

COMUNE DI

FERRANDINA E POMARICO (MT)

PROGETTO

Progetto relativo alla costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico, denominato "FERRANDINA_FV", avente potenza nominale di 48 MWp, potenza in immissione richiesta 41,28 MW, e relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale



ELABORATO

RELAZIONE TECNICA IMPATTI ELETTROMAGNETICI

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

LIV. PROG.	TIPO DOC.	COD. DOC.	CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	DATA	SCALA
PD	REL	01	FERRANDINA_FV	FERRANDINA_FV.REL.VIA2_RTIEM	11/23	---

REVISIONI

REV	DATA	AUTORE	DESCRIZIONE	VERIFICATO	APPROVATO
1.0	11/23	ESA2PRO	Relazione Tecnica degli Impatti Elettromagnetici	ESA2PRO	ESA2PRO

PROGETTAZIONE

ESA2PRO S.r.l.
Ing. Angela Lancellotti

GRUPPO DI LAVORO

Dott. Ing. Angela Lancellotti
Via Oscar Romero n.19, 85100 - Potenza - (PZ)
E-mail: angela.lancellotti@ingpec.eu
Cell: 320 868 3387

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

(TIMBRO E FIRMA PER BENESTARE)

RICHIEDENTE

Ferrandina Fotovoltaico S.r.l.
Via Battisti, n.115, 73054, Presicce - Acquarica (LE)

RELAZIONE ELETTROMAGNETICA

OGGETTO: Impianto Fotovoltaico "Ferrandina_FV" – Ferrandina - (MT)

PROPONENTE: Ferrandina Fotovoltaico S.r.l.

IL TECNICO: Ing. Lancellotti Angela

Nome File : FERRANDINA_FV.REL.VIA2_RTIEM					
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	30/10/2023	Prima Redazione del Documento	A. LANCELOTTI	A. LANCELOTTI	A. LANCELOTTI

Sommario

1	Premessa	3
2	Normativa di Riferimento.....	3
3	Effetti sanitari dei campi elettromagnetici.....	4
4	Emissioni elettromagnetiche nelle componenti dell'impianto fotovoltaico.....	5
4.1	Elettrodotti	6
4.2	Cavi BT in AC.....	7
4.3	Trasformatori.....	8
4.4	Moduli fotovoltaici	9
4.5	Inverter.....	9
5	Calcoli dei Campi Elettrici e Magnetici	9
6	Conclusioni	17
7	Analisi delle Distanze di Prima Approssimazione della SE-Utente.....	18

1 Premessa

I campi elettrici e magnetici che interessano le linee e le apparecchiature elettriche sono definiti a "bassa frequenza" e si riferiscono ad un intervallo di frequenza compresa tra 0 Hz e 3kHz. La frequenza di esercizio degli impianti e macchine elettriche è 50hz ed è definita in ambito europeo come frequenza caratteristica della rete elettrica. Tali campi si indicano con il termine abbreviato di ELF.

Sorgenti di campi elettromagnetici sono le linee elettriche per la generazione, distribuzione e trasporto nonché tutte le applicazione alimentate a corrente elettrica, in particolare i trasformatori, gli inverter ed i cablaggi.

A 50Hz i campi elettrici e magnetici si comportano come agenti fisici separati e, diversamente dai campi elettromagnetici ad alta frequenza, come tali devono essere valutati.

Il campo elettrico (E) dipende dalle tensioni a cui funziona la sorgente, la sua intensità viene espressa in V/m e si usa spesso il multiplo k. Il campo magnetico (H) dipende dalle correnti che circolano nella sorgente, la sua intensità si esprime in A/m, tuttavia si preferisce utilizzare il vettore induzione B, espresso in Tesla (T) e solitamente espresso con in suo sottomultiplo μ , che rappresenta il vettore H al netto della permeabilità magnetica.

2 Normativa di Riferimento

Le prescrizioni in materia di esposizione ai campi elettrici e magnetici a frequenze industriali (50 Hz) sono contenute nel DPCM 08/07/2003, e pongono i seguenti limiti:

✓ limite per il campo elettrico	5 kV/m
✓ limite per l'induzione magnetica	100 μ T
✓ valore di attenzione per l'induzione magnetica	10 μ T
✓ obiettivo di qualità per l'induzione magnetica	3 μ T

Nel DM 29/05/2008 "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica" che si applica a tutti gli elettrodotti, vengono definiti nell'art.3 lett.3 della legge n°36 del 22 febbraio 2001, ed ha lo scopo di fornire la procedura per la determinazione e la valutazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento

del valore di attenzione (10 μ T) e dell'obiettivo di qualità (3 μ T) e delle relative fasce di rispetto;

Il decreto vuole tutelare il personale che opera in condizione di esposizione ai campi elettromagnetici contro possibili effetti dannosi.

I valori limite di esposizione rappresentano i limiti di esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche.

Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi per la salute conosciuti.

I valori di azione rappresentano l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B) e densità di potenza (S), che determinano l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nella presente direttiva. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.

3 Effetti sanitari dei campi elettromagnetici

La valutazione dei rischi sanitari derivanti dall'esposizione a campi elettro-magnetici è un processo caratterizzato da estrema complessità.

Esiste una notevole controversia sulla possibilità di un nesso fra l'esposizione a campi magnetici a frequenze estremamente basse (ELF) ed il rischio di patologie per l'uomo, in particolare il rischio della malattia tumorale

Le radiazioni non ionizzanti, che comprendono per esempio i campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde e i campi elettrici e magnetici a frequenze estremamente basse (ELF) non hanno l'energia sufficiente per rompere i legami atomici: pertanto anche ad elevata intensità non sono in grado di produrre la ionizzazione in un sistema biologico. Sono però in grado di produrre altri effetti biologici, che possono talvolta arrecare un danno alla salute.

Gli effetti acuti dell'esposizione a campi elettrici e magnetici ELF sono dovuti a meccanismi d'interazione ben conosciuti, sono immediati ed oggettivi, avvengono solo per valori

superiori ad un ben preciso valore di soglia della grandezza dosimetrica specifica, sono accertabili sperimentalmente sugli animali e su volontari al di là di ogni possibile dubbio.

Possono essere riassunti nel modo seguente:

- induzione di cariche e correnti elettriche e conseguente stimolazione di tessuti costituiti da cellule elettricamente eccitabili, quali le fibre muscolari e i neuroni per quanto riguarda i campi elettrici e magnetici statici ed ELF ed i campi elettromagnetici a frequenze minori di 1 MHz;
- riscaldamento dei tessuti, dovuto alla trasformazione dell'energia elettromagnetica in energia termica per campi elettromagnetici a frequenze maggiori di 1 MHz.
- Gli effetti sanitari a lungo termine sono invece difficilmente valutabili; l'eventuale rapporto causa effetto si basa su studi epidemiologici.
- sintomi più o meno soggettivi (affaticamento, irritabilità, difficoltà di concentrazione, diminuzione della libido, cefalee, insonnia, impotenza etc.);
- patologie con segni oggettivi ed in genere gravi (tumori, malattie degenerative).

4 Emissioni elettromagnetiche nelle componenti dell'impianto fotovoltaico

In sintesi l'impianto fotovoltaico è costituito, con origine dalla SE RTN di Terna, dalle seguenti sezioni:

- elettrodotto di connessione 150kV dalla SE RTN di Terna alla SE utente, con linea in cavo $S=1000\text{mm}^2$ direttamente interrata ad una profondità di 1,5m;
- SE Utente composta da sbarre di connessione con interdistanza fra la fasi di 2,1m e diametro 0,1m, stalli di protezione ai singoli trasformatori e trasformatori AT/MT.
- SE Utente sezione MT composta dalle semisbarre alimentate dai singoli trasformatori e dalla sezione servizi ausiliari.

- Linee di MT che alimentano con disposizione radiale le cabine di conversione (Skid) dislocate nei sottocampi.
- Skid di campo che assolvono la funzione di trasformare la corrente continua del campo fotovoltaico (tensione 1kV) in corrente alternata alla tensione nominale dell'inverter (670V). Lo Skid è completato con la sezione di elevazione BT/MT per l'immissione in rete dell'energia prodotta.

Sotto il profilo delle interferenze dei campi magnetici ed elettrici con la salute umana hanno particolare rilievo le sbarre in AT della SE e marginalmente i cavi interrati. Limitata influenza invece è riscontrata nella sezione BT in AC di collegamento fra Inverter e trasformatore. Gli altri componenti rispettano i limiti per normative di costruzione.

4.1 Elettrodotti

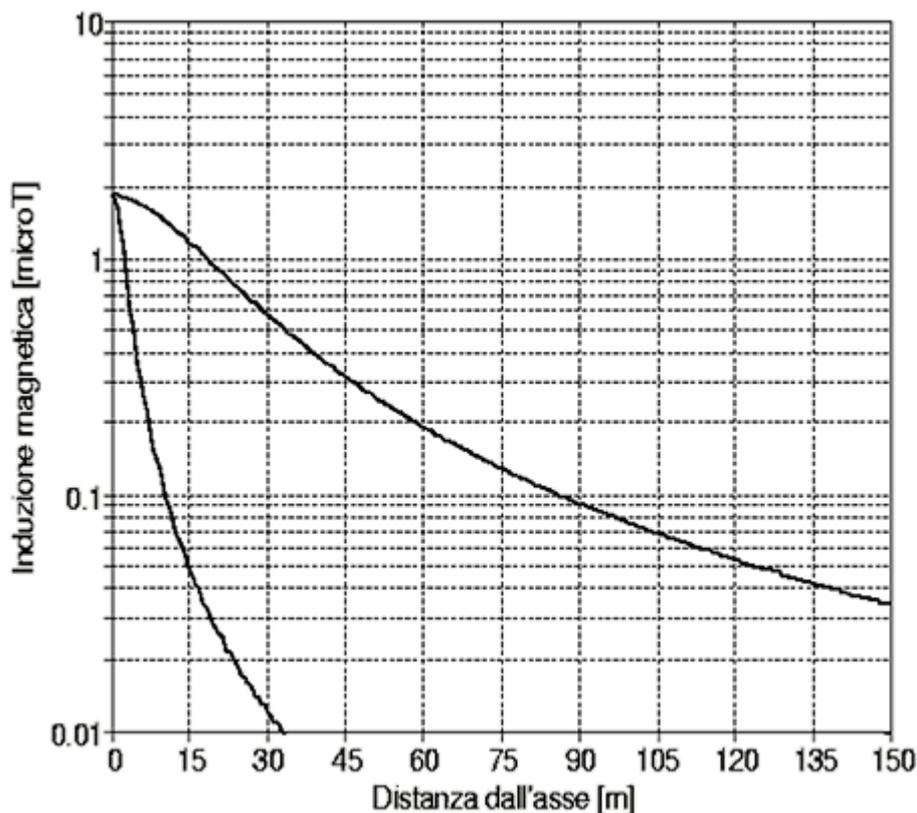
La soluzione in progetto prevede la posa dei conduttori mediante cavi isolati in XLPE ed interrati con disposizioni a trifoglio sia per la sezione AT che MT.

La minore interdistanza mutua tra i vari conduttori di un elettrodotto interrato rispetto alla configurazione aerea nella quale i conduttori non sono isolati determina una rapida attenuazione dell'intensità del campo magnetico con la distanza dalla linea.

Come si evince dal grafico i valori di induzione decadono molto più rapidamente per una linea interrata che per quella aerea tanto che pochi metri dalla linea interrata corrispondono a decine di metri per quella aerea.

Il grafico fa riferimento a profili laterali ad 1 metro dal suolo dell'induzione magnetica generata da una linea aerea a semplice terna 150 kV/450A con il conduttore più basso posto ad una altezza di 18 metri dal suolo (curva superiore) e da linea interrata a trifoglio (curva inferiore) posta ad una profondità di 1,5 metri.

In termini di sicurezza i limiti imposti dalla normativa fanno riferimento a tutte le condizioni di esercizio degli elettrodotti e tengono conto dei valori medi nelle 24 ore e nelle normali condizioni di corrente/tensione nominale.



4.2 Cavi BT in AC

Da un punto di vista prettamente formale si potrebbe ritenere che le cabine MT/BT di utente non rientrino nel campo di applicazione del DM 29/05/08 in quanto:

- contempla come impianto solamente le cabine del distributore e le cabine dell'utente AT;
- le modalità di calcolo per la distanza fanno riferimento a cabine di tipo unificate Enel non adattabili a cabine di trasformazione utente.

Abbiamo visto che le principali fonti di campo magnetico sono i cavi percorsi da corrente: maggiore sarà la corrente che percorre il cavo, maggiore sarà il campo magnetico generato.

Ai fini dei calcoli supponiamo i cavi in uscita dal trasformatore BT/MT lato bassa tensione di collegamento all'inverter e percorsi dalla corrente nominale del trasformatore stesso. E'

possibile calcolare la distanza dal perimetro della cabina oltre la quale è prevedibile un valore di induzione magnetica inferiore ai 3 μT .

Per la determinazione del campo magnetico generato da cavi percorsi da corrente possiamo fare riferimento alla norma CEI 106-12 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT" che ci fornisce la seguente formula.

per una terna trifase con conduttori in piano

$$B=0,2 \cdot \text{Radq}(3) \cdot (I/D) \cdot (S/D)$$

dove:

B = induzione magnetica [μT]

I = corrente che percorre i conduttori [A]

S = distanza fra le fasi [m]

D = distanza dalla terna di conduttori del punto "P" dove si vuole calcolare il valore di induzione magnetica [μ]

4.3 Trasformatori

Esiste una formula che permette di calcolare l'induzione in microtesla prodotta da un trasformatore MT/BT in resina in funzione della distanza dal trasformatore. Generalmente i trasformatori in olio a parità di potenza danno luogo ad un'induzione inferiore.

$$B = 0.72 \cdot \text{ucc}\% \cdot \text{radQ}(\text{Sr}) / d^{2.8}$$

- **ucc%** è la tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore
- **Sr** è la potenza apparente nominale
- **d** la distanza in metri

4.4 Moduli fotovoltaici

Nei moduli fotovoltaici i campi elettromagnetici si limitano ad una brevissima durata e riguardano solo alcuni circuiti integrati, in quanto lavorano a corrente e tensione continua. I campi elettromagnetici sono quindi irrilevanti.

4.5 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature elettroniche che consentono di convertire, mediante circuiti elettronici ad alte frequenze, la corrente da continua ad alternata.

Ogni inverter deve rispettare la Compatibilità Elettromagnetica che definisce la capacità di un apparecchio di operare in modo soddisfacente nell'ambiente elettromagnetico, senza provocare disturbi elettromagnetici inammissibili per altri apparecchi dislocati nello stesso ambiente.

Quindi essi da una parte non devono emettere disturbi eccessivi (emissione di disturbi) e dall'altra devono riuscire a sopportare una certa quantità di disturbi (resistenza ai disturbi). I requisiti fondamentali degli apparecchi necessari a tale scopo sono regolati nella direttiva CEM (2004/108/CE e legge CEM).

5 Calcoli dei Campi Elettrici e Magnetici

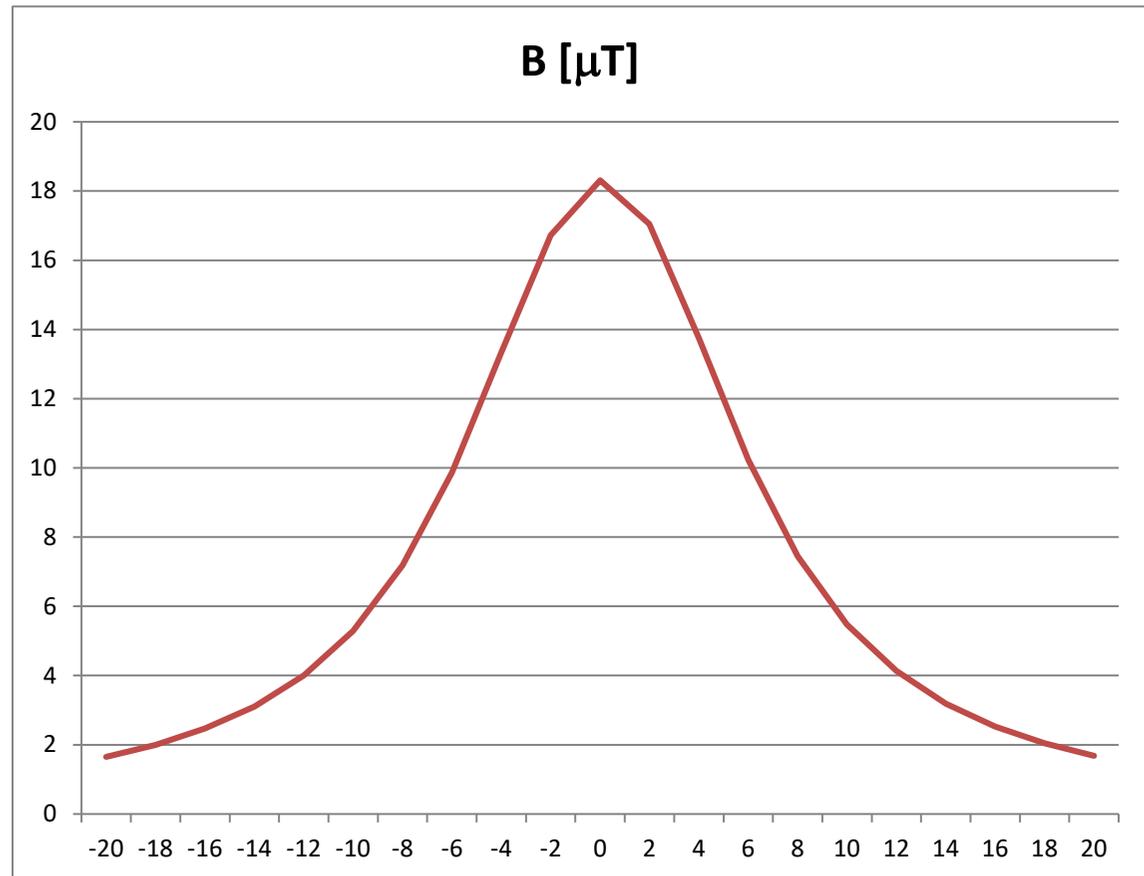
Nelle tabelle che seguono sono stati eseguiti i calcoli per diverse configurazioni d'impianto riguardanti sia le linee AT in sottostazione che il contributo dei cavi BT nelle stazioni di conversione che infine in prossimità dei trasformatori sia di media che alta tensione.

I calcoli sono stati eseguiti nel rispetto della Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".

Impianto Fotovoltaico "Ferrandina_FV" – Ferrandina - (MT)

Dati Sbarre AT di Induzione Magnetica calcolati a 1m di altezza

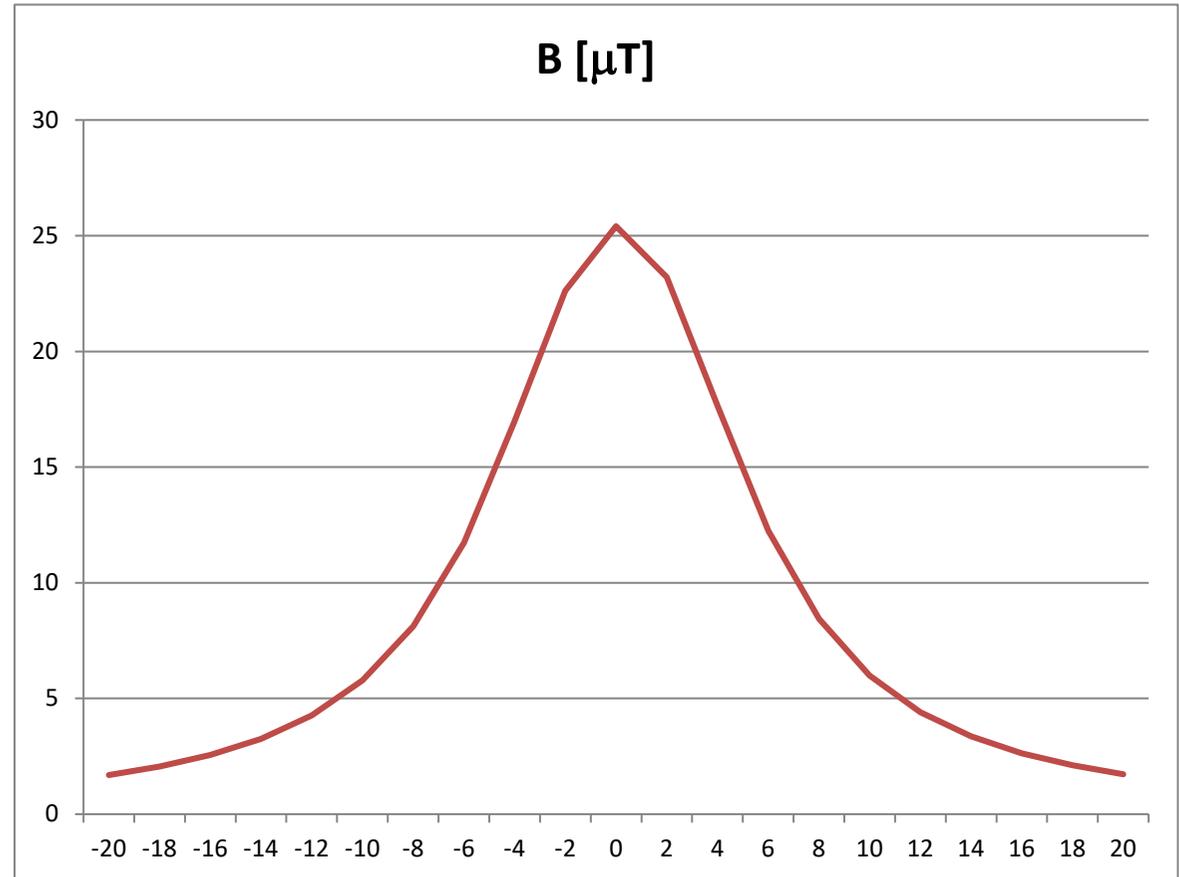
X[m]	B [μ T]
-20	1,65
-18	2
-16	2,47
-14	3,1
-12	4
-10	5,29
-8	7,18
-6	9,87
-4	13,33
-2	16,72
0	18,31
2	17,05
4	13,76
6	10,23
8	7,44
10	5,47
12	4,13
14	3,19
16	2,53
18	2,04
20	1,68



Impianto Fotovoltaico "Ferrandina_FV" – Ferrandina - (MT)

Dati Sbarre AT di Induzione Magnetica calcolati a 2m di altezza

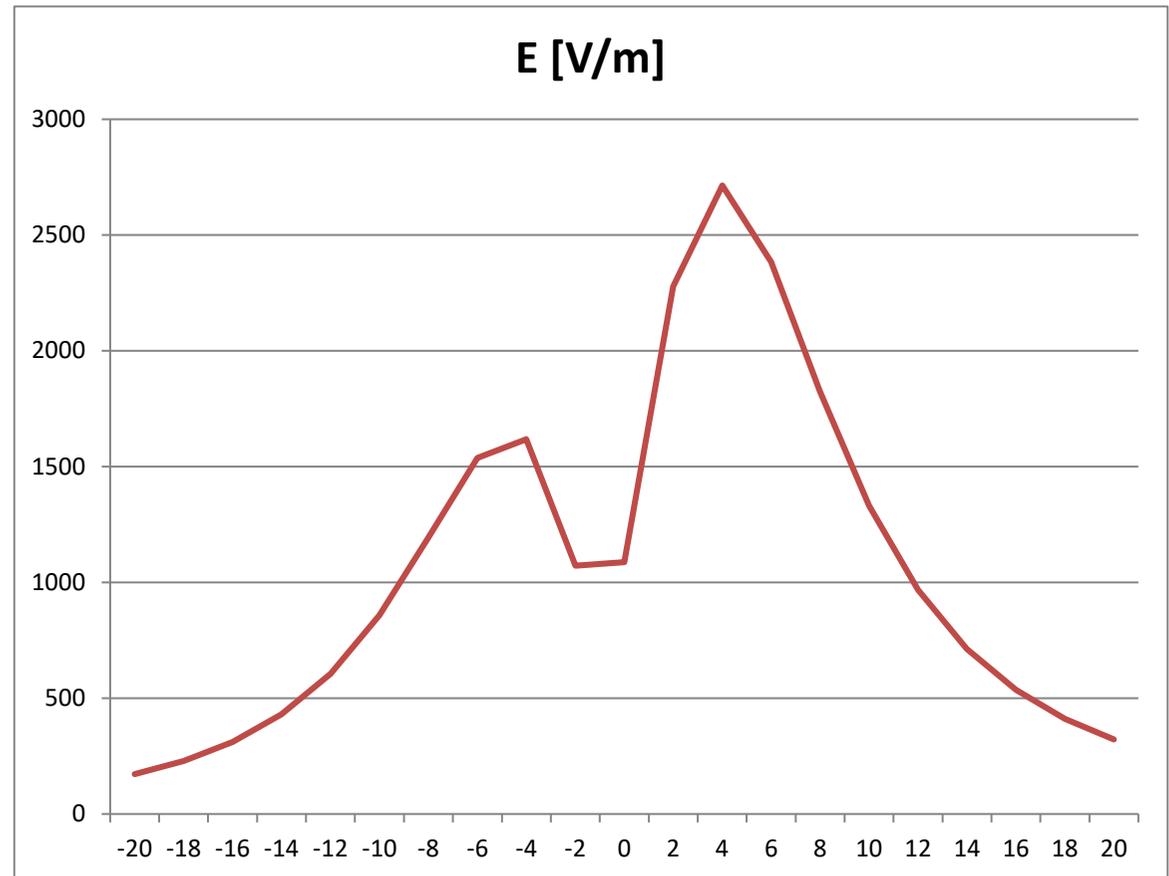
X[m]	B [μ T]
-20	1,69
-18	2,06
-16	2,56
-14	3,26
-12	4,27
-10	5,78
-8	8,12
-6	11,74
-4	16,97
-2	22,62
0	25,41
2	23,2
4	17,65
6	12,25
8	8,44
10	5,99
12	4,41
14	3,36
16	2,63
18	2,11
20	1,73



Impianto Fotovoltaico "Ferrandina_FV" – Ferrandina - (MT)

Dati Sbarre AT del Campo Elettrico calcolati a 1m di altezza

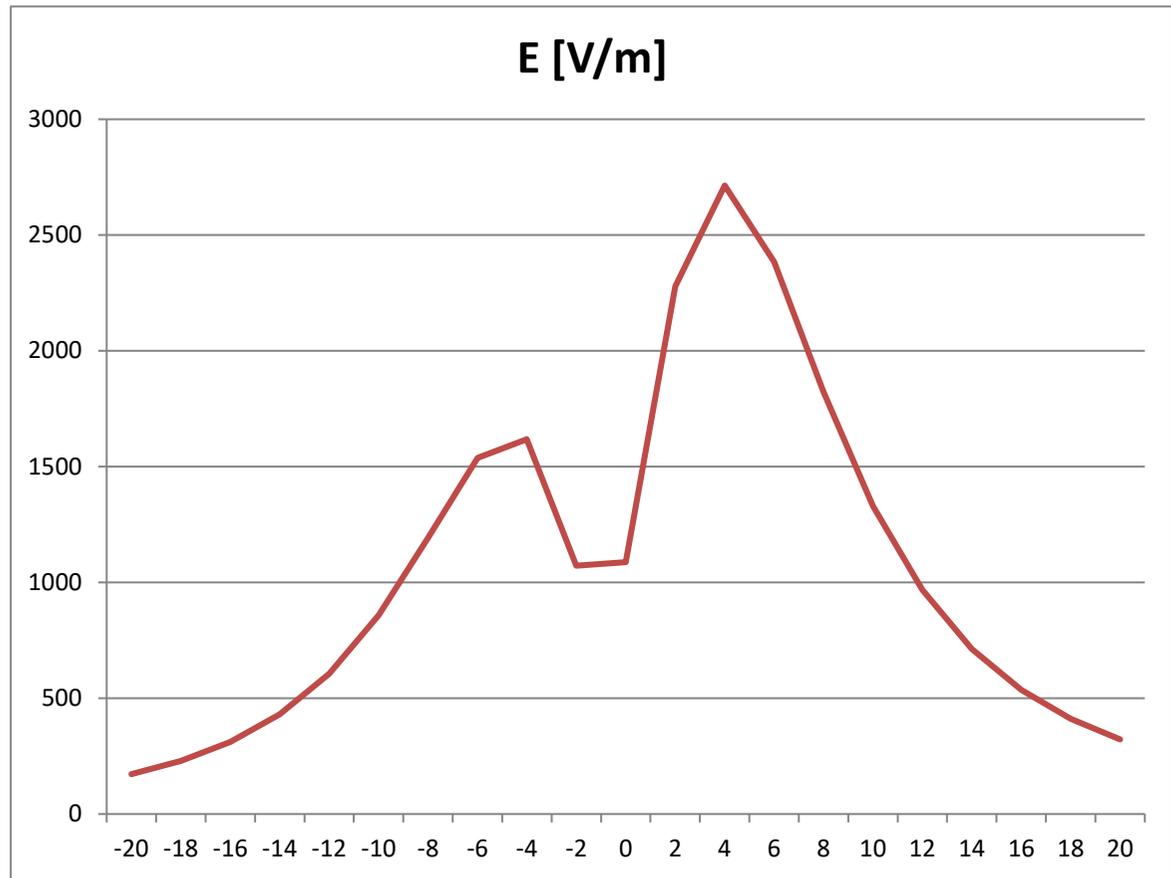
X[m]	E [V/m]
-20	172
-18	228,9
-16	310,8
-14	430,4
-12	605,7
-10	857,9
-8	1193,1
-6	1538
-4	1618
-2	1071,6
0	1086,8
2	2278,4
4	2714,2
6	2383,3
8	1823,2
10	1330,8
12	967,3
14	712,7
16	535,5
18	410,9
20	321,7



Impianto Fotovoltaico "Ferrandina_FV" – Ferrandina - (MT)

Dati Sbarre AT del Campo Elettrico calcolati a 2m di altezza

X[m]	E [V/m]
-20	170,9
-18	227,4
-16	308,8
-14	428
-12	604,4
-10	863,7
-8	1226,7
-6	1658,2
-4	1943,8
-2	1789,1
0	1986,6
2	2875
4	3042,2
6	2506,2
8	1853,8
10	1332,3
12	962,2
14	707,4
16	531,4
18	407,9
20	319,5



Impianto Fotovoltaico "Ferrandina_FV" – Ferrandina - (MT)

Dati del Campo Magnetico calcolati per il Trafo-PCU

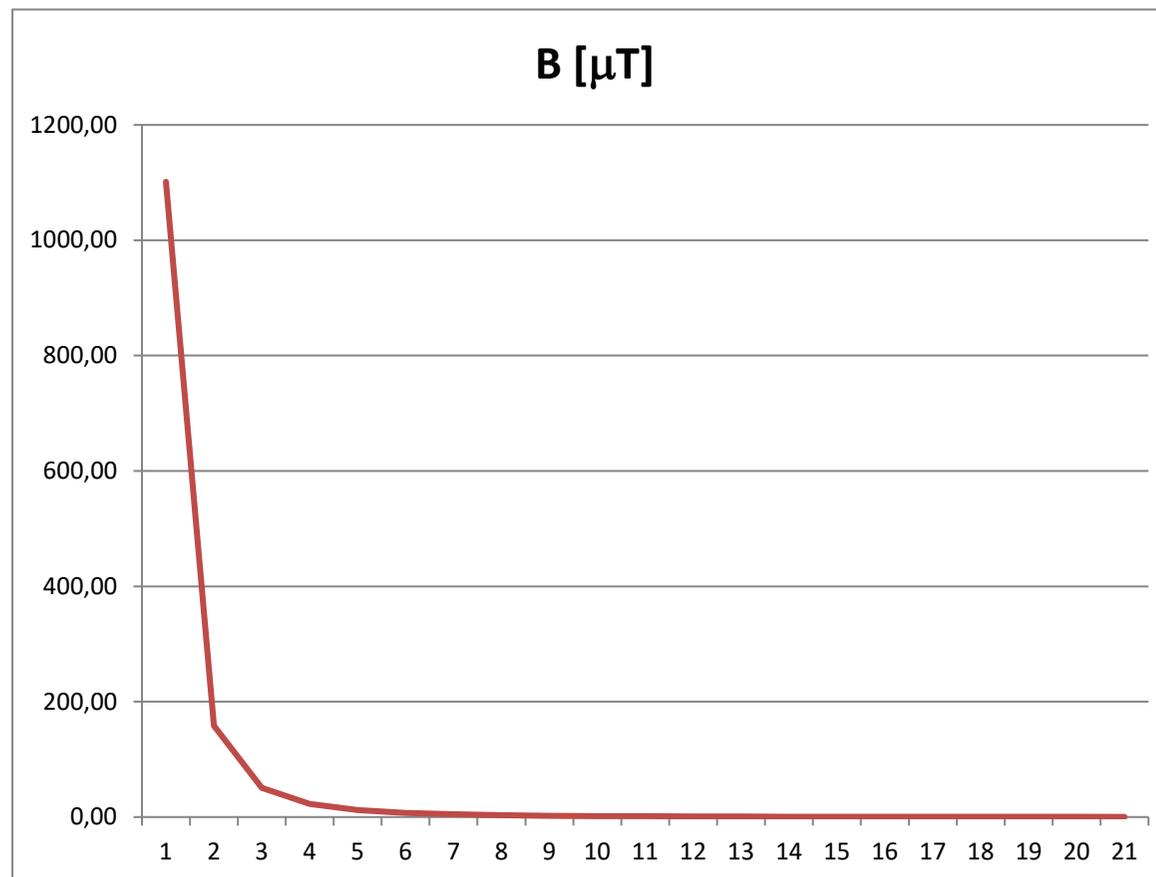
$$B = 0.72 * ucc\% * radQ(Sr) / d^{2.8}$$

- **ucc%** è la tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore (4 fino a 400 kVA; 6 oltre)
- **Sr** è la potenza apparente nominale
- **d** la distanza in metri

Sr= 3000

Ucc= 6

X[m]	B [μT]
1	236,62
2	33,98
3	10,92
4	4,88
5	2,61
6	1,57
7	1,02
8	0,70
9	0,50
10	0,38
11	0,29
12	0,23
13	0,18
14	0,15
15	0,12
16	0,10
17	0,08
18	0,07
19	0,06
20	0,05
21	0,05



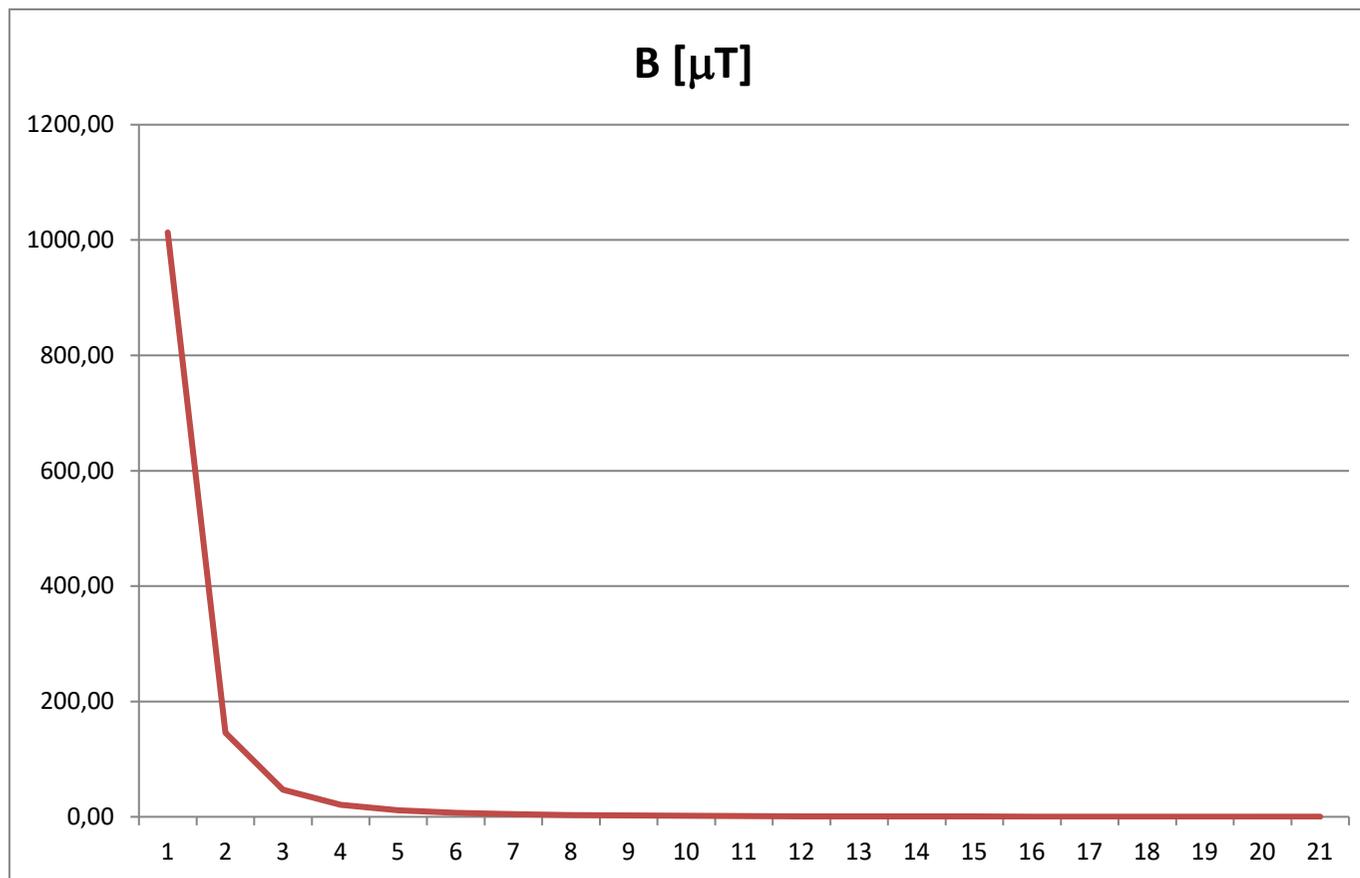
Dati del Campo Magnetico Elettrico calcolati per il Trafo-SE

$$B = 0.72 * ucc\% * radQ(Sr) / d^{2.8}$$

- **ucc%** è la tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore (4 fino a 400 kVA; 6 oltre)
- **Sr** è la potenza apparente nominale
- **d** la distanza in metri

sr 55000 ucc 6

X[m]	B [μT]
1	1013,13
2	145,47
3	46,74
4	20,89
5	11,18
6	6,71
7	4,36
8	3,00
9	2,16
10	1,61
11	1,23
12	0,96
13	0,77
14	0,63
15	0,52
16	0,43
17	0,36
18	0,31
19	0,27
20	0,23
21	0,20



Dati di Induzione Magnetica Cavi Skid Cabine BT

Impianto Fotovoltaico "Ferrandina_FV" – Ferrandina - (MT)

$$B=0,2*\text{Radq}(3)*(I/D)*(S/D)$$

I = corrente che percorre i conduttori [A]

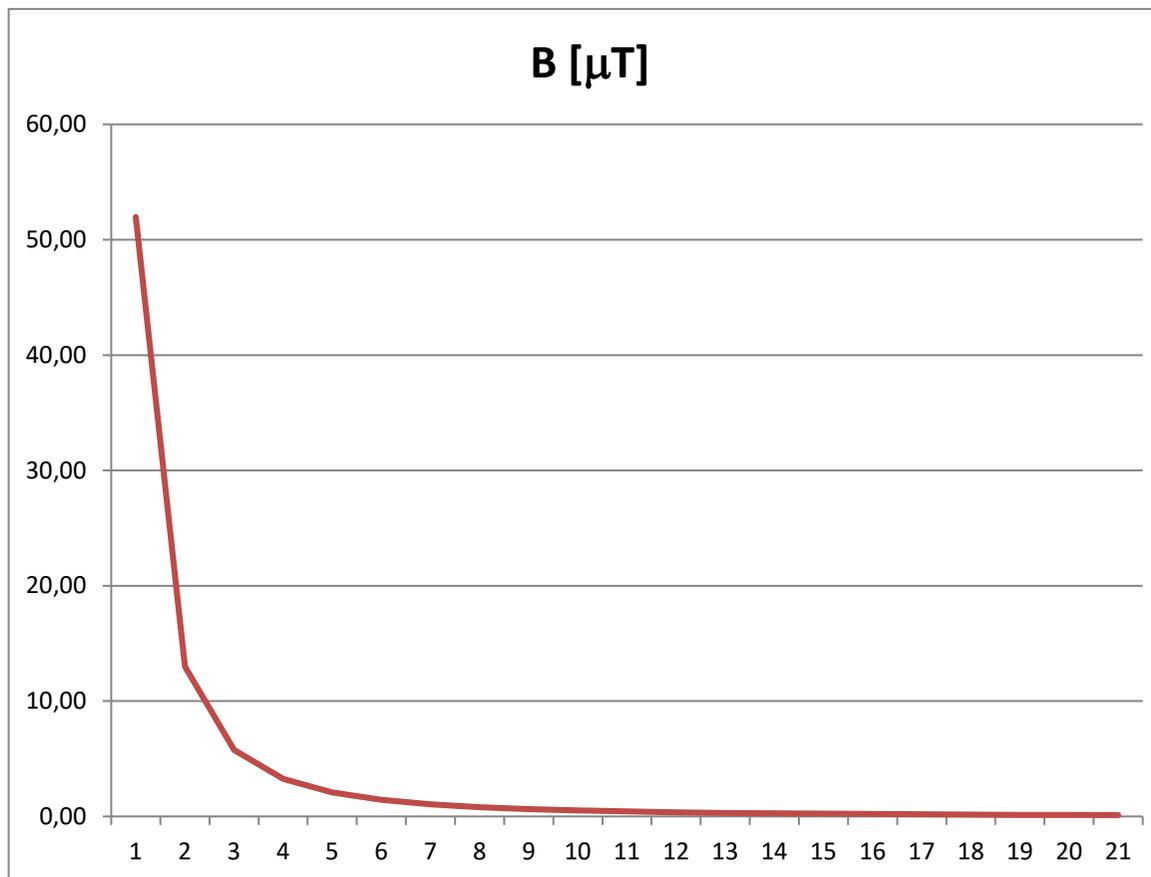
S = distanza fra le fasi [m]

D = distanza dalla terna di conduttori del punto "P" dove si vuole calcolare il valore di induzione magnetica [m]

I[A] 1500

S[m] 0,1

X[m]	B [μT]
1	51,96
2	12,99
3	5,77
4	3,25
5	2,08
6	1,44
7	1,06
8	0,81
9	0,64
10	0,52
11	0,43
12	0,36
13	0,31
14	0,27
15	0,23
16	0,20
17	0,18
18	0,16
19	0,14
20	0,13
21	0,12



6 Conclusioni

Le emissioni ELF riscontrati negli impianti fotovoltaici sono del tipo da *radiazioni non ionizzanti* e prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre.

In generale si possono evidenziare le seguenti considerazioni:

- I campi elettrici sono ininfluenti sia per gli elettrodotti in MT (30kV), laddove è sempre inferiore a 5kV/m, che per gli elettrodotti in AT (150kV), pure inferiore al citato valore di riferimento già alla distanza di pochi metri dalle parti in tensione.
- I campi magnetici, come dimostrato dai calcoli, sono sempre inferiori ai valori di rischio per la salute nelle zone dove è prevista la presenza di operatori. In ogni caso, i tempi di esposizione sono sempre al di sotto del valore medio previsto dalla norma, trattandosi generalmente di operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria.

Tenuto conto che tutte le parti d'impianto sono inaccessibili al personale non autorizzato, si esclude qualsiasi impatto anche per la popolazione, e pertanto, l'impianto nella sua globalità non introduce significativi rischi.

7 Analisi delle Distanze di Prima Approssimazione della SE-Utente

Lo studio è stato elaborato in aderenza alle linee guida Enel Distribuzione per i casi di Stazioni AT/MT con trasformatore da 50MVA perfettamente compatibili con la disposizione elettromeccanica di progetto.

Come richiamato nel presente documento, ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2) il seguente valore del campo magnetico:

- ✓ il valore di attenzione (10 μ T)
- ✓ l'obiettivo di qualità (3 μ T)

Pertanto si ribadiscono le conclusioni già riportate nel paragrafo 6 in merito ai rischi per i lavoratori.



DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/UM

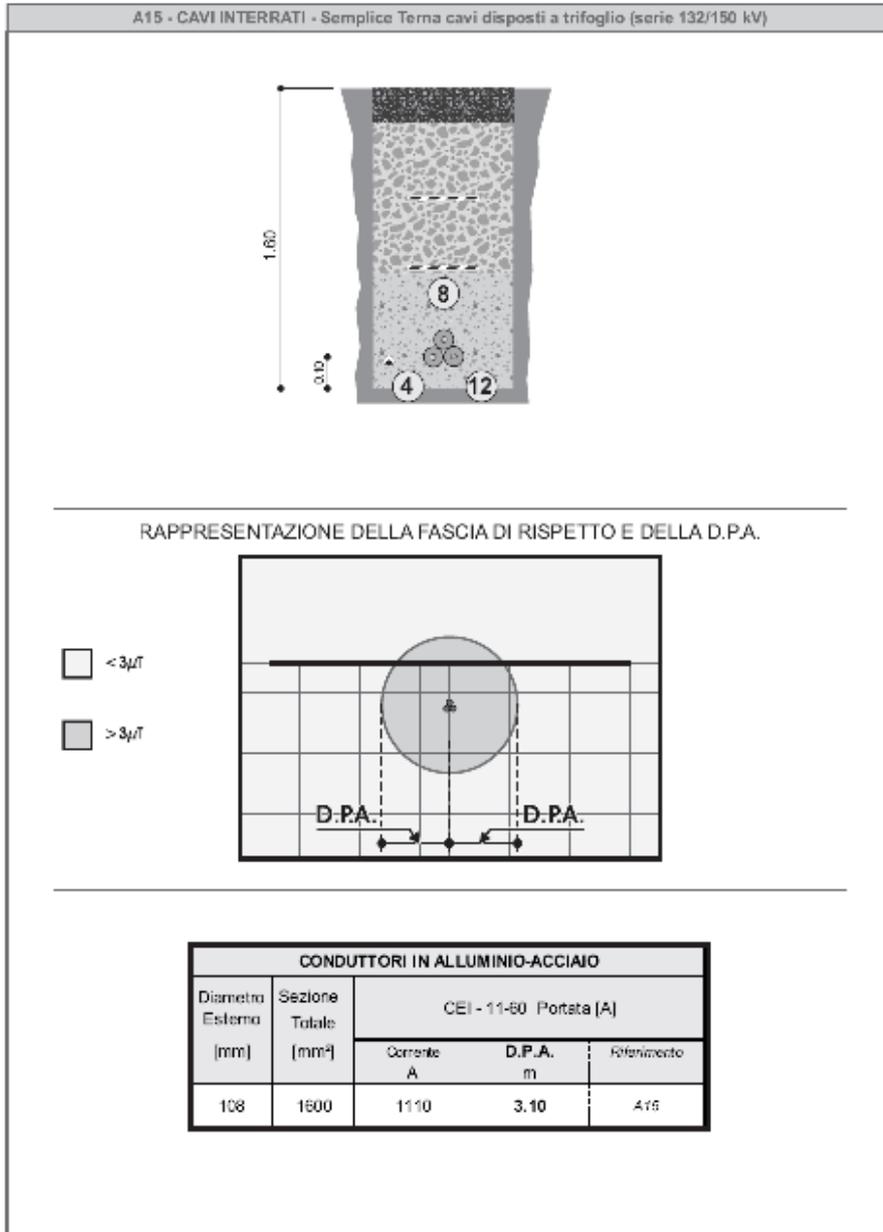


Figura 1- DPA Cavo AT



DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETTI
QSA/IT/UN

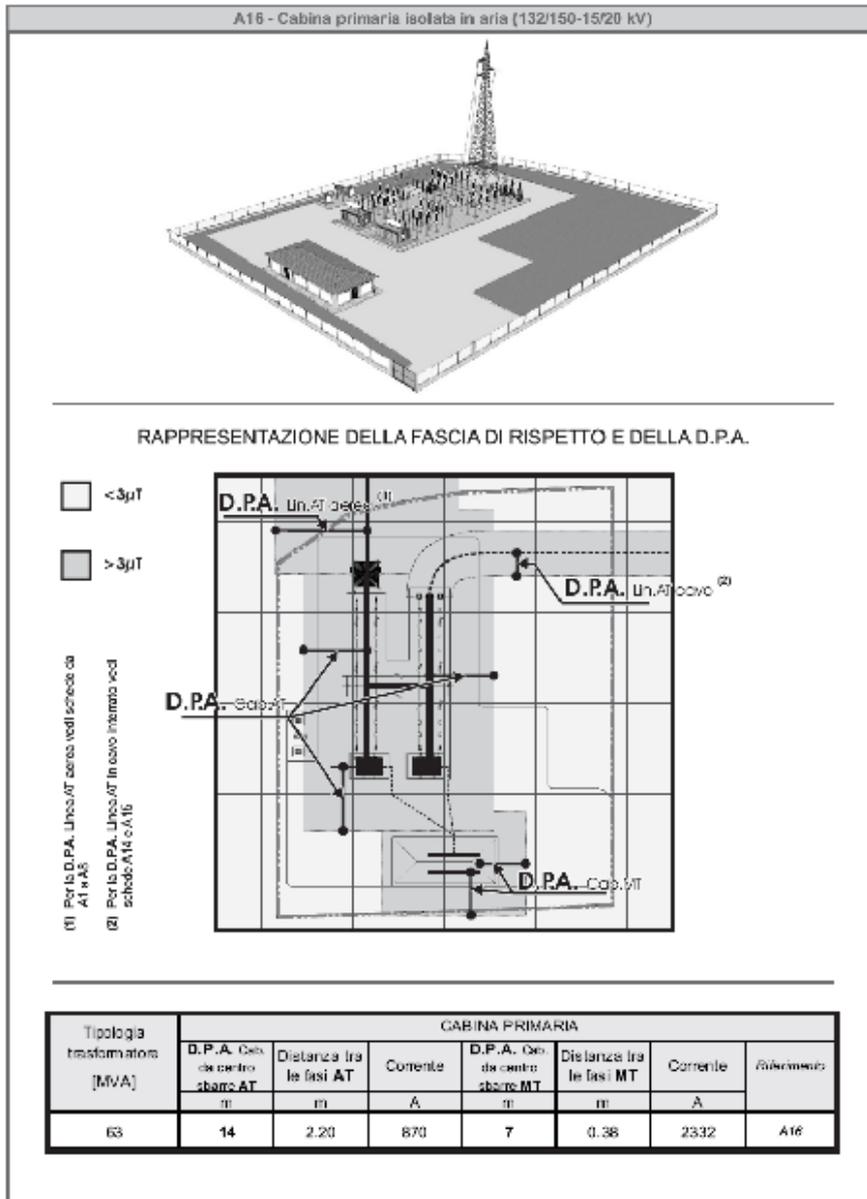
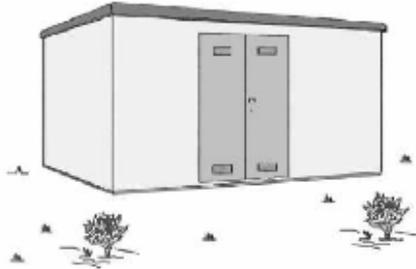


Figura 2- DPA Stazione Tipo con Trafo 63MVA

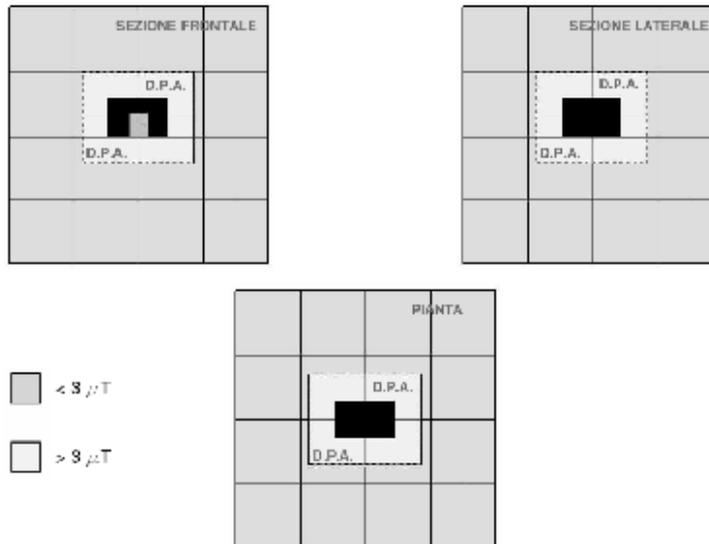


DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/ITN

**B10 – CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO –
TENSIONE 15 KV O 20 KV**



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



DIAMETRO DEI CAVI (mm)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (KVA)	CORRENTE (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
Da 0,020 a 0,027	250	361	1,5	B10a
	400	578	1,5	B10b
	630	909	2,0	B10c

Figura 3- DPA Cabina MT di Stazione