

01	22/10/2013	Modificato secondo mail Terna RI del 19/10/2013	Capra D.	Sala M.	Capra D.
00	03/08/2013	PRIMA EMISSIONE	Capra D.	Sala M.	Capra D.
REV	DATA	DESCRIZIONE REVISIONI	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

CESI

CESI S.p.A.
Via Rubattino 54 Milano - Italia
Tel: +39 02 21251 - Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it

Valutazione dell'induzione magnetica e verifica del rispetto dei limiti di legge (DPCM 8 luglio 2003) relativi alla nuova stazione elettrica di Udine Sud.

COMMITTENTE Terna Rete Italia	ELABORATO N. B3025064	NOME FILE RU31659ABCR10525_00_01.pdf	SCALA --	FOGLIO --
-------------------------------------	--------------------------	---	-------------	--------------

NUMERO E DATA ORDINE: Lettera di attivazione 4000048352 del 14.06.2013

MOTIVO DELL'INVIO: PER APPROVAZIONE PER INFORMAZIONE

SCALA DI STAMPA: - SOSTITUISCE IL: SOSTITUITO DAL:

REVISIONI					
	00	22/10/2013	ING-REA-PRINE	ING-REA-PRINE	Approvato con mail del 19/10/2013
N.	DATA	ESAMINATO TERNA/EXT	ACCETTATO UNITA' TERNA	RIFERIMENTO ACCETTAZIONE	

Terna Rete Italia S.p.A.
Direzione Ingegneria - Realizzazione
Area Progettazione e Realizzazione Impianti - Nord Est
Via San Crispino, 22 - 35129 PADOVA
IL RESPONSABILE
Ing. Gaetano Pазienza

PAD B3025064 (1868429) - USO RISERVATO

TIPOLOGIA DELL'ELABORATO	CODIFICA DELL'ELABORATO	
RELAZIONE	RU31659ABCR10525	
PROGETTO	TITOLO	
TE-CR-11-013	STAZIONE ELETTRICA UDINE SUD Calcolo dell'induzione magnetica generata dalla nuova stazione elettrica.	
RICAVATO DAL DOC. TERNA		
CLASSIFICAZIONE DI SICUREZZA		

NOME DEL FILE	SCALA	FORMATO	SCALA	FOGLIO
RU31659ABCR10525_00_01.pdf	CAD	A4		01 di 13

Questo documento contiene informazioni di proprietà Terna S.p.A. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Terna S.p.A.

This document contains information proprietary to Terna S.p.A. and it will have to be used exclusively for the purposes for which it has been furnished. Whichever shape of spreading or reproduction without the written permission of Terna S.p.A. is prohibited.

Cliente Terna Rete Italia SpA

Oggetto Valutazione dell'induzione magnetica e verifica del rispetto dei limiti di legge (DPCM 8 luglio 2003) relativi alla nuova stazione elettrica di Udine Sud.

Ordine Attivazione: n° 4000048352 del 14/06/2013 – ING101–CEMRUM UDINE 2013 – Valutazione dell'impatto elettromagnetico ed acustico della nuova stazione elettrica di Udine Sud.- Rev.0

Note Codifica Terna: RECR10001CASA00240
Co.In. AT13ESS001
Inviato con lettera prot. n° B3028585

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

PAD B3025064 (1868395) - USO RISERVATO

N. pagine 12 **N. pagine fuori testo**

Data 22/10/2013

Elaborato ESS - Capra Davide
B3025064 3293 AUT

Verificato ESS - Sala Maurizio
B3025064 3741 VER

Approvato ESS - Capra Davide (Project Manager)
B3025064 3293 APP

Indice

1	SOMMARIO	3
2	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	3
3	CONDIZIONI DI CARICO	5
4	CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO	6
5	MODELLO DI CIRCUITO	7
6	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	7
7	CONCLUSIONI	11
8	BIBLIOGRAFIA	12

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	22/10/2013	B3025064	Prima emissione

1 SOMMARIO

Il presente lavoro illustra i risultati della valutazione dei campi magnetici associabili al progetto della stazione elettrica (s.e.) di "Udine Sud" situata al confine tra i Comuni di Pavia di Udine e Santa Maria la Longa, al fine di verificare il rispetto del DPCM dell'8 luglio 2003 [1].

I risultati dei calcoli effettuati indicano che in corrispondenza dei possibili recettori sensibili interessati dalla realizzazione dei nuovi raccordi è sempre rispettato l'obiettivo di qualità di 3 μ T imposto dal DPCM sopra richiamato.

Per quanto riguarda i livelli di campo elettrico generati dalla stazione, la distanza dei luoghi accessibili al pubblico dagli elementi circuitali e la presenza della recinzione che svolge un efficace effetto mitigativo garantiscono il rispetto del limite di esposizione di 5 kV/m definito dal DPCM citato. Valori più alti di campo elettrico possono rilevarsi in corrispondenza degli elettrodotti aerei per i quali è per altro noto che, il rispetto dei franchi minimi di legge, garantisce anche il rispetto dei 5 kV/m.

2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

La s.e. di "Udine Sud" sarà ubicata al confine tra i Comuni di Pavia di Udine e Santa Maria la Longa in provincia di Udine.

La nuova s.e., dotata di opportune trasformazioni, sarà costituita da una sezione a 380 kV in doppia sbarra con parallelo ed una sezione a 220 kV in doppia sbarra, anch'essa con parallelo.

Alla nuova stazione sarà collegato in entra-esci il nuovo elettrodotto in doppia terna ottimizzata a 380 kV "Udine Ovest – Redipuglia" e, mediante un breve raccordo a 220 kV, l'esistente elettrodotto "Udine Nord-Est – Redipuglia – der. Safau".



Figura 1 - Planimetria della stazione elettrica di "Udine Sud" (estratto del file fornito da TERNA denominato: "UDNPTODI08003.dwg"). In rosso gli elettrodotti a 380 kV, in verde gli elettrodotti a 220 kV.

3 CONDIZIONI DI CARICO

Come è noto, l'induzione magnetica¹ è direttamente proporzionale all'intensità della corrente che circola nei conduttori degli impianti elettrici.

Nel caso specifico, la valutazione del campo magnetico è stata cautelativamente effettuata per la condizione relativa al carico massimo di ciascun conduttore. Questa condizione è considerata a puro titolo teorico poiché prevede che venga rispettata il 1° principio di Kirchhoff (ai nodi) e cioè che la somma delle correnti entranti in un nodo è uguale alla somma delle correnti uscenti.

Per gli elettrodotti aerei è stata considerata la "Portata in Corrente in Servizio Normale" riferita alla Zona B - periodo F, come definita dalla norma CEI 11-60². Per i conduttori di sbarra e per i congiuntori sbarre è stata ipotizzata la corrente massima di progetto, mentre per gli stalli trasformatore la corrente è stata calcolata dalla potenza nominale di ciascun trasformatore (vedi Tabella 1 e Figura 2).

Tabella 1: Carichi simulati per ciascun conduttore.

Tensione [kV]	Tipologia	Nome elettrodotto	Corrente [A]	Direzione flusso di energia ³
380	Sbarra	A	4000	---
380	Sbarra	B	4000	---
220	Sbarra	A	2000	---
220	Sbarra	B	2000	---
380	Congiuntore	---	3150	---
220	Congiuntore	---	2000	---
380	Linea aerea DT	Redipuglia	2310+2310	Uscente
380	Linea aerea DT	Udine Ovest	2310+2310	Uscente
220	Linea aerea ST	Udine Nord Est	710	Uscente
220	Stallo	TR1	1050	---
380	Stallo	TR1	580	---
220	Stallo	TR2	1050	---
380	Stallo	TR2	580	---

¹L'induzione magnetica B, anche chiamata densità del flusso magnetico, è espressa in Tesla o sottomultipli come il μT (10^{-6} T). Essa è una grandezza di uso più comune del campo magnetico H (espresso in A/m) ed è direttamente correlata a quest'ultimo attraverso la relazione $B=\mu\cdot H$ dove μ rappresenta la permeabilità magnetica del mezzo (che per l'aria assume il valore di $4\pi \times 10^{-7}$ henry/m). Nella presente relazione il termine campo magnetico viene usato come sinonimo di induzione magnetica.

² Questa condizione è considerata a puro titolo teorico poiché prevede che su alcuni tratti di sbarra transitino correnti superiori a quelle massime sopportabili.

³ Per entrante ed uscente si intende rispettivamente corrente entrante od uscente dalla s.e.

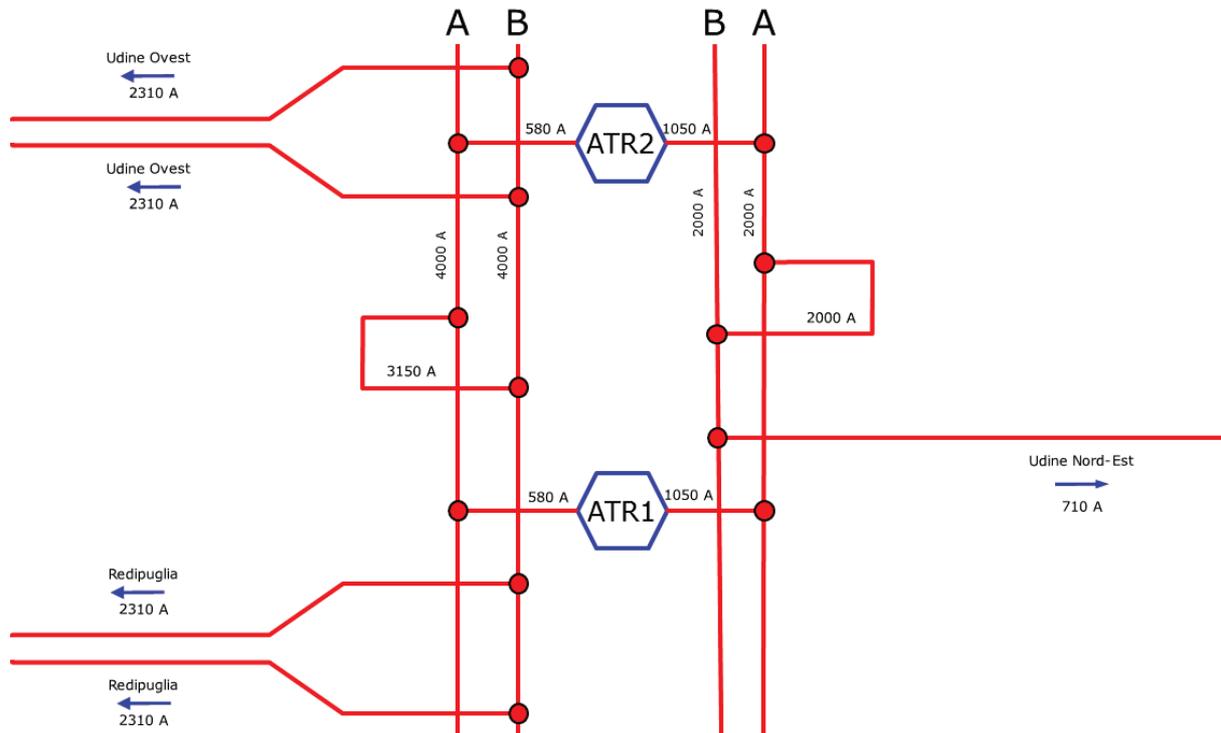


Figura 2 - Schema elettrico dei flussi di energia adottato per il calcolo dell'induzione magnetica

4 CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Allo scopo di predire i valori di campo magnetico associabili all'impianto in progetto, è stato realizzato il modello elettrico tridimensionale degli elettrodotti e dei circuiti elettrici di stazione utilizzando il codice di calcolo "Ampere3D", sviluppato dal CESI, per il calcolo dei campi magnetici a frequenza industriale generati da elementi circuitali arbitrariamente disposti nello spazio (vedi [2], [3], [4]).

Il codice di calcolo sopra citato rappresenta ogni conduttore del circuito elettrico simulato come un insieme di segmenti di lunghezza finita disposti in modo tale da approssimare anche eventuali andamenti non rettilinei. L'applicazione delle leggi di "Biot-Savart" ai conduttori di lunghezza finita, congiuntamente all'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti, consente la determinazione del campo magnetico in ogni punto dello spazio.

Il modello è stato validato per confronto sia con i risultati sperimentali disponibili in letteratura [5] sia con quelli ottenuti mediante formule analitiche approssimate (valevoli cioè solo per assegnate distribuzioni bidimensionali dei conduttori [6]) evidenziando una buona corrispondenza fra misure e simulazioni ed un buon accordo fra i valori del campo calcolati con i due metodi.

5 MODELLO DI CIRCUITO

Gli elettrodotti aerei sono stati modellati dal portale di stazione fino al primo sostegno, mentre nella stazione elettrica sono stati modellati i portali di stazione, i pannelli di linea e le sbarre.

Si evidenzia inoltre che non è stato effettuato il calcolo del campo magnetico generato dai trasformatori presenti nella cabina primaria in quanto questo può essere considerato trascurabile, soprattutto per i trasformatori isolati in olio, rispetto al campo magnetico generato dai collegamenti presenti come suggerito al § 4.1.1 del Rapporto Tecnico CEI CLC/TR 50453 [7].

La Figura 3 mostra la vista prospettica del modello circuitale realizzato: le linee di colore arancione rappresentano i circuiti elettrici di stazione e i conduttori degli elettrodotti aerei, la linea in blu rappresenta il perimetro della s.e. e, infine, il perimetro delimitato dalle linee tratteggiate azzurre rappresenta l'area in cui è stato eseguito il calcolo dell'induzione magnetica.

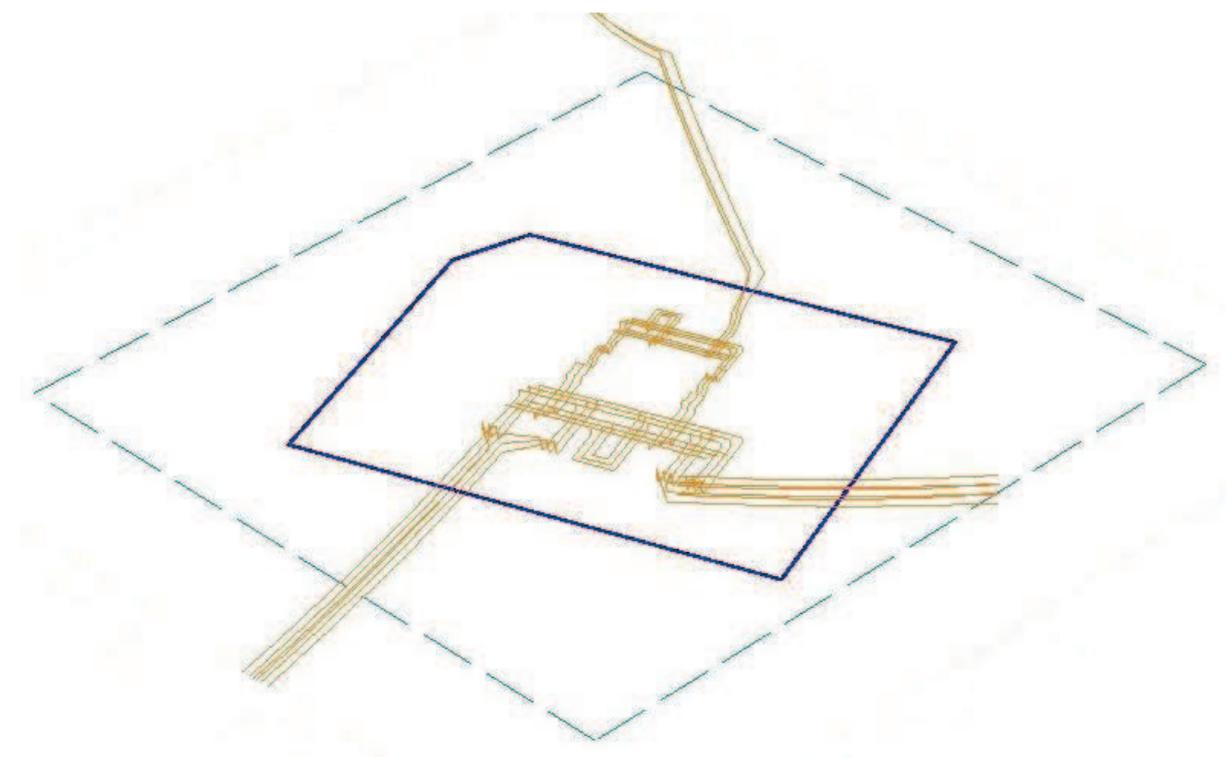


Figura 3 - Modello 3D dell'impianto.

6 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

La stima del campo magnetico è stata effettuata su un'area di forma rettangolare di circa 600 m x 550 m di lato secondo una griglia quadrata di calcolo pari a 5 m.

Si evidenzia che lo studio dell'andamento del campo magnetico all'interno della stazione va oltre gli scopi del presente documento. Le curve isolivello rappresentate all'interno

della stazione nelle figure seguenti devono quindi essere considerate solo indicative dell'andamento del campo magnetico.

Nelle figure 5÷7 sono mostrati i risultati delle simulazioni, nella condizione di assetto della stazione descritta in Tabella 1 ed in Figura 2, sotto forma di aree all'interno delle quali il campo magnetico previsto è maggiore di $3 \mu\text{T}$ valutate a 1 m, a 2 m, a 5 m e a 10 m dal suolo sovrapposte alla planimetria dell'area interessata.

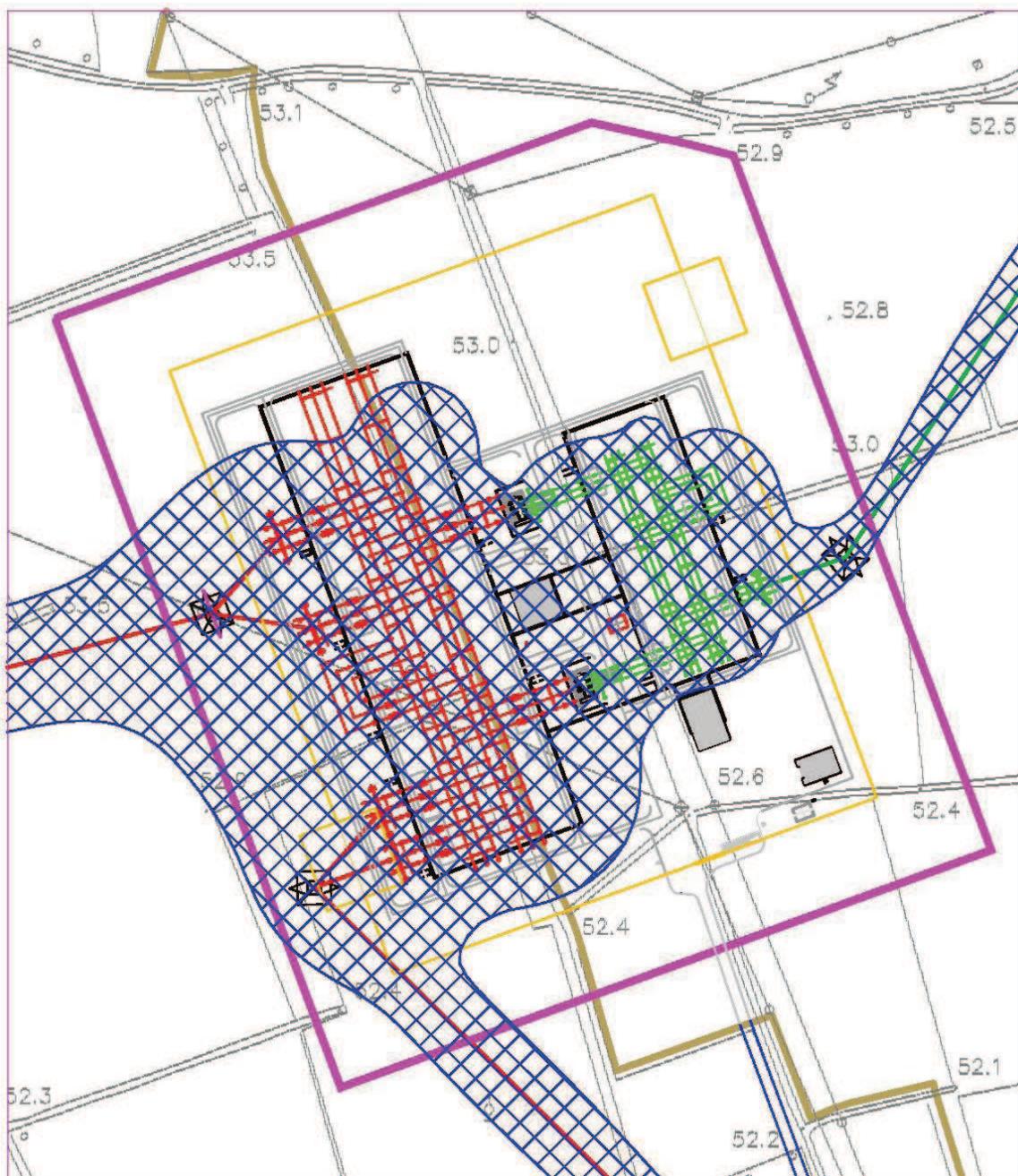


Figura 4 – Curve isolivello del campo magnetico a 1 m da terra a $3 \mu\text{T}$, nell'area di calcolo considerata.

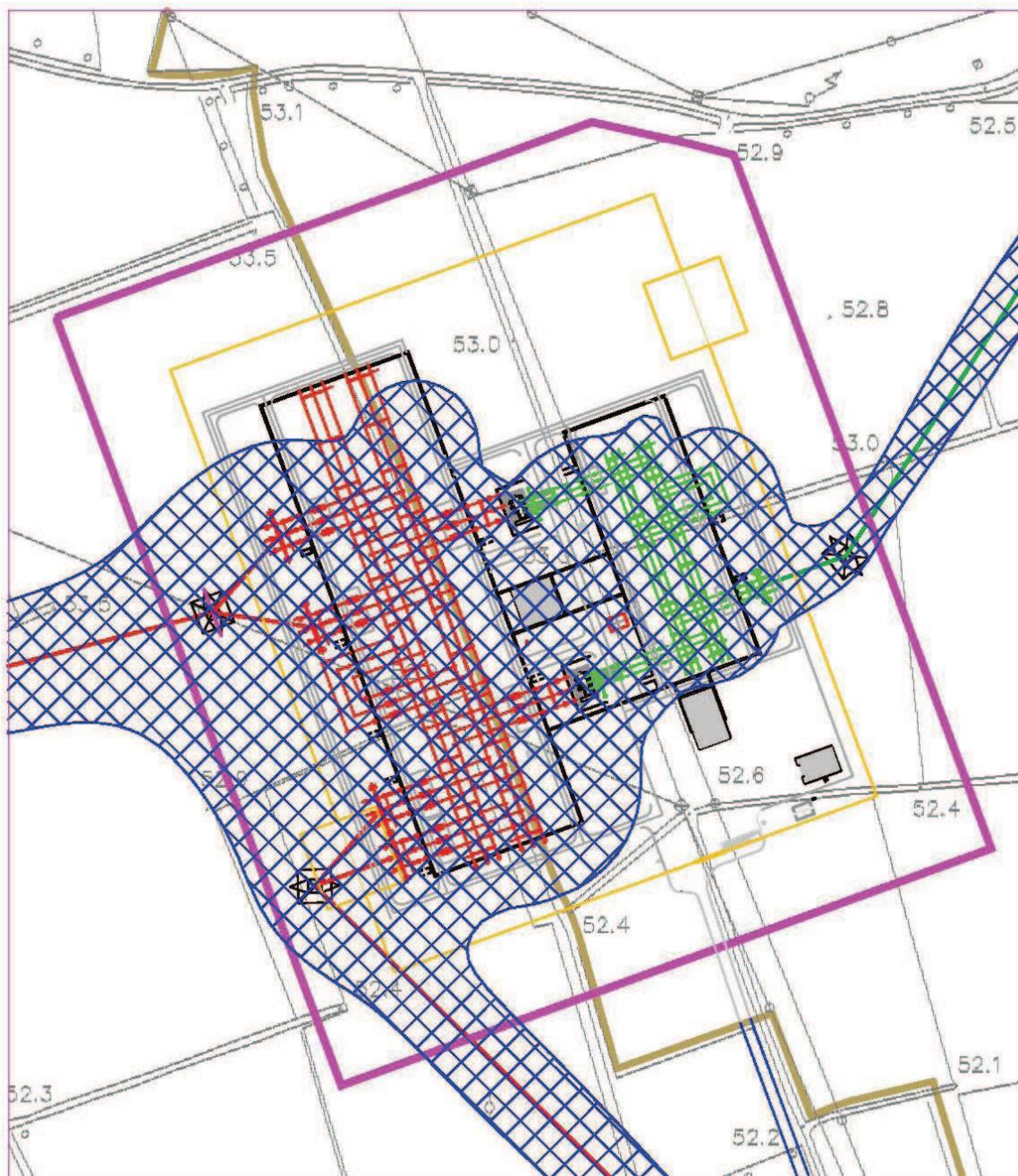


Figura 5 – Curve isolivello del campo magnetico a 2 m da terra a $3 \mu\text{T}$, nell'area di calcolo considerata.

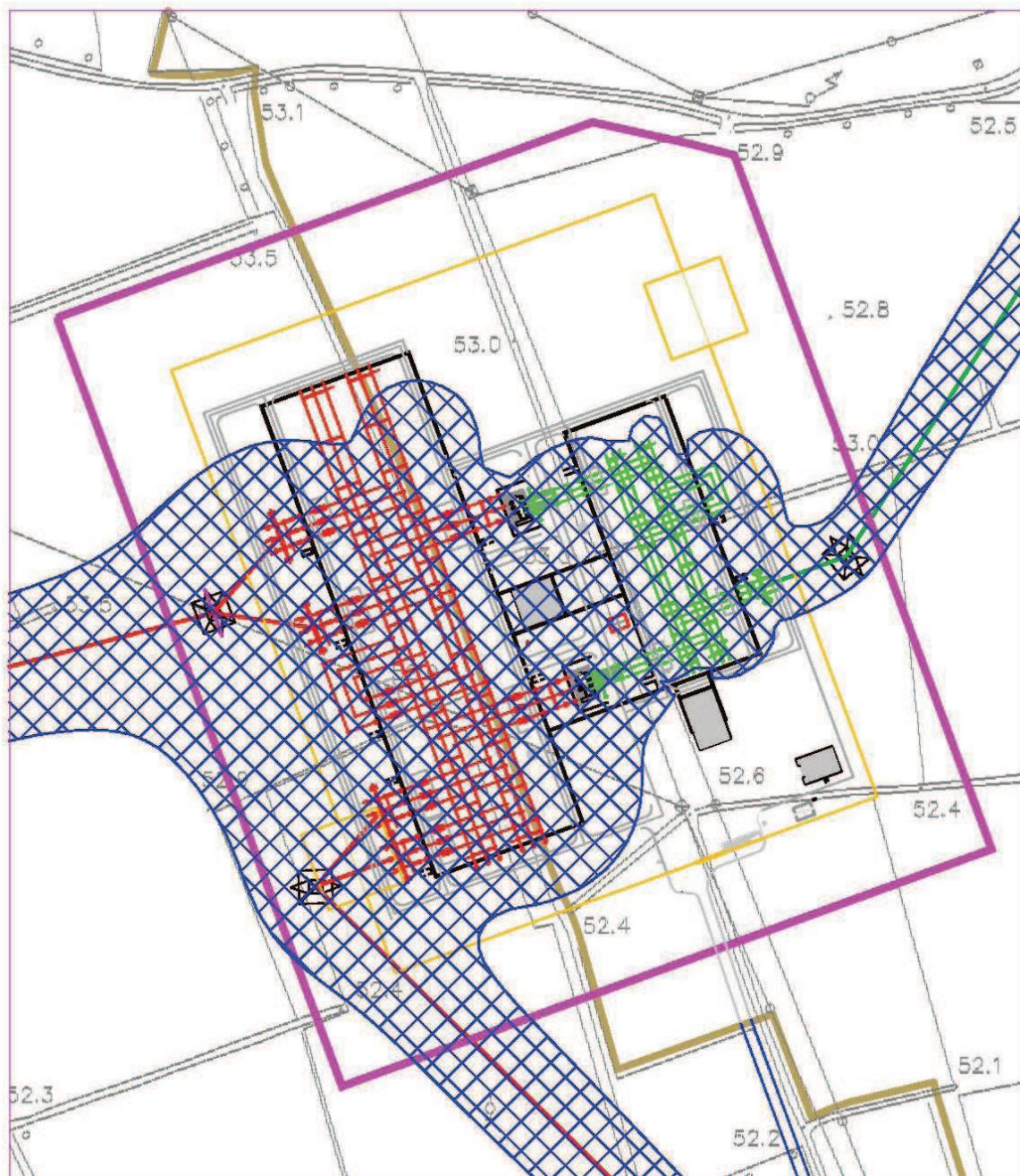


Figura 6 – Curve isolivello del campo magnetico a 5 m da terra a $3 \mu\text{T}$, nell'area di calcolo considerata.

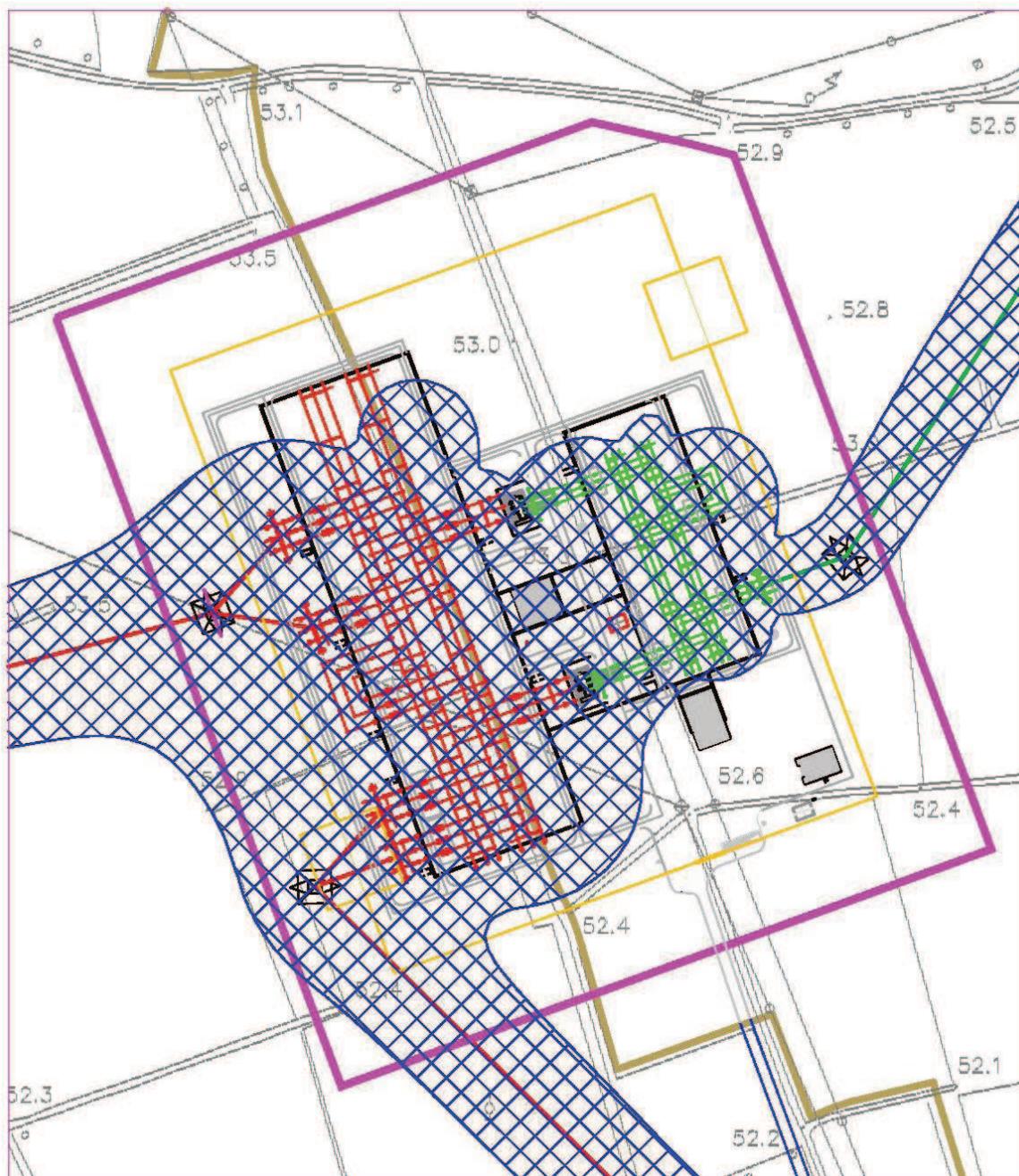


Figura 7 – Curve isolivello del campo magnetico a 10 m da terra a $3 \mu\text{T}$, nell'area di calcolo considerata.

7 CONCLUSIONI

È stato realizzato il modello circuitale della nuova s.e. di "Udine Sud" e dei nuovi raccordi delle linee aeree a 380 kV e 220 kV afferenti alla stazione stessa.

I calcoli evidenziano sostanzialmente che le area all'esterno della stazione interessate da livelli di induzione magnetica superiore a $3 \mu\text{T}$ sono quelle sottostanti le linee elettriche aeree ad essa afferenti. Solo nella zona a Ovest (in basso a sinistra nelle figure) la

stazione genera un campo magnetico superiore a $3 \mu\text{T}$ in un'area che si estende ad una distanza massima di circa 10 m dalla recinzione della stazione.

Si ricorda che la condizione di esercizio ipotizzata è puramente teorica poiché prevede che su tutti i tratti di sbarra transitino correnti pari alla portata massima. Essa non verrà mai raggiunta nell'esercizio dell'impianto e deve quindi essere considerata estremamente cautelativa.

In ogni caso, nell'area in cui ci si aspetta un superamento dell'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$, non vi sono luoghi in cui è prevedibile la presenza prolungata di persone del pubblico.

8 BIBLIOGRAFIA

- [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] Geri, G. M. Veca, R. Conti: "Calcolo del campo magnetico prodotto dai sistemi elettrici di potenza". 96a Riunione Annuale dell'AEI - Roma, 1995.
- [3] D. Capra, R. Conti, F. Deponi, N. Fanelli, L. Pedretti: "CESI's experience in the areas of characterisation, assessment and reduction of human exposure to extremely low frequency electromagnetic fields ". Atti del Convegno nazionale di ARPA-Ivrea su "Problemi e tecniche di misura degli agenti fisici in campo ambientale". Ivrea, 3/5 aprile 2001. (in Radiation Protection Dosimetry - special issue).
- [4] D. Capra , R. Conti , F. Deponi , N. Fanelli , L. Pedretti: "Metodi sperimentali e modelli numerici per la valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale: utili sinergismi" , Riunione Generale AEI, Padova, 3-5 ottobre, 2001.
- [5] J.E. Bridges, M. Preache, "Biological influences of power frequency electric fields - A tutorial review from a physical and experimental viewpoint". Proceedings of the IEEE, vol. 69, n°. 9, September 1981.
- [6] W. T. Kaune and L. E. Zaffanella, "Analysis of magnetic fields produced far from electric power lines", IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 7, n°. 4, pp 2082-2089, October 1992.
- [7] Norma Tecnica CEI CLC/TR 50453 del 02/2008: "Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza".