

SOGGETTO PROPONENTE:



SMARTENERGY2001 S.R.L.
Via Statuto, 10
20121 Milano

COMUNE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ)
LOC. MERCANTE
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO
COLLEGATO ALLA RTN A 150 kV DI TERNA S.p.A.
POTENZA DI PICCO 19.98 MWp
POTENZA DI IMMISSIONE IN RETE: 16.000 kW

PROGETTO DEFINITIVO

Procedura di Autorizzazione Unica di cui all'art.12 del D.lgs 387/2003 - Linee Guida Decr. MISE 10/09/2010
PROCEDURA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE PRESSO IL MISE
di cui all'art. 31, c.6 del DL 77/21

Serie Piano tecnico delle Opere

SSE di UTENZA e Cavidotto di vettoriamiento
Relazione Campi Elettromagnetici

PT_010

PROGETTAZIONE DELLE OPERE:



INGENIUM ENGINEERING SRL

Via Maitani, 3 - 05018 Orvieto (TR)
tel. 0763.530340 fax 0763.530344
e mail: info@ingenium-engineering.com
pec: info@pec.ingenium-engineering.com
www.ingenium-engineering.com

Azienda con sistema di gestione qualità ISO 9001:2015
certificato da Bureau Veritas Italia SpA
cert. n° IT306096

Ing. Roberto Lorenzotti (PM)
Arch. Andrea Giuffrida
Arch. Giovanna Corso
Ing. Elena Crespi

Con:



Energy Cliet Service srl
Uffici: Via Enrico Fermi, 52 - 24035 Curno (BG)
Sede legale: Via Cà, 12B - 24060 Brusaporto (BG)
Tel. 035.245313



firma / timbro progettista



firma / timbro committente

02						COD. DOCUMENTO
01						IE_326_PD_PT_010
00	gen. 2022	prima emissione	NC	A.G.	R.L.	FOGLIO
REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	APPROVATO	AUTORIZZATO	1 DI 1

E' vietata ai sensi di legge la divulgazione e la riproduzione del presente documento senza la preventiva autorizzazione

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

1	PREMESSA	3
1.1	INTRODUZIONE	3
1.2	DESCRIZIONE DELLE OPERE	3
1.3	SCOPO DEL DOCUMENTO	6
1.4	CAMPI ELETTROMAGNETICI	7
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE DA REALIZZARE	7
2.1	INFRASTRUTTURE APPARTENENTI ALLA RTN	7
2.1.1	<i>Premessa</i>	7
2.1.2	<i>Realizzazione di un nuovo stallo ATR 380/150 kV nella SE Genzano</i>	8
2.1.3	<i>Consistenza della nuova SE Terna (Nuovo centro satellite 150 kV)</i>	10
2.1.4	<i>Consistenza del cavidotto interrato AT a 150 kV in doppia terna</i>	12
2.2	CARATTERISTICHE DELLE OPERE DI UTENZA A 150 kV CONDIVISE CON ALTRI PRODUTTORI	14
2.2.1	<i>Premessa</i>	14
2.2.2	<i>Stazione elettrica di trasformazione AT/MT 150/30 kV (SSE) - Opere di utenza</i>	16
2.2.3	<i>Consistenza del cavidotto interrato AT a 150 kV di Utenza condiviso per la connessione della Stazione di Raccolta AT alla SE Terna</i>	18
2.3	ALIMENTAZIONE AUSILIARI	20
2.3.1	<i>Cabina di trasformazione MT/BT per alimentazione ausiliari della SE Terna, nonché della Stazione di Raccolta AT e della SSE di Utenza</i>	20
2.4	ALTRE INFRASTRUTTURE MT E MT/BT	20
2.4.1	<i>Cabine MT/BT di campo interne all'area di impianto</i>	20
2.4.2	<i>Cavidotti interrati in MT di Utenza</i>	22
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E RICHIAMI NORMATIVI	24
3.1	LEGGI E NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	24
3.2	TERMINOLOGIA	25
3.3	LEGISLAZIONE ITALIANA	25
3.4	NORMATIVA ITALIANA CEI	27
3.5	CONSIDERAZIONI	28
4	ALGORITMI DI CALCOLO	30
4.1	PRINCIPI DI CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO	30
4.2	PRINCIPI DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO	31
4.3	VALORE DELLA CORRENTE UTILIZZATA NEL CALCOLO	32
4.4	FORMULE DI CALCOLO INDICATE NELLA NORMA CEI 106-11	32

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

4.4.1	Conduttori in piano	32
4.4.2	Conduttori disposti a triangolo	33
4.5	SOFTWARE DI CALCOLO	34
5	VALUTAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI GENERATI DAI COMPONENTI DELL'IMPIANTO	35
5.1	LIMITAZIONI ALLO STUDIO	35
5.2	INFRASTRUTTURE DA REALIZZARE NELLA SE 380/150 kV GENZANO	35
5.2.1	Nuovo stallo ATR a 380 kV	35
5.2.1.1	Stallo ATR 380/150kV	35
5.2.1.2	AutoTrasformatore AAT/AT 380/150 kV – 400 MVA OFAF.....	36
5.3	INFRASTRUTTURE IN AT RELATIVE A AMPLIAMENTO RTN	38
5.3.1	Cavidotti doppia terna in AT RTN per la connessione della SE Genzano al nuovo centro satellite SE Terna .	38
5.3.2	Stalli linea, Stallo consegna Produttori nella SE Terna.....	40
5.3.3	Sbarre AT e stallo parallelo sbarre nella SE Terna	41
5.4	INFRASTRUTTURE IN AT DI UTENZA	44
5.4.1	Cavidotto in AT di utenza condiviso per la connessione della nuova SE Terna alla Stazione di Raccolta AT .	44
5.4.2	Stallo ricezione AT nella Stazione di Raccolta AT.....	45
5.4.3	Sbarre AT condivise nella Stazione di Raccolta AT.....	46
5.4.4	Stallo trasformazione SSE Utente	49
5.4.5	Trasformatore AT/MT 150/20 kV – 40/50 MVA ONAN/ONAF.....	50
5.5	IMPIANTI IN MT.....	51
5.5.1	Locali trasformazione MT/BT ausiliari – SE Terna, Stazione di Raccolta AT condivisa, SSE Utente	51
5.5.2	Cabina di consegna MT alimentazione ausiliari.....	53
5.5.3	Cavidotti di vettoriamento in MT di Utenza – Collegamento da Impianto FTV a SSE.....	54
5.5.3.1	Cavidotti su viabilità pubblica	55
5.5.3.2	Cavidotti su strada sterrata/Terreno agricolo	56
5.5.3.3	Conclusioni	57
5.5.4	Cavidotti in cavo elicordato	57
5.5.5	Cabina di campo di trasformazione MT/BT	59
5.5.6	Linee di BT a 800V per il collegamento degli inverter alle Cabine di Trasformazione MT/BT di Campo.....	62
5.5.6.1	Obiettivo di qualità e calcolo DPA – Protezione della popolazione	62
5.6	IMPIANTI DI CONSEGNA MT PER AUSILIARI A CURA E-DISTRIBUZIONE	64
5.6.1	Linea MT aerea esistente da dismettere.....	64
5.6.2	Cavidotti in cavi elicordati.....	64
6	CONCLUSIONI.....	67

1 Premessa

1.1 Introduzione

La società “**SMARTENERGY2001 S.R.L.**” (di seguito Produttore) è in procinto di realizzare un **impianto fotovoltaico di potenza di picco complessivamente installata pari a circa 19.983,60 kWp. Le opere, così come meglio descritte nel seguito, interessano terreni a destinazione agricola non caratterizzati dalla permanenza di popolazione superiore alle 4 ore giornaliere o zone sensibili di cui all’art. 4 comma 1 del DPCM 8 luglio 2003.** A seguito di quanto detto, per lo scopo del presente documento e secondo i dettami della legislazione vigente, per le opere elettriche da realizzare vanno verificati esclusivamente i limiti di esposizione. Verrà comunque condotta un’analisi cautelativa per la verifica della rispondenza delle opere elettriche da realizzare all’obiettivo di qualità.

Si precisa che la realizzazione di impianti alimentati a fonti rinnovabili e delle opere ed infrastrutture connesse è da intendersi di interesse pubblico, indifferibile ed urgente ai sensi di quanto affermato dall’art. 1 comma 4 della legge 10/91 e ribadito dall’art. 12 comma 1 del Decreto Legislativo 387/2003.

1.2 Descrizione delle opere

La posa dei moduli fotovoltaici installati su inseguitori monoassiali, dei cavidotti in corrente continua, degli inverter e dei cavidotti in BT in a.c., nonché delle cabine di campo per la trasformazione MT/BT e i cavidotti interrati eserciti in MT interni all’impianto, saranno da installarsi nel comune di Genzano di Lucania (PZ), località “Mercante”, in terreni nella piena disponibilità del soggetto proponente.

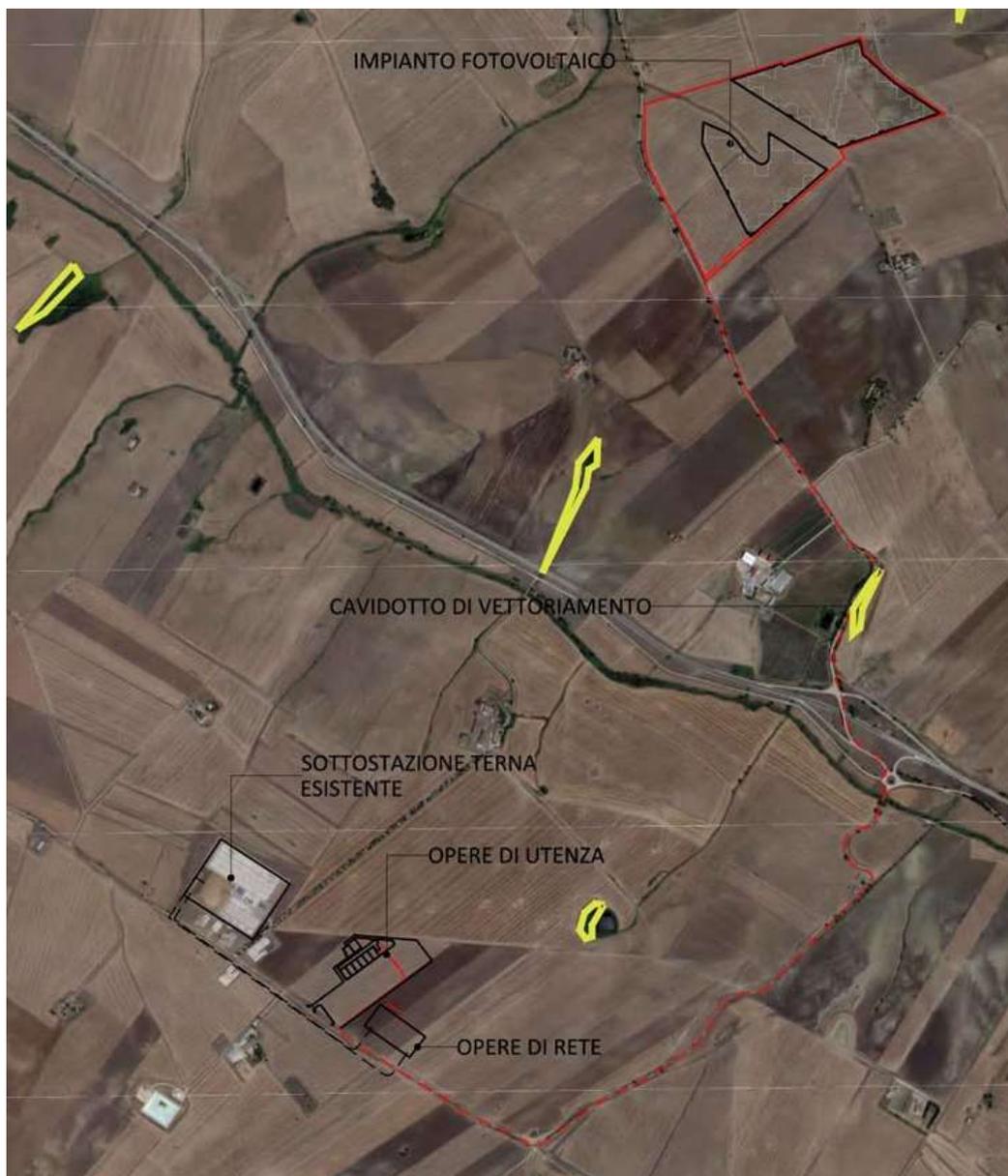
L’energia prodotta dall’impianto fotovoltaico sarà convogliata, mediante dei cavidotti interrati in MT posati lungo viabilità pubblica esistente, a una Sottostazione AT/MT di Utenza (SSE) connessa a un sistema di sbarre AT condiviso con altri produttori installate in una Stazione di Raccolta AT connessa, mediante un cavidotto interrato in AT, allo stallo di consegna condiviso con altri produttori reso disponibile da Terna all’interno di un nuovo centro satellite AT a 150 kV che realizza l’ampliamento della sezione AT a 150 kV della Stazione 380/150 denominata “Genzano” e a questa connessa mediante un cavidotto interrato AT in doppia terna. All’interno della Stazione 380/150 kV “Genzano” verrà inoltre posato un nuovo ATR 380/150 kV da 400MVA.

Le opere da realizzare ricomprendono quindi impianti funzionanti a tensioni di esercizio differenti:

- **Bassa tensione** (inferiore a 1 kV);
- **Media Tensione** (20 e 30 kV);
- **Alta Tensione** (150kV e 3780 kV).

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

L'impianto elettrico in oggetto comprende quindi sistemi di categoria 0, I, II e III, è esercito alla frequenza di 50Hz. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.



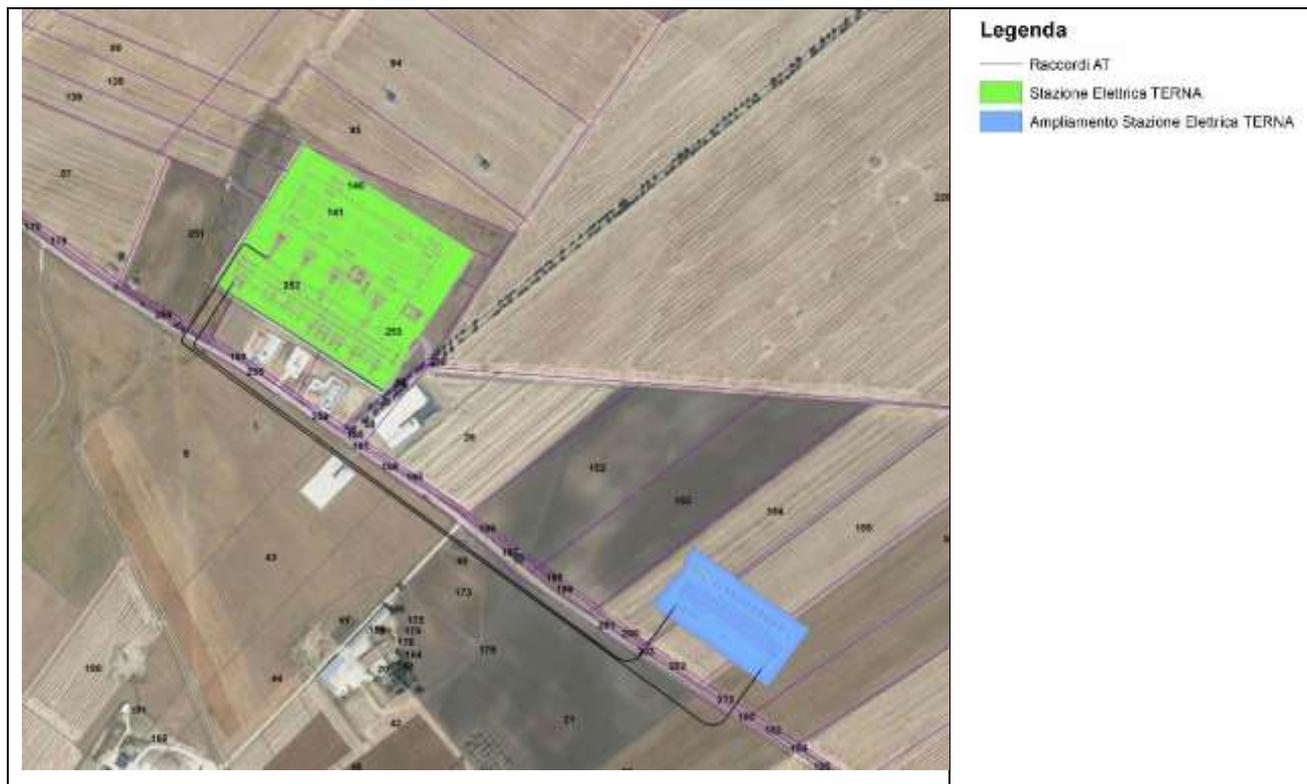
Inquadratura generale delle opere da realizzare

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



Inquadramento generale delle opere RTN e delle opere AT/MT di Utenza da realizzare

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati specifici allegati al presente progetto e di seguito sinteticamente rappresentati mediante planimetria generale.

La soluzione adottata sarà conforme ai requisiti richiesti da Terna S.p.A. e dalla Normativa Tecnica del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI).

1.3 Scopo del documento

La relazione riguarda la valutazione di impatto elettromagnetico relativa alle infrastrutture elettriche in media e alta tensione di proprietà TERNA e del Produttore, necessarie per il collegamento della centrale fotovoltaica in oggetto, comprese tra le infrastrutture pubbliche di trasmissione dell'energia elettrica. Nel documento si valuterà l'intensità dei campi elettromagnetici e si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le fasce di rispetto delle infrastrutture sopra dette.

La stessa intende:

- verificare i campi elettromagnetici relativamente alle opere sopra dette nel rispetto dei limiti di esposizione di cui al DPCM 8 luglio 2003 e sue modifiche e integrazioni;
- valutare l'intensità dei campi elettromagnetici ed individuare, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le fasce di rispetto ad esse relative.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/eIV99/08 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, la nuova SE Terna e il nuovo elettrodotto in cavo interrato per il collegamento alla SE 380/150 kV denominata Genzano costituisce impianto di rete per la connessione, mentre la SSE AT/MT di Utenza e il cavo interrato esercito a 150 kV per il collegamento alla SE Terna costituisce impianto di rete per la connessione.

Si precisa che la realizzazione di impianti alimentati a fonti rinnovabili e delle opere ed infrastrutture connesse è da intendersi **di interesse pubblico, indifferibile ed urgente** ai sensi di quanto affermato dall'art. 1 comma 4 della legge 10/91 e ribadito dall'art. 12 comma 1 del Decreto Legislativo 387/2003.

1.4 Campi elettromagnetici

A ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, anche se non acceso, è associato un campo elettrico che è proporzionale alla tensione della sorgente cui è collegato. L'intensità dei campi elettrici è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi. I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. Essi governano il moto delle cariche elettriche. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T), millitesla (mT) o microtesla (μ T). Ad ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, se il dispositivo è acceso e vi è una corrente circolante, è associato un campo magnetico proporzionale alla corrente fornita dalla sorgente cui il dispositivo è collegato. I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente. Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco (tensioni fino a 150.000 V e frequenze di 50 Hz) i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente perché disaccoppiati.

2 Descrizione delle opere da realizzare

2.1 Infrastrutture appartenenti alla RTN

2.1.1 Premessa

La modalità di connessione alla Rete a 150 kV dell'impianto fotovoltaico in progetto, così come da STMG ricevuta ed accettata, prevede l'ampliamento della sezione a 150 kV della SE TERNA 380/150 kV esistente denominata "Genzano" appartenente alla RTN.

L'ampliamento della SE Genzano, appartenente alla RTN, prevede la realizzazione di un nuovo stallo ATR da 400MVA e rapporto di trasformazione 380/150 kV e la realizzazione di nuovo centro satellite (SE) a 150 kV che si dovrà collegare alla SE "Genzano" attraverso una connessione in cavo interrato in doppia terna esercito a 150 kV da realizzare parallelamente alla viabilità pubblica esistente, su aree che insistono su terreni di soggetti terzi così come meglio rappresentato negli elaborati specifici.

La nuova SE TERNA verrà realizzata nel Comune di Genzano di Lucania, in stretta adiacenza alla Stazione Elettrica 380/150 kV già esistente. In stretta adiacenza alla nuova SE Terna verrà realizzata dalla società proponente una Sottostazione di trasformazione AT/MT (SSE), necessaria per l'adeguamento della tensione proveniente dal campo fotovoltaico in MT a 30 kV alla tensione di connessione AT a 150 kV per la successiva consegna alla RTN dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico. La SE Terna verrà connessa alla SSE mediante un cavidotto interrato esercito in AT a 150 kV la cui realizzazione è a carico del produttore.

Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle infrastrutture di rete, lo stallo di consegna produttore reso disponibile da Terna nella nuova SE verrà condiviso con altri produttori tra i quali è stato già sottoscritto un accordo quadro per la condivisione delle infrastrutture comuni necessarie per la connessione alla RTN dei predetti impianti.

2.1.2 Realizzazione di un nuovo stallo ATR 380/150 kV nella SE Genzano

La corrente nominale di dimensionamento dello stallo ATR è pari a 2.000A.

	380 kV
Stallo linea	3150 A
Sbarre	4000 A
Stallo di parallelo sbarre	3150 A
Stallo Trasformatore	2000 A

Le distanze dei conduttori di stallo sono riportate nella seguente tabella.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

PRINCIPALI DISTANZE DI PROGETTO	Sez. 380 kV (m)
Distanza tra le fasi per le sbarre e le apparecchiature	5,50
Distanza tra le fasi nei conduttori in sorpasso alle sbarre (se del caso)	5,50
Distanza tra le fasi per l'amarro linee	6,25
Larghezza degli stalli	22,00
Larghezza complessiva dello stallo parallelo (del tipo ad U senza sorpasso sbarre)	44,00
Distanza tra le fasi adiacenti di due sistemi di sbarre	11,00
Altezza dei conduttori di stallo (asse morsetti sezionatori di sbarra)	6,50
Quota asse sbarre	11,80
Quota amarro linee (ad interruttori "sfalsati")	14,00 (21,00)
Sbalzo sbarre per i TV di sbarra ⁽³⁾	5,50
Sbalzo senza TV di sbarra	4,00
Distanza tra l'asse del TV di sbarra ed l'asse strada (larghezza strada 4 metri)	6,70

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



Planimetria generale delle opere da realizzare all'interno della SE 380/150kV "Genzano"

***In rosso: Nuovo stallo ATR 380/150 e stallo linea in cavo interrato;
in viola: cavidotti AT interrati verso la nuova SE Terna e fasce asservite***

2.1.3 Consistenza della nuova SE Terna (Nuovo centro satellite 150 kV)

La S.E. sarà composta principalmente da:

- Sistema a doppia sbarra, una di riserva all'altra;
- Stalli di arrivo linea in cavo a 150 kV;
- Stalli linea e consegna produttori a 150 kV;
- Edifici di comando alimentati a 20 kV a mezzo di cabine di trasformazione MT/BT.

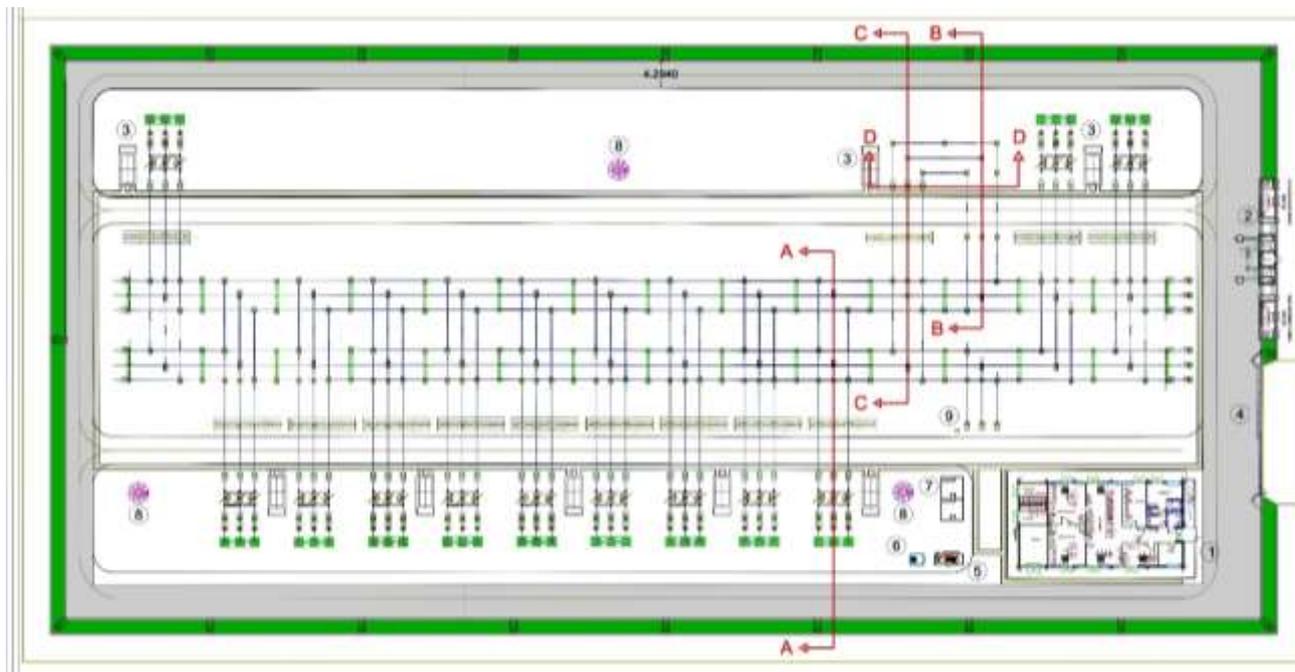
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo

La S.E. sarà del tipo con isolamento in aria e la distanza tra le parti attive, nonché delle correnti nominali di dimensionamento, saranno conformi agli standard Terna. Le correnti di regime previste sono:

- Per le sbarre e parallelo sbarre: 2000 A
- Per gli stalli linea: 1250 A

Le principali distanze progettuali in aria da adottare negli impianti sono indicate dalla seguente tabella:

Principali distanze di progetto	Sezione 132-150 kV (m)
Distanza tra le fasi per le sbarre, le apparecchiature e i conduttori	2,20
Distanza tra le fasi per l'amarro linee	3
Larghezza degli stalli	11
Distanza tra le fasi adiacenti di due sistemi di sbarre	6
Altezza dei conduttori di stallo (asse morsetti sezionatori di sbarra)	4,50
Quota asse sbarre	7,5
Quota amarro linee (ad Interruttori "sfalsati") valori minimi	9



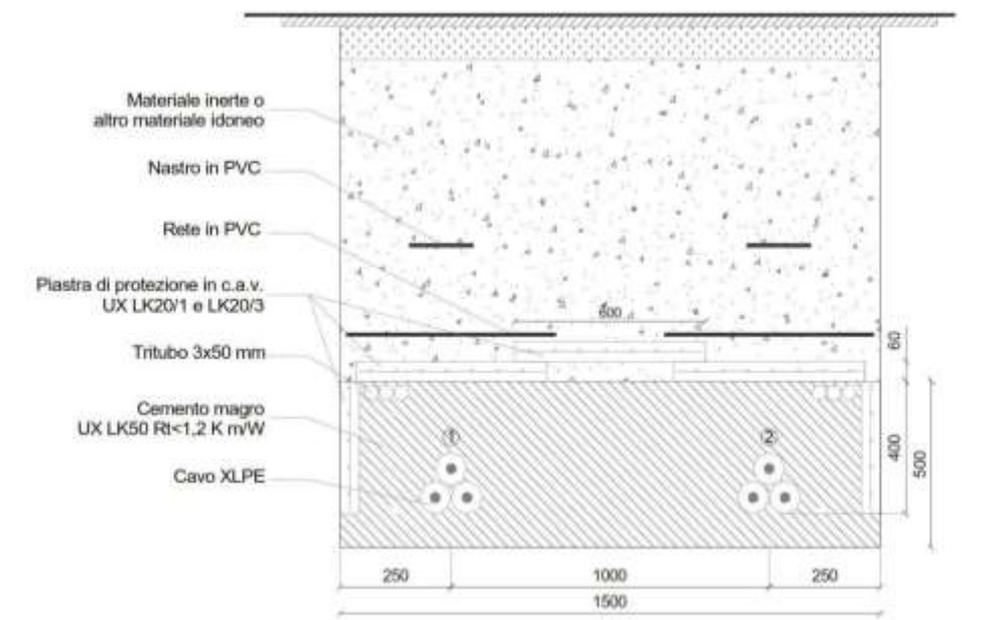
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

LEGENDA	
1	EDIFICIO INTEGRATO COMANDI E SERVIZI AUSILIARI
2	EDIFICIO PUNTI DI CONSEGNA ALIM. MT S.A. (DO 2002)
3	CHIOSCHI APP. PERIFERICHE SISTEMA DI CONTROLLO
4	CANCELLO CARRAIO APRIBILE A DUE ANTE
5	GE
6	SERBATOIO GASQUO INTERRATO
7	FONDAZIONE TRASFORMATORI MT/HT (con copertura)
8	TORRI FARO
9	TRASFORMATORI INDUTTIVI DI POTENZA (TIP)
	AUOLA PERIMETRALE - 2 mt
	VIABILITA' STAZIONE - 4 mt
	VIABILITA' ESTERNA - 4 mt

Planimetria elettromeccanica della nuova SE Terna (Nuovo centro satellite)

2.1.4 Consistenza del cavidotto interrato AT a 150 kV in doppia terna

Necessita inoltre la realizzazione di un elettrodotto AT interrato per la connessione del nuovo centro satellite a 150 kV alla SE "Genzano" a 380/150 kV. Il nuovo elettrodotto prevede la posa di n.2 nuove terne distanziate di 1m, così come da sezione tipologica riportata di seguito.

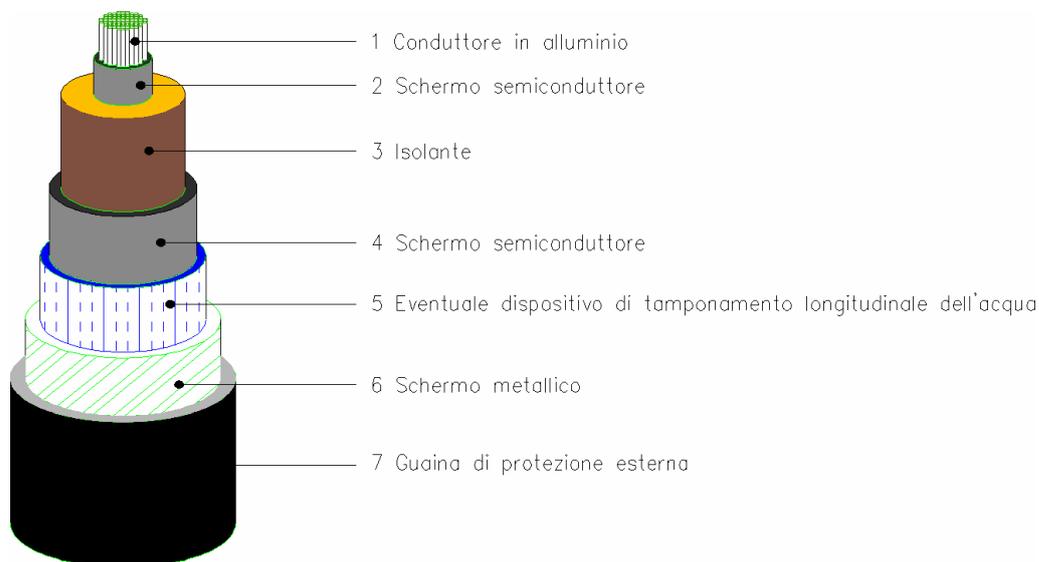


Ognuno dei tratti di elettrodotto interrati sarà costituito da una terna composta di tre cavi unipolari, disposti a trifoglio, realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione indicativa di circa 1.600 mm², le cui caratteristiche sono di seguito riportate.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

Sezione nominale del conduttore	Alluminio 1600 mm ²
Isolante	XLPE
Diametro esterno	106,4 mm
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	150 kV
Portata di corrente di progetto	1.000 A

L'elettrodotto sarà costituito da una terna di cavi unipolari, con isolamento in XLPE, costituiti da un conduttore in alluminio con sezione pari a circa 1600 mm²; esso sarà un conduttore di tipo milliken a corda rigida, compatta e tamponata di rame ricotto non stagnato o di alluminio, ricoperta da uno strato semiconduttivo interno estruso, dall'isolamento XLPE, dallo strato semiconduttivo esterno, da nastri semiconduttivi igroespandenti. Lo schermo metallico è costituito da un tubo metallico di piombo o alluminio o a fili di rame ricotto non stagnati, di sezione complessiva adeguata ad assicurare la protezione meccanica del cavo, la tenuta ermetica radiale ed a sopportare la corrente di guasto a terra. Sopra lo schermo viene applicata la guaina protettiva di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva, ed infine la protezione esterne meccanica.



2.2 Caratteristiche delle opere di utenza a 150 kV condivise con altri produttori

2.2.1 Premessa

Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle infrastrutture di rete, lo stallo di consegna produttore reso disponibile da Terna nella nuova SE verrà condiviso con altri produttori tra i quali è stato già sottoscritto un accordo quadro per la condivisione delle infrastrutture comuni necessarie per la connessione alla RTN dei predetti impianti.

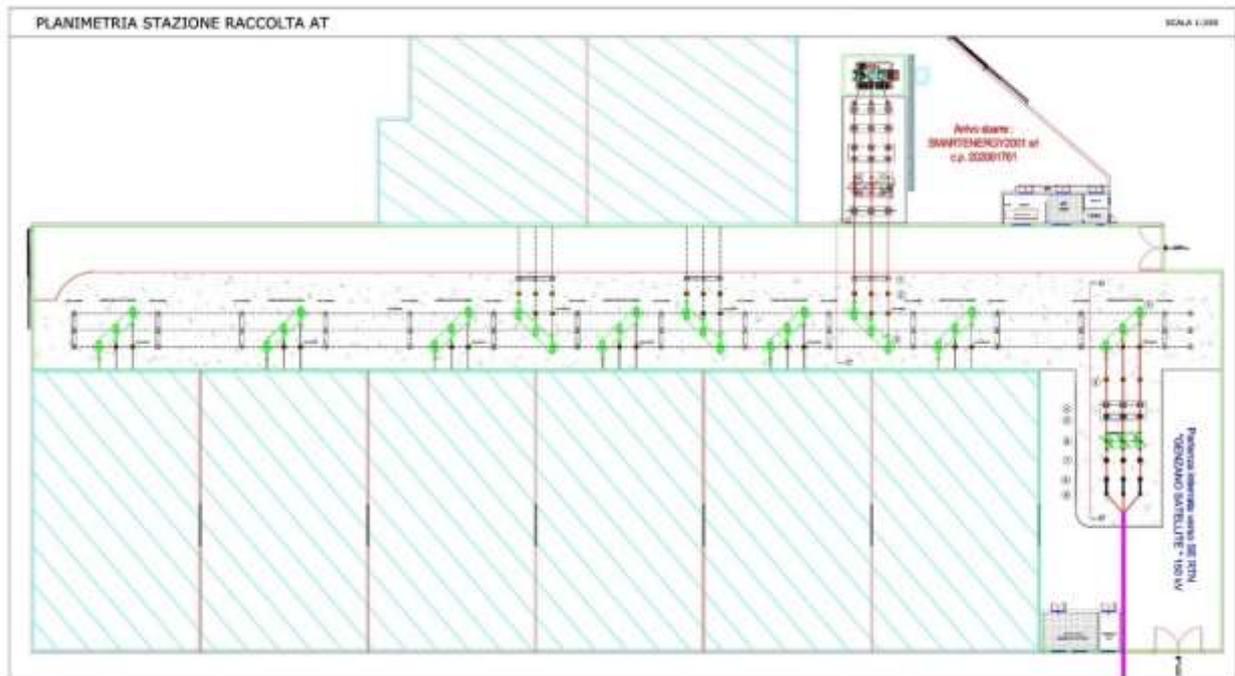
Le infrastrutture comuni condivise da realizzare, collocate in stretta adiacenza al nuovo centro satellite a 150 kV appartenente alla RTN gestita da Terna, consistono in:

- un cavidotto AT a 150 kV interrato necessario per la connessione delle infrastrutture comuni condivise a 150 kV con lo stallo di connessione reso disponibile da Terna.
- la realizzazione di uno stallo a 150 kV isolato in aria per la ricezione e la protezione dell'arrivo linea in cavo dalla RTN Terna;
- un sistema sbarre semplice a 150 kV a cui vengono connessi i vari stalli di trasformazione dei vari produttori.

L'insieme delle opere comuni condivise sono rappresentate negli elaborati relativi alla "Stazione di raccolta AT" facenti parte del presente progetto.

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati specifici allegati al presente progetto e di seguito sinteticamente rappresentati mediante planimetria generale.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo



Planimetria Stazione di Raccolta AT condivisa

2.2.2 Stazione elettrica di trasformazione AT/MT 150/30 kV (SSE) - Opere di utenza

L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico viene trasmessa alla SSE utilizzando un livello di tensione MT a 30 kV.

La società proponente realizzerà pertanto una Sottostazione di trasformazione AT/MT (SSE o anche SET) necessaria per l'adeguamento della tensione proveniente dal campo fotovoltaico in MT a 30 kV alla tensione di connessione in AT a 150 kV necessaria per la successiva consegna alla RTN dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico.

La SSE, realizzata in stretta adiacenza al sistema di sbarre condivise a 150 kV così come sopra dettagliato e facente parte della Stazione di Raccolta AT condivisa, verrà quindi collegata al sistema sbarre condiviso mediante una connessione in corda nuda o in tubo di alluminio.

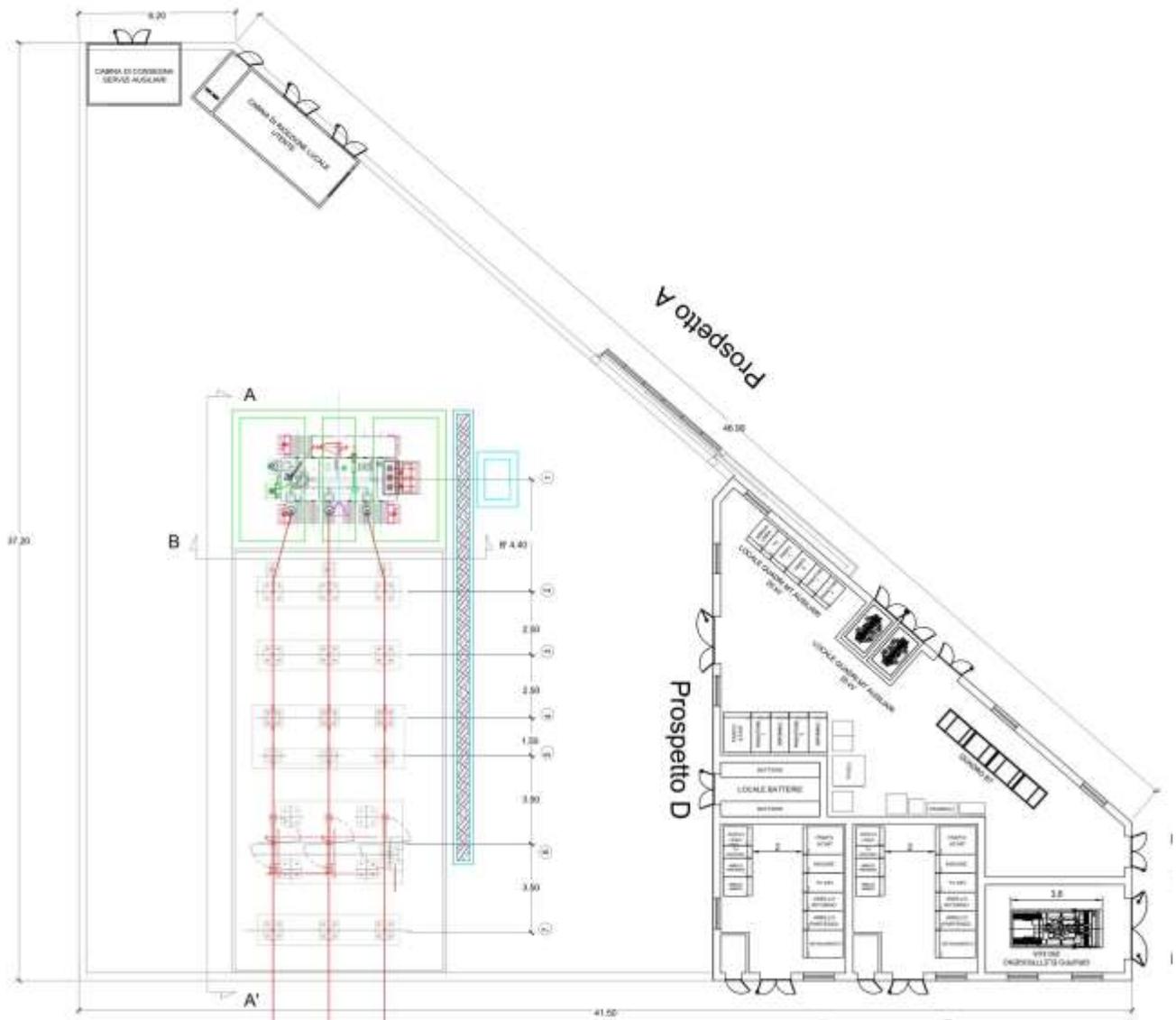
La SSE consta principalmente di:

- Stallo Trasformazione 150/30 kV, con trasformatore AT/MT da 40 MVA ONAN (50 MVA OFAF);
- Cabina MT/BT di trasformazione ausiliari e Locale di Comando.

Al fine di ottimizzare ulteriormente le infrastrutture da realizzare, lo stallo di trasformazione AT/MT potrà inoltre ricevere l'energia prodotta da un secondo produttore in forza di ulteriore accordo di condivisione infrastrutture; in tal caso, i due impianti di produzione facenti capo ai due diversi produttori verranno posti in parallelo sul lato MT e pertanto prima della trasformazione AT/MT, consentendo in ogni caso la misura separata dell'energia prodotta dai due produttori sul lato di MT così come già previsto nello schema elettrico unifilare allegato al presente progetto.

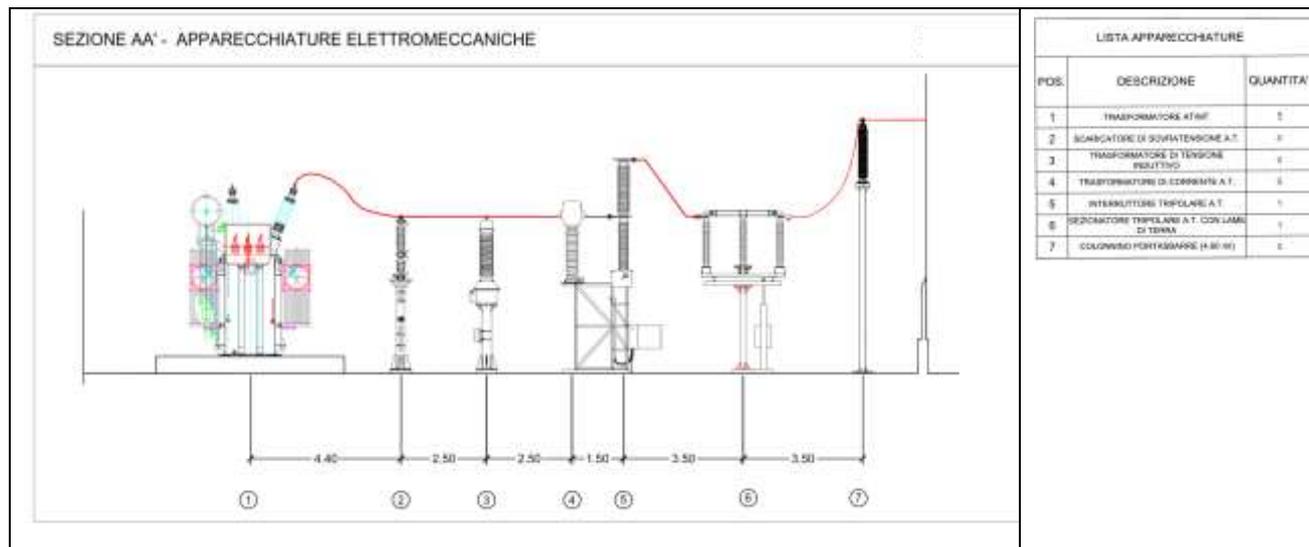
Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati specifici allegati al presente progetto e di seguito sinteticamente rappresentati mediante planimetria generale.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



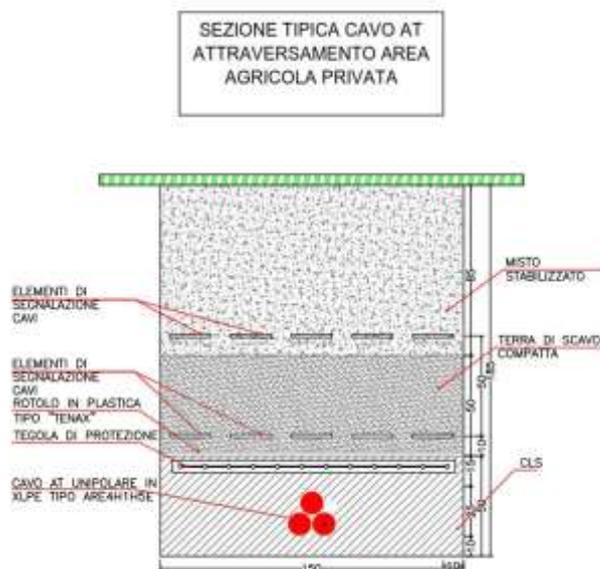
SSE AT/MT di Utenza

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



2.2.3 Consistenza del cavidotto interrato AT a 150 kV di Utenza condiviso per la connessione della Stazione di Raccolta AT alla SE Terna

Necessita inoltre la realizzazione di un elettrodotto AT interrato per la connessione del nuovo centro satellite a 150 kV alla nuova Stazione di Raccolta AT e quindi alla SSE di Utenza. Il nuovo elettrodotto prevede la posa di n.1 nuova terna così come da sezione tipologica riportata di seguito.



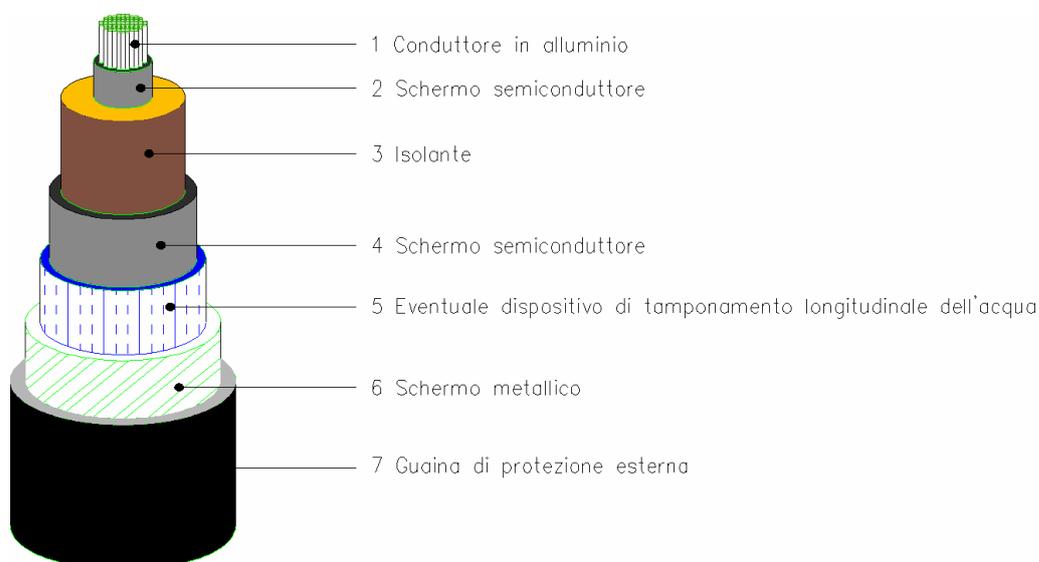
Il tratto di elettrodotto interrato sarà costituito da una terna composta di tre cavi unipolari, disposti a trifoglio, realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

esterna in polietilene. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione indicativa di circa 1.600 mm², le cui caratteristiche sono di seguito riportate.

Sezione nominale del conduttore	Alluminio 1600 mm ²
Isolante	XLPE
Diametro esterno	106,4 mm
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	150 kV
Portata di corrente di progetto	1.000 A

L'elettrodotto sarà costituito da una terna di cavi unipolari, con isolamento in XLPE, costituiti da un conduttore in alluminio con sezione pari a circa 1600 mm²; esso sarà un conduttore di tipo milliken a corda rigida, compatta e tamponata di rame ricotto non stagnato o di alluminio, ricoperta da uno strato semiconduttivo interno estruso, dall'isolamento XLPE, dallo strato semiconduttivo esterno, da nastri semiconduttivi igroespandenti. Lo schermo metallico è costituito da un tubo metallico di piombo o alluminio o a fili di rame ricotto non stagnati, di sezione complessiva adeguata ad assicurare la protezione meccanica del cavo, la tenuta ermetica radiale ed a sopportare la corrente di guasto a terra. Sopra lo schermo viene applicata la guaina protettiva di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva, ed infine la protezione esterne meccanica.



2.3 Alimentazione ausiliari

2.3.1 Cabina di trasformazione MT/BT per alimentazione ausiliari della SE Terna, nonché della Stazione di Raccolta AT e della SSE di Utenza

L'alimentazione dei servizi ausiliari della SE Terna, della Stazione di raccolta AT nonché della SSE di utenza, prevede la realizzazione di una cabina di consegna MT a 20 kV, necessaria per la ricezione e la protezione della linea di alimentazione secondo CEI 0-16.

Le apparecchiature di ricezione sono installate all'interno delle rispettive Cabine di Ricezione, mentre le apparecchiature necessarie per la trasformazione MT/BT sono installate all'interno dei rispettivi locali di trasformazione.

Il presente studio è relativo a locali di trasformazione che prevedono la posa di trasformatori fino a un massimo di 630 kVA. I risultati dello studio sono cautelativi in quanto la taglia massima delle apparecchiature previste per la trasformazione hanno taglia inferiore.

2.4 Altre infrastrutture MT e MT/BT

2.4.1 Cabine MT/BT di campo interne all'area di impianto

Gli inverter, dislocati in campo, sono necessari per la trasformazione dalla corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata in BT a 50 Hz.

Gli inverter, in gruppi variabili da 8 a 9 unità, sono connessi a dei quadri BT di protezione, sezionamento e parallelo collocati all'interno delle cabine di campo, le quali ospitano anche i trasformatori elevatori BT/MT e i quadri di MT necessari per la protezione e sezionamento degli stessi e per la protezione e il sezionamento delle linee MT necessarie per l'interconnessione tra le varie cabine di campo con la SSE AT/MT.

Ogni cabina di campo, asservita a un singolo sottocampo, è equipaggiata con un trasformatore MT/BT avente potenza correlata al numero degli inverter ad essa connessa, ovvero in un range di potenza che va da 2.000 kW fino a 2.250 kW. Il trasformatore MT/BT è dimensionato per una potenza nominale pari a 1,25 volte la sommatoria della potenza nominale degli inverter ad esso connessi; tale sovradimensionamento si rende necessario soprattutto per non sovraccaricare il trasformatore a causa delle componenti armoniche che caratterizzano la corrente in uscita dagli inverter.

Nello specifico si ha quanto riassunto nella seguente tabella:

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

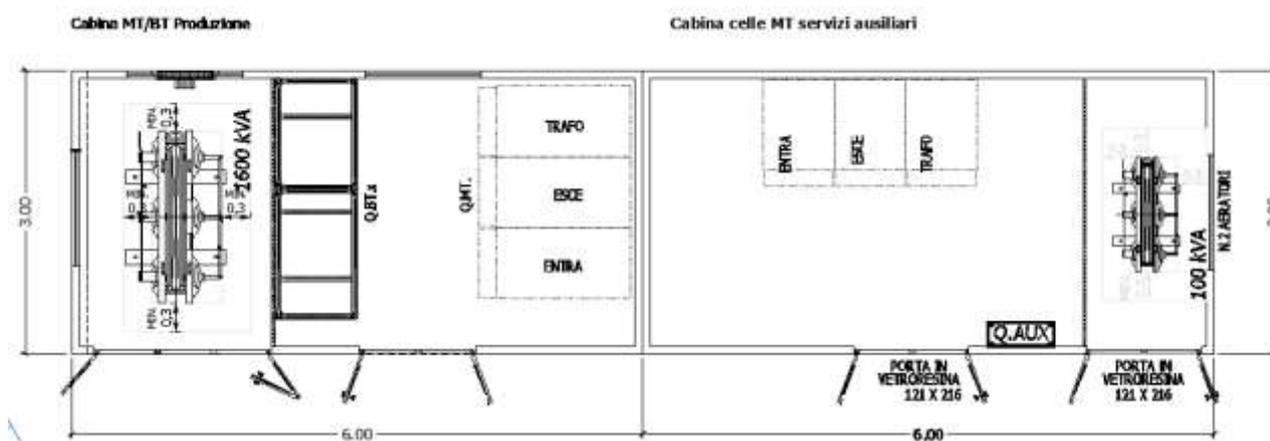
Sottocampo	Denominazione Cabina	Potenza inverter connessi [kW]	Potenza del Trasformatore MT/BT [kVA]
A	A1	2.000	2.500
	A2	2.000	2.500
	A3	2.000	2.500
B	B1	2.000	2.500
	B2	2.250	2.500
	B3	2.000	2.500
	B4	2.000	2.500
	B5	2.000	2.500
Sommano		16.250	

All'interno delle cabine di campo, oltre alle apparecchiature necessarie per la raccolta, la trasformazione e la distribuzione dell'energia prodotta, sono presenti anche le apparecchiature destinate ad alimentare tutte le utenze in BT di sottocampo, quali ad esempio: quadri MT di ricezione, protezione e sezionamento linea di alimentazione, trasformatori MT/BT e quadri elettrici in BT, oltre alle apparecchiature di controllo, monitoraggio e sicurezza.

All'interno delle cabine di campo sono presenti, inoltre, dei trasformatori MT/BT necessari per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale; essi hanno potenza pari a 100 kVA.

All'interno delle cabine di campo sono previsti, pertanto, trasformatori aventi potenza massima pari a 2.500 kVA.

Una pianta tipologica delle cabine di campo è rappresentata di seguito.



Pianta tipologica delle Cabine di Campo

2.4.2 Cavidotti interrati in MT di Utenza

Le cabine di campo, mediante dei cavidotti interrati in MT costituenti una rete di distribuzione ad anello, sono connesse tra di loro e con la SSE AT/MT per la successiva consegna alla RTN a 150 kV dell'energia prodotta, nonché per la distribuzione dell'energia necessaria all'alimentazione dei servizi ausiliari della centrale fotovoltaica nel suo complesso.

Gli elettrodotti MT 30 kV hanno pertanto il compito di collegare le Cabine di Campo con la SSE e quindi di convogliare a quest'ultima l'energia prodotta dall'impianto.

Essi saranno realizzati con cavi ad elica visibile con isolamento estruso, tipo ARE4H1RX o avente caratteristiche similari, con conduttore in alluminio e tensione nominale di isolamento 18/30 kV; i cavi previsti sono conformi alla norma IEC 60502-2.

Il dimensionamento dei cavi ha previsto l'utilizzo di conduttori AL con sezione pari a 300mm², ovvero per un diametro del cavo pari a 51,5 mm.

Le linee in cavo interrato, esercite alla tensione nominale di 30 kV, verranno gestite ad anello eventualmente aperto. In condizioni di emergenza, perciò, si possono avere 2 distribuzioni di tipo "radiale semplice". Al fine di realizzare la funzione di "soccorso alimentazioni", ogni tronco di MT è quindi dimensionato per poter trasportare l'intera corrente prodotta dalla totalità del campo associato. L'ipotesi peggiore si ha quando il guasto interessa il tronco dell'anello che connette la cabina più lontana alla SSE, ovvero sul tronco di richiusura dell'anello che vede la realizzazione di un sistema di distribuzione radiale di lunghezza massima interessato dalla massima corrente producibile.

La portata al limite termico indicata di seguito e desunta dalla relativa tabella fornita dal produttore per la posa interrata a trifoglio in tubo, considera un fattore di declassamento di progetto pari a 0,6.

Gli anelli che perciò verranno realizzati sono sintetizzati nella tabella seguente.

Cabina	Potenza del trasformatore MT/BT	Potenza totale inverter sottesi [kW]	Den. Tronco MT	Corrente in assetto normale [A]	Lunghezza linea in assetto normale [m]	Corrente massima in emergenza [A]	Lunghezza max distr. radiale emergenza {L tot. cavi anello} [m]	Sezione dei conduttori dei cavi in mmq (Iz)
A1	2.500	8.000	Tronco 1	154	6.350	313	6.702	300 (371)
A2	2.500							
A3	2.500							
B1	2.500							
B2	2.500	8.250	Tronco 2	159	6.110	313	6.702	300 (371)
B3	2.500							
B4	2.500							
B5	2.500							

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

E' prevista, inoltre, la posa di n.2 linee MT in cavo interrato gestite ad anello per l'alimentazione dei servizi ausiliari del campo fotovoltaico. Ogni linea, realizzata mediante cavi con conduttore in AL avente sezione pari a 50mm², ha un diametro pari a 31,7mm e sarà interessata da una corrente di utilizzo massima pari a 12A (4 trasformatori da 100 kVA).

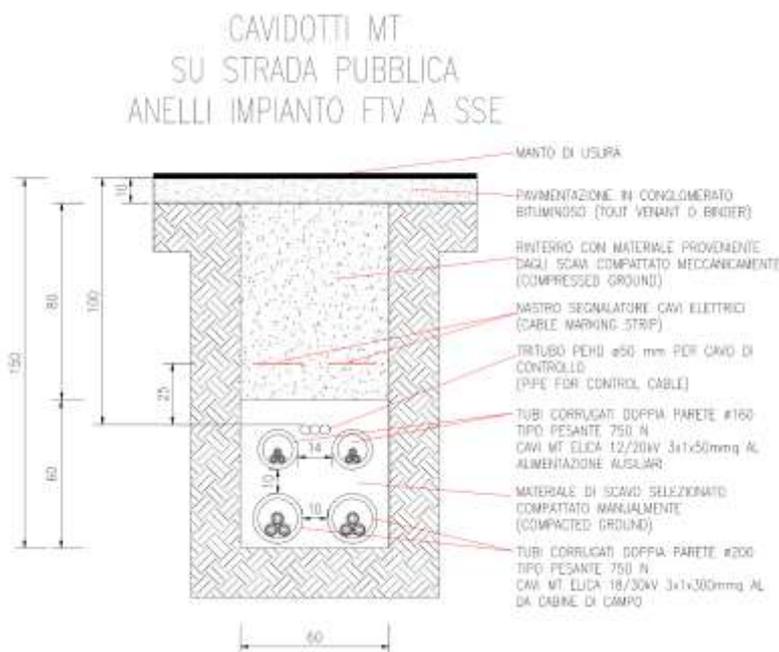
In condizione di emergenza, ovvero con una terna fuori servizio, il tronco sano sarà interessato da una corrente massima pari a 24A.

Ogni terna è costituita dalla riunione di tre cavi unipolari cordati fra loro a elica, con conduttori di alluminio rivestito da un primo strato di semiconduttore, da un isolante primario in polietilene reticolato (E4), da un successivo strato di semiconduttore, da uno schermo a fili di rame e da una guaina esterna protettiva in PVC rosso. Sia il semiconduttore (che ha la funzione di uniformare il campo elettrico) che l'isolante primario sono di tipo estruso. Il semiconduttore è asportabile a freddo.

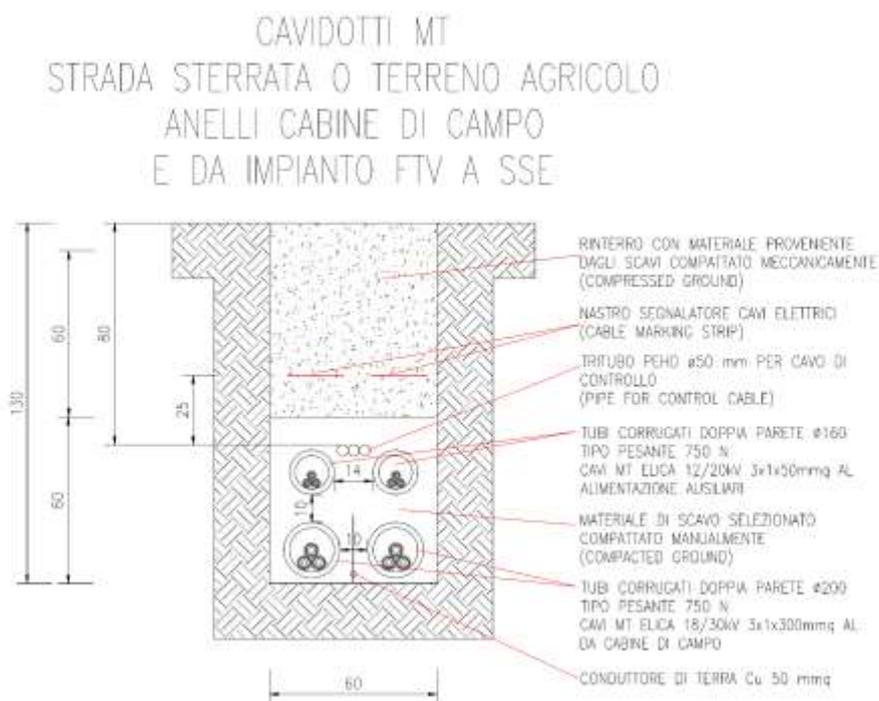
Il cavo suddetto è definito a campo radiale in quanto, essendo ciascuna anima rivestita da uno schermo metallico, le linee di forza elettriche risultano perpendicolari agli strati dell'isolante.

I cavidotti interrati transiteranno esclusivamente lungo le strade di servizio interne all'impianto e sulla viabilità pubblica esistente, minimizzando l'impatto visivo.

I cavidotti su viabilità pubblica rispetteranno le profondità minime di posa dettate dal nuovo codice della strada, mentre su terreni agricoli o strade sterrate private rispetteranno i dettami della CEI 11-17, così come da sezioni tipo riportate di seguito.



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



3 Documenti di riferimento e richiami normativi

3.1 Leggi e norme tecniche di riferimento

- Legge n.36 del 22 febbraio 2001 Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- D.P.C.M. 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 (50Hz) generati dagli elettrodotti";
- DM del MATTM del 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- DL 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro";
- Norma CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici";
- Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo";
- Norma CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV";

- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- Norma 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”;
- Norma CEI 106-12 “Guida pratica ai metodi di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT”;

3.2 Terminologia

- Sorgenti di campi ELF: ci si riferisce ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza compresi nell’intervallo tra 0Hz e 3kHz. In particolare ci si riferisce alle linee elettriche per il trasporto e la distribuzione dell’energia elettrica e agli impianti per la trasformazione di tale energia nonché tutte quelle applicazioni alimentate a corrente elettrica di uso medico, industriale, civile e domestico.
- Campo elettrico (E): dipende principalmente dalla tensione a cui funziona la sorgente. La sua intensità viene espressa in volt per metro (V/m).
- Campo magnetico (H): dipende principalmente dalla corrente che circola nella sorgente. La sua intensità si esprime in ampere per metro (A/m)
- Induzione magnetica (B): è legata al campo magnetico H dalla permeabilità magnetica (μ) del mezzo attraverso il quale tali grandezze si propagano, si misura in tesla (T).

3.3 Legislazione italiana

In materia di prevenzione dai rischi di esposizione delle lavoratrici, dei lavoratori e della popolazione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici il riferimento legislativo è costituito dalla legge quadro n. 36 del 22 febbraio 2001. La legge 36, all’art. 4 comma 2, rimanda ad un successivo decreto attuativo la definizione dei limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento dell’inquinamento elettromagnetico. Di fondamentale importanza risulta l’art. 3 della legge che riporta le definizioni:

- **elettrodotta**: è l’insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;

- **esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici:** è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- **esposizione della popolazione:** è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;
- **limite di esposizione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori;
- **valore di attenzione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

Obiettivi di qualità sono:

- i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8;
- i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva mitigazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Il DPCM 8 luglio 2003 attua quanto previsto dalla legge quadro riguardo alla "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". Agli articoli 3 e 4 esso stabilisce i seguenti limiti:

- **Limite di esposizione: 100 μ T** per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico.
- **Valore di attenzione:** nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, **10 μ T** per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio dell'elettrodotto;

- **Obiettivo di qualità:** nella progettazione, di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore ... (omissis)...., ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, e' fissato l'obiettivo di qualità di **3 μ T** per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

In base all'art. 5 le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 prima edizione e successivi aggiornamenti. Inoltre, il sistema agenziale APAT-ARPA dovrà determinare le procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero dell'ambiente, per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità. Per la verifica delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, oltre alle misurazioni e determinazioni di cui sopra, il sistema agenziale APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su dati tecnici e storici dell'elettrodotto. Dal campo di applicazione del DPCM è espressamente esclusa, invece, l'applicazione dei limiti, valori di attenzione e obiettivi di qualità di cui sopra ai lavoratori esposti ai campi per ragioni professionali (art. 1 comma 2). Inoltre, in base all'art. 1 comma 3 per tutte le sezioni di impianto non incluse nella definizione di "elettrodotto" o che sono esercite con frequenze diverse dai 50 Hz, fino a 100 kHz, si applicano i limiti della **raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999**, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999.

3.4 Normativa Italiana CEI

La costruzione ed esercizio della centrale elettrica, così come riportato negli elaborati tecnici di progetto, sarà eseguita secondo le norme di legge e le norme tecniche del CEI nonché, per la parte di connessione alla rete, secondo le disposizioni normative di Terna e di Enel Distribuzione SpA. La valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale è invece argomento della Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", dalla quale sono state tratte tutte le ipotesi di calcolo. In particolare:

- tutti i conduttori costituenti la linea (sia i conduttori attivi sia i conduttori di guardia) sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro; in base a queste ipotesi, si trascura la componente longitudinale dell'induzione magnetica; nella realtà, i conduttori delle linee aeree suddetti si dispongono secondo una catenaria, ma la componente

longitudinale non supera in genere il 10% delle altre componenti del campo, per cui l'errore che si commette, nel calcolo della risultante, è certamente inferiore, in percentuale, a questo valore;

- i conduttori sono considerati di forma cilindrica, con diametro costante. Nel caso di conduttori aerei disposti a fascio, si suppone che la distanza tra i singoli conduttori a uguale potenziale sia piccola rispetto alla distanza tra i conduttori a diverso potenziale; si suppone inoltre che i conduttori appartenenti ad un fascio siano uguali tra di loro e che, in una sezione normale del fascio, i loro centri giacciono su una circonferenza (circonferenza circoscritta al fascio); in base a queste ipotesi, si sostituisce al fascio di sub-conduttori un conduttore unico di opportuno diametro equivalente;
- il suolo è considerato piano, privo di irregolarità, perfettamente conduttore dal punto di vista elettrico, perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico;
- si trascura l'influenza sulla distribuzione del campo dei tralicci stessi, di piloni di sostegno, degli edifici, della vegetazione e di qualunque altro oggetto che si trovi nell'area interessata, ovvero si calcola il campo imperturbato.

Le ipotesi suddette permettono di ridurre il calcolo del campo ad un problema piano, essendo, in questo caso, la distribuzione stessa uguale su qualunque sezione normale all'asse longitudinale della linea. A parità di altri fattori, l'accuratezza dei dati forniti è ovviamente tanto maggiore quanto più le condizioni reali sono aderenti a quelle sopra elencate.

La guida **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" costituisce l'applicazione delle formule fornite dalla guida CEI 211-4 ai diversi tipi di elettrodotti, quindi anche interrati. A sufficiente distanza dalla terna di conduttori, la superficie su cui l'induzione assume lo stesso valore (superficie isolivello) ha con buona approssimazione la forma di un cilindro avente come asse la catenaria ideale passante per il baricentro dei conduttori. La sezione trasversale di tale cilindro è una circonferenza. Prendendo in considerazione il valore di 3 μ T, si può calcolare il raggio della corrispondente circonferenza, che costituisce la fascia di rispetto.

3.5 Considerazioni

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP.

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito, il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di una ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla CE di continuare ad adottare tali linee guida.

Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge 36\2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico. L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti; ha definito il valore di attenzione, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine; ha definito, infine, l'obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante che le raccomandazioni del Consiglio della Comunità Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP; tutti i paesi dell'Unione Europea, hanno accettato il parere del Consiglio della CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 8.7.2003, che ha fissato il limite di esposizione in 100 microtesla per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10 microtesla, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 microtesla. È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Non si deve dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea.

Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 8.7.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento. Infatti il DM del MATTM del 29.05.2008, che definisce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto degli elettrodotti, riprende l'art. 6 di tale D.P.C.M..

4 Algoritmi di calcolo

I campi ELF sono quelli a frequenza inferiore a 300 Hz. La frequenza industriale di 50 Hz e' quella tipica della produzione, distribuzione e impiego dell'energia elettrica in Italia e in Europa.

In questo caso si tratta più propriamente di campi elettrici e campi magnetici, poiché essi si manifestano come agenti fisici separati.

I campi ELF possono essere stimati attraverso l'utilizzo di programmi di calcolo la cui applicazione richiede la conoscenza di alcuni dati della linea elettrica.

In particolare serve conoscere:

- le caratteristiche geometriche della linea (diametro dei conduttori e loro reciproca posizione nello spazio, altezza da terra);
- le sue caratteristiche elettriche (tensione, intensità di corrente e disposizione delle fasi);
- la posizione (distanza e altezza) del punto dove devono essere valutati i campi rispetto ai conduttori della linea.

Gli algoritmi di calcolo del campo elettrico e del campo magnetico generati da una linea composta da un certo numero di conduttori attivi, si rifanno direttamente alle indicazioni della norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche" pubblicato dal Comitato Elettrotecnico Italiano nel Luglio 1996.

Il modello consente di calcolare i campi ELF in qualsiasi sezione trasversale della linea, considerando l'altezza reale dei conduttori nella sezione in esame.

4.1 Principi di calcolo del campo elettrico

Per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. Ovvero per ogni conduttore reale attivo andrà considerato un

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

dove:

λ = densità lineare di carica sul conduttore

ϵ_0 = permittività del vuoto

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

\vec{u}_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori cilindrici, rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e dette (x_i, y_i) le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali del campo elettrico prodotto nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

$$E_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[\frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$
$$E_y = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[\frac{y - y_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{y + y_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

4.2 Principi di calcolo del campo magnetico

L'algoritmo di calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge di Biot-Savart che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo per corso da una corrente I attraverso la:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d} \vec{u}_I \times \vec{u}_r$$

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

dove:

- d è la distanza tra il conduttore e il punto di calcolo;
- i versori u_i e u_r indicano, rispettivamente, il versore della corrente e della relativa normale;
- \times indica il prodotto vettoriale;

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e come precedenza dette (x_i, y_i) le coordinate del conduttore i -esimo, le componenti x e y totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$
$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

4.3 Valore della corrente utilizzata nel calcolo

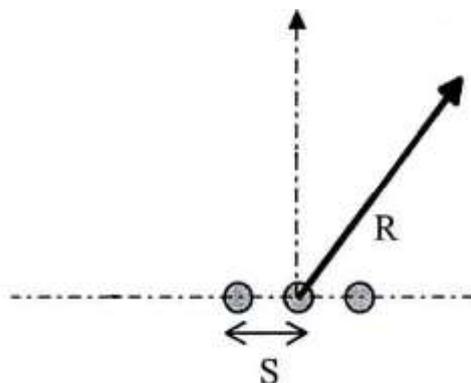
Il DM 29.05.2008 impone di utilizzare per il calcolo il valore della portata in regime permanente, così come definita nella norma CEI 11-60 per le linee aeree, e nella norma CEI 11-17 per le linee in cavo. Per queste ultime, ai fini del calcolo, non si sono considerate le correzioni dovute alle condizioni di posa, in via cautelativa.

E' da notare inoltre che le correnti di utilizzo dei componenti dell'impianto esaminati sono largamente inferiori al valore di corrente utilizzato nella simulazione dei campi elettromagnetici generati, totalmente a favore della sicurezza.

4.4 Formule di calcolo indicate nella Norma CEI 106-11

4.4.1 Conduttori in piano

Nel caso di conduttori paralleli, posati a una distanza S [m] e percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate I [A], si andranno a riportare le formule di calcolo approssimate dettate dalla CEI 106-11.



Rappresentazione grafica del sistema elettrico in esame valido per i conduttori disposti in piano

Per determinare il campo magnetico B risultante a una data distanza R dal centro geometrico del sistema di conduttori viene utilizzata la seguente formulazione:

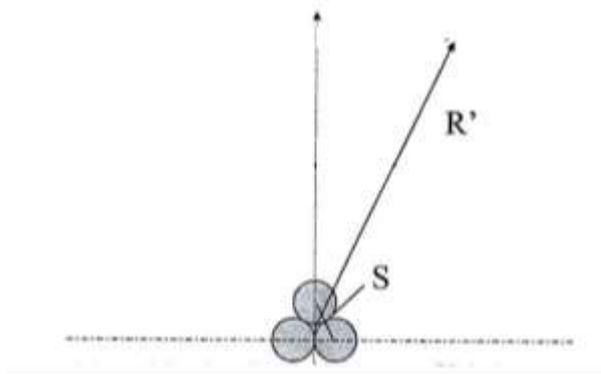
$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} [\mu T]$$

Dalla suddetta equazione, si ricava la distanza R' (distanza dal centro geometrico dei conduttori che coincide con il conduttore centrale) corrispondente ad un valore di B pari a 3 μT:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} [m]$$

4.4.2 Conduttori disposti a triangolo

Si considera una terna di conduttori disposti ai vertici di un triangolo equilatero con distanza tra i conduttori pari a S [m], percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].



Rappresentazione grafica del sistema elettrico in esame valido per i conduttori disposti ai vertici di un triangolo

L'induzione magnetica B [μT] in punto distante R [m] dal baricentro dei tre conduttori, con $R \gg S$, è data dalla seguente equazione approssimata:

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} [\mu T]$$

Dalla suddetta equazione, si ricava la distanza R' (distanza dal centro geometrico dei conduttori che coincide con il conduttore centrale) corrispondente ad un valore di B pari a $3 \mu T$:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} [m]$$

Nel caso di linee reali con disposizione geometrica dei conduttori assimilabile alla disposizione a triangolo, come parametro S si assume la media delle distanze tra i tre conduttori.

4.5 Software di Calcolo

Nel caso di linee elettriche e non, il DM del 29.05.2008 richiama il modello di calcolo normalizzato previsto dalla CEI 106-11, che si rifà a quanto riportato dalla Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".

Tale norma considera la linea infinitamente lunga e consente di calcolare i campi elettromagnetici secondo una sezione trasversale della linea stessa, come riportato nel paragrafo "Normativa Italiana CEI".

Il software di calcolo utilizzato è stato sviluppato in ambiente MATLAB, e si basa sull'algoritmo definito dalla CEI 211-4 e nel par. 3.2 "Principi di calcolo del campo magnetico": esso riceve in ingresso le caratteristiche geometriche del sistema elettrico e il valore delle correnti da utilizzare, quindi elabora le componenti verticali e orizzontali del campo magnetico prodotto dai singoli conduttori, tenendo conto dei loro sfasamenti, combina le varie componenti e fornisce come output principale il valore efficace del campo magnetico risultante.

I risultati del calcolo forniti sono in linea con quelli derivanti dall'utilizzo delle formule approssimate dettate dalla CEI 106-11.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

Verranno inoltre riportati dei risultati disponibili in letteratura ottenuti mediante il software di calcolo "EMF TOOLS" sviluppato dal CESI.

5 Valutazione dei campi magnetici generati dai componenti dell'impianto

5.1 Limitazioni allo studio

Il presente studio si basa prevalentemente sulle informazioni e sui dati diretti ed indiretti raccolti dalla Società e dai progettisti, sulle informazioni cartografiche, sui dati reperiti presso le pubbliche autorità regionali e provinciali, su fonti bibliografiche.

L'attenzione è stata concentrata sugli impianti in bassa, media e alta tensione in considerazione del fatto che le componenti di impianto in corrente continua (sistema BT a 110 V cc per l'alimentazione dei dispositivi di protezione nonché dei sistemi in corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici) non forniscono alcun contributo agli ELF.

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, esse sono in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08/07/2003 di cui alla Legge. n° 36 del 22/02/2001.

Il tracciato e la collocazione delle infrastrutture elettriche è stato eseguito tenendo conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a 3 μ T.

La disposizione delle infrastrutture sarà quella indicata nelle tavole allegate al progetto.

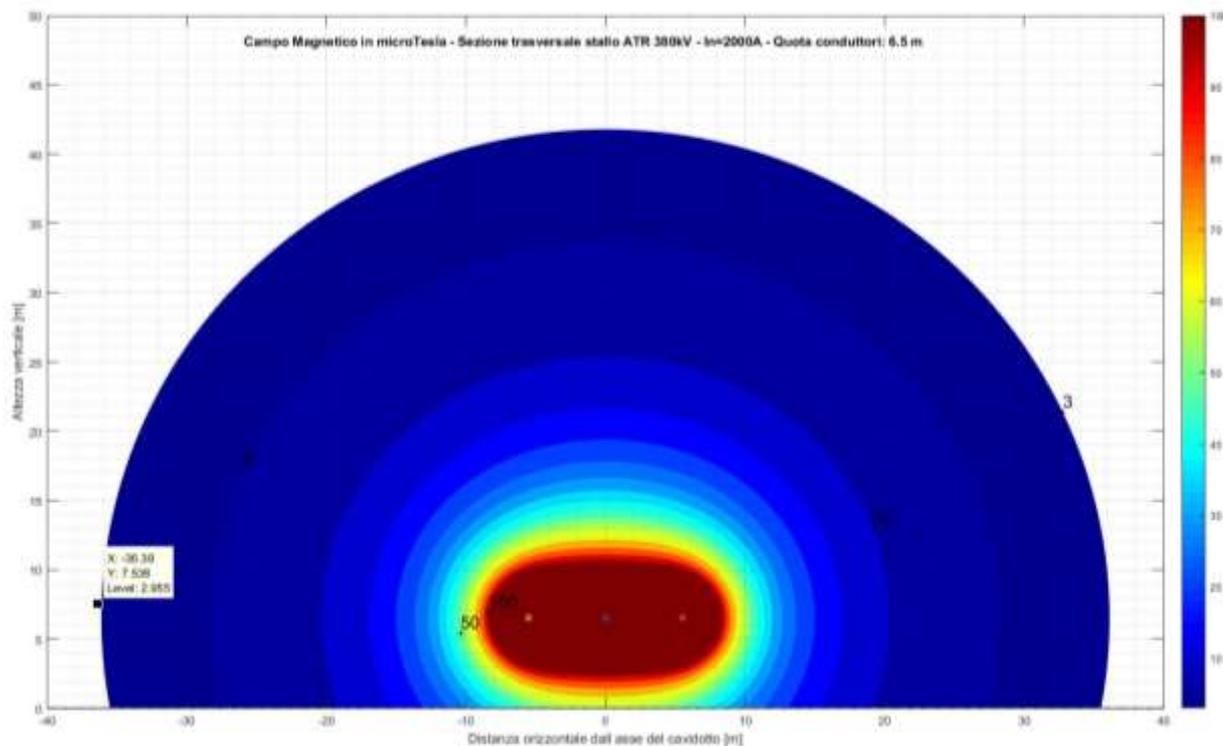
5.2 Infrastrutture da realizzare nella SE 380/150 kV Genzano

5.2.1 Nuovo stallo ATR a 380 kV

5.2.1.1 Stallo ATR 380/150kV

La simulazione, che ha previsto i dati geometrici dei conduttori così come sopra definiti, interessati dalla corrente termica di dimensionamento pari a 2.000A, ha dato come risultato quanto rappresentato nell'immagine seguente.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo



Si osserva che l'obiettivo di qualità pari a 3 μT si ottiene per una distanza pari a 36,5 m dall'asse dello stallo a 380 kV.

In base al decreto del 29.05.2008, l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi a 73 m a cavallo dell'asse longitudinale dello stallo, ovvero a una distanza di 36,5 m dell'asse longitudinale dello stallo.

5.2.1.2 AutoTrasformatore AAT/AT 380/150 kV – 400 MVA OFAF

Si riporta di seguito l'induzione magnetica prodotta da un ipotetico trasformatore AAT/AT in resina epossidica della potenza di 400 MVA e tensione di corto circuito 13%.

Generalmente i trasformatori in olio a parità di potenza danno luogo ad un'induzione inferiore, in quanto il modestissimo flusso magnetico disperso del trasformatore, dati gli elevati rendimenti di macchina, si richiude nel cassone.

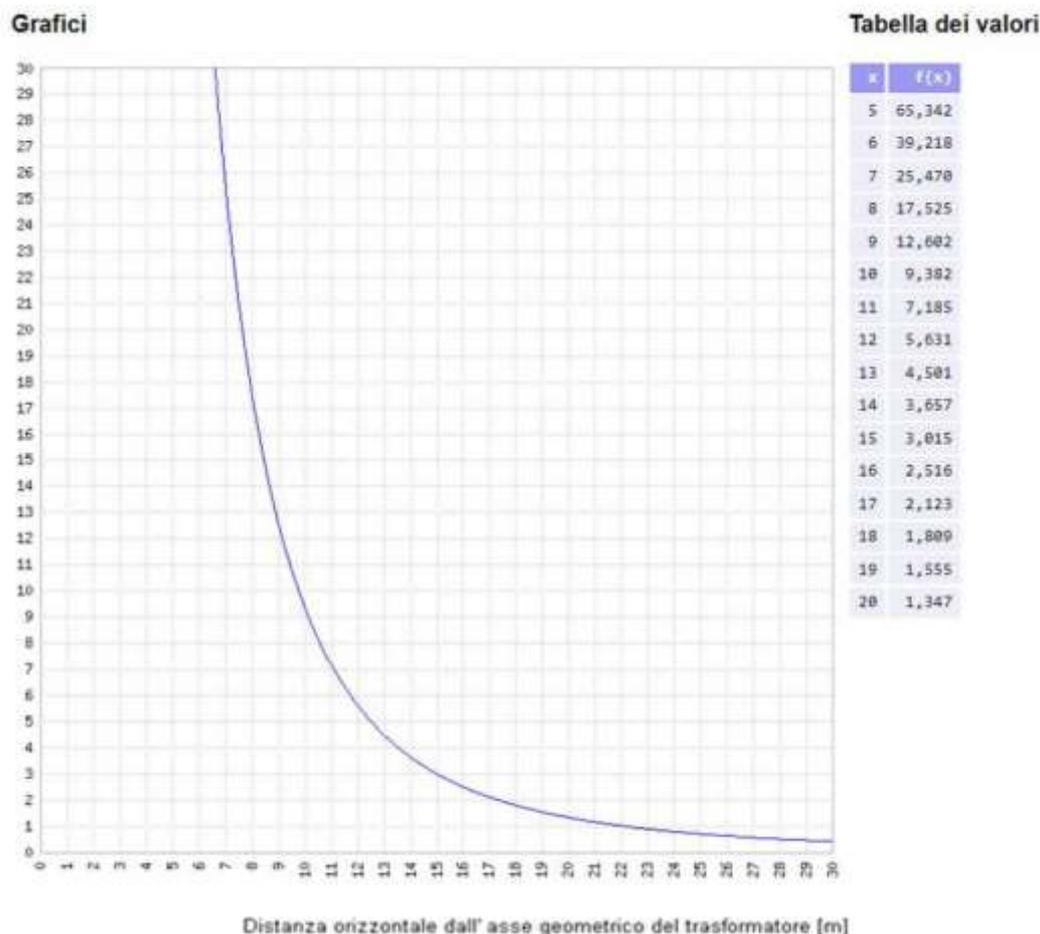
La stima del campo magnetico attorno ad un trasformatore in resina si può effettuare mediante la seguente formulazione:

$$B = \frac{0,72 \cdot V_{cc}\% \cdot \sqrt{P_N}}{d^{2,8}} [\mu T]$$

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo

Potenza trasformatore	Distanza dal trasformatore		
	5 m	15 m	20 m
400 MVA	65,35 μ T	3 μ T	1,35 μ T

che graficata in funzione della distanza:



In via cautelativa, considerando il caso di un ipotetico trasformatore in resina in luogo del trasformatore in olio effettivamente utilizzato, si osserva che l'obiettivo di qualità pari a 3 μ T si ottiene per una distanza pari a 15 m dall'asse geometrico del trasformatore.

In base al decreto del 29.05.2008, l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 15 m a cavallo dell'asse geometrico del trasformatore, ovvero 7,5 m dagli assi geometrici dello stesso.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo

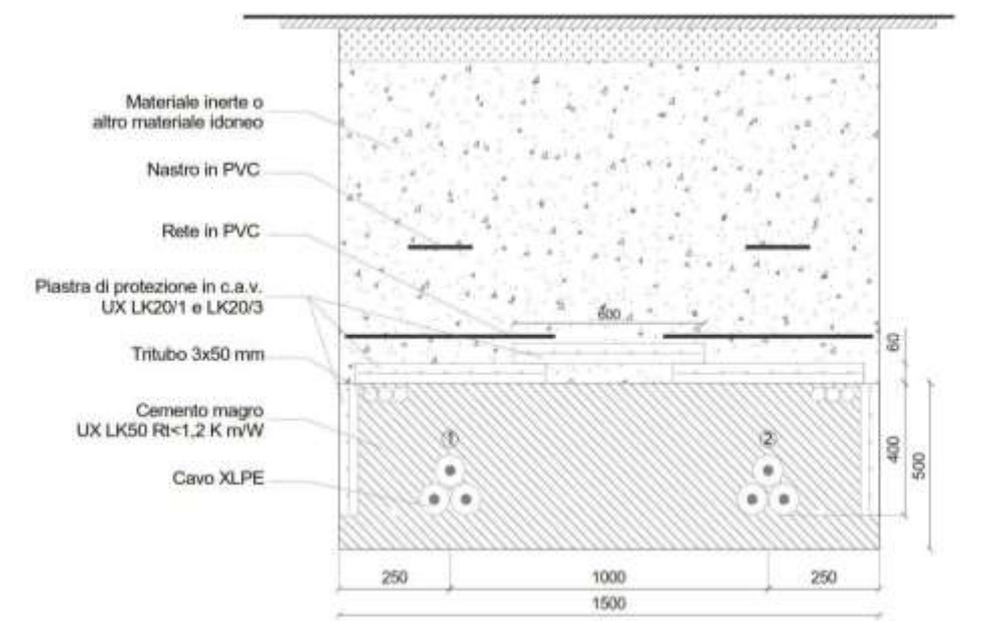
5.3 Infrastrutture in AT relative a ampliamento RTN

5.3.1 Cavidotti doppia terna in AT RTN per la connessione della SE Genzano al nuovo centro satellite SE Terna

L'infrastruttura prevede la realizzazione di una linea in cavo AT interrato costituito da n.2 terne di cavi unipolari disposti a trifoglio.

Ciascuna terna presenta le seguenti caratteristiche:

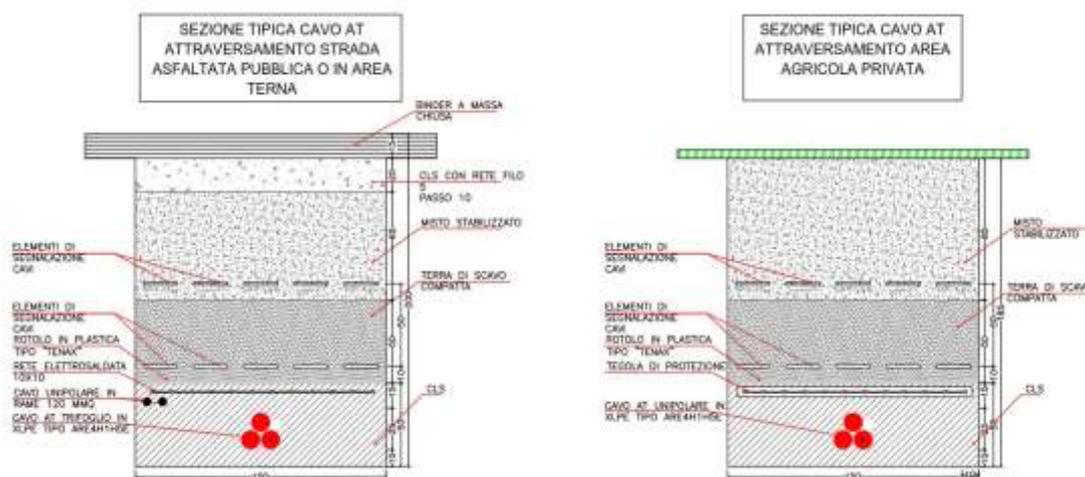
Sezione nominale del conduttore	Alluminio 1600 mm ²
Isolante	XLPE
Diametro esterno	106,4 mm
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	150 kV
Portata di corrente di progetto	1.000 A



Sezione tipo dei cavidotti in doppia terna AT – Cavi a trifoglio

La profondità minima di interramento dei cavi, rispetto al piano di campagna o dal piano stradale, sarà di 1,5m.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo



Profondità di interrimento dei cavi

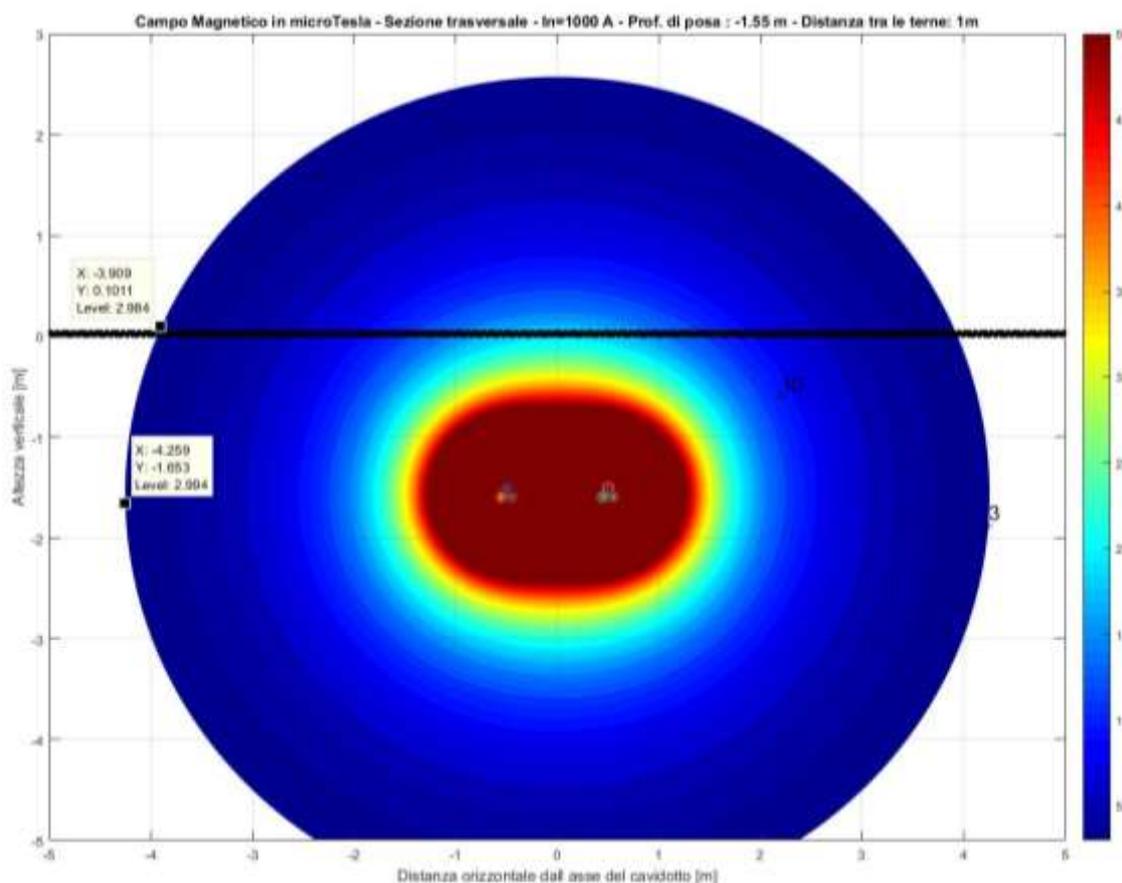
Lo studio è stato condotto per entrambe le terne in funzione, ciascuna interessata dalla corrente massima di progetto pari a 1.000A, ovvero pari a circa 260MW per terna, interrate alla minima profondità di posa prevista pari a 1,5m, calcolato dall'estradosso del cavo più prossimo. Avendo i cavi diametro nominale pari a 106,4 mm, ne consegue una profondità minima del baricentro del fascio di cavi pari a 1,6m circa.

La distanza orizzontale tra i baricentri delle due terne è pari a 1m.

I risultati del calcolo dell'induzione magnetica hanno mostrato che la massima distanza rispetto all'asse del cavidotto per la quale si ottiene il valore obiettivo di qualità pari a 3 μ T, considerando la corrente di utilizzo di ciascuna terna pari a 1.000 A, è di 4,26 m, come si evince dall'esame della figura seguente.

Al livello del terreno, l'obiettivo di qualità pari a 3 μ T è rispettato già a 4m dall'asse del cavidotto.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo



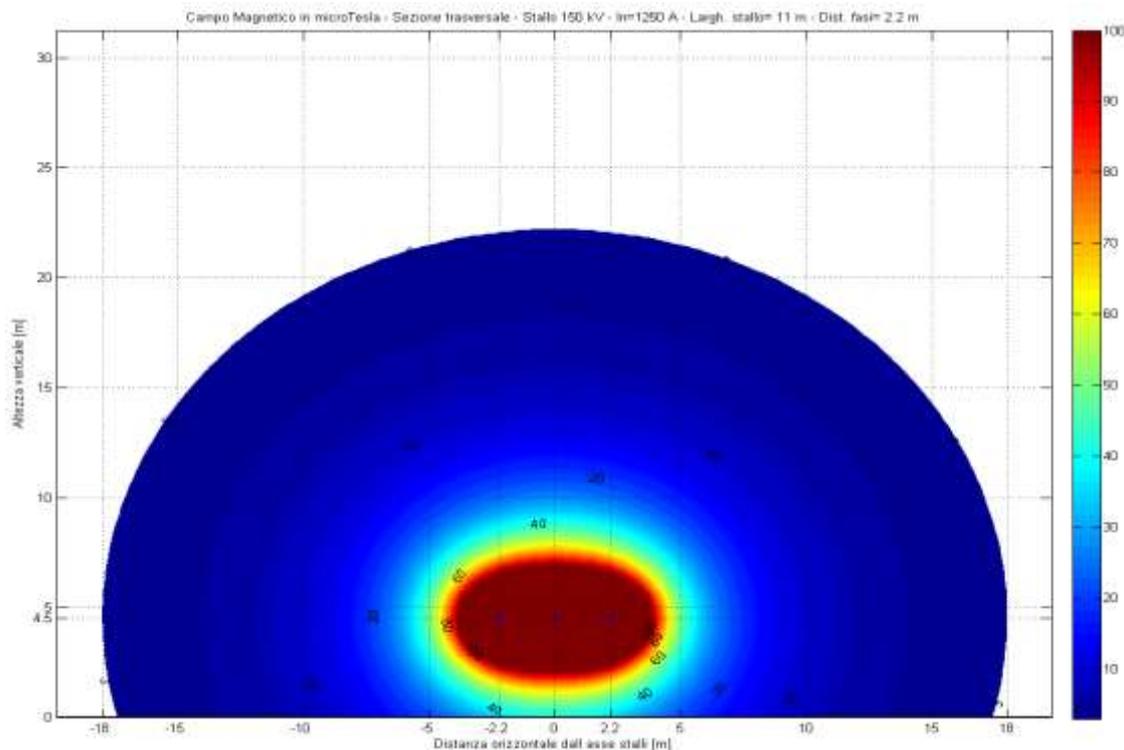
In base al decreto del 29.05.2008, l'ampiezza della fascia di rispetto per il cavodotto AT interrato, necessario per la connessione della SE Genzano al nuova SE Terna, è pari quindi cautelativamente a 9 m a cavallo dell'asse cavidotto, ovvero 4,5 m per parte.

5.3.2 Stalli linea, Stallo consegna Produttori nella SE Terna

In questo caso la distanza tra i conduttori è pari a 2.2 m e l'altezza minima da terra è pari a 4.5 m. I collegamenti sono realizzati in tubo rigido e/o corda di alluminio e il valore della corrente termica nominale è pari a 1.250A.

I risultati del calcolo dell'induzione magnetica hanno mostrato che la massima distanza rispetto all'asse dello stallo per la quale si ottiene il valore obiettivo di qualità pari a 3 μ T, considerando la corrente termica delle sbarre pari a 1.250 A, è di 18 m, come si evince dall'esame della figura seguente.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



Curve di equilivello per il campo magnetico degli stalli Linea e Consegna Produttore AT a 150 kV, In= 1.250 A

Applicando la formula approssimata riportata nella Norma CEI 106-11 relativa a conduttori posati in piano, si ottiene la distanza R' oltre la quale si ha un valore di induzione magnetica inferiore a $3 \mu\text{T}$:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{2,2 \cdot 1.250} = 17,83 \text{ m}$$

In base al recente decreto del 29.05.2008, **l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 36 m a cavallo dell'asse dello stallo, ovvero 18 m per parte.**

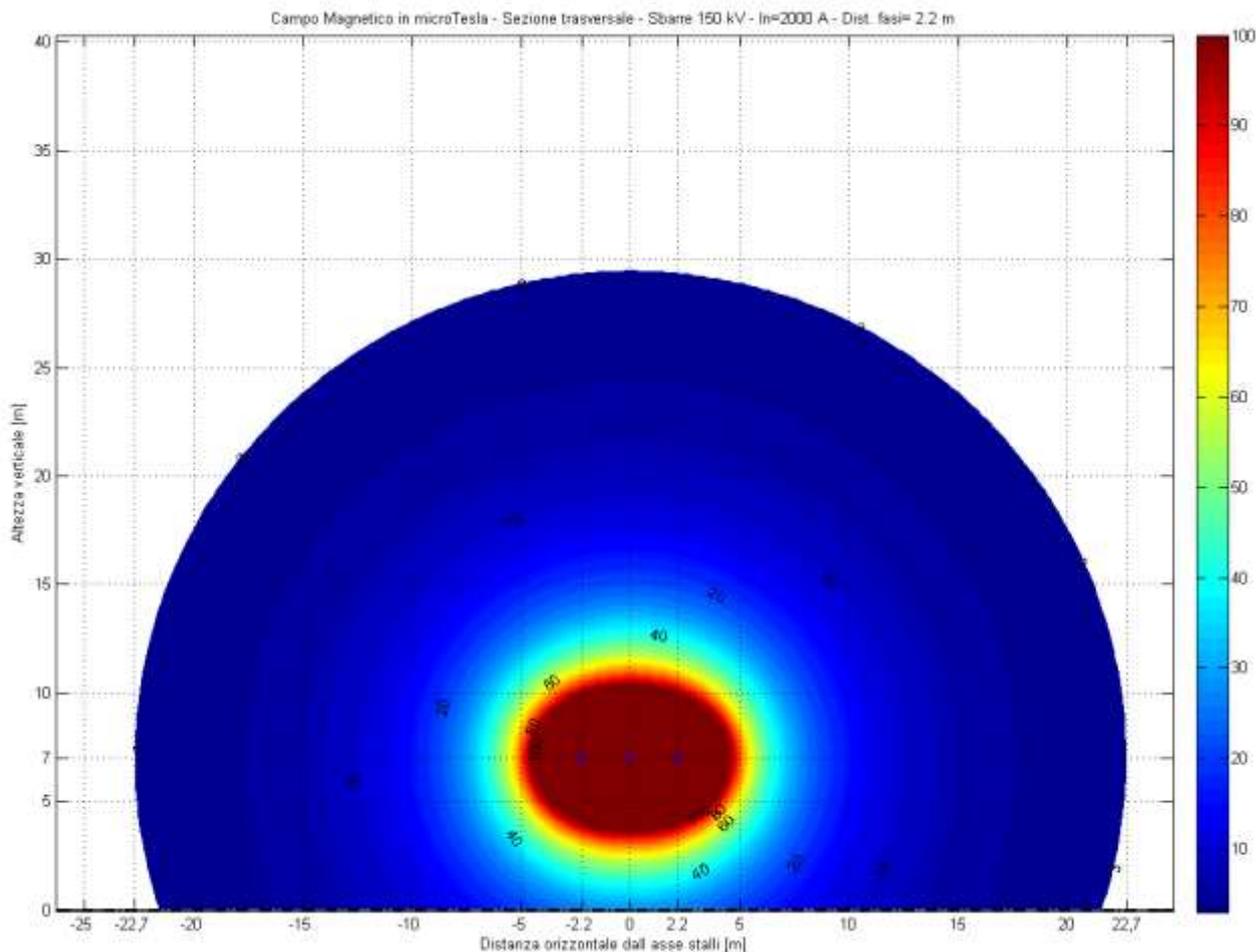
5.3.3 Sbarre AT e stallo parallelo sbarre nella SE Terna

In questo caso la distanza tra i conduttori è pari a 2.2 m e l'altezza da terra è pari a 7 m.

I collegamenti sono realizzati in tubo rigido $\varnothing 100/90$ e il valore della corrente termica nominale è pari a 2.000 A.

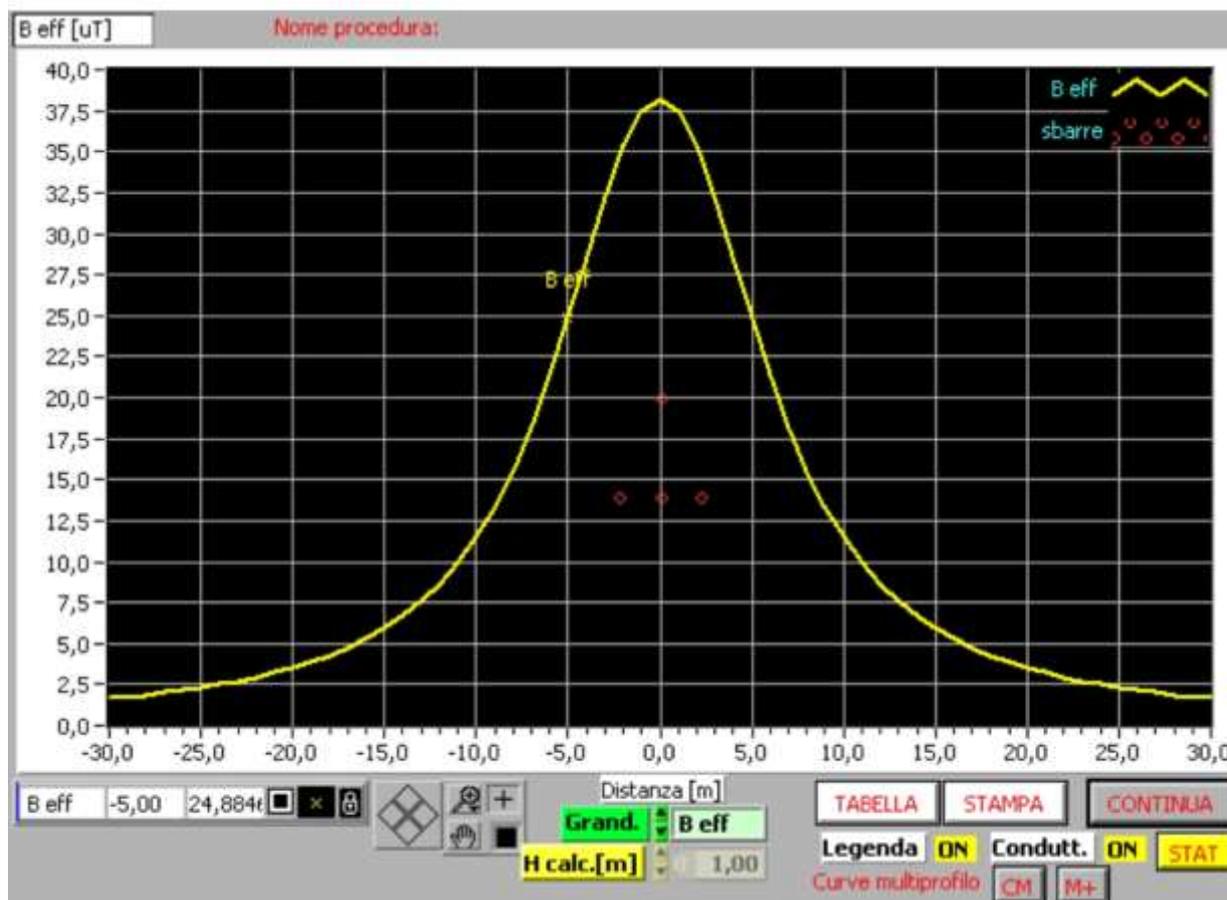
Nonostante la SE RTN sia del tipo "a doppia sbarra", viene considerata una sola sbarra in quanto una sbarra è di riserva all'altra, ovvero non saranno mai entrambe in tensione se non per i limitatissimi periodi necessari per la commutazione da una sbarra all'altra.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo



Curve di equilivello per il campo magnetico delle sbarre AT e dello stallo parallelo a 150kV della S.E. – Corrente nominale 2.000A

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo



Andamento del campo magnetico delle sbarre AT a 150kV della S.E. – Corrente nominale 2.000A

I risultati del calcolo dell'induzione magnetica hanno mostrato che la massima distanza rispetto all'asse dello stallo per la quale si ottiene il valore obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$ è di 22.7 m.

Applicando la formula approssimata riportata nella Norma CEI 106-11 relativa a conduttori posati in piano, si ottiene la distanza R' oltre la quale si ha un valore di induzione magnetica inferiore a $3 \mu\text{T}$:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{2,2 \cdot 2.000} = 22,55 \text{ m}$$

In base al recente decreto del 29.05.2008, **l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 46 m a cavallo dell'asse delle sbarre, ovvero 23 m per parte.**

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo

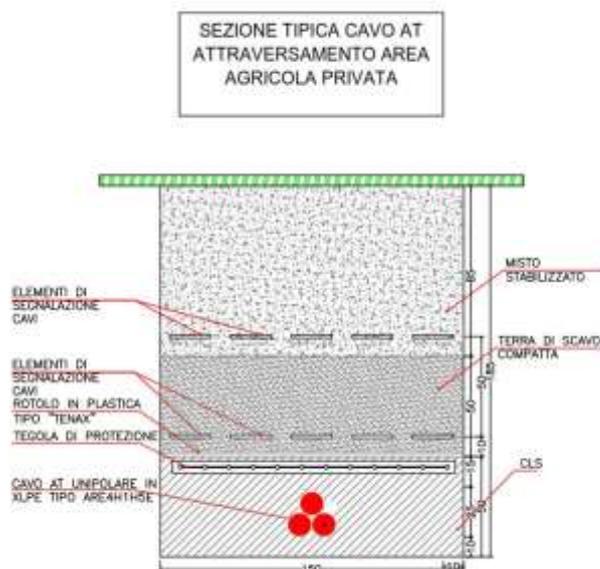
5.4 Infrastrutture in AT di utenza

5.4.1 Cavidotto in AT di utenza condiviso per la connessione della nuova SE Terna alla Stazione di Raccolta AT

L'infrastruttura prevede la realizzazione di una linea in cavo AT interrato costituito da n.1 terna di cavi unipolari disposti a trifoglio.

La terna presenta le seguenti caratteristiche:

Sezione nominale del conduttore	Alluminio 1600 mm ²
Isolante	XLPE
Diametro esterno	106,4 mm
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	150 kV
Portata di corrente di progetto	1.000 A



Sezione tipo del cavidotto AT di Utenza – Cavi a trifoglio

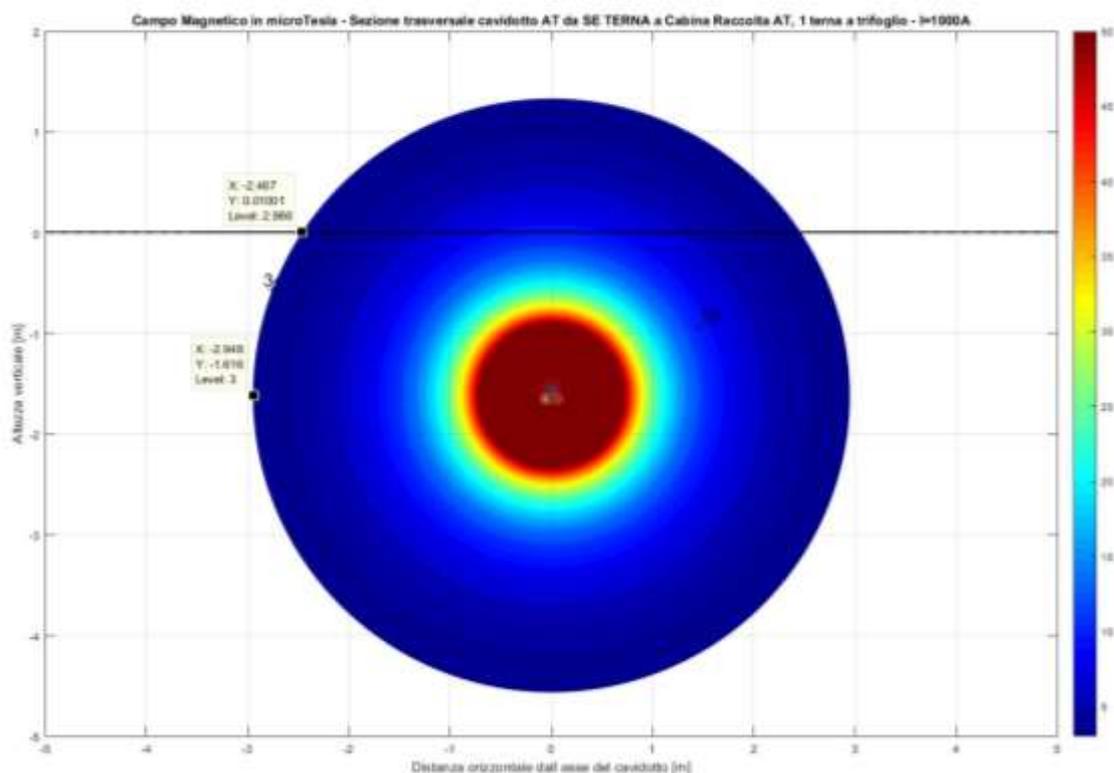
La profondità minima di interramento dei cavi, rispetto al piano di campagna, sarà di 1,5m, calcolato dall'estradosso del cavo più prossimo. Avendo i cavi diametro nominale pari a 106,4 mm, ne consegue una profondità minima del baricentro del fascio di cavi pari a 1,6m circa.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

Lo studio è stato condotto per una terna interessata dalla corrente massima di progetto pari a 1.000A, ovvero pari a circa 260MW massimi.

I risultati del calcolo dell'induzione magnetica hanno mostrato che la massima distanza rispetto all'asse del cavidotto per la quale si ottiene il valore obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$, considerando la corrente di utilizzo di ciascuna terna pari a 1.000 A, è di 3 m, come si evince dall'esame della figura seguente.

Al livello del terreno, l'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$ è rispettato già a 2,5m dall'asse del cavidotto.



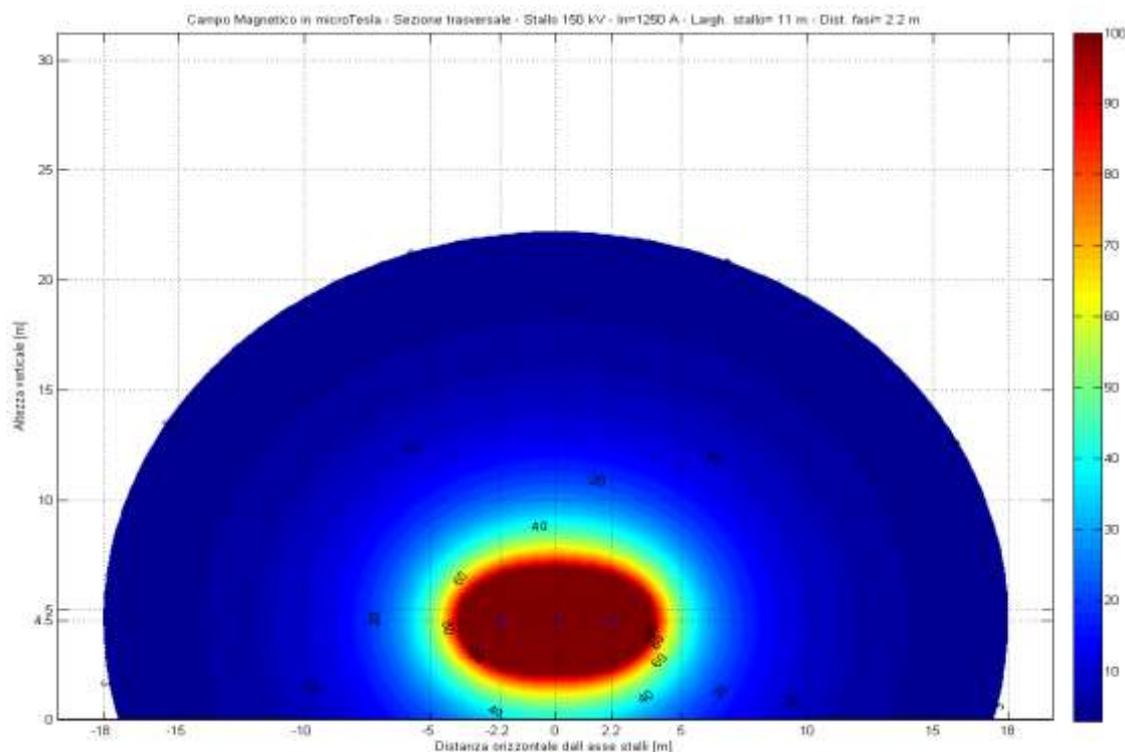
In base al decreto del 29.05.2008, **l'ampiezza della fascia di rispetto per il cavidotto AT interrato, necessario per la connessione della nuova SE Terna alla nuova Stazione di Raccolta AT condivisa, è pari quindi cautelativamente a 6 m a cavallo dell'asse cavidotto, ovvero 3 m per parte.**

5.4.2 Stallo ricezione AT nella Stazione di Raccolta AT

In questo caso la distanza tra i conduttori è pari a 2.2 m e l'altezza minima da terra è pari a 4.5 m. I collegamenti sono realizzati in tubo rigido e/o corda di alluminio e il valore della corrente termica nominale è pari a 1.250A.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

I risultati del calcolo dell'induzione magnetica hanno mostrato che la massima distanza rispetto all'asse dello stallo per la quale si ottiene il valore obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$, considerando la corrente termica delle sbarre pari a 1.250 A, è di 18 m, come si evince dall'esame della figura seguente.



Curve di equivalenza per il campo magnetico degli stalli Linea e Consegna Produttore AT a 150 kV, $I_n = 1.250 \text{ A}$

Applicando la formula approssimata riportata nella Norma CEI 106-11 relativa a conduttori posati in piano, si ottiene la distanza R' oltre la quale si ha un valore di induzione magnetica inferiore a $3 \mu\text{T}$:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{2,2 \cdot 1.250} = 17,83 \text{ m}$$

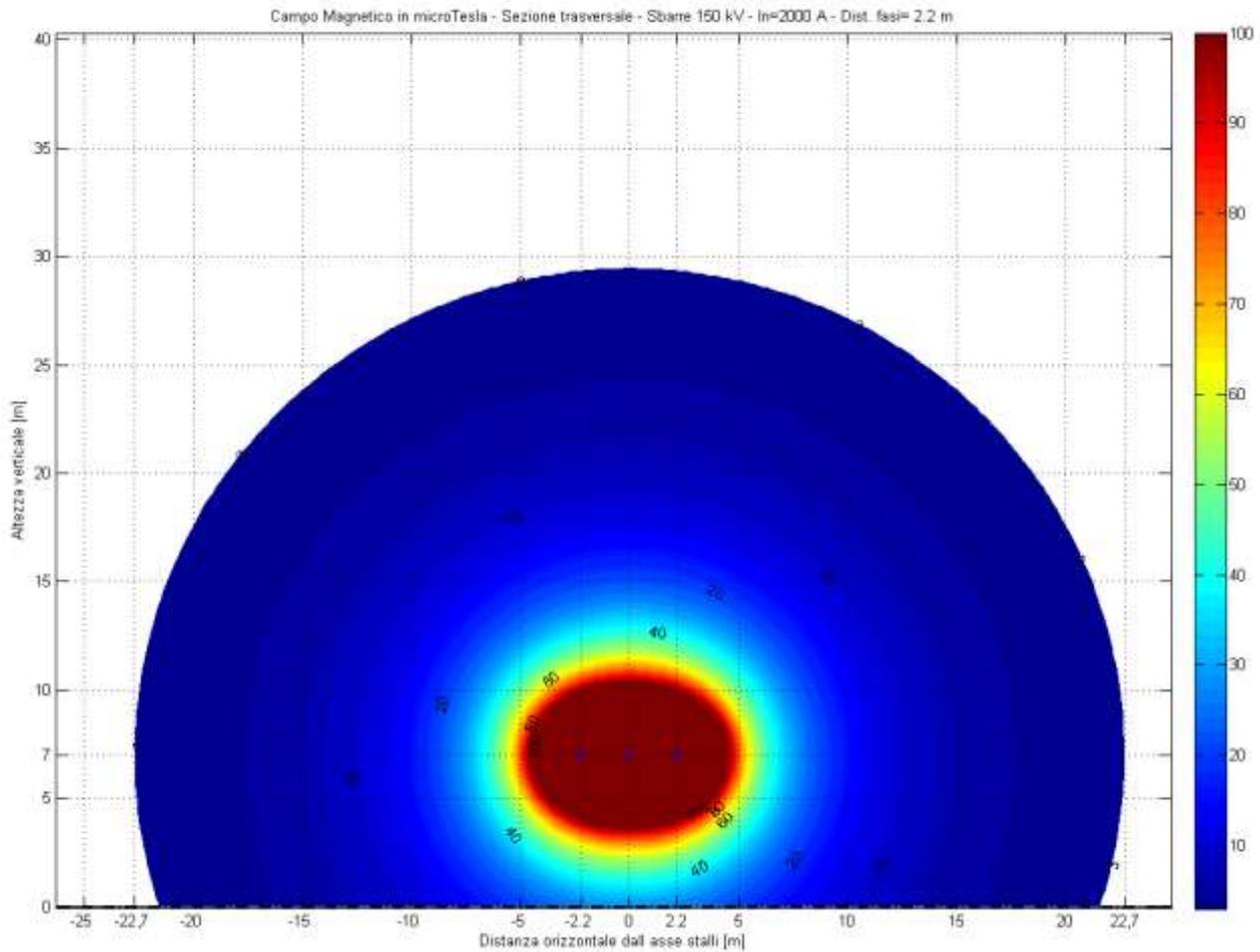
In base al recente decreto del 29.05.2008, l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 36 m a cavallo dell'asse dello stallo, ovvero 18 m per parte.

5.4.3 Sbarre AT condivise nella Stazione di Raccolta AT

In questo caso la distanza tra i conduttori è pari a 2.2 m e l'altezza da terra è pari a 7 m.

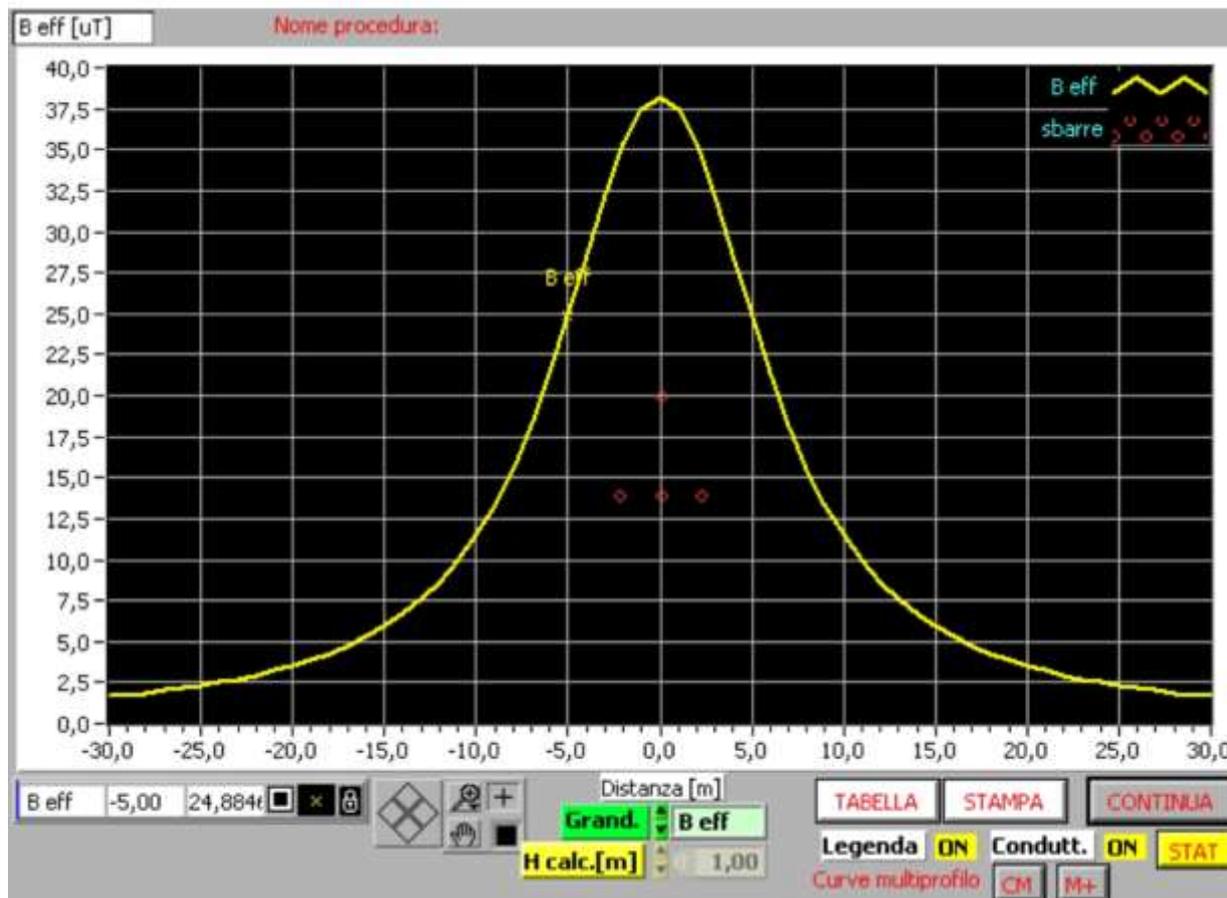
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

I collegamenti sono realizzati in tubo rigido \varnothing 100/90 e il valore della corrente termica nominale è pari a 2.000 A.



Curve di equivello per il campo magnetico delle sbarre AT della S.S.E. – Corrente nominale 2.000A

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



Andamento del campo magnetico delle sbarre AT a 150kV della S.E. – Corrente nominale 2.000A

I risultati del calcolo dell'induzione magnetica hanno mostrato che la massima distanza rispetto all'asse dello stallo per la quale si ottiene il valore obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$ è di 22.7 m.

Applicando la formula approssimata riportata nella Norma CEI 106-11 relativa a conduttori posati in piano, si ottiene la distanza R' oltre la quale si ha un valore di induzione magnetica inferiore a $3 \mu\text{T}$:

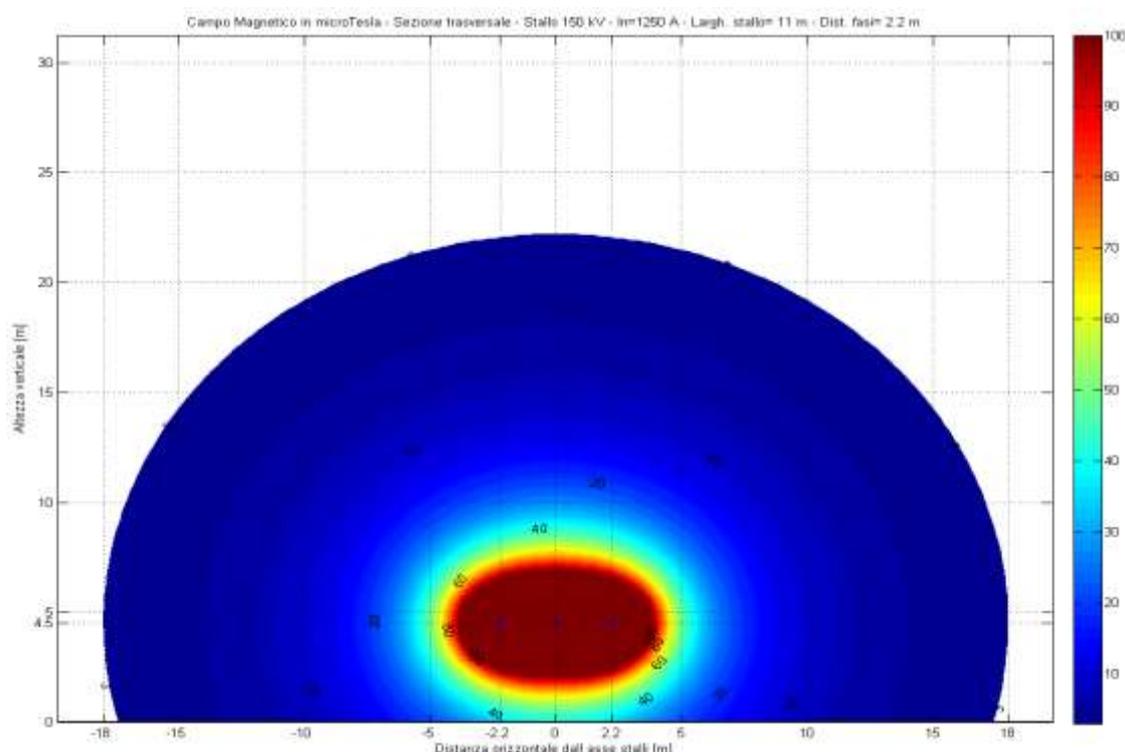
$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{2,2 \cdot 2.000} = 22,55 \text{ m}$$

In base al recente decreto del 29.05.2008, l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 46 m a cavallo dell'asse delle sbarre, ovvero 23 m per parte.

5.4.4 Stallo trasformazione SSE Utente

In questo caso la distanza tra i conduttori è pari a 2.2 m e l'altezza minima da terra è pari a 4.5 m. I collegamenti sono realizzati in tubo rigido e/o corda di alluminio e il valore della corrente termica nominale è pari a 1.250A.

I risultati del calcolo dell'induzione magnetica hanno mostrato che la massima distanza rispetto all'asse dello stallo per la quale si ottiene il valore obiettivo di qualità pari a 3 μ T, considerando la corrente termica delle sbarre pari a 1.250 A, è di 18 m, come si evince dall'esame della figura seguente.



Curve di equilivello per il campo magnetico degli stalli Linea e Consegna Produttore AT a 150 kV, In= 1.250 A

Applicando la formula approssimata riportata nella Norma CEI 106-11 relativa a conduttori posati in piano, si ottiene la distanza R' oltre la quale si ha un valore di induzione magnetica inferiore a 3 μ T:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{2,2 \cdot 1.250} = 17,83 \text{ m}$$

In base al recente decreto del 29.05.2008, l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 36 m a cavallo dell'asse dello stallo, ovvero 18 m per parte.

5.4.5 Trasformatore AT/MT 150/20 kV – 40/50 MVA ONAN/ONAF

Si riporta di seguito l'induzione magnetica prodotta da un ipotetico trasformatore AT/MT in resina epossidica della potenza di 50 MVA e tensione di corto circuito 10%.

Generalmente i trasformatori in olio a parità di potenza danno luogo ad un'induzione inferiore, in quanto il modestissimo flusso magnetico disperso del trasformatore, dati gli elevati rendimenti di macchina, si richiude nel cassone.

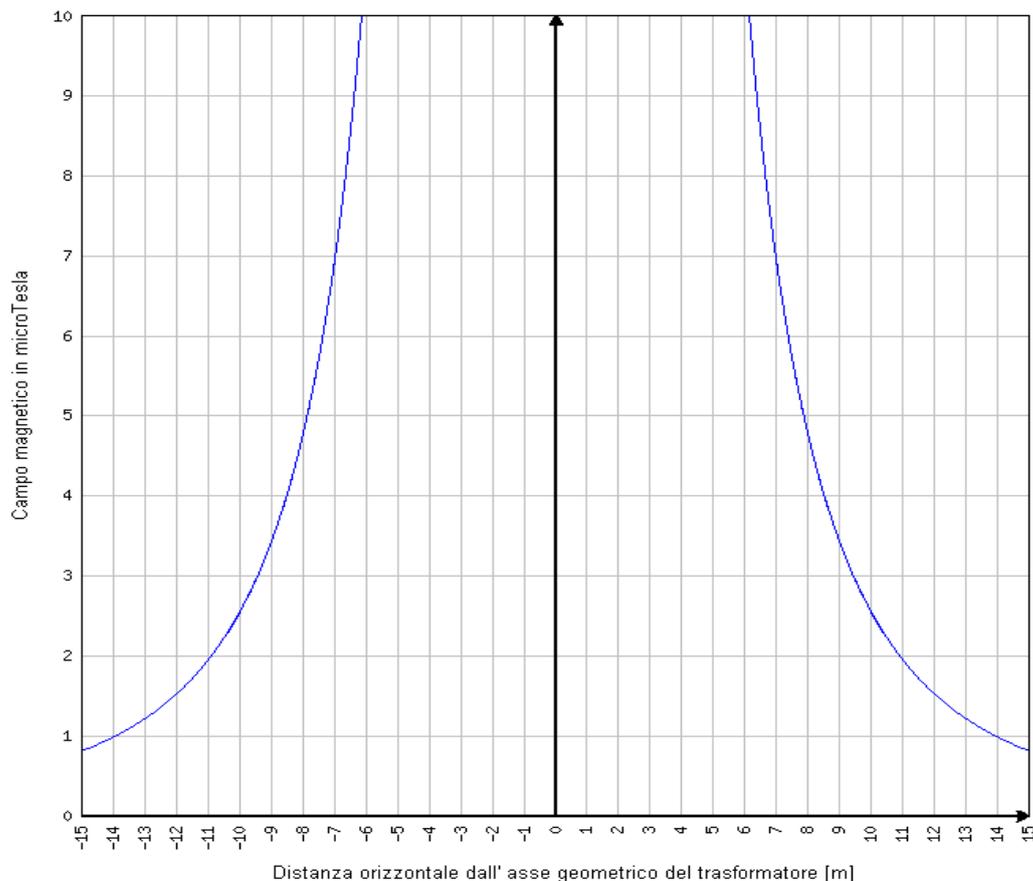
La stima del campo magnetico attorno ad un trasformatore in resina si può effettuare mediante la seguente formulazione:

$$B = \frac{0,72 \cdot V_{cc}\% \cdot \sqrt{P_N}}{d^{2,8}} [\mu T]$$

Potenza trasformatore	Distanza dal trasformatore		
	5 m	9,43 m	10 m
50 MVA	17,77 μT	3 μT	2,55 μT

che graficata in funzione della distanza:

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



In via cautelativa, considerando il caso di un ipotetico trasformatore in resina in luogo del trasformatore in olio effettivamente utilizzato, si osserva che l'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$ si ottiene per una distanza pari a 9,43 m dall'asse geometrico del trasformatore.

In base al decreto del 29.05.2008, l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 19 m a cavallo dell'asse geometrico del trasformatore, ovvero 9,5 m dagli assi geometrici dello stesso.

5.5 Impianti in MT

5.5.1 Locali trasformazione MT/BT ausiliari – SE Terna, Stazione di Raccolta AT condivisa, SSE Utente

A valle della ricezione MT, verranno installati dei trasformatori MT/BT con potenza nominale massima pari a 250 kVA.

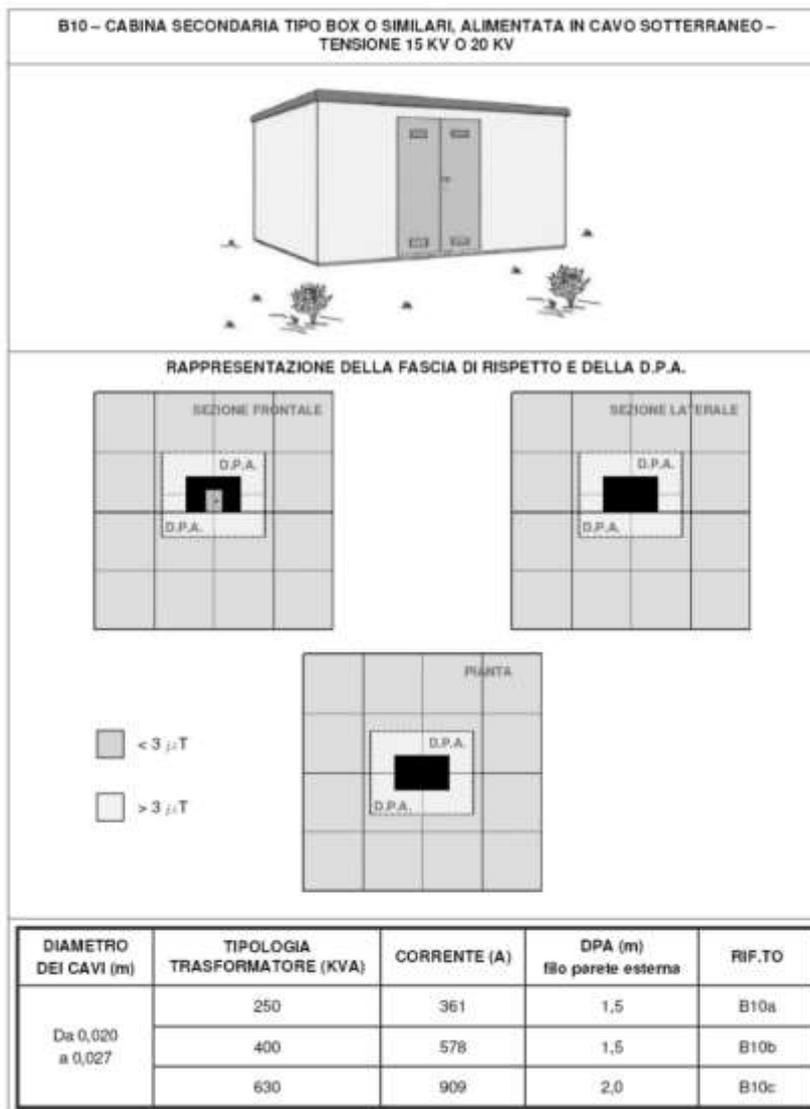
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

Nel caso di cabine elettriche, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata, nel caso di cabine dedicate alla trasformazione MT/BT, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

Si cita di seguito quanto riportato al documento 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", il quale illustra i risultati di calcolo effettuati tramite il software "EMF TOOLS".

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



Considerando quindi cautelativamente l'utilizzo di trasformatori da 630 kVA, la DPA è pari a 2m dalle pareti esterne del locale di trasformazione.

5.5.2 Cabina di consegna MT alimentazione ausiliari

Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la DPA da considerare è quella della linea MT entrante/uscente. Noto che la consegna avviene in cavo elicordato, per il quale la DPA è pari a 70 cm, per la Cabina di Consegna **si assume cautelativamente una DPA pari a 1 m dalle pareti esterne.**

Tale valore viene confermato se si considera la corrente nominale massima assorbita lato MT dal trasformatore MT/BT da 630 kVA, pari a circa 18 A.

Considerando che tale corrente fluisce nel sistema di sbarre dei quadri MT, disposte a una distanza di 30 cm, utilizzando la formulazione semplificata della CEI 106-11 si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{0,3 \cdot 18} = 0,79 \text{ m}$$

Per la Cabina di Consegna MT, quindi, **si assume cautelativamente una DPA pari a 1 m dalle pareti esterne della stessa.**

5.5.3 Cavidotti di vettoriamento in MT di Utenza – Collegamento da Impianto FTV a SSE

Gli elettrodotti MT a 30 kV hanno il compito di collegare le Cabine di Campo con la SSE e quindi di convogliare a quest'ultima l'energia prodotta dall'impianto.

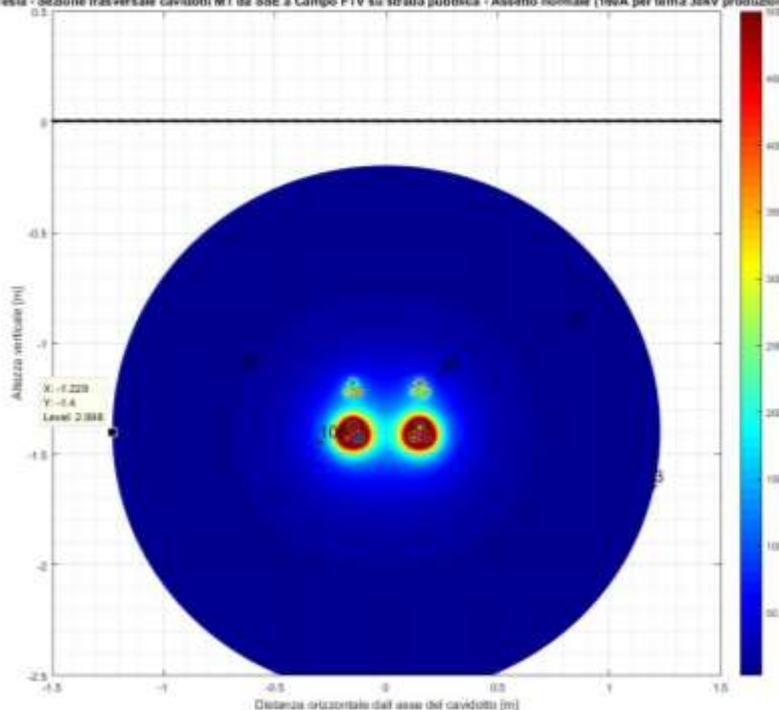
Saranno installate n.2 linee, gestite ad anello aperto, ciascuna delle quali sarà interessata da una corrente massima di utilizzo pari a 160A in condizioni normali e a 313A in condizioni di emergenza, ovvero con un tronco fuori servizio e una sola linea interessata dalla massima potenza generabile dall'impianto.

Medesima condizione è adottabile per le linee a 20 kV necessarie per l'alimentazione dei servizi ausiliari del campo fotovoltaico; in questo caso, in condizioni normali ogni linea è interessata da una corrente di utilizzo massima pari a 12A (ovvero pari a una potenza assorbita pari a 415 kW circa), mentre in condizioni di emergenza, ovvero con un tronco fuori servizio, la linea sana è interessata da una corrente massima di calcolo assunta pari a 24A, ovvero per una potenza totale assorbita pari a 830 kW circa. Tali potenze e quindi tali correnti sono di molto superiori a quelle di esercizio massime previste, considerato che la potenza contrattuale disponibile per la totalità dei servizi ausiliari di centrale (SSE + Impianto FTV) è pari a 250 kW.

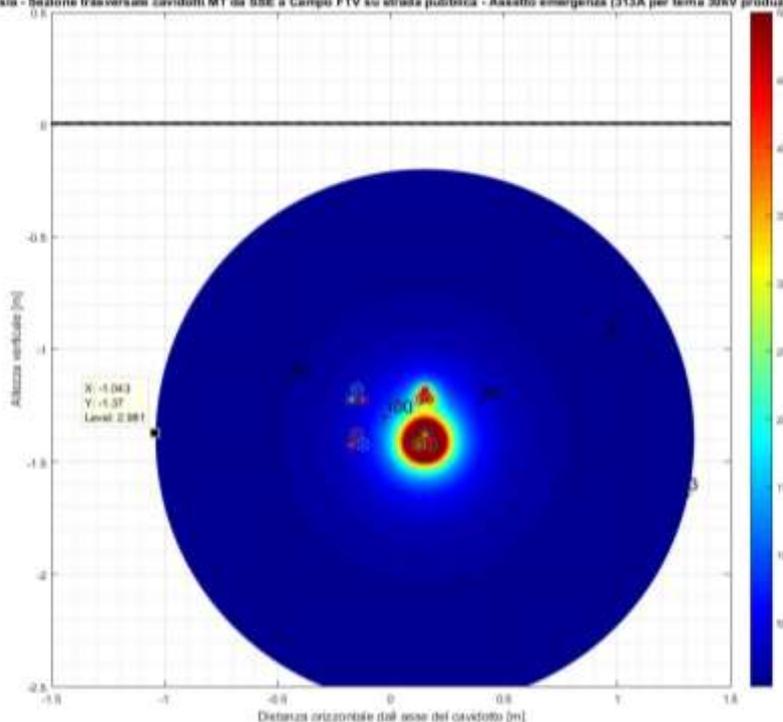
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo

5.5.3.1 Cavidotti su viabilità pubblica

Campo Magnetico in microTesla - Sezione trasversale cavidotti MT da SSE a Campo FTV su strada pubblica - Assetto normale (169A per tema 38kV produzione, 12A per tema 28 kV aus)



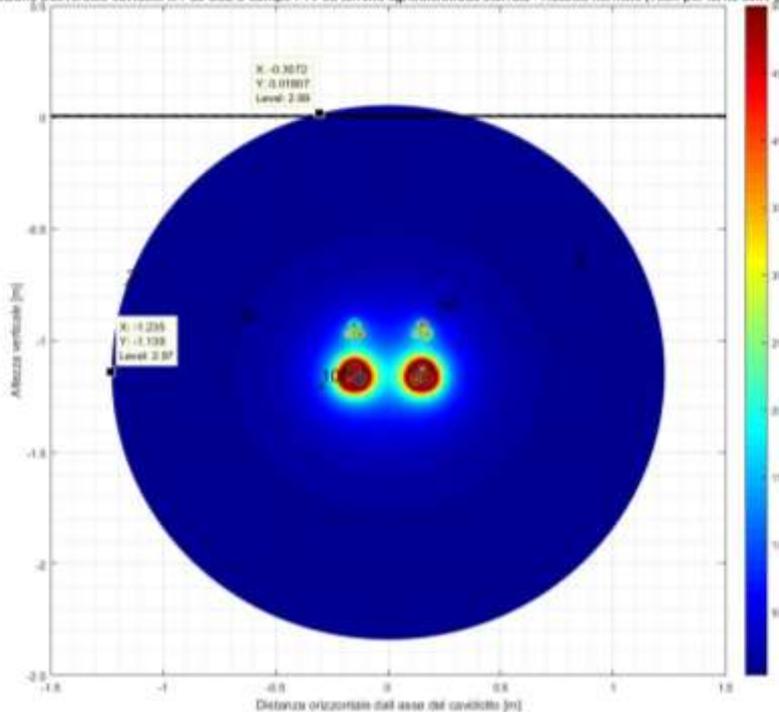
Campo Magnetico in microTesla - Sezione trasversale cavidotti MT da SSE a Campo FTV su strada pubblica - Assetto emergenza (315A per tema 38kV produzione, 24A per tema 28 kV aus)



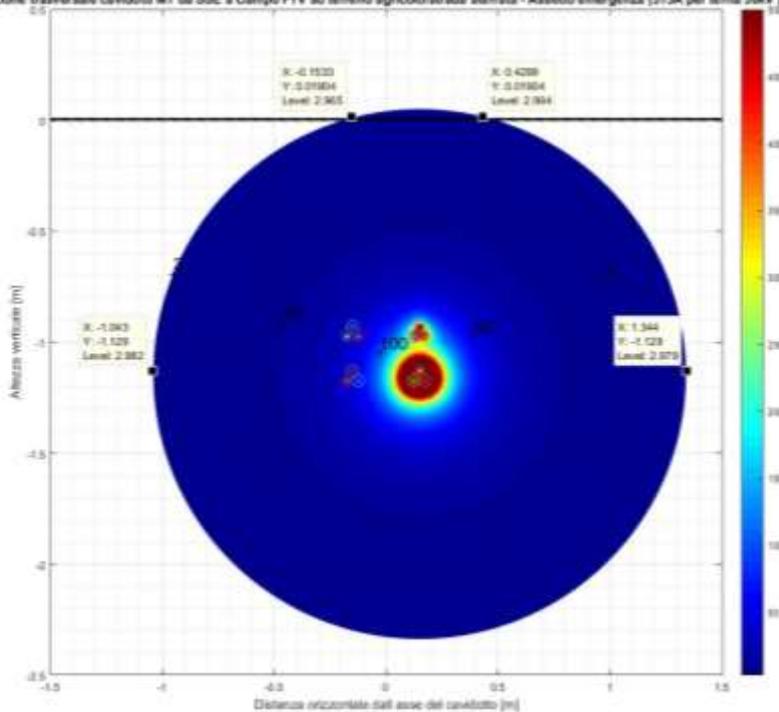
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo

5.5.3.2 Cavidotti su strada sterrata/Terreno agricolo

Campo Magnetico in microTesla - Sezione trasversale cavidotti MT da SSE a Campo FTV su terreno agricolo/strada sterrata - Assetto normale (160A per terra 30kV produzione, 12A per terra 20 kV aux)



Campo Magnetico in microTesla - Sezione trasversale cavidotti MT da SSE a Campo FTV su terreno agricolo/strada sterrata - Assetto emergenza (213A per terra 30kV produzione, 24A per terra 20 kV aux)



5.5.3.3 Conclusioni

I risultati del calcolo dell'induzione magnetica hanno mostrato che, per ciascuna delle condizioni di esercizio previste (assetto normale e assetto di emergenza), per tutte le tipologie di posa previste (su strada pubblica e su strada sterrata/terreno agricolo) la massima distanza rispetto all'asse del cavidotto per la quale si ottiene il valore obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$ è di 1,5 m, ovvero di 3m a cavallo dell'asse del cavidotto.

Si evince che:

- Per la posa su viabilità pubblica, a quota terreno, l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque;
- Per la posa su strada sterrata/terreno agricolo, a quota terreno, l'obiettivo di qualità è rispettato già a 0,5m dall'asse del cavidotto.

In base al decreto del 29.05.2008, **l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 3 m a cavallo dell'asse del cavidotto, ovvero 1,5 m per parte.**

5.5.4 Cavidotti in cavo elicordato

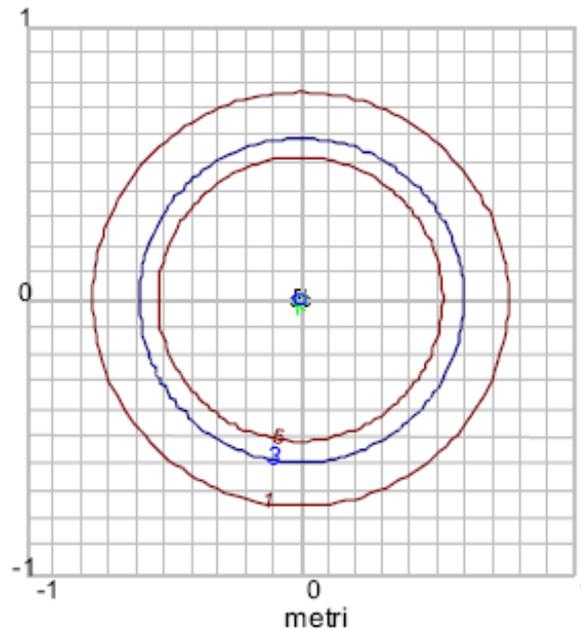
I campi elettrici prodotti sono trascurabili grazie allo schermo dei cavi posto a terra ad entrambe le estremità e in corrispondenza di alcuni giunti, e grazie all'effetto schermante del terreno stesso.

Per quanto riguarda la generazione di campi magnetici, si trova che la disposizione a trifoglio dei cavi unipolari consente di avere campi magnetici assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i cavi. Infatti i campi magnetici, interagendo tra loro, si attenuano a vicenda. Si ricorda che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è estremamente dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi. Per assurdo, infatti, se i tre conduttori coincidessero nello spazio, il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori.

I cavi MT avranno una sezione pari a 185 mm^2 , posati nel terreno ad una profondità minima di 1 m, disposti a trifoglio spiralato in modo da garantire la trasposizione delle fasi ed annullare gli effetti delle mutue induttanze.

Come illustrato nella norma CEI 106-11, la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$, anche nelle condizioni limite di conduttori di sezione maggiore e relativa "portata nominale", venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



*Curve di equipotenziale per il campo magnetico di una linea MT sotterranea 3x(1x185) interrata in cavo elicordato
(dalla Norma CEI 106-11)*

La stessa CEI 106-11 riporta, al paragrafo 7.1.1, la seguente dicitura: **“Le linee in cavo sotterraneo sia di media che di bassa tensione sono posate ad una profondità di circa 80 cm per cui già a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a 3 μ T. Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque”**. Ancora la CEI 106-11, al paragrafo 7.1.3, riporta: **“Alla luce di quanto evidenziato e tenendo conto che le considerazioni ed i calcoli sono stati condotti per le correnti ai limiti di portata nominale dei conduttori di sezione maggiore per le diverse tipologie di impianto, per tutti i cavi cordati di media e di bassa tensione, le normali distanze di rispetto prescritte dalla normativa tecnica in vigore (DM 16.01.1991) garantiscono anche il conseguimento dell'obiettivo di qualità prescritto dal DPCM 8.7.2003.”**

Inoltre si cita quanto riportato al documento 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”, il quale illustra i risultati di calcolo effettuati tramite il software “EMF TOOLS”.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo



Fascia di rispetto per un cavo MT 3x1x185 mm² ad elica visibile

Risulta evidente che la fascia di rispetto, pari a circa 70 cm, è inferiore alla minima profondità di posa del cavo pari a 1 m; ne consegue, pertanto, **che i campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti a media tensione interrati sono inferiori ai limiti fissati dalle leggi vigenti già a livello del terreno in corrispondenza del cavidotto.**

Si fa notare in proposito che anche il recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, in quanto le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n.449/88 e al decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 Gennaio 1991; pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nelle norme richiamate

5.5.5 Cabina di campo di trasformazione MT/BT

Ogni sottocampo è collegato ad una cabina elettrica (cabina di campo) interna all'impianto dove sono alloggiati i trasformatori BT/MT e i quadri BT e MT.

È ormai certo sia in letteratura che nelle prove sperimentali condotte da diverse ARPA in Italia, che nelle cabine di trasformazione MT/BT l'emissione di campi elettrici e soprattutto magnetici è da attribuire al trasformatore e alle sbarre del quadro di bassa tensione.

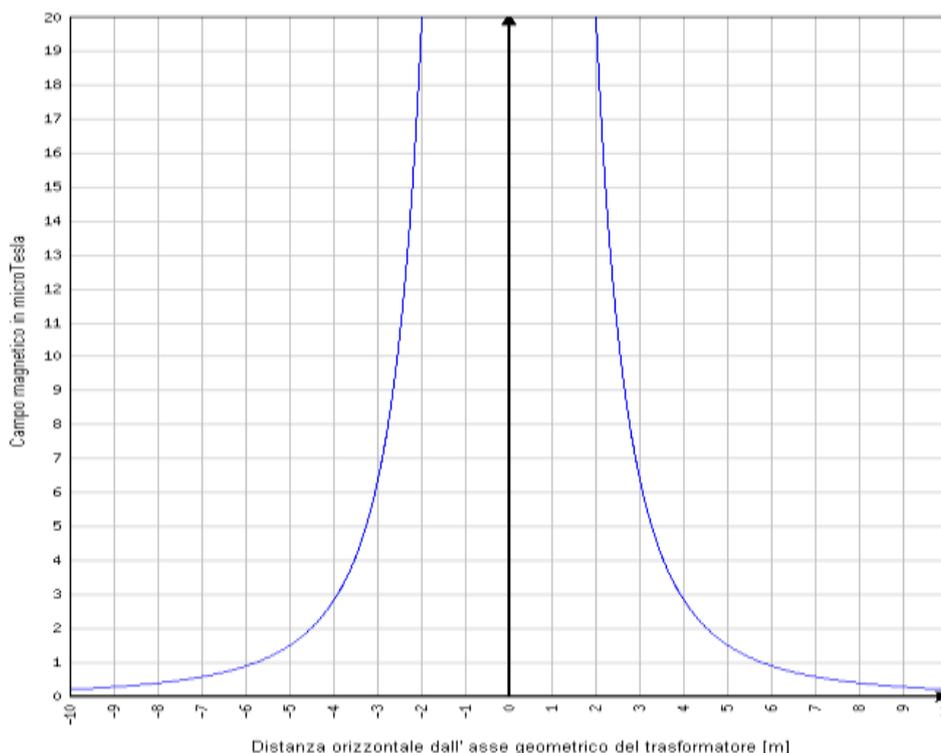
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo

La valutazione dei campi generati dal trasformatore parte da dati sperimentali su una taglia e tipo standard di trasformatore MT/BT per poi essere estesa con le dovute approssimazioni alla varia gamma di tipologie e potenze.

Si riporta di seguito l'induzione magnetica prodotta da un trasformatore MT/BT in resina epossidica della potenza di 2500 kVA, massima taglia presente nell'impianto, con tensione di corto circuito 6%. La stima del campo magnetico attorno ad un trasformatore in resina si può effettuare mediante la seguente formulazione:

$$B = \frac{0,72 \cdot V_{cc}\% \cdot \sqrt{P_N}}{d^{2,8}} [\mu T]$$

Come si evince dal grafico seguente, i valori di induzione magnetica sono massimi vicino il trasformatore, e decrescono molto rapidamente con la distanza.



Campo magnetico generato dal trasformatore MT/BT da 2500 kVA della cabina di campo

Potenza trasformatore in resina	Distanza dal trasformatore			
	1 m	3.91 m	5 m	10 m
2.500 kVA	136,61 μT	3 μT	1,5 μT	0,21 μT

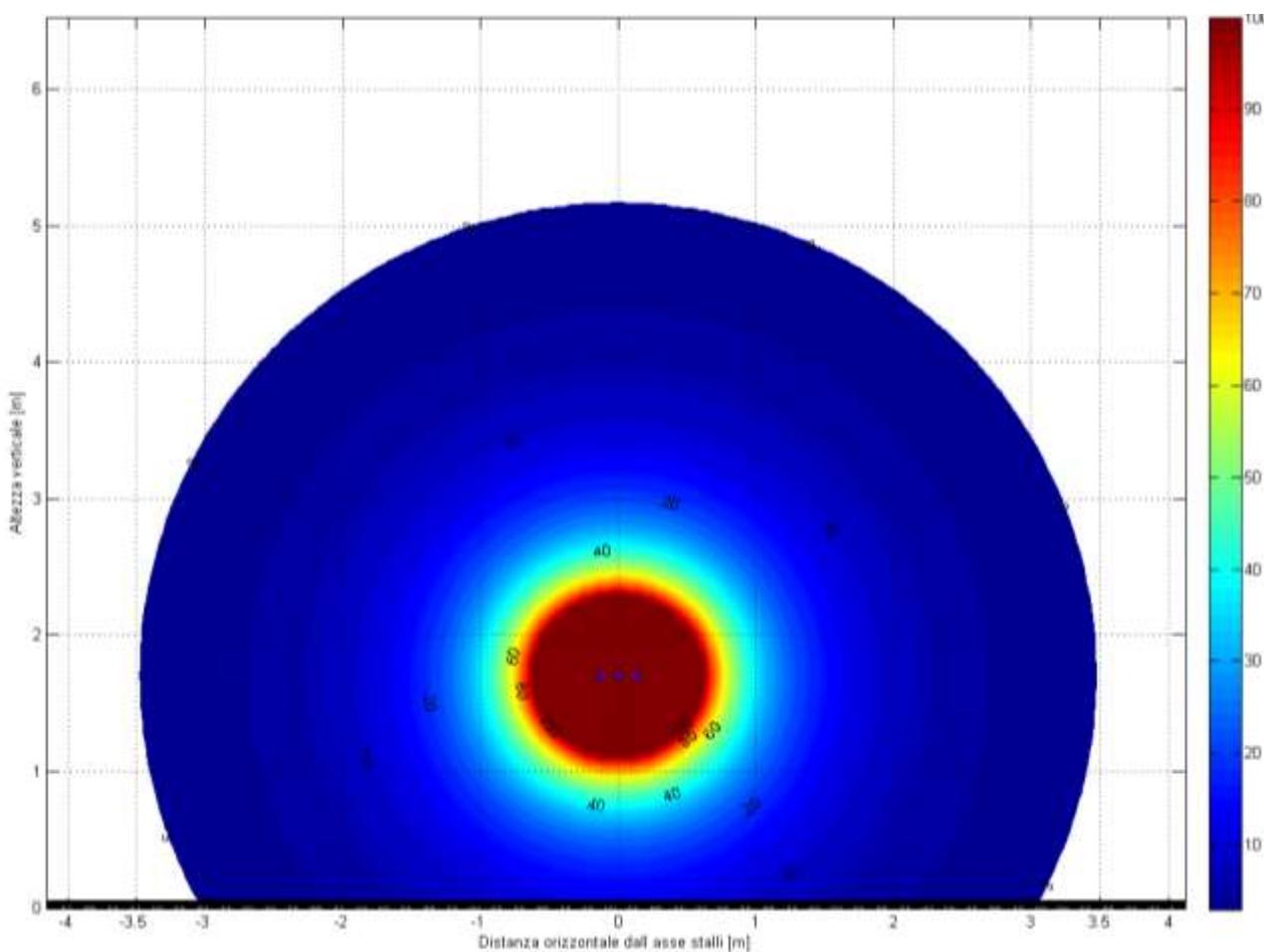
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo

Si osserva che l'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$ si ottiene per una distanza pari a 3,91m dall'asse geometrico del trasformatore.

Per quanto riguarda i campi elettrici questi sono nulli all'esterno considerando l'effetto schermante della cabina e la schermatura del sistema LPS.

Per la valutazione dei campi generati dalle sbarre di bassa tensione si ipotizza che le sbarre di bassa tensione contenute nel quadro BT in uscita dall'inverter siano disposte in piano e distino l'una dall'altra di una distanza $d=12,5 \text{ cm}$.

La corrente nominale nella sezione BT a 800 V, corrispondentemente alla potenza nominale del trasformatore, è circa pari a 1.800 A.



Curve di equilivello per il campo magnetico delle sbarre BT della cabina di campo

I risultati del calcolo dell'induzione magnetica hanno mostrato che la massima distanza rispetto all'asse delle sbarre per la quale si ottiene il valore obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$ è di 3.5 m, come si evince dall'esame della figura.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

In base al recente decreto del 29.05.2008, **l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 4 m dalle pareti delle cabine** in questione.

5.5.6 Linee di BT a 800V per il collegamento degli inverter alle Cabine di Trasformazione MT/BT di Campo

L'energia prodotta in uscita dagli inverter viene trasmessa alle Cabine di Trasformazione per mezzo di cavidotti interrati.

L'impianto nel suo complesso è suddiviso in diversi sottocampi, ciascuno asservito a massimi n.9 inverter, i quali vengono connessi a una singola cabina di trasformazione. Ogni inverter ha potenza nominale di uscita pari a 250 kW, con una corrente massima erogabile pari a 181A a una tensione di 800Vac.

Per l'analisi dei campi elettromagnetici massimi generati si considera quindi il tratto che vede le n.9 terne provenienti dagli inverter in ingresso alle rispettive cabine di trasformazione.

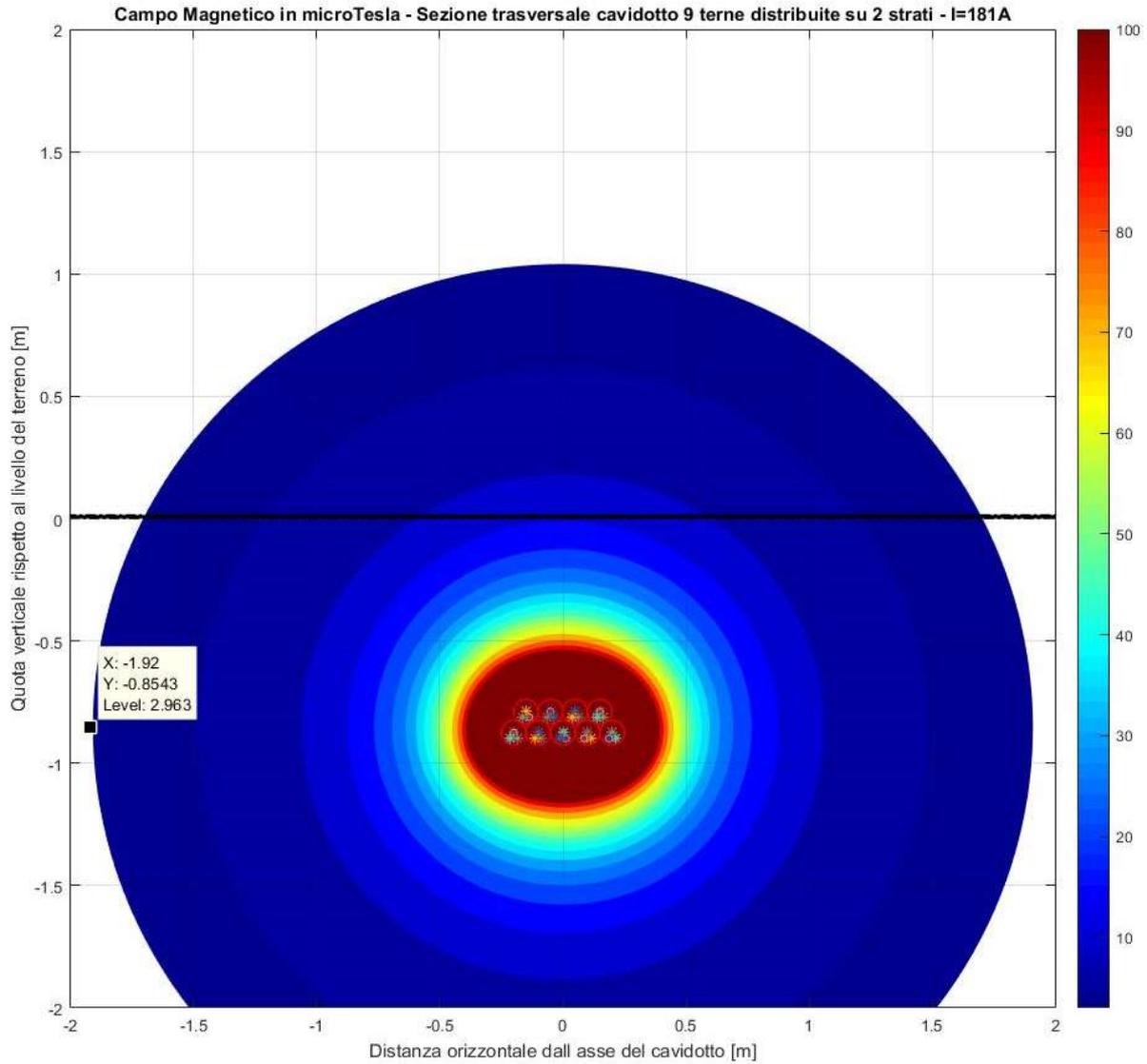
I cavi previsti per ogni inverter sono con conduttore in alluminio e nella formazione 3x1x185 mm²; ogni conduttore ha un diametro esterno massimo pari a 2,7 cm ed è percorso dalla massima corrente in uscita dagli inverter che abbiamo visto essere pari a 181A. I tre cavi di fase di ogni inverter sono posati all'interno di corrugati in PVC con diametro nominale Φ pari a 125mm; nella simulazione perciò sono state considerati i conduttori di fase di ogni inverter in modalità a trifoglio, mentre la distanza tra le terne afferenti a ogni inverter è stata considerata pari a 100mm, ovvero 0,1m, ovvero con tubi affiancati e non distanziati.

Per limitare la larghezza degli scavi, i corrugati contenenti i cavi provenienti dagli inverter sono posati su n.2 strati, da 4 tubi sullo strato superiore e da 5 tubi sullo strato inferiore.

5.5.6.1 Obiettivo di qualità e calcolo DPA – Protezione della popolazione

Si riporta di seguito il risultato della simulazione utilizzando i parametri indicati in precedenza. Si osserva come l'obiettivo di qualità di 3 μ T sia rispettato a 2m dall'asse del cavidotto, mentre a livello del terreno l'obiettivo di qualità è rispettato già a 1,7 metri dall'asse del cavidotto. Tali valori, arrotondati al mezzo metro superiore, determinano una **DPA di 2,0 metri dall'asse del cavidotto, ricadente nell'area nella piena titolarità del Produttore.**

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
 POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
 Progetto Definitivo



Curve di isolivello per i cavidotti in BT interrati dagli inverter alle Cabine di trasformazione.

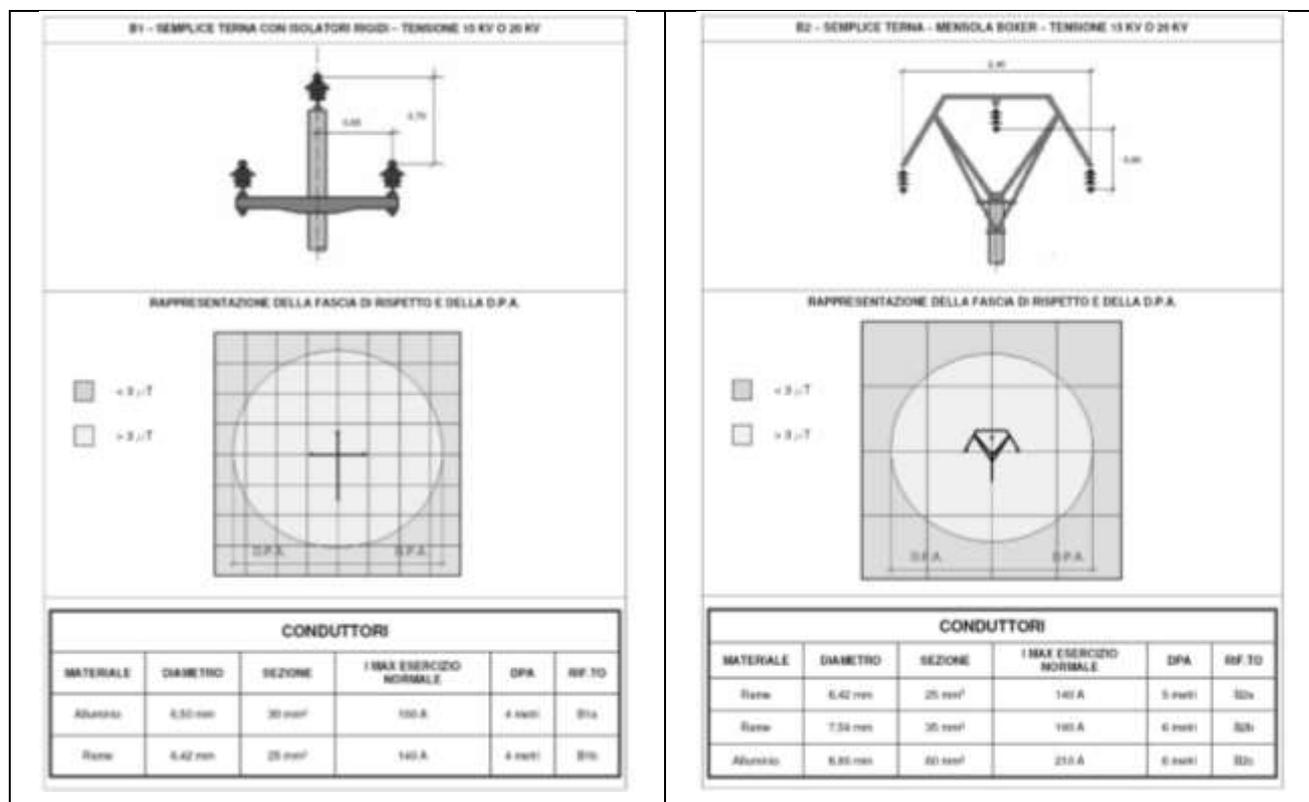
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

5.6 Impianti di consegna MT per ausiliari a cura e-distribuzione

5.6.1 Linea MT aerea esistente da dismettere

La linea MT aerea esistente è del tipo “a semplice terna” con conduttori in rame con sezione 25 mm² posata su sostegni, alcuni con isolatori rigidi e mensole del tipo “traversa e cimello” ed altri con mensole del tipo “boxer”.

Si cita quanto riportato al documento 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”, il quale illustra i risultati di calcolo effettuati tramite il software “EMF TOOLS”.



Nella condizione peggiore, ovvero quella di linea posata su sostegni con mensole boxer, la fascia di rispetto e la relativa D.P.A. è pari a 6 m.

5.6.2 Cavidotti in cavi elicordati

Dalla linea aerea viene effettuata una transizione da linea aerea in conduttori nudi a linea in cavo interrato con cavi a elica visibile per la connessione in entra esce della cabina di consegna per la

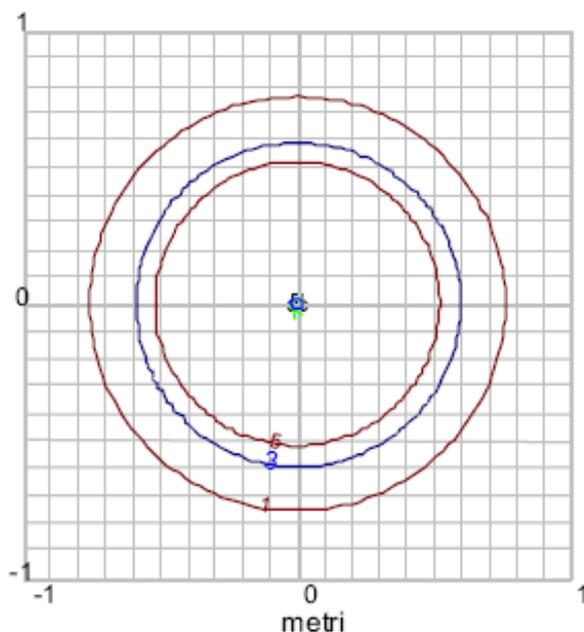
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

successiva consegna in MT a 20 kV necessaria per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale. In questo caso, i campi elettrici prodotti sono trascurabili grazie allo schermo dei cavi posto a terra ad entrambe le estremità e in corrispondenza di alcuni giunti, e grazie all'effetto schermante del terreno stesso.

Per quanto riguarda la generazione di campi magnetici, si trova che la disposizione a trifoglio dei cavi unipolari consente di avere campi magnetici assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i cavi. Infatti i campi magnetici, interagendo tra loro, si attenuano a vicenda. Si ricorda che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è estremamente dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi. Per assurdo, infatti, se i tre conduttori coincidessero nello spazio, il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori.

I cavi MT avranno una sezione pari a 185 mm^2 , posati nel terreno ad una profondità minima di 1 m, disposti a trifoglio spiralato in modo da garantire la trasposizione delle fasi ed annullare gli effetti delle mutue induttanze.

Come illustrato nella norma CEI 106-11, la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$, anche nelle condizioni limite di conduttori di sezione maggiore e relativa "portata nominale", venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.

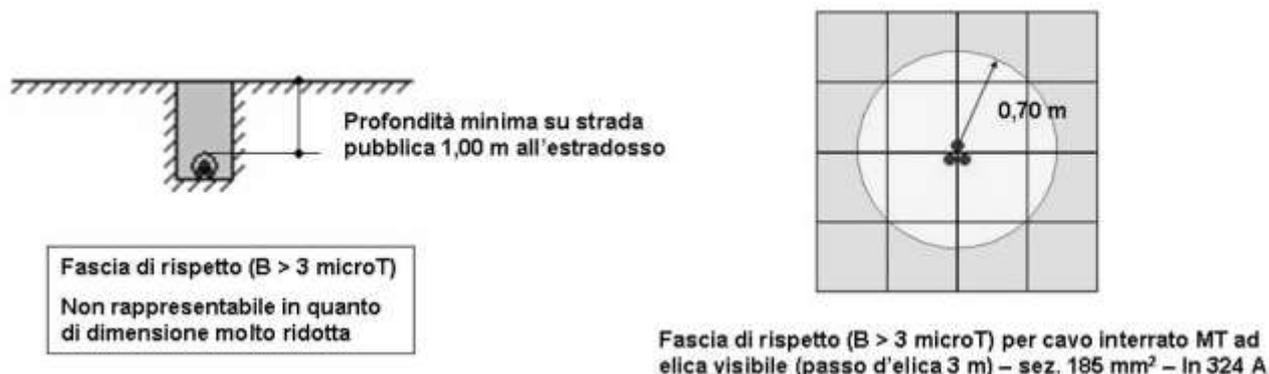


*Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT sotterranea 3x(1x 185) interrata in cavo elicordato
(dalla Norma CEI 106-11)*

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

La stessa CEI 106-11 riporta, al paragrafo 7.1.1, la seguente dicitura: **“Le linee in cavo sotterraneo sia di media che di bassa tensione sono posate ad una profondità di circa 80 cm per cui già a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a 3 μ T. Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque”**. Ancora la CEI 106-11, al paragrafo 7.1.3, riporta: **“Alla luce di quanto evidenziato e tenendo conto che le considerazioni ed i calcoli sono stati condotti per le correnti ai limiti di portata nominale dei conduttori di sezione maggiore per le diverse tipologie di impianto, per tutti i cavi cordati di media e di bassa tensione, le normali distanze di rispetto prescritte dalla normativa tecnica in vigore (DM 16.01.1991) garantiscono anche il conseguimento dell'obiettivo di qualità prescritto dal DPCM 8.7.2003.”**

Inoltre si cita quanto riportato al documento 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”, il quale illustra i risultati di calcolo effettuati tramite il software “EMF TOOLS”.



Fascia di rispetto per un cavo MT 3x1x185 mm² ad elica visibile

Risulta evidente che la fascia di rispetto, pari a circa 70 cm, è inferiore alla minima profondità di posa del cavo pari a 1 m; ne consegue, pertanto, **che i campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti a media tensione interrati sono inferiori ai limiti fissati dalle leggi vigenti già a livello del terreno in corrispondenza del cavidotto.**

Si fa notare in proposito che anche il recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, in quanto le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE UBICATO NEL TERRITORIO COMUNALE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ) LOC. MERCANTE
POTENZA NOMINALE CIRCA 19.983,60 kWdc POTENZA AI FINI DELLA CONNESSIONE IN RETE 16 MWac
Progetto Definitivo

Decreto Interministeriale n.449/88 e al decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 Gennaio 1991; pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nelle norme richiamate

6 Conclusioni

La fascia di rispetto per i singoli componenti dell'impianto, così come richiesto dal DM del MATTM del 29.05.2008, è stata calcolata secondo le metodologie sopra riportate.

Per ogni componente e/o tipologia di infrastruttura, è stata pertanto definita la relativa DPA.

Ne risulta che, data l'assenza di luoghi all'interno delle DPA come sopra definite nei quali non è prevista la permanenza di persone per un periodo superiore alle 4 ore giornaliere, l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque;

Risulta inoltre che:

- **Tutti i cavi MT sono schermati, quindi il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.**
- **Per tutti gli altri casi, ai fini del calcolo della fascia di rispetto, si sono omesse verifiche del campo elettrico in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul Limite di esposizione nonché valore di attenzione pari a 5 kV/m) che è sempre inferiore a sempre quella fornita dal calcolo dell' induzione magnetica.**

Come si evince dagli elaborati grafici allegati al presente progetto, all'interno dell'area di prima approssimazione (DPA) precedentemente calcolata, non ricadono edifici o luoghi adibiti ad abitazione con permanenza di persone superiore alle 4 ore, ovvero non esistono recettori sensibili.

In base alle considerazioni dei paragrafi precedenti, le opere elettriche di progetto, grazie anche alle soluzioni costruttive scelte ed alla scelta di ubicazione delle stesse, rispetteranno i limiti posti dalla L. 36/2001 e dal DPCM 8 luglio 2003.