)				
THD (Total Harmonic Distortion) <sup>(7)</sup>	<3%				
<b>Output protections</b>					
Overvoltage protections	Type II surge arresters				
AC breaker	Motorized AC circuit breaker				
Anti-islanding protection	Yes, with automatic disconnection				
Other protections	AC short circuits and overloads				
<b>Features</b>					
Maximum efficiency	98.9%				
Euroefficiency	98.5%				
Max. consumption aux. services	4,250 W				
Stand-by or night consumption <sup>(8)</sup>	90 W				
Average power consumption per day	2,000 W				
<b>General Information</b>					
Operating temperature	-20 °C to +60 °C				
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%				
Protection class	IP54 (IP56 with the sand trap kit)				
Maximum altitude	4,500 m (for installations beyond 1,000 m, please contact Ingeteam's solar sales department)				
Cooling system	Air forced with temperature control (230 V phase + neutral power supply)				
Air flow range	0 - 7,800 m <sup>3</sup> /h				
Average air flow	4,200 m <sup>3</sup> /h				
Acoustic emission (100% / 50% load)	<66 dB(A) at 10m / <54.5 dB(A) at 10m				
Marking	CE				
EMC and security standards	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100				
Grid connection standards	IEC 62116, Arrêté 23-04-2008, CEI 0-16 Ed. III, Terna A68, G59/2, BDEW-Mittelspannungsrichtlinie:2011, P.O.12.3, South African Grid code (ver 2.6), Chilean Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruan Grid code, Thailand PEA requirements, IEC61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, IEEE 1547, IEEE1547.1, GGC&CGC China, DEWA (Dubai) Grid code, Jordan Grid Code				

**Notes:** <sup>(1)</sup> Depending on the type of installation and geographical location. Data for STC conditions <sup>(2)</sup> V<sub>mpp,min</sub> is for rated conditions (V<sub>ac</sub>=1 p.u. and Power Factor=1) <sup>(3)</sup> Consider the voltage increase of the 'Voc' at low temperatures <sup>(4)</sup> With the sand trap kit <sup>(5)</sup> Other AC voltages and powers available upon request <sup>(6)</sup> For P<sub>out</sub>>25% of the rated power <sup>(7)</sup> For P<sub>out</sub>>25% of the rated power and voltage in accordance with IEC 61000-3-4 <sup>(8)</sup> Consumption from PV field when there is PV power available.

Ingeteam

### 5.3 Trasformatore

L'uscita in AC di ciascun inverter verrà collegata a un trasformatore. In particolare gli inverter Ingecon Sun Double + Dual Inverters da 7.200 MWp verranno connessi a un trasformatore da 8.000 kVA che trasformerà l'uscita dell'inverter da 600 V a 30 kV. Gli inverter Ingecon Sun Single + Dual Inverters da 5.400 MWp verranno connessi a un trasformatore da 6.000 kVA che trasformerà l'uscita dell'inverter da 600 V a 30 kV. Gli inverter Ingecon Sun Dual Inverters da 3.600 MWp verranno connessi a un trasformatore da 4.000 kVA che trasformerà l'uscita dell'inverter da 690 V a 30 kV.

### 5.4 Centro Inverter-Trasformatore

Gli inverter verranno posizionati in maniera tale da minimizzare i percorsi dei cavi in DC e, conseguentemente, minimizzare le perdite.

Gli inverter verranno installati in edificio prefabbricato in cemento, container metallico, o su una base di cemento armato in caso di installazioni outdoor, rispettando le prescrizioni del fabbricante. Verrà installato un edificio inverter-trasformatore per ogni gruppo. Per i dettagli si veda lo schema unifilare allegato.

In fase di progettazione definitiva si illustreranno i dettagli del centro. In caso di edifici prefabbricati, verrà installato un sistema di ventilazione forzata che mantenga la temperatura interna all'interno di valori adeguati al funzionamento dell'inverter.

Gli inverter verranno posizionati in maniera che ci sia sufficiente spazio per le operazioni di manutenzione.

**INGECON**

**SUN STORAGE**

PowerMax B Series  
1,500 V<sub>dc</sub>

**THREE-PHASE  
TRANSFORMERLESS  
BATTERY INVERTER**

**860TL B330 / 1170TL B450 / 1325TL B510 /  
1380TL B530 / 1500TL B578 / 1560TL B600 /  
1640TL B630**

The INGECON® SUN STORAGE PowerMax is a three-phase bidirectional battery inverter that can be used in grid-connected and stand-alone systems. This inverter offers a high-power density in a single power block, providing different configurable operating modes. Besides, it features the same technology as Ingeteam's PV inverters, facilitating the supply of spare parts.

**Easy maintenance**

String inverter philosophy has been applied in the design of this central inverter, facilitating the inverter usage. Moreover, the input and output lines are integrated into the same cabinet, in order to make maintenance work easier.

**Battery management**

The INGECON® SUN STORAGE PowerMax features a highly advanced battery control technology, ensuring the maximum life of the storage system. The battery temperature could be controlled at all times ensuring an enhanced lifespan of the accumulator. This inverter is 100% compatible with Ingeteam's PV inverters.

**Software included**

Included at no extra cost the software INGECON® SUN Manager for monitoring and recording the inverter data over the Internet. Ethernet communications are supplied as standard.

The INGECON® SUN STORAGE PowerMax three-phase inverter complies with the most demanding international standards.

**Standard 3 year warranty, extendable for up to 25 years**

**PROTECTIONS**

- Output short-circuits and overloads.
- Insulation failures.
- Motorized DC load break disconnect.
- IP66 protection class for the electronics.
- DC and AC surge arresters, type 2.
- Motorized AC circuit breaker.

**INTEGRATED ACCESSORIES**

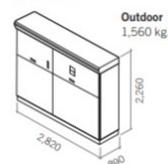
- Ethernet communication.
- DC pre-charge system.
- AC pre-charge system.

**OPTIONAL ACCESSORIES**

- DC fuses.
- Heating kit, for operating at an ambient temperature of -30 °C (-22 °F).



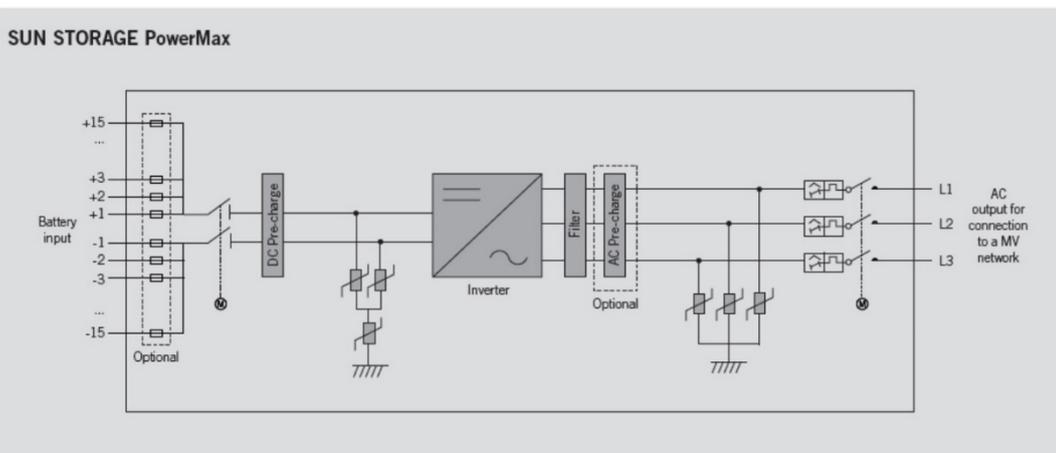
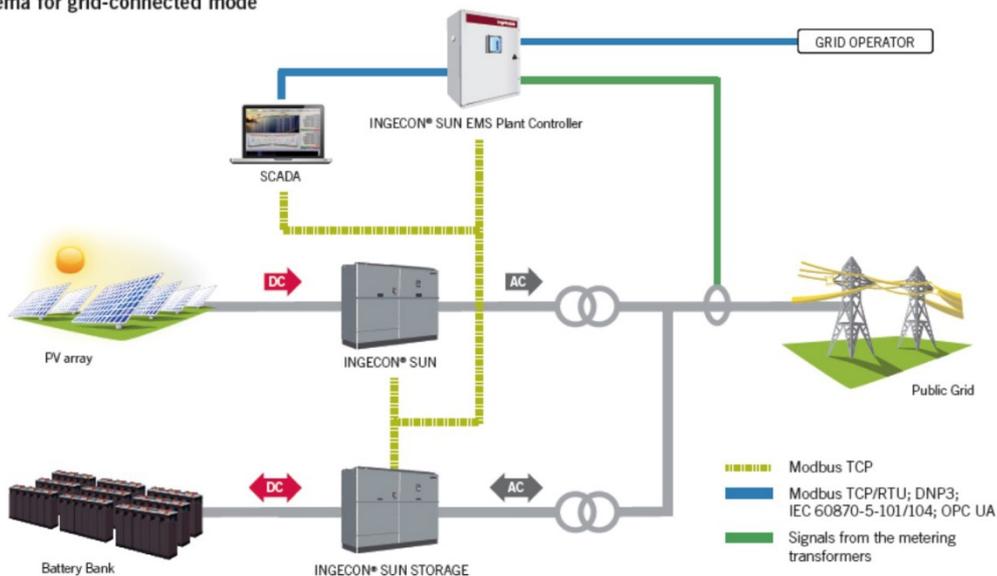
**Size (mm)**



www.ingeteam.com  
solar.energy@ingeteam.com

**Ingeteam**

Schema for grid-connected mode



Ingeteam

## Fluence SunFlex Energy Storage™ Specifications

### SYSTEM SPECIFICATIONS

<b>Rated AC Power (25°C / 50°C)</b>	Up to 3.3MVA / 3.0MVA*
<b>Grid Voltage</b>	11kV, 13.8kV, 20kV, 34.5kV (other options available)
<b>Grid Frequency</b>	50Hz / 60Hz
<b>Reactive Power</b>	Four-quadrant control, 0.9 leading to 0.9 lagging at rated power†
<b>Inverter Efficiency</b>	98.5%
<b>Operating Temperature</b>	-20°C to 50°C
<b>Altitude</b>	De-rated over 2,000 meters
<b>Seismic Rating</b>	Tested to Zone 4
<b>Design Lifetime</b>	Up to 25 years with battery augmentation, usage dependent
<b>Operational Capabilities</b>	Dispatchable PV, Ramp Rate Limiting, Frequency Regulation, Primary Frequency Response, Automatic Voltage Regulation, Contingency Response
<b>System Response Time</b>	Max capacity change in <1 second
<b>Control &amp; Monitoring</b>	Controls include HMI, SCADA, Data Historian, Application Agents, and Patented Performance Algorithms
<b>External Control Interface</b>	SCADA and EMS integration available via common protocols including DNP3
<b>Standards Compliance</b>	NEC, UL1741, Rule 21, other common grid codes, IEEE519, UL1973, UL1642

\* Higher rated power available at increased MPPT minimum DC voltage

† Additional reactive capability upon request

### PV INTERFACE

<b>Max DC Voltage (open circuit)</b>	1500Vdc
<b>MPPT Min DC Voltage</b>	849Vdc
<b>PV Inputs</b>	Up to 36
<b>Max PV Short Circuit Current</b>	≥ 8kA‡

### BATTERY SPECIFICATIONS

<b>Battery Block Power</b>	500kW
<b>Number of Battery Blocks</b>	Up to 6
<b>Battery Duration</b>	2+ hours
<b>Round Trip Efficiency (DC/DC)</b>	Varies by configuration
<b>Enclosure Dimensions</b>	Standard ISO container or customized to project requirements
<b>Cooling</b>	Air-to-air DX
<b>Fire Suppression</b>	Non-aqueous (i.e. inert gas or aerosol)
<b>Battery Monitoring</b>	Including state of charge, state of health, max/min cell voltage, max/min cell temperature, power limits, current limits, component failures, ground fault
<b>Battery Chemistry</b>	Advanced lithium ion sealed cells or similar

‡ Pending final design

### About Fluence™



Fluence, a Siemens and AES company, is the leading global energy storage technology solutions and services company that combines the agility of a technology company with the expertise, vision, and financial backing of two industry powerhouses. Building on the pioneering work of AES Energy Storage and Siemens energy storage, Fluence's goals is to create a more sustainable future by transforming the way we power our world. Fluence offers proven energy storage technology solutions designed to address the diverse needs and challenges of customers in a rapidly transforming energy landscape, providing design, delivery, and integration in over 160 countries.

TS-001-02-EN

### 5.5 Strutture di supporto

I supporti, saranno in acciaio zincato e saranno opportunamente distanziati sia per evitare l'ombreggiamento reciproco, sia per avere lo spazio necessario al passaggio dei mezzi nella fase di installazione.

Tale soluzione permette di ottimizzare l'occupazione del territorio massimizzando al contempo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. La struttura impiegata verrà fissata al suolo tramite zavorre in CLS armato adeguatamente dimensionate per resistere alle varie sollecitazioni.

L'impianto sarà dotato di viabilità interna e perimetrale, due accessi carrabili, recinzione perimetrale, sistema di illuminazione e videosorveglianza. I due accessi carrabili all'area saranno costituiti da un cancello a un'anta scorrevole in scatolari metallici largo 6 m e montato su pali in acciaio fissati al suolo con plinti di fondazione in cls armato collegati da cordolo.

### 5.6 Cablaggi e cavi

La connessione elettrica fra i moduli fotovoltaici avviene tramite cavi (in classe d'isolamento II) terminati all'interno delle cassette di terminazione dei moduli, oppure con connettori rapidi del tipo "multicontact" collegati con altri già assemblati in fabbrica sulle cassette.

I cavi, con materiali resistenti ai raggi UV, garantiscono il corretto funzionamento degli impianti fotovoltaici nel corso della loro vita utile (almeno 30 anni).

I cavi di energia sono dimensionati in modo da limitare le cadute di tensione, ma la loro sezione è determinata anche in modo da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente per periodi prolungati ed in condizioni ordinarie di esercizio.

La corrente massima (portata) ammissibile, per periodi prolungati, di qualsiasi conduttore viene calcolata in modo tale che la massima temperatura di funzionamento non superi il valore appropriato, per ciascun tipo di isolante, indicato nella Tab. 52D della Norma CEI 64-8.

Le portate dei cavi in regime permanente relative alle condutture da installare sono verificate secondo le tabelle CEI-UNEL 35024, per posa in aria, e CEI-UNEL 35026, per posa interrata, applicando ai valori individuati, dei coefficienti di riduzione che dipendono dalle specifiche condizioni di posa e dalla temperatura ambiente. Nei casi di cavi con diverse modalità di posa, è effettuata la verifica per la condizione di posa più gravosa. Le sezioni dei cavi sono verificate anche dal punto di vista della caduta di tensione, alla massima corrente di utilizzo, secondo quanto riportato nelle Norme CEI 64-8.

Le verifiche suddette sono effettuate mediante l'uso delle tabelle CEI-UNEL 35023. I cavi di energia dovranno essere sistemati in maniera da semplificare e minimizzare le operazioni di cablaggio. In particolare, la discesa dei cavi occorre che sia protetta meccanicamente mediante installazione in tubi, il cui collegamento al quadro elettrico e agli inverter avvenga garantendo il mantenimento del livello di protezione degli stessi.

## 5.7 Quadri stringa

Verranno installati quadri stringa con la funzione di proteggere e monitorare le linee provenienti dalle stringhe. I quadri avranno 16, 24 e 32 ingressi, collegando tra loro le stringhe degli inseguitori. Ciascun inseguitore conterrà 1 o 2 stringhe, collegate in parallelo tramite una scatola di derivazione ermetica.

I quadri stringa verranno montati opportunamente sulla struttura dell'inseguitore, in una posizione tale da ridurre i percorsi dei cavi.

**INGECON**

**SUN**

StringBox+StringMonitoring Box

160 / 240 / 320

**SIMPLE AND SAFE  
CONNECTION  
OF PHOTOVOLTAIC  
STRINGS**

The new INGECON® SUN StringBox is a cost-effective PV string combiner box series designed for central inverter-based PV systems. The INGECON® SUN StringBox features efficient input and output DC wiring with fully rated DC disconnect switches for safe maintenance. When used in combination with INGECON® SUN PowerMax central inverters, the INGECON® SUN StringBox outputs can be monitored by means of the optional DC input groups monitoring kit available for INGECON® SUN PowerMax B series inverter. Optionally is available the INGECON® SUN StringMonitoring Box a device for measuring and control of each PV string current. The string currents can be monitored through the built-in RS485 communication interface.

A complete range of equipment for all types of projects. Available in models ranging from 16 to 32 inputs and from 1,000 to 1,500 Vdc, the INGECON® SUN StringBox provide the maximum flexibility and expandability in system design. The compact and rugged IP65 enclosure is designed for installation in outdoor environments, such as roof-mounted systems and large-scale solar farms.



**Maximum protection**  
The INGECON® SUN StringBox combiner boxes are equipped with touch-safe DC fuse holders, DC fuses, lightning induced DC surge arresters and load disconnect switch.

**MAIN FEATURES**

- Built to minimize system costs by providing the maximum flexibility.
- Available in 16, 24 and 32 input configurations.
- 1,500 Vdc maximum voltage.
- Simplifies input and output wiring.
- Capability to connect up to 2 DC output cables per polarity.
- IP65 protection rating.
- Maximum protection to corrosion and pollution thanks to the isolating thermo plastic enclosure.

**ADDITIONAL MAIN FEATURES WITH INGECON® SUN STRING MONITORING BOX**

- RS485 communication interface Modbus RTU.
- Current monitoring at string level.
- DC Switch status (open/closed).
- SPD status.

**PROTECTIONS**

- Up to 32 pairs of DC fuses.
- Available fuses: 10A, 12A, 15A, 16A (15A standard).
- Lightning induced DC surge arresters, type 2.
- Manual DC isolating switch.

**OPTIONAL ACCESSORIES FOR INGECON® SUN STRING MONITORING BOX**

- PT100 input for ambient or module temperature.
- Analog inputs for meteo sensor (i.e. Pyranometers, Solarimeters, wind speed, humidity, rain, etc).

www.ingeteam.com  
solar.energy@ingeteam.com

**Ingeteam**

**INGECON**

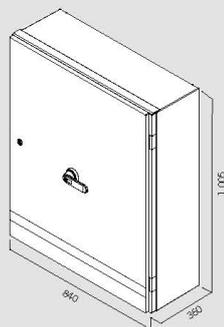
**SUN**

StringBox+StringMonitoring Box

	1,500 V		
	StringBox 160	StringBox 240	StringBox 320
<b>Input</b>			
Maximum number of input strings	16	24	32
Rated current per string	10 A	10 A	10 A
Maximum current per string	12 A	12 A	12 A
Number of protection fuses	2 x 16	2 x 24	2 x 32
Type of fuses	gPV fuses, 10 x 85 mm, 30 kA		
Maximum DC voltage	1,500 V		
Inlet connections	M32 cable glands (n.4 cables entry diameter: 3.5 to 7 mm for each cable gland) with Direct connection on fuse holders		
<b>Output</b>			
Rated total current	160 A	240 A	320 A
Maximum total current <sup>(1)</sup>	192 A	288 A	360 A
Outlet connections	Up to 2 pairs of M50 cable glands (cable diameter: 2.7 to 35 mm) with direct connection on copper plates		
DC switch disconnect rating	315 A	315 A	400 A
<b>SPD Grounding</b>			
SPD Grounding connection	M16 cable gland (cable diameter: 4.5 to 10 mm)		
<b>General Information</b>			
Enclosure type	Outdoor use, insulating cabinet (thermoplastic enclosure)		
Protection rating	IP65		
Impact strength	IK10		
Overvoltage protections	Type II DC surge arrester (optional Type I DC surge arrester)		
Operating temperature range	-20 °C to +55 °C		
Relative humidity (non-condensing)	0 to 100%		
Maximum altitude <sup>(2)</sup>	2,000 m a.s.l.		
DC switch handle	External (front) access, lockable in open position		
Consumption	0 W		
Weight	32 kg	46 kg	48 kg
Marking	CE		
LV Switchgear standards	IEC 61439-1, IEC 61439-2		
Electric shock protection	Class II equipment		

**Notes:** <sup>(1)</sup> Over 50°C ambient temperature, the current will be reduced at the rate of 3.5% every °C up to 55°C. <sup>(2)</sup> Please contact Ingeteam for altitudes higher than 2,000 m.

**Size** (mm)



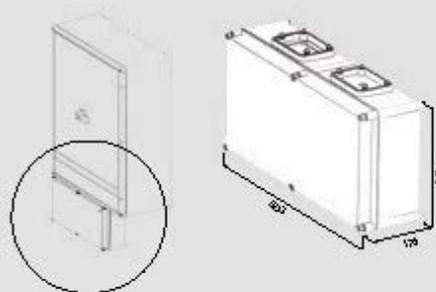
StringBox 160 / 240 / 320

**Ingeteam**

**INTECON SUN** StringBox+ StringMonitoring Box

	1,500 V		
	StringMonitoring Box 16	StringMonitoring Box 24	StringMonitoring Box 32
<b>Input</b>			
Maximum number of input strings	16	24	32
Rated current per string	10 A	10 A	10 A
Maximum current per string	12 A	12 A	12 A
Maximum DC voltage	1,500V		
Power supply	230V ac 50/60Hz		
Inlet connections	n° 4 M25 cable gland (n.4 cable entry diameter 3.5 to 8 mm for each cable gland). n° 4 M16 cable gland for RS485 input/output, PT100 sensor and analog sensor. n° 2 M25 cable gland for power supply.	n° 6 M25 cable gland (n.4 cable entry diameter 3.5 to 8 mm for each cable gland). n° 4 M16 cable gland (two RS485 input/output, PT100 sensor and analog sensor). n° 2 M25 cable gland for power supply.	n° 8 M25 cable gland (n.4 cable entry diameter 3.5 to 8 mm for each cable gland). n° 4 M16 cable gland (two RS485 input/output, PT100 sensor and analog sensor). n° 2 M25 cable gland for power supply.
<b>Output</b>			
Interconnection	Interconnection between StringMonitoring and StringBox for the SPD and DC switch status.		
Communication			
Type and protocol	Modbus RTU on RS485		
<b>General Information</b>			
Enclosure type	Outdoor use, insulating cabinet (polyester reinforced with fiberglass)		
Protection rating	IP65		
Impact strength	IK10		
Operating temperature range	-20 °C to 45 °C		
Relative humidity (non-condensing)	0 to 100%		
Maximum altitude <sup>ASL</sup>	4,000 m a.s.l.		
Consumption	5 W	7 W	9 W
Weight	11 kg	11.4 kg	12 kg
Marking	CE		
EMC and security standards	EN 61000-6-4, EN 61000-6-2, EN 50178		
Electric shock protection	Class II equipment		

Size 



StringMonitoring Box 16 /24 /32

**Integrecom**

## 5.8 Quadri Elettrici

Oltre al quadro di parallelo in AC e al quadro dei Servizi Ausiliari, in ciascun edificio Inverter-Trasformatore verrà installato un quadro elettrico generale, il più prossimo possibile al trasformatore, che fornirà alimentazione a tutte le utenze del centro. I quadri saranno di tipo metallico di dimensioni standardizzate, con porta frontale liscia e dotati di segregazione per morsettiera e connessioni. Ciascun quadro sarà dotato di interruttore generale multipolare per ciascuna linea di ingresso che arrivi dal quadro generale. L'interruttore sarà di tipo modulare o scatolato, secondo la taglia richiesta.

Ciascun circuito di illuminazione sarà dotato di interruttore magnetotermico differenziale da 30 mA mentre i circuiti relativi agli altri carichi saranno dotati di interruttore magnetotermico differenziale da 300 mA o 500 mA a seconda del caso, in maniera da assicurare le selettività. Tutti gli interruttori e il quadro stesso saranno chiaramente identificati mediante etichette, che riporteranno le informazioni sui circuiti che alimentano.

Le connessioni e i cavi saranno anch'essi chiaramente identificati con etichetta e raggruppati ordinatamente tramite fascette.

## 5.9 Impianto di utenza ed impianto di consegna-Rete

La realizzazione della stazione di elevazione ed Utente è prevista nel comune di Monreale (PA), individuata al N.C.T. di Monreale (PA) nel foglio di mappa n. 147, alla particella catastale n. 188.

L'ubicazione della stazione è prevista su un terreno classificato, urbanisticamente, come area "Agricola" dal Comune di Monreale (PA).

La realizzazione della stazione di consegna e Rete denominata "Monreale 3" è prevista nel comune di Monreale (PA), individuata al N.C.T. di Monreale (PA) nel foglio di mappa n. 128, alla particella catastale n. 342. L'ubicazione delle stazioni è prevista su un terreno classificato, urbanisticamente, come area "Agricola" dal Comune di Monreale (PA).

### **Stazione elettrica di Rete**

La stazione elettrica di rete (SE di Rete) Monreale (vedi figura 26) rientra nella tipologia delle "Stazioni di Trasformazione", in quanto connette due reti a differente livello di tensione. La configurazione adottata è quella a doppia sbarra, presenta le sezioni rispettivamente a 220 kV, interamente isolate in aria (AIS – Air insulated substation).

La configurazione finale di impianto è rappresentata nella planimetria di progetto della stazione che per comodità viene di seguito riportata:

#### **Sezione a 220 kV**

La sezione a 220 kV è costituita da:

- n. 1 sistema a doppia sbarra con sezionatori di terra sbarre ad entrambe le estremità e TVC di sbarra su un lato;
- n. 2 stalli linea.

La stazione elettrica sarà connessa in configurazione entra-esce alla linea Ciminna-Partinico della RTN mediante i due stalli linea suddetti denominati rispettivamente "stallo linea Ciminna" e "stallo linea Partinico".

Il singolo stallo linea è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- n. 2 bobina onde convogliate, installate su 2 delle 3 fasi ed appese al portale arrivo linea;
- n. 1 terna di trasformatori di tensione capacitivi per esterno;
- n. 1 sezionatore orizzontale tripolare 220 kV con lame di terra;
- n. 1 terna di trasformatori di corrente per protezioni e misure, isolati in gas SF<sub>6</sub>;
- n. 1 interruttore tripolare 220 kV isolato in SF<sub>6</sub>;
- n. 1 sezionatore verticale tripolare 220 kV per connessione al sistema sbarre.

Le distanze tra le varie apparecchiature rispettano le distanze minime consentite al fine di ridurre al minimo le indisponibilità per manutenzione.

### **Stazione elettrica Utente**

La stazione elettrica Utente è costituita da un raggruppamento di diverse singole sezioni di utente, con relativi edifici tecnici adibiti al controllo e alla misura dell'energia prodotta ed immessa in rete. Esternamente alla recinzione, sarà realizzata una strada di servizio, di 4,00

m di larghezza, che si collegherà alla viabilità preesistente. La viabilità di nuova formazione sarà progettata e realizzata nel rispetto dell'ambiente fisico in cui viene inserita; verrà infatti realizzata previo scorticamento del terreno vegetale esistente per circa uno spessore di 40-50 cm, con successiva realizzazione di un sottofondo di ghiaia a gradazione variabile, e posa di uno strato in misto granulare stabilizzato opportunamente compattato. In nessun caso è prevista la posa di conglomerato bituminoso.

Per l'ingresso alla stazione, saranno previsti dei cancelli carrabili larghi 7,00 m di tipo scorrevole oltre a dei cancelli di tipo pedonale, entrambi inseriti fra pilastri e puntellature in conglomerato cementizio armato.

Sarà inoltre previsto, lungo la recinzione perimetrale della stazione, un ingresso indipendente dell'edificio per il punto di consegna dei servizi di terzi.

Le principali apparecchiature MT, costituenti la sezione 220 kV, saranno le seguenti: trasformatori di potenza, interruttore tripolare, sezionatori tripolari orizzontali con lame di messa a terra, trasformatori di corrente e di tensione (induttivi e capacitivi) per misure e protezione. Dette apparecchiature sono rispondenti alle Norme tecniche CEI. Le caratteristiche nominali principali sono le seguenti:

- Tensione massima: 250 kV;
- Trasformatori di potenza: 8.000 kVA, 6.000 kVA e 4.000 kVA;
- Rapporto di trasformazione AT/MT: 220+/-10x1,25% / 30 kV;
- Potenza di targa: 50/60 MVA 80/100 MVA;
- Tipo di raffreddamento: ONAN/ONAF;
- Interruttore tripolare in SF6;
- Sezionatori orizzontali con lame di messa a terra;
- Trasformatori di corrente;
- Trasformatori di tensione capacitivi;
- Trasformatori di tensione induttivi.

Le prestazioni verranno definite in sede di progetto esecutivo.

### **Disposizione elettromeccanica**

L'intera stazione in progetto, di trasformazione (SE di Rete) e consegna (SE di Utenza) sarà

del tipo con isolamento in aria a doppio sistema di sbarre. Essa sarà complessivamente così costituita:

- Sezione di sbarre a 220 kV;
- Montanti trasformatori 220 kV e misure fiscali;
- Montante di collegamento con impianto di Terna;
- Quadri MT 30 kV;
- Quadri AT 150 kV;
- Trasformatori di potenza 220/30 kV;
- Trasformatori di potenza 220/150 kV.

Ciascun quadro MT/AT è adibito alla raccolta dell'energia prodotta e ognuno di essi afferisce al trasformatore. Per ognuno dei quadri MT è prevista una sezione per il prelievo di energia per i servizi ausiliari di montante e una sezione per un eventuale rifasamento.

Nelle stazioni Rete-Utente sono previsti fabbricati adibiti per:

- Quadri AT, MT e BT;
- Comando e controllo;
- Magazzini;
- L'arrivo MT/AT da produzione fotovoltaica/stazione di smistamento;
- I servizi di telecomunicazione;
- Il locale misure;
- I servizi ausiliari;
- Depositi e locali igienici.

I fabbricati, verranno ubicati lungo le mura perimetrali della stazione di Trasformazione di consegna (SE Utente), ad una distanza minima da ogni parte in tensione non inferiore ai 10 metri.

I fabbricati avranno pianta rettangolare con altezza fuori terra di circa 4,00 m e sarà destinato a contenere i quadri di protezione e controllo, i servizi ausiliari, i telecomandi, il locale misura, deposito e servizi igienici e il quadro MT/AT. I fabbricati destinati agli impianti fotovoltaici, e nello specifico per quanto riguarda i relativi quadri MT/AT, risulteranno identici tra loro.

I fabbricati saranno realizzati con struttura portante in c.a. e con tamponatura esterna in mattoni forati intonacati; i serramenti saranno di tipo metallico. La copertura dei fabbricati

sarà realizzata con un tetto piano.

L'impermeabilizzazione del solaio sarà eseguita con l'applicazione di idonee guaine impermeabili in resine elastomeriche. Particolare cura verrà osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla legge n. 373 e successivi aggiornamenti, nonché alla legge n.10 del 09.01.91 e s.m.i.

Saranno previsti i principali impianti tecnologici come rilevazione fumi e gas, condizionamento, antintrusione, etc.

### **Stazione di trasformazione ed elevazione**

La realizzazione delle stazioni di trasformazione ed elevazione, previste una in ogni Lotto, nelle Contrade Giangrosso, Sticca e Galardo, ricadenti nei Comuni di Monreale e Roccamena (PA), riceve l'energia proveniente dall'impianto fotovoltaico e la eleva alla tensione di 150 kV. La stazione di trasformazione ed elevazione sarà costituita da due sezioni, in funzione dei livelli di tensione: la parte di media tensione, contenuta all'interno della cabina di stazione e dalla parte di alta tensione costituita dalle apparecchiature elettriche con isolamento in aria, ubicate nell'area esterna della stazione utente. La cabina di stazione sarà costituita dai locali contenenti i quadri di MT con gli scomparti di arrivo/partenza linee dall'impianto eolico, dagli scomparti per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dallo scomparto MT per il collegamento al trasformatore MT/AT.

La stazione di elevazione è costituita da:

- Trasformatore elevatore 30/150 kV da 150/160 MVA ONAN/ONAF;
- Scaricatori di sovratensione per reti a 150 kV con sostegno.

### **Correnti circolanti nell'impianto**

Di seguito si fornisce una tabella riassuntiva delle correnti massime circolanti nelle varie zone dell'impianto per le cabine da 1 MVA (fatta eccezione per quelle ritenute trascurabili).

Tipologia corrente	I [A]
Corrente massima SSB - Cabina	103
Corrente max di fascio di cavi	13 x 103
Correnti all'impianto dati	Trascurabili
Correnti ai sistemi di sicurezza	Trascurabili
Corrente max illuminazione perimetrale	32
Corrente BT cc ingresso inverter	825
Corrente BT ac uscita inverter	1069
Corrente BT ac totale ingresso trasformatore	2138
Corrente MT da cabina di trasformazione di 1000kVA alla cabina di consegna	650

## 5.10 Sistemi ausiliari

### Sorveglianza e illuminazione

Il sistema di illuminazione e videosorveglianza sarà montato su pali in acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in cls armato. I pali avranno una altezza massima di 3,5 m, saranno dislocati ogni 50 m di recinzione e su di essi saranno montati i corpi illuminanti (che si attiveranno in caso di allarme/intrusione) e le videocamere del sistema di sorveglianza. I cavi di collegamento del sistema saranno alloggiati nello scavo perimetrale già previsto per il passaggio dei cavidotti dell'impianto agro-fotovoltaico.

Nella fase di funzionamento dell'impianto non sono previsti consumi di energia, eccezion fatta per il sistema di illuminazione e videosorveglianza che avrà una sua linea di alimentazione elettrica tradizionale. Le apparecchiature di conversione dell'energia generata

dai moduli (inverter e trasformatori), nonché i moduli stessi, non richiedono fonti di alimentazione elettrica. Il funzionamento dell'impianto agro-fotovoltaico non richiede ausilio o presenza di personale addetto, tranne per le eventuali operazioni di riparazione guasti o manutenzioni ordinarie e straordinarie.

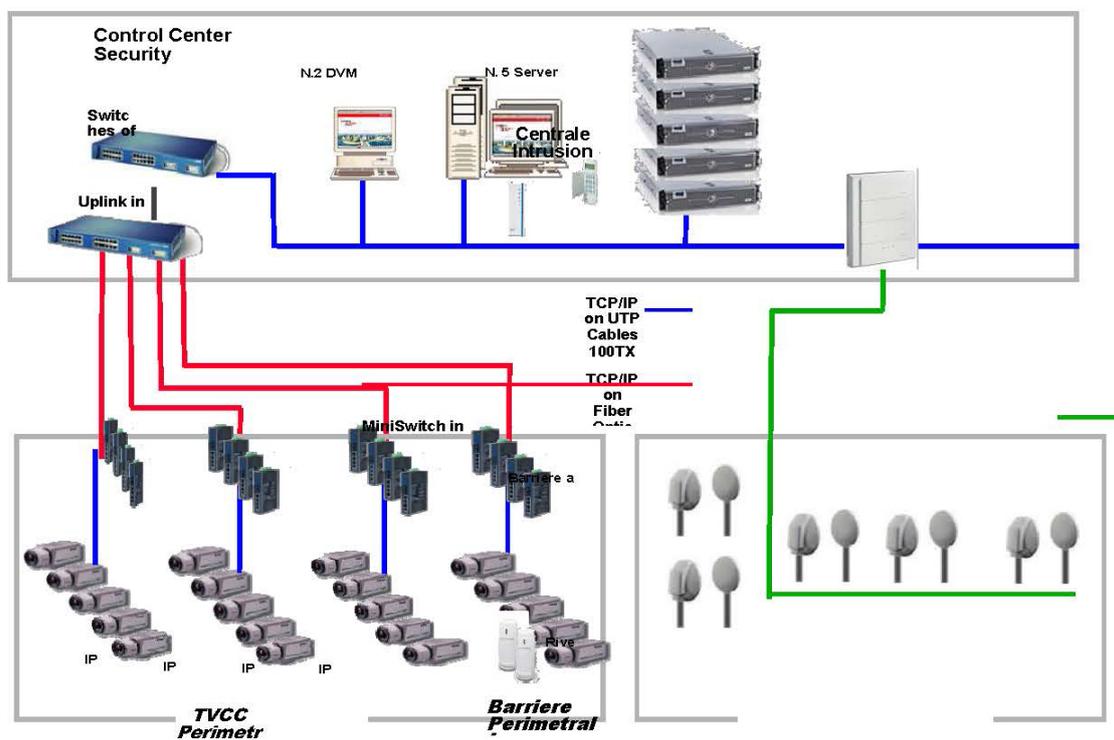


Figura 8 – Schema del Sistema di sorveglianza

L'impianto di illuminazione esterno sarà costituito da 2 sistemi:

- Illuminazione perimetrale;
- Illuminazione esterno cabina.

Tali sistemi sono di seguito brevemente descritti.

#### Illuminazione perimetrale

- Tipo lampada: Led, Pn = 250W Tipo
- armatura: proiettore direzionabile
- Numero lampade: 4.150
- Numero palificazioni: 2.083
- Funzione: illuminazione stradale notturna e anti-intrusione
- Distanza media tra i pali: circa 50 m

In fase di progetto esecutivo potranno essere apportati miglioramenti ai rapporti tra gli illuminamenti minimi e massimi e l'illuminamento medio.

#### Illuminazione esterno cabina

- Tipo lampade: Led 100W;
- Tipo armatura: corpo Al pressofuso, forma ogivale;
- Numero lampade: 4;
- Modalità di posa: sostegno su tubolare ricurvo aggraffato alla parete. Posizione agli angoli di cabina;
- Funzione: illuminazione piazzole per manovre e sosta.

## 6 CAVI ELETTRICI

---

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

- cavo multipolare/unipolare in rame isolato in gomma etilenpropilenica qualità G7 sotto guaina di PVC, tipo FG7(O)R 0,6/1 kV, avente caratteristiche di non propagazione dell'incendio, conforme alle Norme CEI 20-22 II e 20-13, da posare prevalentemente in tubazioni interrate;
- cavo multipolare/unipolare in rame isolato e schermato in gomma etilenpropilenica qualità G7 sotto guaina di PVC, tipo FG7(O)H2R 0,6/1 kV, avente caratteristiche di non propagazione dell'incendio, conforme alle Norme CEI 20-22 II e 20-13, da posare prevalentemente in tubazioni interrate per il cablaggio degli inverter e per la posa delle linee di produzione.
- cavo unipolare in rame isolato in PVC, tipo NO7V-K, avente caratteristiche di non propagazione dell'incendio, conforme alle Norme CEI 20-22 II e 20-20, da posare in tubazioni isolanti interrate.
- Cavo Solare: Cavo unipolare flessibile stagnato per il cablaggio delle stringhe di moduli fotovoltaici del tipo FG21M21, Tensione Massima 1.800 V in corrente continua, Temperatura Massima di Esercizio 90°C;
- Cavo MT: ARG7 H1R, Cavi isolati in gomma HEPR di qualità G7 sotto guaina di PVC, conduttore in Alluminio, Tensione Nominale di Esercizio 18/30 kV;
- Cavo di segnale tipo FTP;
- Cavo AT – tipologia XLPE.

La scelta delle sezioni dei cavi è stata effettuata in base alla loro portata nominale (calcolata in base ai criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle Tabelle CEI-UNEL), alle condizioni di posa e di temperatura, al limite ammesso dalle Norme per quanto riguarda le cadute di tensione massime ammissibili (inferiori al 4%) ed alle caratteristiche di intervento delle protezioni secondo quanto previsto dalle vigenti Norme CEI 64-8. La portata delle condutture sarà commisurata alla potenza totale che si prevede di installare.

Le sezioni minime previste per i conduttori saranno:

- 2,5 mm<sup>2</sup> per le linee di distribuzione F.M.
- 1,5 mm<sup>2</sup> per le linee di distribuzione luce
- 0,5 mm<sup>2</sup> per i circuiti di comando e segnalazione

Nei circuiti trifase i conduttori di neutro potranno avere sezione inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase, con il minimo di 16mm<sup>2</sup>, purché il carico sia sostanzialmente equilibrato ed il conduttore di neutro sia protetto per un cortocircuito in fondo alla linea; in tutti gli altri casi al conduttore di neutro verrà data la stessa sezione dei conduttori di fase.

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

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

dove:

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

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

Se dall'applicazione della tabella risultasse una sezione non unificata, sarà adottata la sezione unificata immediatamente superiore al valore calcolato.

Quando un unico conduttore di protezione deve servire più circuiti utilizzatori, la tabella si applica con riferimento al conduttore di fase di sezione più elevata:

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

Dove:

$S$	= sezione dei conduttori di fase dell'impianto ( $\text{mm}^2$ )
$S_p$	= sezione minima del corrispondente conduttore di protezione ( $\text{mm}^2$ )

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

Se i conduttori di protezione non fanno parte della stessa condotta dei conduttori di fase la loro sezione non sarà inferiore a  $6 \text{ mm}^2$ :

Quando un unico conduttore di protezione deve servire più circuiti utilizzatori sarà dimensionato in relazione alla sezione del conduttore di fase di sezione più elevata.

I cavi unipolari e le anime dei cavi multipolari saranno contraddistinti mediante le seguenti colorazioni:

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

La rilevazione delle sovracorrenti è stata prevista per tutti i conduttori di fase.

In ogni caso il conduttore di neutro non verrà mai interrotto prima del conduttore di fase o richiuso dopo la chiusura dello stesso.

Nella scelta e nella installazione dei cavi si è tenuto presente quanto segue:

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

Le condutture non saranno causa di innesco o di propagazione d'incendio: saranno usati cavi, tubi protettivi e canali aventi caratteristiche di non propagazione della fiamma nelle condizioni di posa.

Tutti i cavi appartenenti ad uno stesso circuito seguiranno lo stesso percorso e saranno quindi infilati nella stessa canalizzazione, cavi di circuiti a tensioni diverse saranno inseriti in tubazioni separate e faranno capo a scatole di derivazione distinte; qualora facessero capo alle stesse scatole, queste avranno diaframmi divisorii.

I cavi che seguono lo stesso percorso ed in special modo quelli posati nelle stesse tubazioni, verranno chiaramente contraddistinti mediante opportuni contrassegni applicati alle estremità.

## 7 CONNESSIONI E DERIVAZIONI

---

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

Negli impianti saranno pertanto utilizzate:

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

Tutte le cassette disporranno di coperchio rimovibile soltanto mediante l'uso di attrezzo.

Per tutte le connessioni verranno impiegati morsetti da trafilato o morsetti volanti a cappuccio con vite isolati a 500 V.

Per quanto riguarda lo smistamento e l'ispezionabilità delle tubazioni interrato verranno impiegate prolungher per pozzetti prefabbricati in cemento I chiusini saranno carrabili (ove previsto) costituiti dai seguenti materiali:

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

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

## 8 IMPIANTO DI TERRA

---

Il dispersore di terra sarà unico e costituito da una corda in rame nudo da 35 mm<sup>2</sup> e 50 mm<sup>2</sup> interrata a circa 0,5 m di profondità lungo il perimetro esterno della cabina di trasformazione e lungo il campo agro-fotovoltaico, integrata da picchetti infissi nel terreno entro pozzetti ispezionabili.

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

- I locali tecnici saranno dotati di un proprio collettore di terra principale, costituito da una barratura in rame fissata a parete, a cui faranno capo i seguenti conduttori:
- il conduttore di terra proveniente dal dispersore;
- il conduttore di terra proveniente dei ferri di armatura (se presenti);
- il centro-stella (neutro) del trasformatore;
- il P.E. destinato al collegamento della carcassa del trasformatore;
- i conduttori destinati al collegamento dei chiusini dei cunicoli portacavi (se presenti);
- il nodo di terra dei Quadri Elettrici.

Dal nodo di terra principale saranno poi derivati tutti i conduttori di protezione ed equipotenziali destinati al collegamento dei quadri di distribuzione e quindi di tutte le masse estranee dell'impianto.

Ad ogni quadro elettrico sarà associato un nodo di terra costituito da una barra in rame.

L'impianto di terra risulterà realizzato in conformità al Cap. 54 delle Norme CEI 64-8/5 e ad esso saranno collegate:

- le masse metalliche di tutte le apparecchiature elettriche;
- le masse metalliche estranee accessibili;
- i poli di terra delle prese a spina;

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

## 9 RELAZIONE DEI CALCOLI ELETTRICI

### 9.1 Riferimenti normativi

CEI 11-25 2001 II Ed. (IEC 909)	Correnti di corto circuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte =: calcolo delle correnti.
CEI 11-28 1993 I Ed. (IEC 781)	Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
CEI 17-5 Via Ed. 1998	Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
CEI 23-3 1991 IV Ed.	Interruttori automatici per la protezione delle sovracorrenti per impieghi domestici e similari.
CEI 33-5 Ia Ed. 1984	Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti di energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 600V.
CEI 64-8 Via Ed. 1998	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
IEC 364-5-523	Wiring System. Current-carrying capacities.
CEI UNEL 35023 – 1970	Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4 – cadute di tensione.
CEI UNEL 34024/1 1997	Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
CEI UNEL 34024/2 1997	Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
CEI UNEL 35026 2000	Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente continua in regime permanente per posa interrata.
CEI 11-1 IXa Ed. 1999	Impianto di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica.
CEI 11-17 IIa Ed. 1997	Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
CEI 11-35 Ia Ed. 1996	Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente.
CEI 17-1 Va Ed. 1998	Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000 V.
CEI 17-4	Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata e a tensione superiore a 1000 V
17-9/1	Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV e inferiore a 52 kV.

17-46	Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori combinati con fusibili ad alta tensione per corrente alternata.
CEI 17-41	Contattori elettromeccanici per usi domestici e similari

## 9.2 Prescrizioni tecniche generali

Tutti i materiali ed i componenti di cui è previsto l'impiego, dovranno essere scelti tra le primarie imprese costruttrici e fornitrici, con l'obbligo di essere contraddistinti dal MARCHIO ITALIANO DI QUALITA' (IMQ) e marchio (CE).

Gli impianti dovranno essere conformi alle prescrizioni dei seguenti Soggetti:

- GESTORE LOCALE DI TELEFONIA e TELECOM;
- GESTORE LOCALE DI RETE ed ENEL;
- VV.FF.;

di competenza sul territorio, ai quali ci si dovrà obbligatoriamente rivolgere per assumere eventuali dati tecnici necessari per una corretta organizzazione e conduzione dei lavori.

Tutti gli impianti dovranno inoltre essere eseguiti a perfetta regola d'arte, conformemente alle normative vigenti, nonché alle leggi, alle quali si farà riferimento per ogni eventuale contestazione tecnica e in sede di collaudo tecnico.

### 9.3 Determinazione delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti di impiego è stato eseguito in base alla seguente relazione:

$$I_b = \frac{P_d}{K_{ca} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}$$

nella quale:

-  $K_{ca} = 1$  sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;

-  $K_{ca} = 1,73$  sistema trifase, tre conduttori attivi;

Se la rete è in corrente continua in fattore di potenza  $\phi$  è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di  $I_b$  vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$P_1 = I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos \varphi - j \sin \varphi)$$

$$P_2 = I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left( \cos \left( \varphi - \frac{2\pi}{3} \right) - j \sin \left( \varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right)$$

$$P_3 = I_b \cdot e^{-j(\varphi - 4\pi/3)} = I_b \cdot \left( \cos \left( \varphi - \frac{4\pi}{3} \right) - j \sin \left( \varphi - \frac{4\pi}{3} \right) \right)$$

Il vettore della tensione  $V_n$  è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$V_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento  $P_d$  è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot \text{coeff}$$

Nella quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza  $P_n$ , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle  $P_d$  delle utenze a valle ( $\sum P_d$  a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan \varphi$$

Per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle ( $\Sigma Q_d$  a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos \varphi = \cos \left( \arctan \left( \frac{Q_n}{P_n} \right) \right)$$

#### 9.4 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 (paragrafo 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

a)  $I_b \leq I_n \leq I_z$

b)  $I_f \leq 1,45 I_z$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente  $I_b$ , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

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

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;

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente  $k$ ) sia superiore alla  $I_{z \min}$ . Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che essi abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la

portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento  $I_f$  e corrente nominale  $I_n$  minore di 1,45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 124 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere o uguale a 1,45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, quindi, protette contro le sovratensioni.

## 9.5 Integrale di joule

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la seguente relazione:

$$I^2 * t = K^2 * S^2$$

La costante  $K$  viene data dalla norma 64-8(4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però delle note che permettono, in attesa di disposizioni diverse, la loro determinazione:

I valori di  $K$  riportati dalla norma sono per i conduttori di fase:

- |  |           |
|--|-----------|
| - Cavo in rame e isolato in PVC:                             | $K = 115$ |
| - Cavo in rame e isolato in gomma G:                         | $K = 135$ |
| - Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7:   | $K = 143$ |
| - Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: | $K = 115$ |
| - Cavo in rame serie L nudo:                                 | $K = 200$ |
| - Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: | $K = 115$ |

- Cavo in rame serie H nudo:  $K = 200$
- Cavo in alluminio e isolato in PVC:  $K = 74$
- Cavo in alluminio e isolato in G, G5 – G7:  $K = 87$

I valori di  $K$  per i conduttori di protezione unipolari:

- Cavo in rame e isolato in PVC:  $K = 143$
- Cavo in rame e isolato in gomma G:  $K = 166$
- Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:  $K = 176$
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:  $K = 143$
- Cavo in rame serie L nudo:  $K = 228$
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:  $K = 143$
- Cavo in rame serie H nudo:  $K = 228$
- Cavo in alluminio e isolato in PVC:  $K = 95$
- Cavo in alluminio e isolato in G:  $K = 110$
- Cavo in alluminio e isolato in G5 – G7:  $K = 116$

I valori di  $K$  per i conduttori di protezione in cavi multipolari:

- Cavo in rame e isolato in PVC:  $K = 115$
- Cavo in rame e isolato in gomma G:  $K = 135$
- Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:  $K = 143$
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:  $K = 115$
- Cavo in rame serie L nudo:  $K = 228$
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:  $K = 115$
- Cavo in rame serie H nudo:  $K = 228$
- Cavo in alluminio e isolato in PVC:  $K = 76$
- Cavo in alluminio e isolato in G:  $K = 89$
- Cavo in alluminio e isolato in G5 – G7:  $K = 94$

## 9.6 Cadute di tensione

Il calcolo delle cadute di tensione avviene settorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi

si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportato in percentuale rispetto alla tensione nominale.

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = K_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos \varphi + X_{cavo} \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

Con:

- $k_{cdt} = 2$  per sistemi monofase;
- $k_{cdt} = 1,73$  per sistemi trifase;

I parametri  $R_{cavo}$  e  $X_{cavo}$  sono automaticamente ricavati dalla tabella UNEL in funzione al tipo di cavo (unipolare(multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 80°C, mentre il secondo è riferito a 50 Hz, ferme restando le unità di misura in  $\Omega/\text{km}$ .

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriali, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte dell'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

### 9.7 Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm<sup>2</sup>;

- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso;
- la sezione del conduttore di neutro si almeno uguale a 16 mm<sup>2</sup> se il conduttore in rame e a 25 mm<sup>2</sup> se il conduttore è in alluminio;

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm<sup>2</sup> se conduttore in rame e 25 mm<sup>2</sup> se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase.

### 9.8 Dimensionamento dei conduttori di protezione

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro;

$$\begin{array}{ll} S_f < 16\text{mm}^2 : & S_{PE} = S_f \\ 16 < S_f < 35\text{mm}^2 : & S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f < 35\text{mm}^2 : & S_{PE} = S_f / 2 \end{array}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule.

### 9.9 Calcolo dei guasti

Nel calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di corto circuito minime e massimo immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fine linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto fase terra (di simmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico);

Le correnti a valle della protezione sono individuate dalle correnti di guasto a fondo linea della utenza a monte.

### 9.10 Calcolo delle correnti massime di corto circuito

Il calcolo viene condotto nelle seguenti condizioni:

- a. tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione 1;
- b. impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20°C, partendo dalla resistenza a 80°C, data dalla tabella UNEL 35023-70, per cui esprimendola in

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left( \frac{1}{1 + (60 \cdot 0,004)} \right)$$

mΩ risulta:

Nota poi dalla stessa tabella la reattanza a 50 Hz, se  $f$  è la frequenza d'esercizio, risulta:

Possiamo sommare queste ai parametri diretti dell'utenza a monte ottenendo così

$$X_{dcavo} = \frac{X_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

l'impedenza di guasto minima a fine utenza.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{dsbarra} = \frac{R_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000}$$

$$X_{dsbarra} = \frac{X_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

La reattanza è invece:

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omeopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$R_{0cavoNeutro} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoneutro}$$

$$X_{0cavoNeutro} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Per il conduttore di protezione, invece si ottiene:

$$R_{0cavoPE} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE}$$

$$X_{0cavoPE} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Dove le resistenze  $R_{dcavoNeutro}$  e  $R_{dcavoPE}$  vengono calcolate come la  $R_{dcavo}$ .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omeopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro di ha:

$$R_{0sbarraNeutro} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro}$$

$$X_{0sbarraNeutro} = 3 \cdot X_{dsbarra}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$R_{0sbarraPE} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE}$$

$$X_{0sbarraPE} = 3 \cdot X_{anello\_guasto}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, dell'utenza a monte, espressi in mΩ:

$$R_d = R_{dcavo} + R_{dmonte}$$

$$X_d = X_{dcavo} + X_{dmonte}$$

$$R_{0Neutro} = R_{0cavoneutro} + R_{0monteNeutro}$$

$$X_{0Neutro} = X_{0cavoneutro} + X_{0monteNeutro}$$

$$R_{0PE} = R_{0cavoPE} + R_{0montePE}$$

$$X_{0PE} = X_{0cavoPE} + X_{0montePE}$$

Per le utenze in condotto sbarre basta sostituire *sbarra* a *cavo*.

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutro \min} = \frac{1}{3} \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE \min} = \frac{1}{3} \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di corto circuito trifase  $I_{k \max}$ , fase neutro  $I_{k1Neutro \max}$ , fase terra  $I_{k1PE \max}$  e bifase  $I_{k2 \max}$  espresse in kA:

$$I_{k \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} Z_{k \min}}$$

$$I_{k1Neutro \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} Z_{k1Neutro \min}}$$

$$I_{k1PE \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} Z_{k1PE \min}}$$

$$I_{k2 \max} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k \min}}$$

Infine dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti (CEI 11-25 par. 9.1.1.):

$$I_p = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max}$$

$$I_{p1Neutro} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutro \max}$$

$$I_{p1PE} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE \max}$$

$$I_{p2} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}$$

Dove:

$$K \approx 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{R_d}{X_d}}$$

### 9.11 Scelta delle protezioni

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali del conduttore e di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo la quale si dimensiona la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dell'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenze  $I_{kmax}$ ;
- taratura di intervento della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione con i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ( $I_{magmax}$ ).

### 9.12 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

Secondo la norma 64-8 par. 434.3 "caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

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

Ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione fra le curve.