



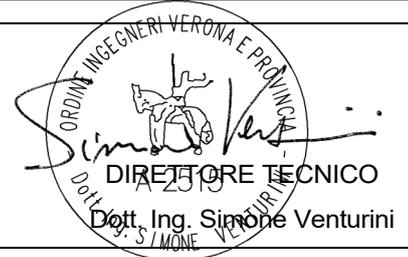
**PROGETTAZIONE DEFINITIVA E STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
PER RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE UNICA
DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA 40 MW
IN ZONA INDUSTRIALE DI PRATO SARDO NEL COMUNE DI NUORO (NU)**

PROGETTO DEFINITIVO

**NUORO
SOLAR**

COMMITTENTE:

PROGETTISTA:



TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE

ELABORATO n°:
BI029F-D-NUO-RT-15-r00

NOME FILE:

SCALA: ----

DATA: Giugno 2023

REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
	00	Giugno 2023	Prima Emissione	E. Guiot	M. Sandri	S. Venturini
	01					
	02					
	03					
04						

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 1
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

SOMMARIO

1.	PREMESSA	4
2.	INTRODUZIONE.....	6
3.	SIGLE, ABBREVIAZIONI E DEFINIZIONI.....	8
4.	LEGGI, NORME E GUIDE DI RIFERIMENTO.....	10
4.1.	UNIFICAZIONE TERNA ED ENEL.....	10
4.2.	LEGGI	10
4.3.	NORME TECNICHE	12
4.3.1.	<i>NORME CEI/UNI.....</i>	<i>12</i>
4.3.2.	<i>NORME TECNICHE DIVERSE</i>	<i>14</i>
4.4.	PRESCRIZIONI DA ENTI.....	15
5.	INQUADRAMENTO DELLE OPERE.....	16
5.1.	GENERALITA'	16
5.2.	CONDIZIONI GENERALI DI PROGETTO.....	16
6.	CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI AT, MT	18
6.1.	VALUTAZIONI SULLA POTENZA REATTIVA SCAMBIATA CON LA RTN	18
6.2.	CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO.....	21
6.2.1.	<i>CORTO CIRCUITO 3FASE AL NODO MT DI SSE UTENTE.....</i>	<i>23</i>
6.2.2.	<i>CORTO CIRCUITO FASE-TERRA AL NODO MT DI SSE UTENTE</i>	<i>24</i>
6.2.3.	<i>CORTO CIRCUITO TRIFASE AL NODO AT DI SSE UTENTE.....</i>	<i>25</i>
7.	APPARECCHIATURE E SISTEMI PER ALTA E MEDIA TENSIONE.....	26
7.1.	LINEA IN CAVO PER CONNESSIONE ALLA CP e-distribuzione	26
7.2.	TRASFORMATORE AT/MT	27
7.3.	APPARECCHIATURE DI AT IN SOTTOSTAZIONE UTENTE.....	27
7.4.	APPARECCHIATURE DI MT IN SOTTOSTAZIONE UTENTE.....	28
8.	DIMENSIONAMENTO IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE	29
8.1.	ILLUMINAZIONE ESTERNA.....	29
8.2.	ILLUMINAZIONE INTERNA.....	29
9.	DIMENSIONAMENTO DISPENSORE DI TERRA PRIMARIA	31
9.1.	SIGLE E TERMINI	31
9.2.	CRITERI ADOTTATI	33
9.3.	DIMENSIONAMENTO TERMICO	33
9.4.	DIMENSIONAMENTO GEOMETRICO	34
9.5.	SOFTWARE ADOTTATO	35
9.6.	DATI	37
9.6.1.	<i>DATI AMBIENTALI</i>	<i>37</i>

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 2
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

9.6.2. DATI ELETTRICI.....	38
9.6.3. DATI MEZZO DISPERDENTE	39
9.6.4. DATI GEOMETRICI DISPERSORE	39
9.7. IMPIANTO DI TERRA SECONDARIA.....	41
9.8. LIMITI AMMESSI DALLE NORME	41
9.9. CALCOLI	42
9.9.1. DIMENSIONAMENTO TERMICO	42
9.9.2. RESISTENZA DI TERRA E POTENZIALI SUPERFICIALI.....	45
9.9.3. TENSIONI DI CONTATTO E PASSO.....	49
9.10. CONCLUSIONI	54
10. CAMPI ELETTRICI ED ELETTROMAGNETICI	55
11. ALLEGATI	Errore. Il segnalibro non è definito.

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Planimetria generale di progetto.....	5
Figura 2 – Modello della rete AT/MT/bt ottenuto con il software NEPLAN©	19
Figura 3 – Curva di capability P,Q dell’inverter Huawei 330KTL-H1	20
Figura 4 – Curva di capability al PdC dell’impianto, confrontata con quella richiesta dall’Allegato A.68 al CdR.....	21
Figura 5 - Diagramma di flusso di XGSLab	36
Figura 6 - Distribuzione temperature nell’arco dell’anno a Olbia.....	37
Figura 7 - Relazione tra indice di congelamento e massima profondità di congelamento del terreno.....	38
Figura 8 - Layout del sistema disperdente.....	40
Figura 9 - Distribuzione della corrente dispersa	46
Figura 10 - Distribuzione della corrente longitudinale	46
Figura 11 - Distribuzione dei potenziali	47
Figura 12 - Distribuzione dei potenziali superficiali di terra (rappresentazione 3D).....	47
Figura 13 - Distribuzione dei potenziali superficiali di terra (curve di livello equipotenziali).....	48
Figura 14 - Confronto tra tensioni di contatto e di passo ed i relativi limiti ammessi	49
Figura 15 - Distribuzione delle tensioni di contatto (rappresentazione 2D)	50
Figura 16 - Distribuzione delle tensioni di passo (rappresentazione 2D).....	50
Figura 17 - Confronto tra tensioni di contatto e di passo ed i relativi limiti ammessi considerando lo strato superficiale.....	51
Figura 18 - Distribuzione delle tensioni di contatto considerando lo strato superficiale (rappresentazione 2D)	52

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 3
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Figura 19 - Distribuzione delle tensioni di passo considerando lo strato superficiale (rappresentazione 2D)	52
Figura 20 - Direttrice di calcolo	53
Figura 21 - Tensioni di contatto e di passo lungo la direttrice di calcolo considerando lo strato superficiale	53

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 4
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

1. PREMESSA

Il progetto in esame è relativo alla realizzazione e messa in esercizio di un impianto agrivoltaico, ovvero un sistema innovativo in cui si implementano la produzione di energia mediante fonti rinnovabili (solare) e la produzione agricola per la generazione di energia elettrica, comprensivo delle opere di connessione, nel territorio comunale di Nuoro (NU) in Sardegna, in prossimità della zona industriale “Prato Sardo”, per una potenza nominale installata pari a circa 42 MWp DC ed una potenza in immissione pari a circa 37 MVA AC, con rapporto DC/AC di circa 1,15.

L’energia elettrica sarà prodotta da moduli fotovoltaici bifacciali montati su strutture ad inseguimento mono assiale in acciaio. L’impianto sarà installato in parte in area di tipo industriale che permette un raffittimento delle strutture ad inseguimento e in parte in area di tipo agricolo. Tutta l’energia elettrica prodotta, al netto dei consumi dei servizi ausiliari, verrà ceduta alla rete.

La stessa energia sarà raccolta all’interno dell’area d’impianto attraverso una rete diffusa di cavi interrati in media tensione da 30kV, collegati alla sottostazione elettrica lato utente, e trasformata a 150kV per la connessione via cavo alla vicina cabina primaria di e-distribuzione da 30/150 kV.

La progettazione dell’opera è stata sviluppata tenendo in considerazione una serie di criteri sociali, ambientali e territoriali, che hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell’ambito territoriale considerato nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell’ambiente, della protezione della salute umana e dell’utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

L’energia elettrica prodotta dall’impianto concorrerà al raggiungimento dell’obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall’Italia.

L’impianto è stato studiato e progettato comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

- minimizzare l’interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- evitare, per quanto possibile, l’interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- minimizzare l’interessamento di aree soggette a dissesto geomorfologico;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l’affidabilità della fornitura di energia;
- permettere il regolare esercizio e la manutenzione dell’impianto.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 5
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

L'obiettivo del progetto è quello di creare un sistema in cui l'attività agricola non solo si integra nel sistema di produzione di energia elettrica, ma che l'impianto nel suo insieme si integri perfettamente con l'ambiente dal punto di vista paesaggistico. Il fine è pertanto quello di creare un contesto armonioso con la natura e l'ambiente ospitante.

Ciò consente di preservare per l'area agricola, la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione, garantendo, al contempo, una buona produzione energetica da fonti rinnovabili, mentre per l'area industriale, massimizzare la produzione annua. Anche il piano culturale è stato appositamente studiato considerando non solo la situazione preesistente e le annesse culture, ma anche integrando soluzioni agricole e di allevamento ad hoc che si inseriscono perfettamente nel contesto rurale, apportando valore aggiunto e migliore destinazione di uso delle aree. In questo contesto lo studio degli spazi di manovra per le macchine agricole è stato realizzato considerando le esigenze tipiche del mondo agricolo e nel rispetto della morfologia del territorio, oltre che alle esigenze legate alle manutenzioni e gestioni dell'impianto agrivoltaico.

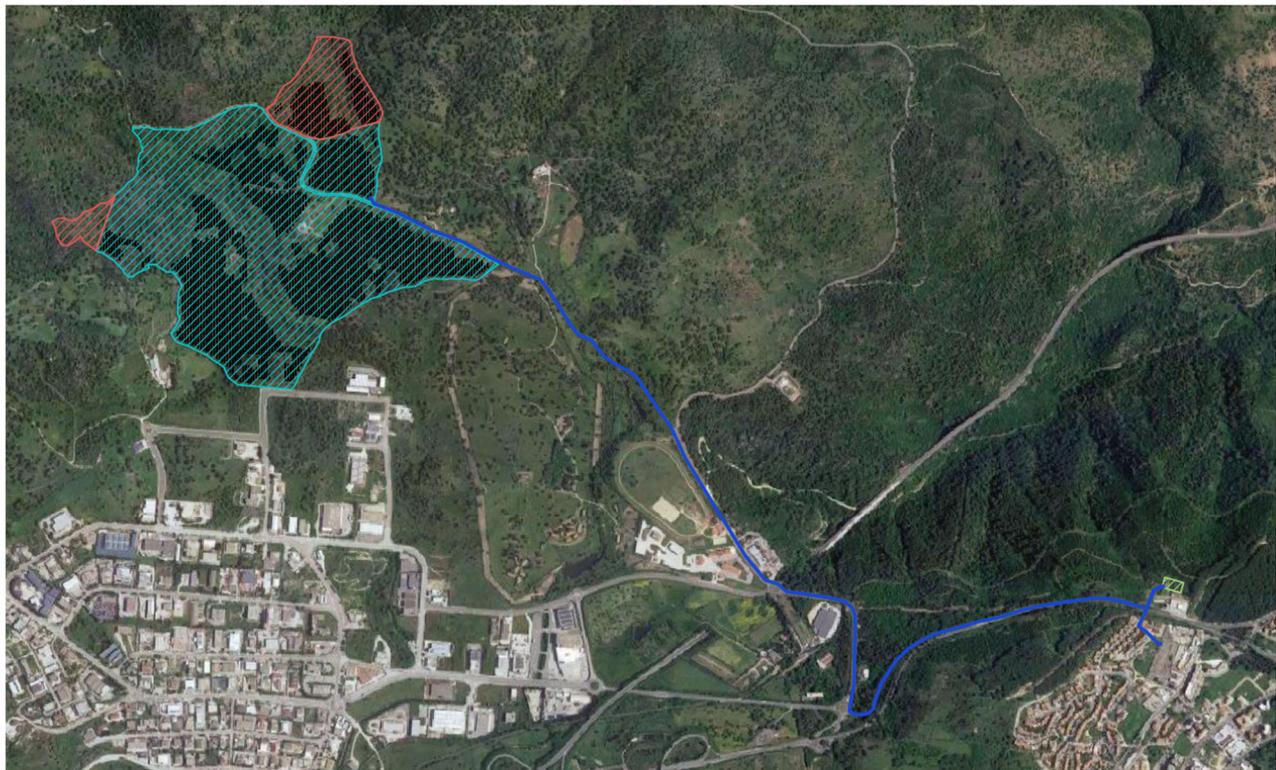


Figura 1 – Planimetria generale di progetto

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 6
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

2. INTRODUZIONE

La società Nuoro Solar Srl ha intrapreso l’iniziativa di realizzazione di un impianto di generazione da fonte rinnovabile (fotovoltaica) per una potenza complessiva di 37.200,00 kWac a fronte di 42.291,90 kWp, da ubicare nel Comune di Nuoro (NU).

Le Società e-distribuzione e TERNA hanno elaborato per Nuoro Solar Srl la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) per l’allacciamento alla RTN, ai sensi dell’art.1 dell’allegato A alla deliberazione ARG/ELT/99/08 dell’Autorità di Regolazione per Energia, Reti, Ambiente (ARERA) e ss.mm.ii, la quale prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 150 kV (Impianto di Utenza per la Connessione) su un nuovo stallo di linea AT nella Cabina Primaria (CP) “Biscollai” a 150 kV situata nel comune di Nuoro.

Per tale connessione è necessaria una linea in cavo AT di lunghezza pari a circa 300m tra la CP e la sottostazione utente.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati di calcoli preliminari eseguiti nello sviluppo del progetto definitivo degli impianti tecnologici e delle opere elettromeccaniche della SSE utente per la connessione dell’impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a 150 kV.

Gli impianti oggetto della progettazione sono quelli di seguito elencati:

- Linea elettrica AT in cavo a 150kV
- Sezione AT composta da:
 - o N. 1 stallo AT di connessione alla rete, composto da sezionatore, TV-I, TA, interruttore, scaricatori di sovratensione
 - o N. 1 trasformatore 150/30kV di taglia 40/50 MVA ONAN / ONAF
- Dispersore di terra primaria
- Quadro di MT per distribuzione primaria
- Trasformatore MT/bt e quadri in AC e DC per servizi ausiliari
- Sistema raddrizzatori carica batterie e batterie per alimentazione servizi ausiliari in DC
- Quadri e sistemi di protezione della rete di AT e di MT
- Quadro di supervisione e controllo dell’intero sistema
- Impianti luce, FM, rivelazione fumi, controllo accessi, TVCC, climatizzazione asserviti all’edificio e all’area esterna della SSE

I criteri alla base della progettazione degli impianti in oggetto si possono così elencare:

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 7
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

- A. Sicurezza degli operatori, degli utenti e degli impianti
- B. Semplicità ed economia di manutenzione
- C. Uniformità di apparecchiature ed impianti con quelli analoghi già esistenti e gestiti dal Committente
- D. Scelta di apparecchiature improntata a criteri di elevata qualità, semplicità e robustezza, per sostenere le condizioni di lavoro più gravose
- E. Affidabilità degli impianti e massima continuità di servizio

Per quanto attiene le descrizioni dell'intervento ed il dettaglio sullo stesso, si rinvia alla relazione tecnica descrittiva BI026F-D-NU00-IMP-RT e agli altri elaborati di progetto.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 8
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

3. SIGLE, ABBREVIAZIONI E DEFINIZIONI

Le sigle ed abbreviazioni utilizzate nella presente relazione sono di seguito elencate (in ordine alfabetico):

- AC Corrente alternata
- ARERA Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente
- AT Simbolo generico di “Sistema di alta tensione in c.a.” (a 150 kV nella fattispecie)
- BESS Battery Energy Storage System
- BT o bt Simbolo generico di “Sistema di bassa tensione in c.a.”
- CA Continuità assoluta
- CEI Comitato Elettrotecnico Italiano
- CP Cabina Primaria
- CSA Capitolato Speciale di Appalto
- CSC Commutatore Sotto Carico del trasformatore (altresi chiamato VSC)
- DC Corrente continua
- DL Direzione dei Lavori, generale o specifica (Operativa)
- FM Forza Motrice
- IED Intelligent Electronic Device (apparati, protezioni, dispositivi connessi alla rete Ethernet in protocollo IEC 61850)
- IMQ Istituto Italiano per il Marchio di Qualità
- MAI Mancata Apertura Interruttore
- MT Simbolo generico di “Sistema di media tensione in c.a.” (30 kV nella fattispecie)
- PEI Indice di efficienza di picco - Tabella 1.7 del Regolamento (UE) n. 548/2014
- PRFV Plastica rinforzata con fibre di vetro (vetroresina)
- PV Fotovoltaico (Photovoltaic)
- RTN Rete di Trasmissione Nazionale
- SE / SSE Stazione / Sottostazione Elettrica
- ST Specifica Tecnica

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 9
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

- STMG Soluzione Tecnica Minima Generale
- TERNA Proprietario e gestore della Rete di Trasmissione Nazionale
- TLC Telecomunicazioni
- TV-C Trasformatori di tensione Capacitivi
- TV-I Trasformatori di tensione Induttivi
- u.f. Unità Funzionale
- VSC Variatore Sotto Carico (del Trasformatore AT/MT). In alternativa, potrà essere chiamato CSC (Commutatore Sotto Carico)

Eventuali altri acronimi potranno essere introdotti solo dopo che siano stati definiti, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 10
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

4. LEGGI, NORME E GUIDE DI RIFERIMENTO

In questo capitolo si riportano i principali riferimenti normativi da prendere in considerazione per la progettazione, la costruzione e l'esercizio dell'intervento oggetto del presente documento. Altre norme specifiche di prodotto potranno essere richiamate nelle relative specifiche tecniche.

4.1. UNIFICAZIONE TERNA ED ENEL

Si è fatto riferimento ai documenti più recenti dell'Unificazione TERNA sulle sottostazioni elettriche. Ciò allo scopo di garantire la realizzazione di un'opera in linea con i più moderni standard, specifici per il tipo di opera trattata.

4.2. LEGGI

- DL n. 37 del 22/01/08 – Regolamento sul riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici
- Legge 10/91 per il contenimento dei consumi energetici e relativo regolamento di attuazione DPR 412/93 integrato dal 551/99, dal 192/05 e dal 311/06
- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici"
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia" e ss.mm.ii.
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità" e ss.mm.ii
- Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" come modificato dalla [Legge 11 febbraio 2005, n. 15](#), dal [Decreto legge 14 marzo 2005, n. 35](#) e dalla [Legge 2 aprile 2007, n. 40](#)

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 11
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137"
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005 "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42"
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato"
- O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003 Costruzioni in zona sismica
- D.M. 14 Gennaio 2008. Nuove Norme Tecniche per le costruzioni
- D.M 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018
- D.M. 03.12.1987 Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate
- CNR 10025/98 Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo
- D.lgs n. 192 del 19 agosto 2005 Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia
- D.Lgs. n° 81 del 2008 "Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" (c.d. "Testo Unico sulla Sicurezza")
- D.Lgs. n° 106 del 3 agosto 2009 recante "Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- L 818 del 07.12.1984 e s.m.i.: Prevenzione incendi

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 12
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

4.3. NORME TECNICHE

4.3.1. NORME CEI/UNI

- 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 99-2 (CEI EN 61936-1) Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni
- CEI 99-3 (CEI EN 50522) Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI EN 60909-0 Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata - Parte 0: Calcolo delle correnti
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”
- CEI EN 60865-1 “Correnti di cortocircuito – Calcolo degli effetti – Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo”
- 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 1500 V in corrente continua”
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana"
- CEI 106-11, “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”
- CEI 36-12, “Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V”
- CEI EN 60076-1, “Trasformatori di potenza”, Parte 1: Generalità
- CEI EN 60076-2, “Trasformatori di potenza Riscaldamento”, Parte 2: Riscaldamento
- CEI EN 60137, “Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1000 V”
- CEI EN 60721-3-4, “Classificazioni delle condizioni ambientali”, Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 4: Uso in posizione fissa in luoghi non protetti dalle intemperie

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 13
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

- CEI EN 60721-3-3, “Classificazioni delle condizioni ambientali e loro severità”, Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 3: Uso in posizione fissa in luoghi protetti dalle intemperie
- CEI EN 60068-3-3, “Prove climatiche e meccaniche fondamentali”, Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature
- CEI EN 60099-4, “Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata”, Parte 4: Scaricatori ad ossido metallico senza spinterometri per reti elettriche a corrente alternata
- CEI EN 60129, “Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000 V”
- CEI EN 60529, “Gradi di protezione degli involucri”
- CEI EN 62271-100, “Apparecchiatura ad alta tensione”, Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione
- CEI EN 62271-102, “Apparecchiatura ad alta tensione”, Parte 102 : Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione
- IEC 61869-1 Instrument transformers - Part 1: General requirements
- IEC 61869-2 Instrument transformers - Part 2: Additional requirements for current transformers
- IEC 61869-3 Instrument transformers - Part 3: Additional requirements for inductive voltage transformers
- CEI EN 60694, “Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione”
- CEI EN 61000-6-2, “Compatibilità elettromagnetica (EMC)”, Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali
- CEI EN 61000-6-4, “Compatibilità elettromagnetica (EMC)”, Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali
- UNI EN 54, “Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio”
- UNI 9795, “Sistemi automatici di rilevazione e di segnalazione manuale d'incendio”
- UNI EN 12464-1 “Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 1: Posto di lavoro in interni”
- UNI EN 12464-2 “Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: posti di lavoro in esterno”
- Norma UNI EN 40 - Norme relative ai pali per illuminazione pubblica

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 14
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

- Norma UNI 10819 – Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso
- UNI EN 1838: “Applicazioni illuminotecniche - Illuminazione di emergenza”
- UNI EN 10380: “Illuminazione di interni con luce artificiale”

4.3.2. *NORME TECNICHE DIVERSE*

- IEC 61850 Communication networks and systems for power utility automation (tutte le parti)
- TERNA: Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete (Codice di Rete)
- Allegato A.3 al Codice di Rete: Requisiti e caratteristiche di riferimento di stazioni e linee elettriche della RTN
- Allegato A.4 al Codice di Rete: Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV
- Allegato A.5 al Codice di Rete: Criteri di automazione delle stazioni a tensione uguale o superiore a 120 kV
- Allegato A.6 al Codice di Rete: Criteri di telecontrollo e di acquisizione dati
- Allegato A.8 al Codice di Rete: Correnti di corto circuito e tempo di eliminazione dei guasti negli impianti delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV
- Allegato A.9 al Codice di Rete: Piano di difesa del sistema elettrico
- Allegato A.11 al Codice di Rete: Criteri generali di taratura delle protezioni delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV
- Allegato A.13 al Codice di Rete: Criteri di connessione al sistema di controllo di Terna
- Allegato A.45 al Codice di Rete: Specifica tecnica funzionale e realizzativa delle apparecchiature di misura
- Allegato A.46 al Codice di Rete: Specifica tecnica realizzativa del sistema di acquisizione principale delle misure di energia elettrica
- Allegato A.47 al Codice di Rete: Specifica tecnica di prova delle apparecchiature di misura
- Allegato A.52 al Codice di Rete: Unità periferica dei sistemi di difesa e monitoraggio (UPDM) specifiche funzionali e di comunicazione
- Allegato A.68 al Codice di Rete: Centrali Fotovoltaiche - Condizioni generali di connessione alle reti AT - Sistemi di protezione regolazione e controllo

 TERNA	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 15
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

- Allegato A.69 al Codice di Rete: Criteri di connessione degli impianti di produzione al sistema di difesa di TERNA
- ENEL: Linea guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche

4.4. PRESCRIZIONI DA ENTI

- STMG: Soluzione Tecnica Minima Generale allegata a preventivo di connessione emesso da e-distribuzione e da TERNA il 13/08/2021

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 16
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

5. INQUADRAMENTO DELLE OPERE

5.1. GENERALITA'

La sottostazione utente per la connessione alla RTN dell'impianto fotovoltaico sarà situata in comune di Nuoro (NU), in via Antonio Cambuso, nelle immediate vicinanze dell'esistente Cabina Primaria "Biscollai" di e-distribuzione.

5.2. CONDIZIONI GENERALI DI PROGETTO

- Comune di: Nuoro (NU)
- Altitudine: 546 m s.l.m.
- Zona climatica: D 1602°giorno
- Latitudine: N 40.3225°
- Longitudine: E 9.335°
- Temperatura esterna massima estiva: 31°C (Norma UNI 10349/2016)
- Temperatura interna massima estiva nei locali condizionati: 25°C +/- 2°C
- Temperatura esterna invernale di progetto: 0°C
- Riduzione per edificio in zona isolata: -2°C

Condizioni ambientali:

- Installazione: all'aperto in zona agricola, con salinità normale;
- Temperatura dell'aria compresa fra -25°C e +40°C;

Tensione nominale (massima) del sistema:

- 150 (170) kV – 50Hz per il sistema in AT
- 30(36) kV – 50Hz per il sistema in MT

Livelli di isolamento del sistema:

- 325kV_{rms}/750kV_{peak} per il sistema a 150 (170) kV (AT)
- 705kV_{rms}/145kV_{peak} per il sistema a 30(36) kV (MT)

Correnti di corto circuito di dimensionamento:

- 31.5kA_{rms} x 1s a 150 kV
- 16kA_{rms} x 1s a 30kV

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 17
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Energia per servizi ausiliari:

- 400/230Vac – 50Hz
- 110Vdc

6. CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI AT, MT

6.1. VALUTAZIONI SULLA POTENZA REATTIVA SCAMBIATA CON LA RTN

In accordo con quanto richiesto nell'Allegato A.68 al CdR, un impianto fotovoltaico deve essere in grado di scambiare potenza reattiva con la RTN al punto di connessione, entro limiti definiti dalla curva riportata in fig. 4 dello stesso allegato e qui riproposta

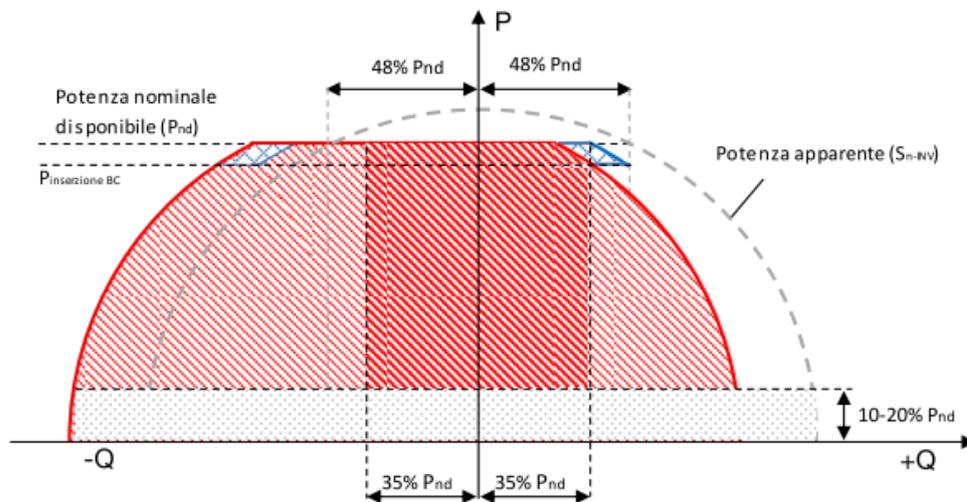


Fig. 4 – Curva capability P/Q della Centrale Fotovoltaica al Punto di Connessione AT alla tensione nominale V_n

In particolare, l'area che obbligatoriamente deve essere coperta con la potenza reattiva prodotta / assorbita dall'impianto è quella di colore rosso scuro. La potenza reattiva sarà scambiata innanzitutto per opportuna regolazione degli inverter dell'impianto fotovoltaico e contribuiranno poi alla sua determinazione anche le lunghe linee MT in cavo piuttosto che il trasformatore AT/MT. Nel caso in cui non si riesca a coprire l'area rosso scuro, sarà necessario ricorrere a mezzi di compensazione della potenza reattiva (banchi di condensatori piuttosto che reattori).

Per una valutazione della potenza reattiva scambiata con la RTN si procede come di seguito esplicitato:

- viene creato un modello della rete, dalla rappresentazione di un equivalente della RTN al nodo a 132kV fino agli inverter fotovoltaici (o a una rappresentazione aggregata degli stessi). In particolare, devono essere rappresentati, oltre agli inverter, le linee in cavo MT ed il trasformatore AT/MT. Ne deriva il modello di cui alla Figura 2, ottenuto con apposito software di calcolo (NEPLAN[®] ver. 10.9.3.0), con il quale sono stati eseguiti i calcoli di load flow di seguito descritti;

- si caratterizza ciascun inverter con la curva di capability P,Q. Per gli inverter utilizzati si è dedotta la curva rappresentata in Figura 3. L'inverter ha una potenza nominale di 300kW, alla quale è in grado di fornire / assorbire potenza reattiva per circa 137.5kvar ($\cos\varphi = 0.91$) ed un $\cos\varphi$ regolabile tra 0.8a e 0.8r;

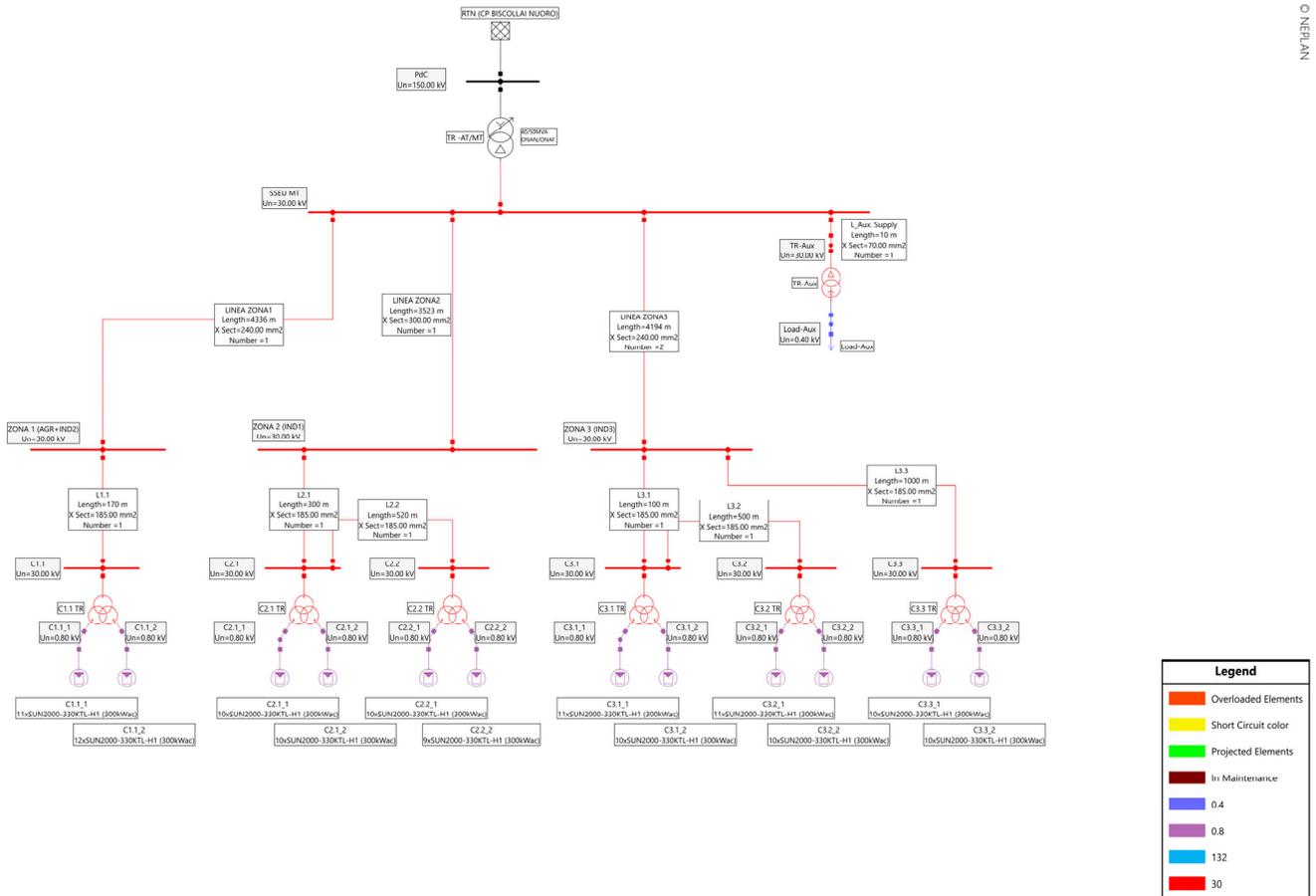


Figura 2 – Modello della rete AT/MT/bt ottenuto con il software NEPLAN©

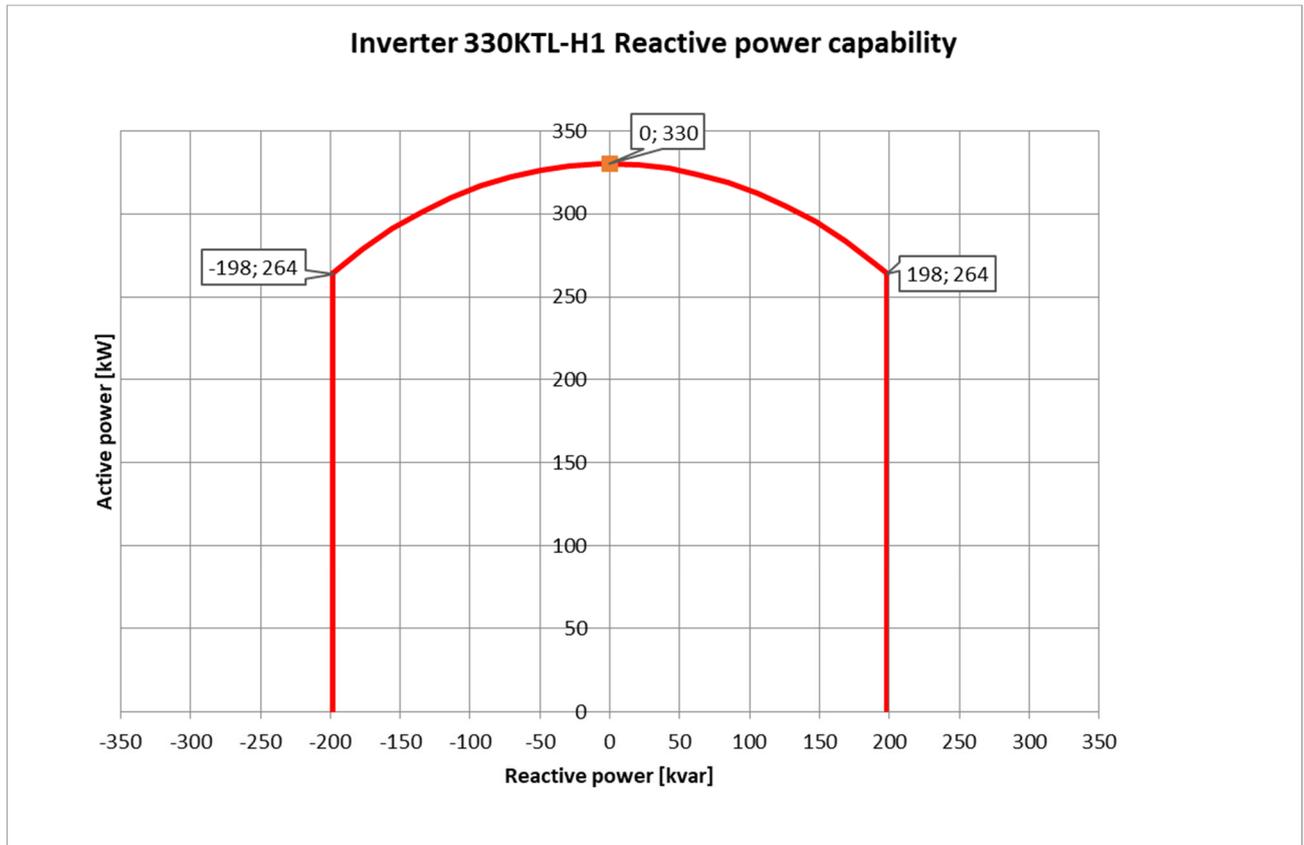


Figura 3 – Curva di capability P,Q dell'inverter Huawei 330KTL-H1

- viene condotta poi una serie di calcoli di load flow a diversi punti della capability degli inverter, compresi tra una $P=0$ ed una $P=300\text{kW}$, registrando lo scambio di potenza reattiva con la rete, al lordo del contributo alla potenza reattiva fornito dalle capacità delle lunghe linee in cavo e al netto della potenza reattiva richiesta dalle linee stesse e dal trasformatore AT/MT. Ne deriva la curva rappresentata in blu in Figura 4.

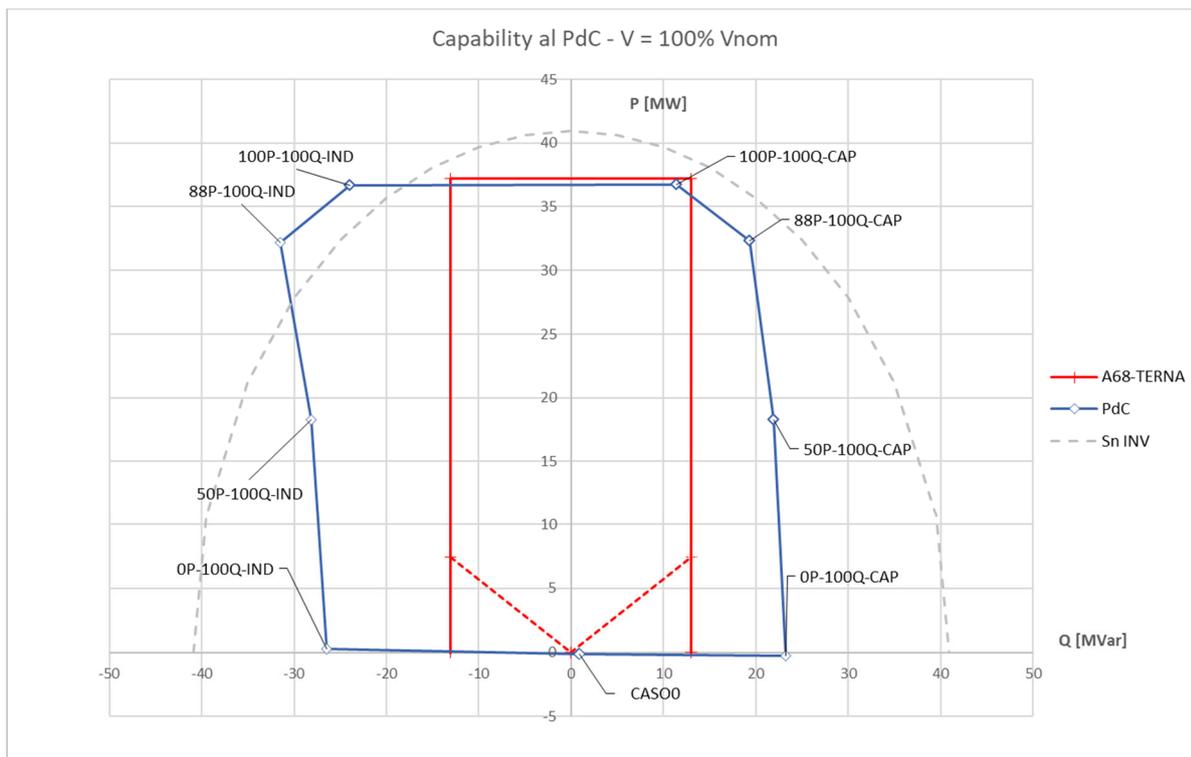


Figura 4 – Curva di capability al PdC dell’impianto, confrontata con quella richiesta dall’Allegato A.68 al CdR

La curva di capability dell’impianto viene messa a confronto con quella richiesta dall’Allegato A.68 al CdR e rappresentata in questo in Figura 4.

Dal confronto si nota come l’impianto sia in grado di fornire/assorbire la potenza reattiva richiesta. La regione della curva rossa non coperta dalla curva blu è dovuta al fatto che ci saranno inevitabilmente delle perdite in rete, per cui l’impianto non sarà in grado di fornire l’intera Pnd al PdC.

6.2. CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Con lo stesso modello di rete nel software NEPLAN[®] sono stati eseguiti calcoli delle correnti di corto circuito al nodo MT di sottostazione, con alimentazione da RTN e dall’impianto fotovoltaico, in accordo alla normativa CEI EN 60909-0.

Il significato dei simboli indicati negli schemi con i risultati è il seguente, in accordo alla simbologia riportata dalla Normativa:

Simbolo	Significato
$I_{k''}$ (L1, L2, L3)	Modulo della corrente di corto circuito subtransitoria nelle tre fasi (kA)

Simbolo	Significato
ip (L1, L2, L3)	Corrente di picco nelle tre fasi (kA)
Ik (L1, L2, L3)	Modulo della corrente di corto circuito permanente nelle tre fasi (kA)
Ith (L1, L2, L3)	Corrente termica nelle tre fasi (a t = 1 s) (kA)

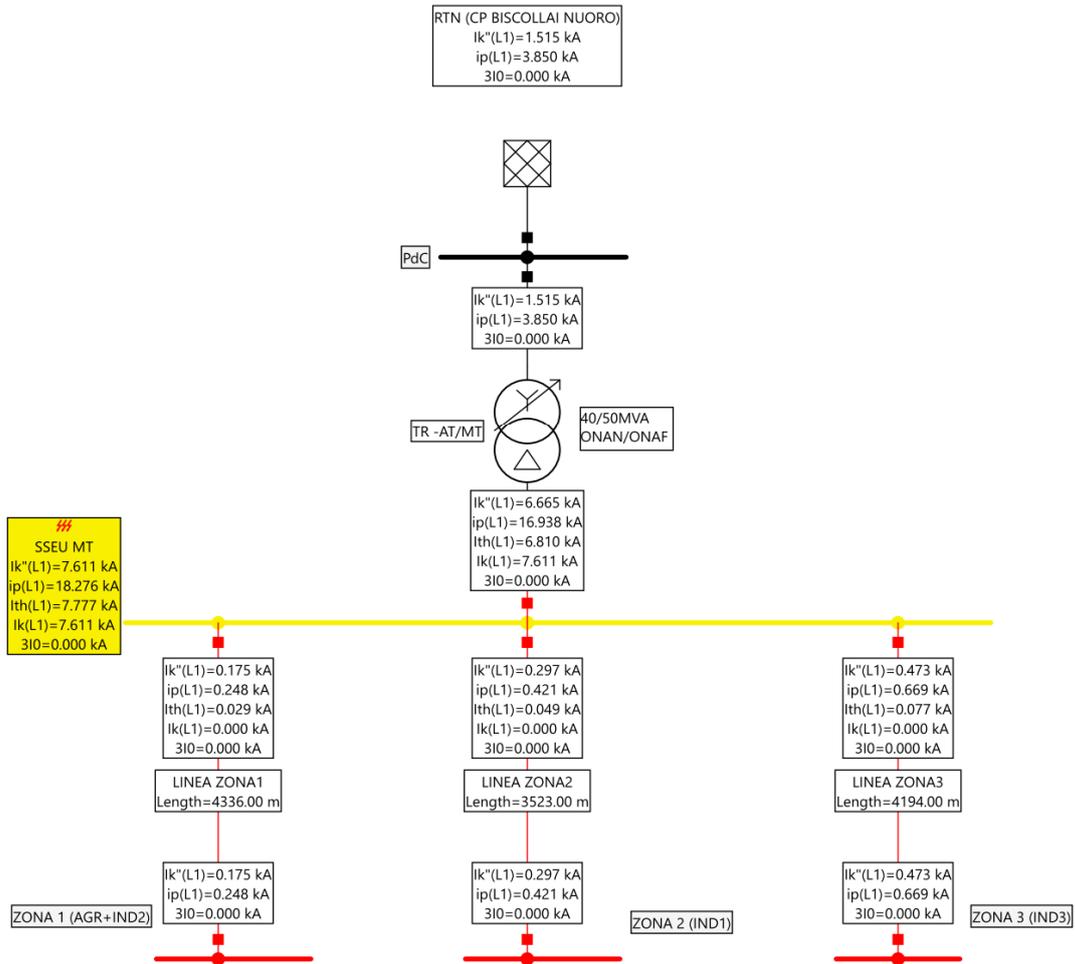
I valori di corrente di corto circuito nel nodo di connessione dell'impianto alla RTN, non ancora ufficiali e pertanto ipotizzati sulla base di quanto deducibile per nodi vicini dal documento "Valori minimi e massimi convenzionali della corrente di cortocircuito e della potenza di cortocircuito della rete rilevante con tensione 380-220-150-132 kV - Anno 2021" emesso da TERNA:

Valori massimi nelle condizioni ordinarie di esercizio				
Nodo	Livello di tensione	Icc Trifase	Icc Monofase	Rapporto R/X (*)
Nuoro	150 kV	6.471 kA	4.811 kA	0.15

(*) Ipotizzato

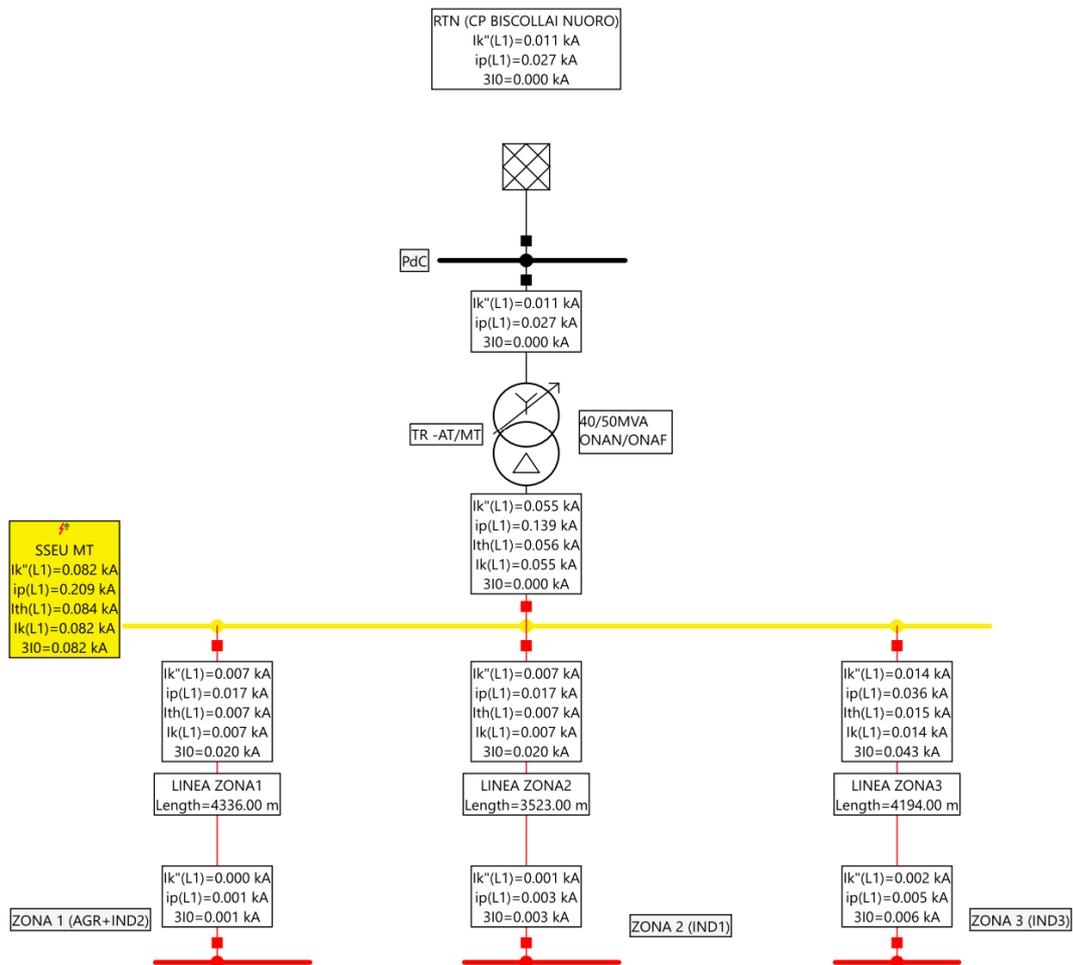
Con tali valori è caratterizzato il feeder equivalente al nodo a 150kV nel modello di calcolo della rete allo studio.

6.2.1. CORTO CIRCUITO 3FASE AL NODO MT DI SSE UTENTE



La corrente di guasto trifase totale al nodo MT è circa pari a 8kA, con un contributo di circa 945A proveniente dall'impianto fotovoltaico.

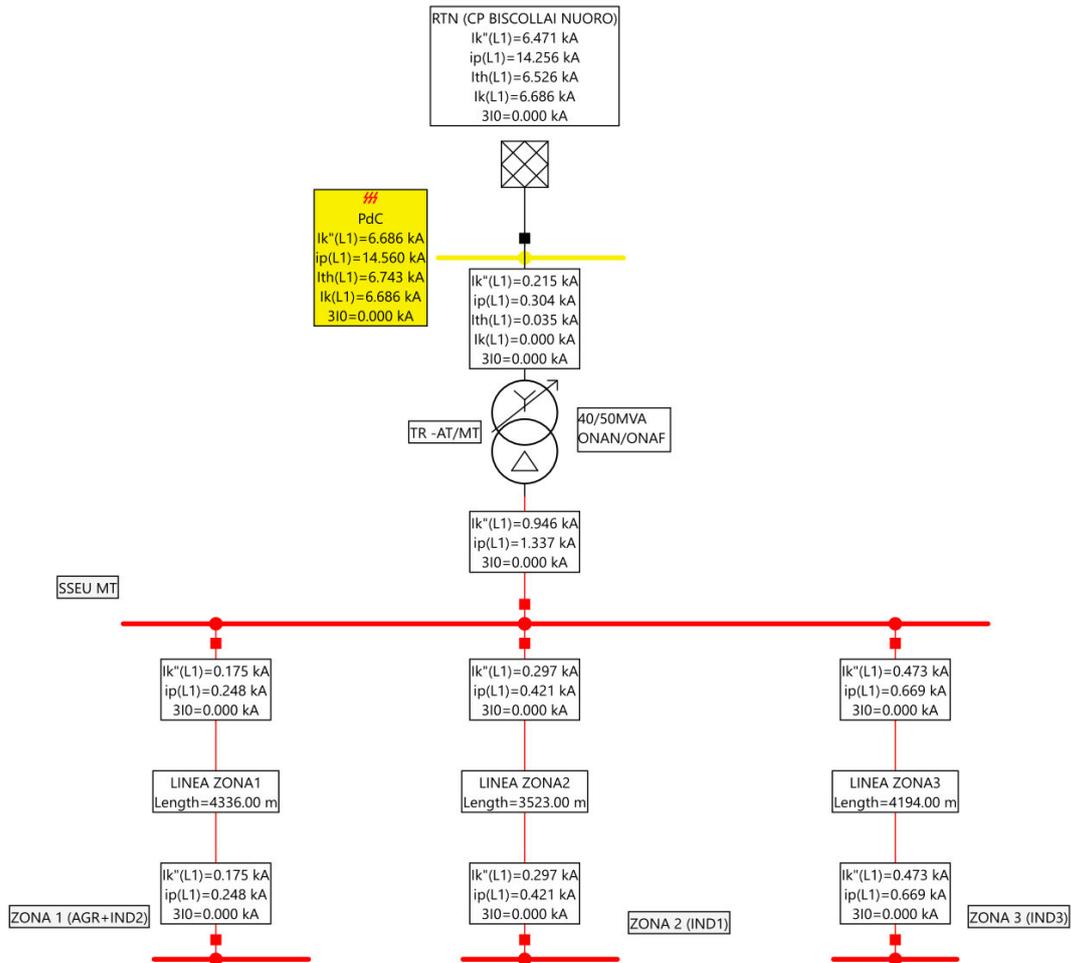
6.2.2. CORTO CIRCUITO FASE-TERRA AL NODO MT DI SSE UTENTE



La corrente di guasto fase-terra totale al nodo MT è pari a 64A, di natura capacitiva e interamente proveniente dalle linee MT, sia quelle derivate alla sbarra e collegate all'impianto fotovoltaico, sia quelle interne ai tre sottocampi.

6.2.3. CORTO CIRCUITO TRIFASE AL NODO AT DI SSE UTENTE

Per definire il contributo dell'impianto fotovoltaico nel caso di corto circuito trifase al nodo a 132kV di connessione con la RTN, viene calcolato il guasto al nodo stesso.



Il contributo è di 215A.

7. APPARECCHIATURE E SISTEMI PER ALTA E MEDIA TENSIONE

7.1. LINEA IN CAVO PER CONNESSIONE ALLA CP e-distribuzione

Dalla sottostazione utente sarà previsto un collegamento in cavo AT a 150 kV verso la vicina Cabina Primaria "Biscollai" di e-distribuzione. La linea costituisce impianto di utenza per la connessione.

Le caratteristiche del cavo previsto sono di seguito riportate:

Cavo AT	
<i>Tipo</i>	ARE4H5E 87/150 kV
<i>Materiale conduttore</i>	Alluminio
<i>Materiale schermo</i>	Alluminio
<i>Formazione</i>	3 x 1 x 630 mm ²
<i>Lunghezza</i>	300 m
<i>Forma</i>	Circolare
<i>Diametro conduttore</i>	3.5 mm
<i>Spessore isolante XLPE</i>	17.5 mm
<i>Spessore guaina PE</i>	4.5 mm
<i>Diametro esterno totale</i>	87.7 mm
<i>Peso del cavo</i>	7.1 kg/m
<i>Max resistenza DC del cond. a 20 °C</i>	0.0469 Ohm/km
<i>Capacità</i>	210 nF/km
<i>Tenuta al corto circuito</i>	31.5kA x 0.5s
<i>Portata</i>	700 A (posa interrata)

Data la brevità del tratto, si prevede una messa a terra dello schermo da un solo lato (Single Point Bonding). Si prevede un collegamento tramite cavo RG7R 0.6/1kV 1x240mm² tra i due punti estremi di messa a terra, in modo da ottimizzare l'impedenza alla sequenza zero del cavo.

La posa sarà in parte interrata, entro scavo, in parte entro tubi in corrispondenza agli attraversamenti della strada.

Si rimanda all'elaborato BI026F-D-NUO-SSEE-06 per i dettagli relativi alla posa.

I cavi saranno terminati in ciascuna sottostazione con una terna di terminali antideflagranti per esterno per cavo estruso.

7.2. TRASFORMATORE AT/MT

Il trasformatore AT/MT avrà le seguenti caratteristiche:

Trasformatore AT/MT	
Potenza nominale	40/50 MVA
Raffreddamento	ONAN/ONAF
Vn1	150 kV $\pm 10 \times 1.5$ %
Vn2	30 kV
Zcc %	12% @ 50MVA (ONAF)
Gruppo	YNd11
Isolatori passanti	Olio / Aria
PEI	≥ 99.742 (Fase 2)

La taglia è giustificata dalla potenza massima erogabile in AC dall'impianto fotovoltaico, pari a 37.2MW / 40.92MVA (somma delle taglie degli inverter installati).

7.3. APPARECCHIATURE DI AT IN SOTTOSTAZIONE UTENTE

La corrente transitante a massima potenza esportata dall'impianto, calcolata alla minima tensione ammissibile in rete, è pari a:

$$I_{max} = \frac{40.920MVA}{\sqrt{3} \cdot 150kV \cdot 0.9} = 175A$$

pertanto le apparecchiature saranno commisurate innanzitutto a tale corrente, la quale tuttavia è sufficientemente inferiore alle normali taglie commerciali (tipicamente 1250-2000A) di interruttori e sezionatori AT.

I TA saranno invece scelti su una taglia superiore a 175A, con riferimento inoltre alla capacità di non saturare in caso di corto circuito. Si propongono quindi TA con rapporto 200-400/5A.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 28
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Il trasformatore sarà protetto da scaricatori di sovratensione commisurati alla tensione nominale del sistema e ai livelli di isolamento fissati.

7.4. APPARECCHIATURE DI MT IN SOTTOSTAZIONE UTENTE

La corrente transitante a massima potenza esportata dall'impianto, calcolata alla minima tensione ammissibile in rete, è pari a:

$$I_{max} = \frac{40.920MVA}{\sqrt{3} \cdot 30kV \cdot 0.9} = 787A$$

pertanto si sceglie un quadro da 1250A a 30kV, con TA commisurati alle necessità. Il quadro di distribuzione primaria scelto compatto per motivi di spazio, ha una tenuta alla corrente di corto circuito di 40kA – 1sec, per cui superiore al valore calcolato in 6.2. Una tenuta a 16kA – 1s può essere comunque sufficiente.

8. DIMENSIONAMENTO IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE

Il calcolo dell'impianto di illuminazione esterna dell'area di piazzale è stato condotto, con software specifico DIALUX, verificando la rispondenza dei valori ottenuti ai livelli fissati dalle Normative specifiche.

8.1. ILLUMINAZIONE ESTERNA

I valori da adottare come riferimento per il dimensionamento dell'impianto di illuminazione esterna, in linea con la norma UNI EN 12464-2 (2014) "Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: posti di lavoro in esterno", sono i seguenti:

No. Riferimento 12464-2	UNI	Tipo di zona, compito o attività	Em (lx)	U0	UGRL	Ra
5.11.1		Impianti di produzione di energia, elettricità, gas e calore" – Ispezione generale	50	0.40	50	20

dove:

Em = illuminamento medio

U = uniformità

GR_L = indice di abbagliamento (glare rating)

Ra = indice di resa del colore (color rendering index)

I risultati di tale calcolo sono illustrati nell'Allegato 02.

8.2. ILLUMINAZIONE INTERNA

L'illuminazione dei locali oggetto di intervento sarà realizzata in ottemperanza alla Norma UNI EN 12464-1 e UNI EN 1838 (illuminazione di sicurezza).

L'obiettivo è quello di raggiungere i seguenti parametri in accordo alla Normativa sopra menzionata:

No. Riferimento 12464-1	UNI	Tipo di zona, compito o attività	Em (lx)	U0	UGRL	Ra
5.3.1 / 5.20.4		Locali impianti, sala interruttori / Locali annessi, per esempio: locali pompe, locali	200	0.40	25	60

No. Riferimento	UNI	Tipo di zona, compito o attività	Em (lx)	U0	UGRL	Ra
12464-1						
		condensatori, quadri di controllo interni				
5.20.5		Sala Controllo	500	0.70	16	80
5.4.1		Magazzini, zone di stoccaggio	100	0.40	25	60

dove:

E_m = illuminamento medio

U_0 = uniformità

UGR_L = indice di abbagliamento (glare rating)

R_a = indice di resa del colore (color rendering index)

Per i diversi locali di cui è composto l'edificio, si assumono quindi i seguenti parametri:

Locale	Tipo di zona, compito o attività secondo UNI12464-1	Em (lx)
Quadri SAUX	Locali impianti, sala interruttori / Locali annessi, per esempio: locali pompe, locali condensatori, quadri di controllo interni	200
Sala Batterie	Magazzini, zone di stoccaggio	100
Quadri MT	Locali impianti, sala interruttori / Locali annessi, per esempio: locali pompe, locali condensatori, quadri di controllo interni	200

Per realizzare un'illuminazione di emergenza, si doteranno alcuni apparecchi, utilizzati anche per l'illuminazione ordinaria, di gruppo autonomo, consentendo di garantire un illuminamento delle vie di esodo con un valore ampiamente superiore a 1 lx, come indicato dalla Norma UNI EN 1838.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 31
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

9. DIMENSIONAMENTO DISPERSORE DI TERRA PRIMARIA

Vengono qui riportati i dettagli del dimensionamento e della verifica del dispersore di terra primaria della nuova SSE, con il fine di valutare il rispetto dei limiti delle tensioni di contatto e passo previsti dalla normativa vigente all'interno della stazione e nelle sue immediate adiacenze.

I calcoli sono stati condotti con il software XGSLab, con il quale sono stati rappresentati il modello del terreno ed il modello del dispersore in dettaglio.

Di seguito:

- vengono richiamate le caratteristiche dei componenti dell'impianto di terra, il quale è stato modellizzato con software XGSLab;
- vengono illustrati i criteri generali adottati per il dimensionamento termico e geometrico;
- vengono riportati i principali risultati di calcolo;

9.1. SIGLE E TERMINI

In accordo con i documenti di armonizzazione in ambito europeo, saranno utilizzate le seguenti sigle:

- Rb Resistenza del corpo umano
- Rf Resistenza di un piede verso terra
- Rm Resistenza mutua tra due piedi
- Reb Resistenza della persona verso terra
- Re Resistenza di terra
- Ue Tensione totale di terra
- Φ Potenziale superficiale di terra
- Ut Tensione di contatto effettiva (in presenza del corpo umano)
- Ust Tensione di contatto imperturbata (in assenza del corpo umano)
- Utp Massima tensione di contatto effettiva ammessa dalla norma
- Ustp Massima tensione di contatto imperturbata ammessa dalla norma
- Us Tensione di passo effettiva (in presenza del corpo umano)
- Uss Tensione di passo imperturbata (in assenza del corpo umano)

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 32
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

- Usp Massima tensione di passo effettiva ammessa dalla norma
- Ussp Massima tensione di passo imperturbata ammessa dalla norma
- If Corrente di guasto monofase a terra
- Id Corrente drenata
- Ie Corrente dispersa
- Ib Corrente attraverso il corpo umano
- Tf Tempo di intervento delle protezioni per guasto monofase a terra

Inoltre, saranno utilizzate le seguenti ulteriori sigle:

- S_k'' Potenza di cortocircuito trifase
- I_k'' Corrente di cortocircuito trifase
- t_k'' Tempo di intervento delle protezioni per cortocircuito trifase
- I_{k2}'' Corrente di cortocircuito fase fase terra
- t_{k2}'' Tempo di intervento delle protezioni per cortocircuito fase fase terra
- ρ_e Resistività del mezzo disperdente omogeneo
- ρ_1 Resistività del mezzo disperdente in superficie
- h_1 Spessore dello strato del mezzo disperdente di resistività ρ_1
- ρ_2 Resistività del mezzo disperdente dello strato intermedio
- h_2 Spessore dello strato del mezzo disperdente di resistività ρ_2
- ρ_3 Resistività del mezzo disperdente in profondità
- ρ_s Resistività dell'eventuale strato "isolante" aggiuntivo sulla superficie del mezzo disperdente
- H_s Spessore dello strato del mezzo disperdente di resistività ρ_s

Saranno utilizzati anche i seguenti termini in uso negli impianti in Alta e Media Tensione:

- Impianto di terra primario o terra primaria: si intendono i conduttori in contatto elettrico con il terreno o annegati nel calcestruzzo ovvero il dispersore. I termini "Impianto di terra primaria" e "Dispersore" verranno utilizzati come sinonimi
- Impianto di terra secondario o terra secondaria: comprende:

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 33
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

- Conduttori di terra: conduttori che collegano parti dell'impianto (neutri dei sistemi elettrici, masse di apparecchiature e collettori di terra) direttamente al dispersore o un dispersore ad un altro dispersore ed ubicati fuori dal terreno o, se interrati, da esso isolati
- Conduttori equipotenziali: conduttori che collegano le masse ai collettori di terra o direttamente al dispersore
- Collettori di terra: elementi ai quali fanno capo i diversi conduttori di terra e/o equipotenziali di una parte dell'impianto. Ogni collettore di terra è collegato al dispersore con uno o più conduttori di terra

Altri termini saranno in accordo con le vigenti normative.

9.2. CRITERI ADOTTATI

Per il dimensionamento dell'impianto di terra primaria della Stazione sono stati adottati i seguenti principali criteri:

- dimensionamento termico
- dimensionamento geometrico

L'impianto di terra secondaria esula dallo scopo della presente relazione.

9.3. DIMENSIONAMENTO TERMICO

Il dimensionamento termico consente di definire la sezione minima dei conduttori da impiegare in modo da limitare la massima temperatura finale entro valori accettabili, tenuto conto:

- della corrente che vi deve fluire
- della sua durata
- del materiale con cui è realizzato il conduttore
- dell'eventuale isolamento
- della temperatura iniziale

Per il dimensionamento termico devono essere considerati i seguenti dati:

Verifica Ie

- dati ambientali: massima temperatura del terreno (per i conduttori interrati) o dell'aria (per i conduttori fuori terra)
- dati elettrici: corrente di guasto monofase a terra al netto di eventuali drenaggi (I_e) e tempo di intervento delle protezioni (t_f)

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 34
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

- limiti ammessi dalle norme: massime temperature ammesse sul conduttore

Verifica I_{k2}''

- dati ambientali: massima temperatura del terreno (per i conduttori interrati) o dell'aria (per i conduttori fuori terra)
- dati elettrici: corrente di cortocircuito fase fase terra (I_{k2}'') e tempo di intervento delle protezioni (t_{k2}'')
- limiti ammessi dalle norme: massime temperature ammesse sul conduttore

Per il dimensionamento termico dei conduttori sono state applicate le formule fornite dalle norme CEI 99-3. In ogni caso le sezioni dei conduttori sono state scelte non inferiori ai valori minimi stabiliti dalle norme tecniche e dalle specifiche interne al fine di garantire una adeguata resistenza meccanica ed alla corrosione.

9.4. DIMENSIONAMENTO GEOMETRICO

Il dimensionamento geometrico consente di definire il layout dei conduttori del dispersore in modo da limitare le massime tensioni di contatto e di passo entro valori accettabili, tenuto conto:

- della corrente che deve essere dispersa
- della sua durata
- delle caratteristiche del terreno
- del lay-out delle installazioni fuori terra
- di eventuali trasferimenti di potenziale ad impianti vicini

Per il dimensionamento geometrico dell'impianto di terra primaria si considerano le seguenti fasi:

- calcolo della resistenza di terra e quindi della tensione totale di terra: se la tensione totale di terra risulta inferiore al doppio del limite per le tensioni di contatto ammesso dalle norme, l'impianto di terra primaria si può considerare correttamente dimensionato. Diversamente si deve procedere con le seguenti ulteriori verifiche;
- calcolo delle tensioni di contatto e loro confronto con i limiti ammessi dalle norme: se queste sono inferiori ai limiti ammessi, l'impianto di terra primaria si può considerare correttamente dimensionato. Diversamente si deve provvedere a interventi di modifica del dispersore e riverifica oppure ad altri accorgimenti come ad esempio ricoprire alcune aree con strati di asfalto o ghiaia

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 35
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Per il dimensionamento geometrico del dispersore devono essere considerati i seguenti dati:

- dati ambientali: minima temperatura ambiente (assieme alla durata della stagione fredda incide sulla scelta della minima profondità di posa)
- dati elettrici: corrente di guasto monofase a terra al netto di eventuali drenaggi (Ie) e tempo di intervento delle protezioni (tf)
- dati fisici: caratteristiche del mezzo disperdente
- dati geometrici: geometria dell'impianto di terra primaria (proposta da verificare)
- limiti ammessi dalle norme: massime tensioni di contatto e di passo (Utp, Usp oppure Ustp, Ussp) in funzione del tempo di intervento delle protezioni (tf)

9.5. SOFTWARE ADOTTATO

Per il dimensionamento termico, la modellizzazione del mezzo disperdente ed il dimensionamento geometrico del dispersore è stato utilizzato il software XGSLab.

XGSLab è un programma di simulazione elettromagnetica basato su equazioni di Maxwell ed integrali di Sommerfeld. Il metodo di soluzione è del tipo integrale ovvero un BEM "Boundary Element Method". XGSLab include un modulo preprocessore per la modellizzazione del suolo a partire dalle misure di resistività.

Maggiori dettagli sul programma al sito www.xgslab.com.

Di seguito è riportato il diagramma di flusso di XGSLab:

* Module Options

GSA: underground systems and equipotential conditions

GSA_FD: underground systems in the frequency domain

XGSA_FD: over and under ground systems in the frequency domain

XGSA_TD: as XGSA_FD but in the time domain

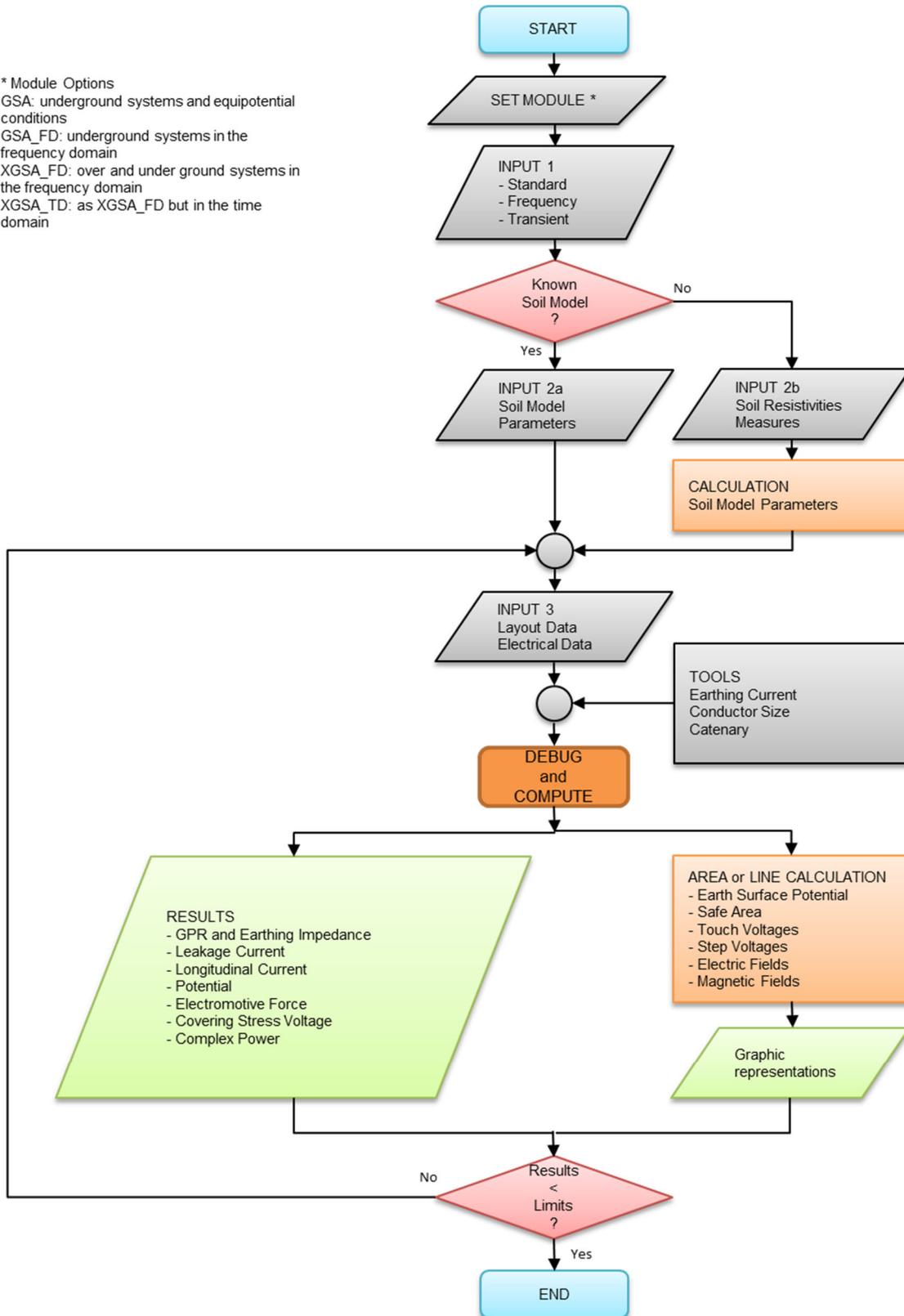


Figura 5 - Diagramma di flusso di XGSLab

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 37
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

9.6. DATI

9.6.1. DATI AMBIENTALI

La distribuzione della temperatura nell'arco dell'anno nella zona di interesse, è indicata nella seguente figura (fonte www.climate-data.org) per la città di Olbia assunta a riferimento per prossimità al sito.

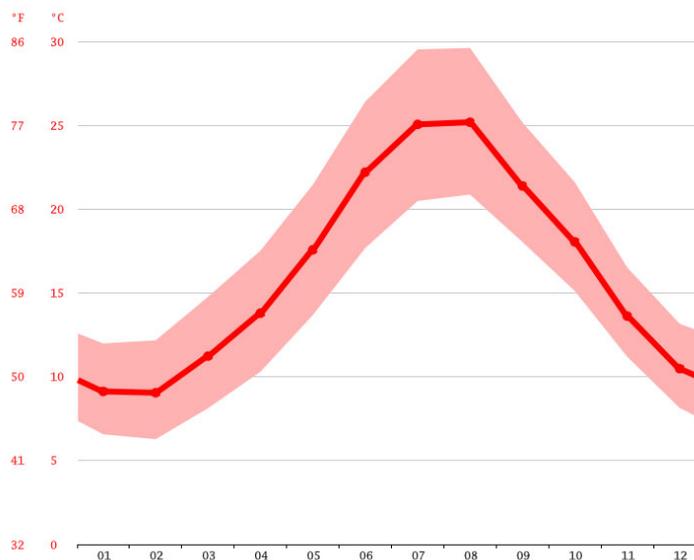


Figura 6 - Distribuzione temperature nell'arco dell'anno a Olbia

Nel seguito sono state considerate le seguenti condizioni ambientali:

- massima temperatura ambiente: 31 °C
- minima temperatura ambiente: 0 °C
- massima temperatura del terreno: 25 °C
- indice di congelamento: < 50 °C giorno

Dall'indice di congelamento ipotizzato e dal grafico di figura, si può evincere che la massima profondità di congelamento attesa per il terreno è inferiore a 0.1 m, ovvero tende a congelare solo lo strato superficiale.

Nel caso specifico il congelamento del terreno non costituisce pertanto un problema.

Di fatto, al fine di assicurare una migliore protezione meccanica dei dispersori ed evitare effetti associati alla disidratazione estiva del terreno (che andrebbe ad aumentarne sensibilmente la resistività), una profondità minima di almeno 0.7 m è la scelta più opportuna.

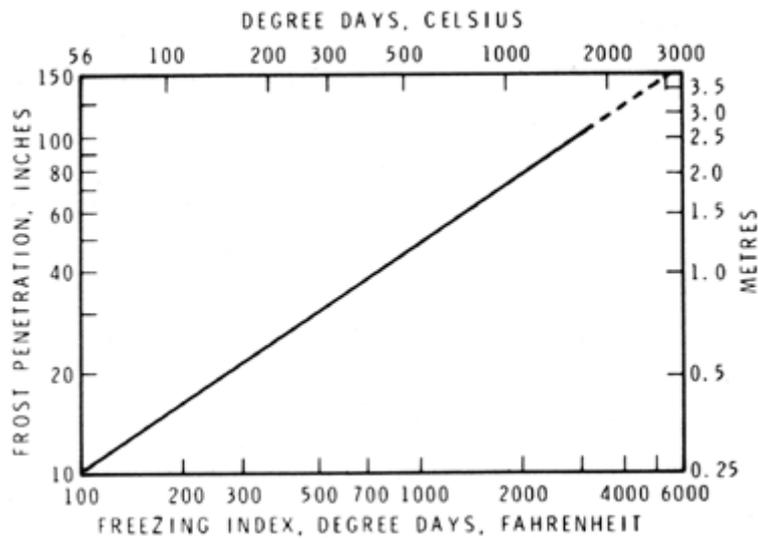


Figura 7 - Relazione tra indice di congelamento e massima profondità di congelamento del terreno

9.6.2. DATI ELETTRICI

I valori di corrente di corto circuito nel nodo di connessione dell'impianto alla RTN, non ancora ufficiali e pertanto ipotizzati sulla base di quanto deducibile per nodi vicini dal documento "Valori minimi e massimi convenzionali della corrente di cortocircuito e della potenza di cortocircuito della rete rilevante con tensione 380-220-150-132 kV - Anno 2021" emesso da TERNA:

		Valori massimi nelle condizioni ordinarie di esercizio		
Nodo	Livello di tensione	Icc Trifase	Icc Monofase	Rapporto R/X (*)
Nuoro	150 kV	6.471 kA	4.805 kA	0.15

(*) Ipotizzato

Nei suddetti valori di corrente di corto circuito si possono ritenere inclusi anche i contributi provenienti dal parco fotovoltaico, che non superano il migliaio di A.

Calcolo della tensione totale di terra e delle tensioni di contatto e passo

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 39
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Per il dimensionamento del nuovo dispersore si farà riferimento ad una corrente di guasto monofase conservativamente di **20 kA**.

Sono considerati quindi i seguenti dati elettrici.

Corrente di guasto monofase a terra e corrente dispersa a terra:

$$I_f = I_e = 20.0 \text{ kA}$$

Tempo di intervento delle protezioni (durata del guasto):

$$t_f = 0.50 \text{ s}$$

Dimensionamento termico dei conduttori

I dispersori degli impianti di terra possono essere integrati ma difficilmente possono essere sostituiti. Per tale ragione, per il loro dimensionamento termico è opportuno un approccio ampiamente conservativo.

Sono stati considerati i seguenti dati elettrici.

Corrente di guasto monofase a terra e corrente dispersa a terra:

$$I_f = I_e = 20.0 \text{ kA}$$

Tempo di intervento delle protezioni (durata del guasto):

$$t_f = 0.50 \text{ s}$$

Corrente di cortocircuito trifase:

$$I_f = I_{k''} = 20 \text{ kA}$$

Si calcola in modo approssimato la corrente di guasto fase fase terra con la:

$$I_{k2''} = \sqrt{3}/2 I_{k''} = 17.3 \text{ kA}$$

Il tempo di intervento delle protezioni per cortocircuito trifase e fase fase terra si assume pari a:

$$t_{k2''} = t_{k''} = 0.50 \text{ s}$$

9.6.3. DATI MEZZO DISPERDENTE

Non ci sono ancora dati specifici sulla resistività del terreno sul sito, per cui si assume qui un modello del suolo uniforme di questo tipo:

9.6.4. DATI GEOMETRICI DISPERSORE

L'impianto di terra primaria sarà costituito da dispersori di fatto ed intenzionali.

 TECINTAL	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 40
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

In via cautelativa non si è tenuto conto dei dispersori di fatto.

Per quanto riguarda i dispersori intenzionali vale quanto segue:

- dispersori magliati in corda di rame, diametro 10.6 mm, sezione 63 mm²
- anelli perimetrali della zona apparecchiature e dell'edificio di SSE in corda di rame, diametro 14 mm, sezione 125 mm²
- profondità di 0.7 m per quanto riguarda il dispersore nell'intera area di SSE, ad eccezione della zona sottostante all'edificio
- Profondità di 1 m per quanto riguarda la maglia sottostante all'edificio di SSE, raccordato alla restante parte del dispersore
- connessioni tra elementi del dispersore e tra questi ed i conduttori di terra con morsetti bifilari a compressione
- connessioni tra conduttori di terra e strutture metalliche da mettere a terra per mezzo di capocorda e bulloni

Ciò premesso, il layout generale del dispersore intenzionale è rappresentato in figura secondo il seguente codice colori:

- blu = dispersore
- grigio = inquadramento planimetrico

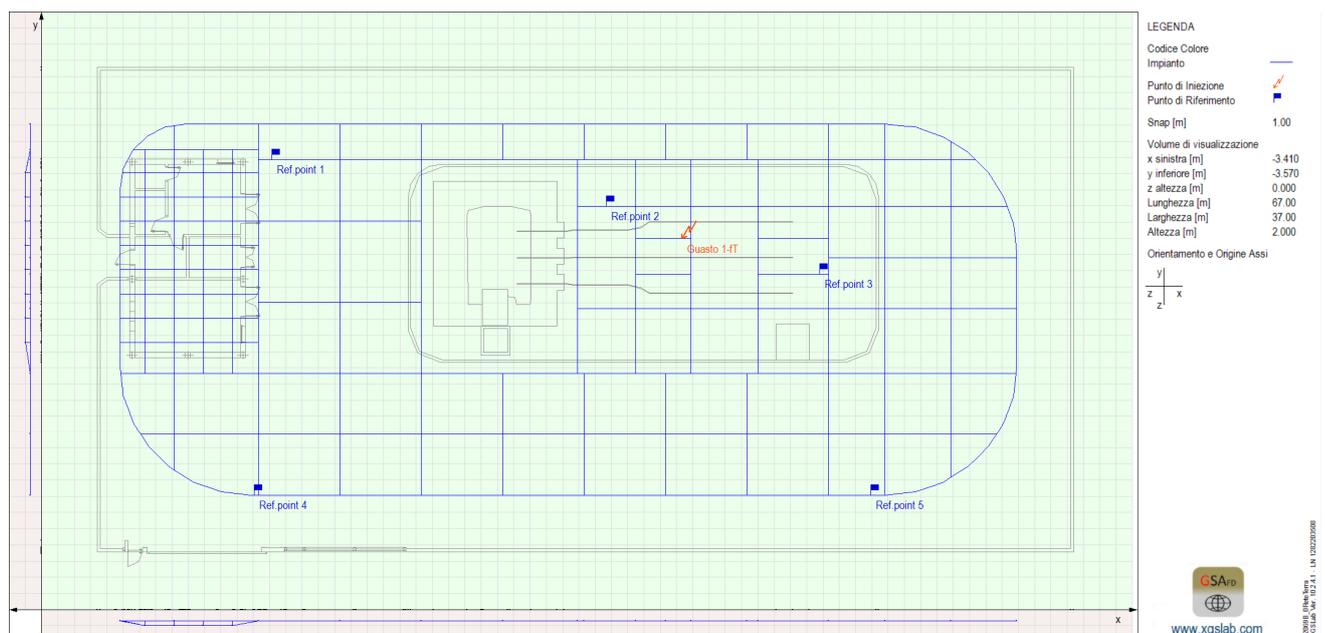


Figura 8 - Layout del sistema disperdente

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 41
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Per maggiori dettagli riguardo al nuovo dispersore si rinvia all'elaborato grafico BI026F-D-NUO-SSEE-04.

9.7. IMPIANTO DI TERRA SECONDARIA

L'impianto di terra secondaria esula dallo scopo della presente relazione.

9.8. LIMITI AMMESSI DALLE NORME

Con riferimento al tempo di intervento delle protezioni ($t_f = 0.5$ s), in accordo con le norme CEI 99-2 e 99-3, i limiti per le tensioni di contatto e di passo sono rispettivamente:

$$U_{tp} = 225.0 \text{ V}$$

$$U_{sp} = 3780.49 \text{ V}$$

Il controllo delle tensioni di passo viene considerato per completezza di trattazione ma non è espressamente richiesto dalle norme CEI 99-2 e 99-3.

Le norme consentono la possibilità di considerare la resistenza di contatto aggiuntiva delle calzature e di fare riferimento ai limiti per le tensioni di contatto e di passo indisturbate. Considerando la resistività del suolo indicata in precedenza e la resistenza di contatto aggiuntiva delle calzature standard ($R_{sh} = 2000 \Omega$ per singola calzatura), i limiti per le tensioni di contatto e di passo indisturbate (misurate con voltmetro con impedenza interna infinita) sono i seguenti:

$$U_{stp} = 456.25 \text{ V}$$

$$U_{ssp} = 26341.46 \text{ V}$$

Inoltre, considerando uno strato superficiale addizionale di asfalto con resistività $10 \text{ k}\Omega\text{m}$ e spessore 100 mm , i limiti per le tensioni di contatto e di passo indisturbate sono i seguenti:

$$U_{stp} + \text{SCL} = 2589.87 \text{ V}$$

$$U_{ssp} + \text{SCL} = 234499.58 \text{ V}$$

All'interno della SSE è prevista la presenza di personale solo per interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria. In base alle norme CEI 99-3 par. 5.4, si ammette $U_e = 2 \cdot U_{tp}$ come limite per evitare la verifica delle tensioni di contatto e di passo oppure $U_e = 4 \cdot U_{tp}$ se sono presi i provvedimenti di tipo "M" ovvero equipotenzialità, isolamento superficiale etc...

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 42
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

9.9. CALCOLI

9.9.1. DIMENSIONAMENTO TERMICO

Negli impianti AT e MT e per correnti interrotte entro 5 s, la verifica termica della sezione dei conduttori dell'impianto di terra (dispersori e conduttori di terra) si ottiene con la seguente formula:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}} \quad (\text{CEI 99-3 Equazione D1})$$

dove:

- A: è la sezione minima del conduttore (mm²)
- I: è la corrente di guasto che fluisce nel conduttore (A)
- t: è la durata della corrente di guasto (s)
- K: è una costante dello specifico conduttore usato (As^{1/2}/ mm²)
- β: è una costante dello specifico conduttore usato (°C)
- θ_i: è la temperatura ambiente o iniziale del conduttore (°C)
- θ_f: è la massima temperatura ammessa per il conduttore (°C)

Nel dimensionamento termico dei conduttori di terra si può in generale contare sul fatto che ogni collegamento impieghi almeno due conduttori di terra e si può assumere che la corrente si suddivida al 40/60% (e prudenzialmente si considera il valore superiore).

Nel dimensionamento termico dei dispersori si può in generale considerare la ripartizione della corrente su almeno due conduttori e si può assumere che la corrente si suddivida al 40/60% (e prudenzialmente si considera il valore superiore). Nel caso si possa confidare in due collegamenti di terra, il dimensionamento termico dei dispersori può considerare una doppia ripartizione delle correnti e quindi una corrente pari al 60*60/100 = 36% della corrente totale.

Per le costanti dei materiali si può fare riferimento ai seguenti valori indicati nelle norme:

- rame: K = 226 (As^{1/2}/ mm²), β = 234.5 (°C)
- acciaio: K = 78 (As^{1/2}/ mm²), β = 202 (°C)

Negli impianti AT e MT normalmente si impiegano solamente conduttori nudi.

Per la temperatura massima si considerano i seguenti valori:

- conduttori interrati: $\theta_f = 300$ (°C)
- conduttori nudi fuori terra in condizioni ordinarie: $\theta_f = 250$ (°C)

Le sezioni dei conduttori non devono essere inferiori ai valori indicati nella norma CEI 99-3.

Di seguito si considerano dispersori e conduttori di terra realizzati con corda di rame nudo.

Come indicato in 9.6.2, si considerano le seguenti condizioni di guasto:

$I_e = 20.0$ kA

$t_f = 0.50$ s

$I_{k2''} = 17.3$ kA

$t_{k2''} = 0.50$ s

I risultati delle verifiche per conduttori del Dispersore e per le calate (Conduttori di terra) sono di seguito riportati.

DISPERSORE - GUASTO MONOFASE A TERRA		
Std.		EN 50522:2010-11 Equazione D.1
If1ph (kA)	20	Corrente di guasto
Split factor	0.6	
I_e (A)	7200	Corrente di guasto nel conduttore
t (s)	0.50	Durata del guasto
Conductor material	Copper / Rame	
k ($As^{1/2}/mm^2$)	226	Costante specifica del materiale del conduttore
Beta (°C)	234.5	Costante specifica del materiale del conduttore
θ_i (°C)	25	Temperatura ambiente iniziale
θ_f (°C)	300	Max temperatura ammissibile nel conduttore
A (mm^2)	26.5	Sezione minima del conduttore

DISPERSORE - GUASTO FASE-FASE-TERRA		
Std.		EN 50522:2010-11 Equazione D.1
If2ph (kA)	17.32	Corrente di guasto
Split factor	0.6	
I_e (A)	6235.382907	Corrente di guasto nel conduttore
t (s)	0.50	Durata del guasto
Conductor material	Copper / Rame	
k ($As^{1/2}/mm^2$)	226	Costante specifica del materiale del conduttore
Beta (°C)	234.5	Costante specifica del materiale del conduttore
θ_i (°C)	25	Temperatura ambiente iniziale
θ_f (°C)	300	Max temperatura ammissibile nel conduttore
A (mm^2)	23.0	Sezione minima del conduttore

Si utilizza il dispersore in corda di rame nudo con le seguenti caratteristiche:

$$S = 63 \text{ mm}^2$$

Le sezioni minime prescritte dalla norma CEI 99-3 sono soddisfatte.

Ciò assicura un corretto dimensionamento termico, meccanico ed alla corrosione del dispersore.

CONDUTTORI DI TERRA (CALATE) - GUASTO MONOFASE A TERRA		
Std.		EN 50522:2010-11 Equazione D.1
If1ph (kA)	20	Corrente di guasto
Split factor	0.6	
Ie (A)	12000	Corrente di guasto nel conduttore
t (s)	0.50	Durata del guasto
Conductor material	Copper / Rame	
k (As ^{1/2} /mm ²)	226	Costante specifica del materiale del conduttore
Beta (°C)	234.5	Costante specifica del materiale del conduttore
θi (°C)	30	Temperatura ambiente iniziale
θf (°C)	250	Max temperatura ammissibile nel conduttore
A (mm²)	48.3	Sezione minima del conduttore

CONDUTTORI DI TERRA (CALATE) - GUASTO FASE-FASE-TERRA		
Std.		EN 50522:2010-11 Equazione D.1
If2ph (kA)	17.32050808	Corrente di guasto
Split factor	0.6	
Ie (A)	10392.30485	Corrente di guasto nel conduttore
t (s)	0.50	Durata del guasto
Conductor material	Copper / Rame	
k (As ^{1/2} /mm ²)	226	Costante specifica del materiale del conduttore
Beta (°C)	234.5	Costante specifica del materiale del conduttore
θi (°C)	30	Temperatura ambiente iniziale
θf (°C)	250	Max temperatura ammissibile nel conduttore
A (mm²)	41.8	Sezione minima del conduttore

Si adotta la sezione:

$$S = 120 \text{ mm}^2$$

La seguente tabella riassume i risultati dei calcoli sopra presentati:

Dispensori		Conduttori di terra	
Verifica Ie	Verifica Ik2''	Verifica Ie	Verifica Ik2''
26.5 mm ²	23. mm ²	48.3 mm ²	41.8 mm ²

Con le sezioni adottate:

- le sezioni minime prescritte dalla norma CEI 99-3 sono soddisfatte.
- è assicurato un corretto dimensionamento termico, meccanico ed alla corrosione dei conduttori di terra.

9.9.2. RESISTENZA DI TERRA E POTENZIALI SUPERFICIALI

La resistenza di terra del dispersore complessivo risulta:

$$R_e = 1.27 \Omega$$

La corrente dispersa e la corrispondente tensione totale di terra risultano:

$$I_e = 20000 \text{ A}$$

$$U_e = 25372 \text{ V}$$

La tensione totale di terra è ampiamente superiore ai limiti ammessi per le tensioni di contatto e quindi è necessario verificare che le massime tensioni di contatto non superino i limiti ammessi in corrispondenza delle masse.

Le distribuzioni della densità di corrente dispersa, della corrente longitudinale e dei potenziali sui conduttori sono rappresentate nelle seguenti figure.

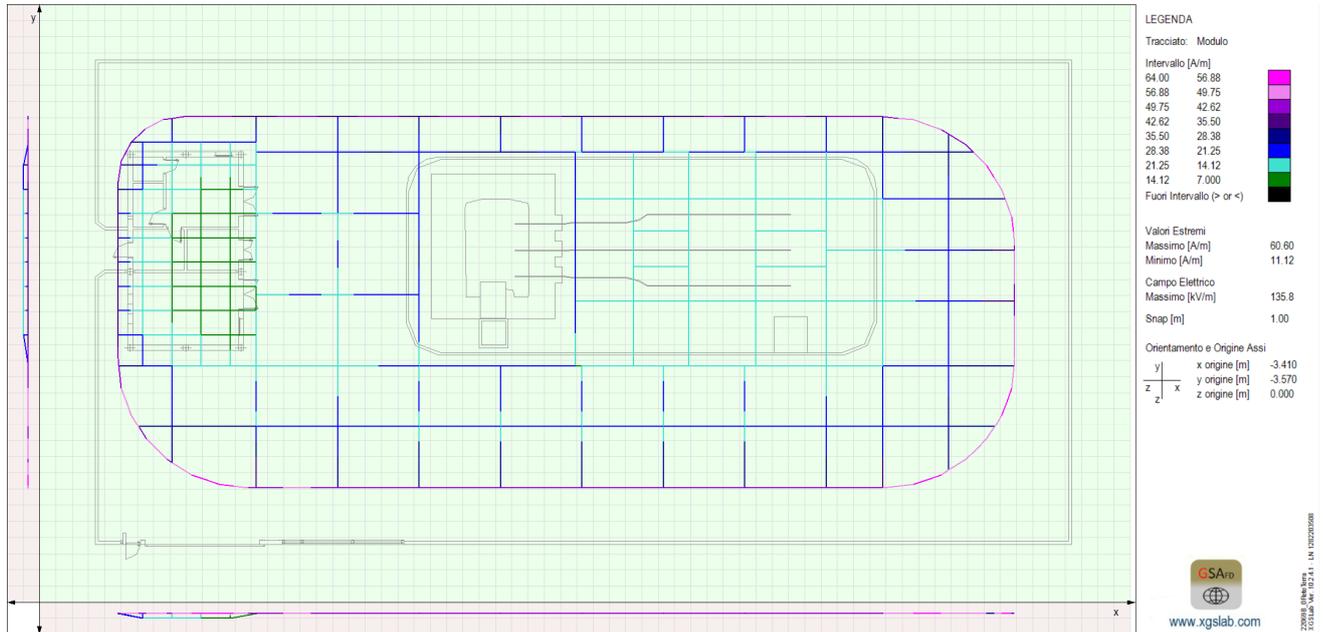


Figura 9 - Distribuzione della corrente dispersa

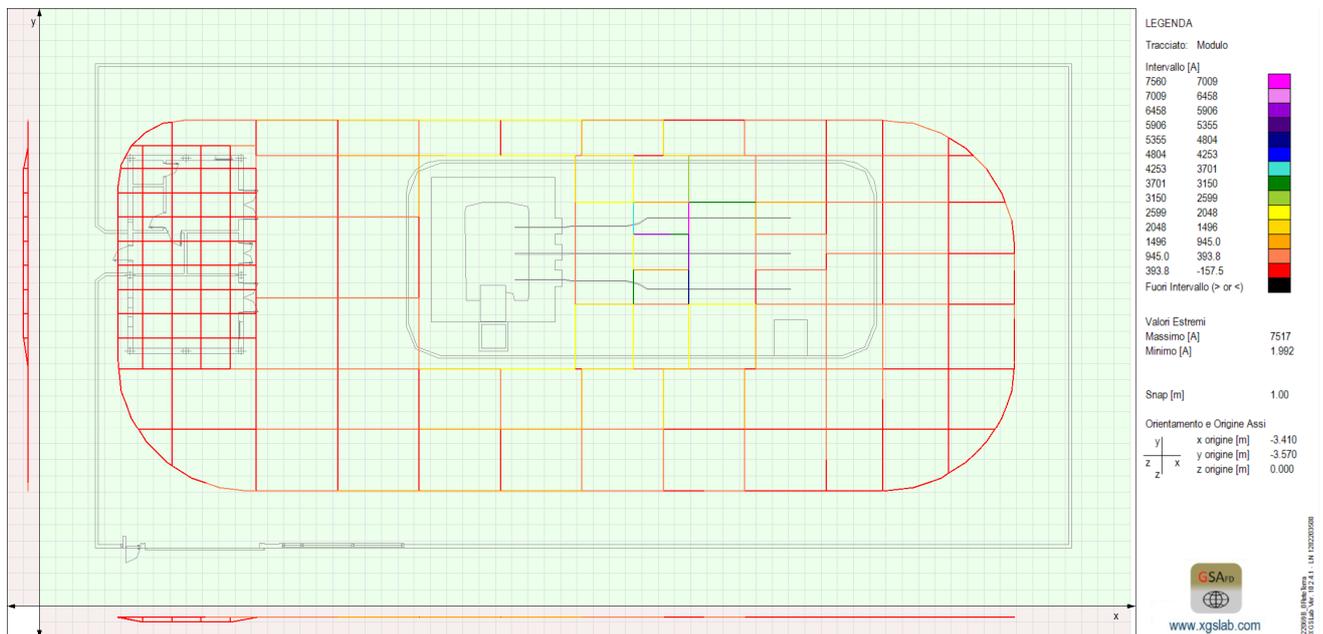
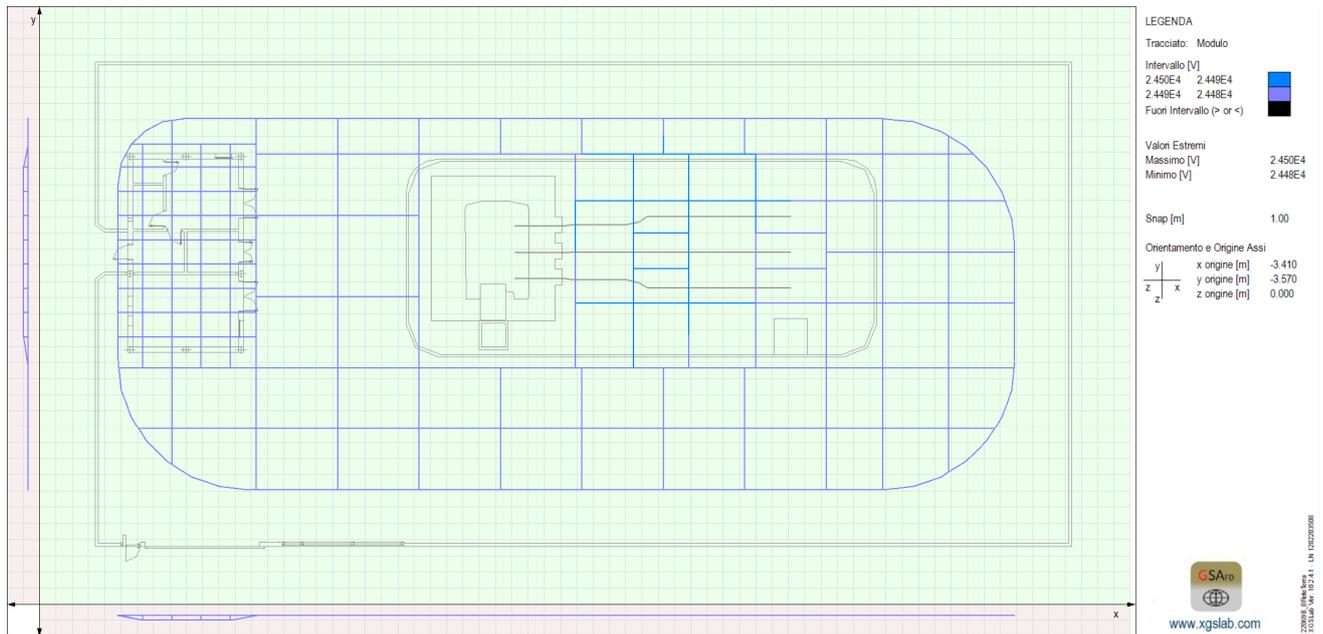


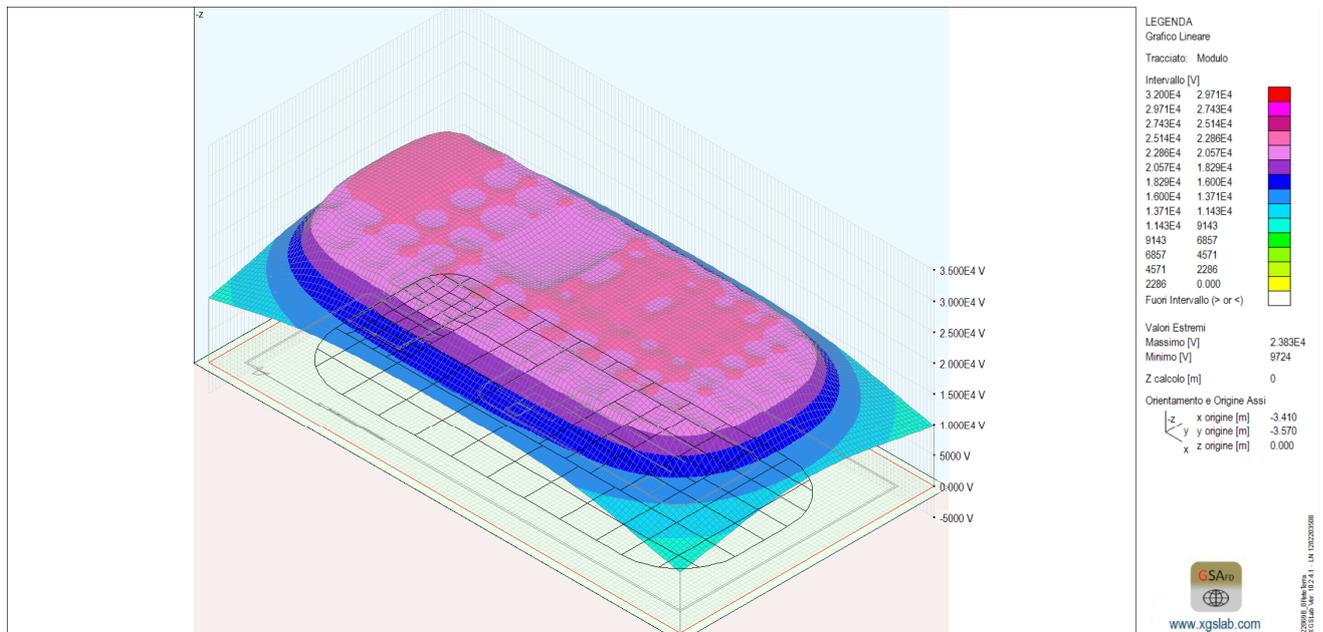
Figura 10 - Distribuzione della corrente longitudinale


Figura 11 - Distribuzione dei potenziali

La distribuzione dei potenziali superficiali di terra in corrispondenza di un'area che comprende l'intero dispersore della sottostazione è mostrata nelle seguenti figure.

La Figura 12 rappresenta la distribuzione 3D dei valori di ϕ calcolati su una griglia 0.5 x 0.5 m.

La Figura 13 rappresenta le curve di livello equipotenziali della stessa distribuzione.


Figura 12 - Distribuzione dei potenziali superficiali di terra (rappresentazione 3D)

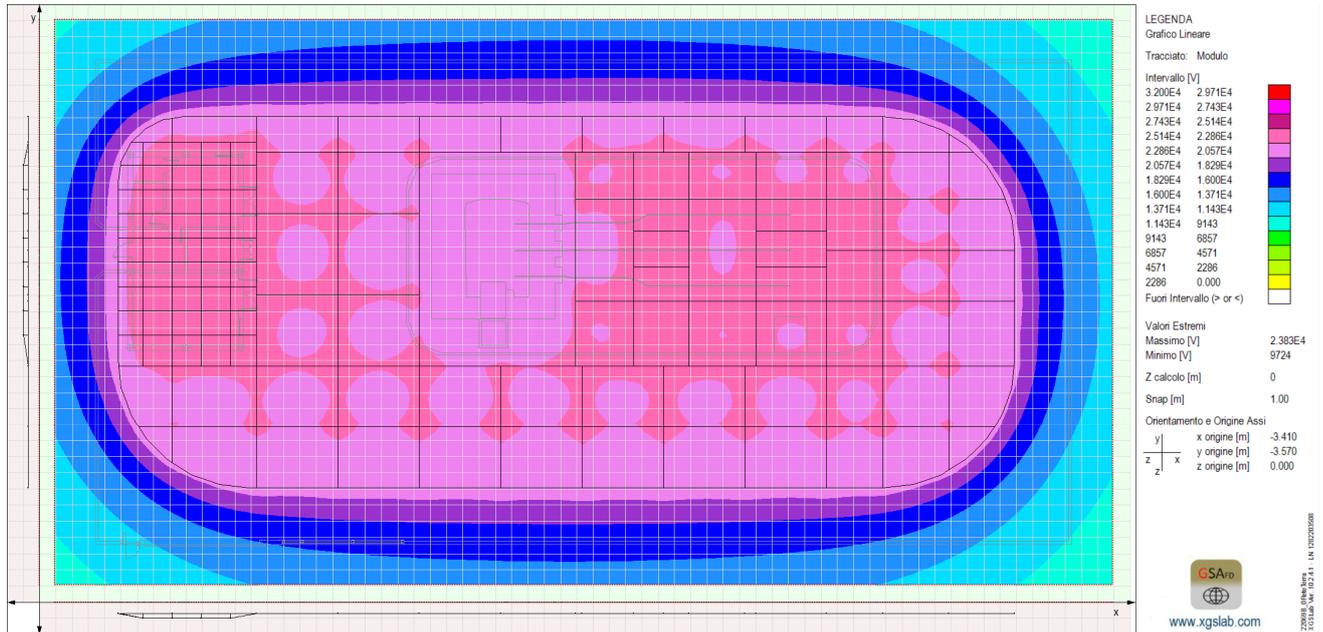


Figura 13 - Distribuzione dei potenziali superficiali di terra (curve di livello equipotenziali)

9.9.3. TENSIONI DI CONTATTO E PASSO

Le aree dove le tensioni di contatto e di passo sono entro i limiti ammessi sono illustrate nelle seguenti figure.

La Figura 14 rappresenta un confronto tra le tensioni di contatto U_t e di passo U_s , calcolate a partire dalla distribuzione ϕ (Figura 12 e Figura 13) e dal valore U_e riferito al dispersore di CP, e le massime tensioni di contatto e passo ammesse dalle norme U_{tp} e U_{sp} .

La Figura 15 e la Figura 16 ripropongono con diverse rappresentazioni le informazioni di Figura 14.

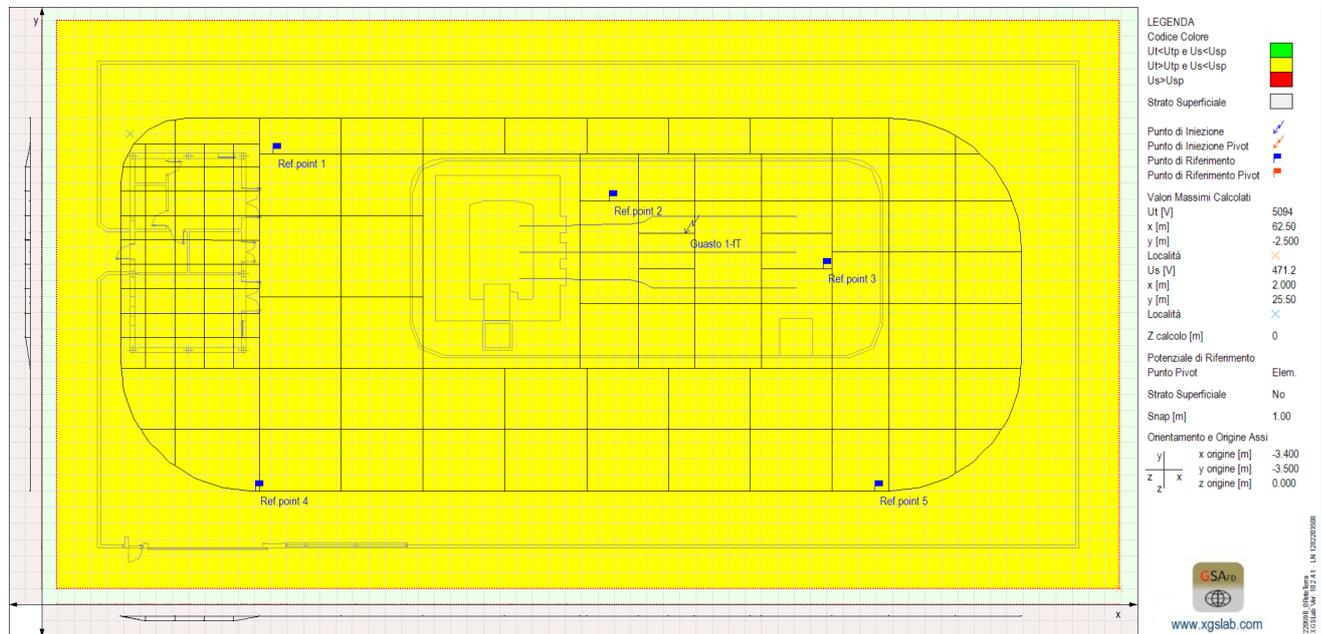


Figura 14 - Confronto tra tensioni di contatto e di passo ed i relativi limiti ammessi

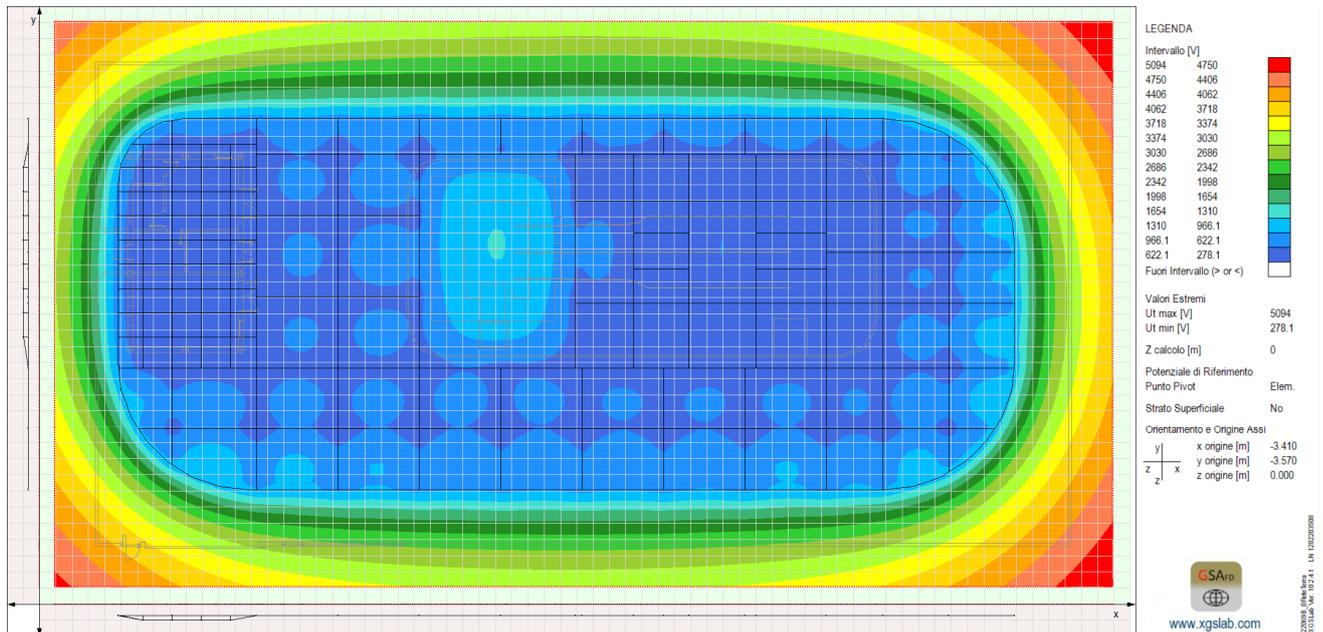


Figura 15 - Distribuzione delle tensioni di contatto (rappresentazione 2D)

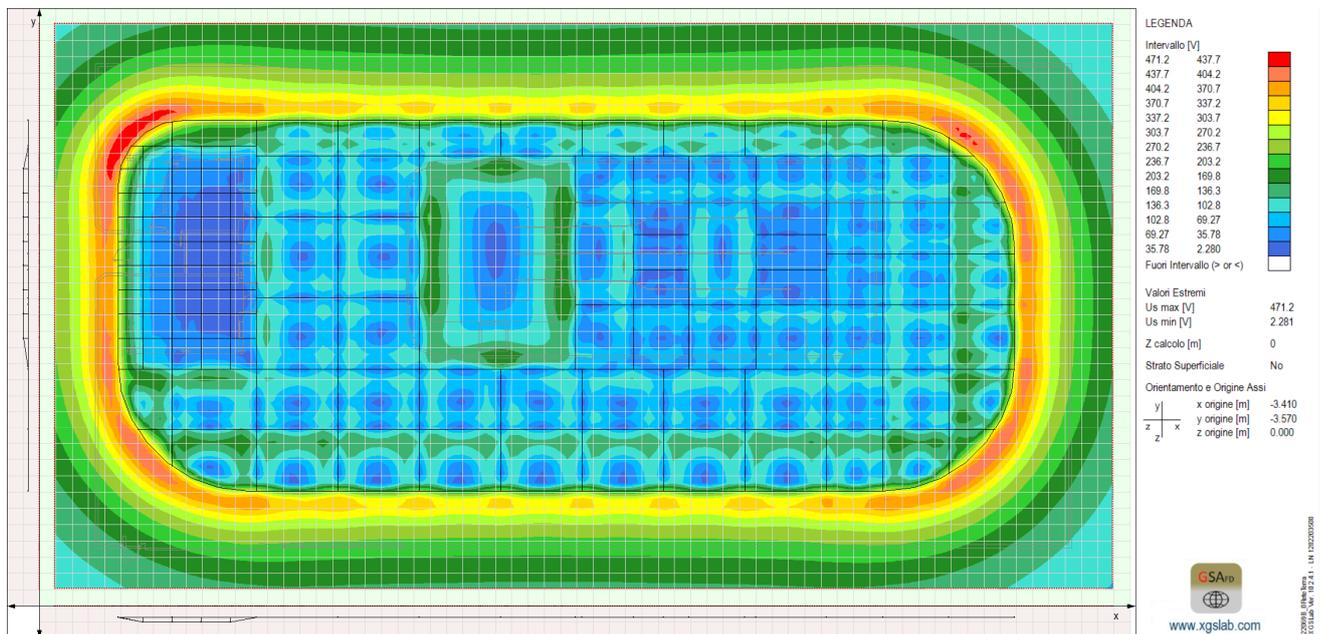


Figura 16 - Distribuzione delle tensioni di passo (rappresentazione 2D)

Nell'intera area all'interno della rete magliata dell'impianto di terra i valori di tensione di contatto sono diffusamente superiori ai limiti ammessi.

Nella zona perimetrale della stessa area di cui sopra, i valori di tensione di passo sono diffusamente superiori ai limiti ammessi.

Al fine di raggiungere una condizione di sicurezza, si ipotizza di stendere uno strato di asfalto nell'area di CP, esteso fino alla recinzione perimetrale.

Le aree dove le tensioni di contatto e di passo sono entro i limiti ammessi sono illustrate nelle seguenti figure.

La Figura 16 rappresenta un confronto tra le tensioni di contatto U_t , calcolate a partire dalla distribuzione ϕ (Figura 12 e Figura 13) e dal valore U_e riferito al dispersore di CP, e le massime tensioni di contatto e passo ammesse dalle norme U_{tp} e U_{sp} , considerando lo strato superficiale di ghiaia menzionato in 9.8.

La Figura 18 e la Figura 19 ripropongono con diverse rappresentazioni le informazioni di Figura 17.

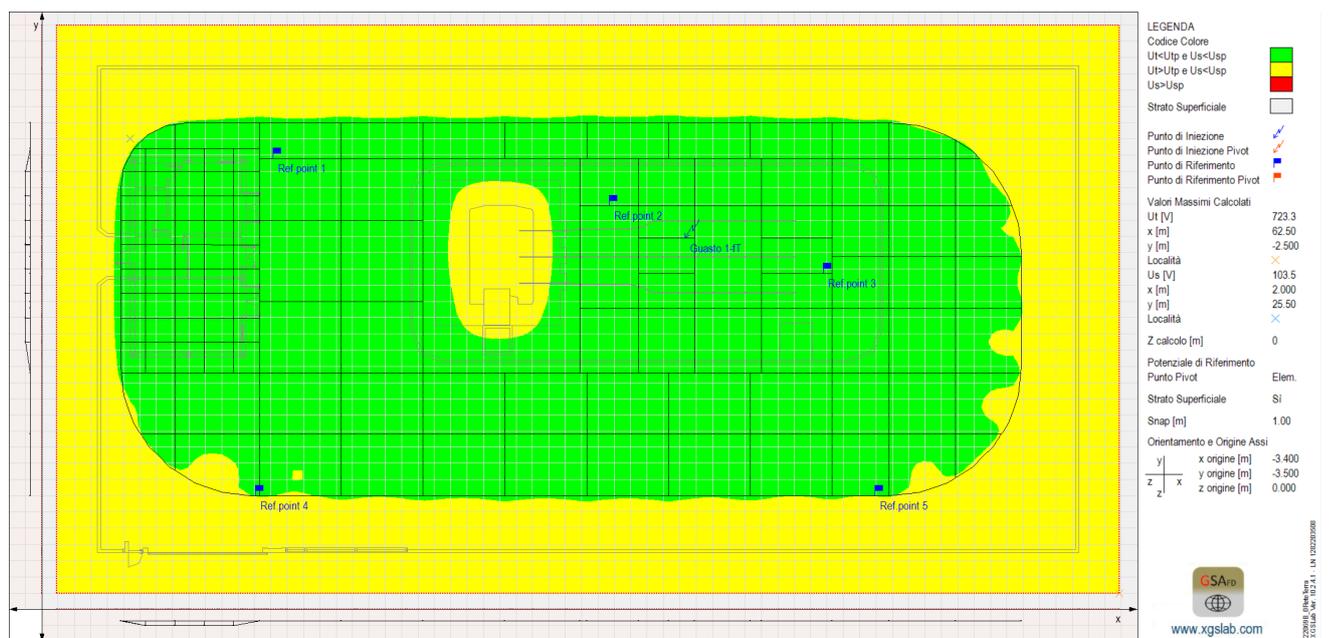


Figura 17 - Confronto tra tensioni di contatto e di passo ed i relativi limiti ammessi considerando lo strato superficiale

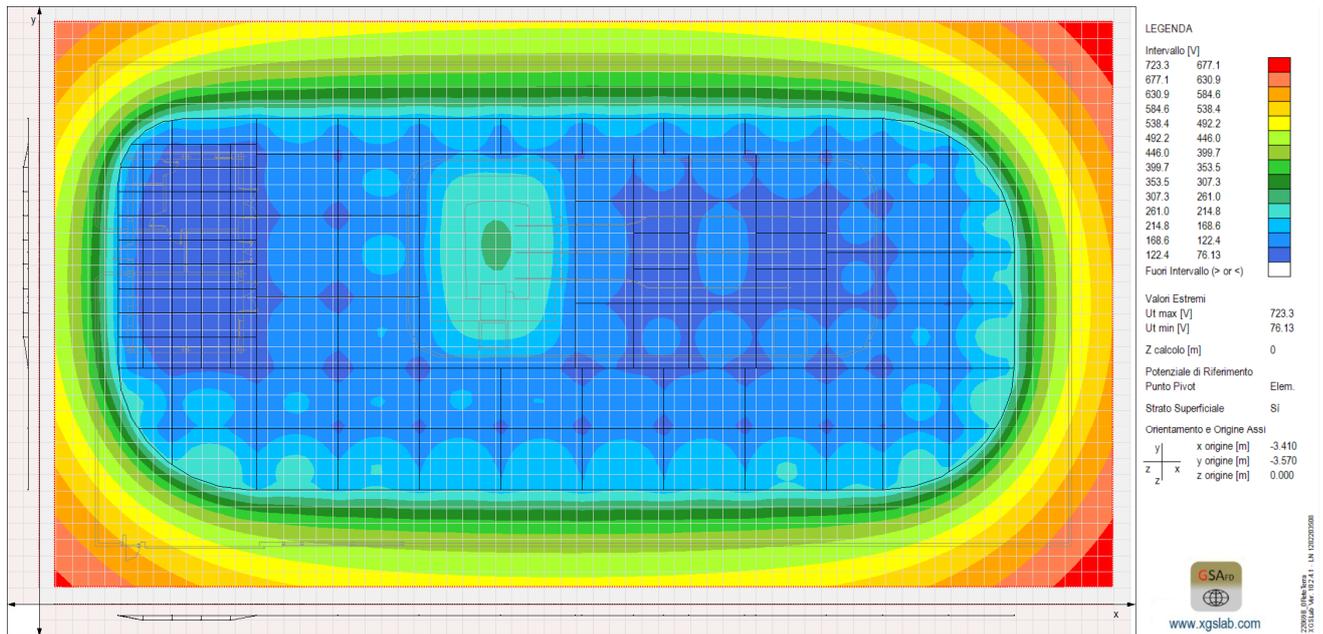


Figura 18 - Distribuzione delle tensioni di contatto considerando lo strato superficiale (rappresentazione 2D)

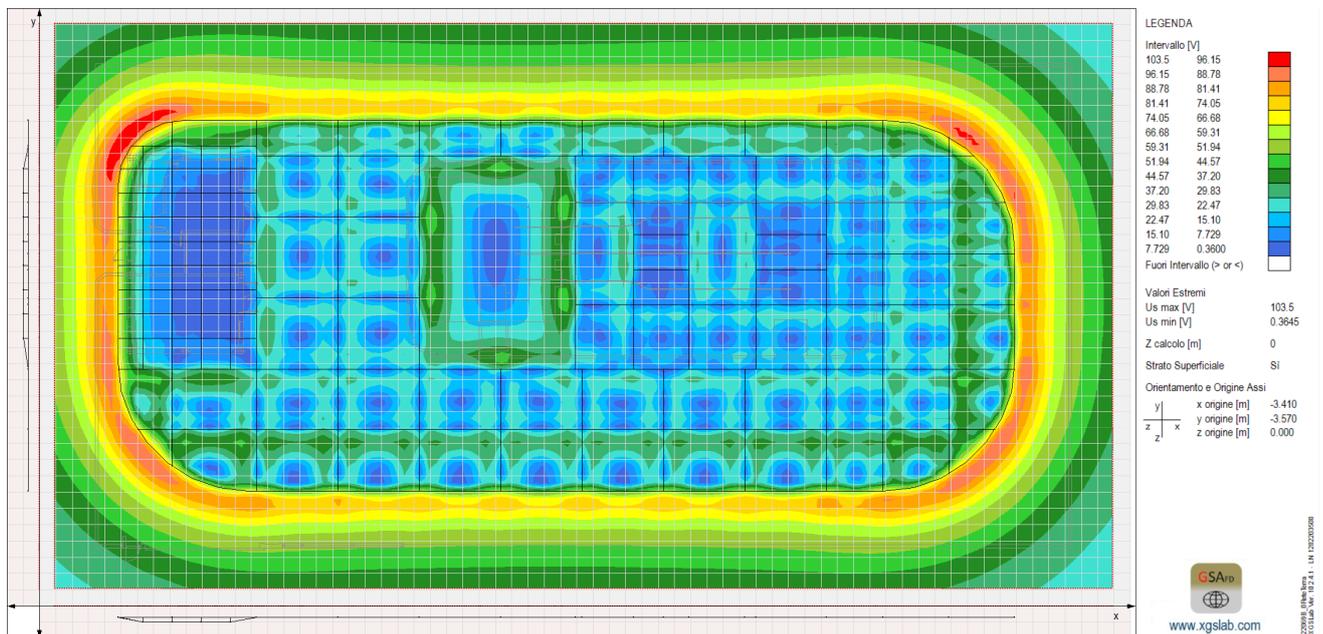


Figura 19 - Distribuzione delle tensioni di passo considerando lo strato superficiale (rappresentazione 2D)

Nelle aree all'interno della CP, dove sono previste apparecchiature elettriche connesse alla rete di terra, che presentano valori di tensione di contatto superiori ai limiti ammessi, uno strato superficiale di caratteristiche (resistività e spessore) almeno pari a quello indicato in 9.6, può essere sufficiente a evitare la presenza di tensioni di contatto oltre i limiti ammessi dalle Norme.

Nessun punto (interno o esterno alla rete magliata dell'impianto di terra) presenta valori di tensione di passo superiori ai limiti ammessi.

Altre informazioni utili possono essere ottenute dalle seguenti distribuzioni 1D.

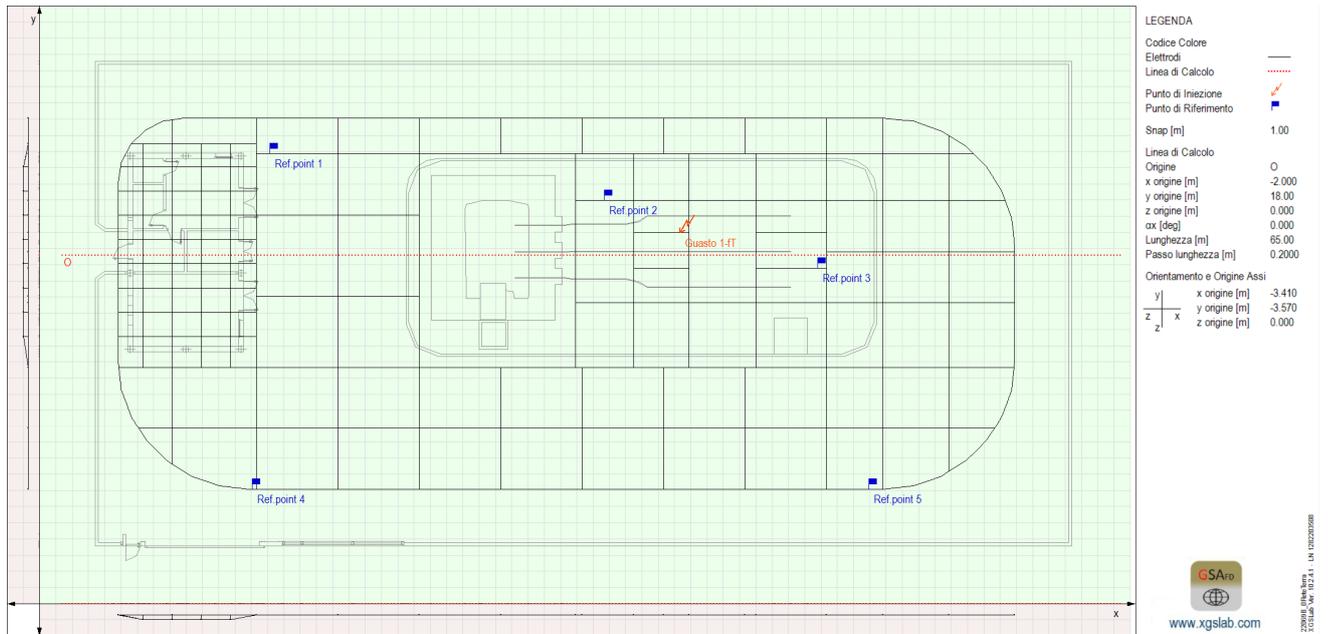


Figura 20 - Direttrice di calcolo

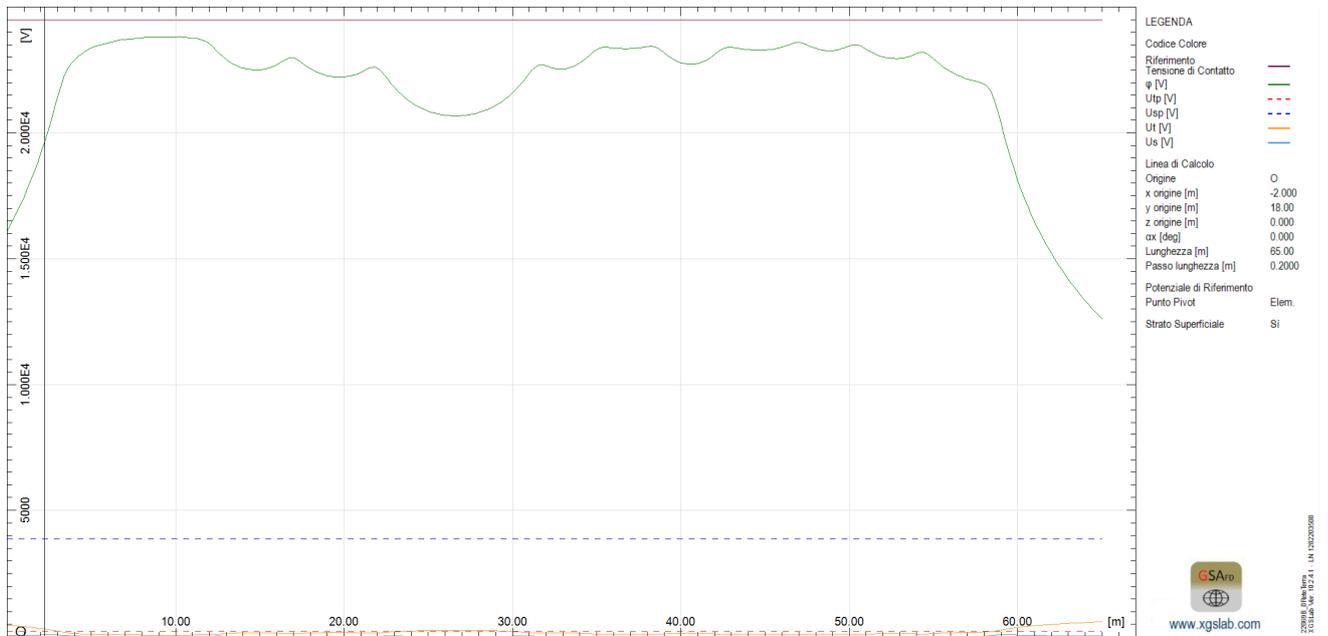


Figura 21 - Tensioni di contatto e di passo lungo la direttrice di calcolo considerando lo strato superficiale

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 54
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

9.10. CONCLUSIONI

La presente sezione illustra e commenta i risultati dei calcoli effettuati per il dimensionamento del dispersore di terra della nuova SSE a servizio dell'impianto di produzione fotovoltaica di Prato Sardo Nuoro (NU).

I calcoli sono stati effettuati mediante software XGSLab considerando i seguenti dati di ingresso:

- Dati ambientali
- Dati elettrici (correnti di guasto dedotte da documenti ufficiali di TERNA)
- Dati del mezzo disperdente
- Dati geometrici
- Limiti ammessi dalle vigenti normative

I calcoli sono stati effettuati con riferimento al dispersore della SSE.

Nelle aree all'interno della rete magliata dell'impianto di terra i valori di tensione di contatto sono diffusamente superiori ai limiti ammessi. Tuttavia, uno strato di asfalto attorno alle apparecchiature elettriche può essere sufficiente a riportare i valori di tensione di contatto al di sotto dei limiti ammessi.

Va comunque notato che i calcoli sono stati condotti nella più conservativa delle ipotesi che la corrente di guasto a terra (con valore assunto superiore a quella previsionale) venga interamente iniettata nel terreno e determini quindi una distribuzione di potenziali conseguente.

Deve essere comunque tenuto presente che il dimensionamento dell'impianto di terra primaria di cui trattasi non è sostitutivo delle misure delle tensioni di contatto e di passo, che devono comunque essere effettuate in accordo con le normative quando l'impianto sarà completato, per confermare il rispetto dei limiti ammessi nelle reali condizioni.

Qualora, nelle reali condizioni e a seguito di misure, in alcuni punti le tensioni di contatto dovessero risultare al di sopra dei limiti ammessi, dovranno essere valutati ulteriori interventi addizionali puntuali.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 55
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

10. CAMPI ELETTRICI ED ELETTROMAGNETICI

Si rimanda alla relazione di calcolo specifica.

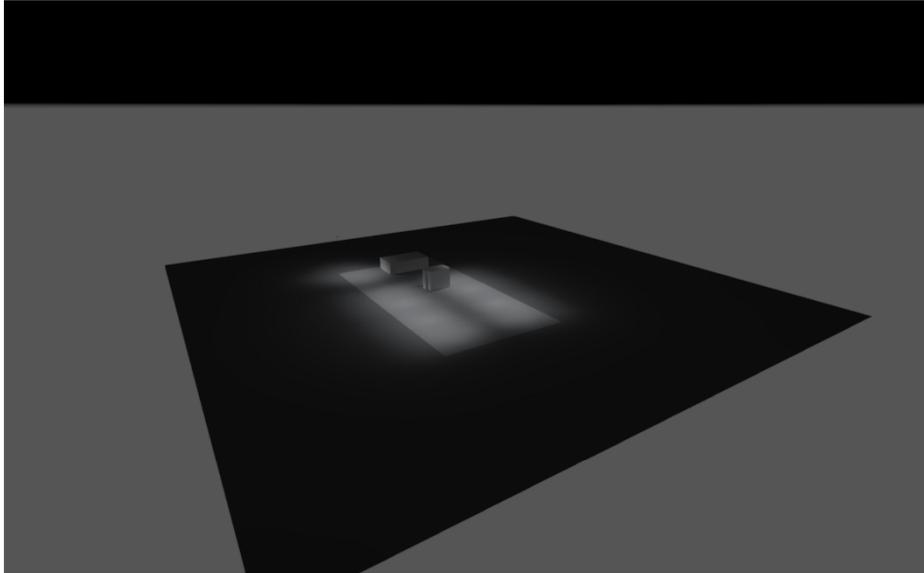
	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 56
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

11. ALLEGATO 01 - CALCOLO ILLUMINOTECNICO AREE ESTERNE

Date

22/03/2023

DIALux



Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

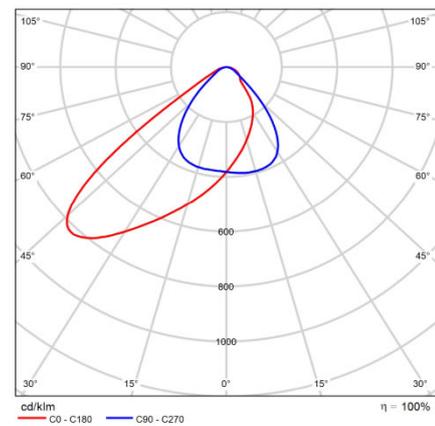
Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

DIALux
Product data sheet

Philips - BVP165 LED210 840 200W AWB



P	200.0 W
Φ_{Lamp}	21000 lm
$\Phi_{Luminaire}$	20964 lm
η	99.83 %
Luminous efficacy	104.8 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



Polar LDC

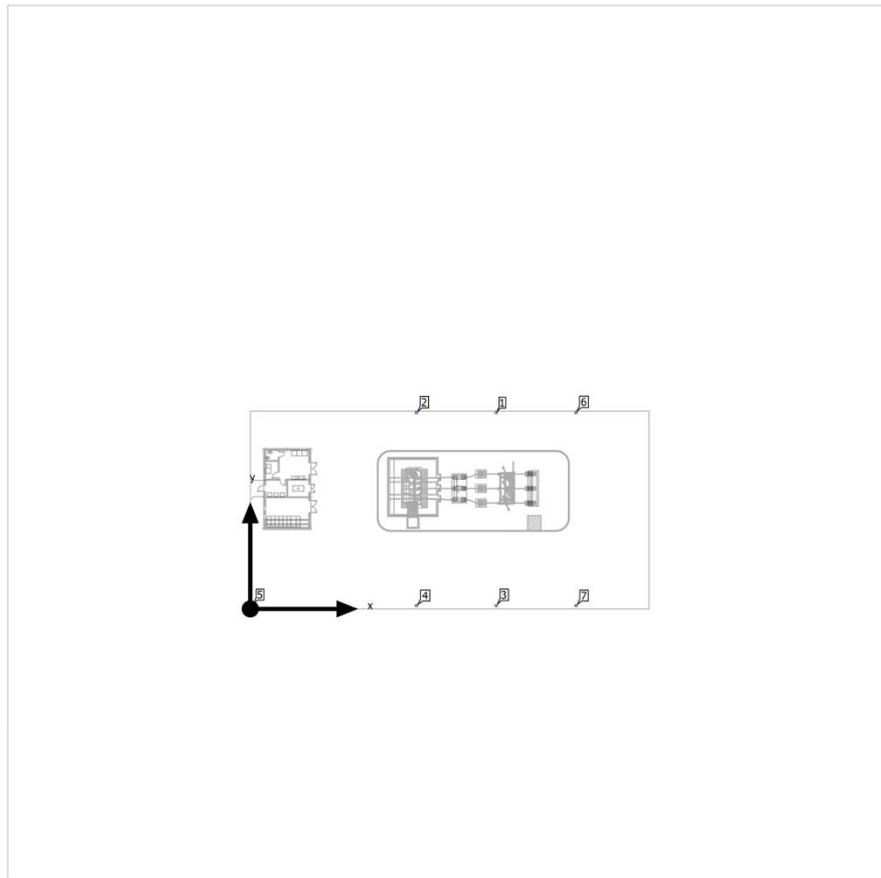
	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 58
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

DIALux

Area esterna

Luminaire layout plan

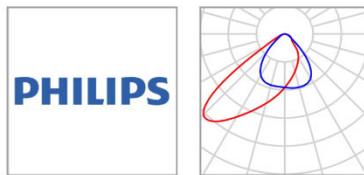


Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

DIALux

Area esterna

Luminaire layout plan



Manufacturer	Philips	P	200.0 W
Article name	BVP165 LED210 840 200W AWB	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	20964 lm
Fitting	1x LED		

Individual luminaires

X	Y	Mounting height	Luminaire
37.000 m	29.750 m	11.000 m	1
25.000 m	29.750 m	11.000 m	2
37.000 m	0.500 m	11.000 m	3
25.000 m	0.500 m	11.000 m	4
0.500 m	0.500 m	11.000 m	5
49.000 m	29.750 m	11.000 m	6
49.000 m	0.500 m	11.000 m	7

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 60
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

DIALux

Area esterna

Luminaire list

Φ_{total} 146748 lm	P_{total} 1400.0 W	Luminous efficacy 104.8 lm/W
-----------------------------	-------------------------	---------------------------------

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
7	Philips		BVP165 LED210 840 200W AWB	200.0 W	20964 lm	104.8 lm/W

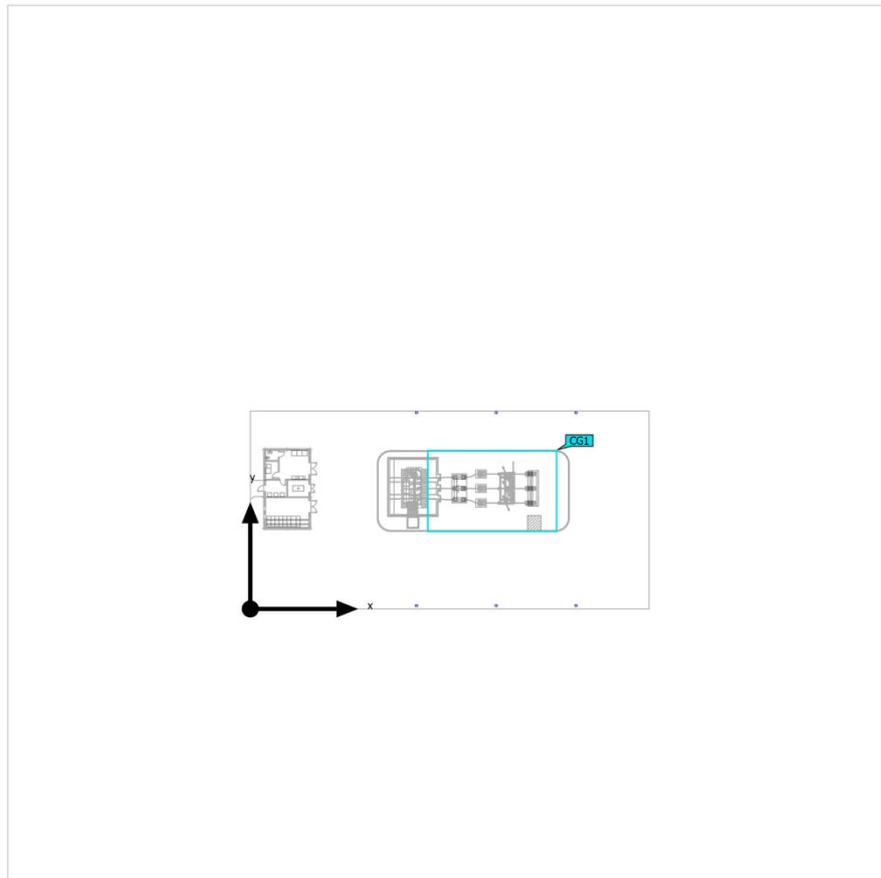
	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 61
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

DIALux

Area esterna (Light scene 1)

Calculation objects



Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

DIALux

Area esterna (Light scene 1)

Calculation objects

Calculation surfaces

Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2	Index
Area apparecchiature AT Perpendicular illuminance Height: 0.000 m	51.1 lx	17.2 lx	86.6 lx	0.34	0.20	CG1

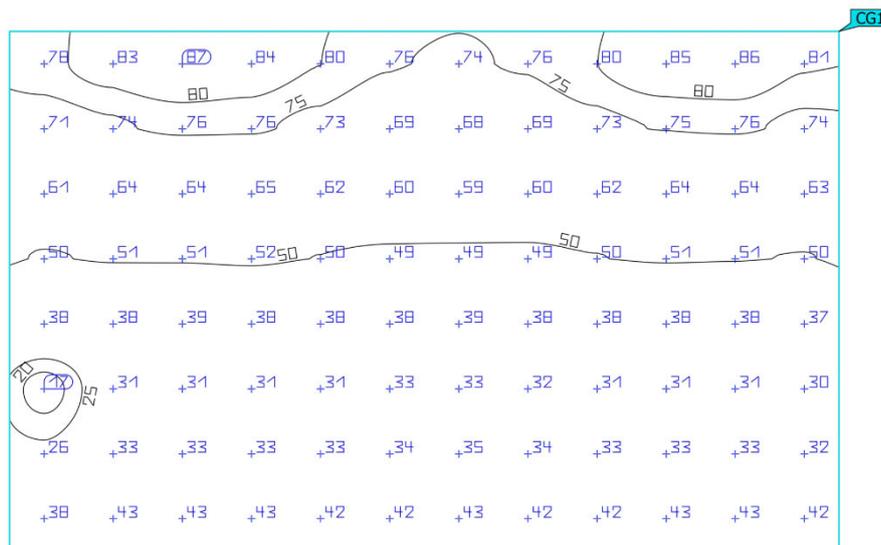
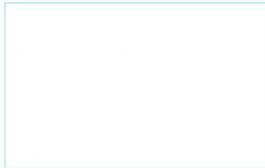
Utilisation profile: DIALux presetting, Standard (outdoor transportation area)

Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

DIALux

Area esterna (Light scene 1)

Area apparecchiature AT



Properties	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2	Index
Area apparecchiature AT Perpendicular illuminance Height: 0.000 m	51.1 lx	17.2 lx	86.6 lx	0.34	0.20	CG1

Utilisation profile: DIALux presetting, Standard (outdoor transportation area)

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 64
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

DIALux

Glossary

A

A Formula symbol for a surface in the geometry

B

Background area The background area borders the direct ambient area according to DIN EN 12464-1 and reaches up to the borders of the room. In larger rooms, the background area is at least 3 m wide. It is located horizontally at floor level.

C

CCT (Engl. correlated colour temperature)
Body temperature of a thermal radiator which serves to describe its light colour. Unit: Kelvin [K]. The lesser the numerical value the redder; the greater the numerical value the bluer the light colour. The colour temperature of gas-discharge lamps and semi-conductors are termed "correlated colour temperature" in contrast to the colour temperature of thermal radiators.

Allocation of the light colours to the colour temperature ranges acc. to EN 12464-1:

Light colour - colour temperature [K]
warm white (ww) < 3,300 K
neutral white (nw) ≥ 3,300 – 5,300 K
daylight white (dw) > 5,300 K

Clearance height The designation for the distance between upper edge of the floor and bottom edge of the ceiling (in the completely furnished status of room).

CRI (Engl. colour rendering index)
Designation for the colour rendering index of a luminaire or a lamp acc. to DIN 6169: 1976 or CIE 13.3: 1995.

The general colour rendering index Ra (or CRI) is a dimensionless figure that describes the quality of a white light source in regards to its similarity with the remission spectra of defined 8 test colours (see DIN 6169 or CIE 1974) to a reference light source.

D

Daylight factor Ratio of the illuminance achieved solely by daylight incidence at a point in the inside to the horizontal illuminance in the outer area under an unobstructed sky.

Formula symbol: D (Engl. daylight factor)
Unit: %

Glossary

Daylight quotient effective area	A calculation surface within which the daylight quotient is calculated.
E	
Eta (η)	(light output ratio) The light output ratio describes what percentage of the luminous flux of a free radiating lamp (or LED module) is emitted by the luminaire when installed. Unit: %
G	
g_1	Often also U_o (Engl. overall uniformity) Designates the overall uniformity of the illuminance on a surface. It is the quotient from E_{min} to \bar{E} and is required, for instance, in standards for illumination of workstations.
g_2	Actually it designates the "non-uniformity" of the illuminance on a surface. It is the quotient of E_{min} to E_{max} and is generally only relevant for certifying the emergency lighting acc. to EN 1838.
I	
Illuminance	Describes the ratio of the luminous flux that strikes a certain surface to the size of this surface ($lm/m^2 = lx$). The illuminance is not tied to an object surface. It can be determined anywhere in space (inside or outside). The illuminance is not a product feature because it is a recipient value. Luxometers are used for measuring. Unit: Lux Abbreviation: lx Formula symbol: E
Illuminance, adaptive	For the determining of the middle adaptive illuminance on a surface, this is rastered "adaptively". In the area of large illuminance differences within the surface, the raster is subdivided finer; within lesser differences, a rougher classification is made.
Illuminance, horizontal	Illuminance that is calculated or measured on a horizontal (level) surface (this can be for example a table top or the floor). The horizontal illuminance is usually identified by the formula letter E_h .
Illuminance, perpendicular	Illuminance that is calculated or measured plumb-vertical to a surface. This needs to be taken into account for tilted surfaces. If the surface is horizontal or vertical, then there is no difference between the perpendicular and the horizontal or vertical illuminance.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 66
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

DIALux

Glossary

<p>Illuminance, vertical</p>	<p>Illuminance that is calculated or measured on a vertical surface (this can be for example the front of some shelves). The vertical illuminance is usually identified by the formula letter E_v.</p>
<hr/>	
L	
<p>LENI</p>	<p>(Engl. lighting energy numeric indicator) Lighting energy numeric indicator acc. to EN 15193 Unit: kWh/m² year</p>
<hr/>	
<p>LLMF</p>	<p>(Engl. lamp lumen maintenance factor)/acc. to CIE 97: 2005 Lamp flux maintenance factor that takes the luminous flux reduction into account of a luminaire or an LED module in the course of the operating time. The lamp flux maintenance factor is specified as a decimal digit and can have a maximum value of 1 (no luminous flux reduction existing).</p>
<hr/>	
<p>LMF</p>	<p>(Engl. luminaire maintenance factor)/acc. to CIE 97: 2005 Luminaire maintenance factor that takes the soiling into account of the luminaire in the course of the operating time. The luminaire maintenance factor is specified as a decimal digit and can have a maximum value of 1 (no soiling existing).</p>
<hr/>	
<p>LSF</p>	<p>(Engl. lamp survival factor)/acc. to CIE 97: 2005 Lamp survival factor that takes the total failure into account of a luminaire in the course of the operating time. The lamp survival factor is specified as a decimal digit and can have a maximum value of 1 (no failures existing within the time concerned or prompt replacement after the failure).</p>
<hr/>	
<p>Luminance</p>	<p>Dimension for the "brightness impression" that the human eye has of a surface. The surface itself can emit light thereby or light striking it can be reflected (emitter value). It is the only photometric value that the human eye can perceive. Unit: Candela per square metre Abbreviation: cd/m² Formula symbol: L</p>
<hr/>	
<p>Luminous efficacy</p>	<p>Ratio of the emitted luminous flux Φ [lm] to the absorbed electrical power P [W] Unit: lm/W. This ratio can be formed for the lamp or LED module (lamp or module light output), the lamp or module with control gear (system light output) and the complete luminaire (luminaire light output).</p>

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 67
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

DIALux

Glossary

Luminous flux Dimension for the total light output that is emitted from one light source in all directions. It is thus an "emitter value" that specifies the entire emitting output. The luminous flux of a light source can only be determined in a laboratory. A difference is made between the lamp or LED module luminous flux and the luminaire luminous flux.

Unit: Lumen
Abbreviation: lm
Formula symbol: Φ

Luminous intensity Describes the intensity of the light in a certain direction (emitter value). The luminous intensity is a matter of the luminous flux Φ that is emitted in a certain spherical angle Ω . The radiation characteristics of a light source are presented graphically in a light distribution curve (LDC). The luminous intensity is an SI base unit.

Unit: Candela
Abbreviation: cd
Formula symbol: I

M

Maintenance factor See MF

MF (Engl. maintenance factor)/acc. to CIE 97: 2005
Maintenance factor as decimal number between 0 and 1 that describes the ratio of the new value of a photometric planning parameter (e.g. of the illuminance) to a maintenance value after a certain time. The maintenance factor takes into account the soiling of luminaires and rooms as well as the luminous flux reduction and the failure of light sources.
The maintenance factor is taken into account either overall or determined in detail acc. to CIE 97: 2005 by the formula $RMF \times LMF \times LLMF \times LSF$.

P

P (Engl. power)
Electric power consumption

Unit: watt
Abbreviation: W

R

Reflection factor The reflection factor of a surface describes how much of the striking light is reflected back. The reflection factor is defined by the colour of the surface.

	Rev. 0	Data Giugno 2023	El: BI029F-D-NUO-RT-15-r00	Pag. 68
			RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE ELETTRICHE SSE	

Sottostazione Nuoro - Illuminazione zona A.T.

DIALux

Glossary

RMF	(Engl. room maintenance factor)/acc. to CIE 97: 2005 Room maintenance factor that takes the soiling into account of the space encompassing surfaces in the course of the operating time. The room maintenance factor is specified as a decimal digit and can have a maximum value of 1 (no soiling existing).
S	
Surrounding area	The ambient area directly borders the area of the visual task and should be planned with a width of at least 0.5 m according to DIN EN 12464-1. It is at the same height as the area of the visual task.
U	
UGR (max)	(unified glare rating) Measure for the psychological glare effect in interiors. In addition to luminaire luminance, the UGR value also depends on the position of the observer, the viewing direction and the ambient luminance. Among other things, EN 12464-1 specifies maximum permissible UGR values for various indoor workplaces.
UGR observer	Calculation point in the room, for the DIALux the UGR value is determined. The location and height of the calculation point should correspond to the typical observer position (position and eye level of the user).
V	
Visual task area	The area that is needed for carrying out the visual task in accordance with DIN EN 12464 -1. The height corresponds with the height at which the visual task is executed.
W	
Wall zone	Circumferential area between working plane and walls which is not taken into account for the calculation.
Working plane	Virtual measuring or calculation surface at the height of the visual task that generally follows the room geometry. The working plane may also feature a wall zone