



Nome progetto / *project name*:

## Impianto Peaker di Bertanico

Titolo documento / *document title*:

### Allegato C

Sottotitolo documento / *document subtitle*:

### Campi elettromagnetici

0	28/02/2020	Emissione finale						
Rev.	Data emiss./ issue date	Descrizione revisione / <i>revision description</i>	St	Sc	Pre	Chk	App	
			Documento n./ <i>document n.</i>					
			Commissa	Origine	Unità	Identificazione KKS	Discipl.	Num. progressivo
Proprietà e diritti del presente documento sono riservati – la riproduzione è vietata / <i>Ownership and copyright are reserved – reproduction is strictly forbidden</i>								



## Impianto Peaker di Bertonico (LO)

### Consulenza generale sull'impatto magnetico delle nuove installazioni

CLIENTE/PROPONENTE

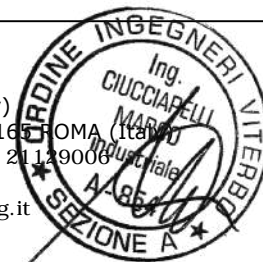


**Sorgenia Power Spa**  
Via Algardi, 4 - MILANO  
P.iva n°12874490159  
web: www.sorgenia.it

CONSULENZA



**GALILEO Engineering s.r.l.**  
Via S.Biele, 62 - 01100 VITERBO (Italy)  
Via della Stazione di S. Pietro, 65 - 00165 ROMA (Italy)  
tel./fax: +039 0761 308471 - +039 06 21129006  
P.iva n°01369400567  
web: ufficiotecnico@galileoengineering.it  
email: www.galileoengineering.it



Responsabile consulenza: Dott.Ing. Marco Ciucciarelli

TITOLO DOCUMENTO

### Attività di calcolo e simulazione del campo magnetico emesso dalle nuove installazioni

COMMESSA:

**G2004**

CODICE DOCUMENTO:

commessa	tipologia	sigla elaborato	rev.
G 2 0 0 4	_ C S	_ I P B 0 1	_ 0 0

ELABORATO:

**IPB01**

SCALA:

-

0	28/02/2020	PRIMA EMISSIONE	GALILEO Eng.	Ciucciarelli M.	Ciucciarelli C.
Rev.	Data emissione	Descrizione revisione	Pre.	Chk.	App.
Plot style:		Plot scale:			

## **INDICE**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
1.1. GENERALITÀ.....	2
1.2. CONSISTENZA ED OBIETTIVI DELLE ATTIVITÀ.....	2
1.3. QUADRO NORMATIVO .....	3
1.4. DATI DI INPUT .....	4
1.5. USO DELLA RELAZIONE .....	4
<b>2. CALCOLI E SIMULAZIONI .....</b>	<b>5</b>
2.1. GENERALITÀ.....	5
2.1.1. PROCEDURE ED ALGORITMI DI CALCOLO .....	6
2.2. PRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	10
2.2.1. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IPB .....	11
2.2.1.1. GRAFICI SU PIANO XY .....	11
2.2.1.2. GRAFICI SU PIANO XZ .....	18
2.2.1.3. GRAFICI SU PIANO YZ.....	28
2.2.2. RISULTATI DELLE INDAGINI STRUMENTALI.....	38
2.2.3. SOVRAPPOSIZIONE DEGLI EFFETTI CON L'IMPIANTO ESISTENTE .....	39
2.2.3.1. GRAFICI SU PIANO XY .....	39
2.2.3.2. GRAFICI SU PIANO XZ .....	46
2.2.3.3. GRAFICI SU PIANO YZ.....	56
<b>3. CONCLUSIONI .....</b>	<b>66</b>
3.1. RIEPILOGO RISULTATI DI CALCOLO.....	66

### ***Allegati***

***A.01 –Ortofoto d'inquadramento***

***A.02 – Posizionamento aree di calcolo induzione magnetica***

***A.03 – Inquadramento tridimensionale modello di calcolo***

***A.04 – Individuazione componenti e collegamenti del modello di calcolo***

## **1. Premessa**

### **1.1. Generalità**

Il documento qui redatto ha come oggetto l'Impianto Peaker di Bertónico (LO) da realizzare in adiacenza all'esistente Centrale Sorgenia, e da interconnettere alla vicina Stazione AT Terna. Il presente documento è emesso in riferimento alla necessità di sottoporlo alla competente autorità per la approvazione in termini di compatibilità ambientale; per tale scopo si rende necessaria la realizzazione di un documento di calcolo e simulazione delle fasce di rispetto e delle D.P.A. (Distanze di Prima Approssimazione) relativo all'impianto in costruzione, ai sensi della normativa e legislazione vigente.

Il D.M. 29/05/2008 definisce Fascia di rispetto 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 ( $3\mu T$ ). Inoltre lo stesso decreto definisce Distanza di Prima Approssimazione (DPA) per le linee, 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 della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

Tale definizione è estendibile in maniera generalizzata anche al caso di sorgenti più complesse adottando come riferimento l'asse geometrico del componente sorgente di campo.

Nel caso in cui il sistema sia composto da più sorgenti complesse, come nel caso in esame, si possono estendere e generalizzare le suddette definizioni riferendosi all'asse/piano baricentro magnetico del sistema. Con tale logica è stata effettuata la verifica delle Fasce di Rispetto e delle DPA.

Il presente studio recepisce anche quanto emesso dalla società *Studio Lambda* per la valutazione dei campi elettromagnetici nella Centrale Sorgenia (doc. n° ID 000.030.032 del 23/02/2017), al fine di considerare i risultati delle misure come punto di partenza per la caratterizzazione di massima dell'area prima della realizzazione dell'opera.

I paragrafi successivi illustrano le attività svolte ed i risultati ottenuti.

### **1.2. Consistenza ed obiettivi delle attività**

Le attività di seguito svolte hanno lo scopo di realizzare uno studio accurato sull'impatto magnetico dell'impianto, calcolando in determinati punti particolarmente significativi, l'emissione di campo magnetico e valutando, ai sensi della normativa vigente, le relative fasce

di rispetto e la D.P.A. Come sarà più chiaro nei paragrafi seguenti, l'impianto verrà studiato valutando il campo magnetico nell'area adiacente, verificando il rispetto dei limiti normativi. Come richiesto dalla Committenza, non sono state effettuate misure di campo nelle aree di impianto, in quanto ai risultati ottenuti dal calcolo simulativo saranno in maniera del tutto conservativa sommati i valori di campo misurati nell'area di Centrale.

Lo studio del campo magnetico sarà effettuato rappresentando il sistema con la schematizzazione di linee elettriche, quadri, trasformatori, etc., con modellizzazione semplificata che risulta sufficientemente accurata sia per l'obiettivo in oggetto, sia per le distanze dalle sorgenti.

In conclusione verrà redatto un riepilogo dei valori delle fasce di rispetto e delle D.P.A., in modo da dimostrare la compatibilità magnetica del sito ed il mantenimento di livelli di induzione magnetica al di sotto dell'*obiettivo di qualità*.

Al fine di interpretare correttamente i risultati dell'analisi si deve sottolineare che da quanto è emerso dalle informazioni fornite dalla Committenza, le correnti circolanti e quindi i relativi valori di induzione magnetica emessi lungo i tratti di linea aerea 380 kV di connessione entra/esce alla SSE Terna, sono massimi quando la Centrale Sorgenia esistente è spenta, mentre diminuiscono durante la fase di erogazione; tale aspetto si deve intendere estendibile anche per il nuovo impianto.

### 1.3. Quadro normativo

Le attività del presente studio sono state svolte nel rispetto del vigente quadro normativo di riferimento rappresentato dai seguenti dispositivi di legge e tecnico-normativi:

- D.M. 21 marzo 1988, n°449 – “Approvazione nelle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne”
- D.M. 16 gennaio 1991 – “Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne”
- Legge n°36 del 22 febbraio 2001 – “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”
- D.P.C.M. 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”
- D.M. 29 maggio 2008 – “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica”

- Norma CEI 106–11 – “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art.6), Parte 1: Linee elettriche in cavo
- Norma CEI 211–4 – “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”
- Norma CEI 11–17 – “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo”

Ad essi si aggiunge il documento tecnico di riferimento redatto da ENEL Distribuzione Spa:

- ENEL Distribuzione Spa – “Linee guida per l’applicazione del §5.1.3 dell’Allegato al D.M. 29-05-08 , Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche

Le metodologie di calcolo seguono, oltre che le tecniche della elettrotecnica generale, anche quanto disposto dal D.M. 29-05-2008 e della norma CEI 106-11.

In particolare, la rappresentazione tridimensionale così come indicata dal D.M. 29-5-2008 e dalle norme CEI 211-4 e CEI 106-11, viene realizzata semplificando i conduttori di impianto come elementi rettilinei, con orientamento e percorso tridimensionale, ricorrendo alla discretizzazione degli stessi in elementi rettilinei di dimensioni infinitesimali orientati nello spazio tridimensionale.

#### 1.4. Dati di input

Per lo sviluppo del presente studio sono stati forniti alcuni dati di carattere generale, progettuale e costruttivo, sulla base dei quali sono stati realizzati i modelli di calcolo; di seguito si riassume il materiale fornito da Sorgenia:

- Planimetrie e sezioni dell’impianto IPB
- Layout area di intervento con ortofoto
- Schema elettrico unifilare di impianto
- Relazione di misura n°ID 000.030.032 del 23/02/2017 presso adiacente Centrale

In base ai suddetti documenti sono stati realizzati i modelli di calcolo per la valutazione del campo nell’area circostante l’impianto.

#### 1.5. Uso della relazione

La presente relazione tecnica è relativa esclusivamente all’Impianto Peaker di Bertónico (LO). Tale relazione può essere diffusa e riprodotta solo nella sua forma integrale; la Committenza è tenuta a non utilizzare questa relazione tecnica per impianti che non siano quello esaminato.

---

## **2. Calcoli e simulazioni**

### **2.1. Generalità**

In riferimento all'impianto in oggetto, come indicato nella planimetria allegata, tutti i componenti sono stati modellizzati come elementi rettilinei rappresentativi dei conduttori emettitori di campo magnetico, in funzione della relativa corrente di circolazione.

Di seguito un riepilogo delle modalità di modellazione dei singoli componenti:

- **Linea elettrica trifase aerea:** rappresentata con tre conduttori rettilinei ad altezza dal suolo pari all'altezza media della catenaria, paralleli, in piano ed alla distanza reciproca pari alla distanza media reale, a cui è associata una terna trifase di correnti di sequenza diretta, con valore efficace associato al valore massimo di potenza trasmessa dalla linea;
- **Linea elettrica trifase interrata (terna di cavi unipolari):** rappresentata con tre conduttori rettilinei ad altezza (sotto quota di riferimento  $q.=0,0\text{mt}$ ) pari alla quota di interramento, paralleli, in piano ed alla distanza reciproca pari alla distanza media reale, a cui è associata una terna trifase di correnti di sequenza diretta, con valore efficace associato al valore massimo di potenza trasmessa dalla linea;
- **Quadri elettrici MT/BT:** rappresentati come terna di conduttori rettilinei con disposizione spaziale e di interdistanze reciproche rappresentative delle sbarre interne quadri a cui è associata una terna trifase di correnti di sequenza diretta, con valore efficace associato al valore massimo di potenza gestita dal quadro.
- **Trasformatori AT/MT MT/BT:** rappresentati, per ogni avvolgimento di fase, come più spire parallele, quadrate, di dimensioni e distanze adeguate in funzione delle dimensioni del nucleo del trasformatore, a cui sono associate, nel complesso, terne trifase (primario e secondario) di correnti di sequenza diretta, con valore efficace totale pari alle correnti circolante negli avvolgimento moltiplicate per il relativo numero di spire.
- **Collegamenti in cavo o in condotto sbarre:** rappresentati come terna di conduttori rettilinei con disposizione spaziale e di interdistanze reciproche rappresentative del percorso dei cavi/condotti a cui è associata una terna trifase di correnti di sequenza diretta, con valore efficace associato al valore massimo di potenza circolante nel collegamento.

Per quanto riguarda i percorsi cavi presi in considerazione, si sottolinea di aver considerato i cavidotti principali AT-MT-BT considerati alla massima potenza trasmessa ed in configurazione standard con cavi in piano a distanze pario a 25 cm per cavi AT e 15 cm per cavi MT e BT.

Le distanze di interrimento sono riferite a valori di 1,6mt per cavidotti AT, e configurazioni sovrapposte (1-2-3 terne di cavi) per interconnessioni MT e BT con profondità di interrimento pari a 1,3μT , 1,15 mt ed 1,0 mt.

I suddetti modelli vengono implementati non considerando gli effetti schermanti e di modificazione del campo da parte degli organi metallici quali schermi dei cavi, pannelli e carpenteria quadri, cassoni metallici trasformatori, oltre che tutti i materiali metallici presenti nello spazio.

Per quanto sopra, conservativamente lo spazio simulato è modellato privo di qualsiasi elemento schermante.

### 2.1.1. Procedure ed algoritmi di calcolo

Il calcolo tridimensionale è stato sviluppato con il codice di calcolo *B\_calc\_3D* sviluppato da GALILEO Engineering srl in ambiente MathWorks MatLab, ed interfacciato con Autodesk Autocad per il recepimento della geometria del sistema.

Esso è un codice automatico che implementa su un spazio tridimensionale le formulazioni proposte dalle norme CEI 211-4 e CEI 106-11 e dalla legge di Biot e Savart generalizzata nello spazio, secondo quanto sotto indicato.

$$\vec{B}(r) = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \wedge \vec{r}}{r^3}$$

Fig. 1 – Legge di Biot e Savart generalizzata nello spazio

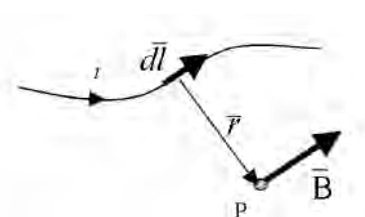


Fig. 2 – Schematizzazione dell'integrazione della legge di Biot e Savart

dove si ha:

$\mu$  permeabilità magnetica del mezzo [H/m]



$\mu_r$	permeabilità magnetica relativa del mezzo [p.u.]
$\mu_0$	permeabilità magnetica del vuoto = $4\pi \cdot 10^{-7}$ [H/m]
$B$	vettore induzione magnetica [T]
$B_x, B_y, B_z$	vettori componenti spaziali del vettore induzione magnetica [T]
$d_l$	versore direzionale del conduttore [m]
$r$	vettore distanza [m]
$i$	fasore della corrente nel conduttore i-esimo [A]

Il codice di calcolo tiene ovviamente conto delle fasi delle correnti, supposte simmetriche ed equilibrate tra i vari conduttori dei sistemi trifase, ed assunte con verso positivo nel caso la direzione convenzionale circuitale sia concorde con gli assi X, Y, Z.

Come detto in precedenza, ogni tratto rettilineo è scomposto in tratti rettilinei elementari a cui viene applicata la legge di Biot e Savart nello spazio; per integrazione lungo lo sviluppo lineare dei conduttori si ottengono le somme integrali delle varie componenti dell'induzione magnetica nello spazio ( $B_x, B_y, B_z$ ) associate a tutti i tratti elementari di ogni singolo componente, da cui è possibile estrapolare il modulo dell'induzione magnetica ed il relativo valore efficace se riferito a sorgenti variabili nel tempo di tipo sinusoidale.

Per il calcolo delle correnti circolanti nei vari tratti di linea si è fatto riferimento alle caratteristiche individuate negli schemi unifilari forniti dalla committenza.

Il calcolo è effettuato discretizzando lo spazio in mesh di 0,5x0,5x0,5 mt, sufficientemente significativo per l'analisi del caso; ogni conduttore rettilineo è stato suddiviso per il calcolo integrale in parti elementari con lunghezza massima di 0,25 mt, operando una scelta di ottimizzazione in relazione ai tempi di calcolo ed al livello di approssimazione richiesto.

Nella tabella seguente sono indicati i collegamenti (link) considerati e le correnti circolanti associate alla relativa terna trifase; per i trasformatori, le correnti evidenziate risultano pari alle correnti complessivamente associate alle n-spire dei singoli avvolgimenti.

In particolare per i trasformatori elevatori (TRE-G..) sono considerate n°12 spire primarie e n°415 secondarie; per i trasformatori di unità (TRU-G...) sono considerate n°21 spire primarie e n°11 secondarie; infine per i trasformatori ausiliari (TSA-G..) sono considerate n°160 spire primarie e n°10 secondarie. Come si può evidenziare nella tabella seguente, le correnti assunte per la simulazione sono le massime possibili per i vari collegamenti e trasformatori, non avendo applicato, in via conservativa, alcun coefficiente di contemporaneità ed utilizzazione sulle correnti.

---

Pertanto l'analisi condotta presenta carattere di particolare conservatività ed i risultati ottenuti sono a garanzia della massima emissione di induzione magnetica nelle aree circostanti il nuovo impianto IPB.

Caratteristiche Elettriche e dimensionali collegamenti elettrici								
Link-ID	Sigla		n° cavi/colleg.	FASI	Tipo Alimentazione	Potenza [MVA]	Tensione [kV]	Corrente [A]
	Da	A						
1	GTG-01	TRE-G01	3	RST	MT	138	11.5	6928
2	TRE-G01	Pimario TRE-G01	3	RST	MT	138	11.5	83138
3	TRE-G01	Secondario TRE-G01	3	RST	AT	138	400	82662
4	GTG-01	TRU-G01	3	RST	MT	5	11.5	251
5	TRU-G01	Pimario TRU-G01	3	RST	MT	5	11.5	5271
6	TRU-G01	Secondario TRU-G01	3	RST	MT	5	6.3	5040
7	TRE-G01	GIS-Sbarra 1	3	RST	MT	138	400	199
8	TRU-G01	QMT-Sbarra 1	3	RST	MT	5	6.3	458
9	QMT-Sbarra 1	Compressore 1	3	RST	MT	0.3	6.3	27
10	QMT-Sbarra 1	TSA-G01	3	RST	MT	1.5	6.3	137
11	TSA-G01	Pimario TSA-G01	3	RST	MT	1.5	6.3	21994
12	TSA-G01	Secondario TSA-G01	3	RST	MT	1.5	0.4	21651
13	TSA-G01	Servizi BT01	3	RST	MT	1.2	0.4	1732
14	GTG- 02	TRE- G 02	3	RST	MT	138	11.5	6928.2
15	TRE- G 02	Pimario TRE- G 02	3	RST	MT	138	11.5	83138.4
16	TRE- G 02	Secondario TRE- G 02	3	RST	AT	138	400	82662.1
17	GTG- 02	TRU- G 02	3	RST	MT	5	11.5	251.0
18	TRU- G 02	Pimario TRU- G 02	3	RST	MT	5	11.5	5271.5
19	TRU- G 02	Secondario TRU- G 02	3	RST	MT	5	6.3	5040.4
20	TRE- G 02	GIS-Sbarra 2	3	RST	MT	138	400	199.2
21	TRU- G 02	QMT-Sbarra 2	3	RST	MT	5	6.3	458.2
22	QMT-Sbarra 2	Compressore 2	3	RST	MT	0.3	6.3	27.5
23	QMT-Sbarra 2	TSA- G 02	3	RST	MT	1.5	6.3	137.5
24	TSA- G 02	Pimario TSA- G 02	3	RST	MT	1.5	6.3	21994.3
25	TSA- G 02	Secondario TSA- G 02	3	RST	MT	1.5	0.4	21650.6
26	TSA- G 02	Servizi BT 02	3	RST	MT	1.2	0.4	1732.1
27	GTG- 03	TRE- G 03	3	RST	MT	138	11.5	6928.2
28	TRE- G 03	Pimario TRE- G 03	3	RST	MT	138	11.5	83138.4
29	TRE- G 03	Secondario TRE- G 03	3	RST	AT	138	400	82662.1
30	GTG- 03	TRU- G 03	3	RST	MT	5	11.5	251.0
31	TRU- G 03	Pimario TRU- G 03	3	RST	MT	5	11.5	5271.5
32	TRU- G 03	Secondario TRU- G 03	3	RST	MT	5	6.3	5040.4
33	TRE- G 03	GIS-Sbarra 3	3	RST	MT	138	400	199.2
34	TRU- G 03	QMT-Sbarra 3	3	RST	MT	5	6.3	458.2
35	QMT-Sbarra 3	Compressore 3	3	RST	MT	0.3	6.3	27.5
36	QMT-Sbarra 3	TSA- G 03	3	RST	MT	1.5	6.3	137.5
37	TSA- G 03	Pimario TSA- G 03	3	RST	MT	1.5	6.3	21994.3
38	TSA- G 03	Secondario TSA- G 03	3	RST	MT	1.5	0.4	21650.6
39	TSA- G 03	Servizi BT 03	3	RST	MT	1.2	0.4	1732.1
40	GIS	TERNA	4	RST	AT	414	400	598

**Tab. 1** – Correnti nei vari collegamenti - trasformatori

## 2.2. Presentazione dei risultati

L'analisi quantitativa condotta e la modellazione del sistema è stata sviluppata considerando che i modelli e la scala di approssimazione adottata è commisurata agli obiettivi di valutazione del campo magnetico a distanze particolarmente significative.

L'esperienza tecnica del settore ma anche la teoria calcolistica indica che più ci si allontana dalla sorgente, comunque complessa, più essa è rappresentabile come sorgente geometricamente semplice ed in particolare scomponibile in sorgenti elementari di tipo rettilinee.

Oltretutto la riduzione dell'induzione magnetica con il cubo della distanza, rende il campo rapidamente decrescente rispetto alla distanza e pertanto il problema della compatibilità magnetica risulta tanto meno restrittivo quanto maggiori sono le distanze dalla sorgente.

A fronte delle suddette considerazioni, ed in mancanza di una caratterizzazione magnetica sufficientemente estesa e precisa dell'area in oggetto, precedentemente alla realizzazione dell'impianto IPB, per definire l'impatto magnetico del suddetto impianto nelle aree circostanti, si è scelto di proporre una analisi conservativa ottenuta sovrapponendo gli effetti del calcolo analitico con i risultati dell'indagine strumentale disponibile.

Come valore di induzione magnetica di fondo è stato assunto pertanto, il valore medio ottenuto dall'indagine strumentale, considerato costante per tutta l'area di calcolo.

Va certamente evidenziato che i valori di induzione magnetica ottenuti dalle suddette indagini (calcolistica e strumentale) risultano evidentemente disaccoppiati sia geometricamente, sia in termini di sovrapposibilità vettoriale nello spazio e nel tempo.

Non vi è dubbio tra l'altro che, se i calcoli analitici tengono conto della riduzione dell'induzione magnetica in funzione della distanza dalla sorgenti, tale effetto, conservativamente, non è tenuto in conto per l'induzione magnetica di fondo, considerata costante in ogni punto.

Evidenziati comunque i limiti della suddetta trattazione, si sottolinea che essa ottiene risultati comunque significativi e di natura conservativa, anche in assenza di una campagna di misure generalizzata precisa e rappresentativa delle reali condizioni di induzione magnetica di fondo nell'area in esame.

Dato il carattere conservativo della suddetta analisi, essa è significativamente adottabile per analisi di compatibilità magnetica del costruendo impianto IPB.

Nei paragrafi successivi vengono evidenziati i risultati del calcolo analitico e la sovrapposizione degli stessi con i riscontri delle indagini strumentali, verificando la rispondenza ai limiti normativi.

### 2.2.1. Risultati della simulazione IPB

Definita la modellazione in riferimento all'impianto in oggetto, come indicato nella planimetria allegata, tutti i componenti sono stati adeguatamente caricati con la relativa corrente di erogazione rappresentativa delle massime condizioni di carico dell'impianto. Come sopra detto i calcoli, in maniera conservativa non tengono conto degli effetti schermanti di tutte le strutture metalliche presenti nello spazio.

Di seguito i risultati delle simulazioni.

#### 2.2.1.1. Grafici su piano XY

Come indicato in allegato A.2 sono state effettuate le simulazioni su diverse SLICE XY (piani XY) a varie quote in modo da valutare l'evoluzione del campo a quote differenti.

Di seguito si riportano i grafici rappresentativi dei risultati ottenuti.

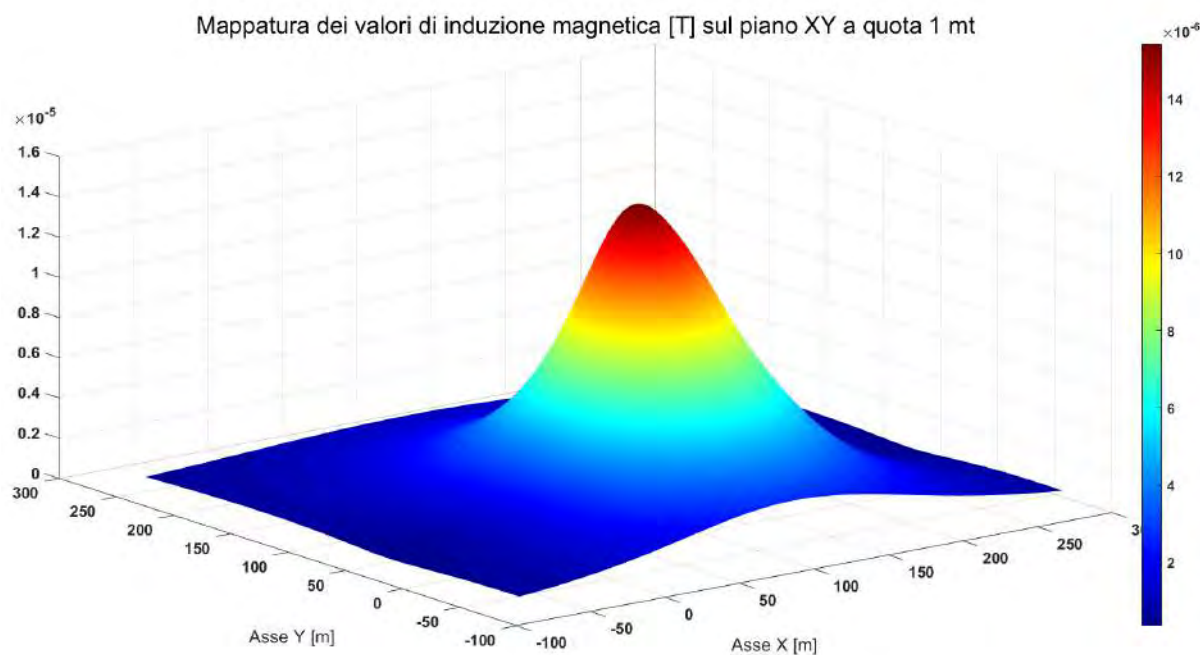


Fig. 3

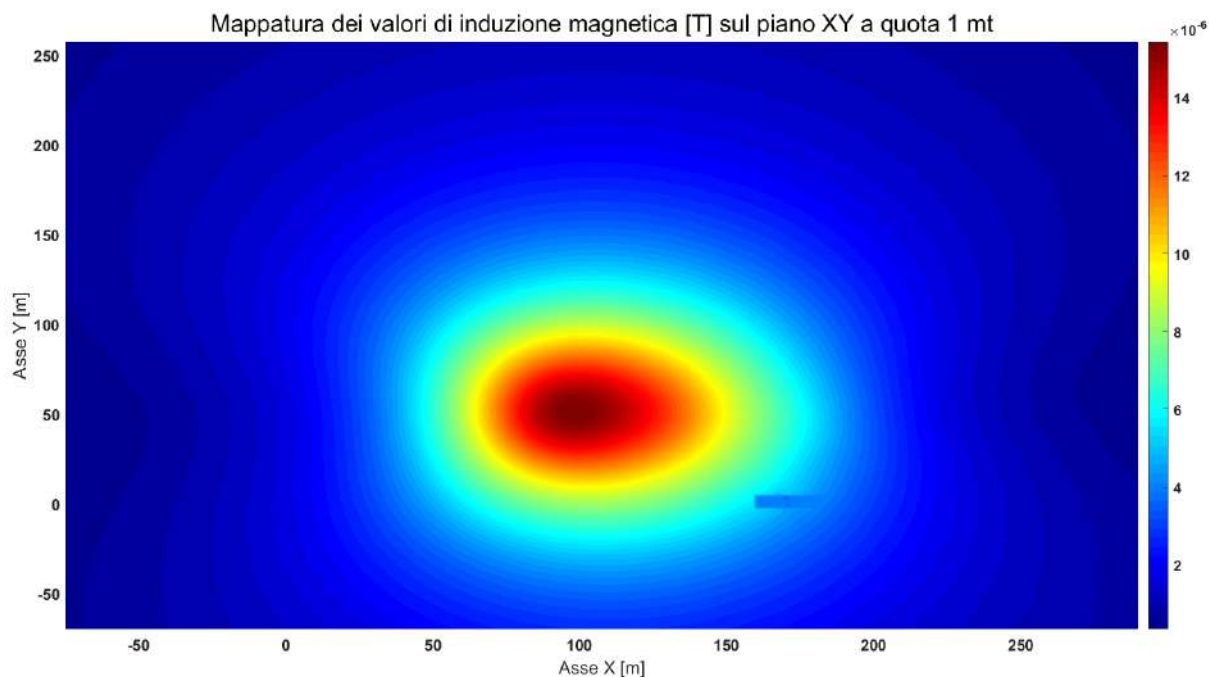


Fig. 4

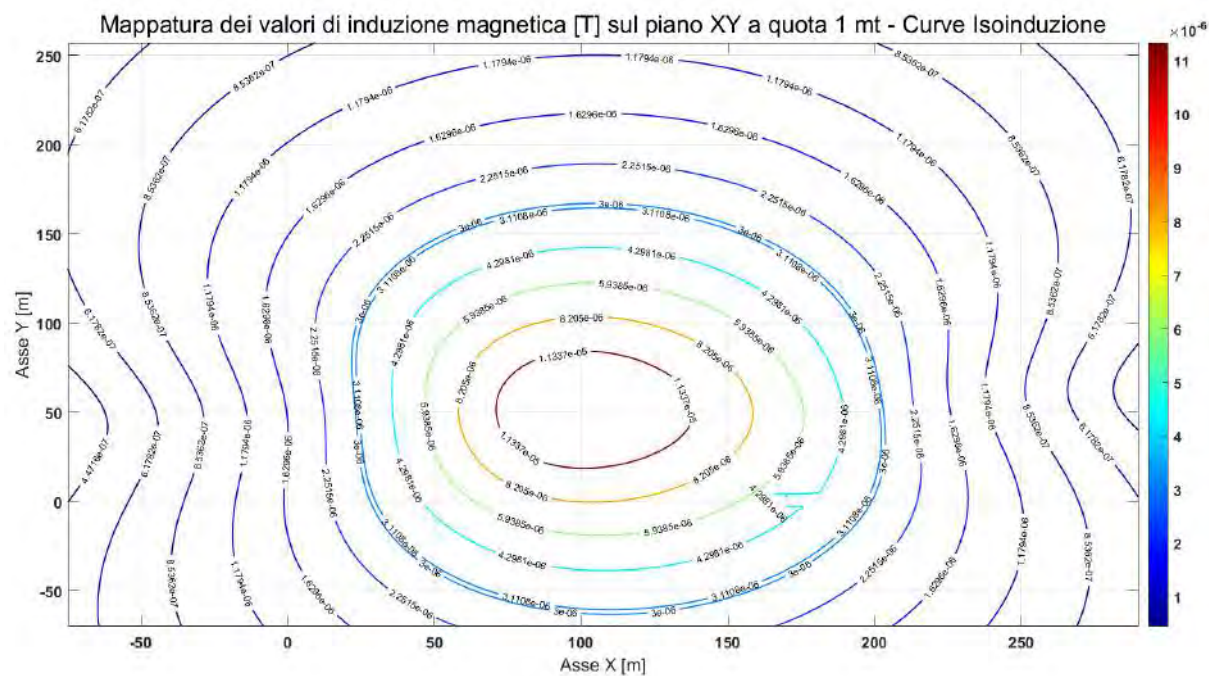
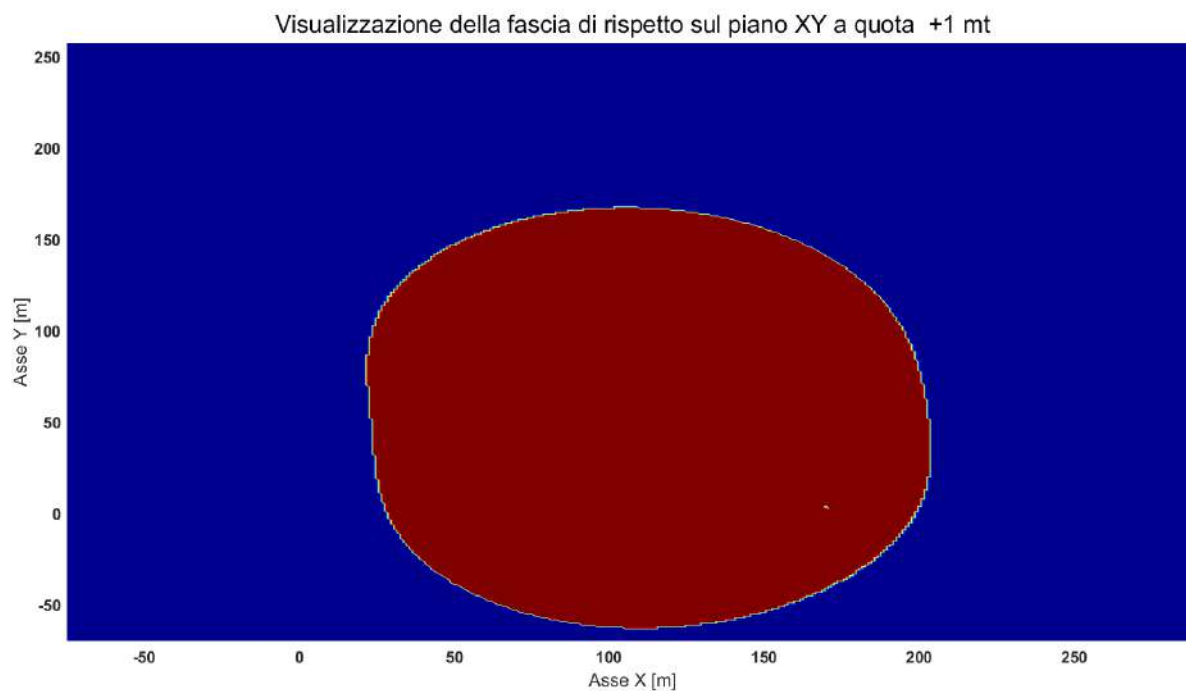


Fig. 5



**Fig. 6** – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu T$

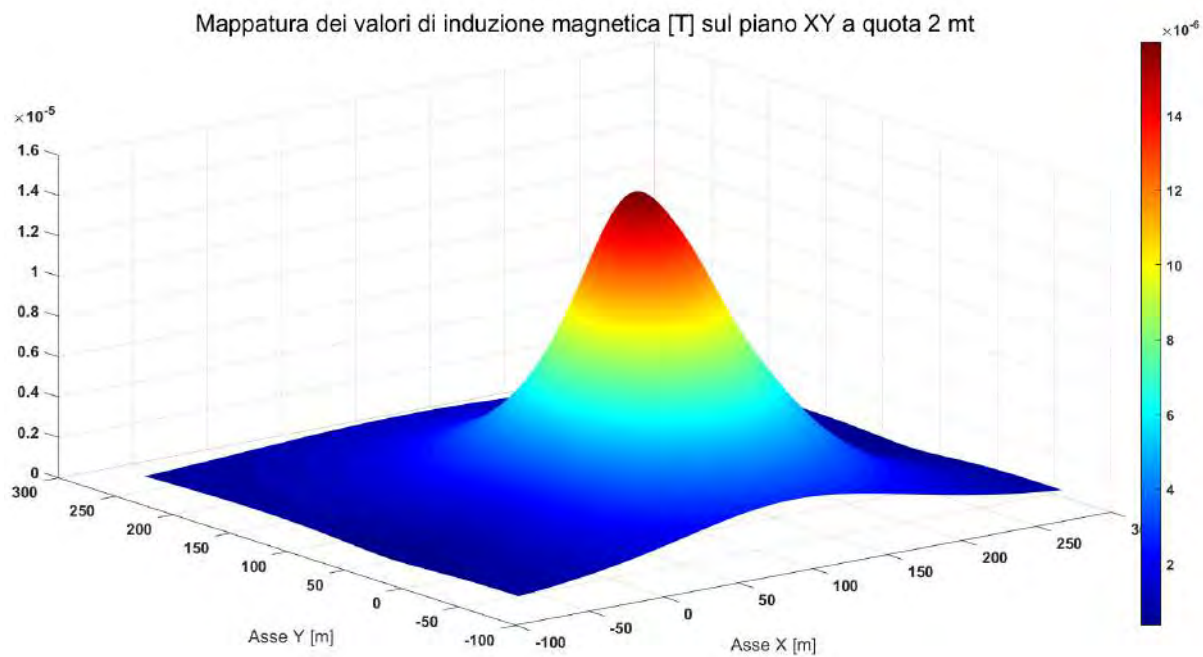


Fig. 7

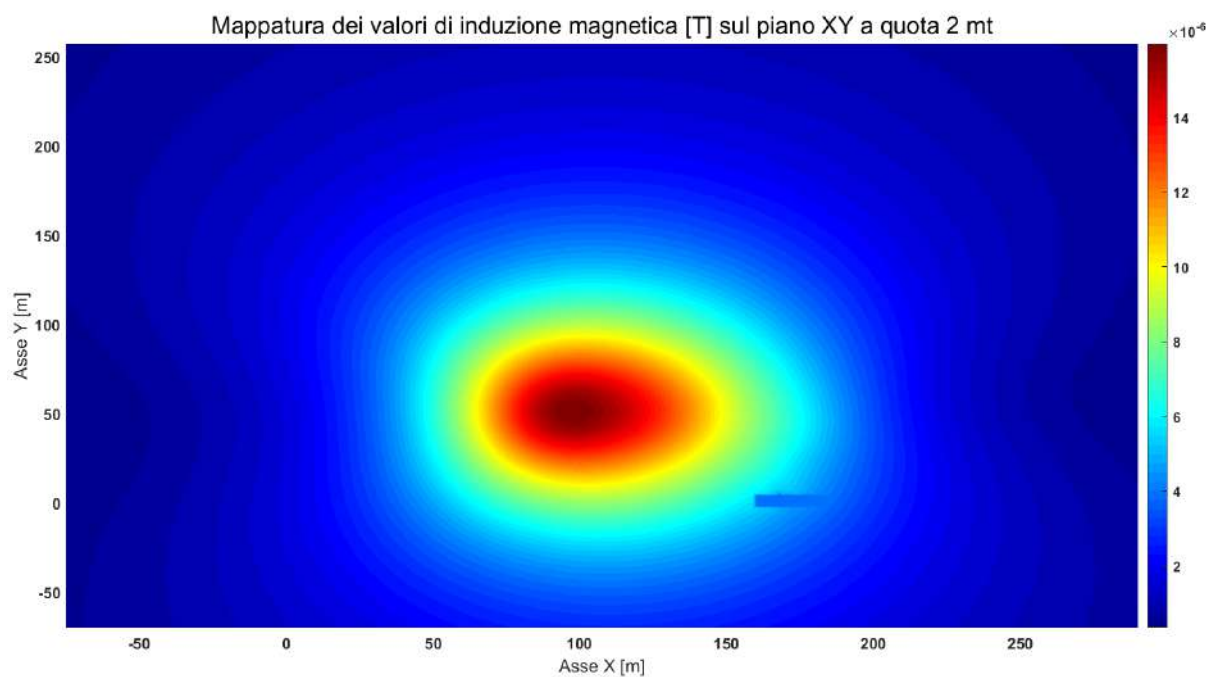


Fig. 8



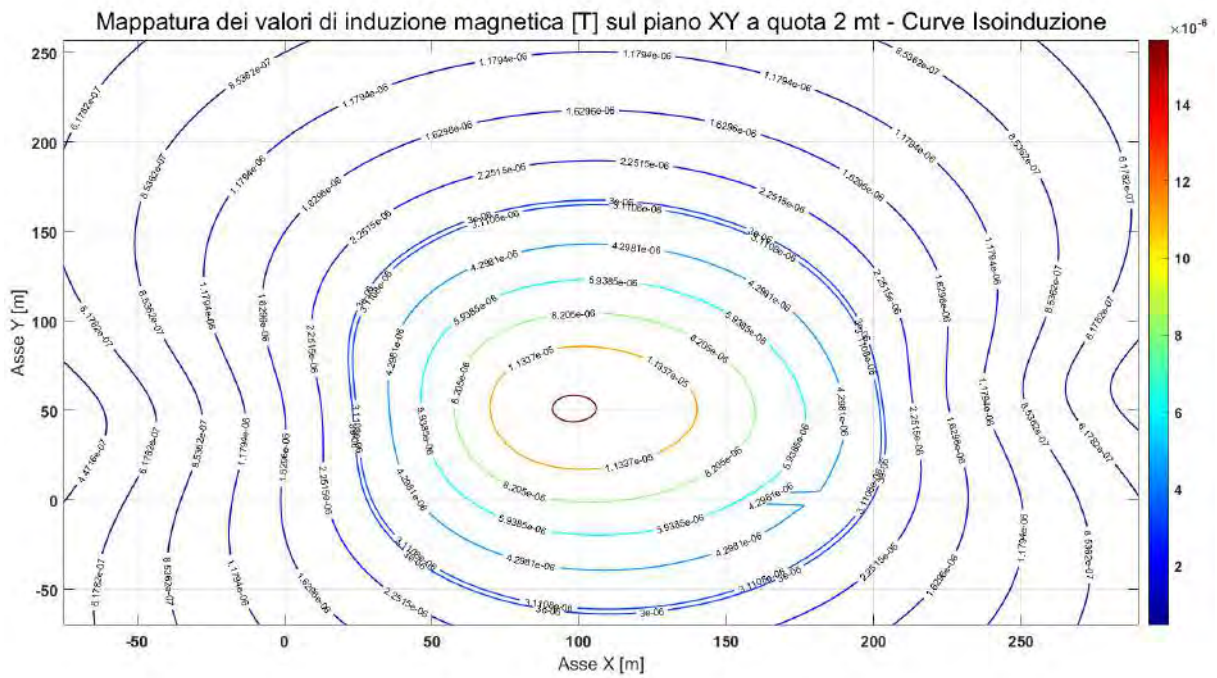


Fig. 9

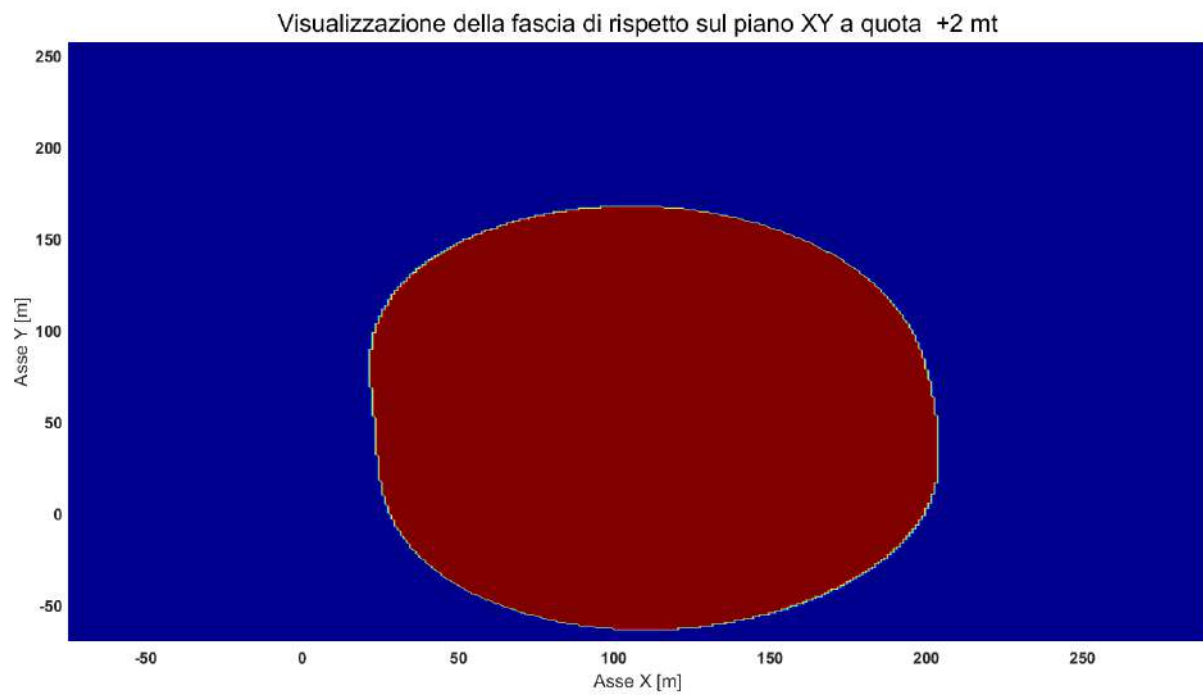


Fig. 10 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

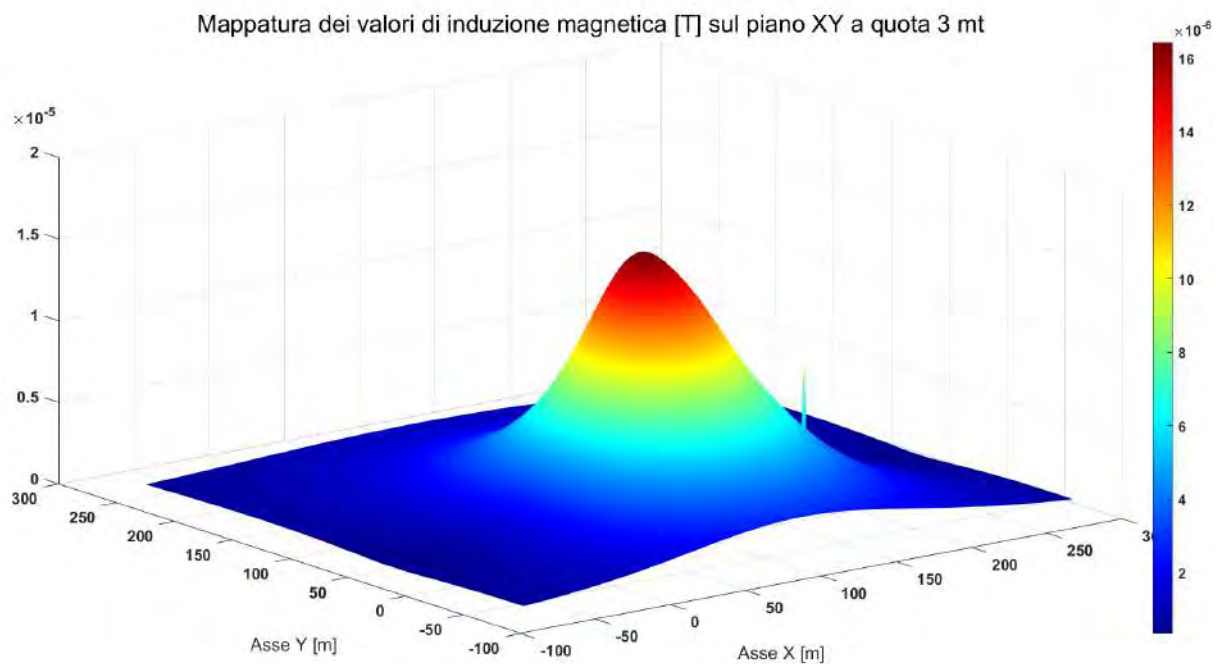


Fig. 11

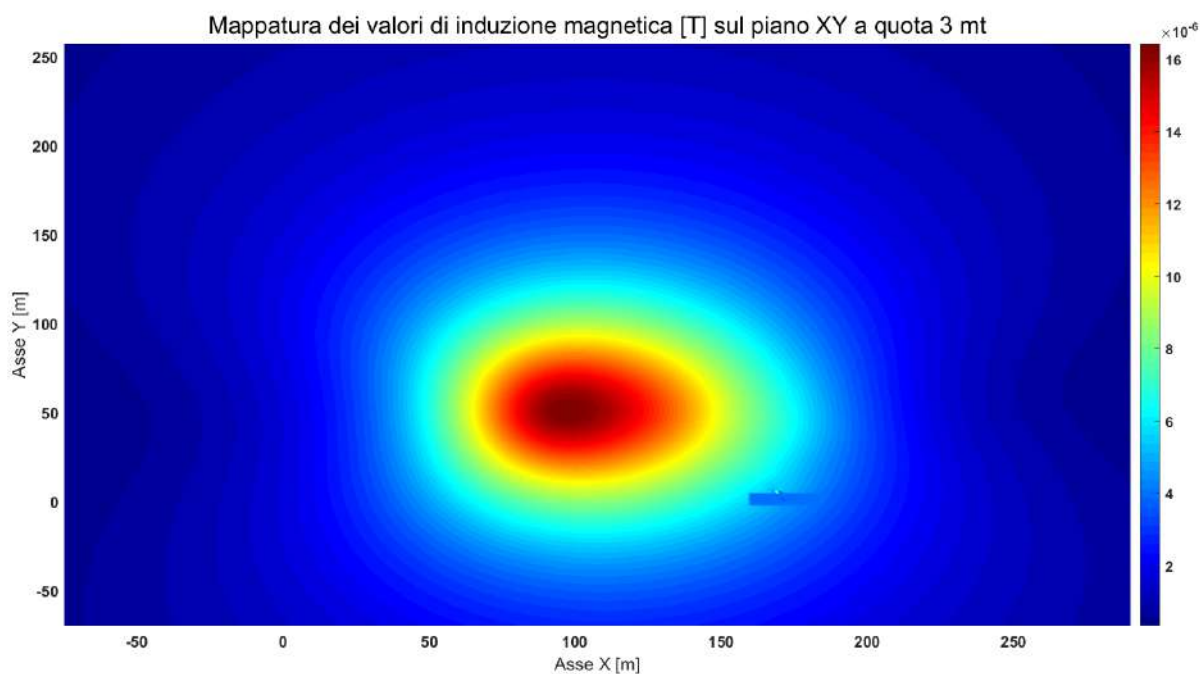


Fig. 12

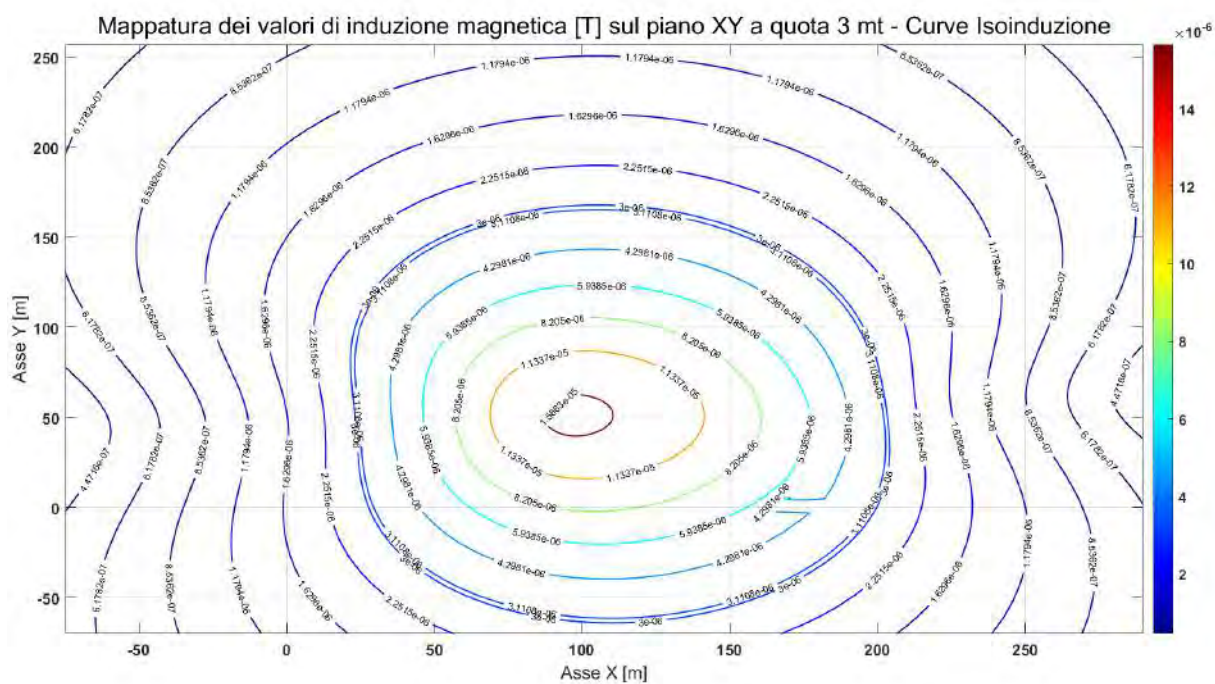


Fig. 13

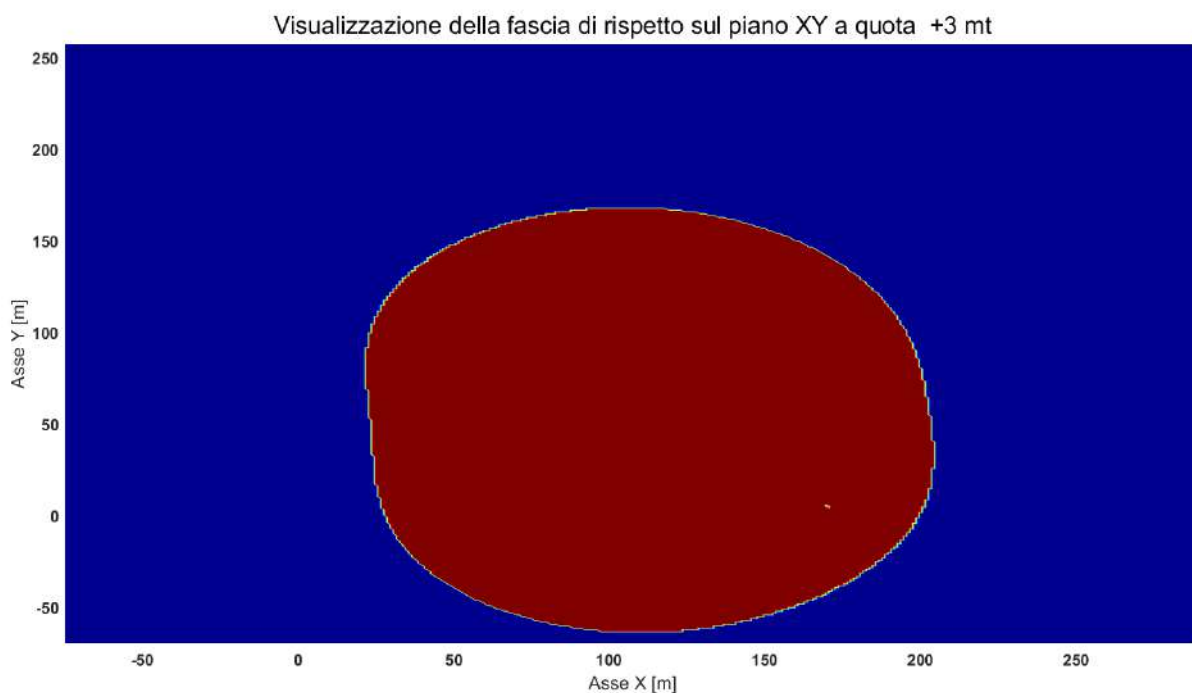


Fig. 14 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3 \mu T$

### 2.2.1.2. Grafici su piano XZ

Come indicato in allegato A.2 sono state effettuate le simulazioni su diverse SLICE XZ (piani XZ) a varie ordinate in modo da valutare l'evoluzione del campo in varie sezioni dell'area di analisi.

Di seguito si riportano i grafici rappresentativi dei risultati ottenuti.

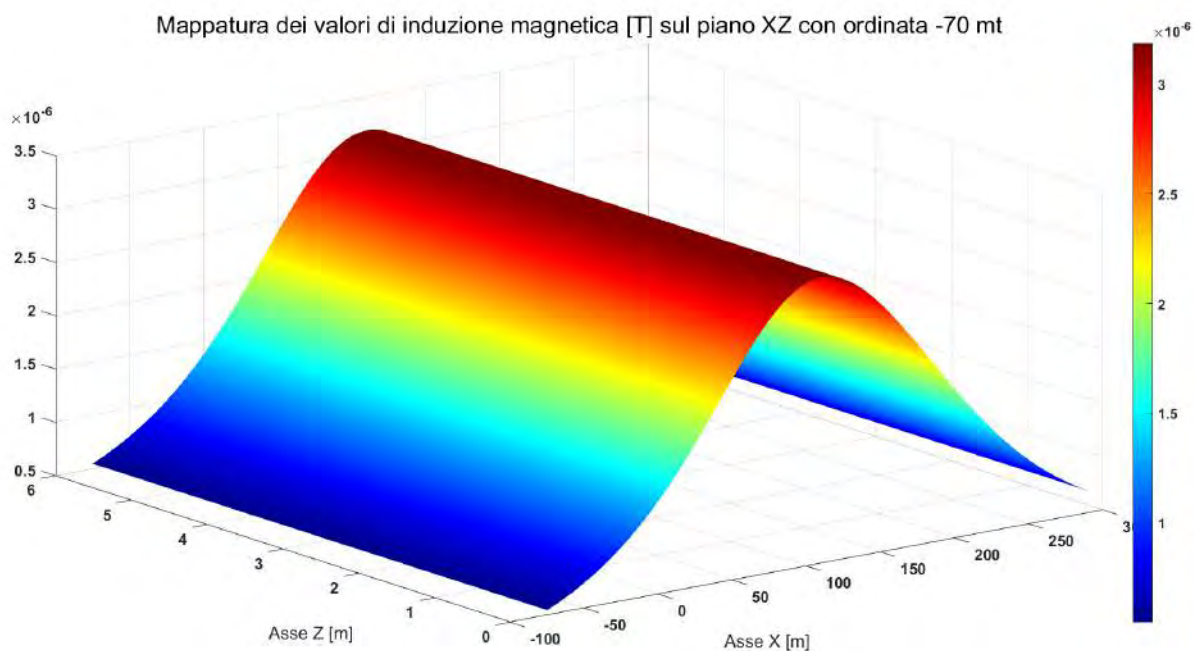


Fig. 15

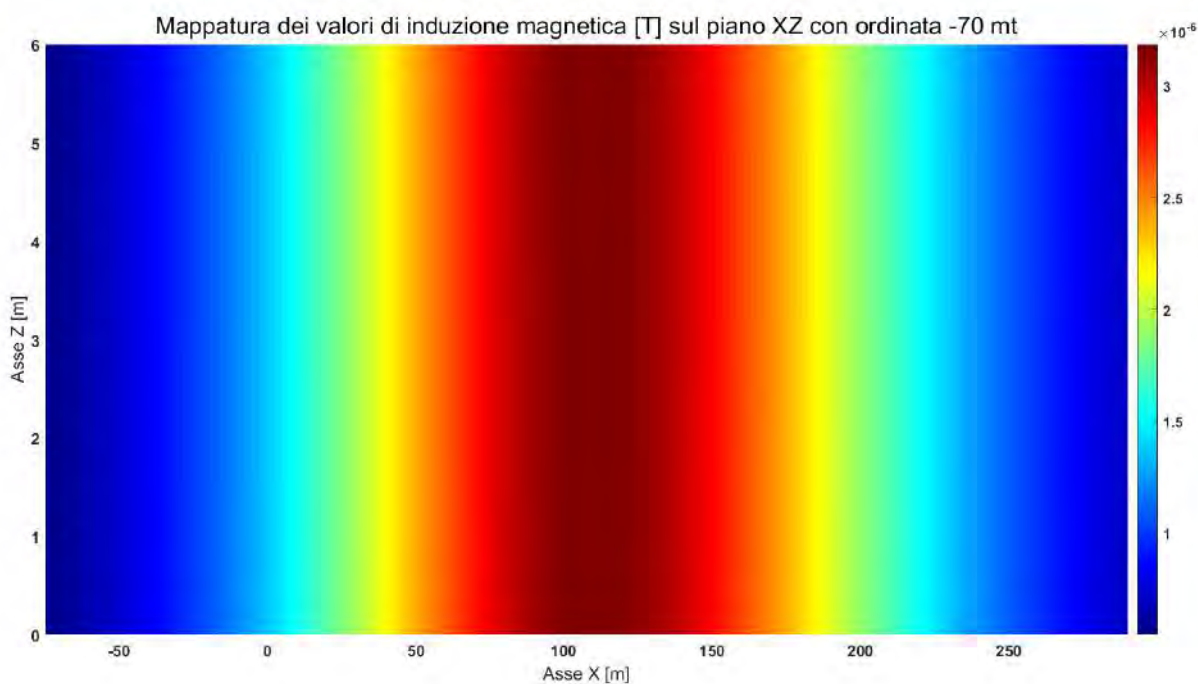


Fig. 16

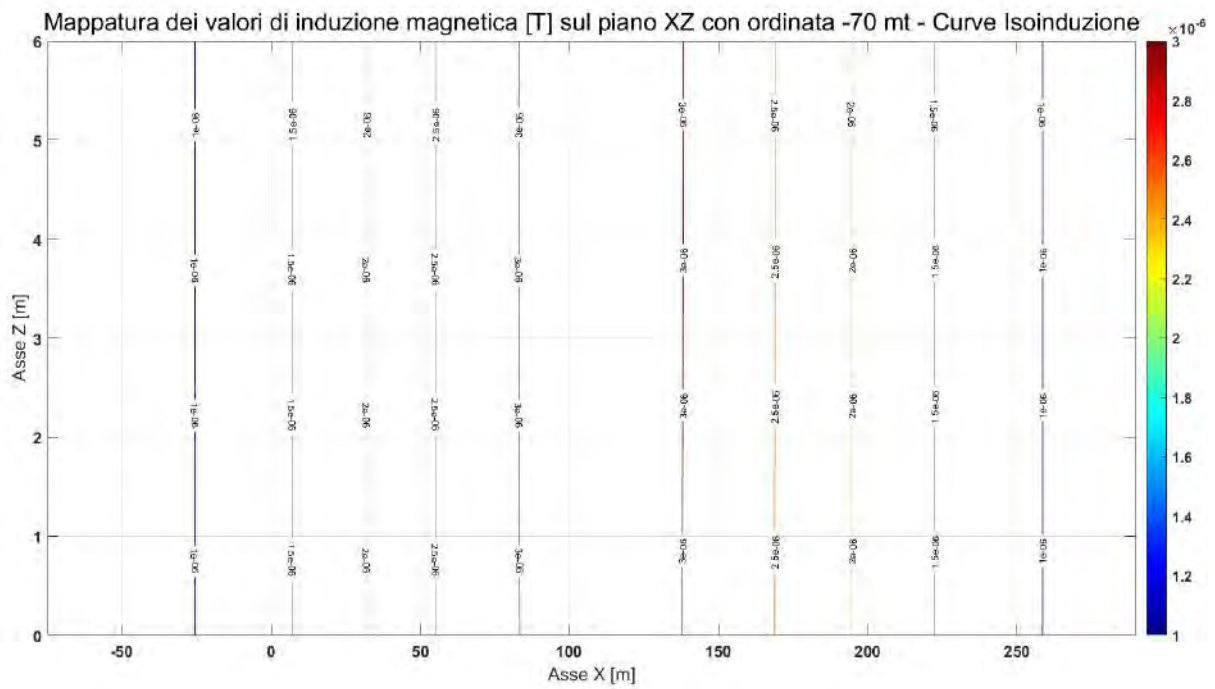


Fig. 17

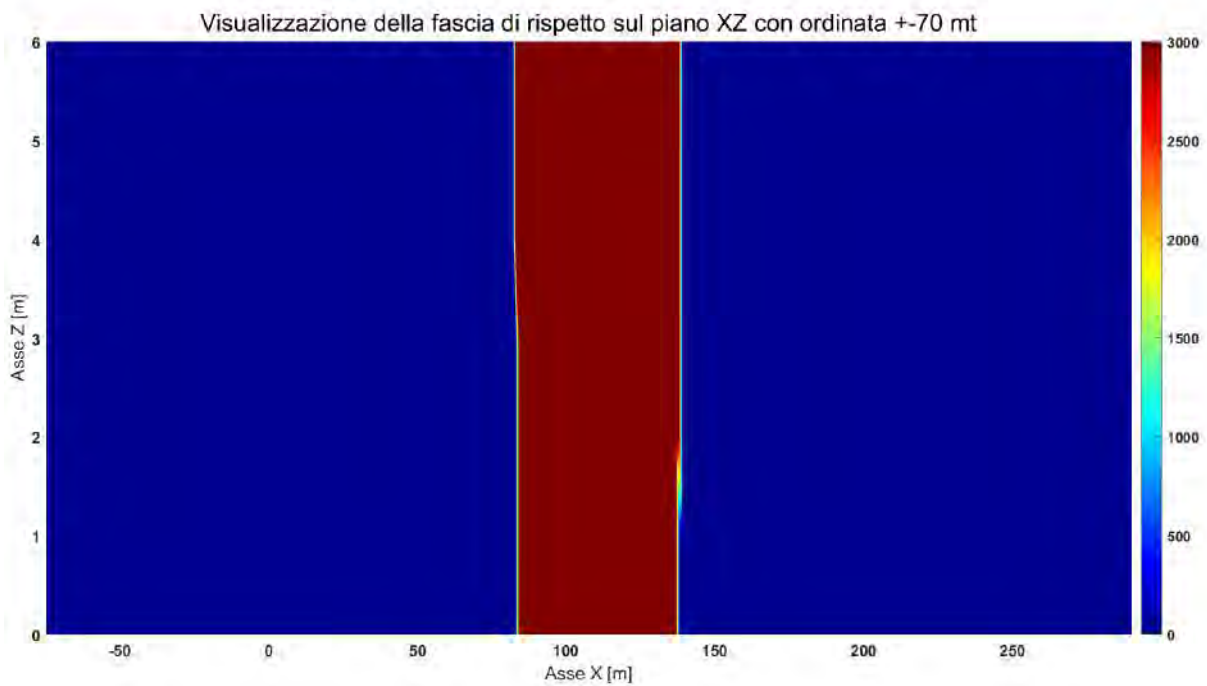


Fig. 18 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

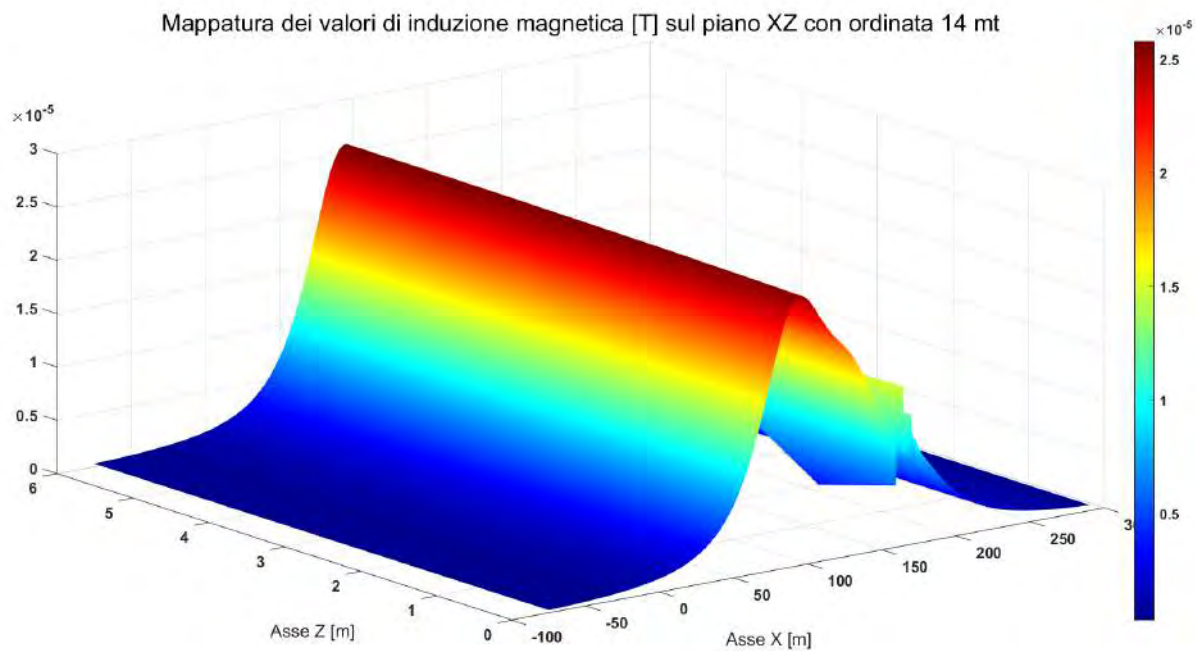


Fig. 19

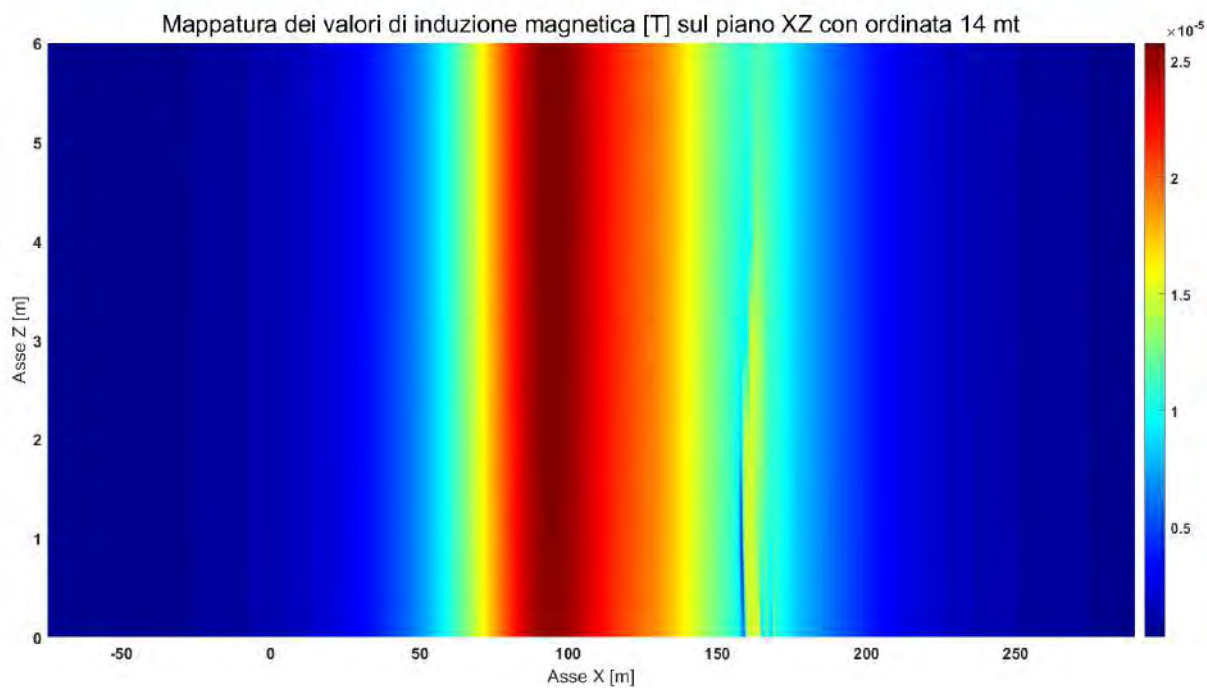


Fig. 20

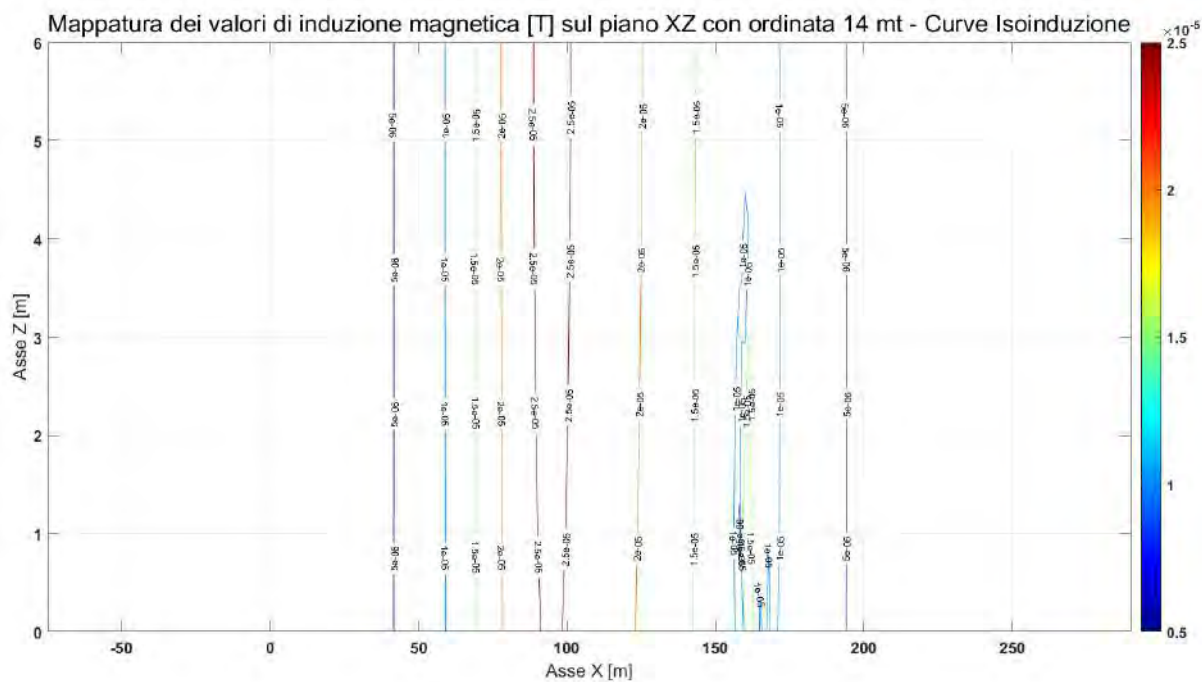


Fig. 21



Fig. 22 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

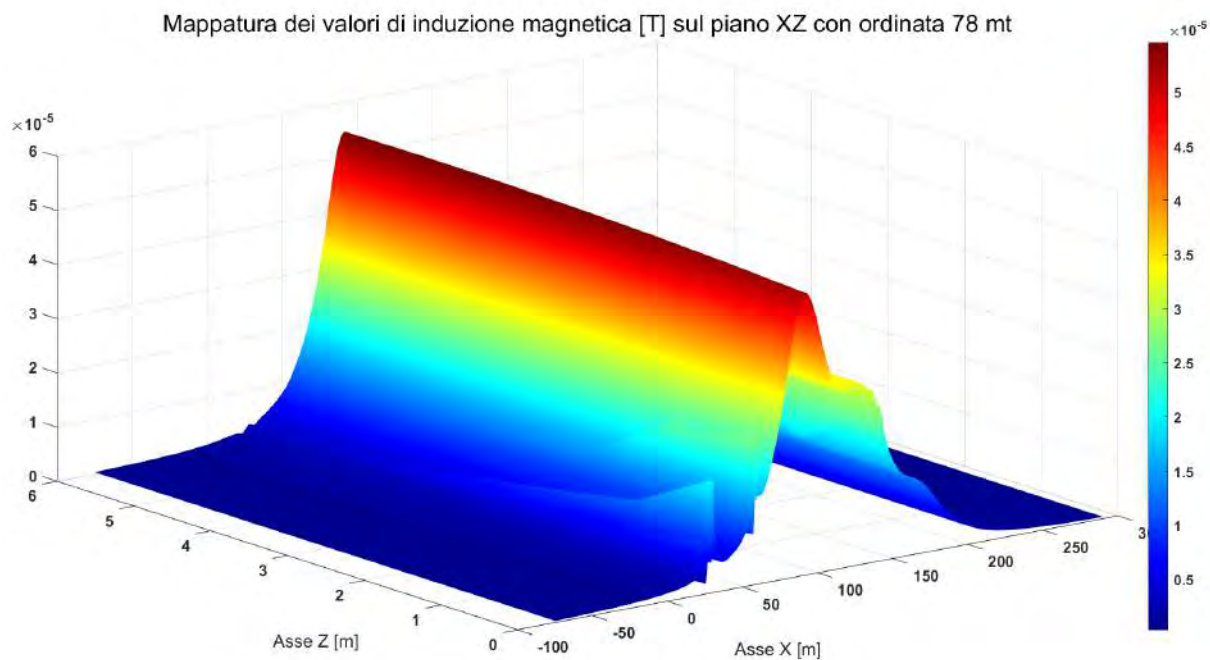


Fig. 23

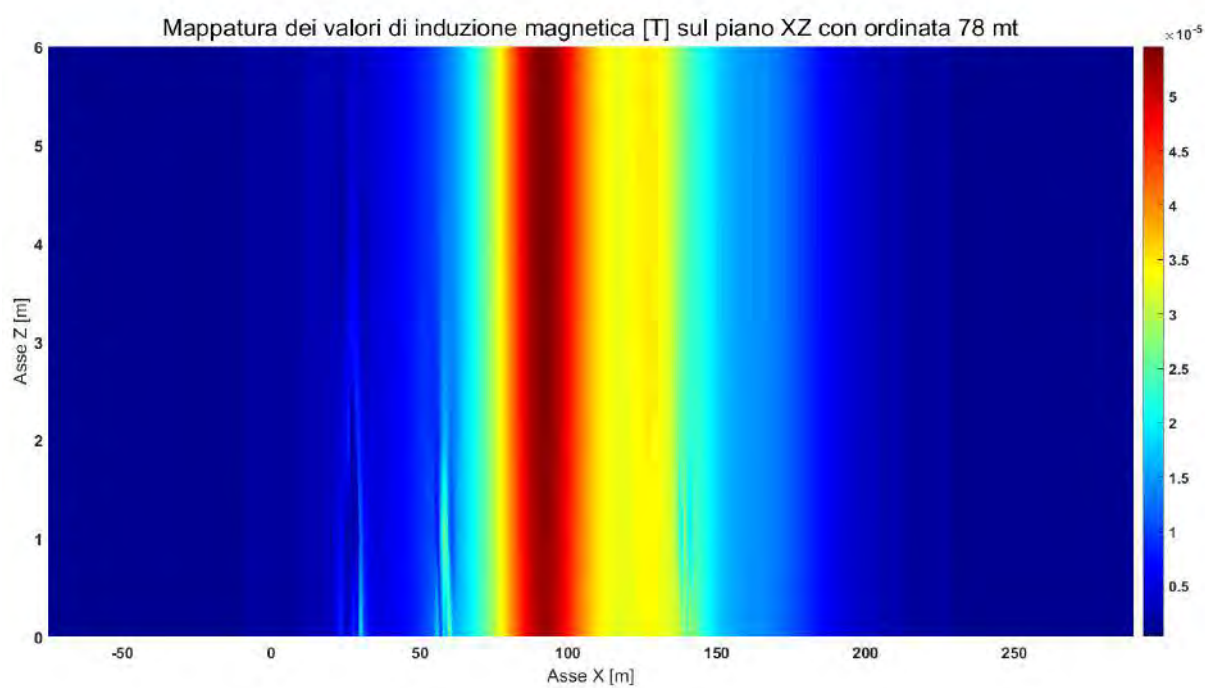


Fig. 24



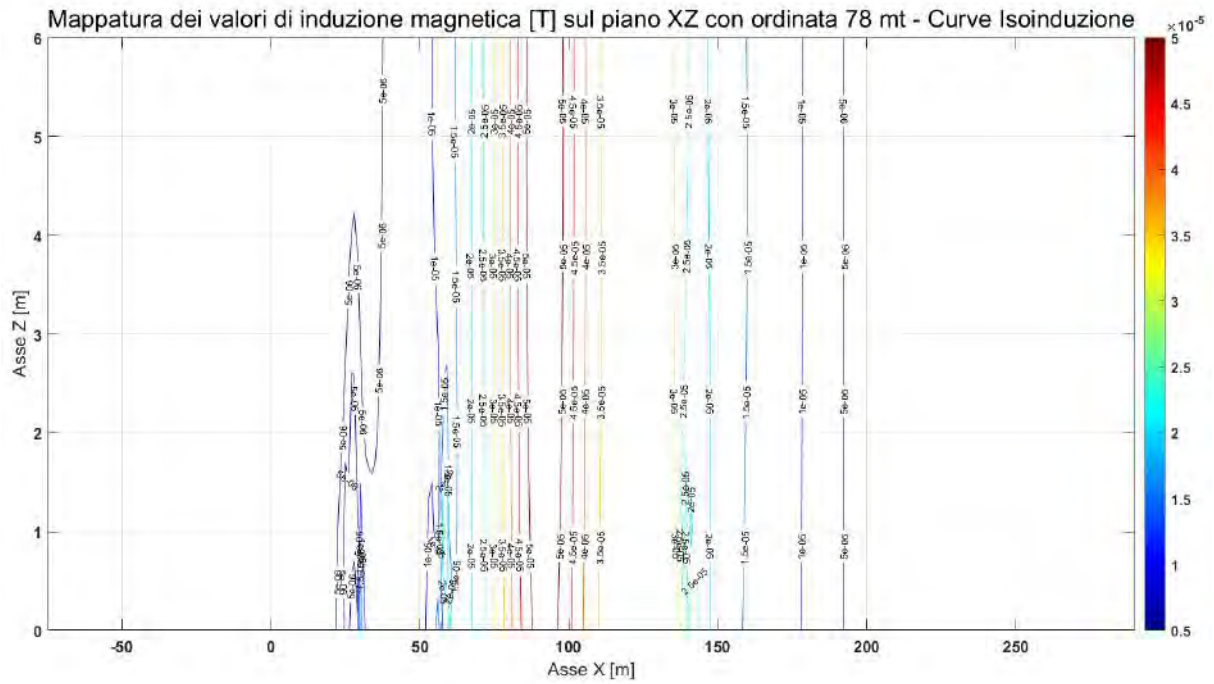


Fig. 25

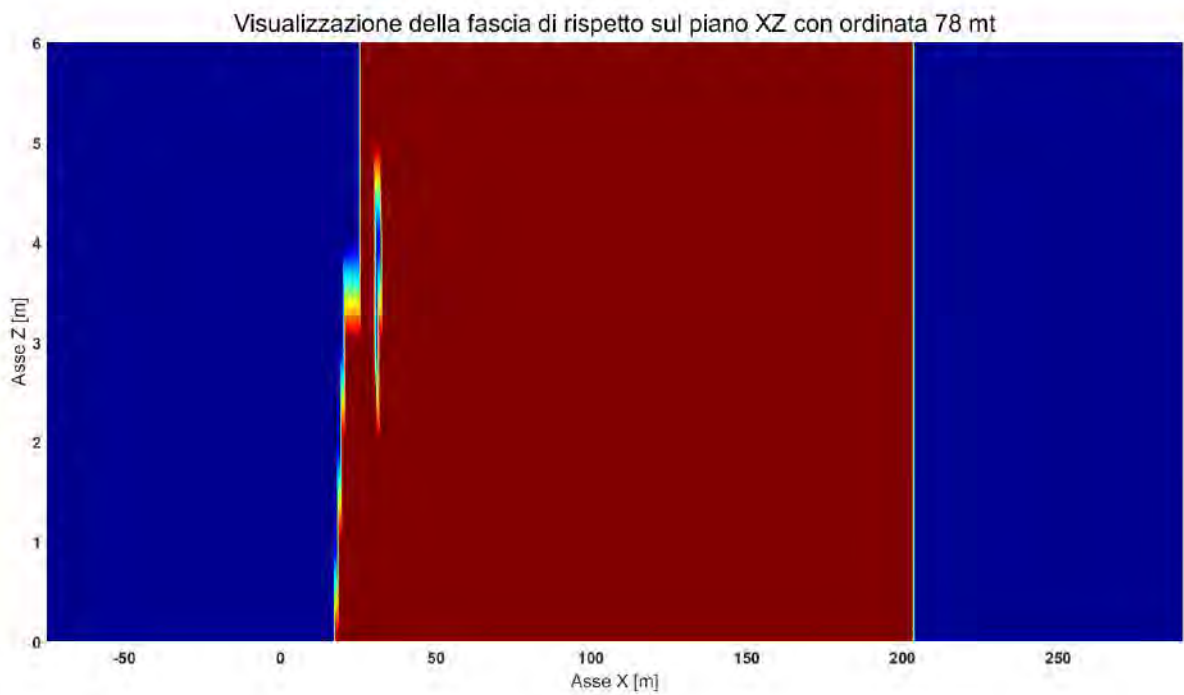


Fig. 26 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\text{Mt}$

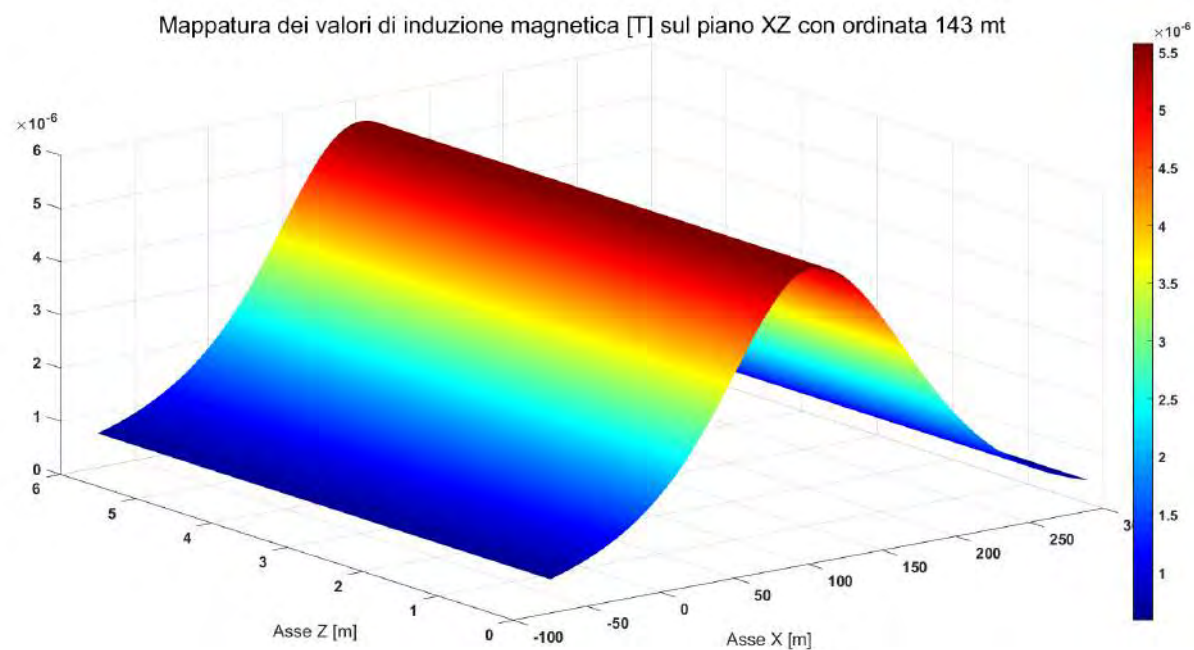


Fig. 27

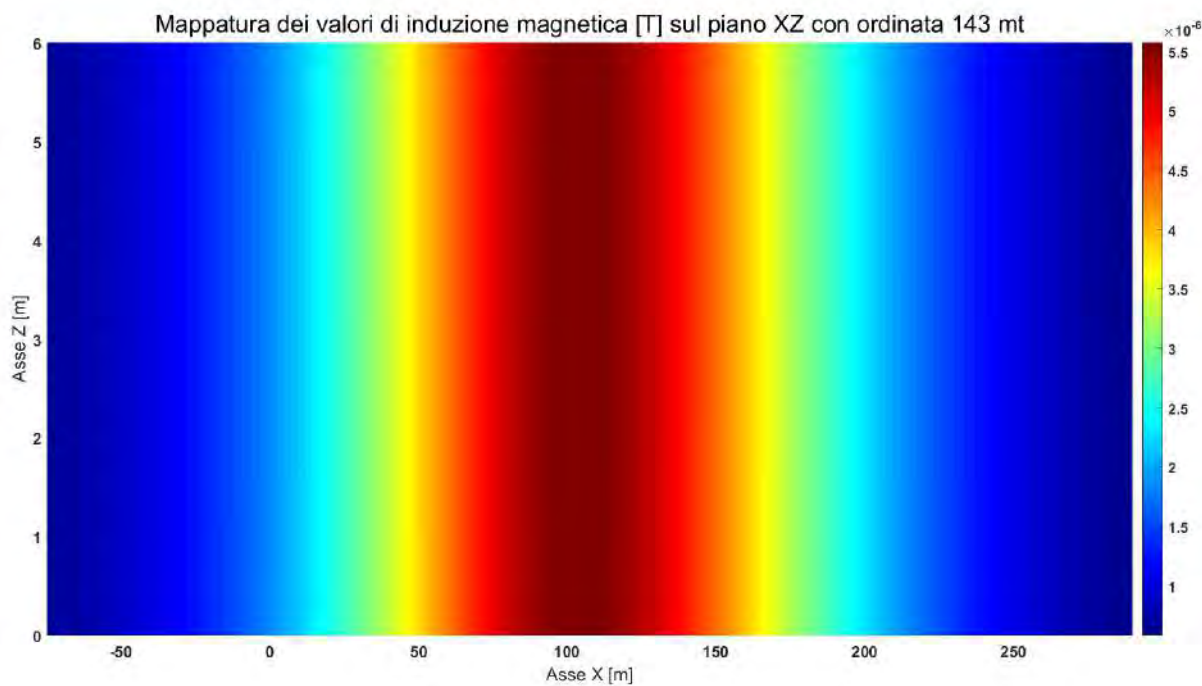


Fig. 28

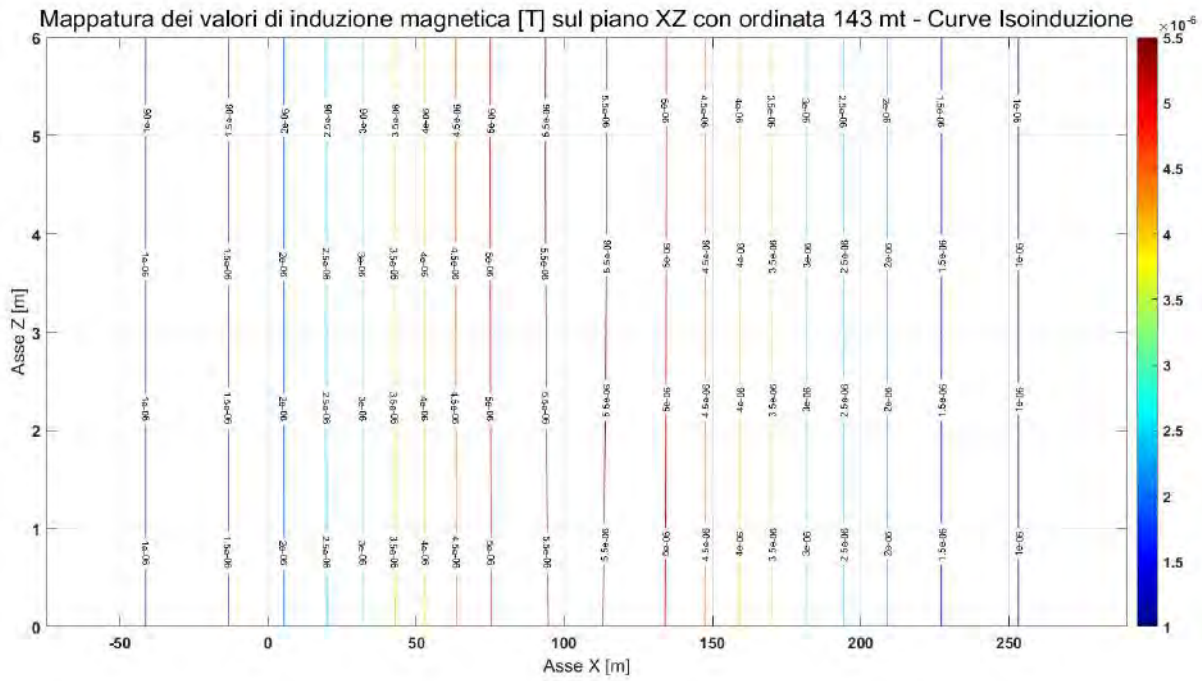


Fig. 29

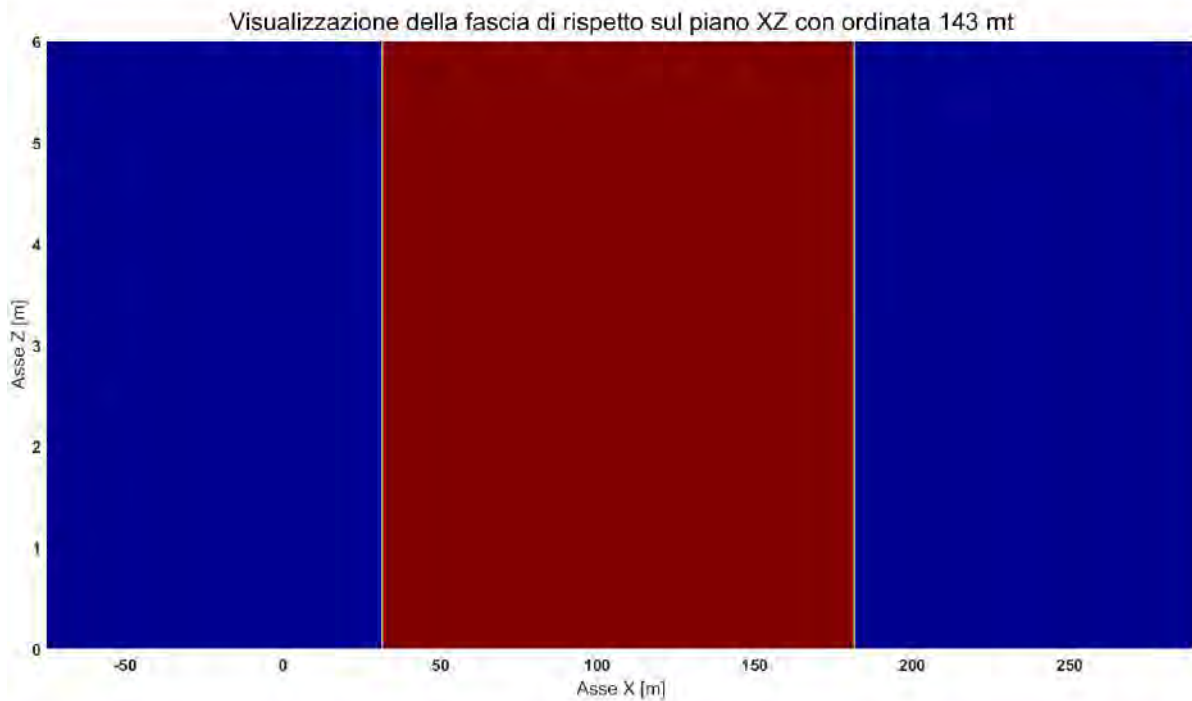


Fig. 30 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

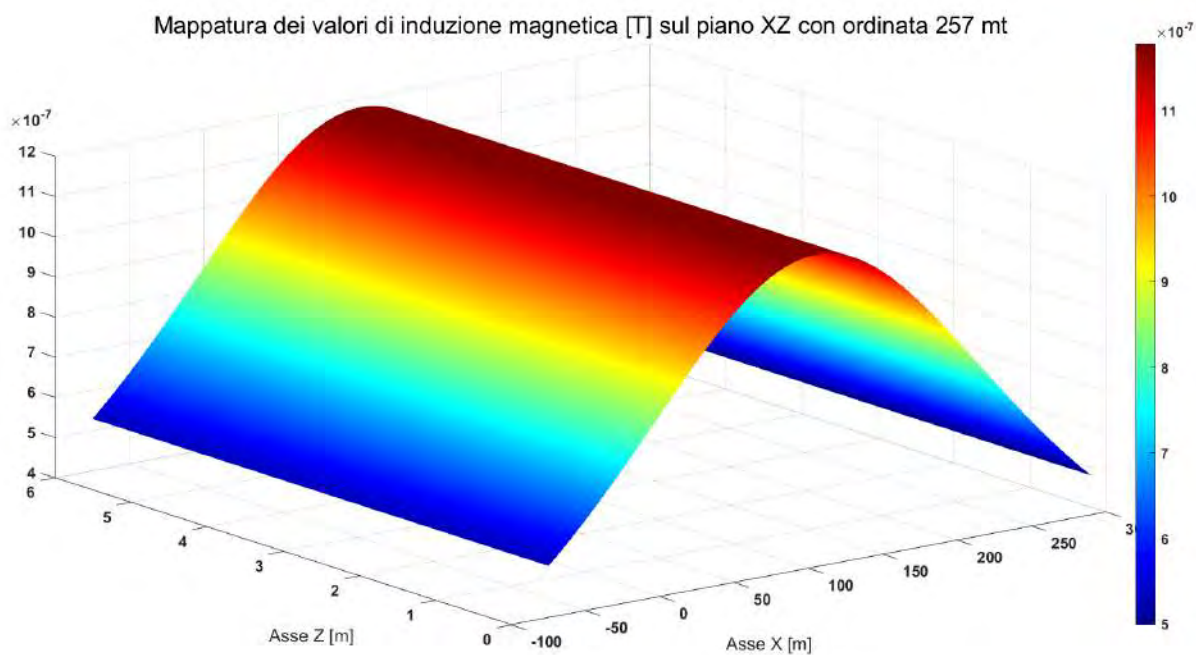


Fig. 31

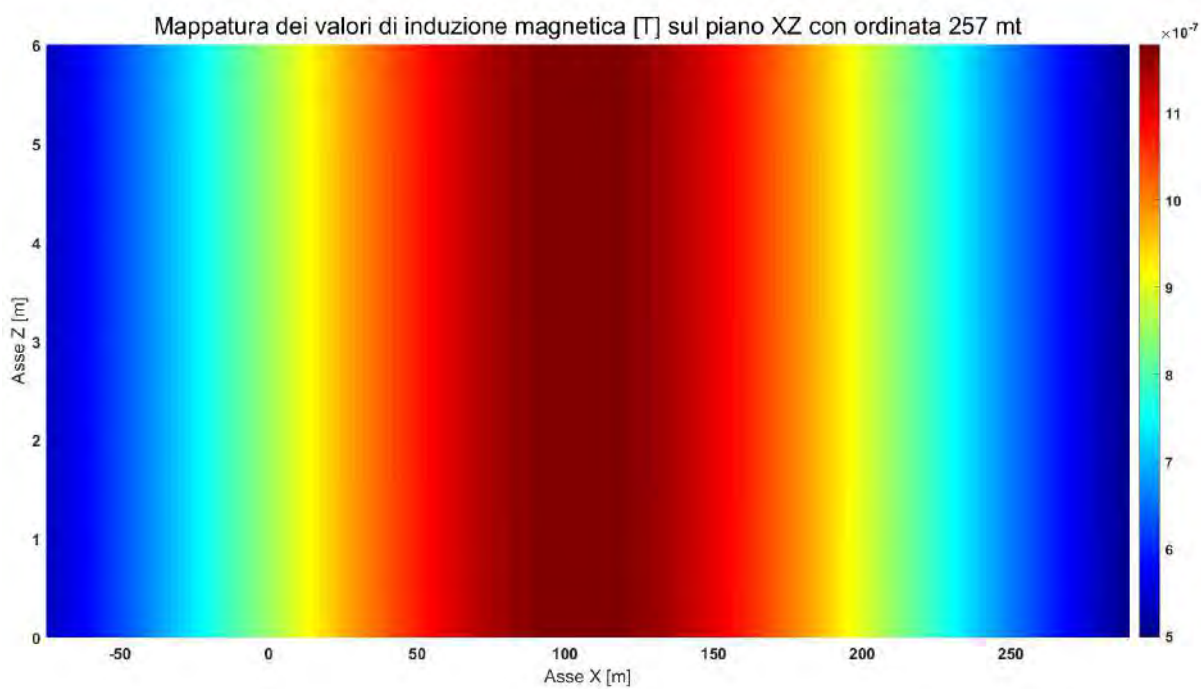


Fig. 32

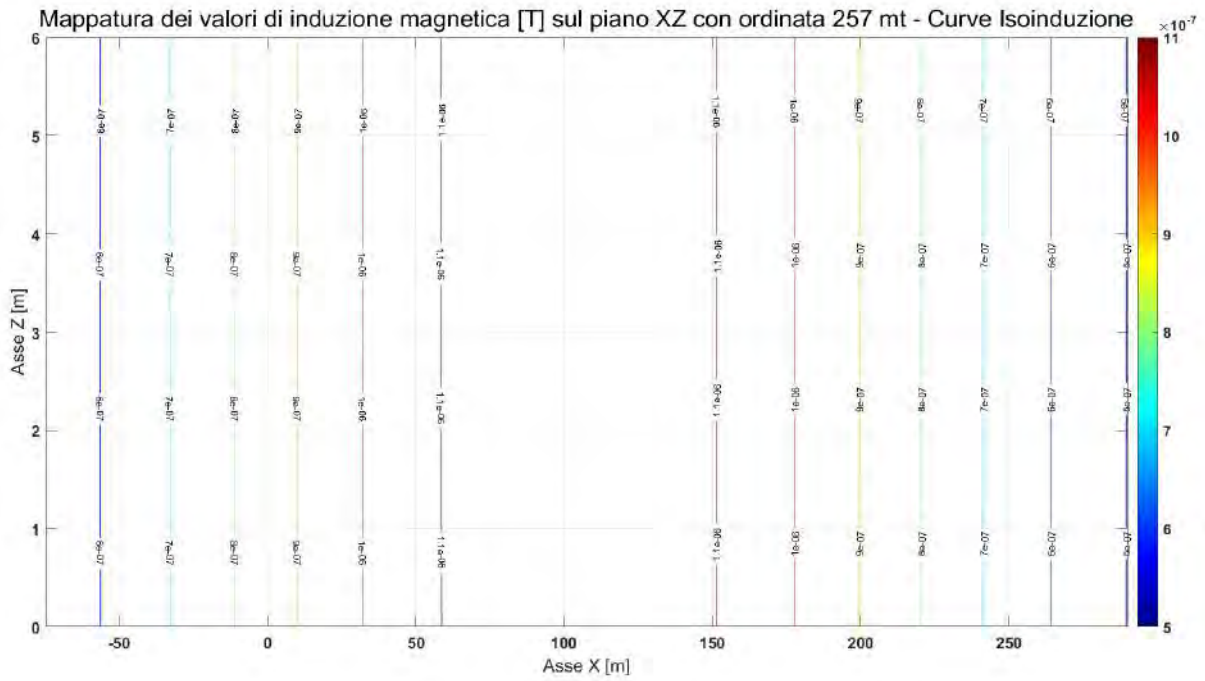


Fig. 33

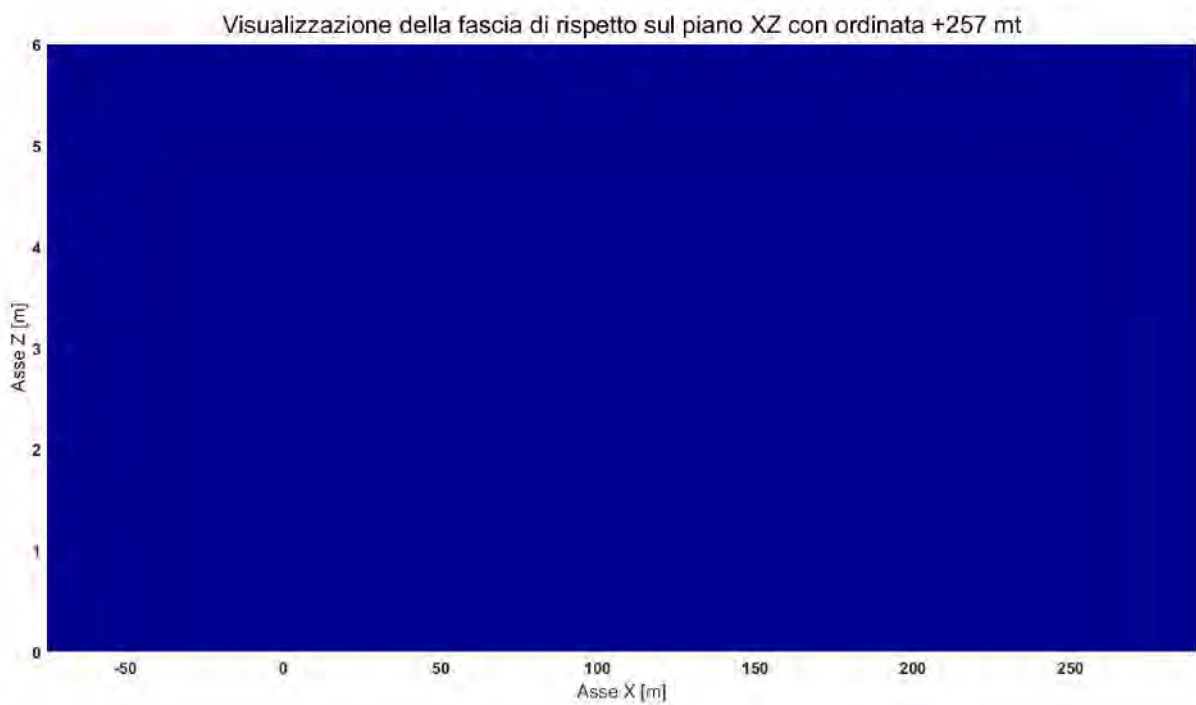


Fig. 34 – per tutta l'area in blu risulta  $B < 3\mu\text{T}$

### 2.2.1.3. Grafici su piano YZ

Come indicato in allegato A.2 sono state effettuate le simulazioni su diverse SLICE YZ (piani YZ) a varie ascisse in modo da valutare l'evoluzione del campo in varie sezioni dell'area di analisi. Di seguito si riportano i grafici rappresentativi dei risultati ottenuti.

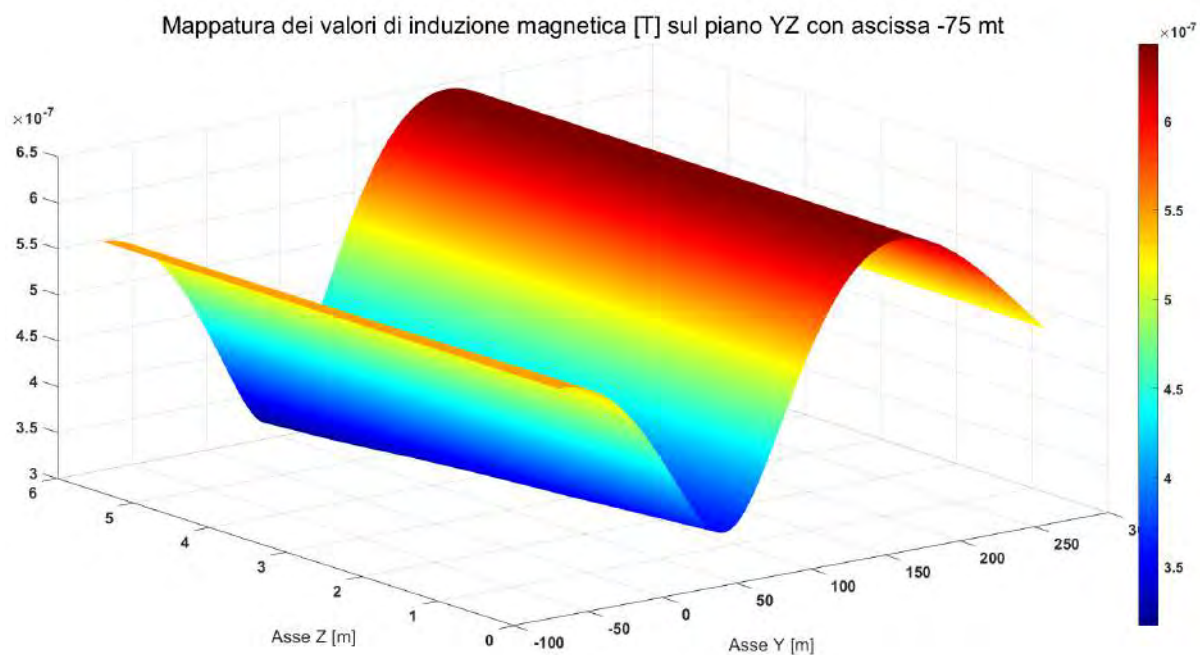


Fig. 35

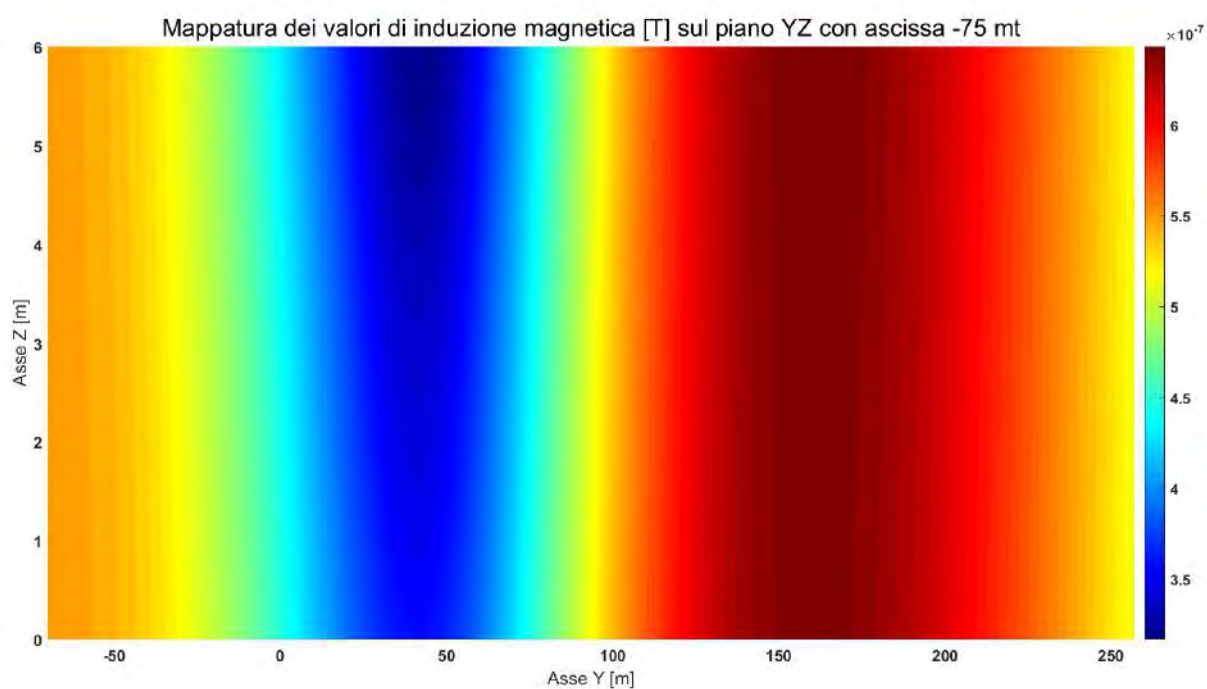


Fig. 36

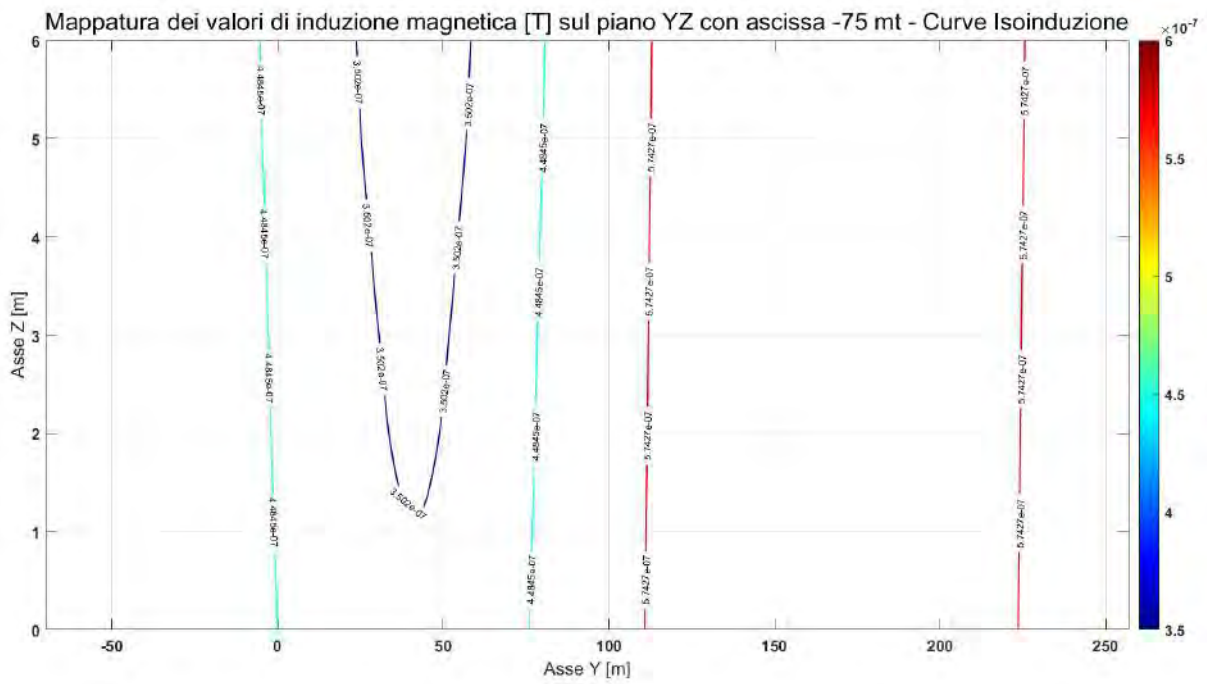


Fig. 37

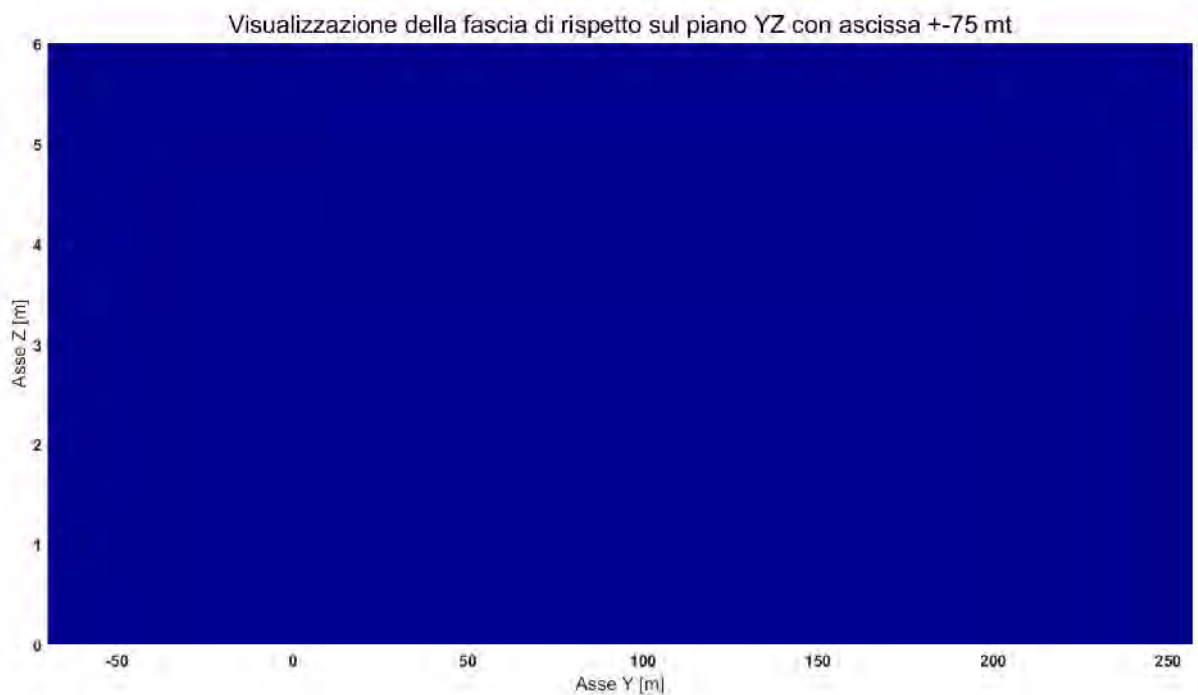


Fig. 38 – per tutta l'area in blu risulta  $B < 3 \mu\text{T}$

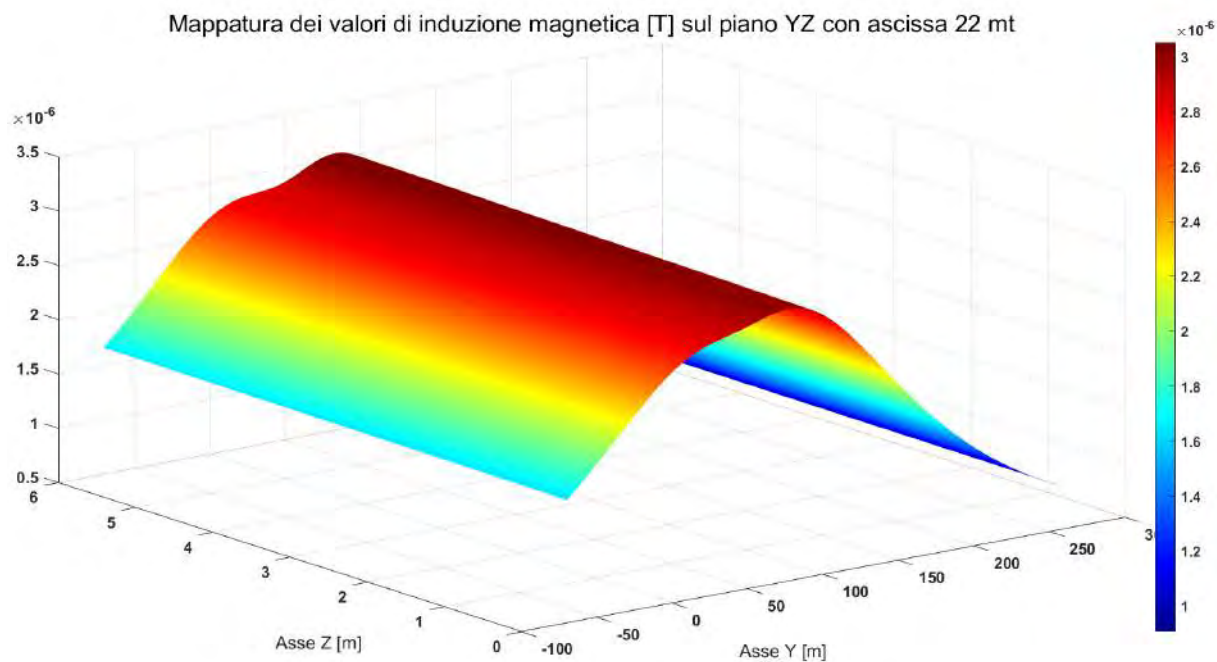


Fig. 39

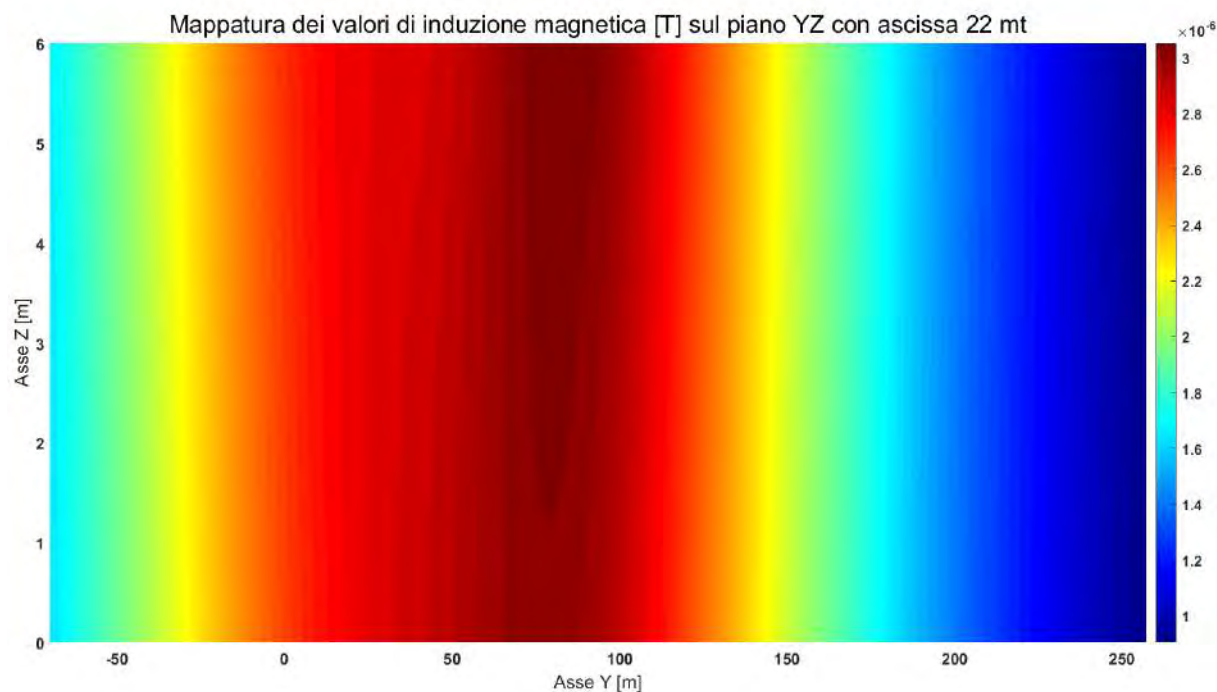


Fig. 40



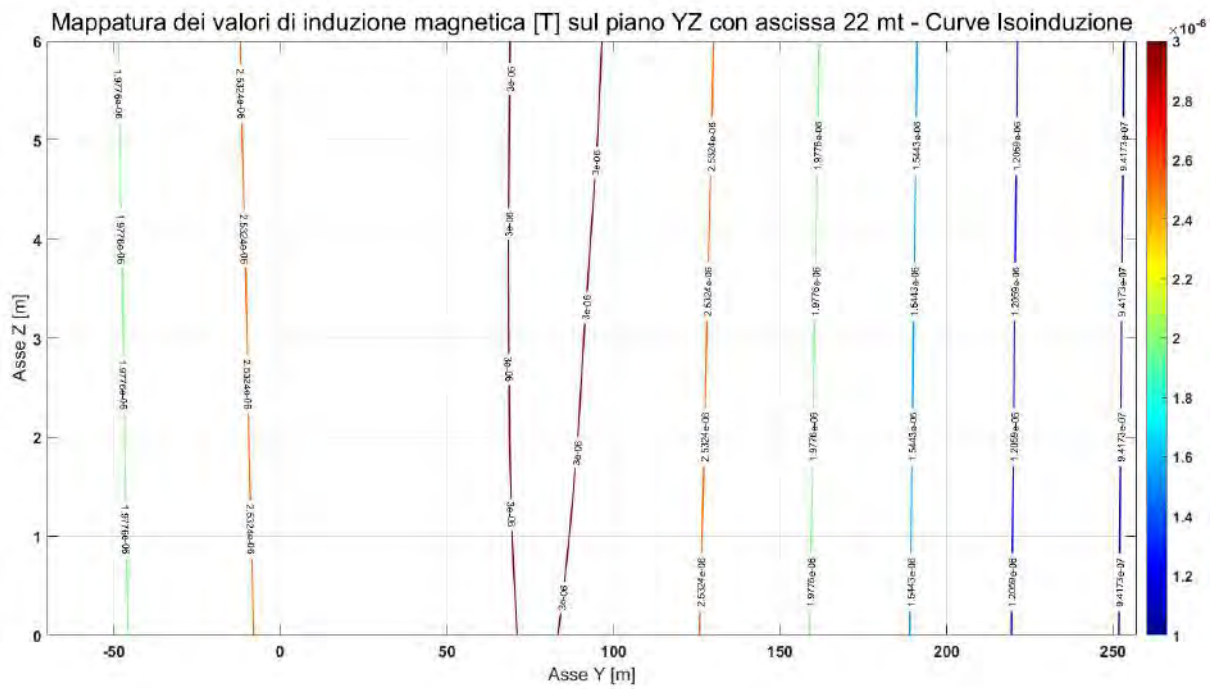


Fig. 41

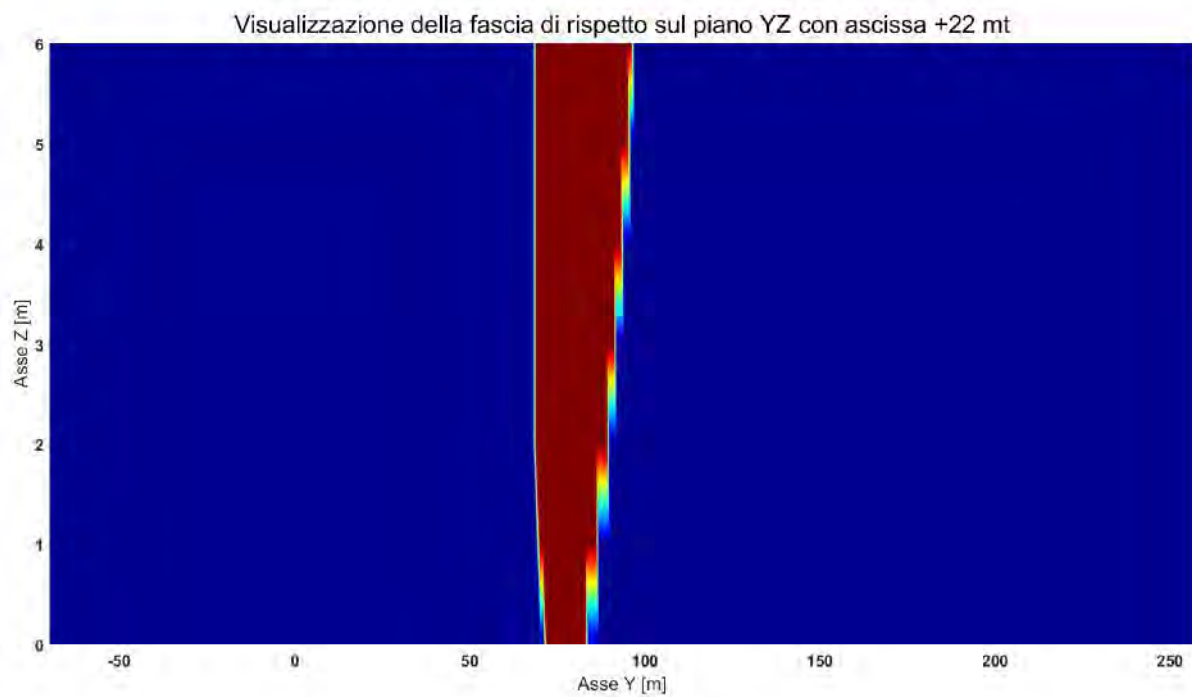


Fig. 42– in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

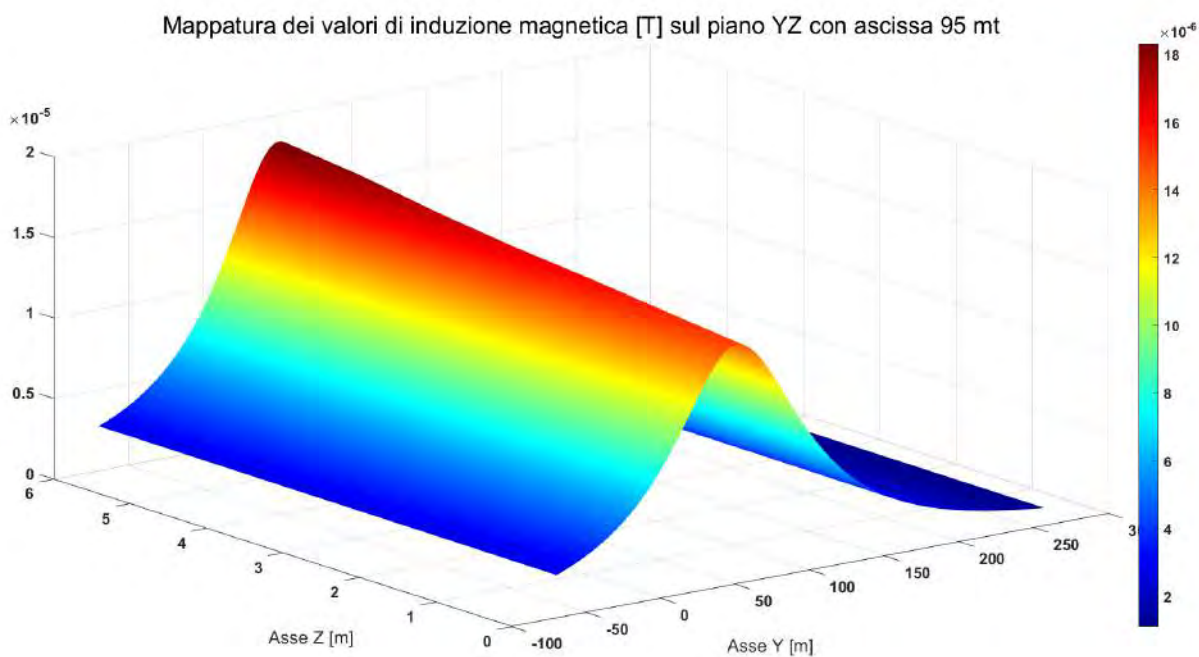


Fig. 43

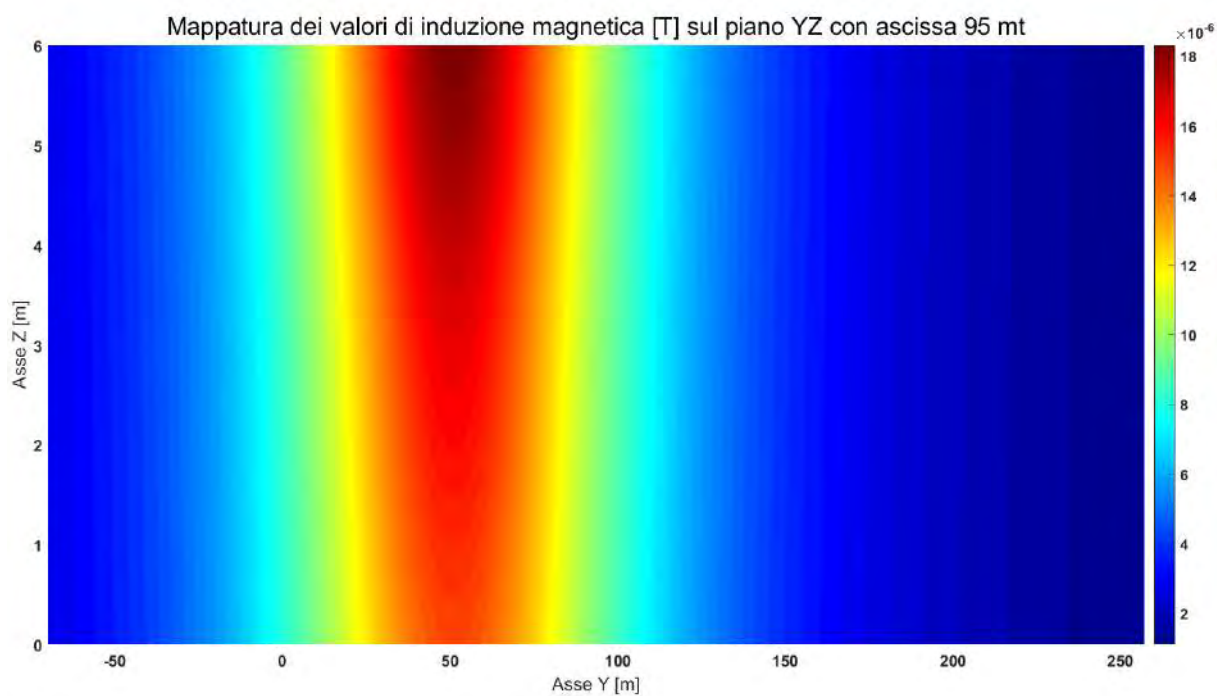


Fig. 44

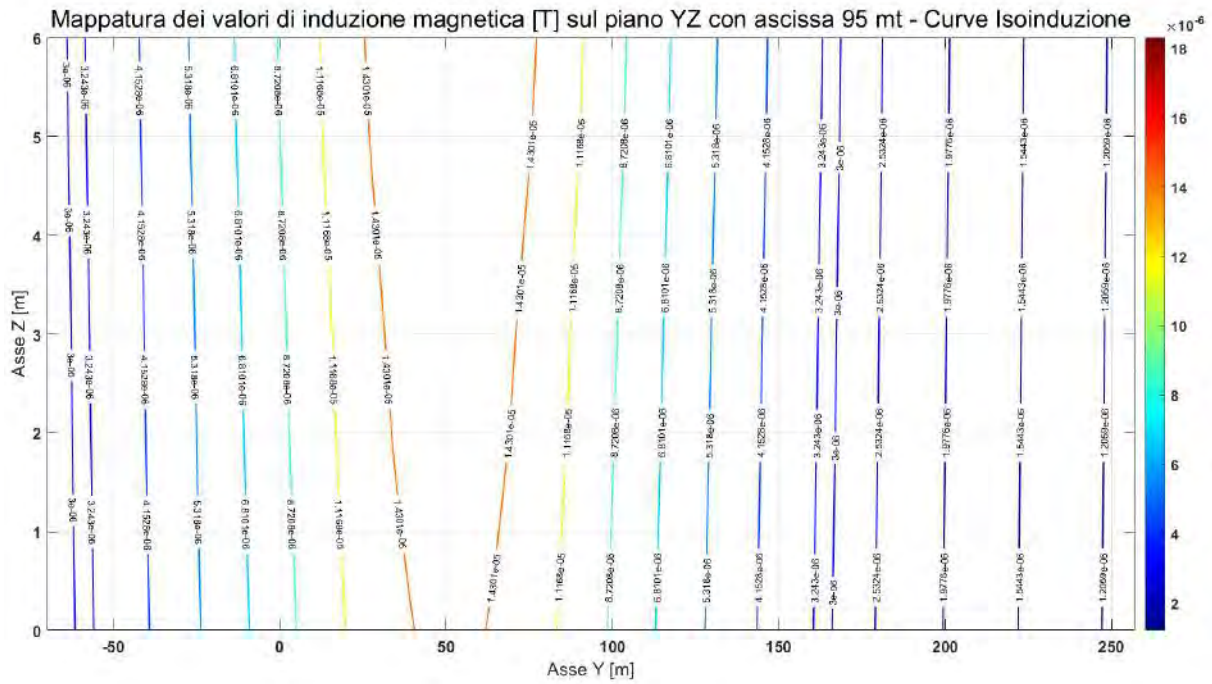


Fig. 45

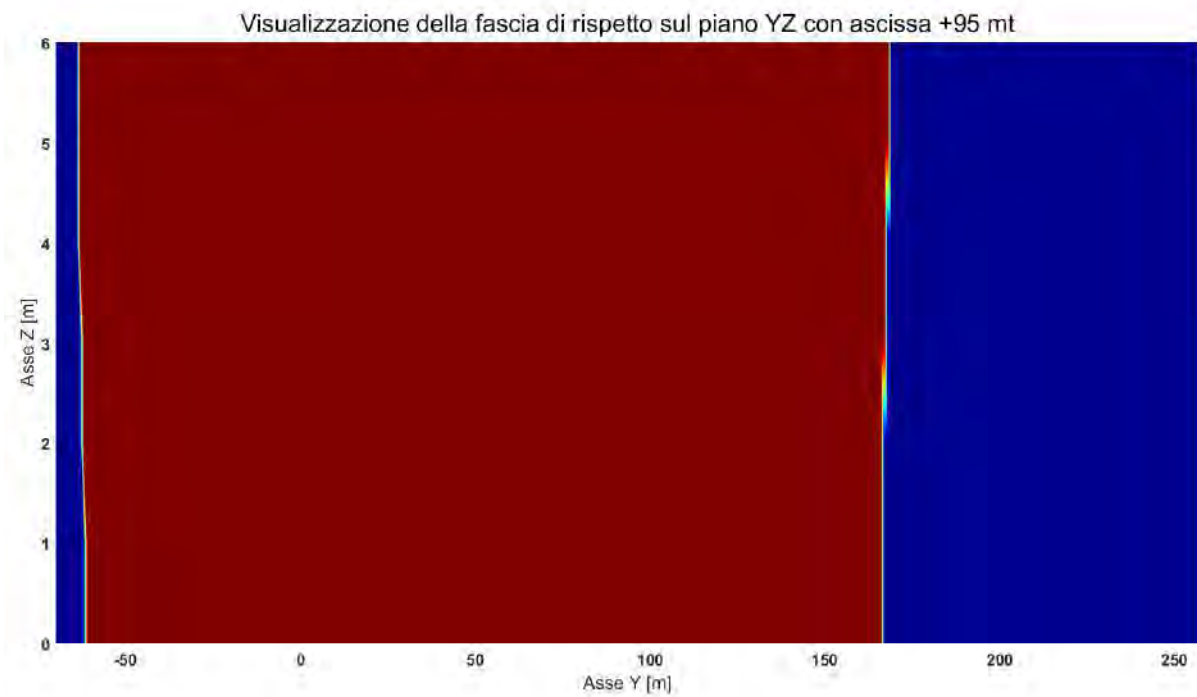


Fig. 46— in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

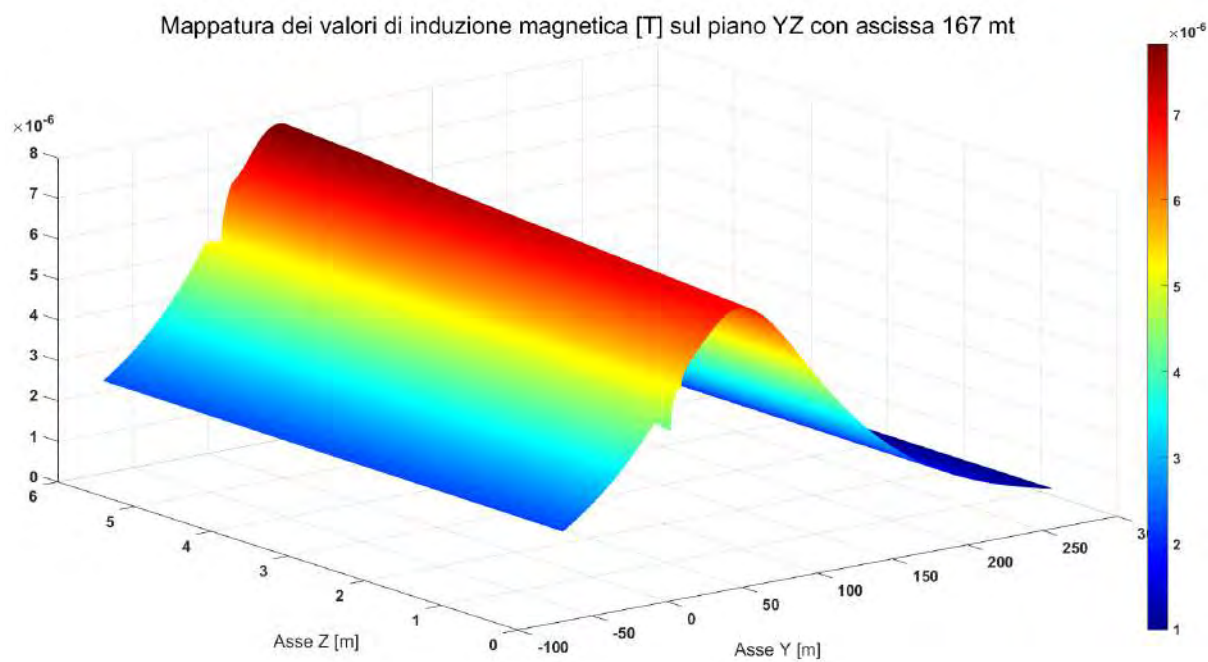


Fig. 47

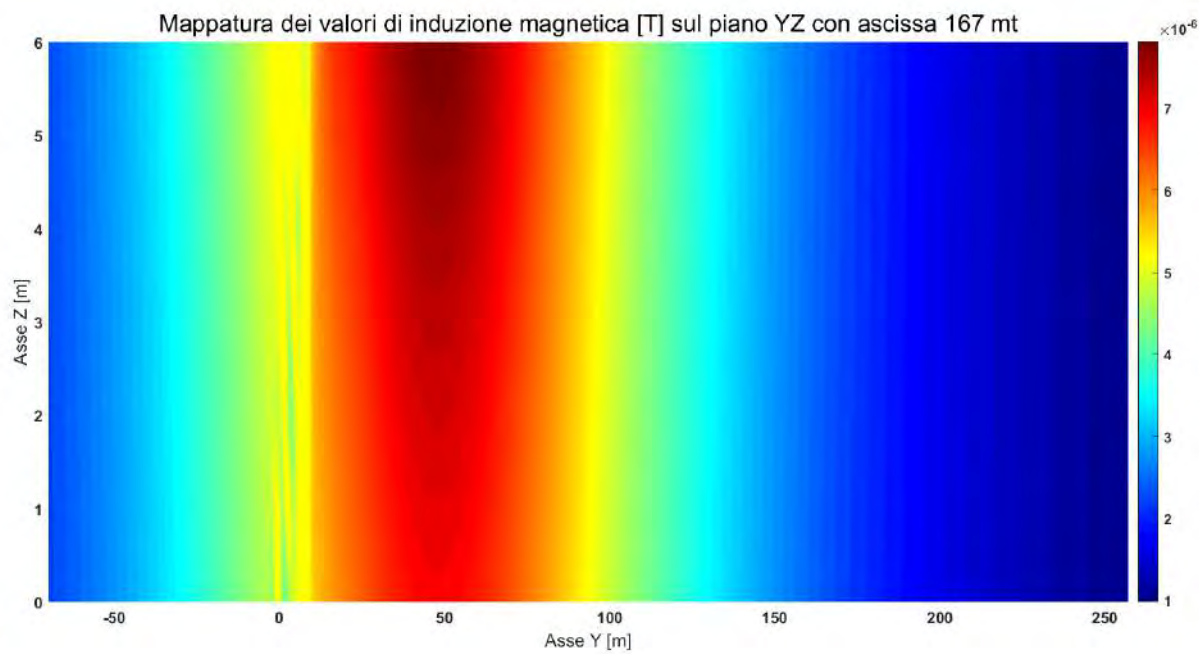


Fig. 48

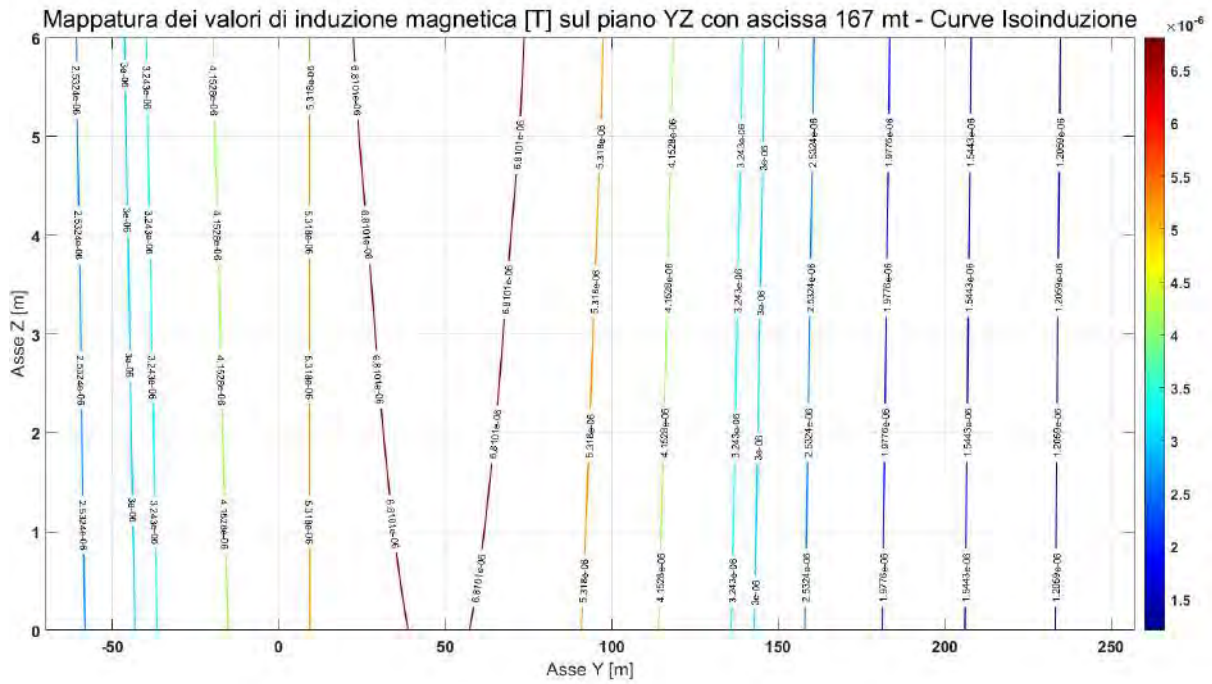


Fig. 49

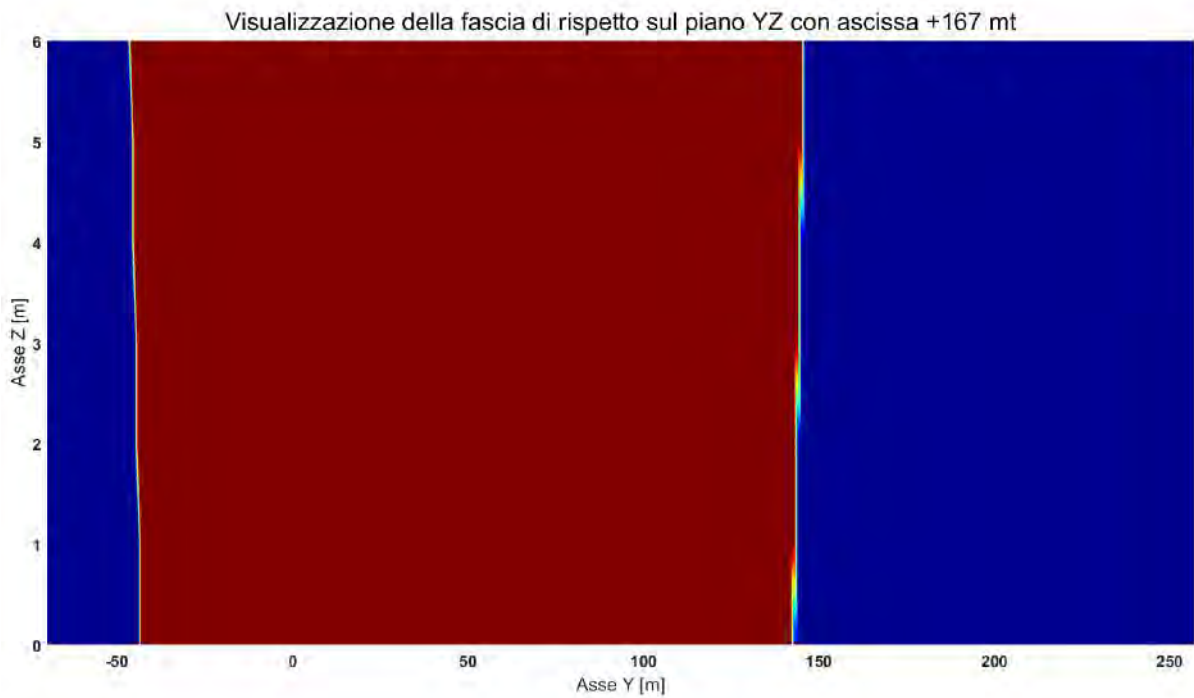


Fig. 50– in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

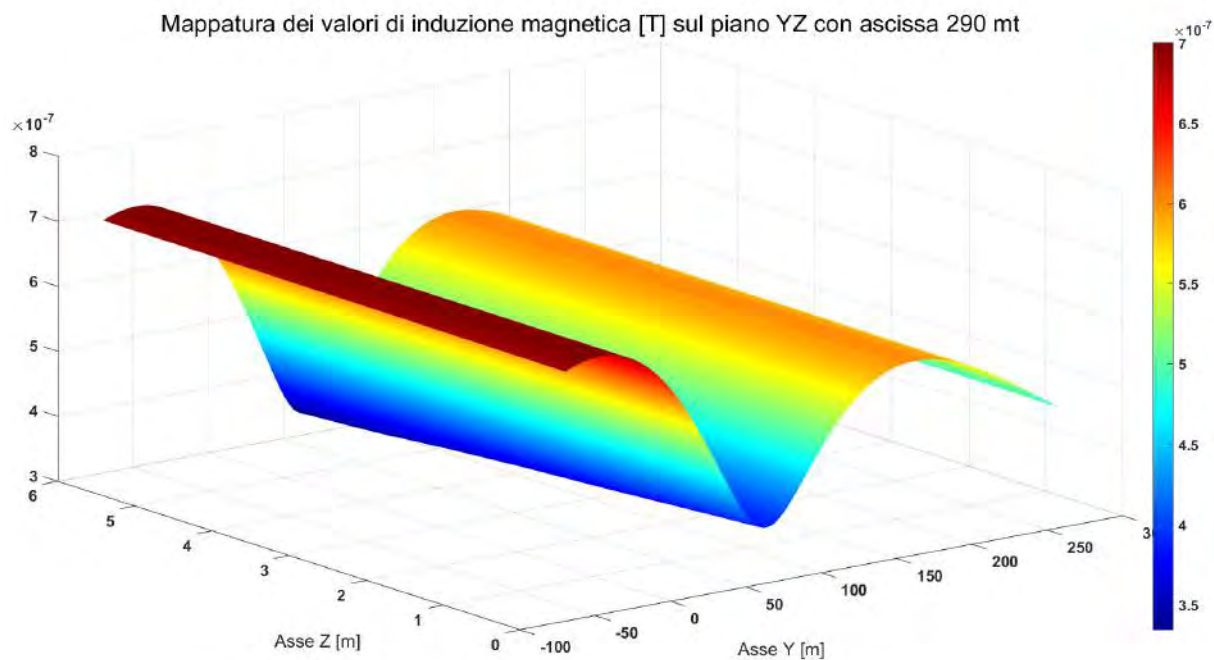


Fig. 51

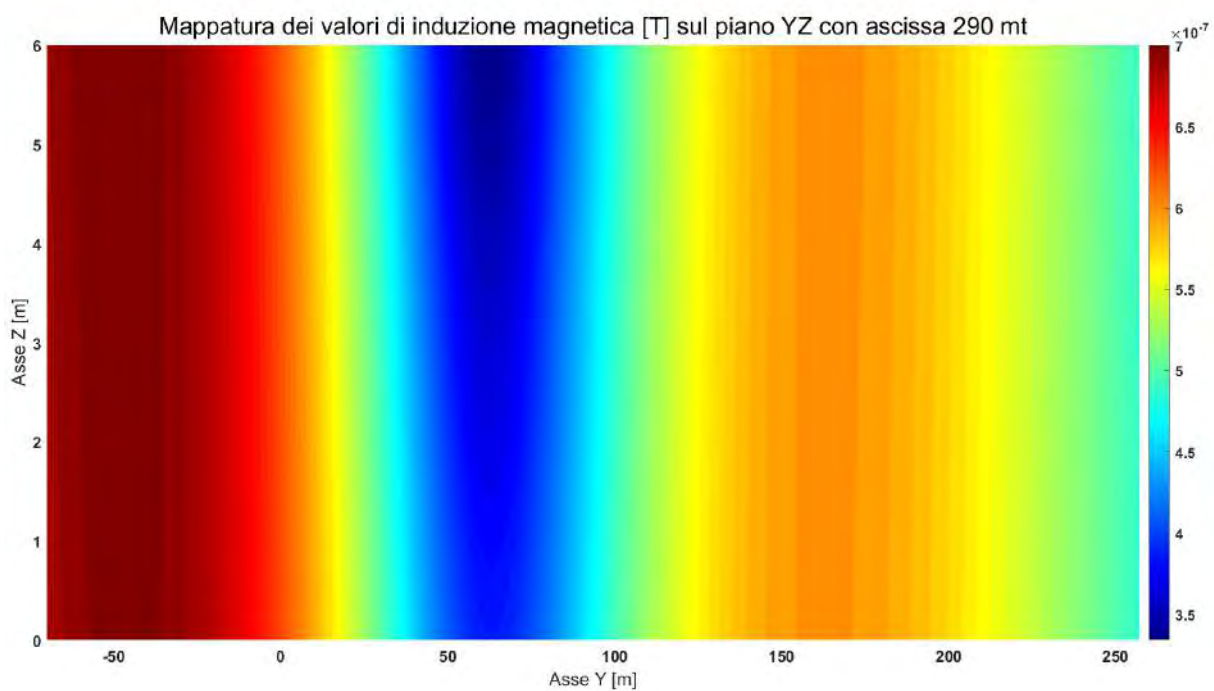


Fig. 52

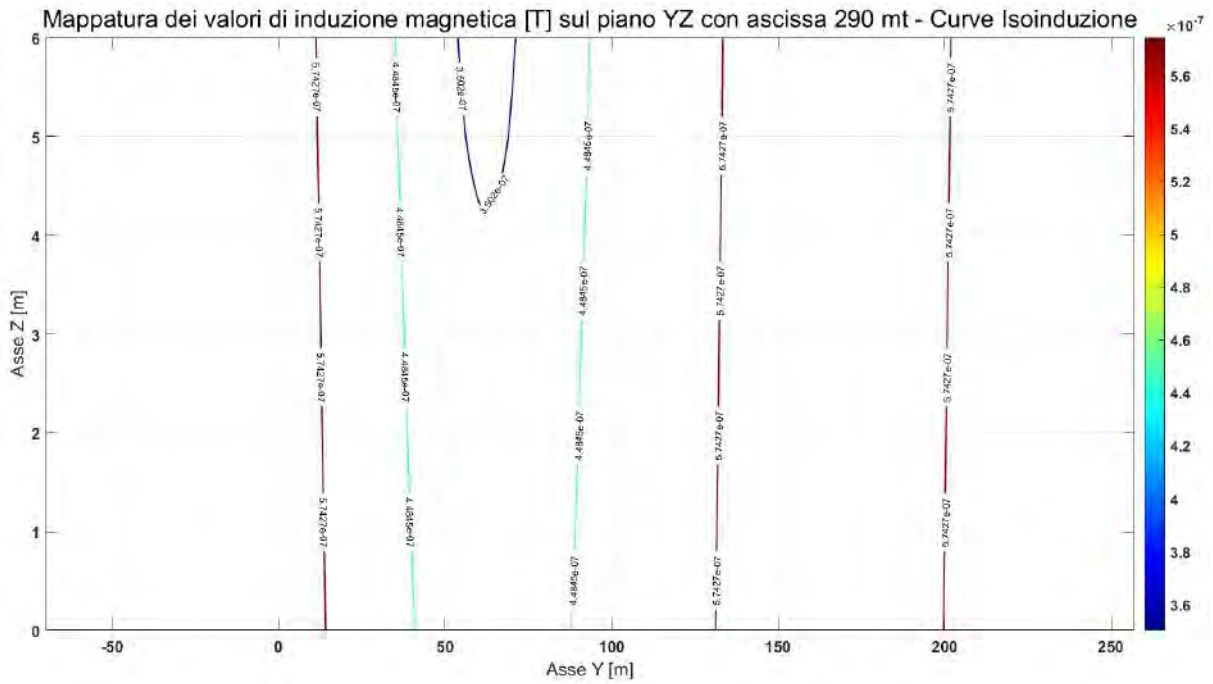


Fig. 53

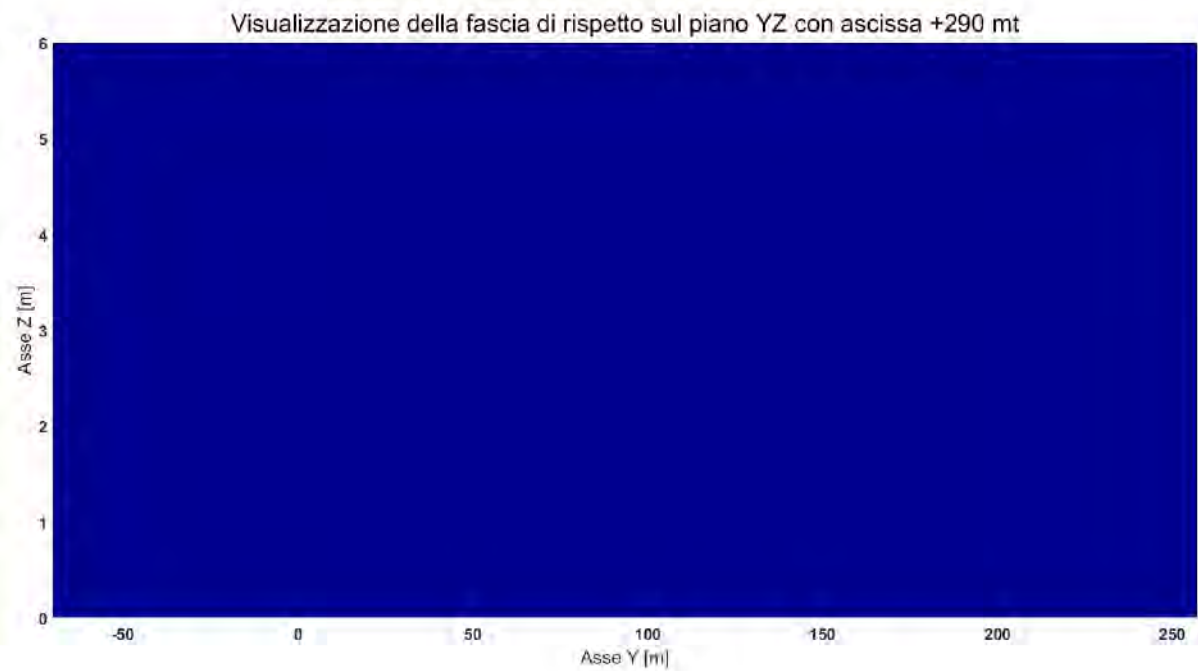


Fig. 54 – per tutta l’area in blu risulta  $B < 3\mu\text{T}$

### 2.2.2. Risultati delle indagini strumentali

Come detto in precedenza, la Committenza ha fornito il report delle indagini strumentali circa l'impatto elettromagnetico della Centrale adiacente al costruendo impianto IPB.

Il suddetto documento è stato redatto dalla società *Studio Lambda* (doc. n° ID 000.030.032 del 23/02/2017); per pronta visione di seguito sono riportati le tabelle del suddetto documento con i risultati dell'indagine.

Come si può vedere, i valori riscontrati rispettano tutti i limiti imposti dal quadro normativo vigente (DPCM 08/07/2003) in relazione all'obiettivo di qualità pari a  $3 \mu\text{T}$ .

Misura N.°	Data	Area	Descrizione impianti e collocazione		Durata misura [mm.ss]	Campo elettrico E [V/m]	Durata misura [mm.ss]	Induzione magnetica B [ $\mu\text{T}$ ]
1	03/09/2015	Uffici amministrativi	Ufficio Mercato	TG1+TG2+TV	02:00	0,95	02:00	0,02
2	03/09/2015	Uffici amministrativi	Sala Controllo	TG1+TG2+TV	02:00	0,14	02:00	0,03
3	03/09/2015	Uffici amministrativi	Sala Controllo - bis	TG1+TG2+TV	02:00	0,14	02:00	0,03
4	03/09/2015	Trasformatore ausiliario TG1	Trafo ausiliario 1 - 11BBD01	TG1+TG2+TV	02:00	0,09	02:00	0,02
5	03/09/2015	Trasformatore TG1	Trasformatore 1 - 11BAT01	TG1+TG2+TV	02:00	1,23	02:00	0,02
6	03/09/2015	Trasformatore TG1	Trasformatore 1 - 11BAT01 - bis	TG1+TG2+TV	02:00	0,90	02:00	0,02
7	03/09/2015	Edificio elettrico	TG1 - MESA1 - 1° piano interno	TG1+TG2+TV	02:00	0,40	02:00	0,04
8	03/09/2015	Edificio elettrico	TG1 - 11BAC01 - QUADRO AREVA - copertura	TG1+TG2+TV	02:00	0,09	02:00	0,02
9	03/09/2015	Trasformatore ausiliario TG2	Trafo ausiliario 2 - 12BBT01	TG1+TG2+TV	02:00	0,10	02:00	0,01
10	03/09/2015	Trasformatore TG2	Trasformatore 2 - 12BAT01	TG1+TG2+TV	02:00	0,10	02:00	0,02

Tab. 2 – Risultati indagini strumentali su Centrale Sorghena adiacente

Misura N.°	Data	Area	Descrizione impianti e collocazione		Durata misura [mm.ss]	Campo elettrico E [V/m]	Durata misura [mm.ss]	Induzione magnetica B [ $\mu\text{T}$ ]
11	03/09/2015	Trasformatore TG2	Trasformatore 2 - 12BAT01 - bis	TG1+TG2+TV	02:00	0,10	02:00	0,01
12	03/09/2015	GIS Sottostazione elettrica	Partenza GIS (Interno recinzione) - sotto elettrodotto fase centrale	TG1+TG2+TV	02:00	17,00	02:00	0,03
13	03/09/2015	GIS Sottostazione elettrica	Partenza GIS (Interno recinzione) - sotto elettrodotto fase centrale - fronte porta ingresso	TG1+TG2+TV	02:00	12,00	02:00	0,01
14	03/09/2015	GIS Sottostazione elettrica	Cavidotto AT - quota interrata	TG1+TG2+TV	02:00	4,00	02:00	2,00
15	03/09/2015	GIS Sottostazione elettrica	Cavidotto AI - quota interrata	TG1+TG2+TV	02:00	2,00	02:00	0,21
16	03/09/2015	GIS Sottostazione elettrica	Interno - fronte porta ingresso	TG1+TG2+TV	02:00	0,12	02:00	0,02
17	03/09/2015	GIS Sottostazione elettrica	Ufficio - Postazione operatore locale GIS	TG1+TG2+TV	02:00	1,32	02:00	0,02

Tab. 3 – Risultati indagini strumentali su Centrale Sorghena adiacente

Come si può evidenziare il valore medio assunto come induzione magnetica di fondo associata all'area in esame è pari a  $B_f=0,149 \mu\text{T}$ .



### 2.2.3. Sovrapposizione degli effetti con l'impianto esistente

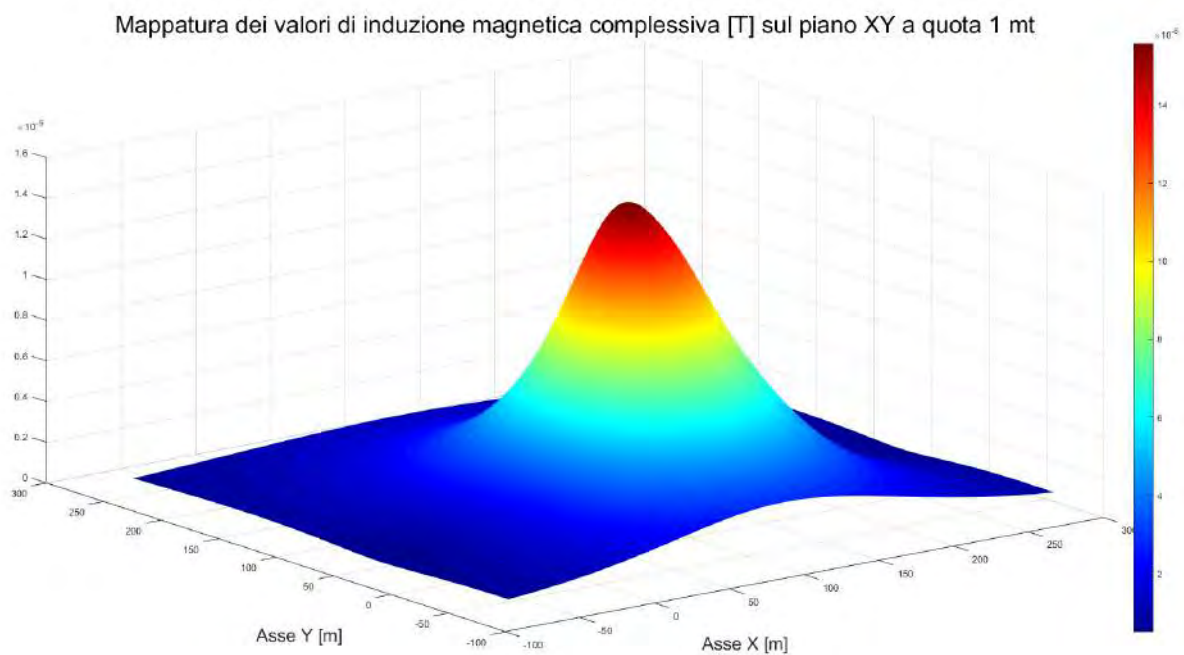
L'applicazione della sommatoria generalizzata dell'induzione magnetica di fondo  $B_f=0,149\mu\text{T}$  ai risultati del calcolo analitico condotto permette di ottenere la distribuzione previsionale più severa dell'induzione magnetica nell'area in oggetto in condizioni di impianto IPB attivo.

Di seguito i risultati della sovrapposizione degli effetti.

#### 2.2.3.1. Grafici su piano XY

Come indicato in allegato A.2 sono state effettuate le simulazioni su diverse SLICE XY (piani XY) a varie quote in modo da valutare l'evoluzione del campo a quote differenti.

Di seguito si riportano i grafici rappresentativi dei risultati ottenuti.



**Fig. 55**

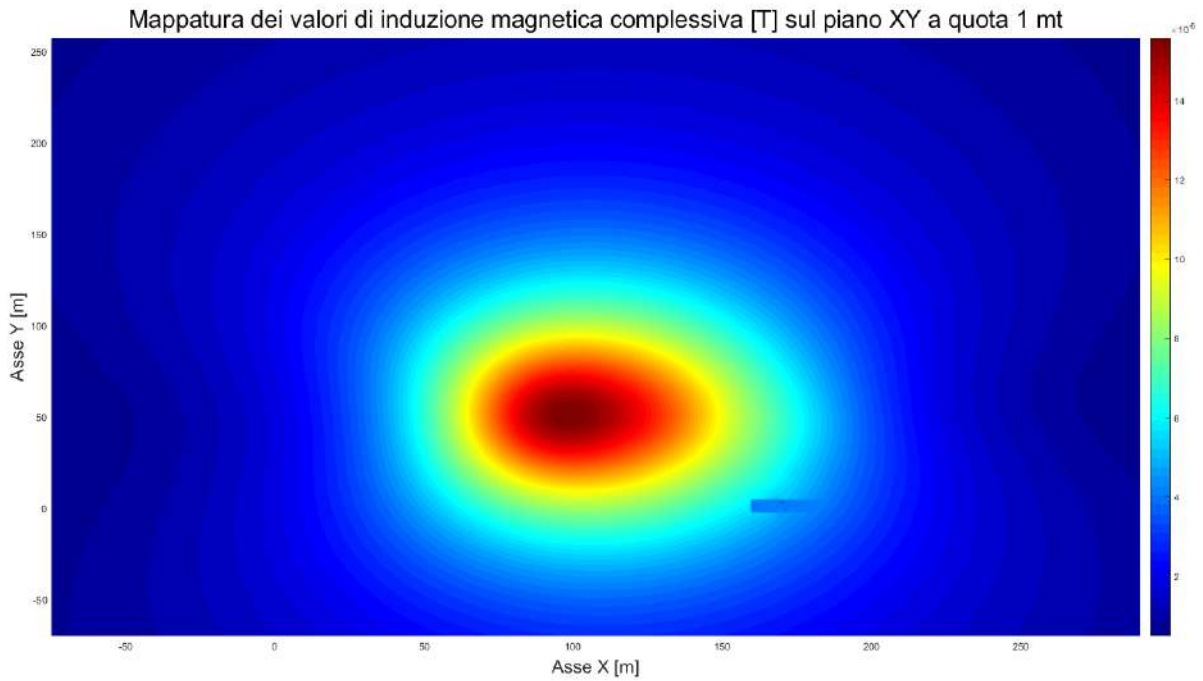


Fig. 56

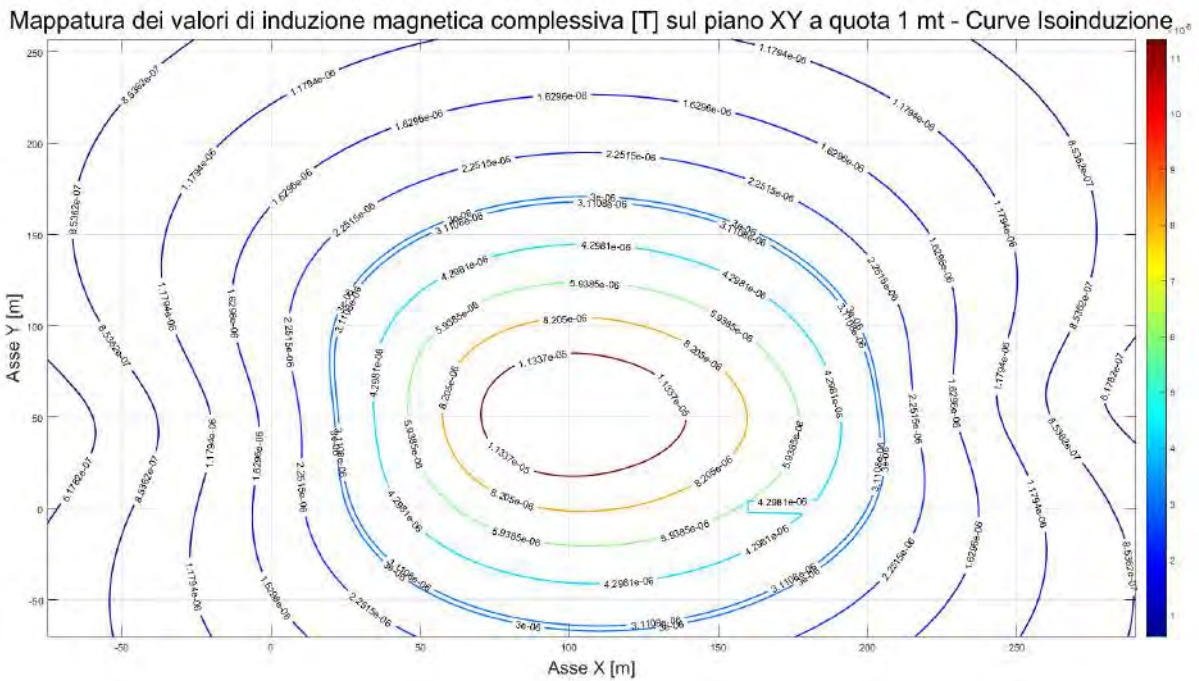


Fig. 57



**Fig. 58** – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

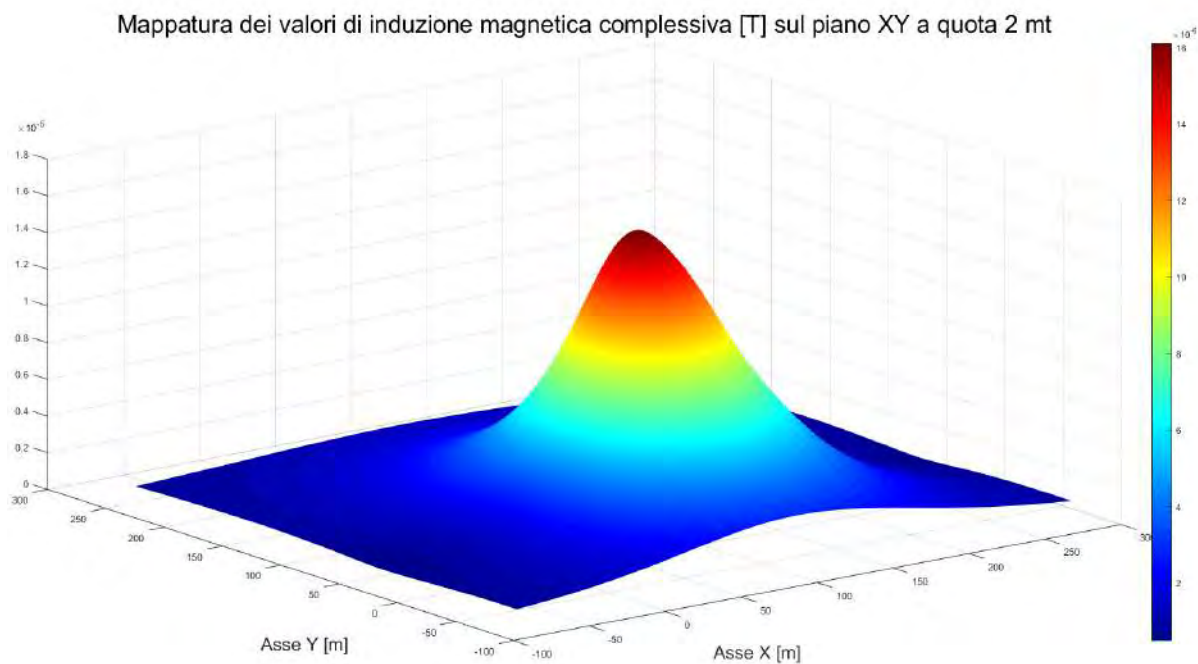


Fig. 59

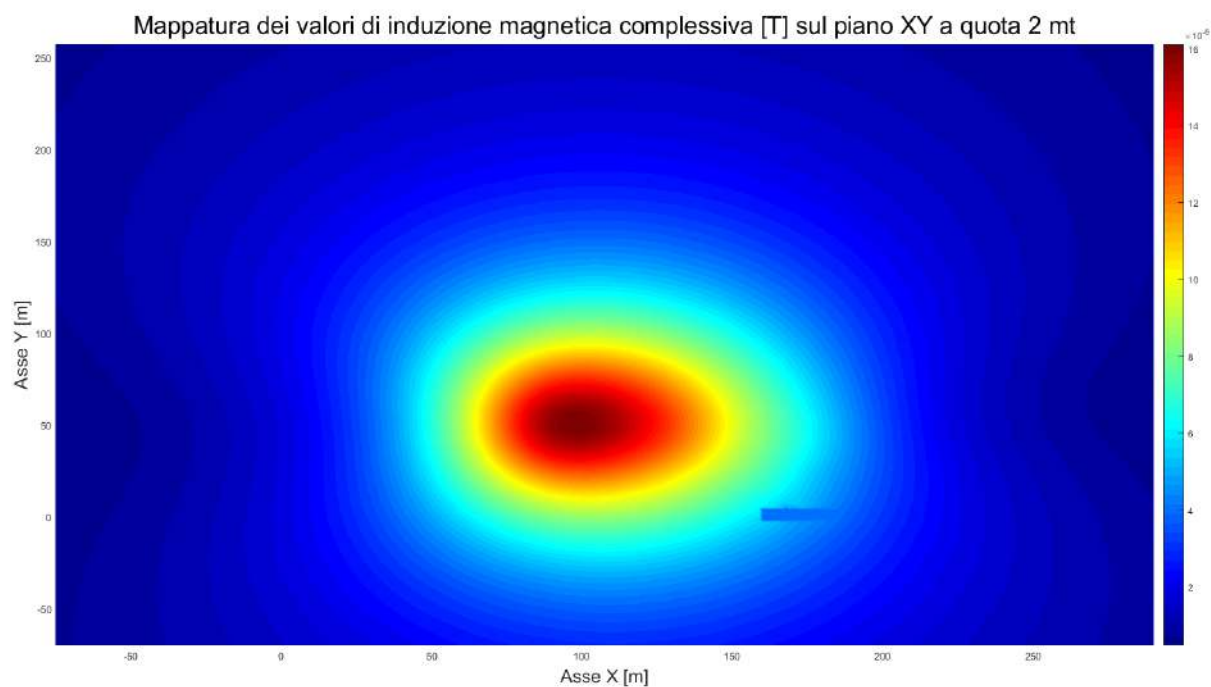


Fig. 60

Mappatura dei valori di induzione magnetica complessiva [T] sul piano XY a quota 2 mt - Curve Isoinduzione  $\cdot 10^{-4}$

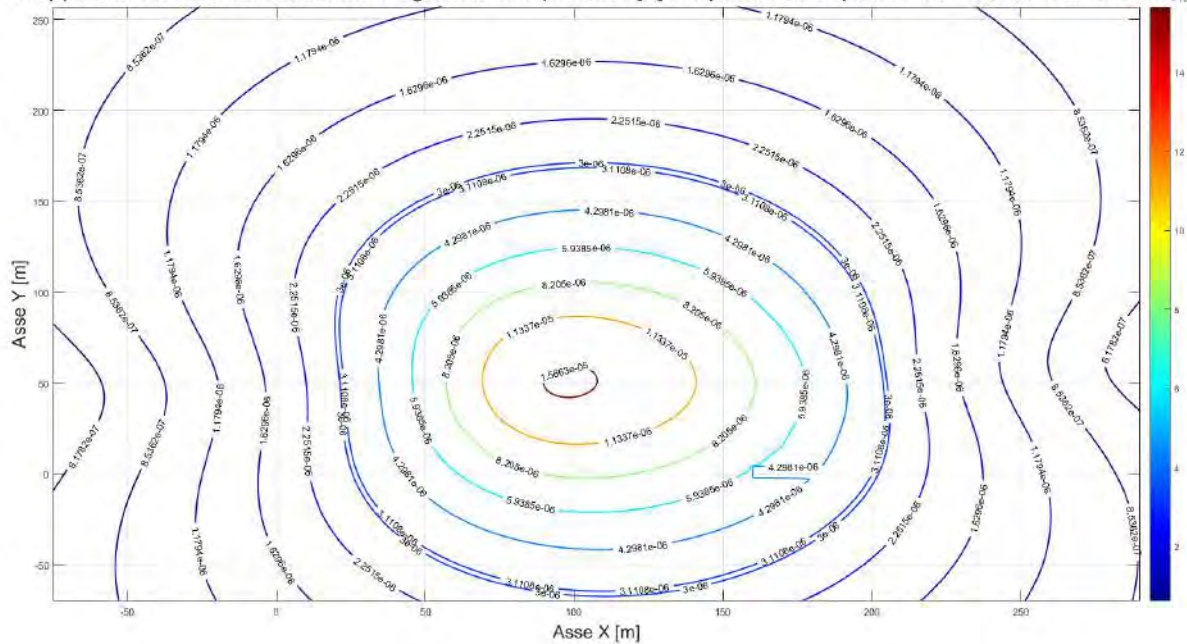


Fig. 61

Visualizzazione della fascia di rispetto complessiva sul piano XY a quota +2 mt

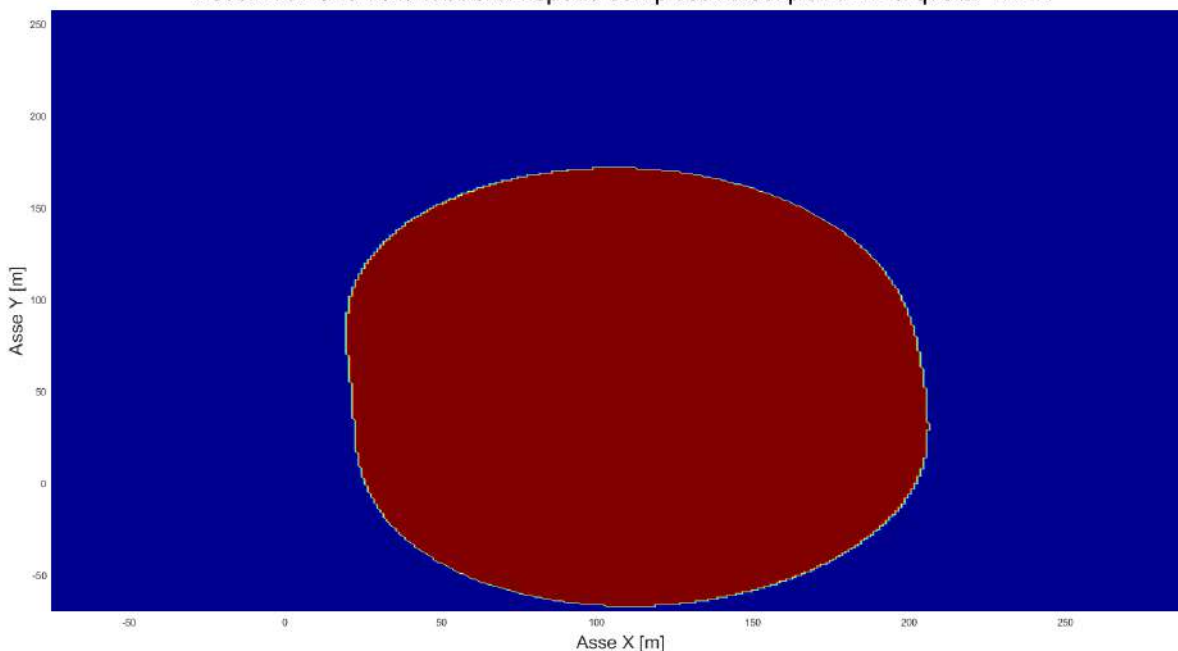


Fig. 62 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

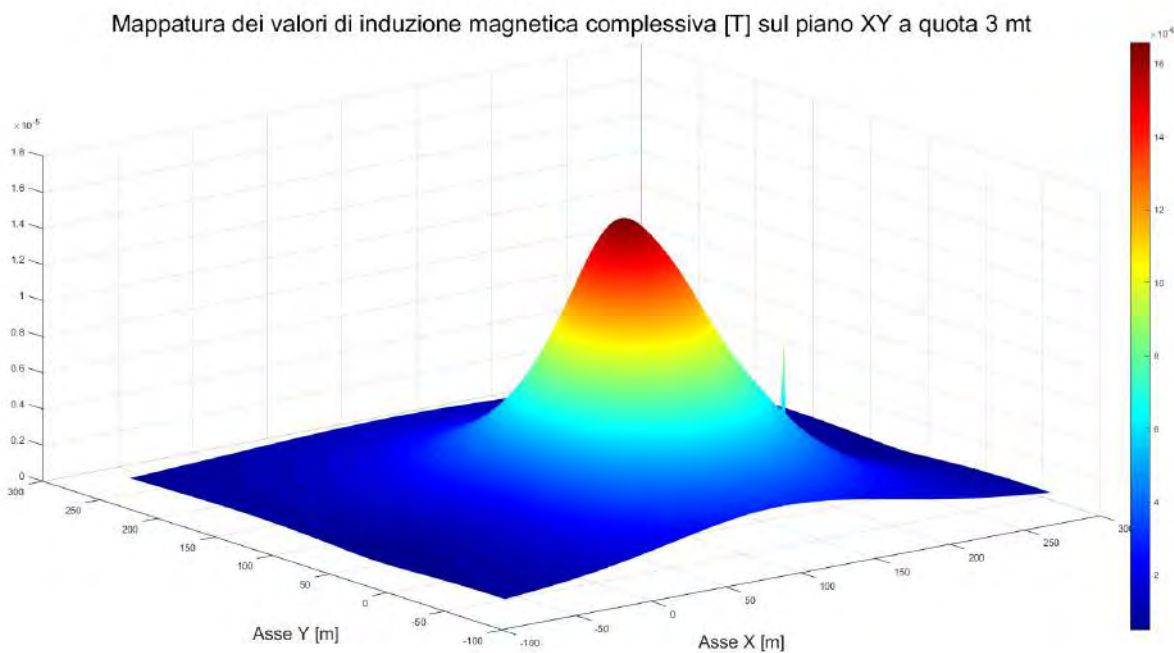


Fig. 63

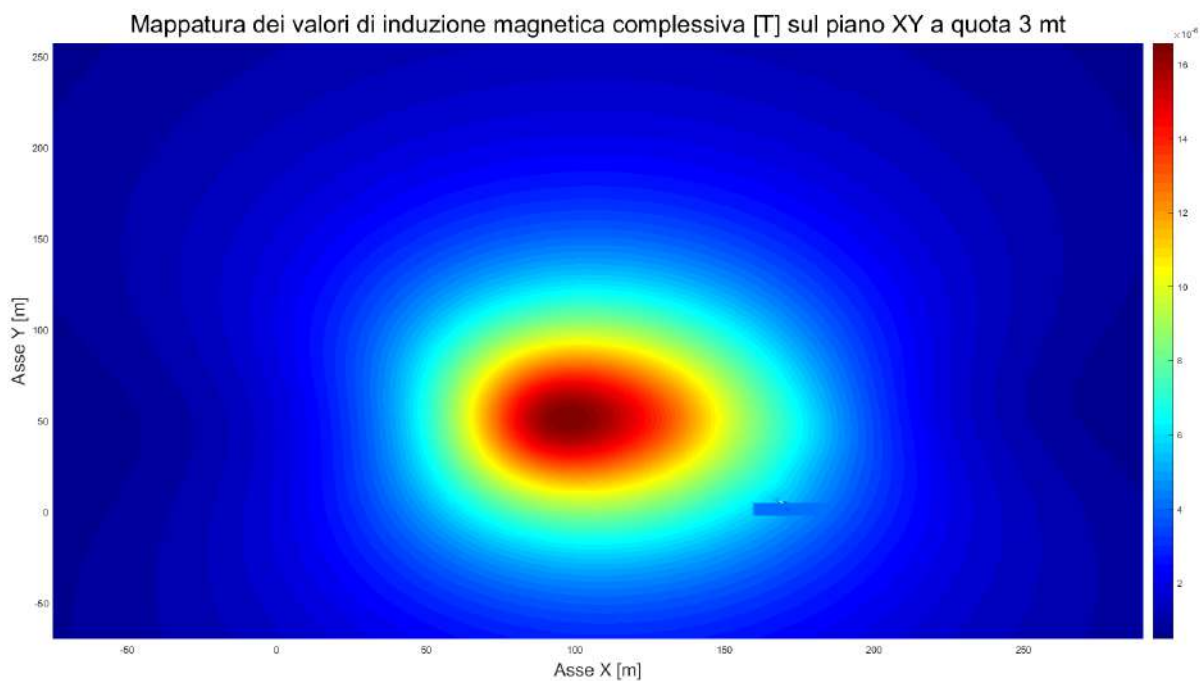


Fig. 64

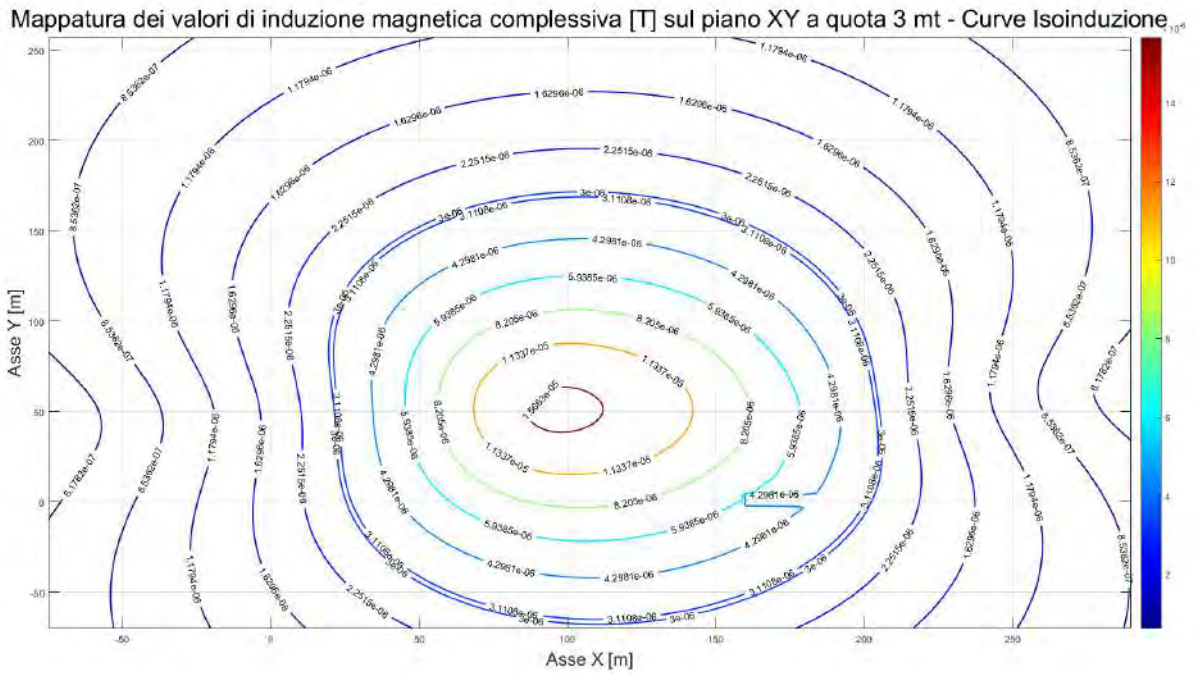


Fig. 65

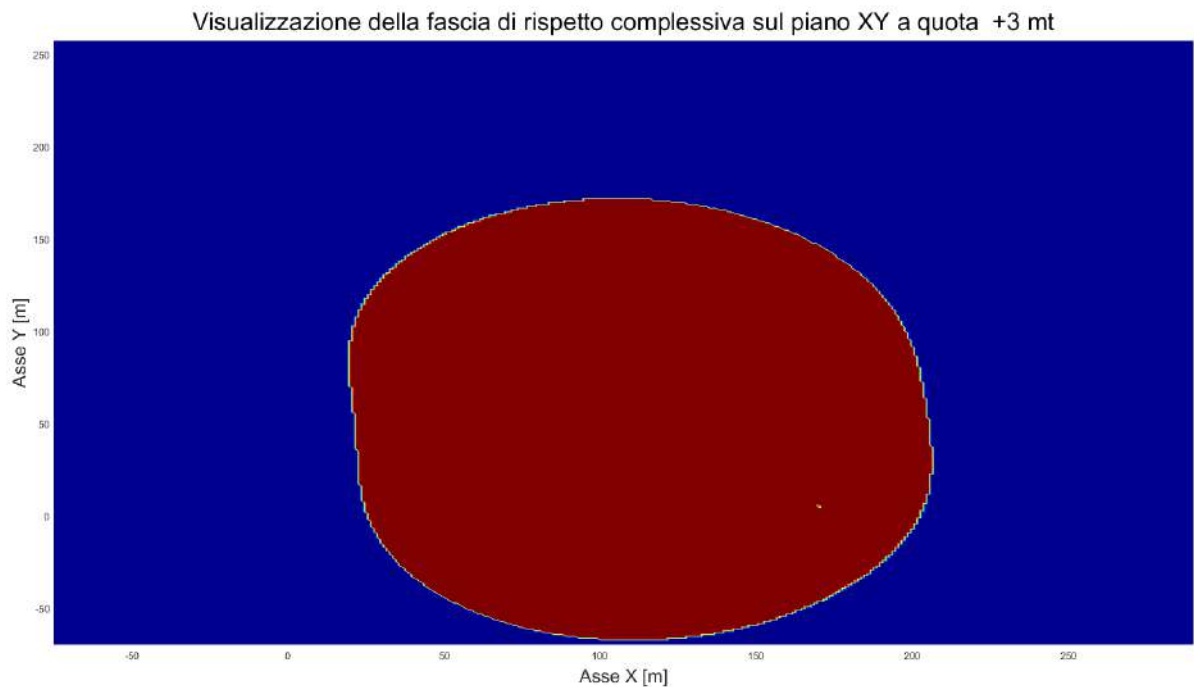


Fig. 66 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

### 2.2.3.2. Grafici su piano XZ

Come indicato in allegato A.2 sono state effettuate le simulazioni su diverse SLICE XZ (piani XZ) a varie ordinate in modo da valutare l'evoluzione del campo in varie sezioni dell'area di analisi. Di seguito si riportano i grafici rappresentativi dei risultati ottenuti.

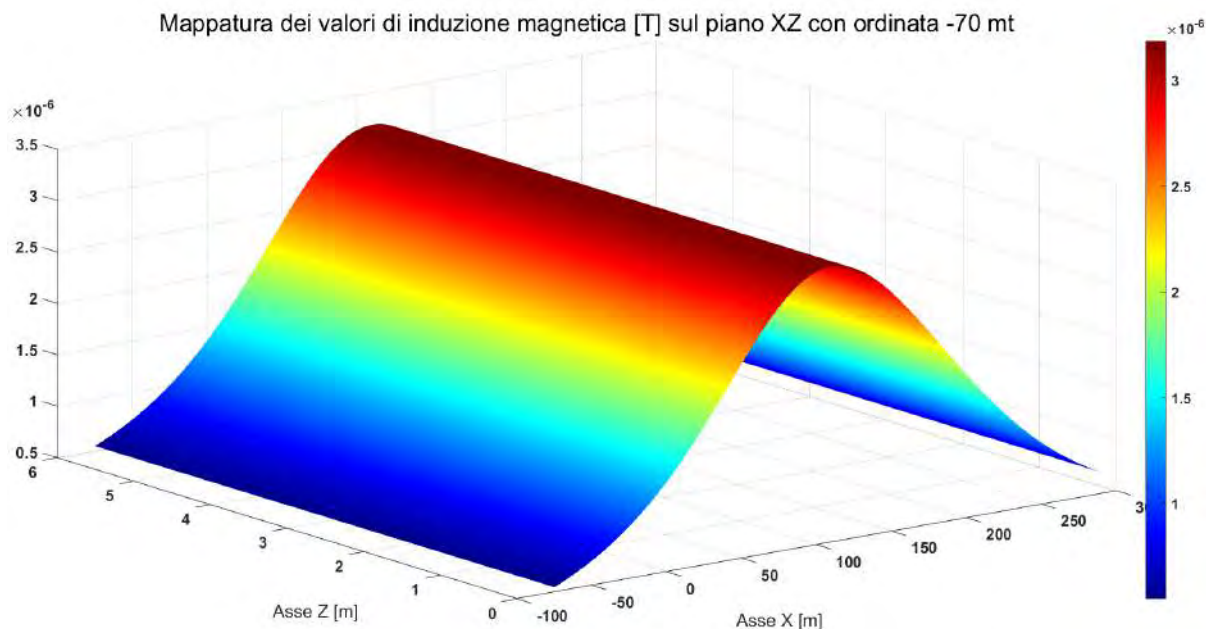


Fig. 67

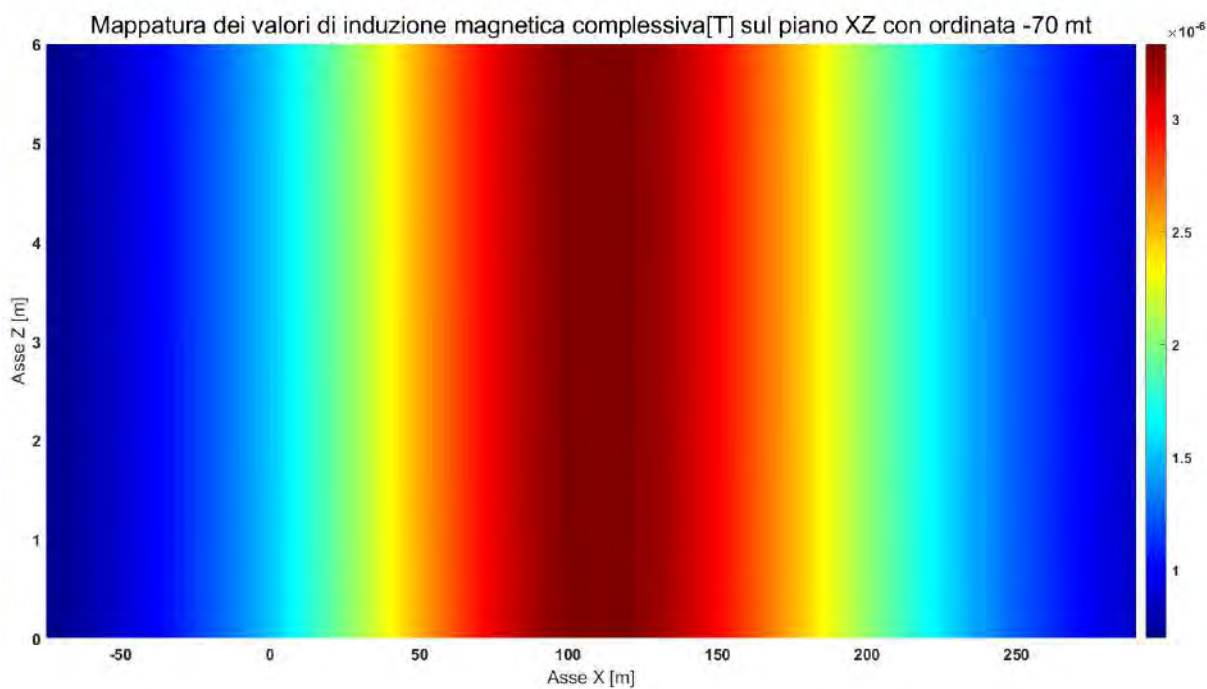


Fig. 68



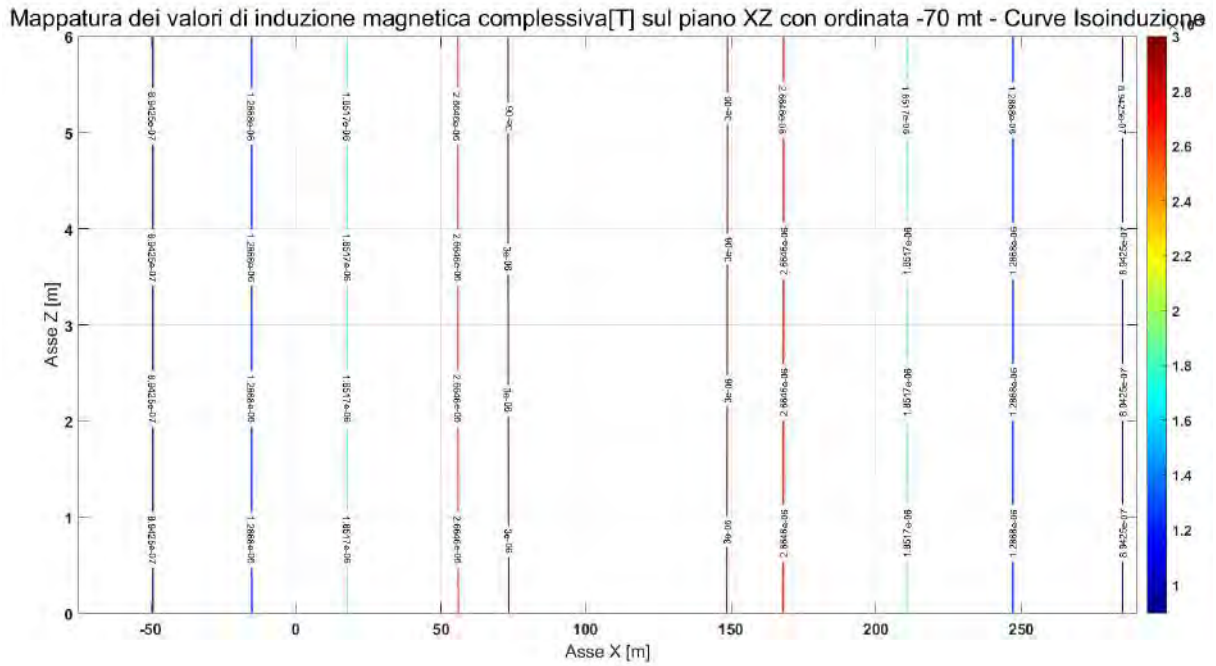


Fig. 69

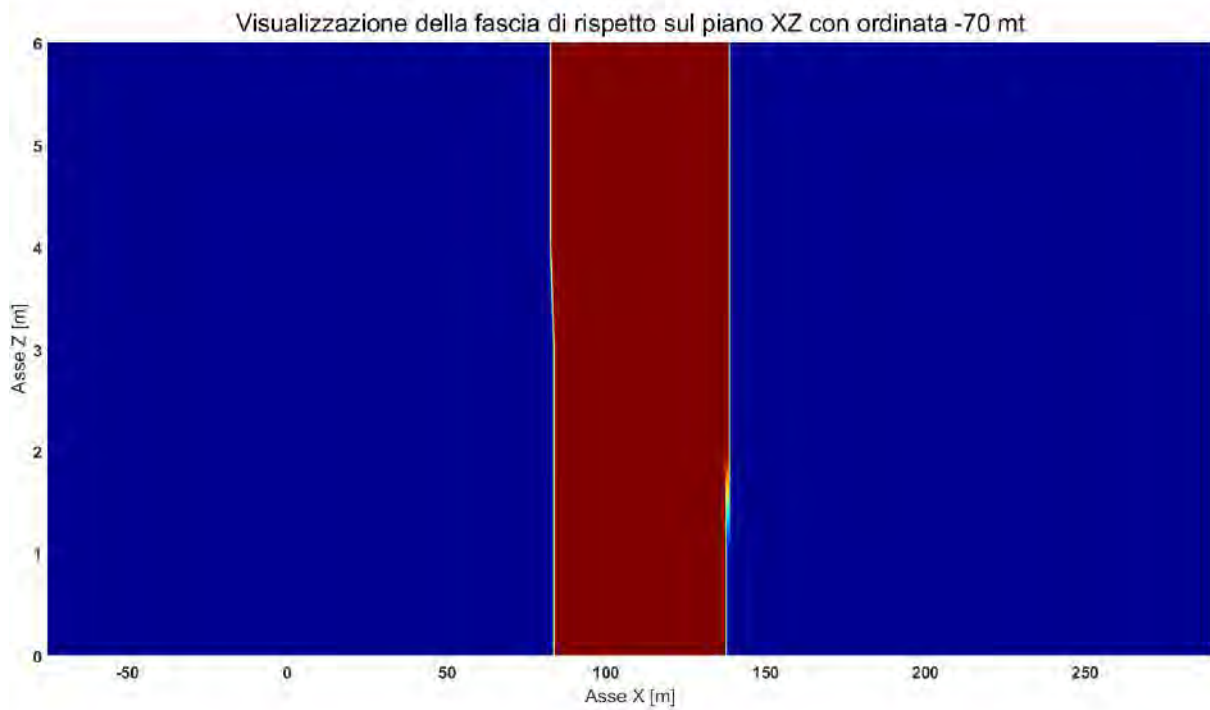


Fig. 70 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\text{Mt}$

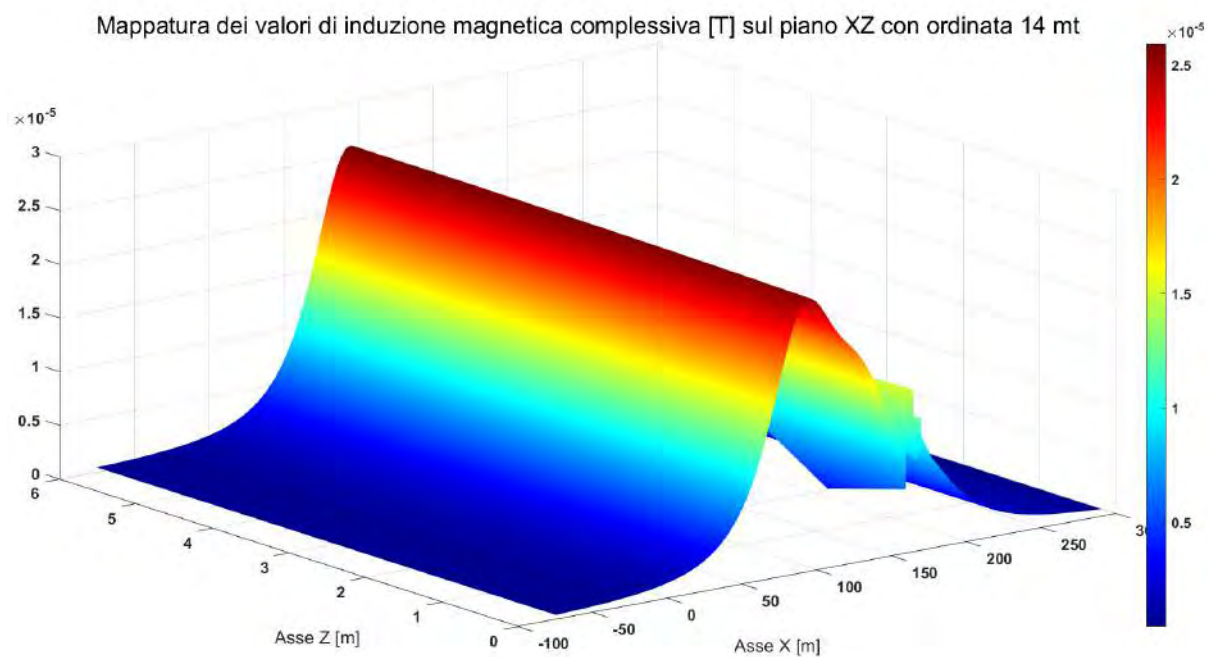


Fig. 71

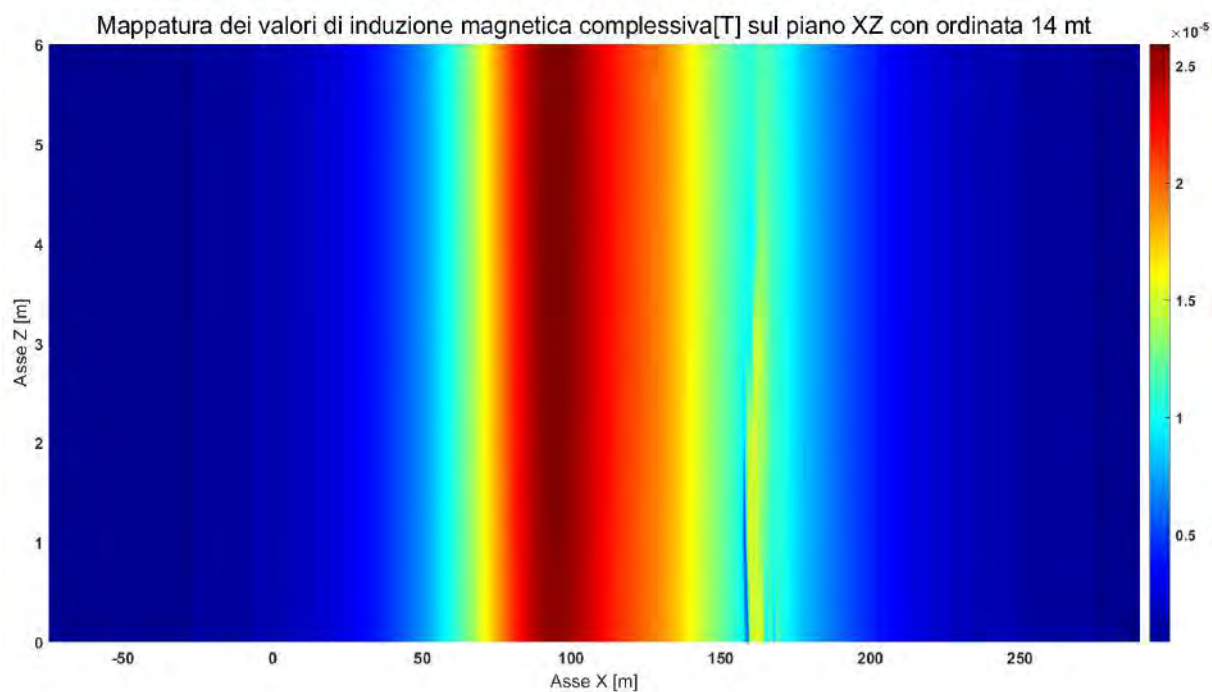


Fig. 72

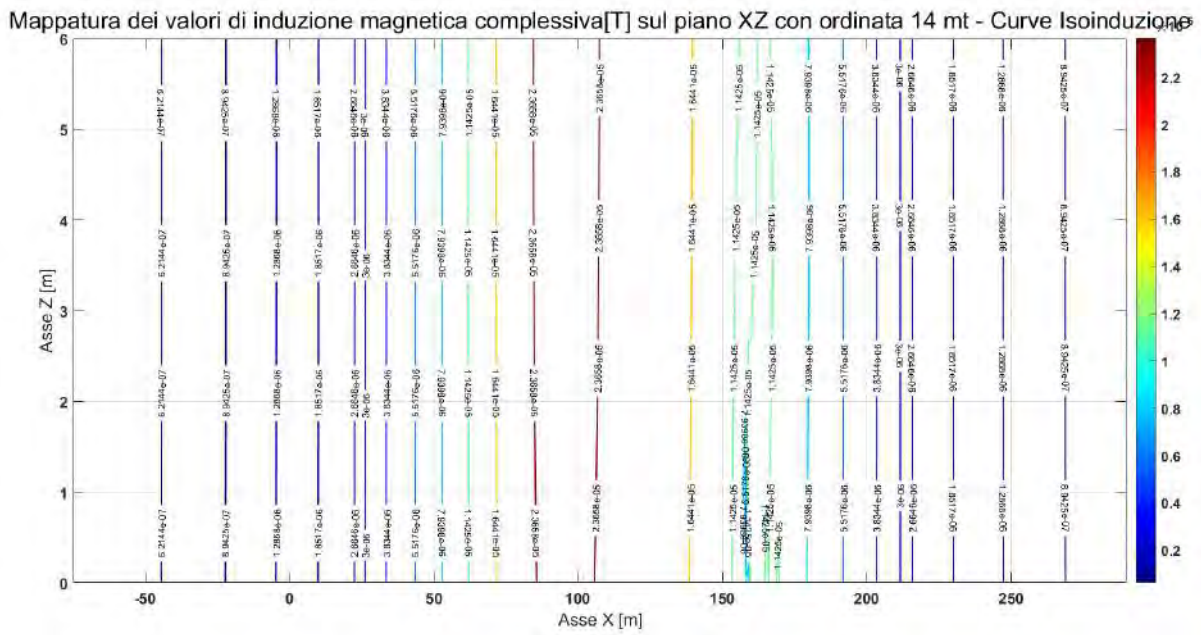


Fig. 73

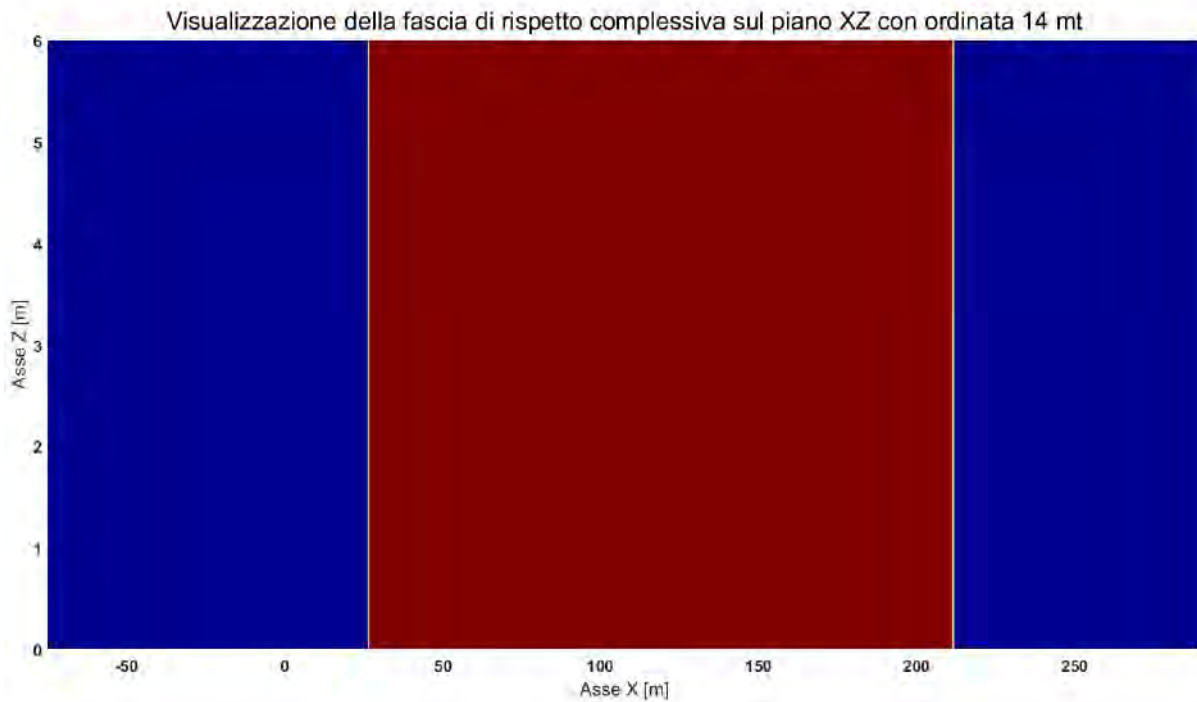


Fig. 74 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\text{Mt}$

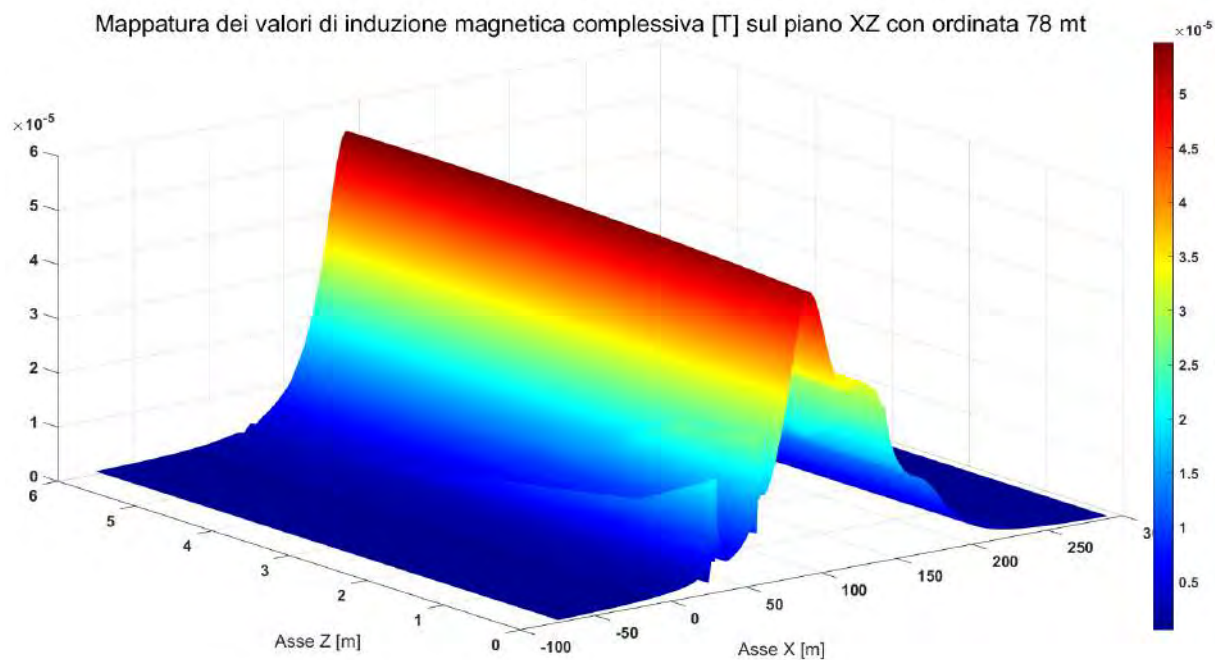


Fig. 75

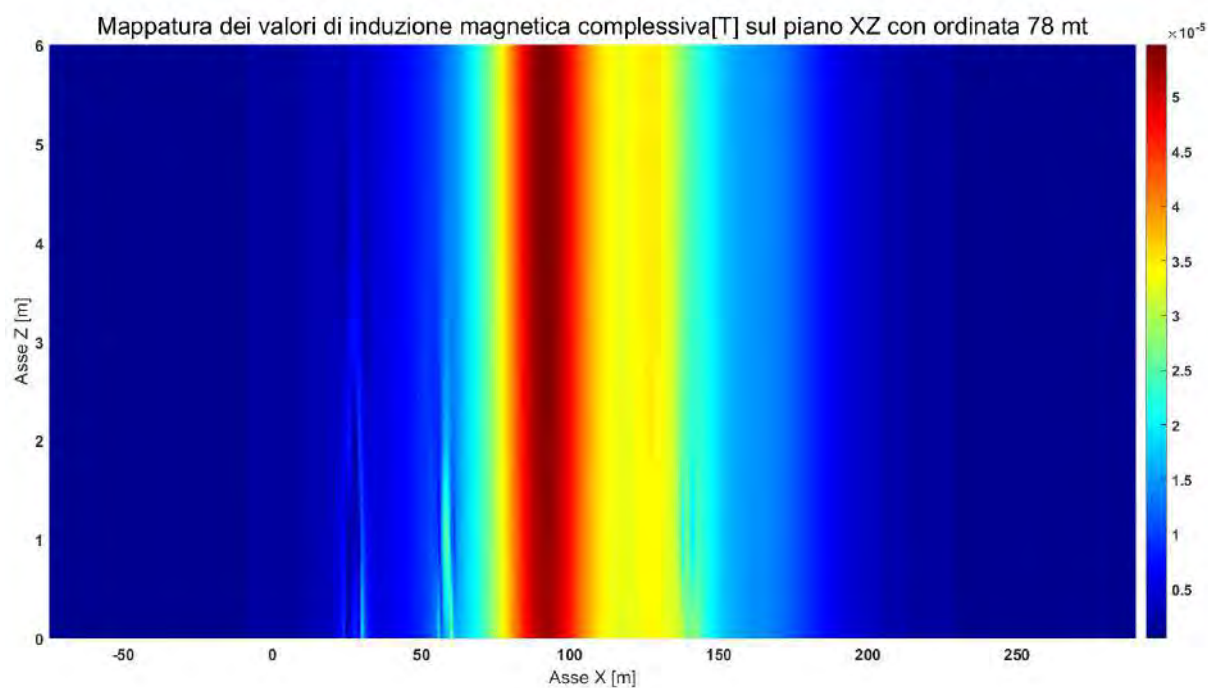


Fig. 76

Mappatura dei valori di induzione magnetica complessiva[T] sul piano XZ con ordinata 78 mt - Curve Isoinduzione

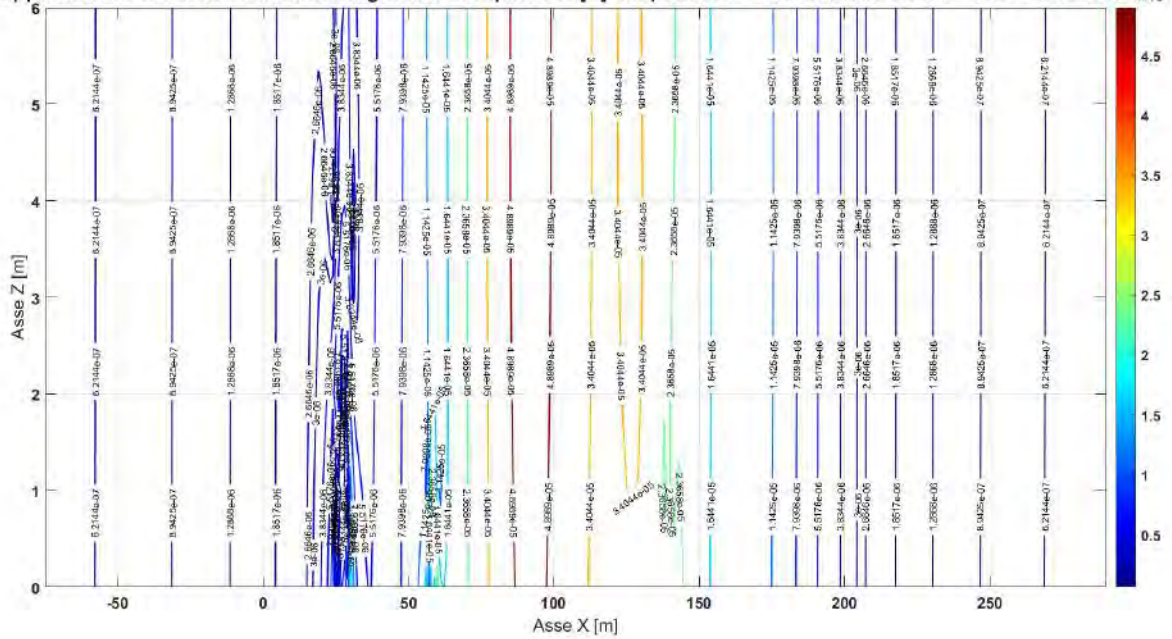


Fig. 77

Visualizzazione della fascia di rispetto complessiva sul piano XZ con ordinata 78 mt

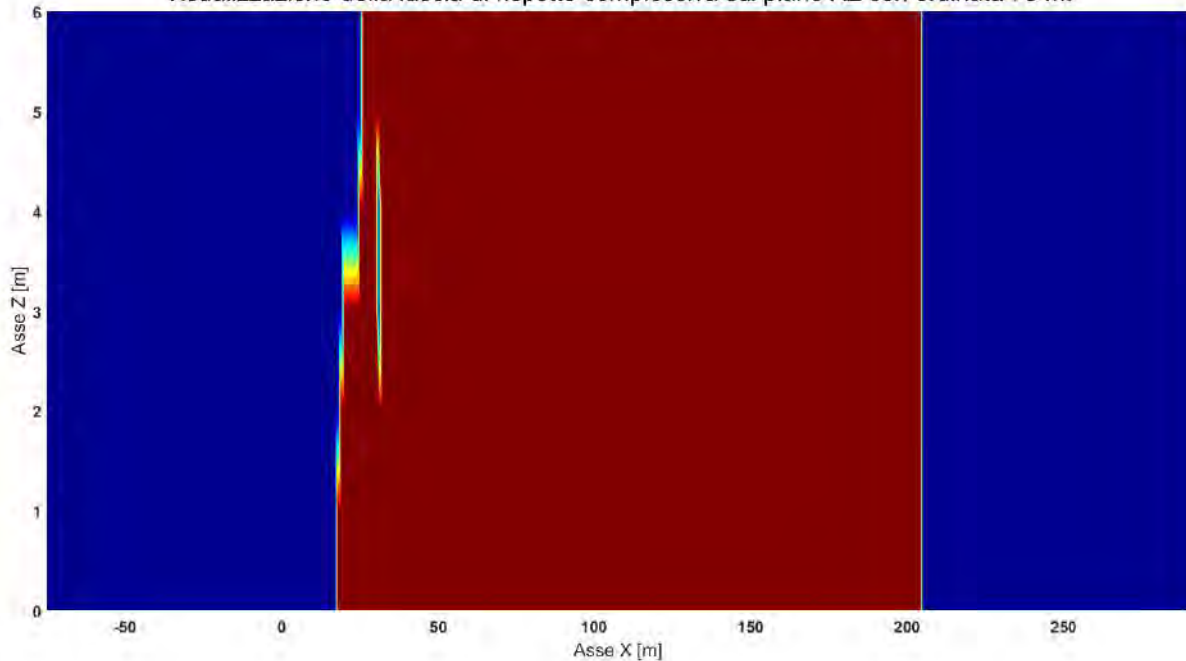


Fig. 78 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu T$

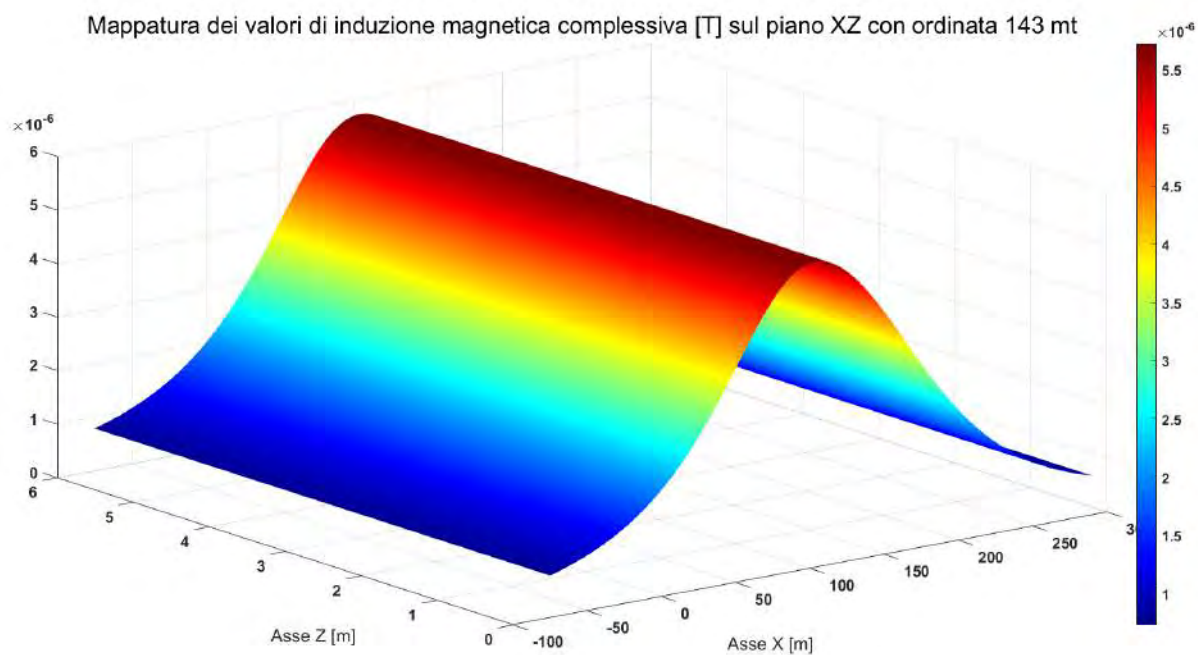


Fig. 79

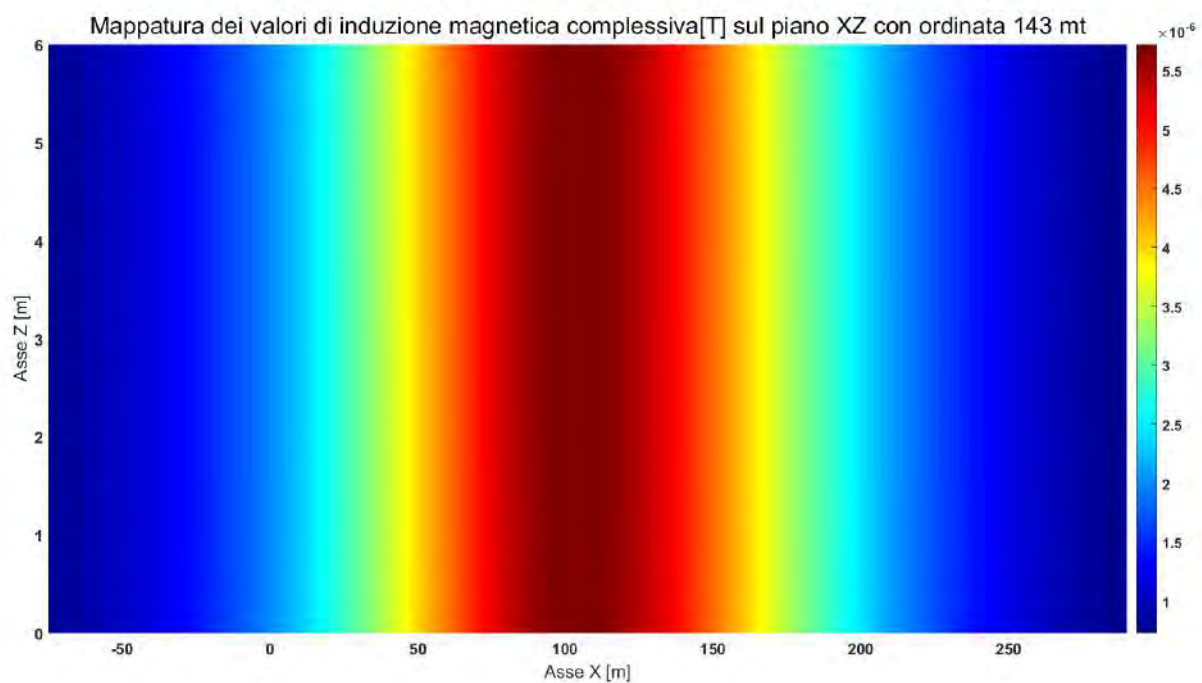


Fig. 80

Mappatura dei valori di induzione magnetica complessiva[T] sul piano XZ con ordinata 143 mt - Curve Isoinduzione

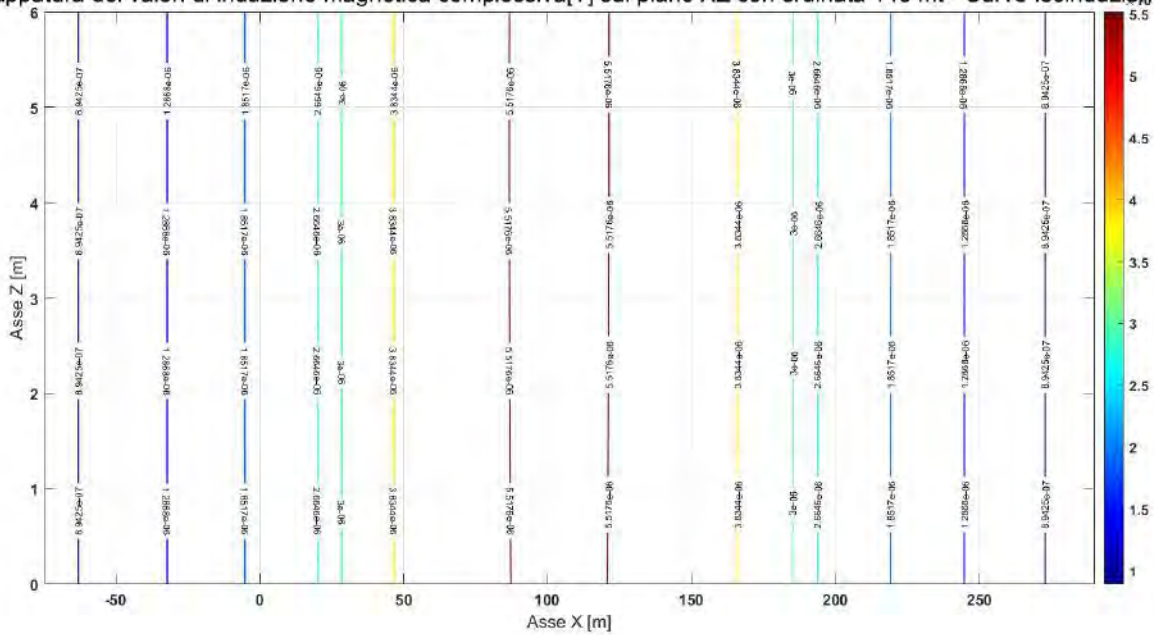


Fig. 81

Visualizzazione della fascia di rispetto complessiva sul piano XZ con ordinata 143 mt

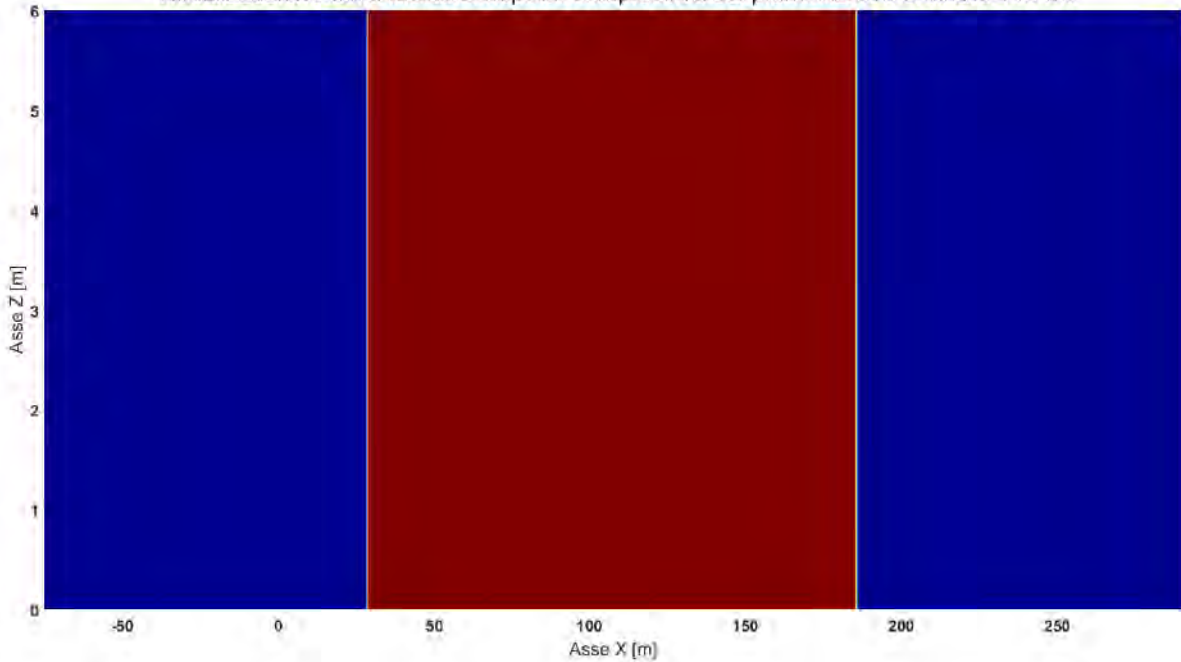


Fig. 82 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu T$

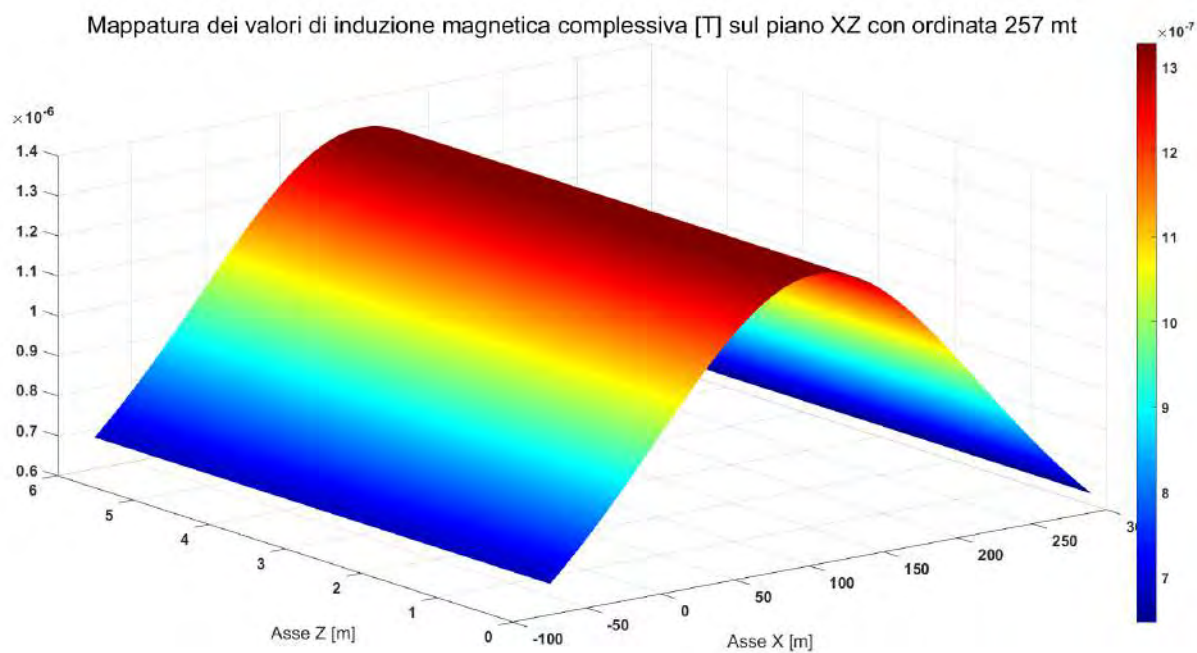


Fig. 83

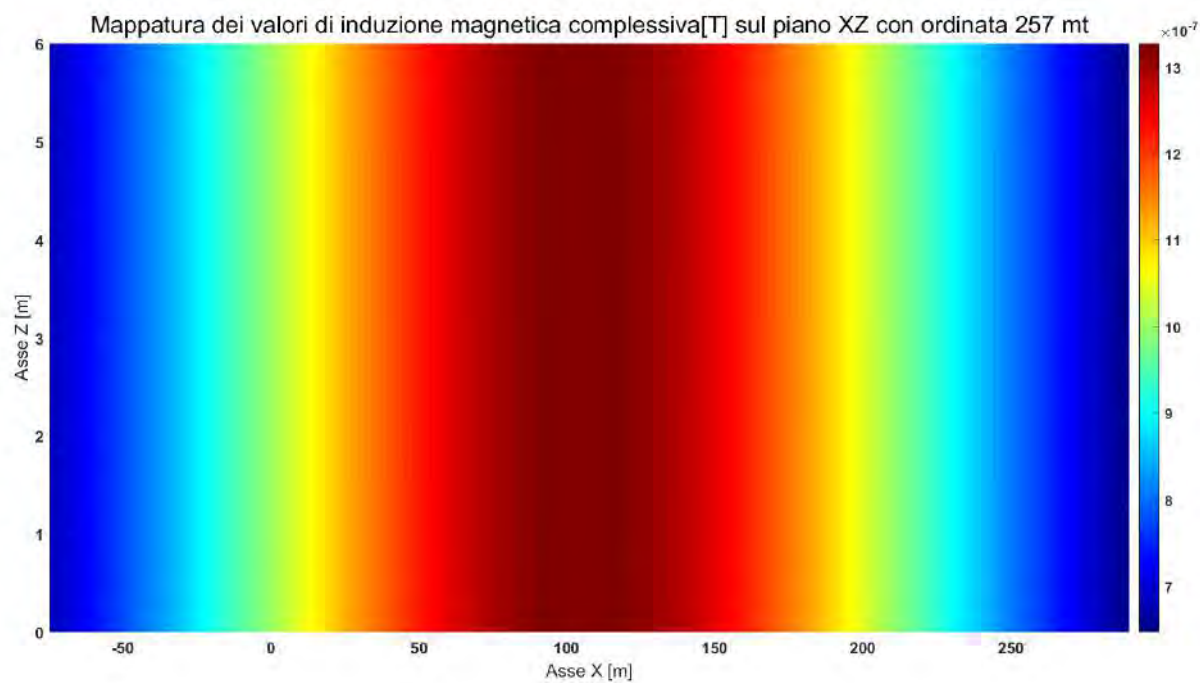
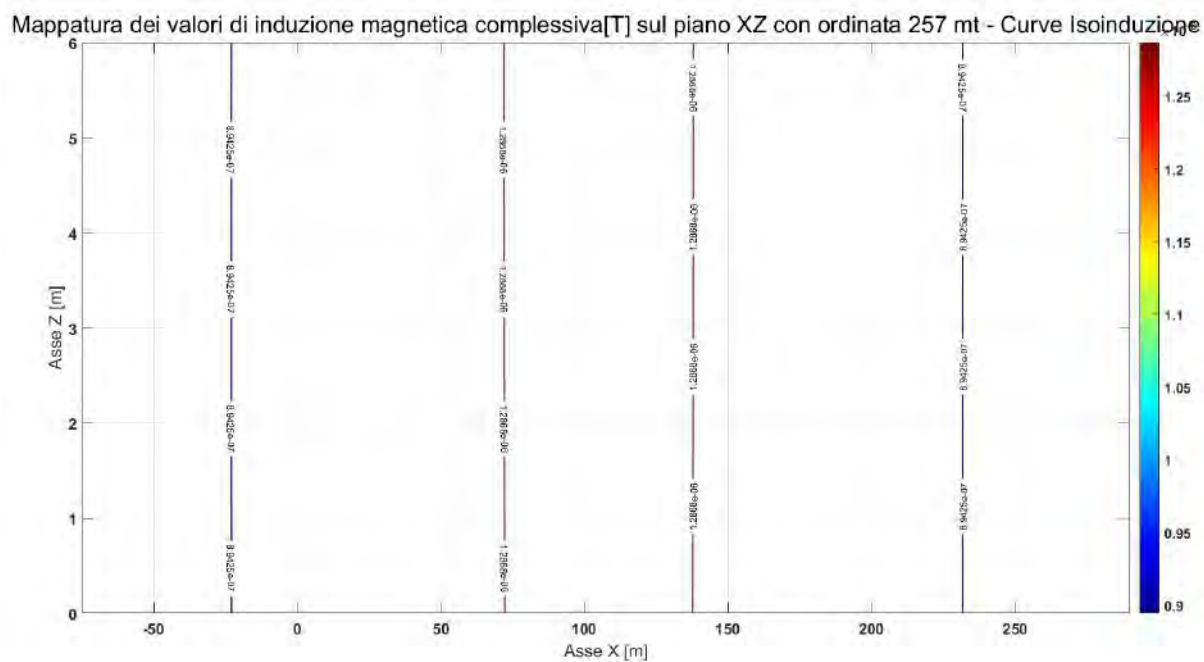
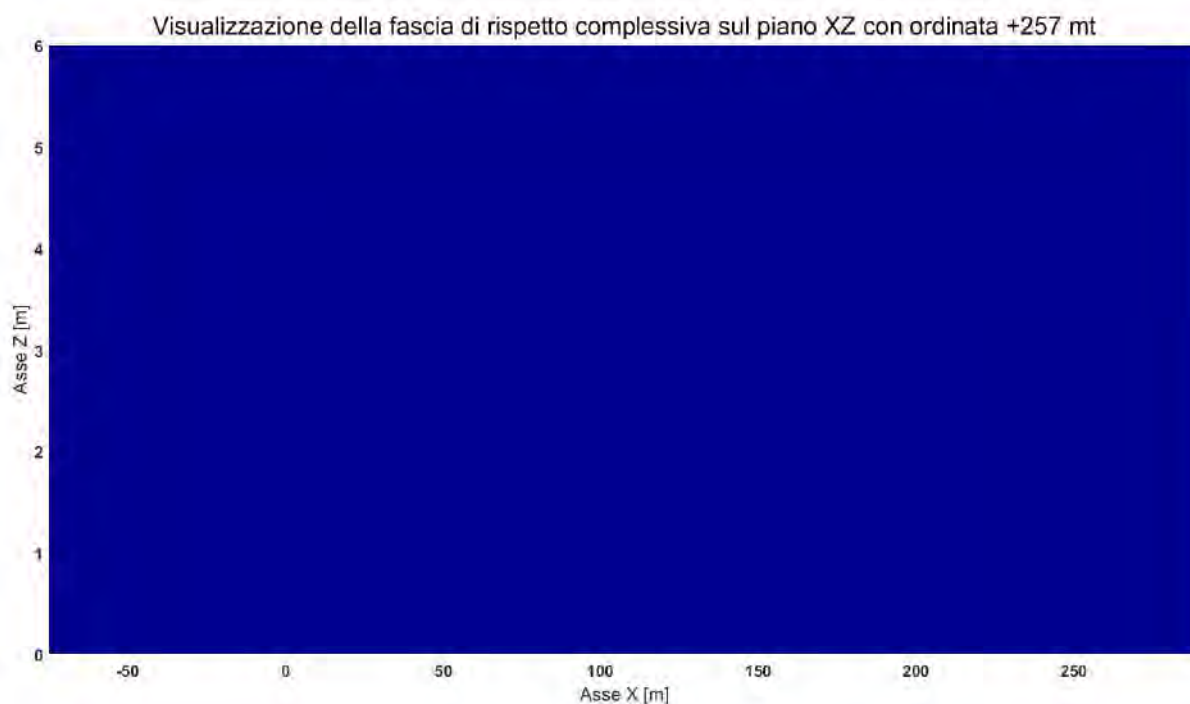


Fig. 84





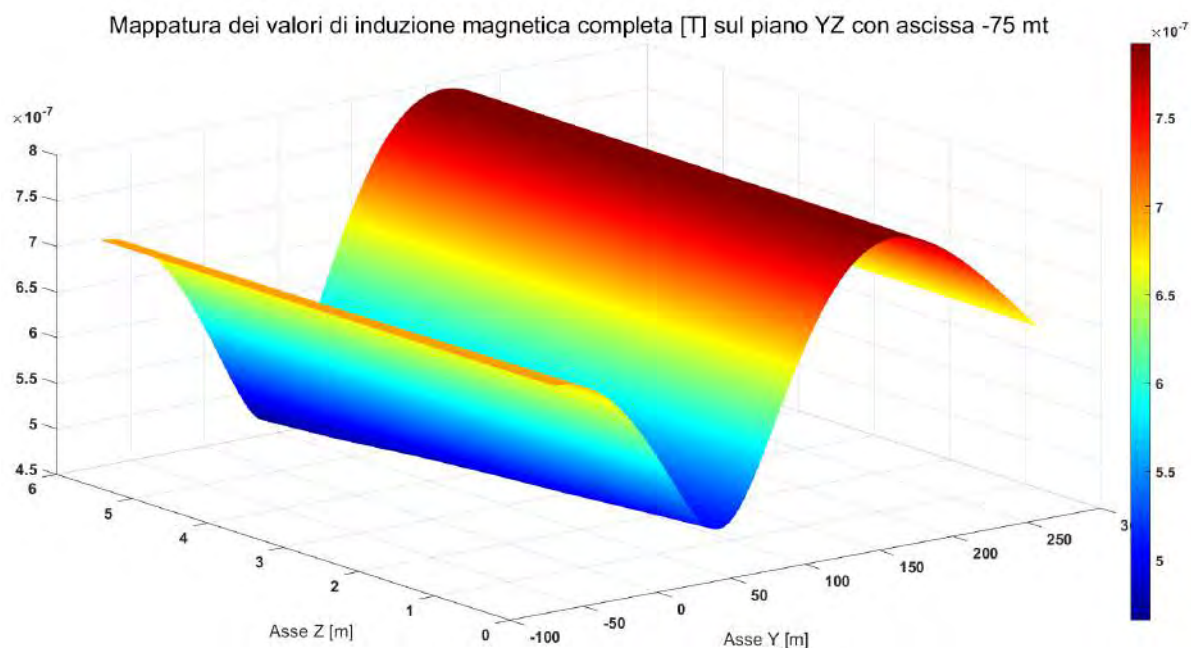
**Fig. 85**



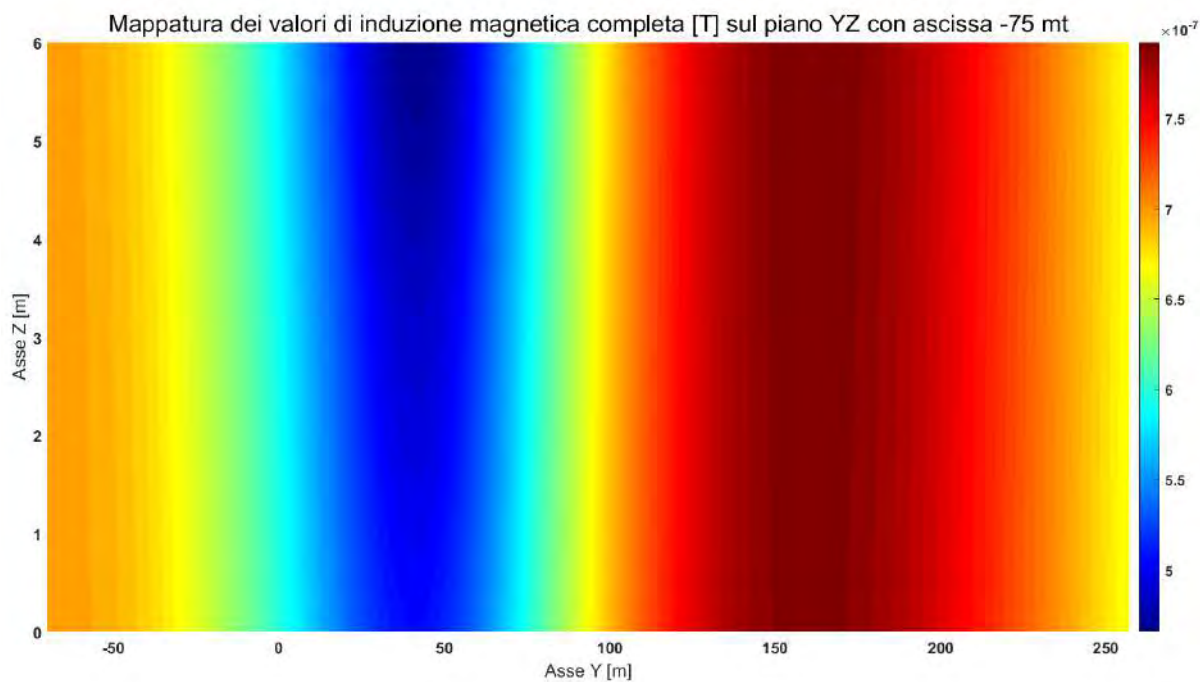
**Fig. 86** – per tutta l'area in blu risulta  $B < 3\mu T$

### 2.2.3.3. Grafici su piano YZ

Come indicato in allegato A.2 sono state effettuate le simulazioni su diverse SLICE YZ (piani YZ) a varie ascisse in modo da valutare l'evoluzione del campo in varie sezioni dell'area di analisi. Di seguito si riportano i grafici rappresentativi dei risultati ottenuti.



**Fig. 87**



**Fig. 88**

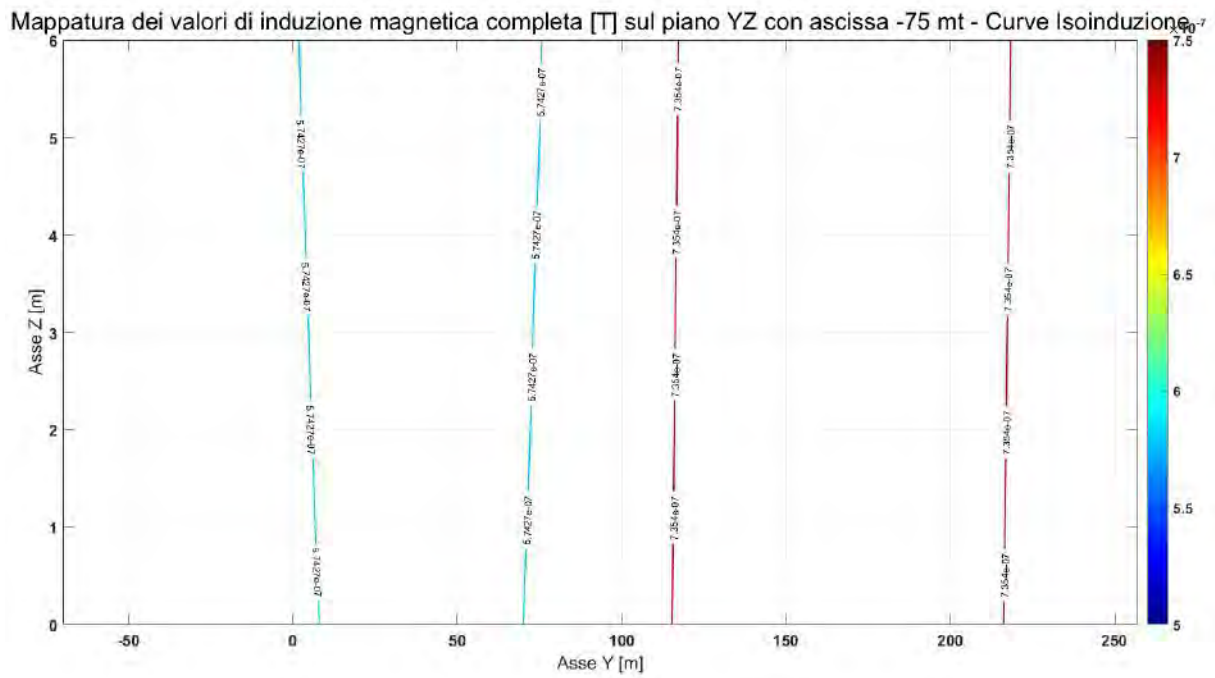


Fig. 89

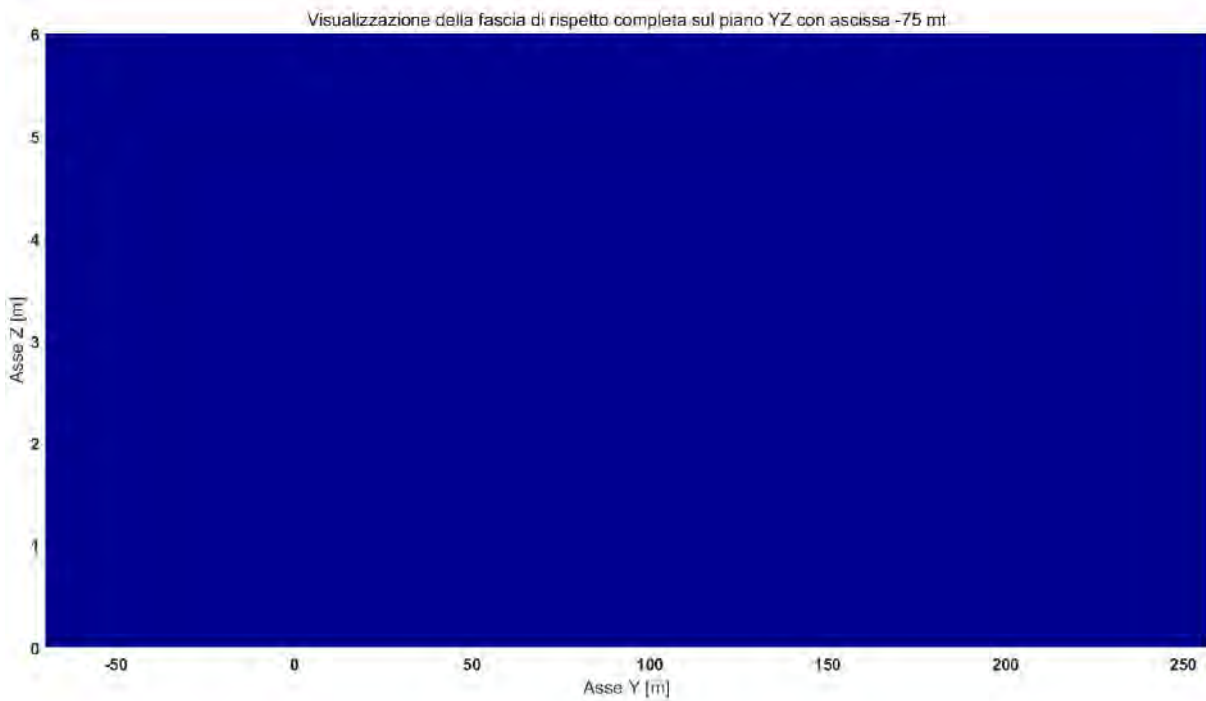


Fig. 90 – per tutta l'area in blu risulta  $B < 3 \mu T$

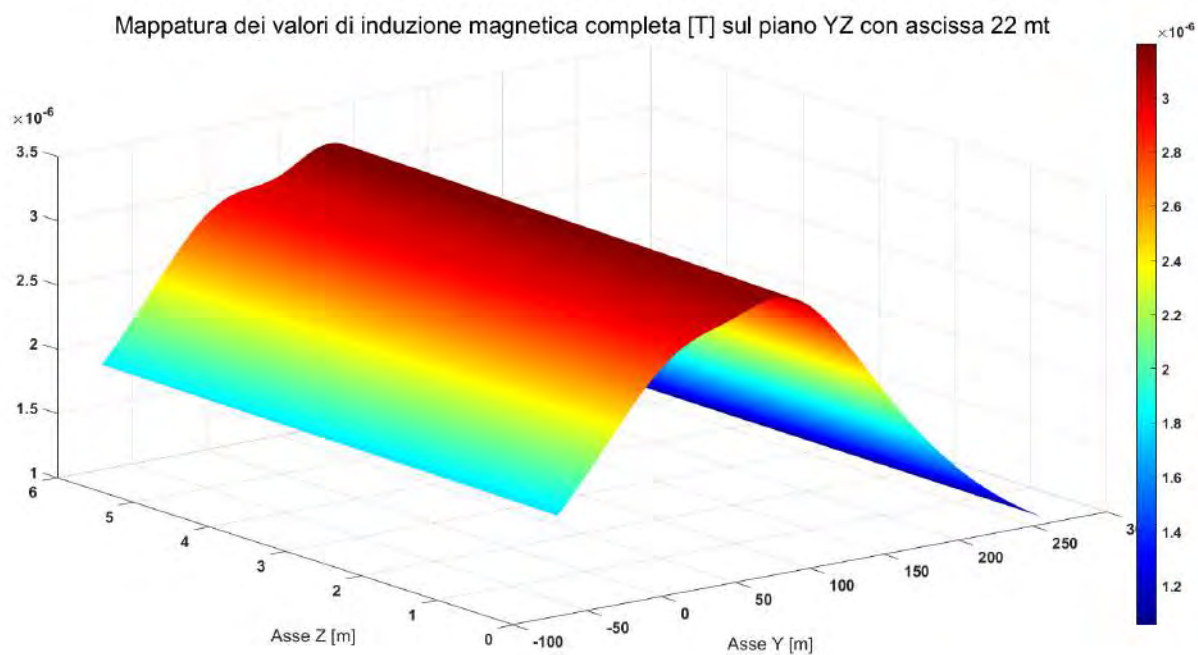


Fig. 91

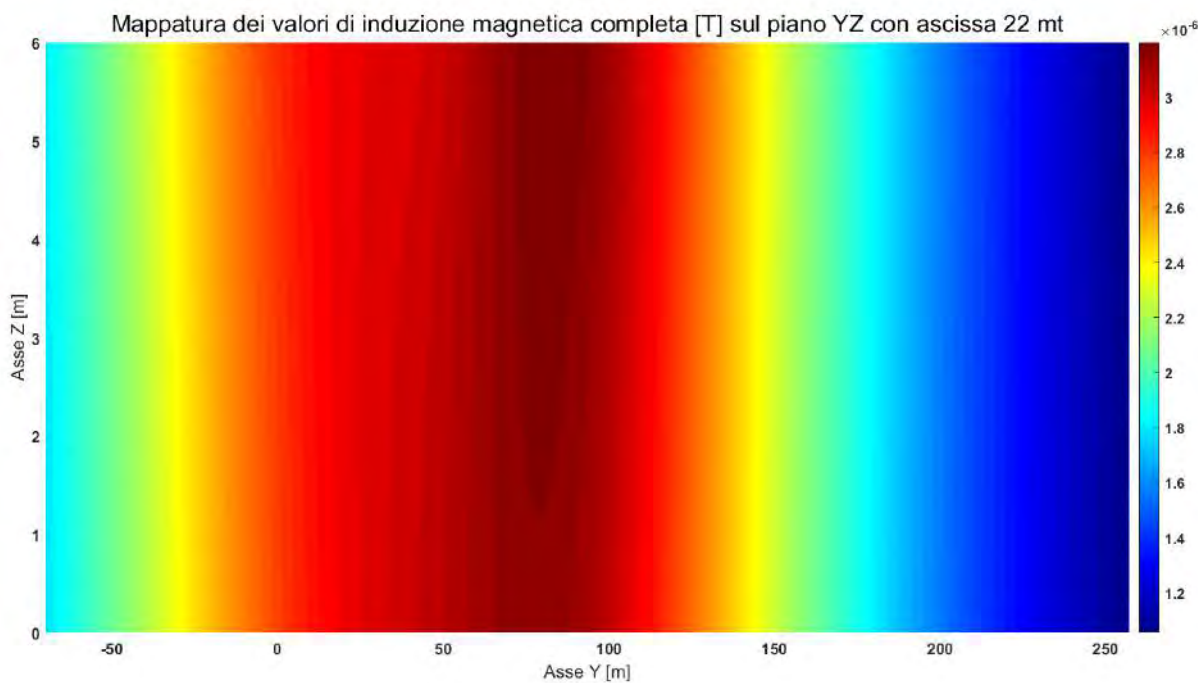


Fig. 92

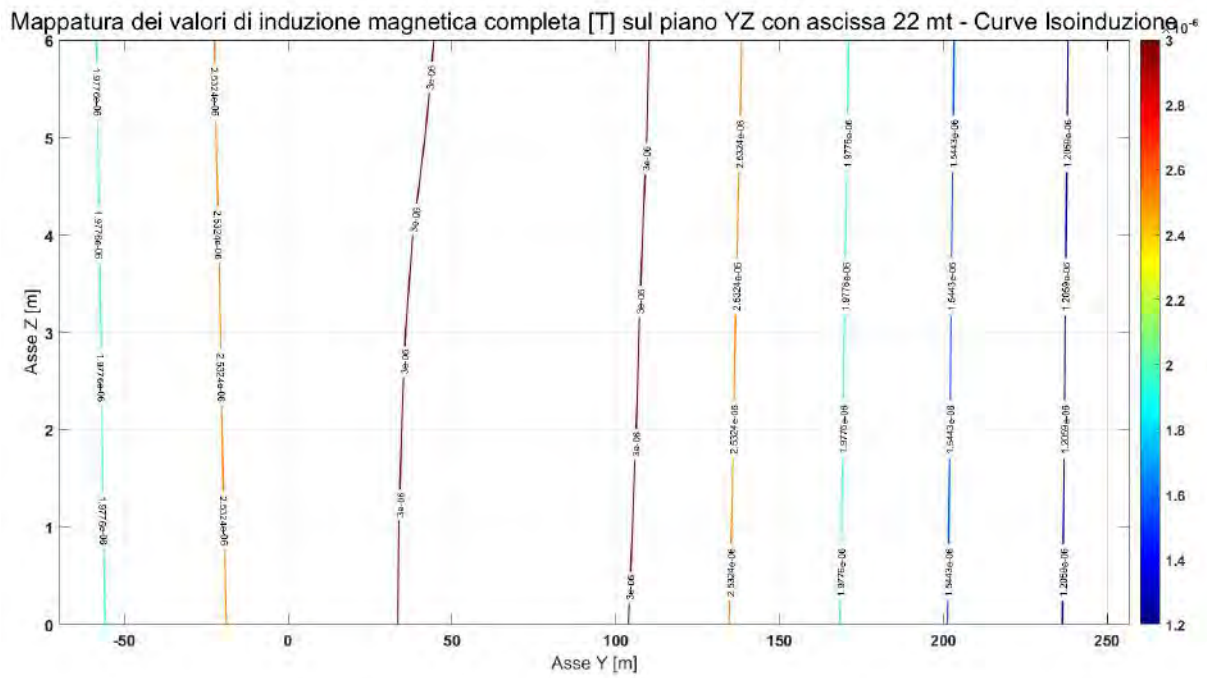


Fig. 93

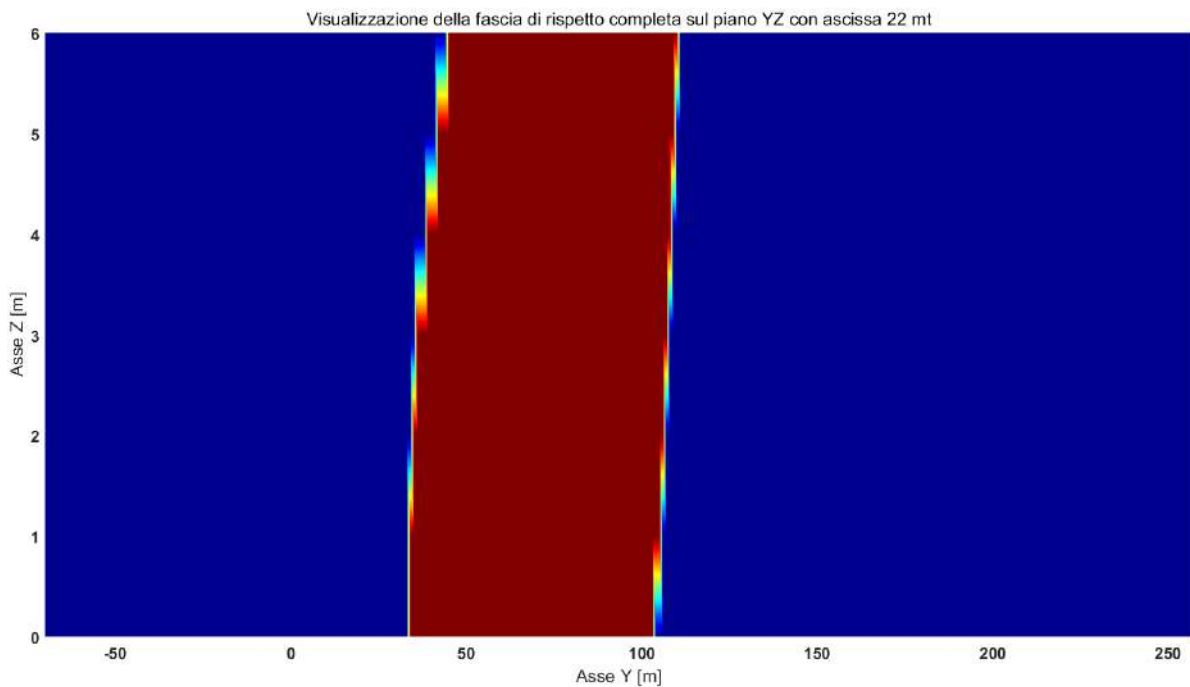


Fig. 94 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

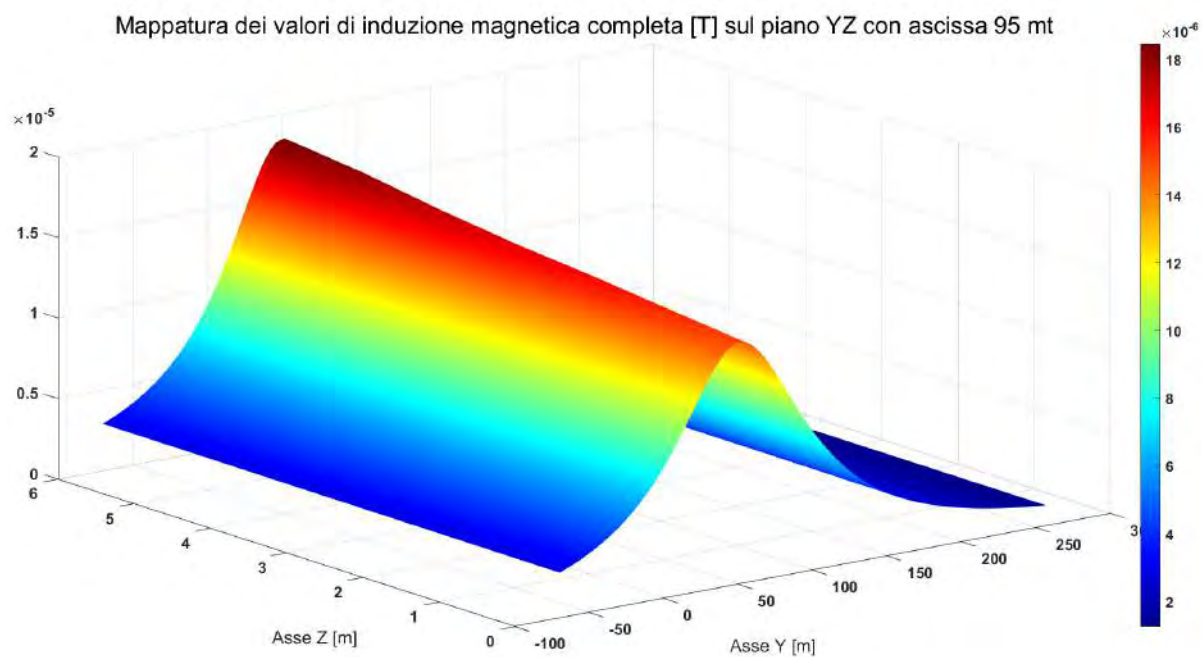


Fig. 95

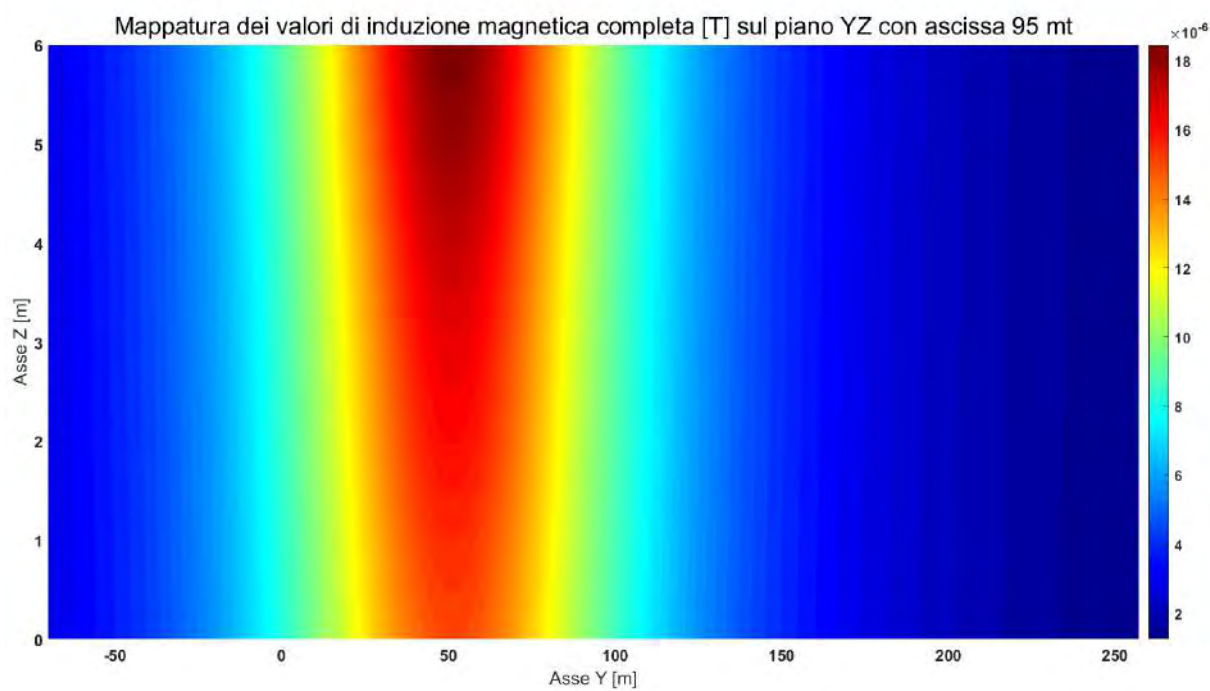


Fig. 96

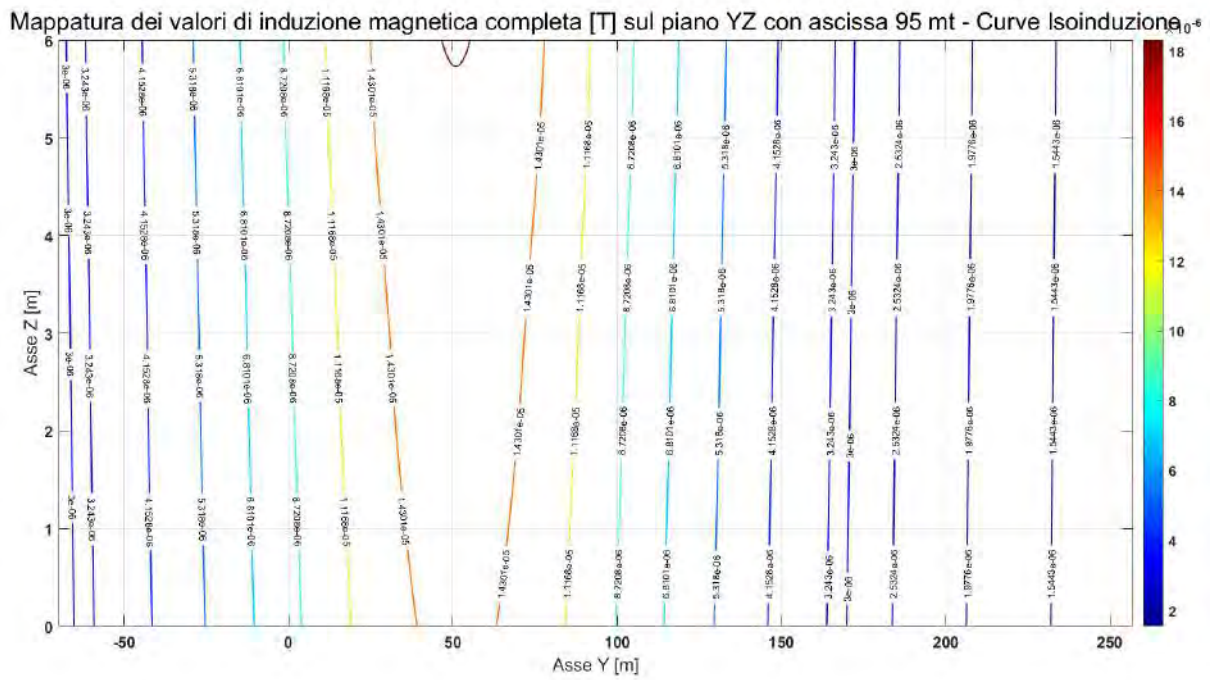


Fig. 97

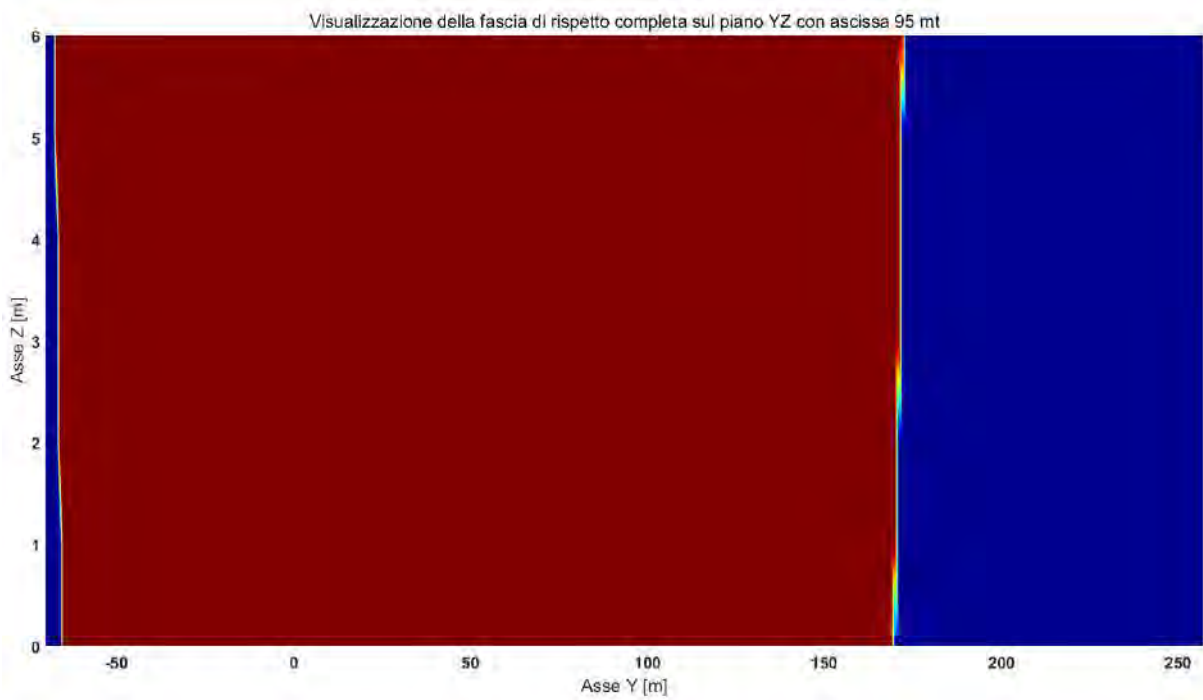


Fig. 98 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

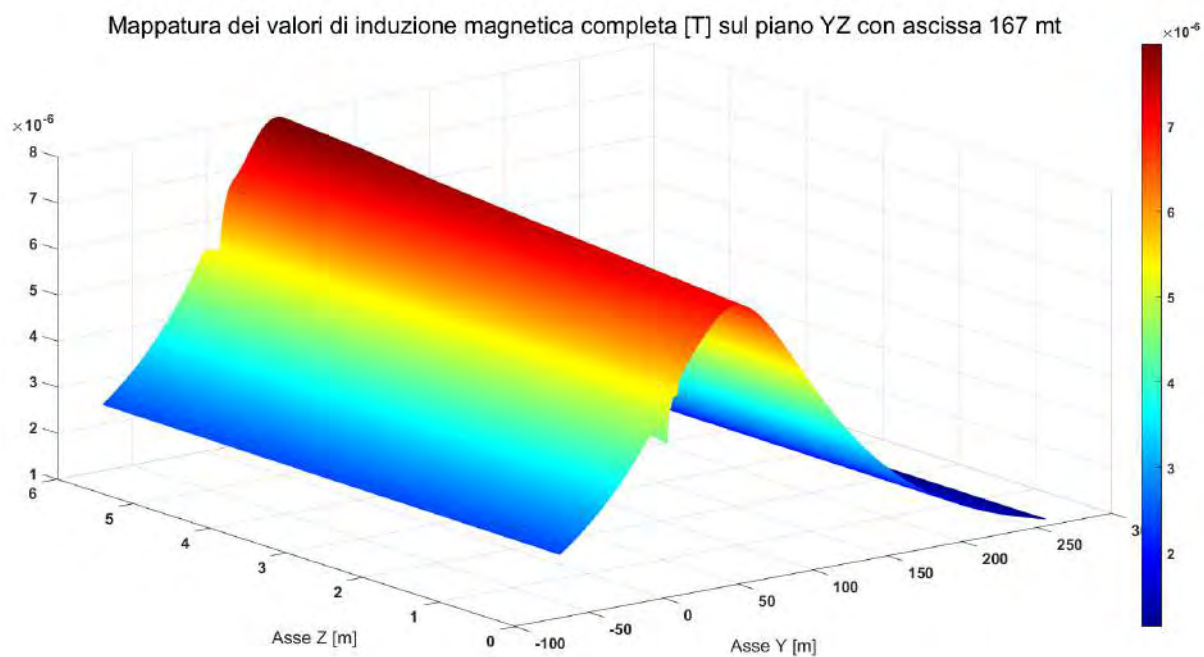


Fig. 99

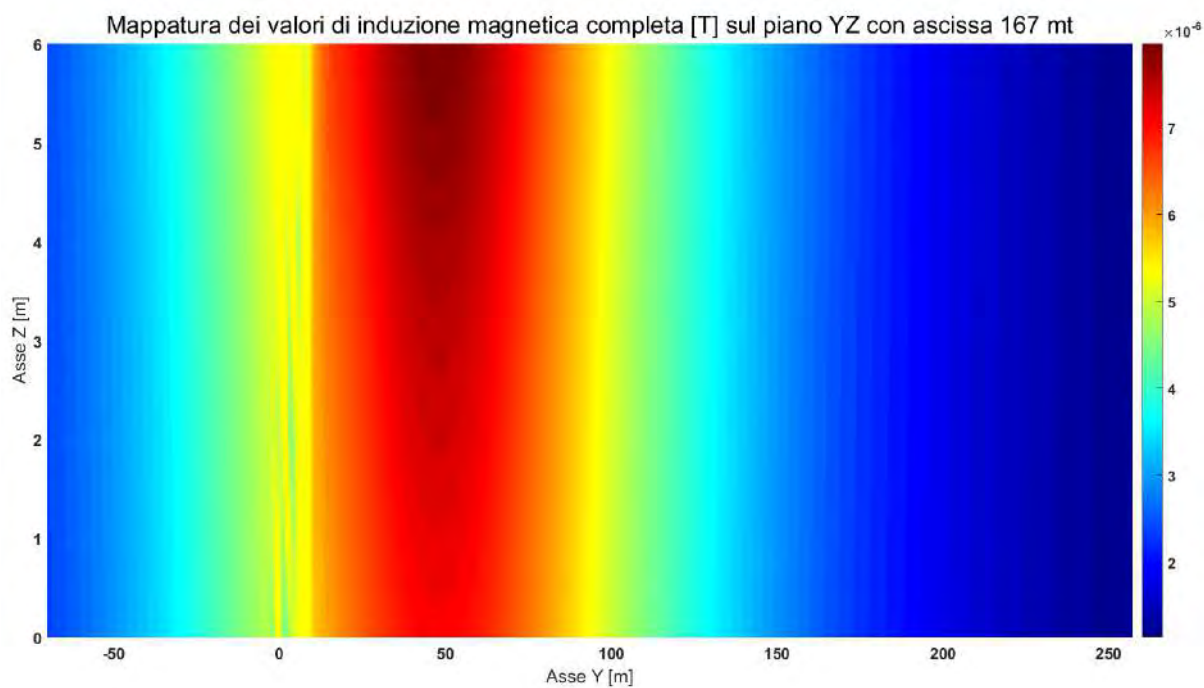


Fig. 100



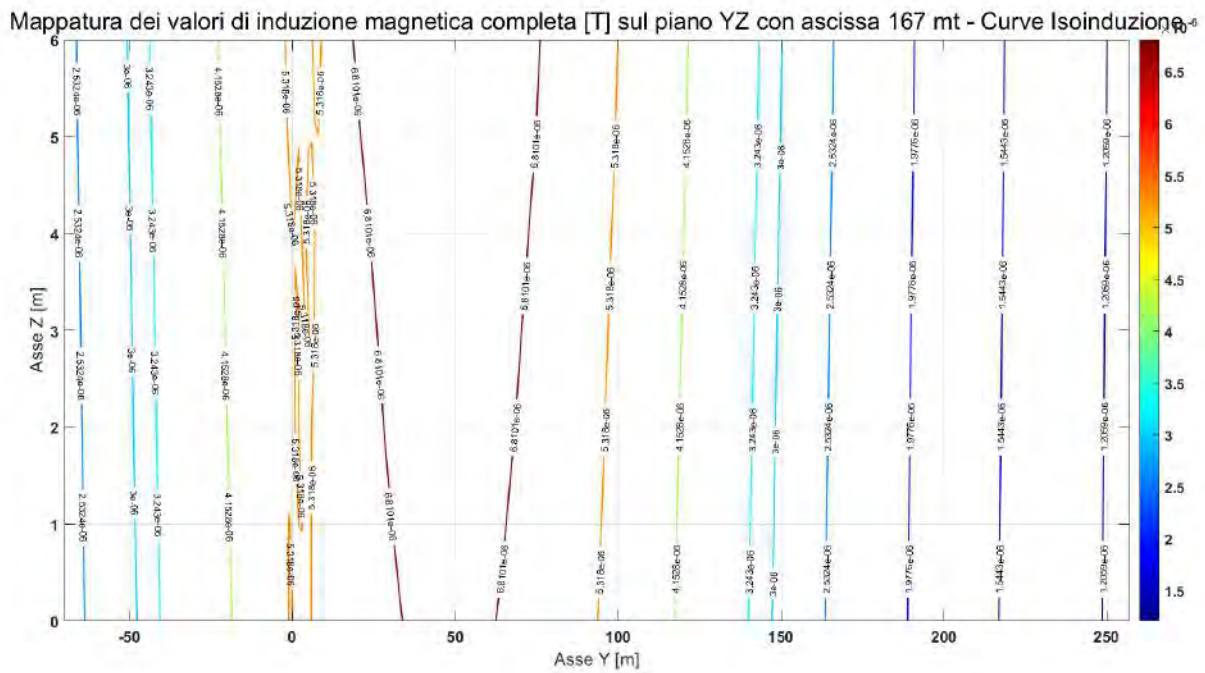


Fig. 101

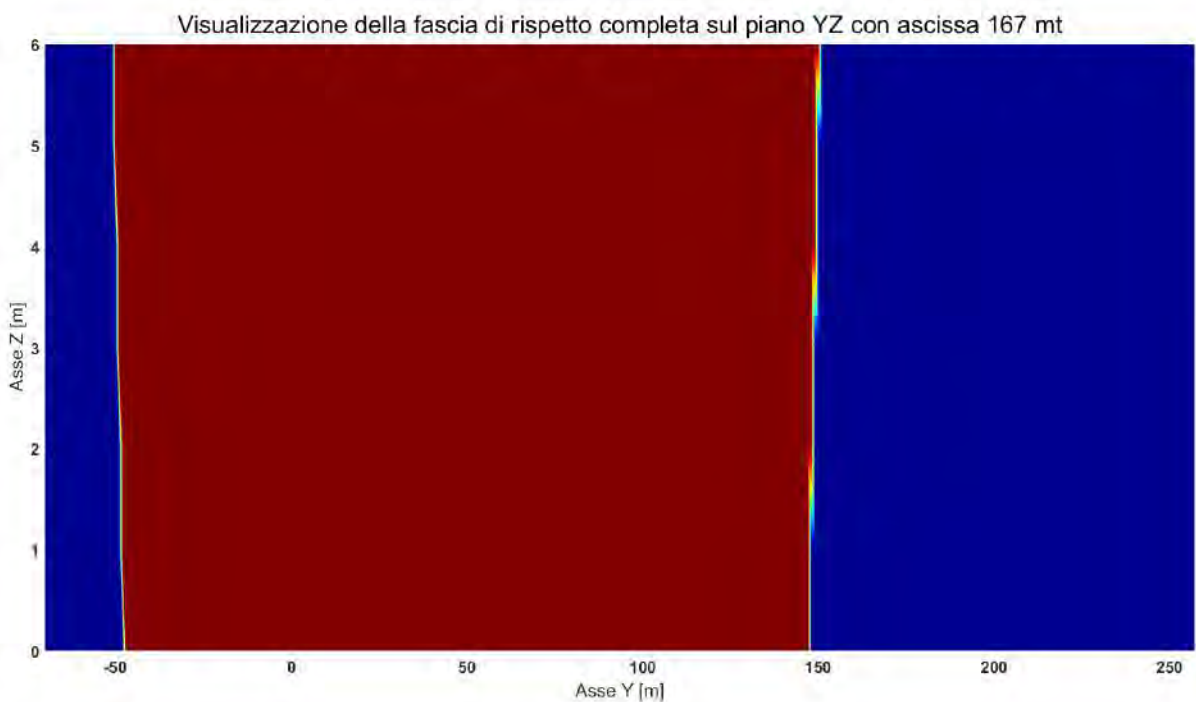


Fig. 102 – in rosso è rappresentata la Fascia di Rispetto al di fuori della quale risulta  $B < 3\mu\text{T}$

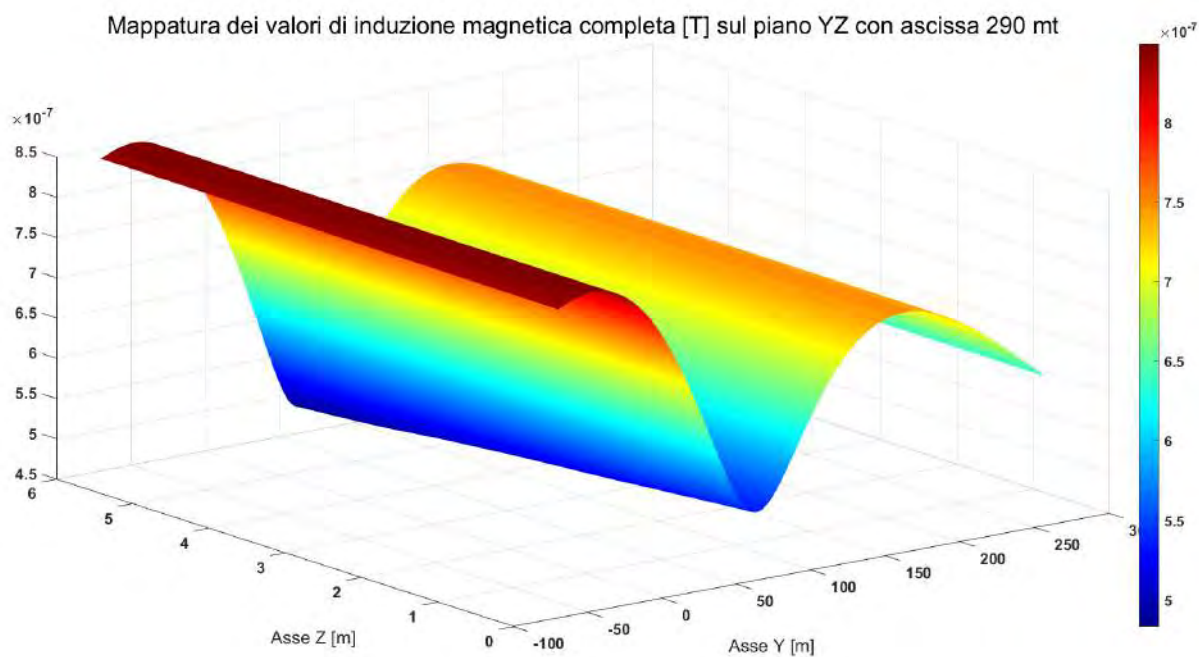


Fig. 103

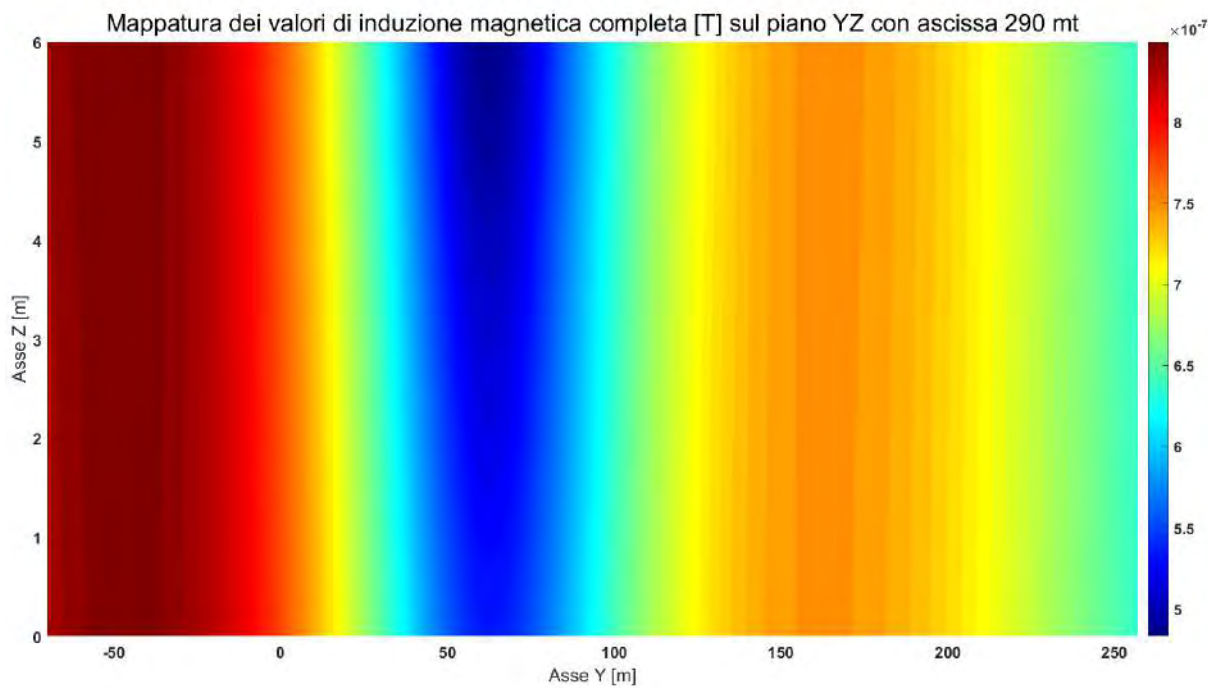


Fig. 104

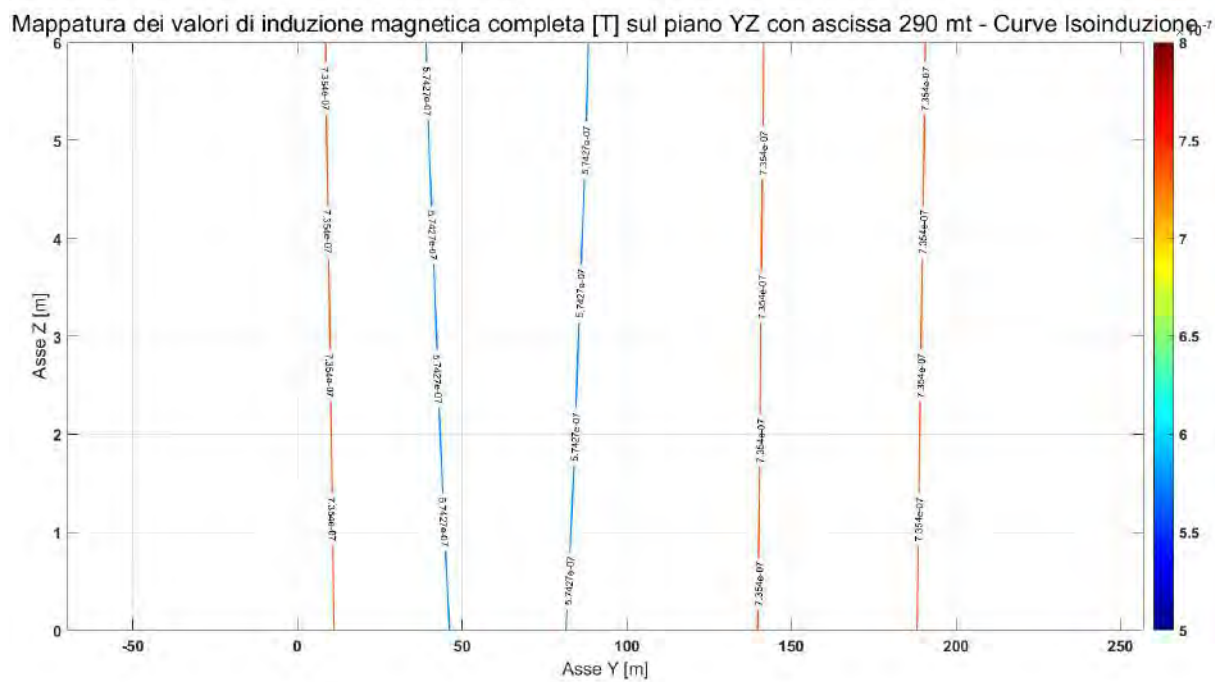


Fig. 105

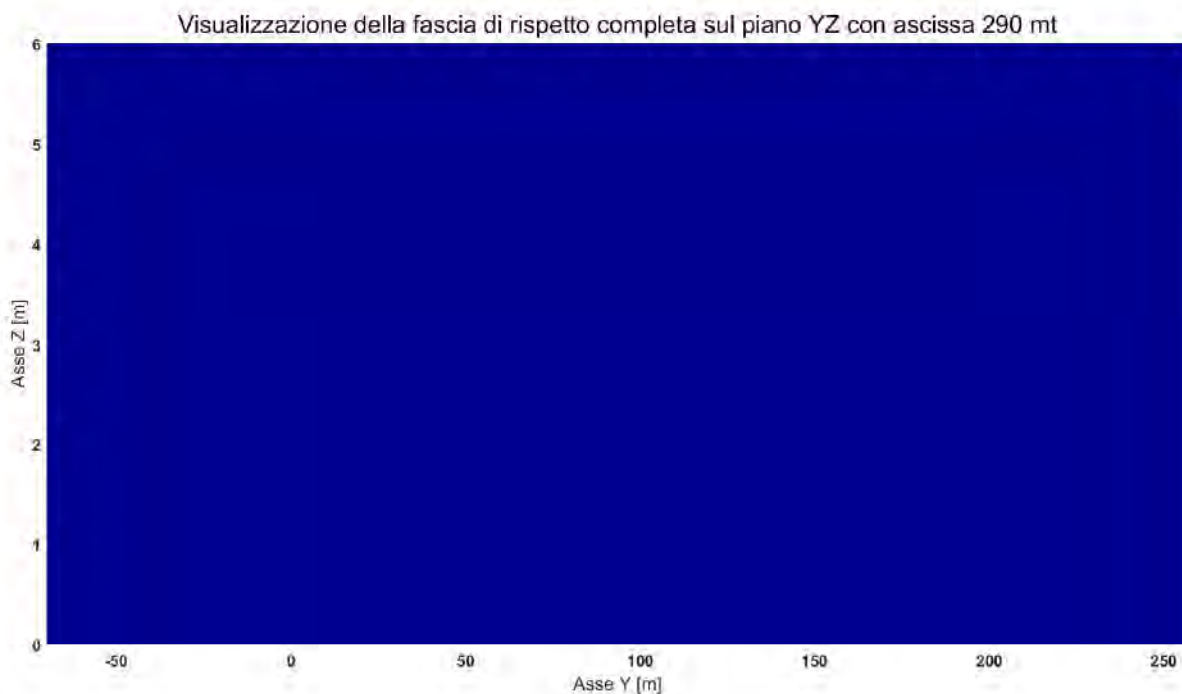


Fig. 106 – per tutta l'area in blu risulta  $B < 3 \mu T$

### **3. Conclusioni**

#### **3.1. Riepilogo risultati di calcolo**

Lo studio svolto con la simulazione del sistema in oggetto con modelli tridimensionali ha permesso di analizzare in maniera sistematica, approfondita ed accurata i livelli di induzione magnetica nelle vicinanze del costruendo impianto IPB con l'obiettivo del calcolo delle D.P.A..

Come si può vedere, nelle condizioni particolarmente conservative simulate, all'interno dell'area di impianto vi sono livelli di induzione, soprattutto nelle vicinanze dei trasformatori e delle linee MT, comunque inferiori al livello di  $100\mu\text{T}$ , posto come limite di esposizione per ambienti con permanenza superiore a 4 ore giornaliere, e quindi accettabili per la tipologia di sito (industriale).

Al di fuori dei confini dell'impianto IPB i livelli di induzione tendono a ridursi rapidamente; i valori delle D.P.A. calcolati indicano che i livelli di induzione magnetica intorno all'impianto in oggetto risultano contenuti ed in ogni caso rispettano i valori normativi prescritti dal D.P.C.M. 8 luglio 2003.

Infatti parte dell'area simulata al di fuori dell'impianto IPB (fascia perimetrale di 75 mt) si trova a distanze maggiori rispetto alle D.P.A. e ciò indica che è soggetta a livelli di induzione magnetica certamente inferiori all'obiettivo di qualità fissato dal suddetto D.P.C.M. in  $3\mu\text{T}$ .

Risulta infine significativo ricordare che, come detto in precedenza, le correnti circolanti e quindi i relativi valori di induzione magnetica emessi lungo i tratti di linea aerea 380 kV di connessione entra/esce alla SSE Terna, sono massimi quando la Centrale Sorgheria esistente e lo stesso nuovo impianto IPB sono spenti, mentre diminuiscono durante la fase di erogazione degli stessi.

Pertanto lo scenario di sovrapposizione degli effetti simulato recepisce anche tale fattore come elemento aggiuntivo di dimostrazione della compatibilità magnetica del nuovo impianto.

Le tabelle seguenti riepilogano i risultati dell'analisi condotta ed evidenziano che su tutta l'area esterna al di fuori di una fascia perimetrale dal confine dell'impianto IPB pari a **68 mt**, vi sono valori di induzione magnetica inferiori all'obiettivo di qualità fissato dal suddetto D.P.C.M. in  $3\mu\text{T}$ .

RIEPILOGO RISULTATI SIMULAZIONE IPB									
ID	SLICE	Coordinate [m]	Fascia di Rispetto asse X [m]	Fascia di Rispetto asse Y [m]	Fascia di Rispetto massima [m]	DPA minima da asse magnetico IPB [m]	DPA minima da confine X IPB [m]	DPA minima da confine Y IPB [m]	DPA minima da confine IPB [m]
1	XY	Z= 1	183	232	232.0	116.0	47	64	<b>65</b>
2	XY	Z= 2	183	232	232.0	116.0	47	64	
3	XY	Z= 3	184	233	233.0	116.5	48	65	
4	XZ	Y= -70	55	0	55.0	27.5	0	0	
5	XZ	Y= 14	181	0	181.0	90.5	52	0	
6	XZ	Y= 78.5	185	0	185.0	92.5	46	0	
7	XZ	Y= 143	149	0	149.0	74.5	24	0	
8	XZ	Y= 207	0	0	0.0	0.0	0	0	
9	YZ	X= -75	0	0	93.5	46.8	0	0	
10	YZ	X= 22.5	0	28	96.5	48.3	0	0	
11	YZ	X= 95	0	227	227.0	113.5	0	61	
12	YZ	X= 167.5	0	185	185.0	92.5	0	43	
13	YZ	X= 240	0	0	93.5	46.8	0	0	

Tab. 4 – Riepilogo risultati analisi condotta solo su sorgenti IPB

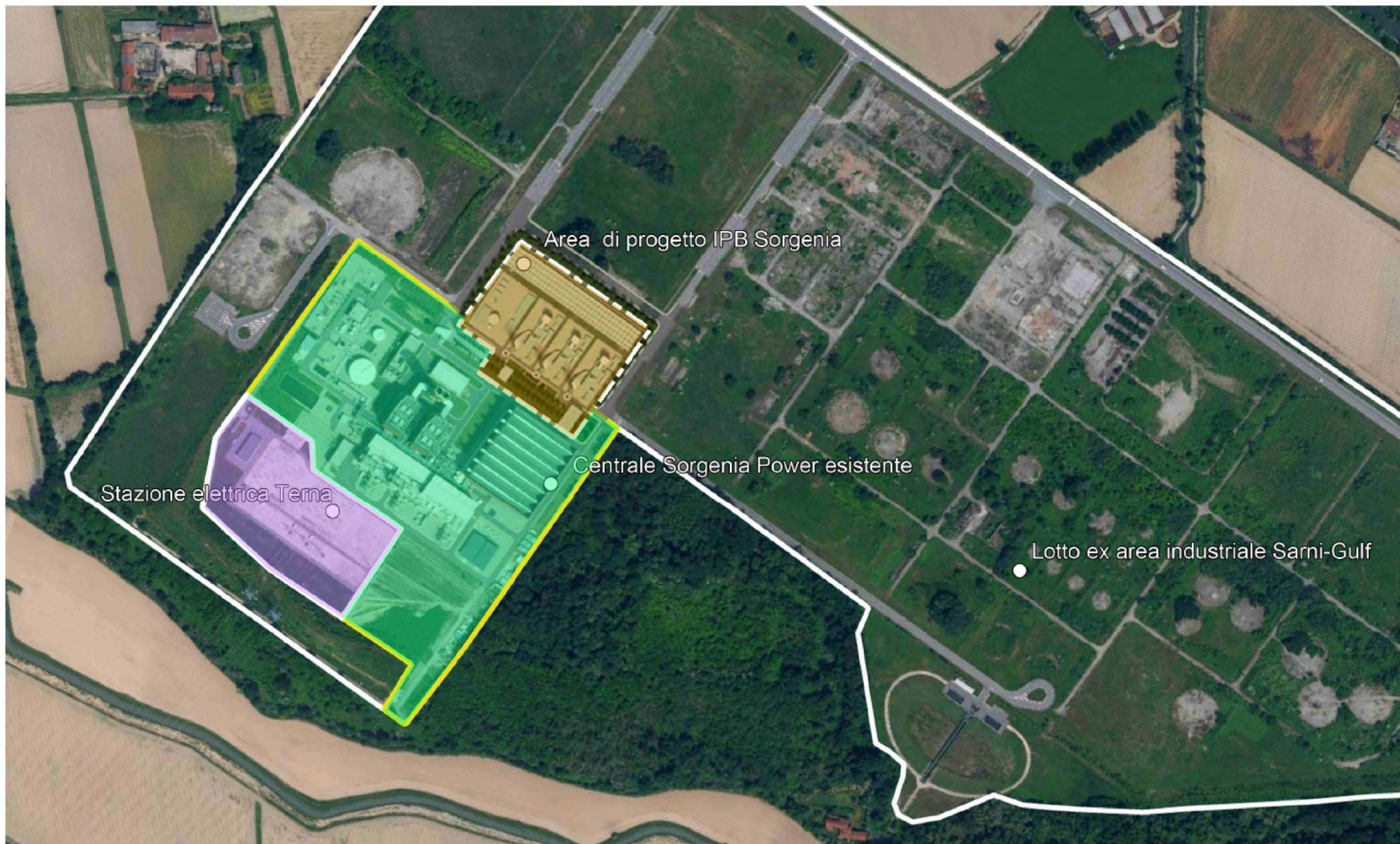
RIEPILOGO RISULTATI SIMULAZIONE COMPLETA									
ID	SLICE	Coordinate [m]	Fascia di Rispetto asse X [m]	Fascia di Rispetto asse Y [m]	Fascia di Rispetto massima [m]	DPA minima da asse magnetico IPB [m]	DPA minima da confine X IPB [m]	DPA minima da confine Y IPB [m]	DPA minima da confine IPB [m]
1	XY	Z= 1	187	238	238.0	119.0	49	67	<b>68</b>
2	XY	Z= 2	187	238	238.0	119.0	49	67	
3	XY	Z= 3	188	240	240.0	120.0	50	68	
4	XZ	Y= -70	74	0	74.0	37.0	0	0	
5	XZ	Y= 14	184	0	184.0	92.0	54	0	
6	XZ	Y= 78.5	186	0	186.0	93.0	47	0	
7	XZ	Y= 143	156	0	156.0	78.0	28	0	
8	XZ	Y= 207	0	0	0.0	0.0	0	0	
9	YZ	X= -75	0	0	93.5	46.8	0	0	
10	YZ	X= 22.5	0	76	110.0	55.0	0	0	
11	YZ	X= 95	0	234	234.0	117.0	0	65	
12	YZ	X= 167.5	0	200	200.0	100.0	0	50	
13	YZ	X= 240	0	0	93.5	46.8	0	0	

Tab. 5 – Riepilogo risultati analisi condotta sovrapponendo gli effetti dell'impianto IPB e della Centrale Sorgenia esistente

**ALLEGATO A.01**  
**ORTOFOTO D'INQUADRAMENTO**

**ALLEGATO A.01**  
**ORTOFOTO D'INQUADRAMENTO**

A.1 - ORTOFOTO D'INQUADRAMENTO

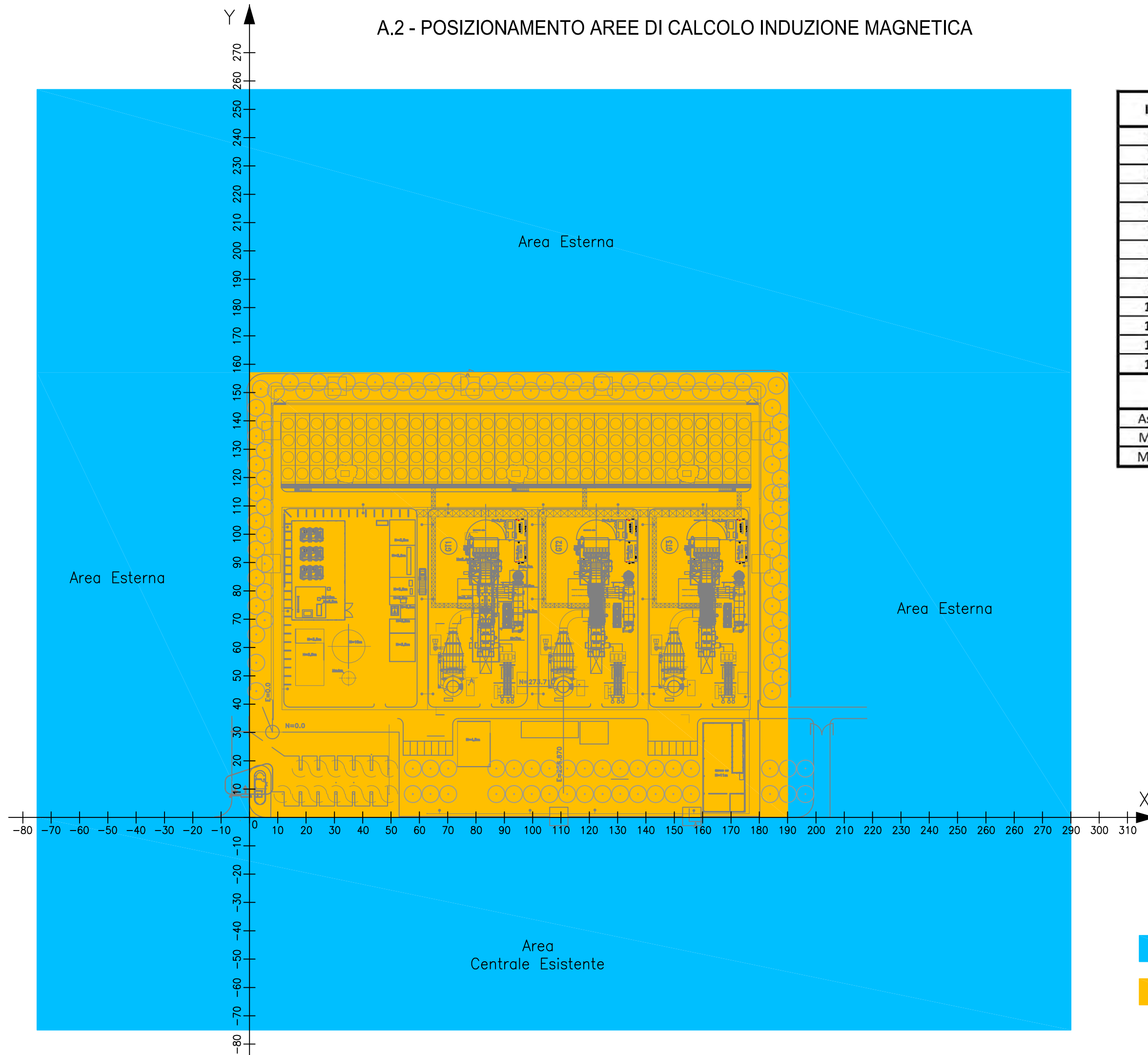




## **ALLEGATO A.02**

### **POSIZIONAMENTO AREE DI CALCOLO INDUZIONE MAGNETICA**

## A.2 - POSIZIONAMENTO AREE DI CALCOLO INDUZIONE MAGNETICA



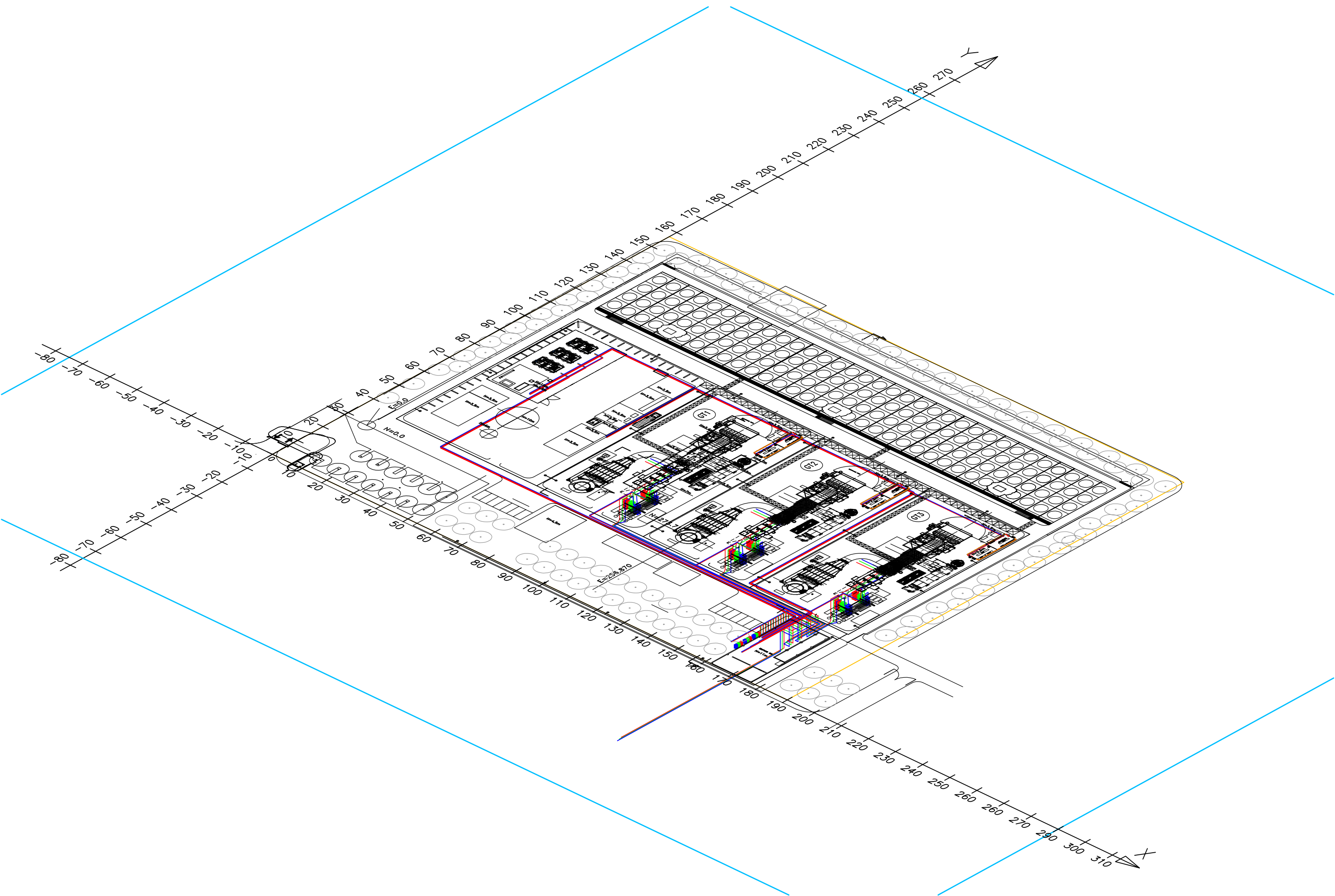
ID	SLICE	Coordinate [m]	
1	XY	Z= 1	
2	XY	Z= 2	
3	XY	Z= 3	
4	XZ	Y= -75	
5	XZ	Y= 14	
6	XZ	Y= 78,5	
7	XZ	Y= 143	
8	XZ	Y= 257	
9	YZ	X= -75	
10	YZ	X= 22,5	
11	YZ	X= 95	
12	YZ	X= 167,5	
13	YZ	X= 290	
LIMITI			
Asse	X	Y	Z
MIN	-75	-75	0
MAX	290	257	6

: Area perimetrale  
 : Area interna I.P.B.

## **ALLEGATO A.03**

### **INQUADRAMENTO TRIDIMENSIONALE MODELLO DI CALCOLO**

A.3 - POSIZIONAMENTO 3D DELLE SORGENTI DI INDUZIONE MAGNETICA  
(collegamenti AT-MT-BT)



**ALLEGATO A.04**  
**INDIVIDUAZIONE COMPONENTI E COLLEGAMENTI**  
**DEL MODELLO DI CALCOLO**

## A.4 - INDIVIDUAZIONE COMPONENTI E COLLEGAMENTI DEL MODELLO DI CALCOLO

