



VCC Energia Licata Srl

REGIONE SICILIANA

PROVINCIA DI AGRIGENTO
COMUNE DI LICATA



PROVINCIA DI CALTANISSETTA
COMUNE DI BUTERA



**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA
POTENZA DI 93,5 MW**

"AGRABONA"

REL.S.02

**RELAZIONE CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI S/E DI
TRASFORMAZIONE**

Committente:
VCC Energia Licata Srl
Via Oreste Ranelletti, 281 - 67043 -
Celano (AQ)
P.IVA e C.F.: 02114010669

VCC Energia Licata srl
Il Rappresentante Legale

PROGETTO DEFINITIVO

Data: 07/03/2023

Rev. 00

PROGETTO REDATTO DA: VCC Trapani Srl

I progettisti:

Dott. Ing. Vincenzo Iuliani
Ordine degli ingegneri della Provincia di Roma N. 17389



Ing. Giuseppe Morgante
Ordine degli ingegneri della Provincia di Roma N. A30998



Indice generale

Introduzione	3
Riferimenti legislativi, normativi e tecnici	3
Limiti di esposizione ed obiettivi di qualità	3
Caratteristiche dell'impianto	4
Calcolo del campo magnetico per l'esposizione dei lavoratori e del pubblico	5
Calcolo del campo elettrico per l'esposizione dei lavoratori e del pubblico	9
Conclusioni	10



Introduzione

Il presente documento ha lo scopo di esaminare le intensità dei campi elettrici e magnetici generati nella stazione elettrica di Trasformazione "Butera1", dalle parti di impianto funzionali alla consegna a 36 kV della energia prodotta da fonti rinnovabili con riferimento ai limiti previsti dalla legislazione vigente ed alle norme tecniche, per l'esposizione del pubblico e dei lavoratori.

Riferimenti legislativi, normativi e tecnici

- [1] DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"
- [2] D. Lgs. 159/2016 "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"
- [3] Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- [4] ICNIRP Guidelines For Limiting Exposure To Time-Varying Electric And Magnetic Fields (1hz – 100 Khz)
- [5] Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche" – Novembre 2008
- [6] Norma CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV" - Giugno 2002
- [6] Doc. ENEL "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche"
- [7] Doc. Terna UX LAE 08 "Caratteristiche generali delle linee elettriche aeree facenti parte della RTN"
- [8] Doc. Terna allegato A.3 al codice di trasmissione "Requisiti e caratteristiche di riferimento di stazioni e linee elettriche della RTN" – rev. 02 del maggio 2015
- [9] Raccomandazione 1999/519/CE: "Raccomandazione del Consiglio, del 12 luglio 1999, relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz"
- [10] Norma CEI EN 50499 "Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici", Novembre 2009.

Limiti di esposizione ed obiettivi di qualità

La legislazione nazionale ed europea [1][2] prescrivono limiti di esposizione per il pubblico e per i lavoratori ed obiettivi di qualità da rispettare verso recettori sensibili.

Tali limiti sono formulati secondo principi di cautela crescenti e risultano cautelativi rispetto a quanto raccomandato dagli enti scientifici internazionali [4].



Per praticità, i limiti e le raccomandazioni sono riportati nelle seguenti tabelle 1 e 2, che evidenziano come l'obiettivo di qualità per il campo magnetico previsto dalla legislazione nazionale sia improntato alla massima cautela, essendo rispettivamente 33 e 66 volte inferiore rispetto alle raccomandazioni della comunità europea e dell'ICNIRP.

Tabella 1: Raccomandazioni e limiti di esposizione per campi elettrici e magnetici a 50 Hz per i lavoratori

Fonte	Limite di esposizione campo elettrico	Limite di esposizione campo magnetico
Linee guida ICNIRP	10 kV/m	1000 μ T
D. Lgs. 159/2016(*)	10 kV/m (VA inferiore)	1000 μ T

(*) il D. Lgs. 159/2016 [2] modifica le prescrizioni del D. Lgs. 81/08 [3]

Tabella 2: Raccomandazioni e limiti di esposizione per campi elettrici e magnetici a 50 Hz per la popolazione

Fonte	Limite di esposizione campo elettrico	Limite di esposizione campo magnetico	Obiettivo di qualità campo magnetico
Linee guida ICNIRP	5 kV/m	200 μ T (*)	
Racc. 1999/519/CE	5 kV /m	100 μ T (*)	
DPCM 8 Luglio 2003	5 kV/m	100 μ T	3 μ T

(*) la linea guida ICNIRP [4] e la raccomandazione 1999/519/CE non riportano distinzioni tra limiti di esposizione ed obiettivi di qualità per il campo elettromagnetico

Caratteristiche dell'impianto

Le parti di impianto della stazione elettrica di connessione, funzionali/connesse con la implementazione della sezione 36 kV, per le quali non risulta già effettuata la verifica dei campi elettromagnetici, sono:

- I tre stalli Primario Trasformatore 230/36 kV della sezione in doppia sbarra a 220 kV, isolata in classe 380 kV, con sbarre ed apparecchiature in aria;
- Il parallelo sbarre "con sorpasso" delle sbarre
- La sezione a 36 kV, con apparecchiature blindate isolate in aria

Nel seguito sono riportate le caratteristiche delle suddette parti di impianto.

Caratteristiche sezione 220 kV

- tensione nominale di esercizio 220 kV
- tensione massima di esercizio 245 kV
- corrente di interruzione nominale cto-cto 50 kA



- corrente massima stalli primario TR 2000 A
- corrente massima stallo parallelo 2000 A
- corrente massima sbarre 3150 A

La corrente nominale delle sbarre e degli stalli AT ed AAT è definita nell'allegato A.3 al codice di rete Terna.

Caratteristiche sezione 36 kV

- tensione nominale di esercizio 36 kV
- tensione massima di esercizio 40.5 kV
- corrente di interruzione nominale cto-cto 20 kA
- corrente massima stalli linea 1600 A
- corrente massima stalli trasformatore 2000 A
- corrente nominale sbarre 2000 A

La corrente massima (1600 A) degli stalli linea 36 kV afferenti alla stazione di connessione corrisponde alla massima potenza di 100 MVA ammessa dal codice di rete Terna per la connessione su questo livello di tensione.

La corrente nominale delle sbarre e degli stalli AT ed AAT è definita nell'allegato A.3 al codice di rete Terna.

Ai fini del calcolo del campo elettrico, si assume il valore della massima tensione di esercizio in condizioni di servizio normale o di emergenza.

Calcolo del campo magnetico per l'esposizione dei lavoratori e del pubblico

Il calcolo del campo di induzione magnetica è effettuato seguendo la metodologia riportata nella norma tecnica CEI 211-4; tale metodologia è stata implementata in un ambiente di calcolo *GNU General Public License*.

Ai fini della verifica dell'esposizione del pubblico e dei lavoratori, l'altezza di calcolo è stata impostata a 1.5 m dal terreno, in accordo alle pertinenti guide tecniche CEI.

Per quanto riguarda gli **stalli Parallelo e Primario Trasformatore 230/36 kV**, l'altezza dei conduttori sul terreno è stata considerata pari a 5,0 m (altezza minima rispetto al suolo lungo l'estensione dello stallo in corrispondenza dell'interruttore), l'interasse tra le fasi è pari a 5,50 m. La figura 1 sottostante riporta il profilo del campo di induzione magnetica generato da una corrente pari a 2000 A.

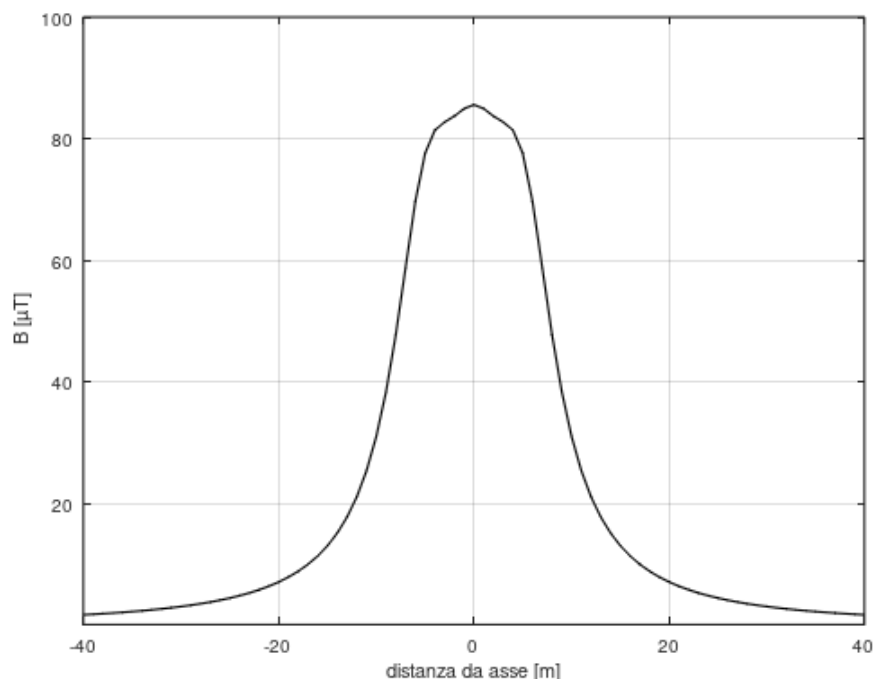


Figura 1: profilo di induzione magnetica generata dallo stallo parallelo e TR 220 kV ($I=2000$ A), lungo una sezione trasversale allo stallo stesso

In particolare si può osservare che:

- Il valore massimo riscontrato di circa $86\mu\text{T}$, valore inferiore di oltre un ordine di grandezza rispetto al valore di soglia previsto dalla legislazione vigente ($1000\mu\text{T}$ in accordo a [2],[3]), garantendo con ampio margine il rispetto dei limiti per l'esposizione dei lavoratori.
- Il valore di $100\mu\text{T}$, corrispondente al limite di esposizione per il pubblico [1] non è mai raggiunto, garantendo con ampio margine il rispetto dei limiti di esposizione per il pubblico.
- Il valore di $3\mu\text{T}$, corrispondente all'obiettivo di qualità [1] per la popolazione si riscontra alla distanza di circa 29 m a partire dall'asse dello stallo, distanza al di sotto della quale non sono presenti recettori.

Per quanto riguarda **le sbarre AT a 220 kV** (altezza delle sbarre pari a 11.8 m, interasse pari a 5.5 m), la figura 2 sottostante riporta il profilo del campo di induzione magnetica generato dalle sbarre in aria, attraversate dalla corrente massima di 3150 A.

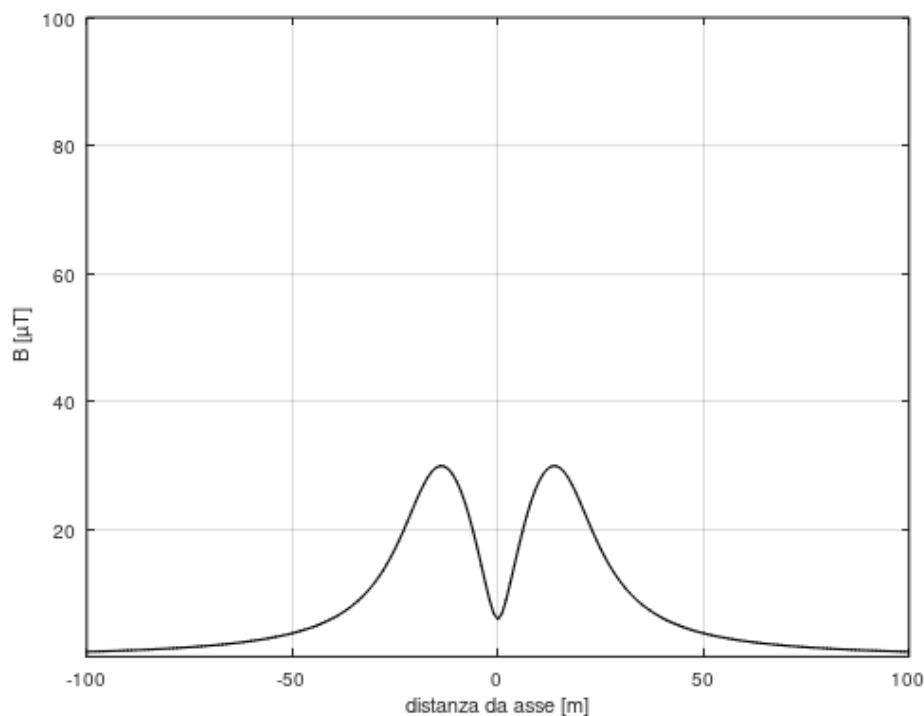


Figura 2: profilo di induzione magnetica generata dal sistema doppia sbarra($I=3150$ A), lungo una sezione trasversale alle sbarre stesse

In particolare si può osservare che:

- Il valore massimo riscontrato è pari a $30 \mu\text{T}$, valore inferiore di oltre un ordine di grandezza rispetto al valore di soglia previsto dalla legislazione vigente ($1000 \mu\text{T}$ in accordo a [2],[3]), garantendo con ampio margine il rispetto dei limiti per l'esposizione dei lavoratori.
- Il valore di $100 \mu\text{T}$, corrispondente al limite di esposizione per il pubblico [1] non è mai raggiunto, garantendo con ampio margine il rispetto dei limiti di esposizione per il pubblico.
- Il valore di $3 \mu\text{T}$, corrispondente all'obiettivo di qualità [1] per la popolazione si riscontra a 55 m a partire dall'asse delle sbarre, distanza entro la quale non sono localizzati recettori.

Per quanto riguarda i **cavi 36 kV di collegamento tra i Trasformatori e l'edificio Quadri**, la DPA risulta pari a **3 m** dall'asse della linea in cavo; la figura 5 sottostante riporta il profilo del campo di induzione magnetica generato dal sistema cavi, attraversati dalla corrente complessiva di 2000 A (profondità di interrimento pari a 0.8 m, posa a trifoglio, interasse di 40 cm tra le terne di cavi).

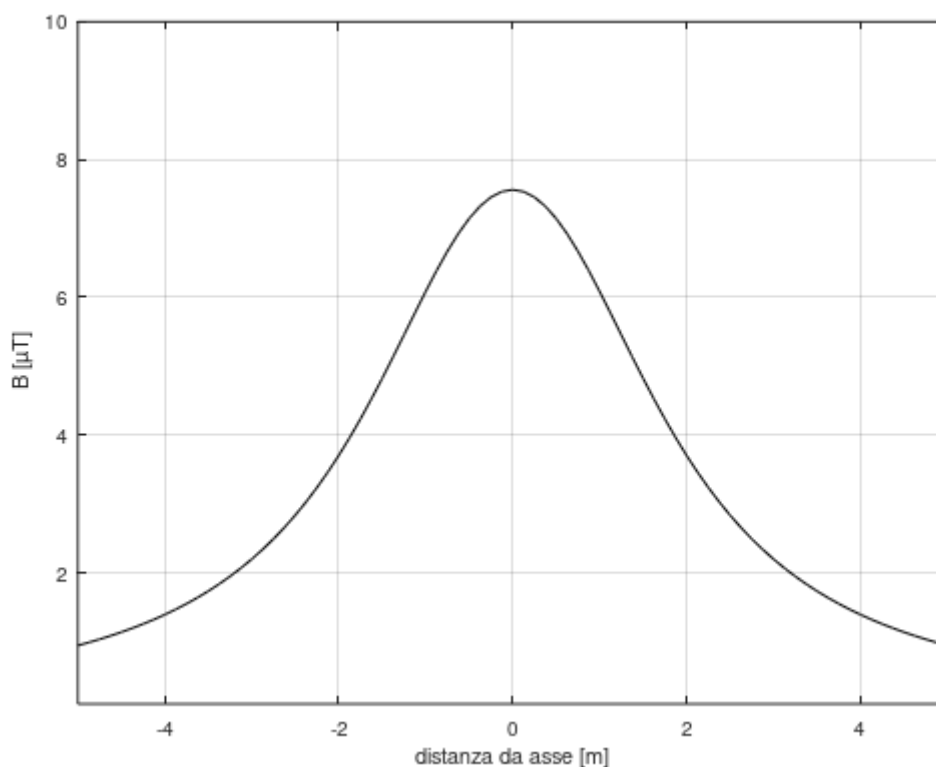


Figura 3: profilo di induzione magnetica generata dai cavi di collegamento tra trasformatori e quadri 36 kV ($I=2000$ A), lungo una sezione trasversale alla linea in cavo

In particolare si può osservare che:

- Il valore massimo riscontrato è inferiore a $10 \mu\text{T}$, valore inferiore di due ordini di grandezza rispetto al valore di soglia previsto dalla legislazione vigente ($1000 \mu\text{T}$ in accordo a [2],[3]), garantendo con ampio margine il rispetto dei limiti per l'esposizione dei lavoratori.
- Il valore di $100 \mu\text{T}$, corrispondente al limite di esposizione per il pubblico [1] non è mai raggiunto, garantendo con ampio margine il rispetto dei limiti di esposizione per il pubblico.
- Il valore di $3 \mu\text{T}$, corrispondente all'obiettivo di qualità [1] per la popolazione si riscontra a 2.5 m a partire dall'asse della linea, distanza al di sotto della quale non sono presenti recettori..

Relativamente alla sezione a 36 kV, essendo essa realizzata con quadri blindati aventi involucro in acciaio ferromagnetico, esso garantisce un'efficace schermatura per il campo magnetico.

Calcolo del campo elettrico per l'esposizione dei lavoratori e del pubblico

Il calcolo del campo elettrico è effettuato seguendo la metodologia riportata nella norma tecnica CEI 211-4; tale metodologia è stata implementata in un ambiente di calcolo GNU *General Public License*.

Ai fini della verifica dell'esposizione del pubblico e dei lavoratori, l'altezza di calcolo è stata impostata a 1,5 m dal terreno.

Per quanto riguarda gli **stalli Parallelo e Primario Trasformatore 230/36 kV**, la valutazione è effettuata nelle condizioni di minore altezza delle parti in tensione 5.0 m e collegamento con doppia corda alluminio Diametro 41,1mm distanziate di 0.4 m. La figura 4 sottostante riporta il profilo del campo elettrico generato da tale porzione di stallo alla massima tensione di esercizio.

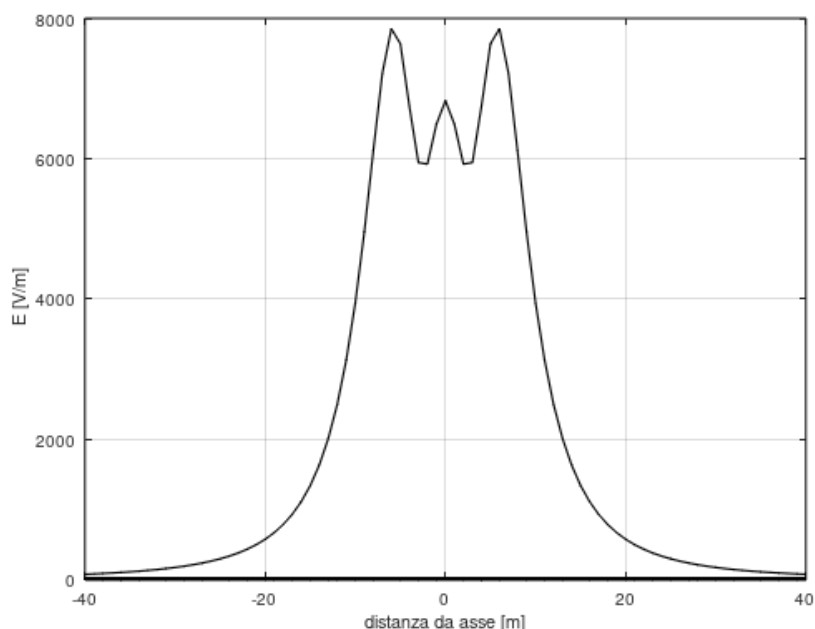


Figura 4: profilo del campo elettrico generato dallo stallo parallelo e dallo stallo primario TR 230/36 kV lungo una sezione trasversale allo stallo

La figura evidenzia che:

- L'intensità del campo elettrico non supera mai, con un ampio limite di sicurezza, il valore prescritto per l'esposizione dei lavoratori di 10 kV/m [2] [3], in ogni punto esterno ed interno alla stazione.
- Il valore massimo per l'esposizione del pubblico di 5 kV/m [1], viene raggiunto ad una distanza di circa 9 m dall'asse dello stallo; ne consegue che il valore di soglia è rispettato in qualunque punto esterno alla stazione elettrica.

Per quanto riguarda le **sbarre AT 220 kV**, la figura 8 sottostante riporta il profilo del campo elettrico generato dal sistema in doppia sbarra, alla massima tensione di esercizio, calcolato

considerando l'altezza di 11.8 m del sistema di sbarre dal suolo, conduttori tubolari di alluminio di diametro 220 mm ad un interasse di 5,5 m.

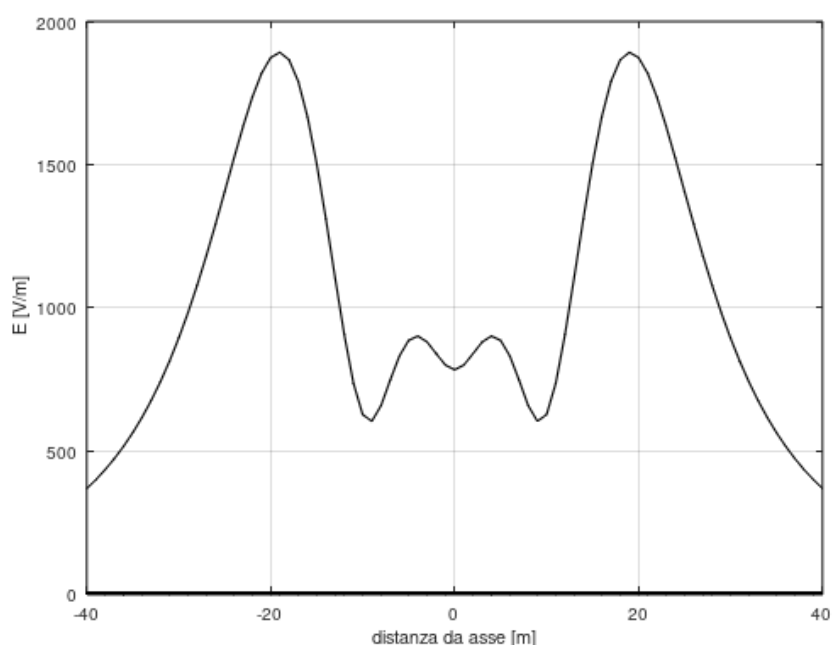


Figura 8: profilo del campo elettrico generato dalle doppie sbarre lungo una sezione trasversale

La figura evidenzia che:

- L'intensità del campo elettrico non supera mai né il valore prescritto per il pubblico di 5 kV/m [1], né il valore massimo per l'esposizione dei lavoratori (10 kV/m) [2][3], in ogni punto esterno ed interno alla stazione.

Conclusioni

Per mezzo della metodologia prescritta dalle normative tecniche di riferimento [5], e sulla base delle caratteristiche dei componenti di linea [7] e stazione [8], si sono calcolati i campi elettromagnetici relativi alla nuova stazione di connessione.

I risultati della verifica evidenziano il rispetto dei limiti di esposizione per i lavoratori ed il pubblico, nonché degli obiettivi di qualità prescritti dalla legislazione vigente:

- I limiti di esposizione (VA inferiori) **per i lavoratori** previsti dalla legislazione vigente [2],[3] (10 kV/m per il campo elettrico e 1000 μ T per il campo magnetico) **sono rispettati in ogni punto interno ed esterno alla stazione elettrica, con ampio margine di sicurezza.**



- I limiti di esposizione prescritti **per il pubblico** dalla legislazione vigente [1] di 5 kV/m e 100 μ T **sono rispettati in ogni punto esterno alla stazione, con ampio margine di sicurezza**. In particolare, il limite di esposizione per il pubblico al campo elettrico viene raggiunto alla distanza di 9 m dall'asse degli stalli, mentre il limite di esposizione per il pubblico al campo magnetico è rispettato in ogni punto interno della stazione.
- Il valore dell'obiettivo di qualità per il campo magnetico [1] , pari a 3 μ T, viene raggiunto a distanza di circa 55 m dall'asse delle sbarre, di 29 m dall'asse degli stalli e di 2.5 m dall'asse dei cavi, distanze entro la quale non sono presenti recettori.
- La distanza di prima approssimazione (**DPA**) è pari a 57 m dall'asse delle sbarre, di 31 m dall'asse degli stalli e di 3 m dall'asse dei cavi distanze entro le quali non sono presenti recettori.

Come evidenziato nelle cartografie di progetto, stante le distanze di prima approssimazione sopra considerate, nessun recettore è compreso all'interno delle DPA relative alla stazione elettrica di consegna.