

Proponente

Moncada Energy Group S.r.l.

Piazza della Manifattura, 1
38068 - Rovereto (TN)



Il Progettista



COMUNE DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG)							
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA NELL'AREA DI DUE CAVE DISMESSE E NELLE ZONE AD ESSE LIMITROFE, CON CONTESTUALE RECUPERO AMBIENTALE DELLE STESSA CAVE DENOMINATE "CAVA MILIONE", SITA IN CONTRADA LUNA ZUPPARDO, E "CAVA CASCINA LA PORTA", SITA NELL'OMONIMA CONTRADA, ENTRAMBE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI AGRIGENTO, OLTRE ALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE AD ESSO CONNESSE E RELATIVE AD UN ELETTRODOTTO INTERRATO IN MT A SERVIZIO SITO NEI COMUNI DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG), NONCHE' ALL'ADEGUAMENTO DI UNA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA GIA' ESISTENTE PER LA CONNESSIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO ALLA RETE ELETTRICA IN AT, QUEST'ULTIMA SITA IN VIA UGO LA MALFA NEL COMUNE DI PORTO EMPEDOCLE (AG).					Moncada Energy Group S.r.l. Partita IVA 01781470842 R.E.A. 229198 www.moncadaenergy.com Pec: moncadaenergy@pec.it info@moncadaenergy.com Piazza della Manifattura, 1 Rovereto (TN) - 38068 - Italia Tel. +39 0922 668111 Fax. +39 0922 636062		
STUDIO CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI							
Titolo							
P00003	R09.5	A	R	P00003_R09.5_A_R_R00		A4	
Commessa	Cod. elaborato	Fase	Tipo	Nome file	Scala	Formato	Foglio
00	2022.04.12	Emissione					
Rev.	Data	Oggetto revisione			Redatto	Verificato	Approvato

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
2	LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO	7
3	VERIFICA LIMITI L. 36/01 E RELATIVI DECRETI ATTUATIVI.....	8
3.1	Metodologia di calcolo	10
3.2	Fonti di emissione	12
3.3	Campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti MT- DPA	12
3.3.1	Cavi Elicordati sezione fino a 300 mmq	13
3.3.2	Cavi a posa a Trifoglio sezione fino a 630 mmq	14
3.4	Campo elettromagnetico generato dalla SSE Utente	24
4	VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CEM (LEGGE 159/16).....	25
4.1	Individuazione dei lavoratori che possono essere esposti ai CEM	25
4.2	Normativa di riferimento per le valutazioni di rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.	26
4.2.1	Linee guida ICNIRP.....	27
4.2.2	Il D.Lgs. 81/08	28
4.3	Valutazioni di rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.	31
4.4	Individuazione e caratterizzazione dei componenti elettrici che possono indurre il rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.....	34
4.4.1	Moduli fotovoltaici.....	34
4.4.2	Moduli fotovoltaici.....	34
4.4.3	Linee elettriche in corrente alternata interne al parco fotovoltaico	35
4.4.4	Linee elettriche in corrente alternata esterne al parco fotovoltaico per il collegamento alla RTN.....	35
4.4.5	Cabine di conversione (Inverter station).....	35
4.4.6	Cabina elettrica di consegna e sezionamento.....	36
4.5	Valutazione preliminare del rischio per i lavoratori.	37
5	CONCLUSIONI	37
6	ALLEGATI.....	38

1 INTRODUZIONE

Scopo del presente documento è quello di descrivere e valutare le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico a terra nell'area di due cave dismesse e nelle zone ad esse limitrofe, denominate "*cava Milione*", sita in contrada Luna Zuppardo, e "*cava Cascina la Porta*", sita nell'omonima contrada, entrambe nel territorio del comune di Agrigento, oltre alla realizzazione delle opere ad esso connesse e relative ad un elettrodotto interrato in mt a servizio sito nei comuni di Agrigento e Porto Empedocle (AG), nonché all'adeguamento di una sottostazione elettrica già esistente per la connessione dell'impianto fotovoltaico alla rete elettrica in AT, quest'ultima sita in via Ugo la Malfa nel comune di Porto Empedocle (AG).

La valutazione delle emissioni elettromagnetiche verrà condotta con la finalità sia della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 "*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*" e dei relativi Decreti attuativi, sia del D. Lgs. 159/16 "*Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE*".

Lo studio di impatto elettromagnetico si rende necessario al fine di una valutazione dei potenziali effetti derivanti dall'esposizione a campi elettrici e magnetici nei riguardi dei lavoratori presenti all'interno dell'impianto e della popolazione che si trova in prossimità dell'impianto ed opere connesse che potenzialmente potrebbe essere sottoposta ad emissioni elettromagnetiche.

Per le opere in progetto che sono oggetto della presente relazione specialistica studio, si rimanda agli elaborati del progetto definitivo, di seguito se ne riportano le parti utili ai fini della presente relazione.

Oggetto della presente Relazione, è la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra della potenza di **77275,24 kW** ed opere ad esso connesse nell'area di due cave dismesse, denominate "Cava Milione" e "Cava Cascina La Porta" e nelle zone ad esse limitrofe, ricadenti nelle C/de Luna Zuppardo e Cascina La Porta, territorio amministrativo del comune di Agrigento, con contestuale recupero ambientale delle stesse cave, realizzazione di un elettrodotto interrato in Media Tensione a servizio dell'impianto fotovoltaico, ricadente in parte nel comune di Agrigento ed in parte nel comune di Porto Empedocle ed infine adeguamento di una sottostazione elettrica per la connessione dell'impianto fotovoltaico alla rete elettrica esistente in alta tensione, sita quest'ultima nella via Ugo La Malfa del comune di Porto Empedocle.

Le opere oggetto di studio sono schematizzate in fig.1.1 e comprendono l'installazione dell'impianto fotovoltaico ed il tracciato dell'elettrodotto fino al punto di consegna.

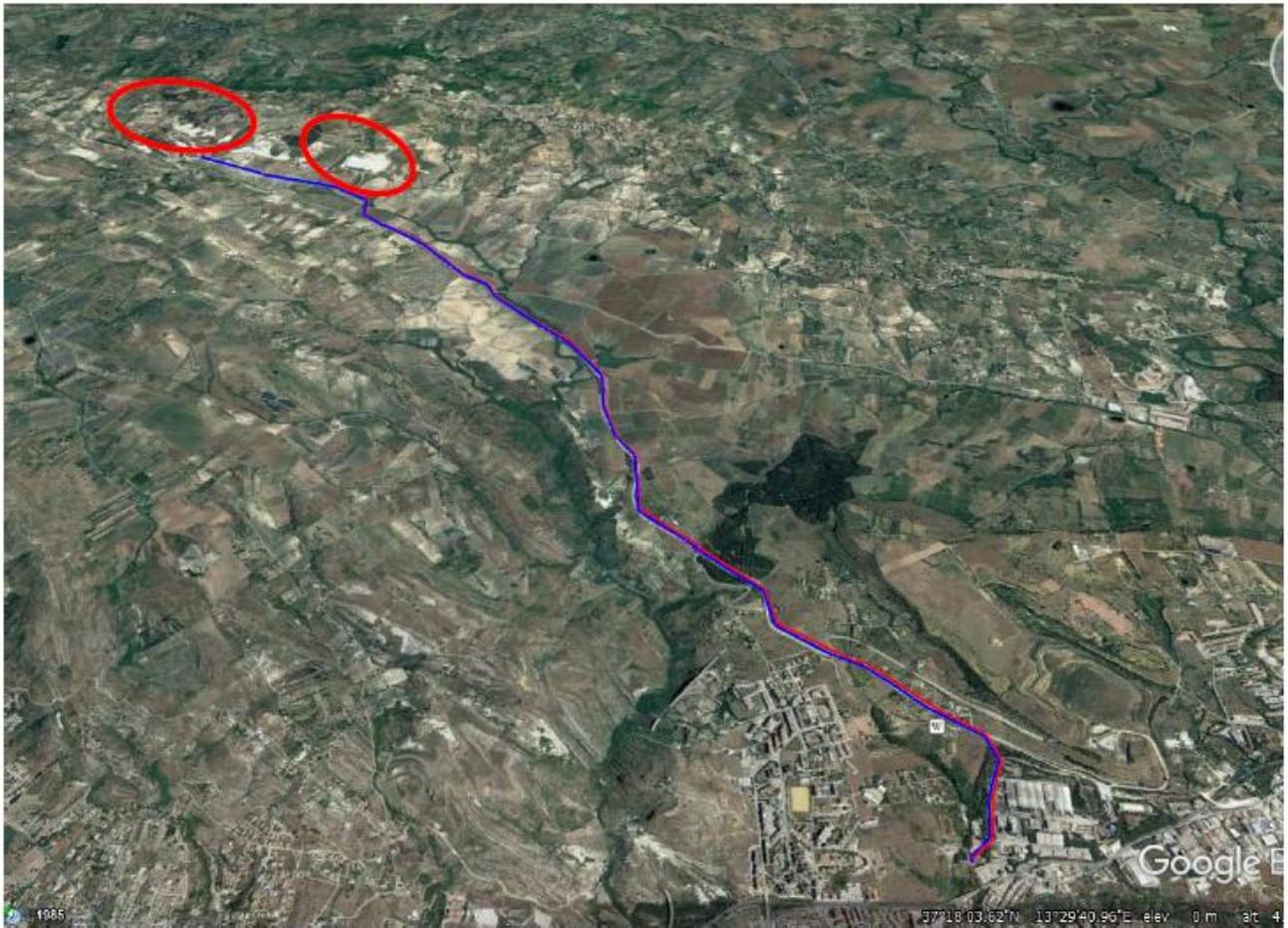


Fig. 1.1 – Planimetria della rete oggetto di studio

Riportiamo di seguito una scheda tecnica dell'impianto:

SCHEDA TECNICA DELL'IMPIANTO

Dati Generali	
Identificativo dell'impianto	C/da Luna Zuppardo - Cascina La Porta
Soggetto responsabile dell'impianto fotovoltaico	Moncada Energy Group srl
Classificazione Architettonica	a terra
Comune	Agrigento
Provincia	Agrigento
CAP	92100
Latitudine	37,351015
Longitudine	13,494616
Altitudine	300 m
Superficie del singolo modulo	1,868 m ²
Superficie totale moduli	390135,5 m ²
Irradiazione solare annua sul piano orizzontale	1864,9 kWh/m ²
Irradiazione solare annua su piano fisso	2128,9 kWh/m ²
Coefficiente di ombreggiamento	0,99
Dati tecnici	
Potenza singolo Modulo	370 W
Potenza totale	77275,24 kW
N. Totale moduli	208852
N. Totale Inverter	446
Prestazioni energetiche	
Energia totale annua	140099 MWh/anno

L'impianto è suddiviso in 7 macro aree che interessano in parte il perimetro della Cava Milione e in parte quello della Cascina La Porta".

I cavi in uscita dalle cabine di trasformazione delle macroaree 1 – 3 – 4 convergono a n. 2 cabine nodali "A" e "B", mentre i cavi in uscita dalle cabine di trasformazione della macroarea 2, convergono alla cabina nodale "C" ed infine i cavi in uscita dalle cabine di trasformazione delle macroaree 5 – 6 – 7, convergono alle cabine nodali "D" ed "E", per cui alla SST di Porto Empedocle arriveranno 3 differenti elettrodotti in MT (30 kV) di cui uno proveniente dalla Cabina Nodale "B" e gli altri due dalle cabine Nodali "C" e "D".

Riportiamo sotto una rappresentazione schematica degli 82 campi e posizione delle cabine nodali.

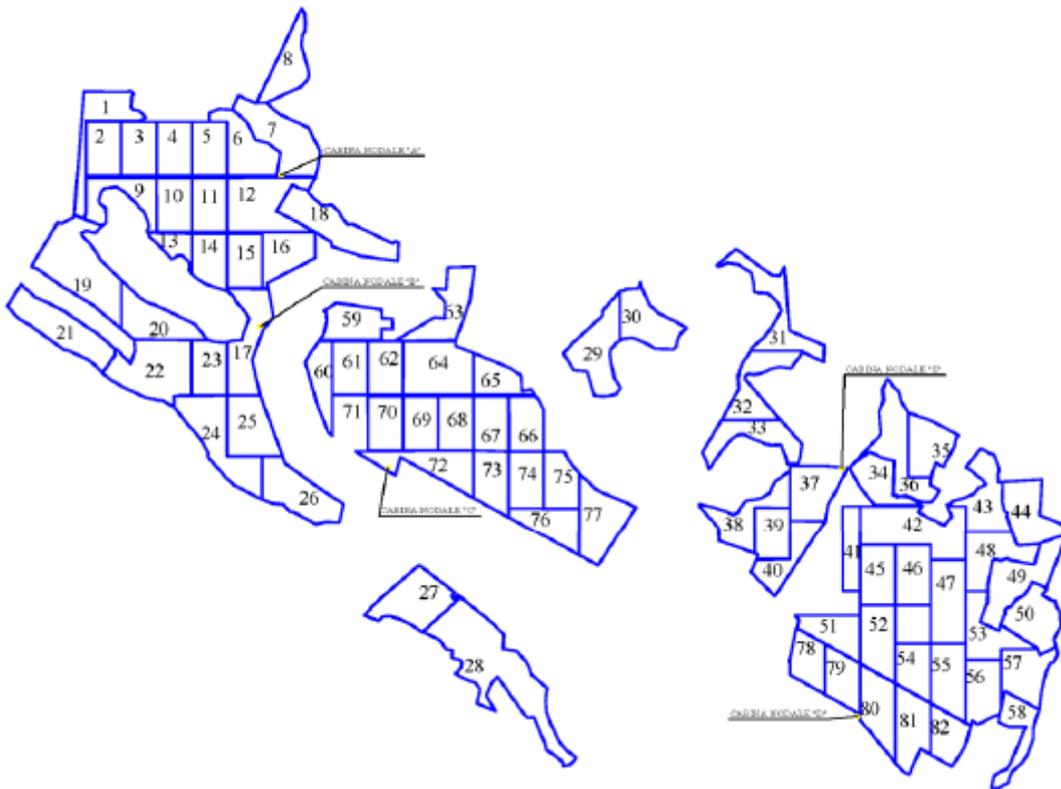


Fig. 1.2 – Quadro d’Unione dei Campi e posizione delle Cabine Nodali

La modalità di connessione alla RTN prevista per l’impianto fotovoltaico in questione è quella mediante inserimento in antenna da sottostazione esistente, la quale si trova nei pressi della centrale di produzione di Enel a Porto Empedocle, (AG).



Fig.1.3_ Riquadro con SS presente presso la Italcementi di Porto Empedocle

Presso la sottostazione di Italcementi si configura quindi il punto di connessione in alta tensione dove sarà anche presente il trasformatore elevatore 30/150 kV, le relative protezioni di alta, e i locali di media tensione con gli scomparti idonei allo scopo.

Dagli scomparti MT in sottostazione partono 3 condutture elettriche, in media tensione, fino a raggiungere l'impianto fotovoltaico. Tale percorso dista dal punto di connessione circa 8km.

Ricevono le 3 linee in partenza dalla sottostazione di cui sopra 3 cabine di smistamento denominate "B", "C" e "D".

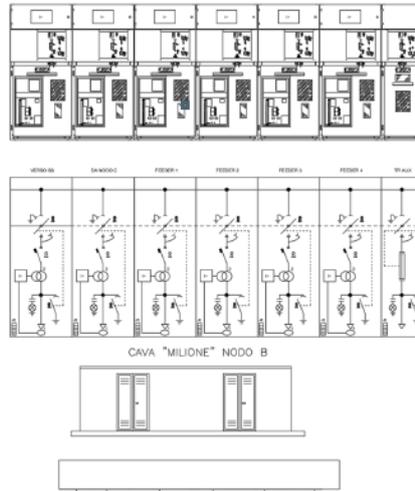


Fig.1.4_ Cabina di smistamento- Cava "Milone" Nodo B

In ogni cabina di smistamento è presente una partenza MT verso la cabina di campo dell'impianto fotovoltaico più vicina.

Ogni partenza dalla cabina di smistamento raggruppa fino a 7 cabine di campo.



Fig.1.5 _ Cabina dedicata a impianto FV

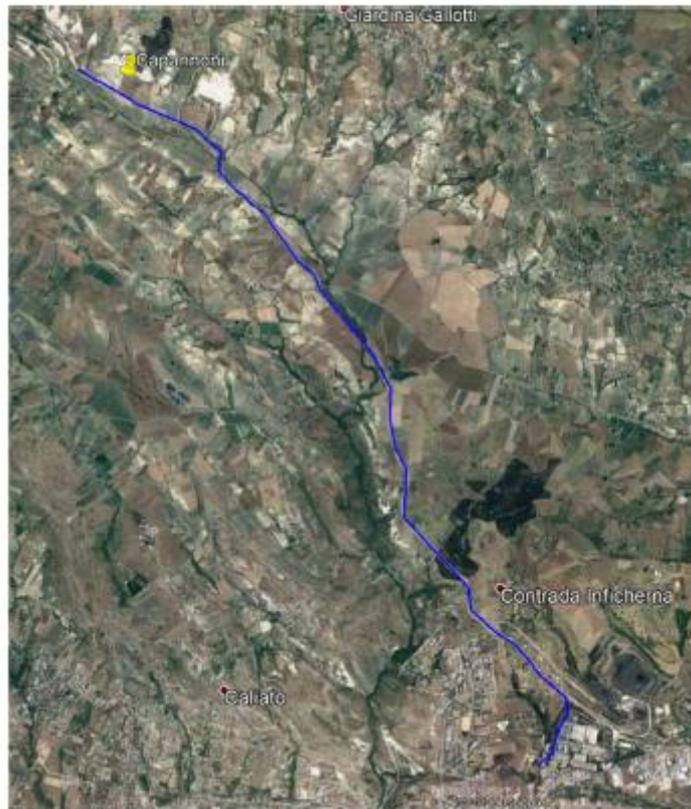


Fig.1.6_ Percorso linea MT da PdC a impianto FV

Vogliamo infine puntualizzare che la connessione alla rete dell'impianto in questione comporterà soltanto un riassetto di una sottostazione esistente.

La tipologia d'interventi previsti nella stazione di consegna ubicata presso lo stabilimento Italcementi di Porto Empedocle sono chiaramente individuate nella tavola "Particolari della Cabina di Consegna": Nella fattispecie, si provvederà alla sostituzione di due trasformatori già dismessi ed alla collocazione di un sezionatore di sbarra con relative sbarre.

Tali interventi non comporteranno quindi:

- occupazione di aree aggiuntive rispetto a quelle già interessate dalle infrastrutture elettriche esistenti;
- realizzazione di nuove strade per l'accesso alla sottostazione e utilizzo unicamente della viabilità esistente nel tratto di elettrodotto di collegamento delle aree d'impianto con l'esistente stazione elettrica di consegna a Porto Empedocle.

2 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

- Legge 36/2001: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";

- DPCM 08/07/03: “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione dei campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- Decreto 29/5/2008 del Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare: “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- D.Lgs 01/08/2016 n°159 - Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE
- Norma CEI 211-4: “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- 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”;
- Norme CEI CT 11 (impianti a tensione superiore a 1 kV);
- E-Distribuzione: 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;
- E-Distribuzione: Guida per le connessioni alla rete elettrica di ENEL distribuzione – Ed. 5. Marzo 2015.

3 VERIFICA LIMITI L. 36/01 E RELATIVI DECRETI ATTUATIVI

Ai fini di protezione della popolazione dall’esposizione ai campi elettrici e magnetici, il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione relativi a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all’esercizio di linee e cabine elettriche. Si riporta di seguito uno stralcio degli articoli di particolare rilevanza per la corrente analisi:

Art. 3. Limiti di esposizione e valori di attenzione

1. *Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.*

2. *A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.*

Art. 4. Obiettivi di qualità

1. *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 e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è 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.*

Il valore di attenzione si riferisce quindi ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al D.M. 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti).

Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA) nel rispetto dell'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di realizzazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati.

Di seguito, si riportano alcune definizioni utili per lo scopo della presente relazione.

Fascia di rispetto: Spazio circostante un elettrodotto (Figura 3.1) che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, con induzione magnetica \geq all'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$), alla portata in corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60 (DPCM 08-07-03, art. 6 c. 1).

All'interno della fascia di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a 4 ore (Legge 36/01, art. 4, c.1, lettera h) giornaliere.

Per la determinazione delle fasce di rispetto si deve far riferimento a:

- obiettivo di qualità ($B = 3 \mu\text{T}$);
- portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata (per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17)

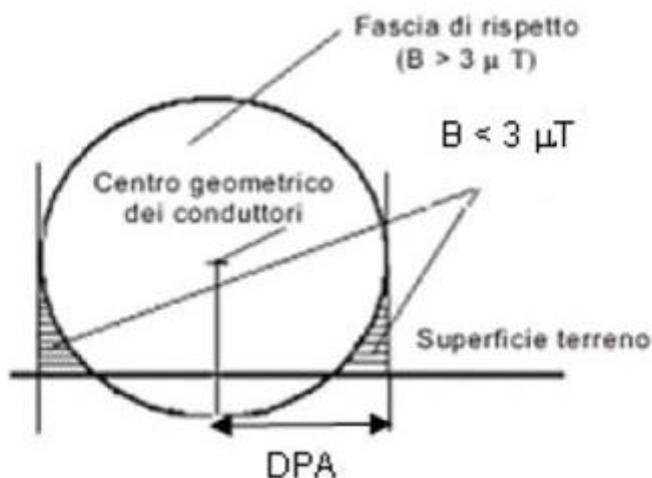


Figura 3.1- Fascia di Rispetto

Distanza di prima approssimazione (DPA): Garantisce che ogni punto distante dall'elettrodotto più di DPA si trovi all'esterno della fascia di rispetto (Figura 3.1). Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea (rappresenta una semi-fascia). Per le cabine elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti (tetto e pavimento compresi). All'interno della DPA sono individuabili anche aree che in condizioni di esercizio normali presentano una induzione magnetica $< 3 \mu\text{T}$. Il DM 29.05.08 fornisce quindi le procedure per il calcolo delle fasce di rispetto delle linee elettriche, esistenti ed in progetto, in particolare, secondo quanto previsto al § 3.2, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee in corrente continua);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee per telecomunicazioni);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

In quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.

In definitiva, obiettivo del DPCM 08/07/03, attuativo della L. 36/01, è la tutela della popolazione dagli effetti a lungo termine dei campi elettromagnetici prodotti dagli elettrodotti. Tali provvedimenti prevedono limiti particolarmente restrittivi per il campo magnetico nelle "aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere".

In particolare, nei suddetti ambienti di vita, non deve essere superato:

- il limite di $10 \mu\text{T}$ (valore di attenzione) in ogni caso;
- il limite di $3 \mu\text{T}$ (obiettivo di qualità) nella progettazione di nuovi elettrodotti e di nuovi insediamenti vicino a elettrodotti esistenti.

Nel caso specifico le linee in esame interessano anche aree abitate che rientrano tra i casi indicati dal DPCM 08/07/03, per cui verranno valutate la fascia di rispetto e la DPA relative alle linee stesse. In particolare, si valuterà la distribuzione del campo magnetico con riferimento all'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ richiesto in occasione della realizzazione di nuovi elettrodotti.

I luoghi tutelati sopra elencati non devono rientrare all'interno della DPA.

La definizione delle DPA permette di individuare le fasce di rispetto al suolo (corridoio) indipendentemente dall'altezza/profondità di posa dei conduttori.

Nel caso in esame non sono stati individuati possibili recettori sensibili.

3.1 Metodologia di calcolo

La metodologia di calcolo qui utilizzata è basata sull'algoritmo bidimensionale normalizzato nella CEI 211-4, considerato idoneo per la maggior parte delle situazioni pratiche riscontrabili per le linee aeree e in cavo interrato.

Tale metodo, descritto nella guida CEI 106-11, alla quale si rimanda per i dettagli, è anche citato come utilizzabile nel Decreto 29/5/2008 per condizioni come quelle allo studio.

Si tratta di un modello bidimensionale che applica la legge di Biot e Savart per determinare l'induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi la legge di sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti, supposte simmetriche ed equilibrate.

Le formule di calcolo del campo magnetico nel generico punto P sono pertanto le seguenti, con riferimento alla fig. 4 estrapolata dalla Norma CEI 106-11 e di seguito riportata:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

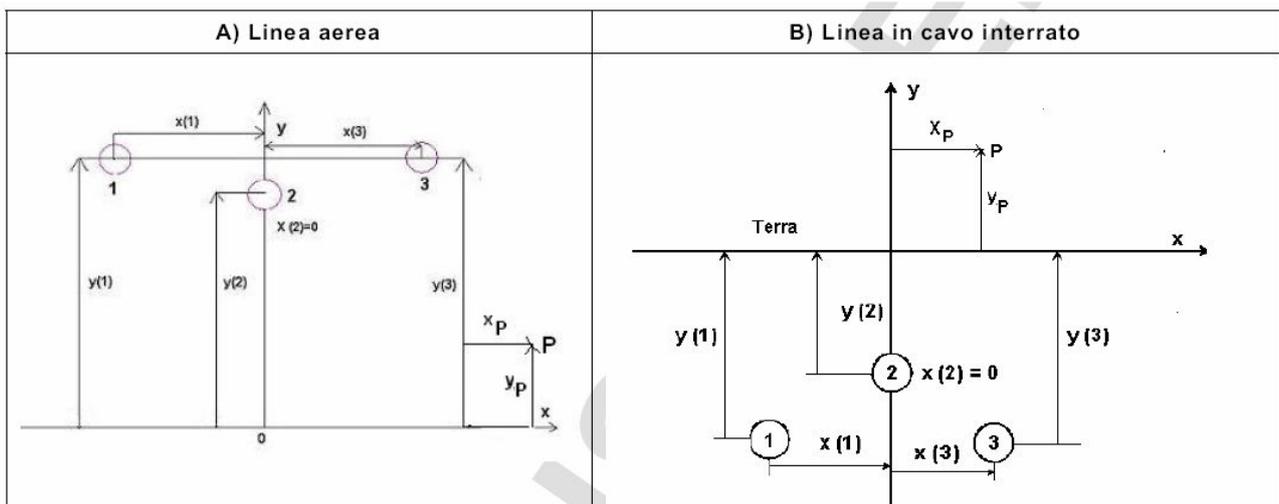
$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y_p}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \right]$$

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

$$B_z = 0$$

con:

- i = numero di conduttori
- μ_0 = permeabilità magnetica del vuoto = $4\pi \cdot 10^{-7}$ [H/m]
- I_i = fasore della corrente [A_{eff}]



L'algoritmo è stato sviluppato con un software di calcolo commerciale. Si fornisce in appendice 1 una validazione dello stesso tramite ripetizione di un caso noto contenuto nella guida CEI 106-11.

Inoltre, costituiscono riferimento anche i casi di calcolo trattati nel documento sulle linee guida E-Distribuzione per la determinazione della DPA.

3.2 Fonti di emissione

Le apparecchiature elettromeccaniche previste nella realizzazione del parco fotovoltaico in oggetto generano normalmente, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti del parco fotovoltaico:

- tutte le linee elettriche a servizio del parco:
 - elettrodotto MT di interconnessione fra gli aerogeneratori del sottocampo;
 - elettrodotto MT di vettoriamento dell'energia prodotta dai sottocampo verso la cabina di trasformazione;
- le cabine di trasformazione primarie e secondarie;

Le rimanenti componenti dell'impianto (sezione BT, apparecchiature del sistema di controllo, etc) sono state giudicate non significative dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, pertanto non verranno trattate ai fini della valutazione.

Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

3.3 Campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti MT- DPA

Quella che viene presentata in questi paragrafi è una valutazione analitica del campo magnetico generato dagli elettrodotti, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia dei cavi utilizzati.

Il progetto, infatti, prevede l'utilizzo di cavi del tipo in alluminio schermati in posa a trifoglio a elica visibile per sezioni fino a 300 mmq, mentre a semplice trifoglio per i cavi di sezione maggiore.

La tabella che segue mostra le differenti tipologie di cavi da utilizzare e le caratteristiche di posa:

Cavi con Isolamento in EPR				
Sezione [mmq]	120	240	300	630
Tipo Posa	Cordato a elica visibile	Cordato a elica visibile	Cordato a elica visibile	Trifoglio
Profondità Posa [m]	1,1	1,1	1,1	1,1

Ai fini del calcolo della DPA si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto sarebbero determinate fasce di rispetto (calcolate in funzione del limite di esposizione, nonché valore di attenzione, pari a 5kV/m) che sono sempre inferiori a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

Tutti i cavi interrati sono infatti dotati di schermo in rame collegato a terra, che confina il campo elettrico tra il conduttore e lo schermo stesso; considerando inoltre l'ulteriore effetto schermante del terreno, il campo elettrico è da considerarsi trascurabile in ogni punto circostante l'impianto.

Pertanto, l'obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto e le relative DPA delle sovra-menzionate opere, facendo riferimento al limite di qualità di 3 μ T.

3.3.1 Cavi Elicordati sezione fino a 300 mmq

Le linee elettriche in media tensione a 30 kV che utilizzano una sezione fino a 300 mmq, sia interne all'impianto fotovoltaico che esterne, saranno realizzate in elettrodotto interrato utilizzando il cavo elicordato.

Sia che siano aerei o sotterranei, i cavi cordati ad elica di media tensione sono costituiti da cavi unipolari avvolti reciprocamente a spirale.

Come già anticipato, trattasi di cavi elicordati ad elica visibile. Come noto dalla normativa citata in materia, le particolarità costruttive di questi cavi, ossia la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione dovuta alla cordatura, fanno sì che il campo magnetico prodotto sia notevolmente inferiore a quello prodotto da cavi analoghi posati in piano o a trifoglio.

Come illustrato nella Figura 18 della Norma Cei 106-11, riferita a linee MT sotterrane e aeree, la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di 3 μ 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.

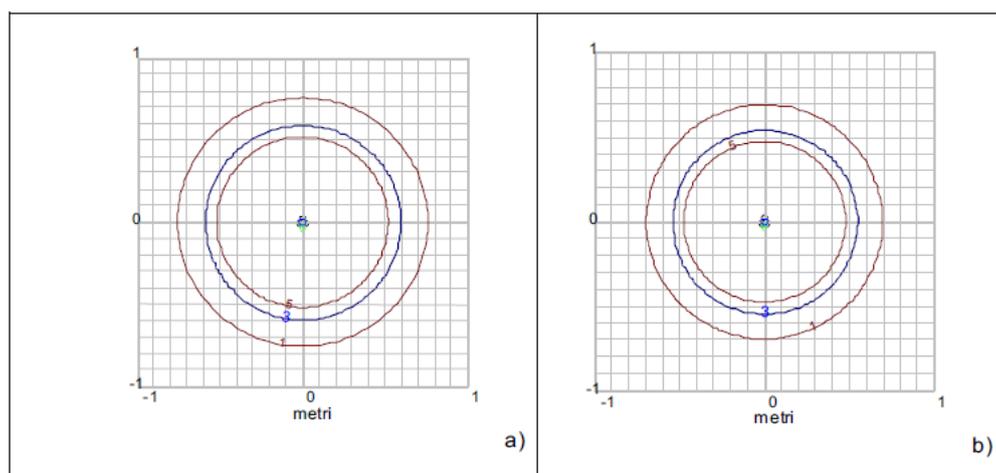


Figura 18 – Curve equilivello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con un modello tridimensionale che tiene conto del passo d'elica:
a) Cavo MT sotterraneo 3x(1x 185) EPR Al. I = 360 A;
b) Cavo MT aereo 3x150+50Y XLPE Al. I = 340 A.

In aggiunta a questa considerazione, si fa notare come la metodologia di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, con le quali verranno condotti i calcoli nel seguito, fanno esplicito riferimento al caso in questione come un caso per il quale non è richiesto alcun calcolo delle fasce di rispetto. All'art. 3.2 dell'allegato al suddetto decreto viene infatti detto che: "sono escluse dall'applicazione della metodologia:

.....

- Le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree); In tutti questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto interministeriale n. 449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991".

In relazione a quanto sopra detto, per i cavi cordati sia aerei che interrati di media tensione non risulta di alcuna utilità la valutazione di fasce di rispetto, intese come proiezione al suolo dei piani verticali tangenti alla curva isolivello a $B = 3 \mu T$, poiché l'obiettivo di qualità risulta rispettato in tutte le situazioni di pratico interesse.

3.3.2 Cavi a posa a Trifoglio sezione fino a 630 mmq

Per la valutazione del campo magnetico generato da tali elettrodotti occorre innanzitutto individuare le possibili diverse configurazioni che si presentano nel caso in esame, e sulla base di questi individuare i diversi casi sui quali effettuare la valutazione del campo.

Si possono individuare nel parco eolico in progetto le seguenti tipologie di elettrodotti:

CASO A: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 2 terne cavi MT posata a trifoglio da 630 mmq;

CASO B: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 4 terne cavi MT posata a trifoglio, le prime due terne da 630 mmq, le altre due da 300 mmq;

CASO C: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 6 terne cavi MT posata a trifoglio, le prime due terne da 630 mmq, le altre quattro da 300 mmq;

Tali casistiche sono riferite alle sezioni costituite da cavi di sezione 300-630 mm², della tipologia ARP1H5(AR)E, ossia cavi unipolari, in quanto, come già detto al paragrafo precedente, per i cavi di sezioni inferiori è previsto l'utilizzo di cavi tripolari elicordati i cui campi elettromagnetici generati sono già definiti trascurabili dalla normativa.

Occorre inoltre tenere in considerazione la tipologia dei cavi usati per la realizzazione degli elettrodotti; si tratta, infatti, di cavi sotterranei cordati ad elica, posati ad una profondità di 1,10 m.

Si procederà adesso, per ognuno dei casi precedentemente introdotti, ad una valutazione specifica del campo magnetico.

CASO A: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 2 terne cavi MT posata a trifoglio:

Per tener conto della presenza di due o più terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che tenesse conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

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

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

Per quanto riguarda la corrente I_i , il DPCM 8/07/2003 all'art.6 indica di fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, così come definita dalla norma CEI 11- 60, la quale regola la portata al limite termico delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV. Trattandosi nel caso specifico invece di linea interrata in media tensione (30 kV), e non potendosi fare riferimento a quanto previsto dal decreto, si è fatto riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definita dalla norma CEI 11-17. Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h , le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità posa cavi [m]	-1,1
Distanza Terna asse Y	0 m
Portata cavo nominale [A]	704

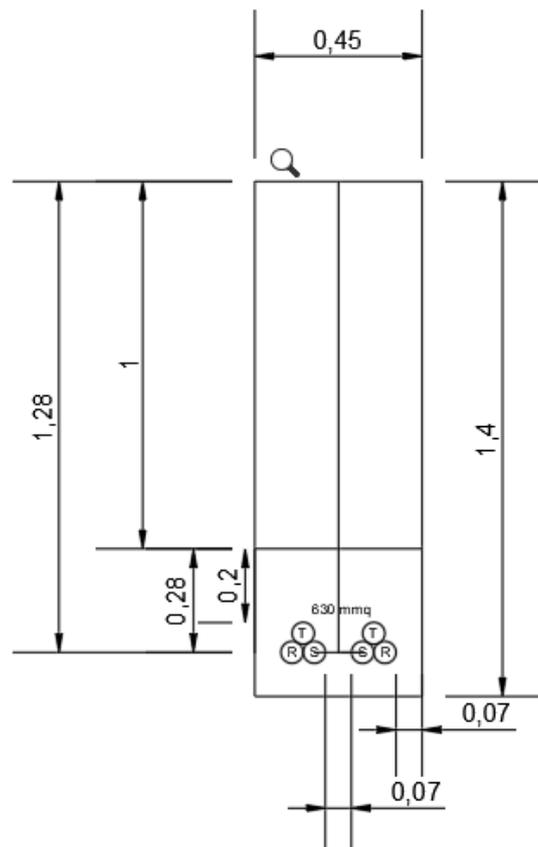


Fig. 3.3.2-1- Doppia Terna a Trifoglio

Ai fini del calcolo relativo a due terne di cavi, a scopo cautelativo è stato preso in esame il caso più gravoso riscontrato nell'intero impianto, ossia la compresenza nello stesso scavo di due terne di cavi della sezione di 630 mmq.

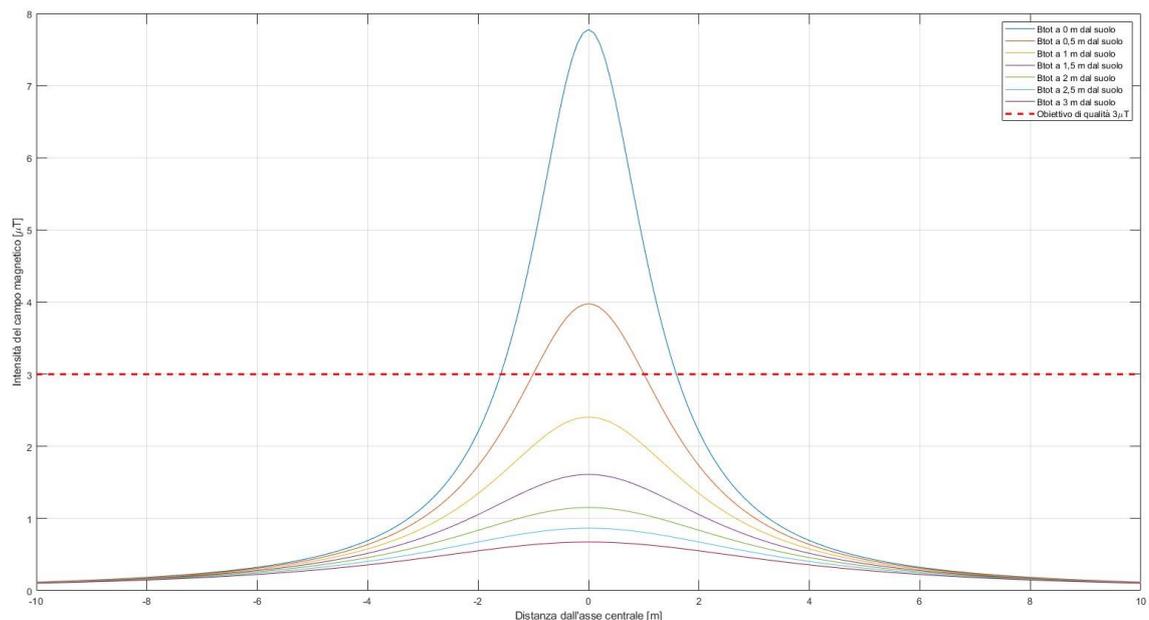
Tutti gli altri casi in cui si riscontrino due terne di cavi nello stesso scavo risultano meno gravose della situazione tipo presa in esame.

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	Btot a 0 m dal suolo [μ T]	Btot a 1 m dal suolo [μ T]	Btot a 1,5 m dal suolo [μ T]	Btot a 2 m dal suolo [μ T]	Btot a 2,5 m dal suolo [μ T]	Btot a 3 m dal suolo [μ T]
-10,00	0,120	0,118	0,116	0,113	0,110	0,107
-9,50	0,133	0,130	0,128	0,124	0,121	0,117
-9,00	0,147	0,145	0,141	0,137	0,133	0,128
-8,50	0,165	0,162	0,157	0,153	0,147	0,141
-8,00	0,186	0,182	0,176	0,170	0,163	0,156
-7,50	0,211	0,205	0,199	0,191	0,182	0,173
-7,00	0,241	0,234	0,225	0,215	0,204	0,193
-6,50	0,278	0,269	0,257	0,244	0,231	0,216
-6,00	0,324	0,312	0,297	0,280	0,262	0,243
-5,50	0,383	0,366	0,345	0,322	0,298	0,275
-5,00	0,459	0,434	0,405	0,374	0,343	0,312
-4,50	0,559	0,523	0,481	0,438	0,395	0,355
-4,00	0,695	0,640	0,579	0,517	0,459	0,405
-3,50	0,884	0,797	0,704	0,615	0,534	0,463
-3,00	1,157	1,012	0,868	0,736	0,623	0,528
-2,50	1,566	1,312	1,079	0,883	0,725	0,600
-2,00	2,202	1,731	1,347	1,055	0,837	0,675
-1,50	3,218	2,301	1,669	1,243	0,951	0,747
-1,00	4,786	3,007	2,012	1,423	1,054	0,809
-0,50	6,734	3,680	2,294	1,559	1,127	0,851
0,00	7,776	3,975	2,406	1,611	1,153	0,866
0,50	6,734	3,680	2,294	1,559	1,127	0,851
1,00	4,786	3,007	2,012	1,423	1,054	0,809
1,50	3,218	2,301	1,669	1,243	0,951	0,747
2,00	2,202	1,731	1,347	1,055	0,837	0,675
2,50	1,566	1,312	1,079	0,883	0,725	0,600
3,00	1,157	1,012	0,868	0,736	0,623	0,528
3,50	0,884	0,797	0,704	0,615	0,534	0,463
4,00	0,695	0,640	0,579	0,517	0,459	0,405

4,50	0,559	0,523	0,481	0,438	0,395	0,355
5,00	0,459	0,434	0,405	0,374	0,343	0,312
5,50	0,383	0,366	0,345	0,322	0,298	0,275
6,00	0,324	0,312	0,297	0,280	0,262	0,243
6,50	0,278	0,269	0,257	0,244	0,231	0,216
7,00	0,241	0,234	0,225	0,215	0,204	0,193
7,50	0,211	0,205	0,199	0,191	0,182	0,173
8,00	0,186	0,182	0,176	0,170	0,163	0,156
8,50	0,165	0,162	0,157	0,153	0,147	0,141
9,00	0,147	0,145	0,141	0,137	0,133	0,128
9,50	0,133	0,130	0,128	0,124	0,121	0,117
10,00	0,120	0,118	0,116	0,113	0,110	0,107

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a $2,4 \mu\text{T}$, inferiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, e comunque inferiore al limite di esposizione di $100 \mu\text{T}$.

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo

elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$. Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 1,80 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $2,93 \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 2 terne (caso A), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 3,6 m, centrata sull'asse del cavidotto (DPA pari a 1,80 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

CASO B: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 4 terne cavi MT posata a trifoglio:

Analogamente a sopra, le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità posa cavi [m]	-1,1
Distanza Terna asse Y	0 m
Portata cavo nominale [A]	704

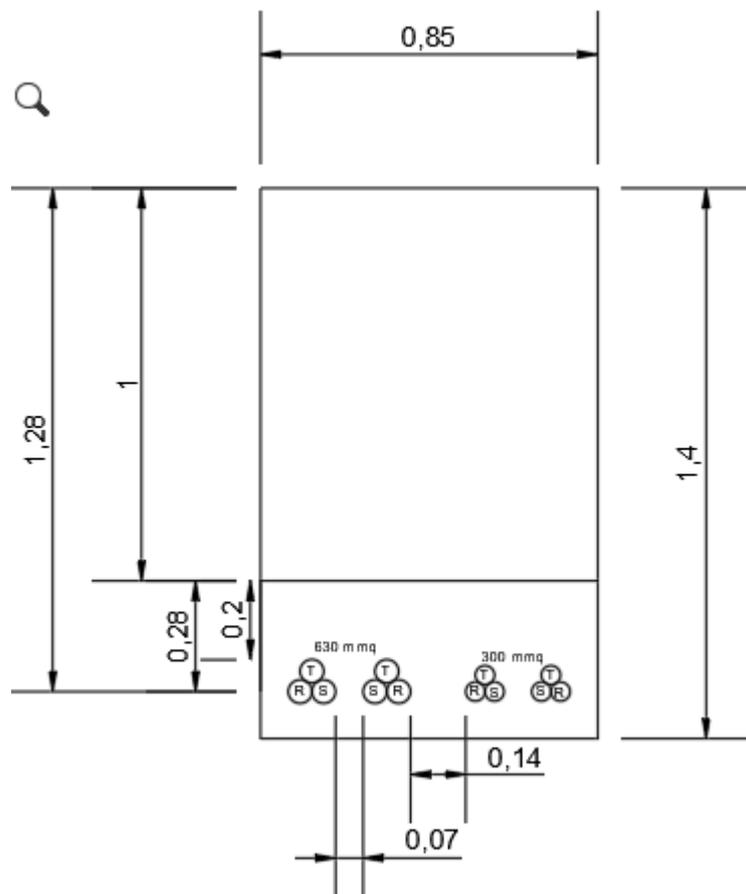


Fig. 3.3.2-1- Quadrupla Terna a Trifoglio

Ai fini del calcolo relativo a due terne di cavi, a scopo cautelativo è stato preso in esame il caso più gravoso riscontrato nell'intero impianto, ossia la compresenza nello stesso scavo di due terne di cavi della sezione di 630 mmq.

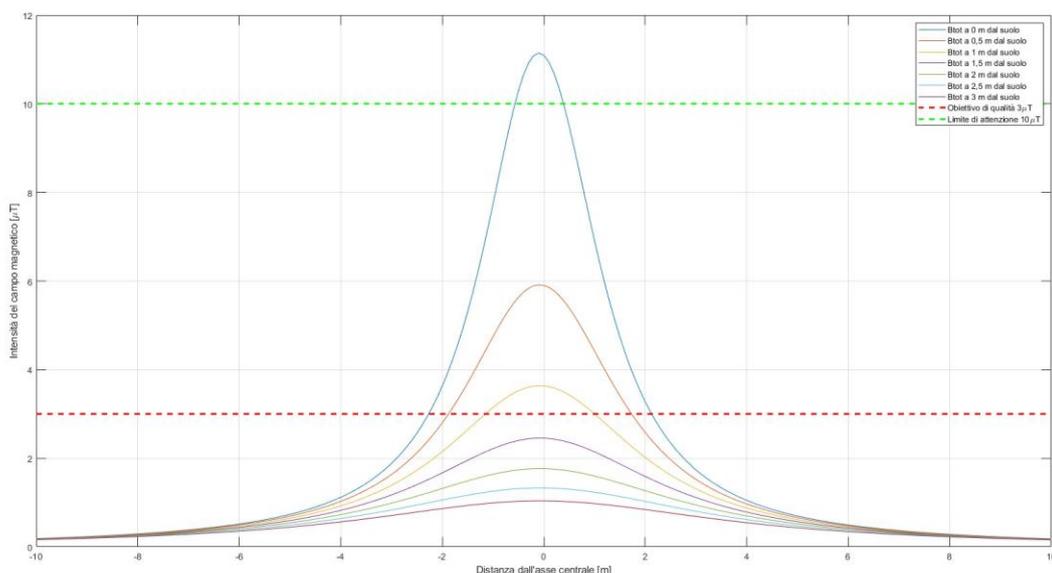
Tutti gli altri casi in cui si riscontrino due terne di cavi nello stesso scavo risultano meno gravose della situazione tipo presa in esame.

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 0 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μT]
-10,00	0,189	0,186	0,182	0,178	0,173	0,168
-9,50	0,209	0,206	0,201	0,196	0,190	0,183
-9,00	0,233	0,228	0,223	0,217	0,209	0,201
-8,50	0,260	0,255	0,248	0,240	0,232	0,222
-8,00	0,294	0,287	0,278	0,268	0,257	0,246
-7,50	0,333	0,325	0,314	0,301	0,288	0,273
-7,00	0,382	0,371	0,356	0,340	0,323	0,305
-6,50	0,441	0,426	0,408	0,387	0,364	0,341
-6,00	0,516	0,496	0,471	0,443	0,414	0,384
-5,50	0,611	0,582	0,548	0,511	0,472	0,434
-5,00	0,734	0,693	0,645	0,594	0,543	0,493
-4,50	0,897	0,837	0,768	0,697	0,627	0,561
-4,00	1,119	1,027	0,925	0,823	0,727	0,640
-3,50	1,431	1,283	1,127	0,980	0,847	0,731
-3,00	1,883	1,634	1,390	1,172	0,987	0,833
-2,50	2,565	2,122	1,728	1,403	1,146	0,944
-2,00	3,629	2,799	2,150	1,669	1,318	1,058
-1,50	5,302	3,696	2,644	1,954	1,489	1,166
-1,00	7,737	4,743	3,145	2,217	1,638	1,256
-0,50	10,286	5,632	3,522	2,401	1,737	1,314
0,00	11,097	5,902	3,633	2,453	1,765	1,330
0,50	9,504	5,394	3,429	2,357	1,715	1,301
1,00	6,917	4,421	3,000	2,144	1,598	1,232
1,50	4,737	3,410	2,494	1,871	1,440	1,136
2,00	3,275	2,582	2,019	1,589	1,267	1,025
2,50	2,342	1,967	1,622	1,333	1,098	0,912
3,00	1,738	1,523	1,308	1,113	0,945	0,803
3,50	1,332	1,202	1,065	0,932	0,811	0,704
4,00	1,049	0,968	0,877	0,785	0,697	0,617

4,50	0,846	0,792	0,730	0,666	0,601	0,541
5,00	0,696	0,659	0,616	0,569	0,522	0,475
5,50	0,582	0,556	0,525	0,491	0,455	0,419
6,00	0,493	0,475	0,452	0,426	0,399	0,371
6,50	0,423	0,410	0,392	0,373	0,352	0,330
7,00	0,367	0,357	0,344	0,329	0,312	0,295
7,50	0,321	0,313	0,303	0,292	0,279	0,265
8,00	0,284	0,277	0,269	0,260	0,250	0,239
8,50	0,252	0,247	0,241	0,233	0,225	0,216
9,00	0,226	0,222	0,216	0,210	0,204	0,196
9,50	0,203	0,200	0,196	0,191	0,185	0,179
10,00	0,184	0,181	0,178	0,173	0,169	0,164

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 μT , si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a 3,8 μT , superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di 100 μT .

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo

elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$. Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 4,00 m.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 4 terne (caso B), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 4,00 m, centrata sull'asse del cavidotto (DPA pari a 2,00 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

CASO C: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 6 terne cavi MT posata a trifoglio:

Analogamente a sopra, le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità posa cavi [m]	-1,1
Distanza Terna asse Y	0 m
Portata cavo nominale [A]	704

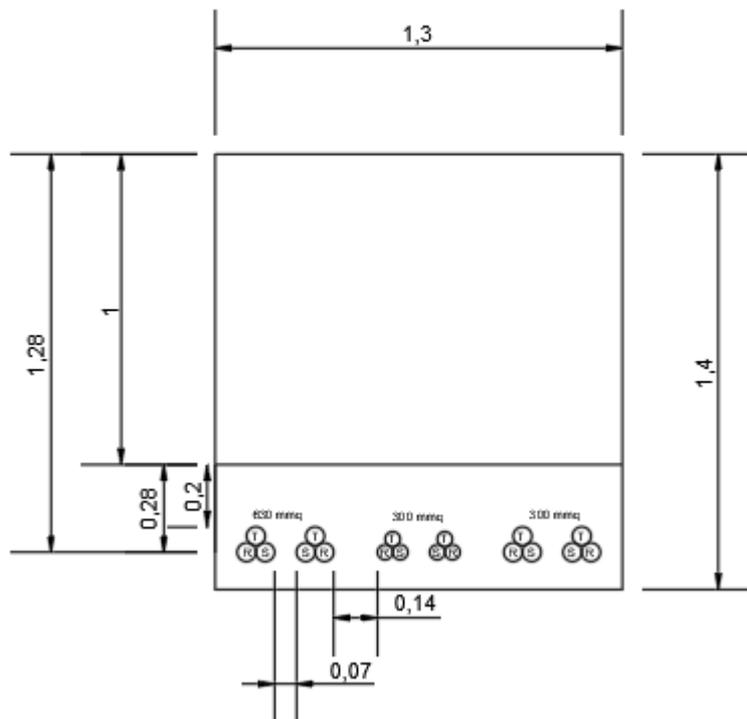


Fig. 3.3.2-3- Sestupla Terna a Trifoglio

Ai fini del calcolo relativo a due terne di cavi, a scopo cautelativo è stato preso in esame il caso più gravoso riscontrato nell'intero impianto, ossia la compresenza nello stesso scavo di due terne di cavi della sezione di 630 mmq.

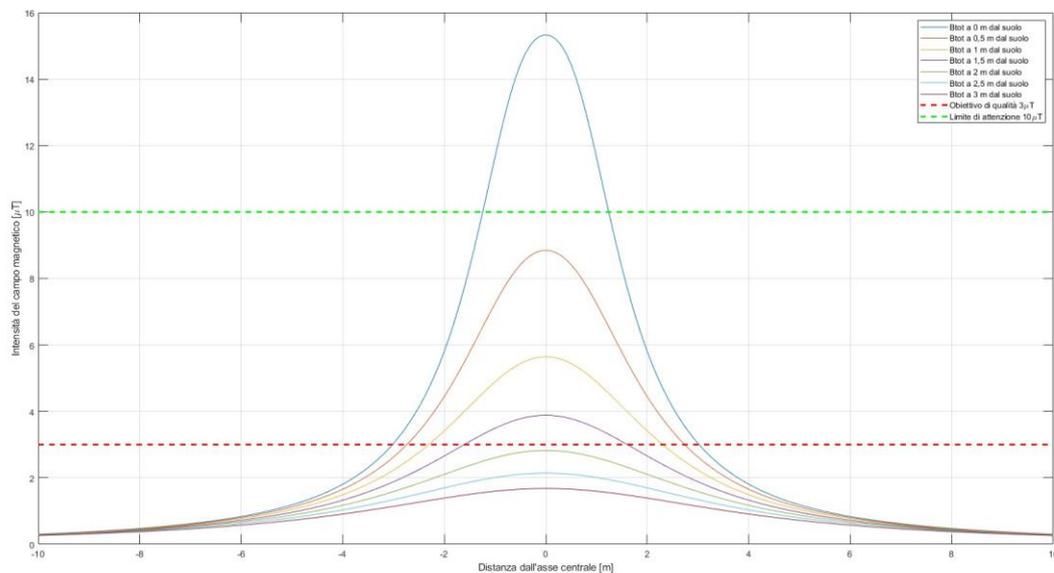
Tutti gli altri casi in cui si riscontrino due terne di cavi nello stesso scavo risultano meno gravose della situazione tipo presa in esame.

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	B _{tot} a 0 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT]	B _{tot} a 3 m dal suolo [μT]
-10,00	0,307	0,302	0,297	0,290	0,282	0,273
-9,50	0,340	0,334	0,327	0,319	0,309	0,299
-9,00	0,378	0,371	0,362	0,352	0,340	0,328
-8,50	0,423	0,415	0,404	0,391	0,376	0,361
-8,00	0,477	0,466	0,452	0,436	0,418	0,399
-7,50	0,541	0,527	0,510	0,489	0,467	0,443
-7,00	0,619	0,601	0,578	0,552	0,524	0,494
-6,50	0,716	0,691	0,661	0,627	0,591	0,554
-6,00	0,836	0,803	0,763	0,718	0,671	0,623
-5,50	0,989	0,943	0,888	0,827	0,765	0,704
-5,00	1,187	1,121	1,044	0,961	0,878	0,798
-4,50	1,450	1,352	1,241	1,125	1,013	0,908
-4,00	1,808	1,657	1,492	1,328	1,174	1,035
-3,50	2,309	2,067	1,815	1,577	1,364	1,180
-3,00	3,036	2,626	2,231	1,881	1,586	1,342
-2,50	4,126	3,397	2,761	2,244	1,836	1,517
-2,00	5,802	4,444	3,413	2,658	2,106	1,697
-1,50	8,337	5,782	4,156	3,093	2,373	1,869
-1,00	11,651	7,247	4,889	3,492	2,606	2,012
-0,50	14,441	8,413	5,439	3,778	2,767	2,108
0,00	15,332	8,849	5,644	3,883	2,824	2,143
0,50	14,441	8,413	5,439	3,778	2,767	2,108
1,00	11,651	7,247	4,889	3,492	2,606	2,012
1,50	8,337	5,782	4,156	3,093	2,373	1,869
2,00	5,802	4,444	3,413	2,658	2,106	1,697
2,50	4,126	3,397	2,761	2,244	1,836	1,517
3,00	3,036	2,626	2,231	1,881	1,586	1,342
3,50	2,309	2,067	1,815	1,577	1,364	1,180
4,00	1,808	1,657	1,492	1,328	1,174	1,035
4,50	1,450	1,352	1,241	1,125	1,013	0,908
5,00	1,187	1,121	1,044	0,961	0,878	0,798
5,50	0,989	0,943	0,888	0,827	0,765	0,704
6,00	0,836	0,803	0,763	0,718	0,671	0,623

6,50	0,716	0,691	0,661	0,627	0,591	0,554
7,00	0,619	0,601	0,578	0,552	0,524	0,494
7,50	0,541	0,527	0,510	0,489	0,467	0,443
8,00	0,477	0,466	0,452	0,436	0,418	0,399
8,50	0,423	0,415	0,404	0,391	0,376	0,361
9,00	0,378	0,371	0,362	0,352	0,340	0,328
9,50	0,340	0,334	0,327	0,319	0,309	0,299
10,00	0,307	0,302	0,297	0,290	0,282	0,273

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 μT , si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1 m dal piano di calpestio, pari a 5,7 μT , superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di 100 μT .

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a 3 μT . Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 6,00 m.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 4 terne (caso B), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 6,00 m, centrata sull'asse del cavidotto (DPA pari a 3,00 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Riepilogo DPA elettrodotti:

La tabella che segue mostra un riepilogo delle DPA dagli elettrodotti interrati di media tensione, calcolate come meglio specificato nei paragrafi precedenti.

Tipologia Cavi	Sezione cavi [mmq]	N. Terne in parallelo	DPA
Cavo elicordato	fino a 300 mmq	Qualunque	0 m
Cavo interrato, posa a trifoglio	300- 630 mmq	2 terne	3,6 m
		4 terne	4 m
		6 terne	6 m

Si rimanda agli allegati grafici per l'individuazione planimetrica delle DPA relative agli elettrodotti su base catastale e su base CTR.

3.4 Campo elettromagnetico generato dalla SSE Utente

La stazione di trasformazione AT/MT è 150/30 kV una potenziale sorgente di campi elettromagnetici.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla SSEU 30/150 kV, nonostante la Sottostazione è già realizzata, sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo determinando dunque l'opportunità di osservare la relativa distanza di prima approssimazione (DPA):

- Sbarre A.T. a 150 kV in aria;
- Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 30 kV;

Le altre possibili sorgenti di onde elettromagnetiche di minore rilevanza (linee di B.T., trasformatori M.T./B.T., trasformatori A.T./M.T., apparecchiature in B.T., ecc.), sono state giudicate non significative ai fini della presente valutazione, come peraltro riscontrato anche nella letteratura di settore.

Trattandosi di una cabina primaria isolata in aria, il D.M.29/05/08, allegato APAT, par. 5.2.2, non prevede di dover ricorrere al calcolo dei campi generati, in quanto le DPA, e quindi le fasce di rispetto, ricadono all'interno dell'area di pertinenza della stessa cabina.

Ad ulteriore conferma di quanto appena riportato, il gestore di rete ENEL Distribuzione S.p.a., nel documento "Linee Guida per l'applicazione del p.5.1.3 dell'Allegato al DM 29-05-2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" riporta le DPA da applicare per le sottostazioni di trasformazione analoghe a quella oggetto della presente relazione.

In particolare, nell'allegato A al sopracitato documento, vengono riportate le distanze minime da garantire del centro sbarre AT e dal centro sbarre MT rispetto al perimetro dell'area della sottostazione. Tali distanze, per sistemi con caratteristiche analoghe a quelle della sottostazione in oggetto, risultano essere:

- circa 14 m dal centro sbarre AT
- circa 7 m dal centro sbarre MT.

Si noti che la fascia di rispetto derivante dalle linee MT, per la configurazione particolare della stazione elettrica, ricade per intero all'interno della fascia di rispetto derivante dalle sbarre AT, pertanto non verrà rappresentata graficamente.

In particolare, tutta la fascia di rispetto ricade o all'interno dell'area di pertinenza della sottostazione, o all'interno delle adiacenti stazioni elettriche (SSE Terna e SSEU di altro produttore).

Una porzione minore della fascia di rispetto ricade invece sulla viabilità di accesso alla medesima SSEU, pertanto non interferente con le aree da sottoporre a tutela secondo il DPCM per il rispetto dell'obiettivo di qualità.

4 VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CEM (LEGGE 159/16)

Nell'ambito degli obblighi del datore di lavoro dettati dal D. Lgs 81/08, vi è (art. 17 comma a)) *“la valutazione di tutti i rischi con la conseguente elaborazione del documento previsto dall'articolo 28”*, il presente documento riporta le considerazioni relative alla valutazione dei rischi dovuti dell'esposizione professionale ai campi elettromagnetici; si precisa che le considerazioni che verranno di seguito sviluppate sono con un livello di dettaglio preliminare, in quanto l'obbligo per il datore di lavoro di redigere il Documento di Valutazione dei Rischi (DVR), compreso quello per l'esposizione ai CEM, scatta *“entro novanta giorni dalla data di inizio della propria attività”* secondo il comma 3-bis del D. Lgs 81/08.

Il presente paragrafo, in particolare, intende valutare in via preliminare i rischi per i lavoratori a seguito dell'esposizione a campi elettromagnetici indotti:

- dalle connessioni in MT delle Power Station [Inverter + trasformatore BT/MT] dei sottocampi fotovoltaici;
- dalla connessione in MT dell'impianto alla RTN

dell'impianto FV in oggetto.

Per la descrizione dettagliata dell'impianto si rimanda agli elaborati tecnici allegati al progetto definitivo, in particolare alla Relazione tecnica generale ed alle Relazioni Tecniche specialistiche.

Si precisa che le caratteristiche tecniche degli elementi di seguito descritti potrebbero subire delle modifiche nella fase di progettazione successiva (fase esecutiva), in virtù dell'introduzione sul mercato di prodotti tecnologicamente più avanzati.

4.1 Individuazione dei lavoratori che possono essere esposti ai CEM

Il D.Lgs. 81/08 prevede che venga effettuata, a cura del datore di lavoro, un'identificazione dell'esposizione ed una valutazione dei rischi. La valutazione di possibili condizioni critiche in relazione alle prescrizioni del suddetto decreto è stata pertanto eseguita per le tipologie di impianti e di lavori effettuati all'interno dell'impianto fotovoltaico in oggetto (o da personale di imprese esterne) per i quali si potesse

ragionevolmente attendere che i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici fossero i più significativi. Questo approccio è possibile, e particolarmente utile, nel caso di valutazione del rischio da esposizione ai campi elettrici e magnetici in quanto, a differenza di altri agenti fisici o inquinanti che presentano una natura prevalentemente stocastica, i campi in questione seguono leggi fisiche ben precise e sono quindi valutabili in modo deterministico. In particolare, il campo elettrico dipende dalla tensione applicata ai conduttori nudi presenti nell'impianto e il campo magnetico dipende dalla corrente circolante nell'impianto stesso.

Per il funzionamento dell'impianto non è necessaria la presenza di personale stabile in sito.

Le attività necessarie, che possono così essere riepilogate:

- O&M (gestione e manutenzione);
- Servizi di sorveglianza;
- Manutenzione delle aree verdi

saranno, all'occorrenza, svolte da ditte appaltatrici che opereranno conformemente al "Documento unico di valutazione dei rischi" che il Committente redigerà ai sensi dell'art. 26 comma 3 del D.lgs 81/08.

Considerati i servizi loro demandati il personale delle ditte appaltatrici avranno accesso a tutte le aree dell'impianto ad eccezione di quello addetto alla manutenzione delle aree verdi cui è precluso l'accesso alle cabine impianti.

Nella prima parte della presente relazione sono stati calcolati i valori del campo elettrico e della induzione magnetica al fine di verificare il rispetto dei limiti di esposizione fissati dal DPCM dell'8/07/2003 "*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*".

Concordemente a quanto affermato nell'elaborato, lo studio dell'impatto elettromagnetico dell'impianto è stato condotto sulle linee in MT che collegano Le Power Station tra loro e l'impianto alla RTN.

4.2 Normativa di riferimento per le valutazioni di rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.

Gli studi sperimentali e clinici dimostrano che l'esposizione ai CEM può causare effetti acuti o subacuti. I limiti suggeriti dalla Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP – Acronimo di International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) sono stati definiti con l'obiettivo di proteggere le persone esposte ai CEM dall'insorgenza di tali effetti. In base agli studi epidemiologici, sperimentali e clinici, non esiste invece alcun nesso di causalità provato tra l'esposizione a CEM e l'insorgenza di effetti a lungo termine (ad esempio neoplasie). Non deve quindi sorprendere se nessun organismo regolatore abbia mai proceduto a una valutazione quantitativa dei rischi di effetti a lungo termine (ad esempio il rischio di leucemia) conseguenti a esposizioni a campi elettromagnetici protratte per lunghi periodi: manca infatti il presupposto per tale processo, cioè la dimostrazione che l'esposizione a CEM causi effettivamente la leucemia e altre forme tumorali. L'obiettivo principale dell'ICNIRP è di fornire quindi un sistema di protezione nei confronti degli effetti noti sulla salute umana derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici. I limiti suggeriti dall'ICNIRP si basano pertanto solo sugli effetti sanitari a breve termine, come la stimolazione dei tessuti del sistema nervoso centrale, mentre, non vengono definiti limiti per la

protezione da potenziali effetti a lungo termine, poiché viene ribadito che i dati disponibili non costituiscono una base sufficiente per stabilire restrizioni all'esposizione. L'approccio protezionistico proposto dall'ICNIRP è basato su una struttura a due livelli, che prevede dei veri e propri limiti di esposizione, espressi in termini di grandezze cosiddette "dosimetriche" (correnti o tensioni indotte per le frequenze inferiori a 100 kHz, tasso di assorbimento specifico di energia per le frequenze superiori a 100 kHz), e di valori di riferimento espressi in termini di grandezze "radiometriche" (Grandezze misurabili direttamente come l'intensità di campo elettrico, l'induzione magnetica ed il campo elettromagnetico). Le grandezze dosimetriche sono direttamente correlate agli effetti biologici e sanitari, ma non sono generalmente suscettibili di misura diretta. Le grandezze radiometriche sono invece suscettibili di misura diretta e i relativi valori di riferimento sono calcolati dai limiti di esposizione utilizzando modelli matematici. I criteri proposti dall'ICNIRP sono stati adottati dalla direttiva 2013/35/UE e recepiti nella legislazione italiana dal D.Lgs. 159/2016 che ha modificato il Titolo VIII, Capo IV del D.Lgs. 81/08. Nei paragrafi successivi, vengono brevemente discussi i contenuti della normativa italiana.

4.2.1 Linee guida ICNIRP

Nel presente paragrafo vengono descritti i contenuti delle Linee Guida pubblicate dall'ICNIRP nel 2010 che sono alla base delle attuali norme sulla protezione della popolazione e dei lavoratori dall'esposizione ai campi elettromagnetici con frequenze da 1 Hz a 100 kHz. L'ICNIRP, partendo da un'analisi della letteratura scientifica, individua i criteri fondamentali per la limitazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici e indica i valori limite da adottare per la protezione della popolazione e dei lavoratori esposti per ragioni professionali. I valori raccomandati si dividono in due categorie:

- limiti di base (per le basse frequenze grandezze "dosimetriche" in termini di correnti e tensioni indotte),
- livelli di riferimento (per le basse frequenze, i livelli di riferimento espressi in termini di grandezze "radiometriche" come induzione magnetica B [μT], intensità di campo magnetico H [A/m] e intensità campo elettrico E [V/m] misurabili nell'ambiente).

Il rispetto dei livelli di riferimento garantisce il rispetto dei limiti di base sull'esposizione, perché le relazioni tra le due grandezze sono state sviluppate facendo riferimento a situazioni di massimo assorbimento o a condizioni di massimo accoppiamento tra il campo esterno e la persona esposta (ipotesi del caso peggiore). Qualora invece il valore della grandezza misurata superi il relativo livello di riferimento, non ne consegue necessariamente che i limiti di base siano superati, ma sarà necessario effettuare una valutazione più approfondita per decidere se i livelli di esposizione siano inferiori a quelli fissati per i limiti di base. Questo approccio consente di definire una restrizione (livello di riferimento) in termini di campo esterno imperturbato⁵ sviluppando strategie di riduzione dell'esposizione basate sulle restrizioni di base, ma praticamente realizzate attraverso i livelli di riferimento. All'interno della strategia di protezione sopra descritta vengono adottate limitazioni più restrittive per l'esposizione del pubblico rispetto a quella dovuta a motivi professionali. Tale scelta deriva dalla considerazione che la popolazione esposta per motivi professionali sia formata da adulti che sono generalmente esposti in condizioni note e sono informati e

consapevoli dei potenziali rischi e delle opportune precauzioni da adottare. Al contrario, il pubblico generico comprende individui di tutte le età con diverso stato di salute. Generalmente, i membri del pubblico non sono consapevoli della loro esposizione ai campi elettromagnetici e non ci si può ragionevolmente attendere che i singoli individui della popolazione adottino misure per minimizzare o per evitare l'esposizione. I limiti proposti dall'ICNIRP nel 2010 sono basati sulle seguenti considerazioni:

- Le restrizioni di base si fondano sui campi elettrici indotti internamente al corpo anziché, come avveniva in passato, sulle correnti indotte, perché questa è la grandezza fisica che determina l'effetto biologico. L'attuale disponibilità di informazioni sui campi elettrici indotti internamente al corpo umano consente di utilizzare questa informazione nelle linee guida.
- Le attuali conoscenze scientifiche consentono di affermare che gli effetti sulla retina (induzione di fosfeni) possano costituire un modello per la valutazione delle conseguenze sul cervello. Inoltre, la soglia per l'induzione di fosfeni fornisce una base per definire i limiti delle esposizioni in qualunque tessuto del corpo.

Nella Tabella 4.2.1.1 seguente è riportato il riassunto delle restrizioni di base definite dall'ICNIRP per i campi a 50 Hz

<u>Esposizione professionale</u>	
Sistema nervoso centrale della testa	100 mV/m
Tutti i tessuti del sistema nervoso periferico	800 mV/m
<u>Esposizione del pubblico</u>	
Sistema nervoso centrale della testa	20 mV/m
Tutti i tessuti del sistema nervoso periferico	400 mV/m

Tabella 4.2.1.1- Riassunto delle restrizioni di base delle Linee guida ICNIRP 2010 per i campi

Le restrizioni di base si prefiggono di proteggere dagli effetti acuti, risultanti dall'esposizione, sui tessuti del sistema nervoso centrale e sui nervi mielinizzati dei sistemi nervosi periferico e centrale.

4.2.2 Il D.Lgs. 81/08

Il Titolo VIII, Capo IV del D.Lgs. 81/08 è stato modificato dal D.Lgs. 159/16 (articoli 206-201 e Allegato XXXVI), che ha recepito a livello nazionale la Direttiva 2013/35/UE. I limiti stabiliti considerano la protezione dagli effetti conosciuti di tipo deterministico, di cui cioè esiste, ed è stata definita, una soglia di insorgenza, e la cui gravità può variare in funzione dell'intensità dell'esposizione. Non vengono considerati eventuali effetti a lungo termine, per i quali mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità, né i rischi conseguenti al contatto con i conduttori in tensione già coperti dalle norme per la sicurezza elettrica. Il "sistema di radioprotezione" è basato sui seguenti parametri:

- **valori limite di esposizione (VLE)** "valori stabiliti sulla base di considerazioni biofisiche e biologiche, in particolare gli effetti diretti acuti e a breve termine scientificamente accertati, ossia gli effetti termici e l'elettrostimolazione dei tessuti".

Essi, per i campi elettrici e magnetici a frequenza industriale, sono relativi ai campi elettrici indotti nel corpo dall'esposizione a campi elettrici e magnetici. I VLE sono suddivisi in:

- VLE relativi agli effetti sanitari (vedi Figura 4.3.2.1), “VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a effetti nocivi per la salute, quali il riscaldamento termico o la stimolazione del tessuto nervoso o muscolare”;

- VLE relativi agli effetti sensoriali (vedi Figura 4.3.2.1), “VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a disturbi temporanei delle percezioni sensoriali e a modifiche minori delle funzioni cerebrali”. Al di sopra di questi valori si possono verificare effetti sensoriali quali “fosfene retinici e modifiche minori e transitorie di talune funzioni cerebrali.”

I valori di VLE sanitari e VLE sensoriali sono assunti, per una frequenza pari a 50 Hz, pari ai valori massimi di esposizione professionale, rispettivamente del sistema nervoso centrale della testa (100 mV/m) e dei tessuti del sistema nervoso periferico (800 mV/m), indicati dalla Linea guida ICNIRP 2010 e riportati nella Tabella 4.2.1.1 del presente documento. Il D.Lgs. 81/08, oltre ai valori limite di esposizione (VLE), introduce i valori di azione, VA, definiti come “livelli operativi stabiliti per semplificare il processo di dimostrazione della conformità ai pertinenti VLE o, eventualmente, per prendere le opportune misure di protezione o prevenzione specificate nella presente direttiva.”

Per i valori di azione, vengono introdotti VA superiori ed inferiori.

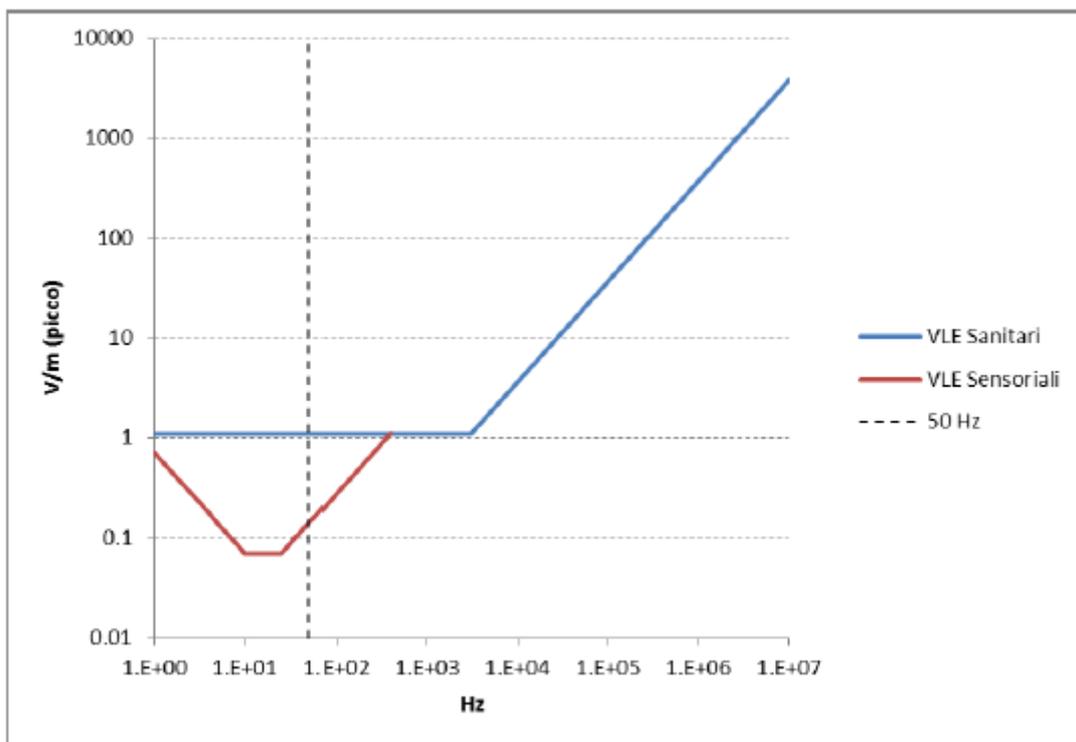


Figura 4.2.2.1- Andamento dei VLE da 1 Hz a 10 MHz (tabb. A2 e A3 dell’Allegato XXXVI)

Nel caso del campo elettrico, il rispetto dei VA inferiori, pari a 10 kV/m efficaci (RMS) a 50 Hz (vedi Figura 4.2.2.2), garantisce il rispetto sia dei VLE sensoriali (100 mV/m a 50 Hz) che sanitari (800 mV/m a 50 Hz) assicurando la limitazione delle scariche nell’ambiente di lavoro. Il rispetto dei VA superiori, pari a 20 kV/m

(RMS) a 50 Hz (vedi Figura 4.2.2.2), garantisce il rispetto dei VLE sanitari e sensoriali, ma non protegge dalle scariche per le quali sarà necessario adottare opportune misure di protezione quali, ad esempio, l'impiego di scarpe isolanti, guanti e indumenti protettivi.

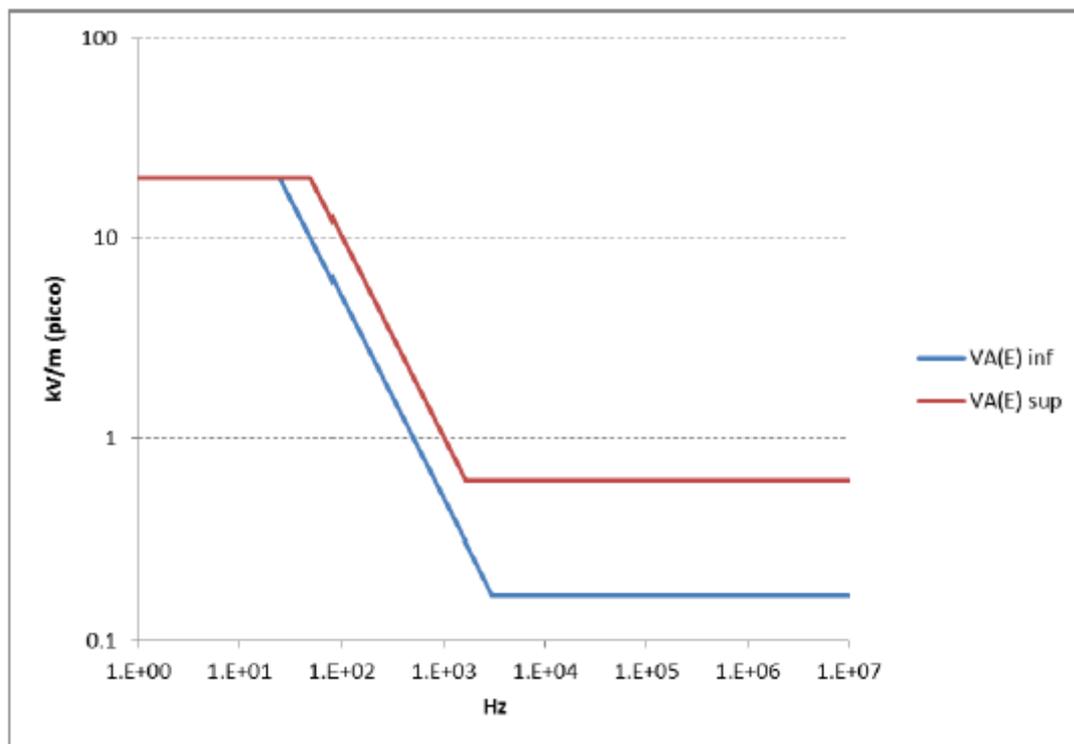


Figura 4.3.2.2- Andamento dei VA per il campo elettrico da 1 Hz a 10 MHz (tab. B1 dell'Allegato XXXVI)

Nel caso del campo magnetico, il rispetto dei VA inferiori, pari a 1000 μ T a 50 Hz (vedi Figura 4.2.2.3), garantisce il rispetto dei VLE sensoriali (100 mV/m a 50 Hz) e, a maggior ragione, dei VLE sanitari (800 mV/m a 50 Hz).

Sempre per il campo magnetico, il rispetto dei VA superiori, pari a 6000 μ T a 50 Hz, garantisce il rispetto dei VLE sanitari ma, nel caso l'esposizione alla testa superi i VA inferiori alle frequenze fino a 400 Hz, potrebbero verificarsi effetti correlati a fosfeni retinici ed altre modifiche minori e transitorie dell'attività cerebrale. In tal caso dovranno essere adottate opportune misure di protezione.

Viene inoltre introdotto un VA relativo all'esposizione degli arti (pari a 18000 μ T a 50 Hz, vedi Figura 4.2.2.3) che tiene conto dell'accoppiamento più debole del campo magnetico con le estremità rispetto al corpo intero. I VLE relativi agli effetti sanitari, i VLE relativi agli effetti sensoriali e i VA sono riportati nell'allegato XXXVI del D.Lgs. 81/08.

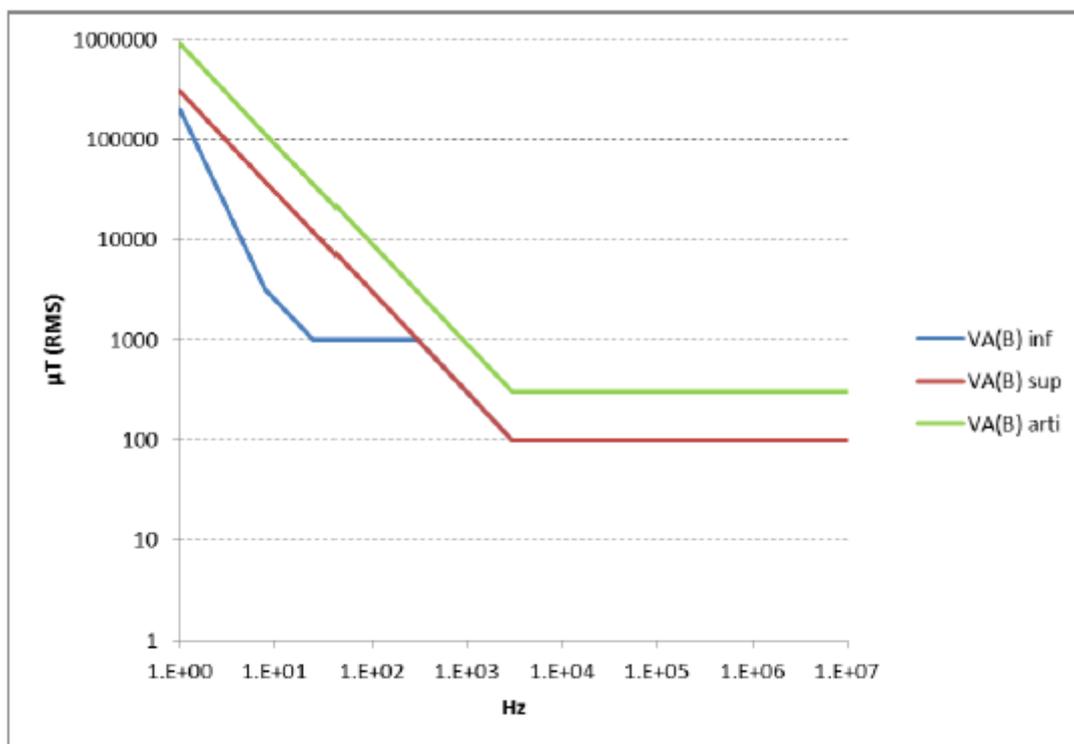


Figura 4.2.2.3- Andamento dei VA per il campo magnetico da 1 Hz a 10 MHz (tab. B2 dell'Allegato XXXVI).

In estrema sintesi, il rispetto dei VA garantisce il rispetto dei VLE. Più precisamente, il rispetto dei VA inferiori non richiede nessun ulteriore adempimento, mentre nel caso di livelli di campo maggiore dei VA inferiori, esistono delle deroghe per consentire l'attività lavorativa.

Ad esempio, nel caso del campo magnetico, sono consentite le seguenti deroghe:

- i VA inferiori possono essere superati a condizione che venga dimostrato il rispetto dei VLE relativi agli effetti sensoriali;
- i VLE sensoriali possono essere temporaneamente superati a patto di dimostrare il rispetto dei VLE sanitari (anche solo dimostrando il rispetto dei VA superiori) e vengano adottate misure di protezione adeguate e fornite adeguate informazioni ai lavoratori.

La normativa concede ulteriori deroghe al personale che svolge attività in vicinanza di apparecchi per la risonanza magnetica (MRI) e per il personale militare.

4.3 Valutazioni di rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.

Si è precedentemente visto che la valutazione di rischio di cui al presente paragrafo è di tipo previsionale, stante che l'impianto fotovoltaico di cui si tratta non è ancora stato realizzato, pertanto non possono essere espletate le attività di monitoraggio delle grandezze fisiche di interesse per la tutela della salute dei lavoratori e si farà riferimento:

- ai risultati ottenuti dalla applicazione del modello matematico per la valutazione dei CEM come descritto in un precedente paragrafo;
- Al capo IV, Titolo VIII del D.Lgs. 9 Aprile 2008 n°81 così come modificato dal Dlgs.159 del 1 Agosto del 2016 che affronta la problematica connessa alla definizione dei requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz). Le disposizioni riguardano la protezione dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti biofisici diretti ed agli effetti indiretti noti, che secondo le conoscenze attuali siano provocati dai campi elettromagnetici e non riguarda invece gli effetti a lungo termine, inclusi eventuali effetti cancerogeni, per i quali mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità tra l'esposizione e le ipotetiche conseguenze di carattere sanitario.
- alla "**Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della Direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici**", **pubblicata dalla Commissione Europea (di seguito richiamata anche come "Linea Guida CEM")**.

Quest'ultima guida evidenzia espressamente che se un luogo di lavoro presenta solo le situazioni elencate nella tabella 3.2 che riportano un «No» in tutte le colonne pertinenti, in genere non è necessario effettuare una valutazione specifica dei campi elettromagnetici. Sarà tuttavia necessario effettuare una valutazione generale dei rischi conformemente alle prescrizioni della direttiva quadro e i datori di lavoro dovranno tener conto dei mutamenti di circostanze.

Tabella 3.2 — Prescrizioni per le valutazioni specifiche dei campi elettromagnetici relative ad attività lavorative, apparecchiature e luoghi di lavoro comuni

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Valutazione richiesta per i		
	Lavoratori non particolarmente a rischio ¹	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi) ¹	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi ²
	(1)	(2)	(3)
Alimentazione elettrica			
Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta pari o inferiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	No	No	No
Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta superiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	Sì	Sì	Sì
Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale pari o inferiore a 100 A per un singolo circuito — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	No	No	No
Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale superiore a 100 A per un singolo circuito — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	Sì	Sì	Sì
Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	Sì	Sì	Sì
Impianti elettrici con corrente di fase nominale pari o inferiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	No	No	No
Generatori e generatori di emergenza — lavori con	No	No	Sì
Inverter, compresi quelli su sistemi fotovoltaici	No	No	Sì
Conduttore nudo aereo con tensione nominale inferiore a 100 kV o linea aerea inferiore a 150 kV, sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici	No	No	No
Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV ⁽¹⁾ , sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici	Sì	Sì	Sì
Conduttori nudi aerei con qualsiasi tensione — esposizione a campi magnetici	No	No	No
Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale — esposizione a campi elettrici	No	No	No
Turbine eoliche, lavori con	No	Sì	Sì

Dalla lettura della tabella 3.2 per la sezione che riguarda i luoghi di lavoro con presenza di apparecchiature elettriche, si evince che per il caso in esame:

- non sarà necessario proceder alla valutazione dell'esposizione ai campi elettrici per tutti i cavidotti in quanto circuiti a cavo isolato;
- per gli inverter è necessario procedere alla valutazione dei campi elettromagnetici per i lavoratori con dispositivi impiantabili attivi
- è necessario procedere alla valutazione dell'esposizione ai campi magneti per le sezioni di impianto con corrente di fase nominale superiore a 100 A: linee in MT, trasformatori, etc.

Lo schema protezionistico prevede un duplice livello di controllo:

- il primo livello di controllo è rappresentato dai valori di azione (grandezze radiometriche) che costituiscono il riferimento numerico al quale vanno riferite le verifiche strumentali.
- Il secondo livello di controllo è rappresentato dai valori limite di esposizione (grandezze dosimetriche di base) direttamente correlati all'effetto biologico che l'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici manifestano sull'uomo. Se i valori di azione non sono superati allora anche i limiti di esposizione sono rispettati. Viceversa, il superamento del valore di azione impone la verifica del superamento eventuale della grandezza dosimetrica di base.

4.4 Individuazione e caratterizzazione dei componenti elettrici che possono indurre il rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.

Di seguito si riportano le grandezze significative ai fini della valutazione dei campi elettromagnetici per le componenti dell'impianto fotovoltaico in progetto.

4.4.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transistori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

Per tale componente impiantistica la tabella 3.2 della Linea Guida CEM non prevede l'obbligo di valutazione dei campi elettromagnetici.

4.4.2 Moduli fotovoltaici

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano componenti elettrici ed elettronici operanti ad alta frequenza. Tali apparecchi devono possedere diverse certificazioni, derivanti da severe prove di laboratorio, affinché sia garantita non soltanto l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, ma la certezza che le emissioni siano quanto più possibile ridotte, allo scopo di minimizzare l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa.

In ordine a tali norme tecniche, gli inverter che saranno utilizzati possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6) e saranno quindi poco significative ai fini della sicurezza e della salute dei lavoratori.

Per gli inverter nella tavola 3.2 della citata Linea Guida CEM indica la necessità di procedere alla valutazione dei campi magnetici limitatamente ai lavoratori con dispositivi impiantabili attivi.

4.4.3 Linee elettriche in corrente alternata interne al parco fotovoltaico

Per quanto riguarda le linee MT interne all'impianto che utilizzano linee in cavo elicordato, dalla relazione di calcolo dei Campi Elettromagnetici sopra condotta si evince che il valore del campo magnetico, al di sopra del piano di campagna, è sempre inferiore al valore di attenzione di 10 μ T, introdotto dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 come misura di cautela per le aree di gioco per l'infanzia, gli ambienti abitativi e scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 h al giorno;

per cui la distanza alla quale il valore di induzione generato può eccedere i valori limite di cui alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE, pari a 100 μ T, od al valore di azione inferiore alla frequenza di 50 Hz indicato nel D.Lgs. 9 Aprile 2008 n°81, pari a 1000 μ T, è ridotta a distanze assai prossime alla sorgente e comunque confinata nell'area di interramento.

Per quanto sopra non esistono specifiche criticità riguardo l'esposizione ai campi magnetici indotti dalle linee elettriche interne al parco per i lavoratori esposti, inclusi quelli particolarmente sensibili al rischio.

4.4.4 Linee elettriche in corrente alternata esterne al parco fotovoltaico per il collegamento alla RTN

Per quanto riguarda le linee MT esterne all'impianto che utilizzano, anch'esse, linee in cavo elicordato, possono farsi considerazioni analoghe a quanto sopra per le linee MT interne e concludere che non esistono specifiche criticità riguardo l'esposizione ai campi magnetici indotti dalle linee elettriche esterne al parco per i lavoratori esposti, inclusi quelli particolarmente sensibili al rischio.

4.4.5 Cabine di conversione (Inverter station)

Per quanto riguarda le cabine di conversione generalmente l'obiettivo qualità è raggiunto a pochi metri di distanza sia dalle sbarre che dal trasformatore (< 10m) e valori maggiori di 1000 μ T si hanno solo nell'intorno immediato delle sbarre, a distanze inferiori a 10 cm.

Considerato quindi che nelle immediate vicinanze dei trasformatori e sbarre, i valori del campo magnetico possono eccedere i valori limite di cui alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE, pari a 100 μ T, dovrà essere riservata particolare cautela ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio per i quali al medico competente e l'RSPP è demandato il giudizio di idoneità e di una valutazione individuale del rischio espositivo.

Per quanto le cabine inverter e di trasformazione, si può affermare che non sono luoghi adibiti a permanenze prolungate e il tempo di esposizione del personale addetto alla manutenzione è quello strettamente necessario alle operazioni programmate, lo spazio in cabina verrà interdetto e segnalato attraverso opportuna segnaletica di avvertimento:

Figura 9.6 — Cartelli di avvertimento standard affissi in relazione ai campi elettromagnetici



Figura 9.7 — Cartelli di divieto standard affissi in relazione ai campi elettromagnetici



4.4.6 Cabina elettrica di consegna e sezionamento

Per le cabine di consegna e sezionamento valgono le medesime considerazioni già espresse nel paragrafo precedente per le “Cabine di conversione (Inverter Station)”.

4.5 Valutazione preliminare del rischio per i lavoratori.

In queste valutazioni conclusive prenderemo in considerazione i soli "lavoratori normotipo che non hanno patologie particolari e che non sono quindi particolarmente a rischio" e lasciando i lavoratori che hanno bisogno di attenzioni particolari alla cura del medico competente e del RSPP per eventuali specifiche misure di protezione, che potrebbero richiedere una valutazione su base individuale a seconda del caso.

Alla luce di quanto sopra esposto e di quanto calcolato (vedasi la relazione tecnica Campi Elettromagnetici,) si può sinteticamente concludere quanto segue:

- per i cavidotti il valore del campo magnetico, al di sopra del piano di campagna, è sempre inferiore Il valore di attenzione di 10 μT , introdotto dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 come misura di cautela per le aree di gioco per l'infanzia, gli ambienti abitativi e scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 h al giorno;
- per i trasformatori e le sbarre l'obiettivo qualità di 3 μT è già raggiunto a distanze inferiori a 10m e valori maggiori di 1000 μT si avranno solo nell'intorno immediato delle sbarre.

I soggetti che opereranno nei luoghi di installazione dell'impianto fotovoltaico saranno:

1. elettricista / manutentore elettro-meccanico specializzato,
2. operatore addetto alla pulizia dei moduli fotovoltaici,

per i lavoratori di cui al punto 1), questi opereranno in condizioni verosimilmente di impianto/porzione di impianto temporaneamente disalimentato (proprio per consentire le operazioni di manutenzione); qualora essi dovessero operare con impianto/porzione di impianto sotto tensione, si può ragionevolmente considerare un tempo di esposizione ai CEM relativamente breve;

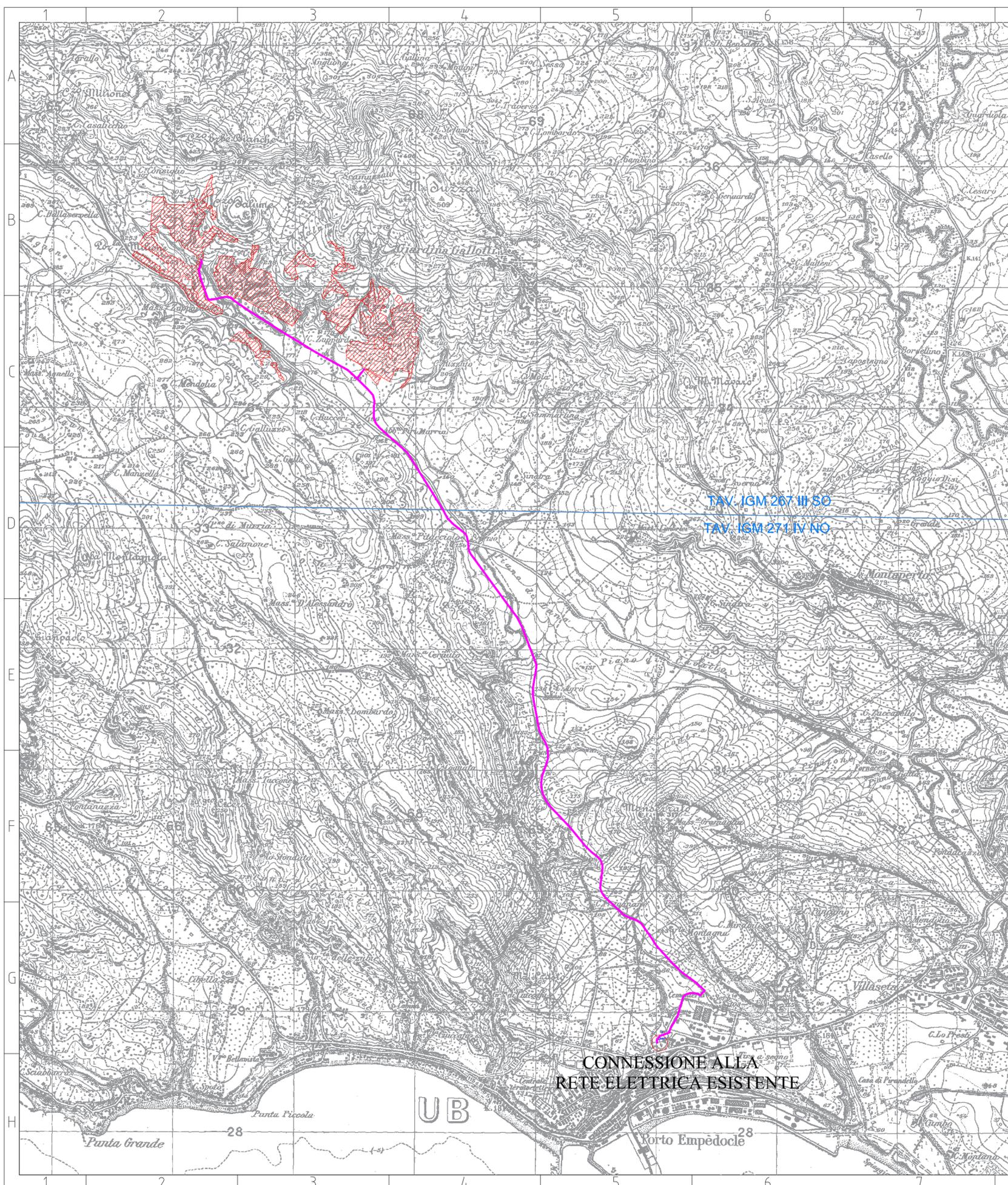
per i lavoratori di cui al punto 2), questi nella conduzione delle proprie mansioni permarranno all'interno della Dpa per periodi relativamente brevi per cui anche i tempi di esposizione ai CEM saranno brevi.

5 CONCLUSIONI

Dall'analisi condotta con la presente relazione, si può affermare che per quanto riguarda la protezione della Popolazione per l'esposizione ai CEM di cui alla Legge n. 36/2001, dai calcoli effettuati non si segnalano situazioni particolari, in quanto l'entità delle fasce di rispetto e delle conseguenti Distanze di Prima Approssimazione (DPA) consente il rispetto dei vincoli verso eventuali luoghi tutelati, così come evidenziato nelle planimetrie allegate.

Per quanto riguarda, invece, l'esposizione dei "lavoratori normotipo che non hanno patologie particolari e che non sono quindi particolarmente a rischio" ai campi elettromagnetici prodotti dall'impianto fotovoltaico in oggetto, si può affermare che vengono rispettate tutte le prescrizioni delle vigenti normative in materia (D. Lgs 81/08 come modificato del D. Lgs. 159/16).

6 ALLEGATI



LEGENDA

-  Area d'ingombro dell'impianto fotovoltaico
-  Tracciato dell'elettrodotto di connessione alla rete elettrica esistente
-  Ubicazione della SST
-  Fascia DPA larghezza 6 m (caso peggiore con tre terne)


 Proponente
Moncada Energy Group S.r.l.
 Piazza della Manifattura, 1
 38066 - Rovereto (TN)

IL TECNICO

 Ing. Antonio Nasifi
 n° 7637

COMUNE DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG)
 PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA NELL'AREA DI DUE CAVE DISMESSE E NELLE ZONE AD ESSE LIMITROFE, CON CONTESTUALE RECUPERO AMBIENTALE DELLE STESSA CAVE DENOMINATE "CAVA MILIONE", SITA IN CONTRADA LUNA ZUPPARDO, E "CAVA CASINA LA PORTA", SITA NELL'OMONIMA CONTRADA, ENTRAMBE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI AGRIGENTO. OLTRE ALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE AD ESSO CONNESSE E RELATIVE AD UN ELETTRODOTTO INTERRUPTO IN MT A SERVIZIO SITO NEI COMUNI DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG), NONCHÉ ALL'ADEGUAMENTO DI UNA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA GIÀ ESISTENTE PER LA CONNESSIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO ALLA RETE ELETTRICA IN AT, QUEST'ULTIMA SITA IN VIA UGO LA MALFA NEL COMUNE DI PORTO EMPEDOCLE (AG).



Moncada Energy Group S.r.l.
 Partita IVA 01781470842
 R.E.A. 229198
 www.moncadaenergy.com
 Pec: moncadaenergy@pec.it
 Info: moncadaenergy.com
 Piazza della Manifattura, 1
 Rovereto (TN) - 38066 - Italia
 Tel. +39 0922 668111
 Fax: +39 0922 636062

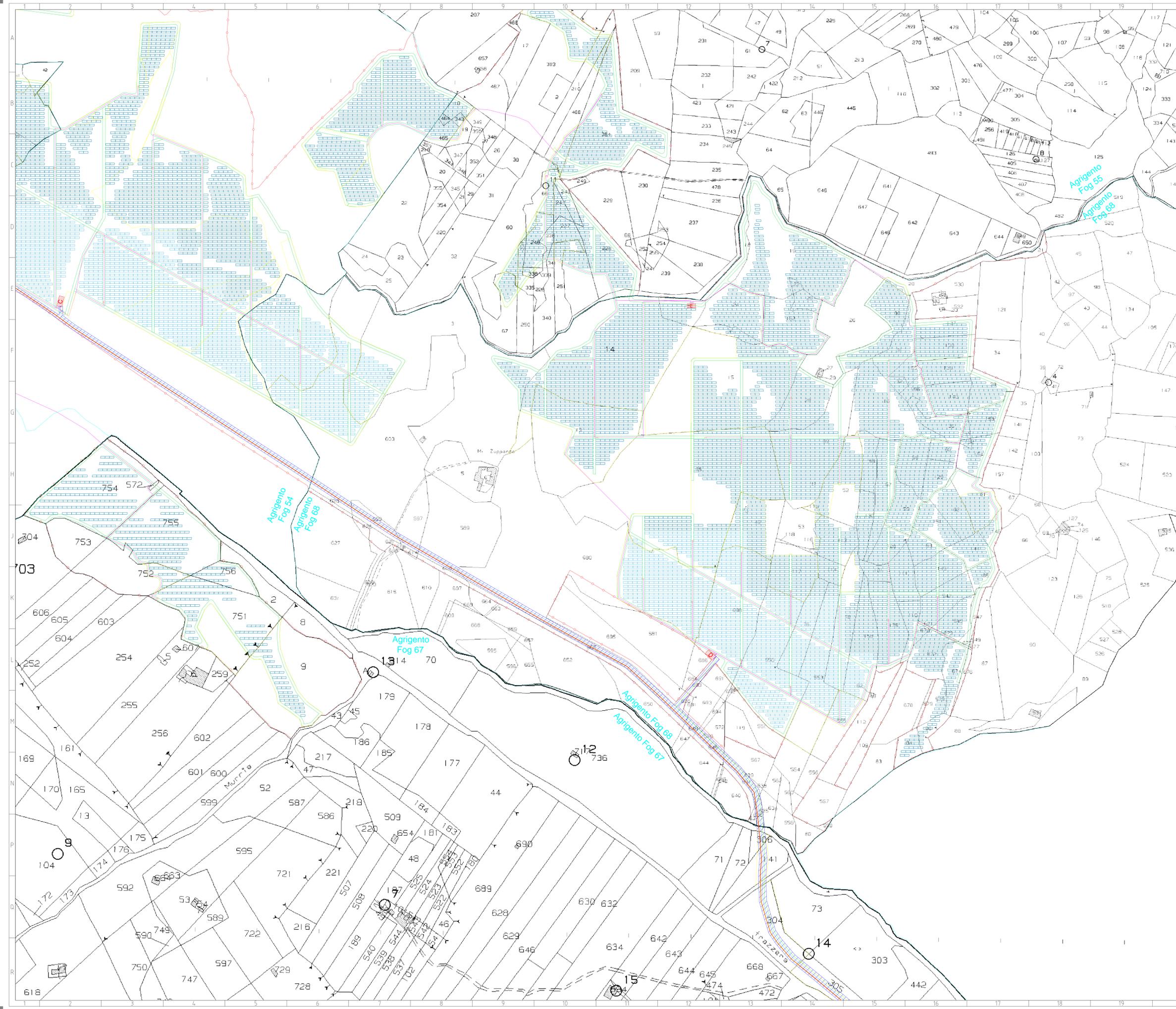
ALL.1 - COROGRAFIA

Titolo								
P00003	R09.5	A	R	P00003_R09.5_A_R_R00	1:25.000	A0	001/001	
Commissa	Cod. elaborato	Fase	Tipo	Nome file	Scala	Formato	Foglio	
00	2022.04.12	Emissione						
Rev.	Data	Oggetto revisione			Redatto	Verificato	Approvato	

CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE

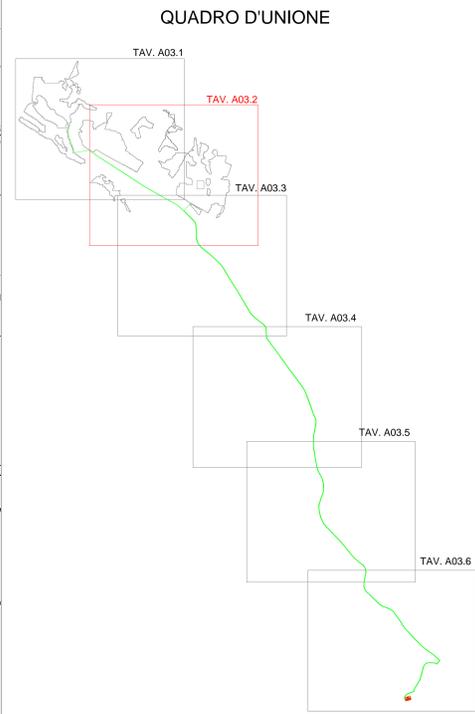
UB

Porto Empedocle



LEGENDA

- Moduli Fotovoltaici
- Strada di progetto
- Cabina di campo (Vedi Tav. E01)
- Cabina Nodale (Vedi Tav. E02)
- Elettrodotto Cabine di Campo - Cabine Nodali
- Elettrodotto Cabina Nodale B - Sottostazione
- Elettrodotto Cabina Nodale C - Sottostazione
- Elettrodotto Cabina Nodale D - Sottostazione
- Fascia DPA larghezza 6 m (caso peggiore con tre terre)
- Confine foglio di mappa



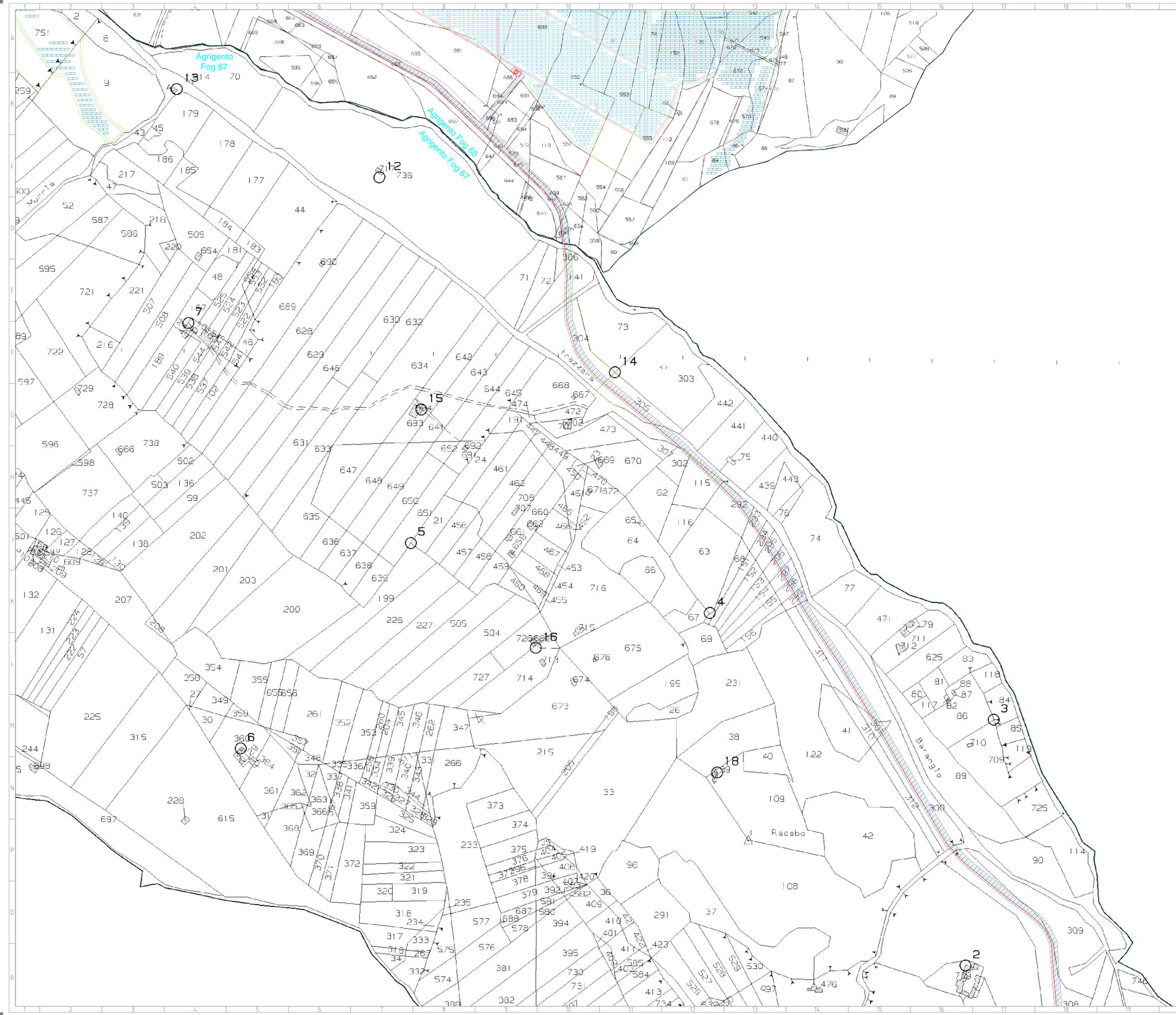
Proprietario
Montedison Energy
 Via...
 30068 - Rovereto (TN)



COMUNE DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG)
 PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRE NELL'AREA DI DISE...
 COMUNE DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG) - VIA...
 ALL'AVVIO DELLA PROCEDURA DI CONCESSIONE...
 IN VIA USU LA MALFA NEL COMUNE DI PORTO EMPEDOCLE (AG).

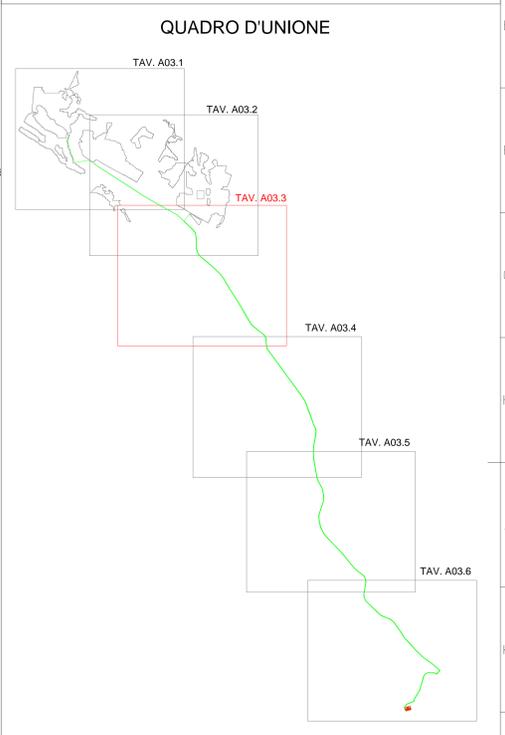


ALL.4 - CATASTALE 2_6						
Titolo						
Codice	Cod. elaborato	Fase	Nome file	Scala	Formato	Foglio
P00003	R09.5	A	R P00003_R09.5_A_R_R00	1:2.000	A0	001/001
00	2022.04.12	Emissione				
Rev.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato	



LEGENDA

- Moduli Fotovoltaici
- Strada di progetto
- Cabina di campo (Vedi Tav. E01)
- Cabina Nodale (Vedi Tav. E02)
- Elettrodotto Cabine di Campo - Cabine Nodali
- Elettrodotto Cabina Nodale B - Sottostazione
- Elettrodotto Cabina Nodale C - Sottostazione
- Elettrodotto Cabina Nodale D - Sottostazione
- Fascia DPA larghezza 6 m (caso peggiore con tre terre)
- Confine foglio di mappa



Proprietario
 Montecada Energy Group S.p.A.
 30058 - Rovereto (TN)

IL TECNICO

COMUNE DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG)

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRE NELL'AREA DI DUE CAVE DISSECCATE IN AREE ZONATE AD USO LIMITATO, CON CONTENUTA RESERVA AMBIENTALE DELLA PORTA, SITA' NELL'OMONIMA CONTRADA, ENTRAMBE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI AGRIGENTO, IN UN'AREA ADIBITA A "CASA NUCLEO" SITA' IN CONTRADA LUNA, CONTRADA "CASA CALABRA" INTERIORITÀ N. 147 A SERVIZIO SITO IN LOCALITÀ DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG), NONCHÉ ALL'ADDEBITAMENTO DI UNA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA E RELATIVE SUE COLLETTORIE, IN VIA USU LA MALFA NEL COMUNE DI PORTO EMPEDOCLE (AG).

Moncada Energy Group S.p.A.
 P.le. S. Maria Maddalena, 10
 30058 - Rovereto (TN)
 Tel. +39 0422 630011
 Fax +39 0422 630012

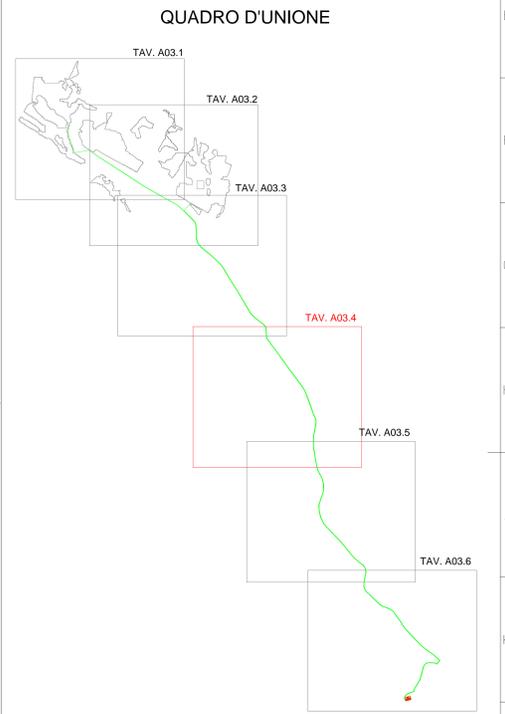
ALL.5 - CATASTALE 3_6

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	2022.04.12	Emissione			
		Oggetto revisione			



LEGENDA

	Moduli Fotovoltaici
	Strada di progetto
	Cabina di campo (Vedi Tav. E01)
	Cabina Nodale (Vedi Tav. E02)
	Elettrodotto Cabine di Campo - Cabine Nodali
	Elettrodotto Cabina Nodale B - Sottostazione
	Elettrodotto Cabina Nodale C - Sottostazione
	Elettrodotto Cabina Nodale D - Sottostazione
	Fascia DPA larghezza 6 m (caso peggiore con tre terre)
	Confine foglio di mappa



Proprietario
Montedison Energy Group S.p.A.
 Via...
 30068 - Rovereto (TN)



COMUNE DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG)

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRE NELL'AREA DI DUE CAVE DISSESTATE IN AGRIGENTO, CON COORDINATE UTM (PROIEZIONE UTM ZONA 32N) E COORDINATE LOCALI (PROIEZIONE UTM ZONA 32N) IN UN'AREA DI 100.000 mq. SITA' IN CONTRADA LUNA, LOCALITÀ PORTO EMPEDOCLE, COMUNI DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG). NONCHÉ ALL'ADDEBITAMENTO DI UNA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DA 100 KVA E RELATIVE ALIQUOTAZIONI DI RIFORNIMENTO IN MT A SERVIZIO SITO NEI COMUNI DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG). NONCHÉ ALL'ADDEBITAMENTO DI UNA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DA 100 KVA E RELATIVE ALIQUOTAZIONI DI RIFORNIMENTO IN MT A SERVIZIO SITO NEI COMUNI DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG).

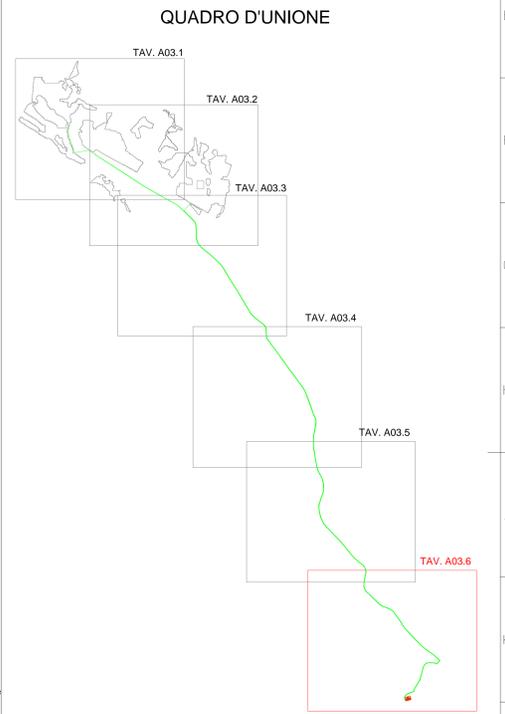
Moncada Energy Group S.p.A.
 Via...
 30068 - Rovereto (TN)

TITOLO						
P00003	R09.5	A	R	P00003_R09.5_A_R_R00	1:2.000	A0 001/001
Commissa	Cod. elaborato	Fase	Tipologia	Nome file	Scala	Formato Foglio
00	2022.04.12	Emissione				
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	



LEGENDA

- Moduli Fotovoltaici
- Strada di progetto
- Cabina di campo (Vedi Tav. E01)
- Cabina Nodale (Vedi Tav. E02)
- Elettrodotto Cabine di Campo - Cabine Nodali
- Elettrodotto Cabina Nodale B - Sottostazione
- Elettrodotto Cabina Nodale C - Sottostazione
- Elettrodotto Cabina Nodale D - Sottostazione
- Fascia DPA larghezza 6 m (caso peggiore con tre terre)
- Confine foglio di mappa



Proprietario
Moncada Energy Group S.p.A.
 P.zza S. Maria Maddalena
 30058 - Rovereto (TN)



COMUNE DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG)
 PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRE NELL'AREA DI DUE CAVE DISSECCATE NELLE ZONE DI CIVILTA' EMPEDOCLE, CON CONTESTUALE RECUPERO AMBIENTALE DELLA PORTA SITA' NELLA ZONA DI CONTRADA S. GIUSEPPE, ENTRAMBE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI AGRIGENTO. C/TA ALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI ASSICURAZIONE E RELATIVE ALLE OPERAZIONI INTERESSATE IN TUTTI I LOCALI DI AGRIGENTO E PORTO EMPEDOCLE (AG), NONCHÉ ALL'ACQUEDOTTO DI UNA SOTTOSTAZIONE ELETTROLOGICA ESISTENTE PRESSO LA COMARCAZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO ALLA RETE ELETTRICA A.T. QUARTIERE S. MARIA SITA' IN VIA LUIGI LA Malfa NEL COMUNE DI PORTO EMPEDOCLE (AG).

Moncada Energy Group S.p.A.
 P.zza S. Maria Maddalena
 30058 - Rovereto (TN)
 Tel. +39 0422 630011
 Fax +39 0422 630012

ALL.8 - CATASTALE 6_6							
Titolo							
Codice	Descrizione	Area	Volume	Scala	Formato	Foglio	
P00003	R09.5	A	R	P00003_R09.5_A_R_R00	1:2.000	A0	001/001
Rev.	Data	Descrizione	Emesso	Redatto	Verificato	Approvato	
00	2022.04.12						