

# COMUNI DI ALLISTE E RACALE

PROVINCIA DI LECCE

Progetto definitivo per la costruzione di linee elettriche interrate in cavo M.T. a 20kV da posare, cabina di consegna del tipo box prefabbricata da installare e annesse infrastrutture, il tutto per la connessione alla rete e-distribuzione di un impianto di produzione da fonte solare di potenza nominale 6MW denominato Racale Bagnato ricadente nei comuni di Alliste e Racale  
(Cod. rintr. four: 252553481)

Procedura Autorizzativa: Conferenza di Servizi Regionale ai sensi del D. Lgs. n. 387 del 29/12/2003

PROGETTO CABINA PRIMARIA AT-MT  
AMPLIAMENTO CABINA PRIMARIA "RACALE-LE" CP-D500-1-383160  
PER INSTALLAZIONE TERZO STALLO DI TRASFORMAZIONE AT-MT

## IDENTIFICATIVO ELABORATO

LIVELLO PROG	COD. RINTR	TIPO DOCUM.	N° ELABOR.	N° Foglio	Tot. Fogli	Data	Rev.	Scala
PD	252553481	CP	13	1		01/03/2022	0	
PD	252553481	CP	13	1		01/07/2022	1	
PD	252553481	CP	13	1		16/02/2023	2	

## DESCRIZIONE ELABORATO

- RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

PROGETTISTA  
Ing. Sergio Martano  
Via Vittorio Veneto, 64  
70128 Bari  
E-mail: studio.martano2@gmail.com



VISTO E-DISTRIBUZIONE

RICHIEDENTE:  
TONELLO ENERGIE SRL  
Via Bordalucchi n. 3  
36030 - Fara Vicentino

# 1. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

## Richiami normativi

La normativa che regola l'esposizione della popolazione a campi elettromagnetici risale ai primi anni '90; la prima legge emanata, ora abrogata, è stato il DPCM del 23 aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrici e magnetici generali alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", che fissava la distanza da mantenersi dagli elettrodotti aerei ed i valori massimi di esposizione per la popolazione.

Con il crescere dell'interesse da parte della popolazione per la tematica in oggetto, è stata avvertita la necessità di una regolamentazione più dettagliata dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici.

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

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito, il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla CE di continuare ad adottare tali linee guida. Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge quadro 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico.

L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito:

- Limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- Valore di attenzione, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- Obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

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

In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 08.07.2003, che ha fissato il limite di esposizione in  $100 \mu\text{T}$  per l'induzione magnetica e  $5 \text{ kV/m}$  per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di  $10 \mu\text{T}$ , a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di  $3 \mu\text{T}$ . È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Non si deve

dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea.

	Campo magnetico ( $\mu\text{T}$ )	Campo elettrico ( $\text{V/m}$ )	NOTE
Limite di esposizione	100	5000	-
Valore di attenzione	10	-	Da verificarsi in luoghi adibiti a permanenza non inferiore alle 4 ore
Obiettivo di qualità	3	-	

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 08.07.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento.

In tal senso, con sentenza n. 307 del 7 ottobre 2003 la Corte Costituzionale ha dichiarato l'illegittimità di alcune leggi regionali in materia di tutela dai campi elettromagnetici, per violazione dei criteri in tema di ripartizione di competenze fra Stato e Regione stabiliti dal nuovo Titolo V della Costituzione. Come emerge dal testo della sentenza, una volta fissati i valori-soglia di cautela per la salute, a livello nazionale, non è consentito alla legislazione regionale derogarli neanche in meglio.

Con il DM del 29 Maggio 2008 *“Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”* viene approvata la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, in relazione a quanto previsto dal DPCM 8 Luglio 2003: uno degli scopi è la regolamentazione delle nuove installazioni e/o nuovi insediamenti presso elettrodotti o edifici esistenti. A tal fine occorre approntare i corretti strumenti di pianificazione territoriale come la previsione di fasce di rispetto, calcolate sulla base di parametri certi e stabili nel lungo periodo. Le fasce di rispetto sono infatti definite come *“lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità: all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale scolastico sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore giorno”*. Tali fasce di rispetto sono variabili in funzione ai dati caratteristici di ogni tratta o campata considerata in relazione ai dati caratteristici della stessa. Al fine di facilitare la gestione territoriale è stato introdotto il concetto di **Distanza di Prima Approssimazione (DPA)** quale: *“la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto”*.

La metodologia definita si applica alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti o in progetto, con esclusione delle linee a media tensione in cavo cordato ad elica, siano esse interrate o aeree, in quanto in questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal Decreto Interministeriale 21 Marzo 1988, No.449 e del DMLLPP del 16 Gennaio 1991. Nella normativa viene specificato inoltre che, per le stazioni primarie, la DPA - e quindi la fascia di rispetto - solitamente rientrano nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso. Comunque, nel caso l'autorità competente lo ritenga necessario, dovranno essere calcolate le fasce di rispetto relativamente agli elementi perimetrali (es. portali, sbarre, ecc.)

## 2.CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

Lo scopo della presente relazione tecnica è quello di stimare i valori del campo elettrico e del campo magnetico nelle immediate vicinanze del nuovo stallo di trasformazione del trasformatore **TR-Bianco**, oggetto dell'ampliamento.

Lo stallo di trasformazione a 150 KV ha uno schema molto semplice, sinteticamente :

- Ampliamento delle sbarre principali esistenti
- Sezionatore tripolare orizzontale.
- Interruttore tripolare in gas SF<sub>6</sub>, con trasformatori di corrente accorpati alla stessa struttura di sostegno dell'interruttore.
- Terna di scaricatori 10 KA-150 KV
- Isolatori unipolari portanti.
- Trasformatore AT-MT, 150/20,8 KV di potenza P=40 MVA  
Corrente primaria ( a pieno carico ) I<sub>1</sub>= 154 A  
Corrente secondaria ( a pieno carico ) I<sub>2</sub>= 1156 A
- Container attrezzato DY770-1 ( quadro MT; trasformatore ausiliari; quadri servizi ausiliari in ac-dc; protezioni e controllo; ecc )
- Bobina di Petersen.

Al fine di stimare il campo magnetico prodotto ai confini dell'area di contenimento dello stallo e determinare le DPA da applicare, si è proceduto considerando prima le indicazioni fornite dalle "Linee Guida per l'applicazione del punto 5.1.3 dell'allegato al DM del 29 maggio 2008" Elaborate da ENEL, per poi effettuare il calcolo teorico.

Le linee guida succitate ricordano che al punto 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008) si stabilisce che generalmente per le Cabine Primarie, la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro. Sempre nelle stesse linee guida si specifica che per le Cabine Primarie la DPA è sicuramente interna alla cabina se sono rispettate le seguenti distanze dal perimetro esterno, (escludendo le fasce di rispetto delle linee in ingresso/uscita):

- 14 m dall'asse delle sbarre di AT in aria;
- 7 m dall'asse delle sbarre di MT in aria.

### 2.1 CAMPO ELETTRICO

Nelle medesime linee guida si specifica che "il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m".

### 2.2 CAMPO MAGNETICO

Il punto in alta tensione a 150 KV dell'ampliamento in oggetto, più vicino alla recinzione perimetrale della Cabina Primaria, si trova a circa 32 metri, ben superiore alla distanza indicata di 14 metri ( dall'asse delle sbarre in AT ).

Il punto in media tensione a 20 KV dell'ampliamento in oggetto ( secondario del trasformatore TR-B ) più vicino alla recinzione perimetrale della Cabina Primaria, si trova a circa 51 metri, ben superiore alla distanza indicata di 7 metri.

#### 2.2.1 PROCEDURA DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO

Per valutare a priori il valore dell'induzione magnetica nello stallo di trasformazione è stato utilizzato uno schema di calcolo il cui procedimento si basa sulla schematizzazione dello stallo con una griglia di conduttori lineari rettilinei ed ortogonali tra di loro, e sul calcolo in ogni punto, mediante le leggi di Biot e Savart e di Laplace, dell'induzione magnetica totale

come somma vettoriale dei contributi dovuti alle correnti che percorrono i diversi conduttori, applicando il “principio della sovrapposizione degli effetti”.

Il primo passo per il calcolo del campo magnetico dello stallo è stato quello di individuare la geometria del sistema, schematizzandola con un insieme di elementi paralleli agli assi X, Y e Z.

La procedura di calcolo, quindi, è stata la seguente :

- Stallo parallelo all'asse Y
- Sbarre parallele all'asse X
- Intensità della corrente, lato AT, valutata a pieno carico  $I_1=154$  A
- Individuazione di un punto come origine del sistema di coordinate al quale saranno riferite le componenti dell'induzione magnetica B.
- Inserimento delle coordinate  $X_0, Y_0, Z_0$  e  $X_1, Y_1, Z_1$  dei due estremi di ciascuno tratto
- Calcolo del raggio R del cerchio giacente sul piano normale all'asse del conduttore, che contiene il punto in cui si calcola la B, avente per centro la traccia dell'asse del conduttore sul piano del cerchio :

-  $R = \sqrt{ ( X_0^2 + Z_0^2 ) }$  per i conduttori dello stallo ( tubazioni  $D=40$  mm )

-  $R = \sqrt{ ( Y_0^2 + Z_0^2 ) }$  per i conduttori delle sbarre ( tubazioni  $D=100$  mm )

-  $R = \sqrt{ ( X_0^2 + Y_0^2 ) }$  per il sezionatore

- Calcolo del coseno e del seno dell'angolo  $\beta$  ( angolo compreso tra il versore della corrente ed il raggio R ).

- Per lo stallo  $\cos \beta = Z_0 / R$   $\sin \beta = X_0 / R$

- Per le sbarre  $\cos \beta = Z_0 / R$   $\sin \beta = Y_0 / R$

- Per il sezionatore  $\cos \beta = Y_0 / R$   $\sin \beta = X_0 / R$

- Calcolo delle componenti  $B_x$  e  $B_z$  dovute ai conduttori dello stallo (paralleli all'asse Y), le componenti  $B_y$  e  $B_z$  dovute ai conduttori delle sbarre ( paralleli all'asse X ) e le componenti  $B_x$  e  $B_y$  dovute al sezionatore ( parallele all'asse Z ).

Il calcolo è stato effettuato applicando la formula di Laplace fra i due estremi di ciascun tratto considerato.

- Per lo stallo  $B_x$  proporzionale alla corrente ed inversamente ad R  
 $B_z = B_x \tan \beta$

- Per le sbarre  $B_y$  proporzionale alla corrente ed inversamente ad R  
 $B_z = B_y \tan \beta$

- Per il sezionatore  $B_x$  proporzionale alla corrente ed inversamente ad R  
 $B_y = B_x \tan \beta$

- Calcolo delle parti in fase ed in quadratura dei componenti vettoriale, rispettivamente (  $B_{x,y,z} \cos \varphi_{x,y,z}$  ) e (  $B_{x,y,z} \sin \varphi_{x,y,z}$  ).

- La parte in fase e quella in quadratura del vettore B si ottengono, rispettivamente, come modulo della somma della parte in fase e di quella in quadratura delle tre componenti cartesiane del vettore :

- $B \cos \varphi = \sqrt{ ( B_x \cos\varphi_x )^2 + ( B_y \cos\varphi_y )^2 + ( B_z \cos\varphi_z )^2 }$

- $B \sin \varphi = \sqrt{ ( B_x \sin\varphi_x )^2 + ( B_y \sin\varphi_y )^2 + ( B_z \sin\varphi_z )^2 }$

- Il modulo del vettore B è  $| B | = \sqrt{ ( B \cos\varphi )^2 + ( B \sin\varphi )^2 }$

### 2.2.2 CALCOLO DELL'INDUZIONE MAGNETICA

Lo stallo in esame è riportato nella Fig.1 e si evincono : tratto di sbarre generali; conduttori di stallo; il sezionatore di linea: l'interruttore con TA accorpati; gli scaricatori ed il trasformatore AT-MT ( P=40 MVA ).

Nel calcolo dell'induzione e delle distanze DPA non si è considerato il trasformatore perché appositamente progettato per avere bassi flussi dispersi e per il fatto che il cassone di contenimento degli avvolgimenti AT ed MT, si comporta, di fatto, come uno schermo totale che li comprende.

Nella Fig. 1 sono indicati dei punti in corrispondenza dei quali è stata calcolata l'induzione magnetica B con la metodologia di calcolo illustrata; le origini delle coordinate cartesiane sono state previste nel punto P<sub>1</sub>.

Per determinare la corrente che circola nello stallo, si è fatto riferimento alla massima corrente che il trasformatore potrà erogare lato AT, cioè  $I_1 = 154 \text{ A}$  ( valore non veritiero, quindi, cautelativo ).

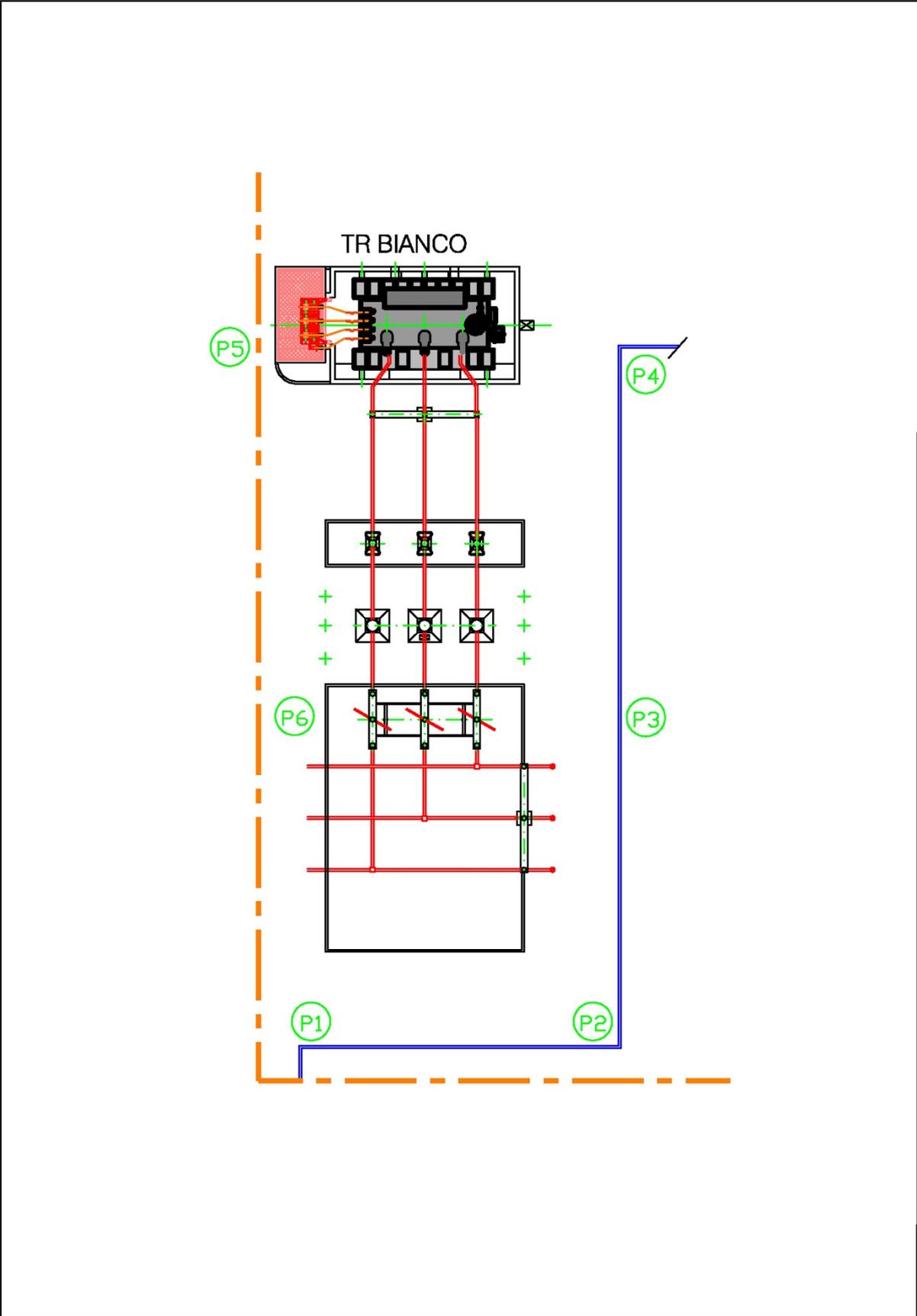


FIG.1

I risultati dei calcoli dell'induzione B, a diverse altezze dal piano di campagna, nei punti indicati intorno allo stallo, sono riportati nella tabella seguente; dall'analisi della stessa si evince che in prossimità dei confini dello stallo il campo magnetico è ben inferiore al valore di qualità di  $3 \mu\text{T}$  anche nelle prossimità degli elementi attivi.

Per tale motivo non occorre applicare nessuna DPA allo stallo.

A conferma dei risultati dei calcoli, si riporta, nella Fig.2, il risultato delle simulazioni effettuate in corrispondenza del tratto di sbarre principali in AT-150 KV ( tratto più vicino alla periferia dello stallo stesso ), applicando il modello bidimensionale previsto dalla norma CEI 106-11, valido per conduttori orizzontali paralleli di lunghezza infinita.

CALCOLO "B" – "DPA"							
PUNTO	X	Y	MODULO "B"				
			1,5 mt	3 mt	5 mt	10 mt	15 mt
P1	0	0	0,45	0,50	0,65	1,30	2,60
P2	13,70	0	0,22	0,25	0,30	0,62	0,85
P3	13,70	14,10	0,82	0,95	0,94	0,65	0,35
P4	13,70	28,30	0,20	0,18	0,20	0,20	0,22
P5	0	28,30	0,20	0,21	0,22	0,22	0,25
P6	0	14,10	0,82	0,97	0,95	0,70	0,60

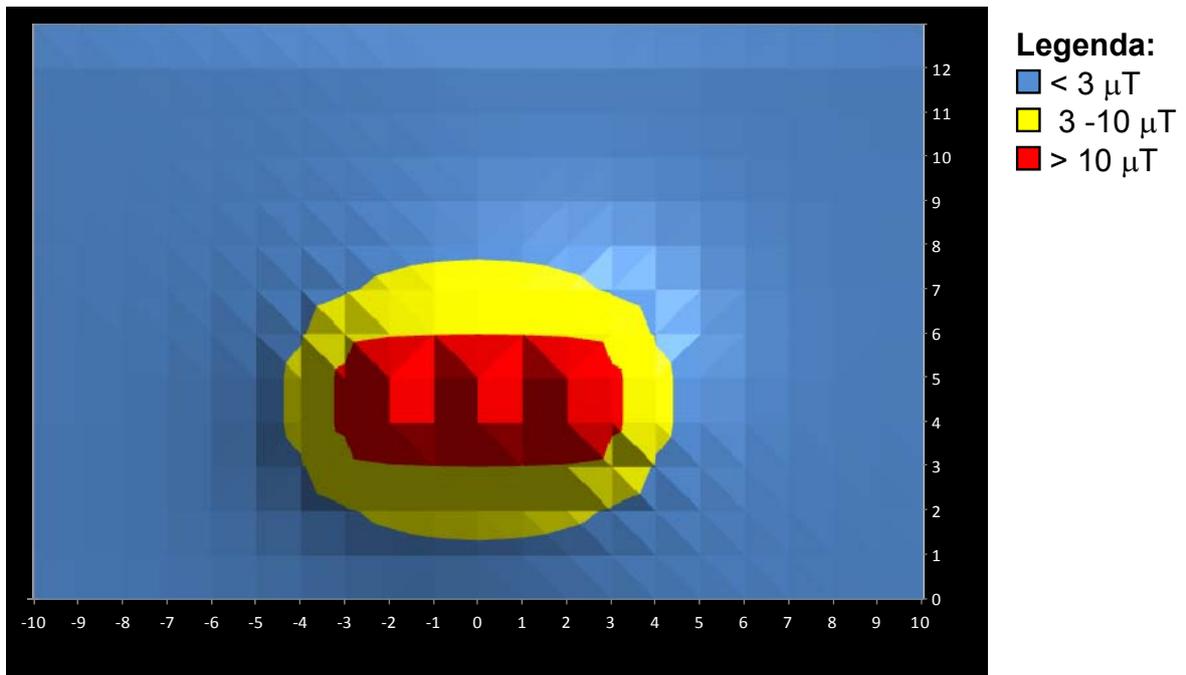


FIG.2