

## WEBNIR

Strumenti **WEB** per la valutazione dell'esposizione  
occupazionale alle **R**adiazioni **N**on **I**onizzanti

# Procedure schematiche standardizzate di valutazione della esposizione: campi di gradiente in RM ed elettrobisturi

Riccardo Di Liberto

Unità Operativa Complessa di Fisica Sanitaria

**Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo**  
**Pavia**



# SORGENTI DI CEM

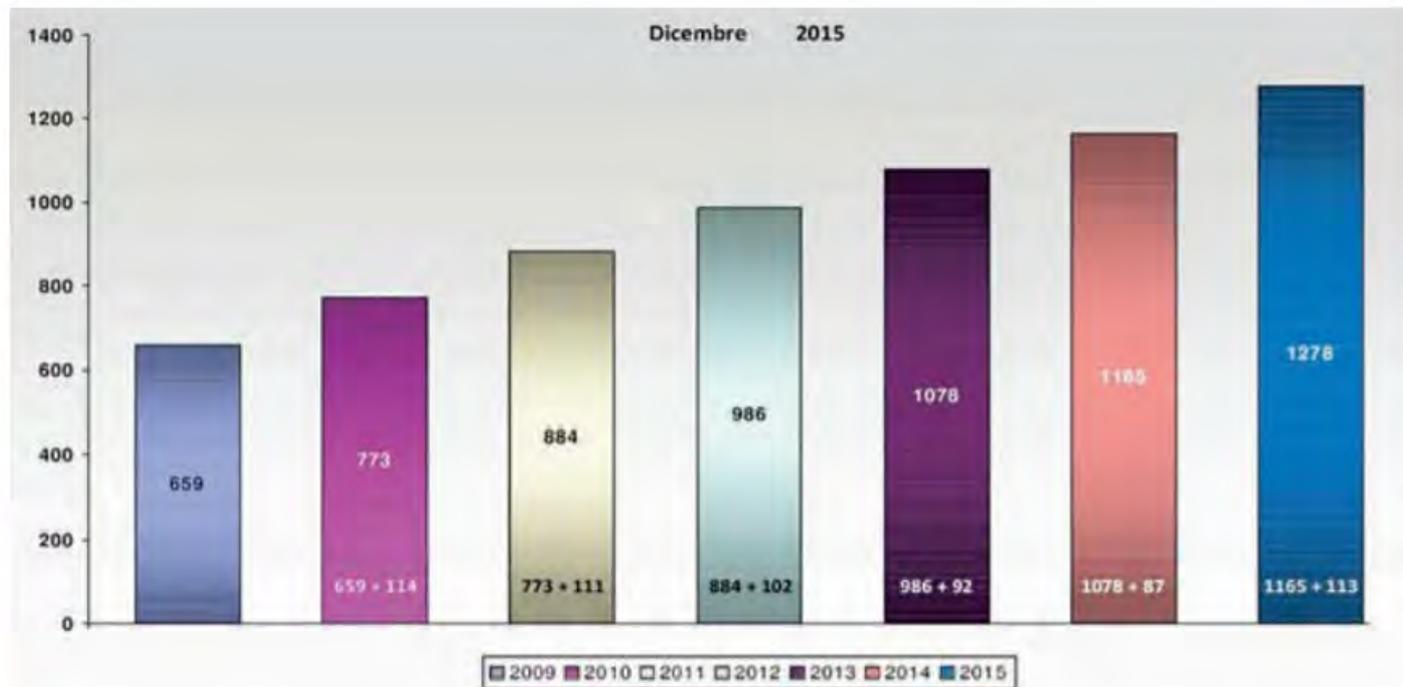
- Apparecchiature per diagnostica a risonanza magnetica da 1,5 T
- Apparecchiature per elettrochirurgia (elettrobisturi).



# RM in Italia circa 1300 al 31/12/2015

Figura 25

Incremento annuale delle installazioni



2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTALE
659	114	111	102	92	87	113	1278

**Obiettivo:** valutazione del livello di esposizione dei lavoratori e della popolazione (accompagnatori) ai gradienti di campo magnetico in sala RM per la determinazione della

**«DISTANZA DI RISPETTO»**



# Alcuni dati disponibili da parte dei Fabbricanti (solo per i lavoratori)

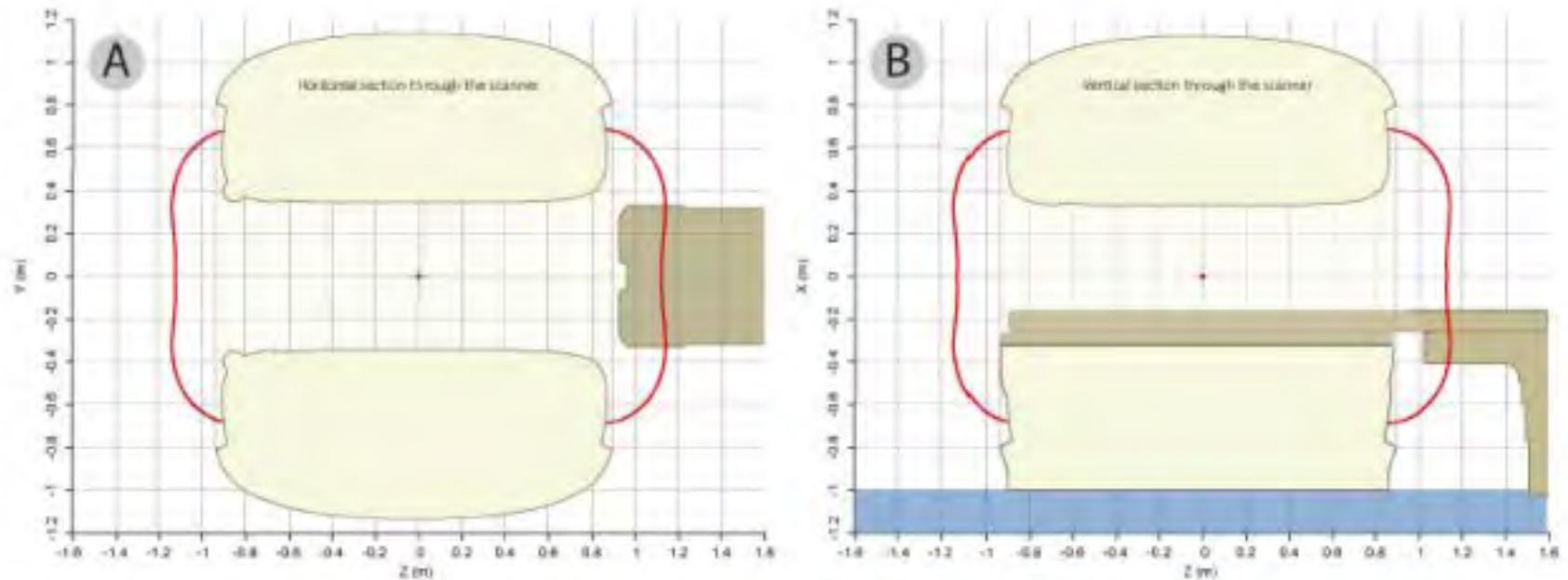
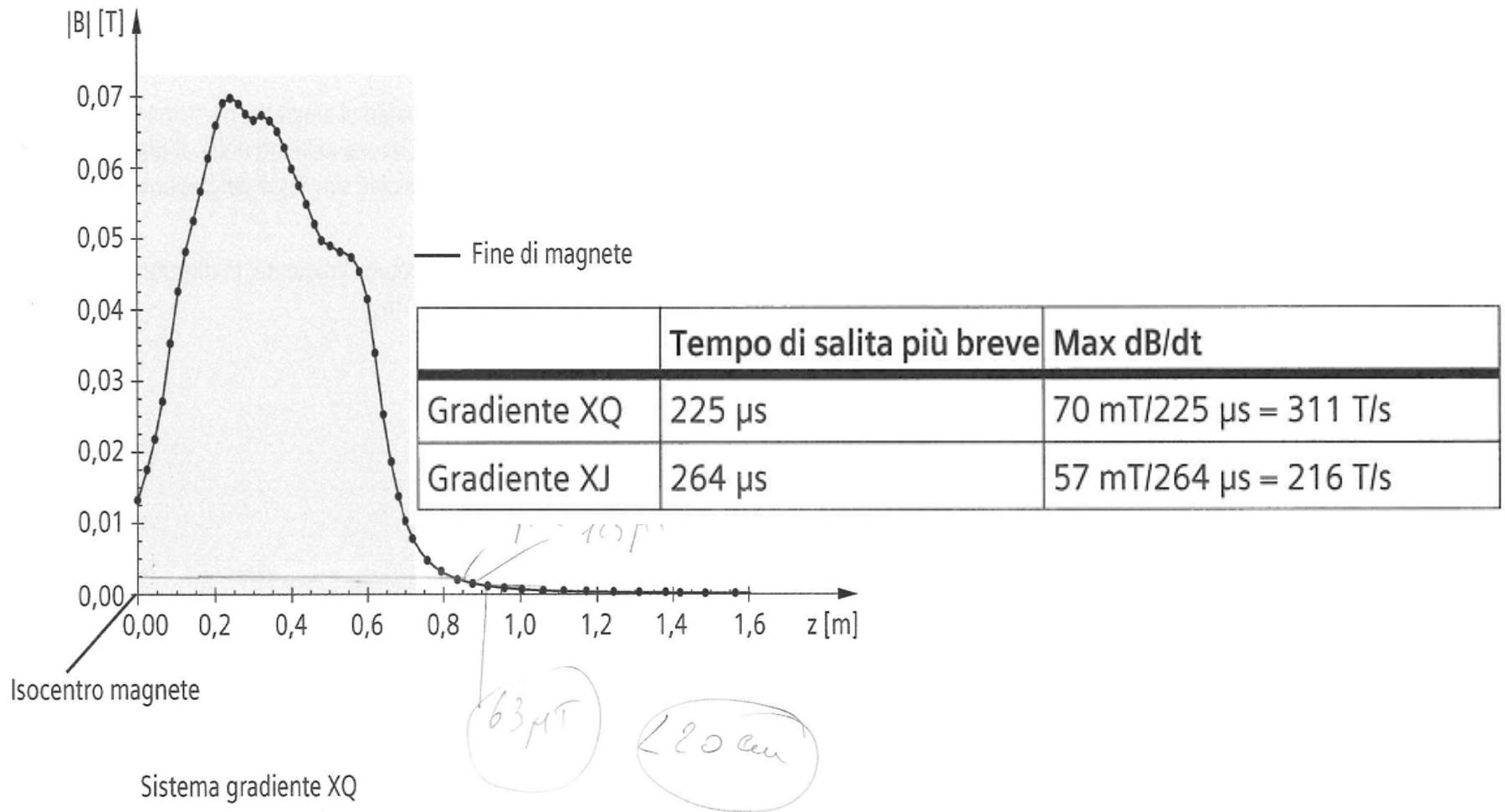


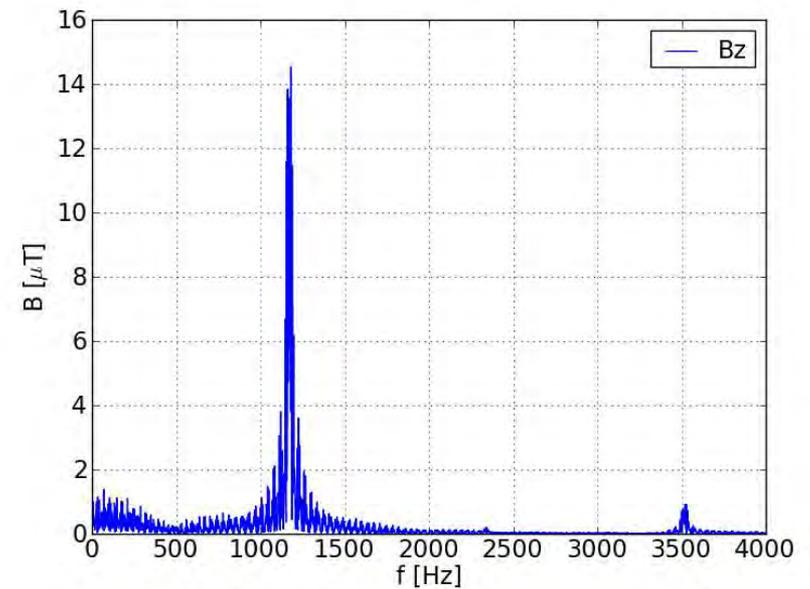
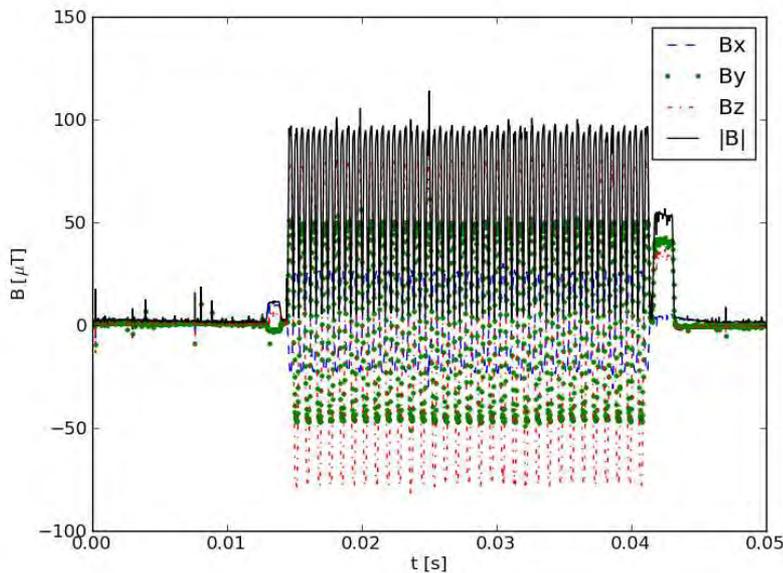
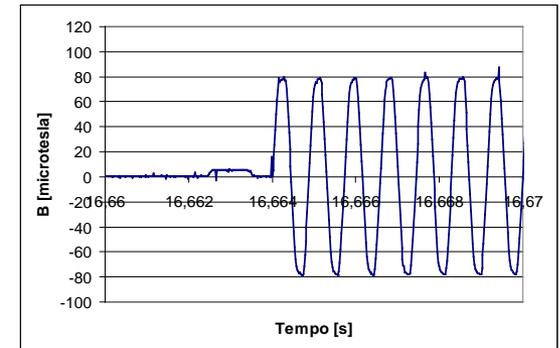
Fig. 1: Sistemi 1.5T Ingenia: Area in cui i valori limite di esposizione stabiliti dalla direttiva 2013/35/UE possono essere superati.

# Alcuni dati disponibili da parte dei Fabricanti



# Campi magnetici di gradiente

- Forme d'onda complesse, estremamente variabili in funzione della “sequenza” di RM utilizzata
- Componenti spettrali fino a qualche kHz



*Tomografo 1.5T, sequenza DWmin EPI Axial*

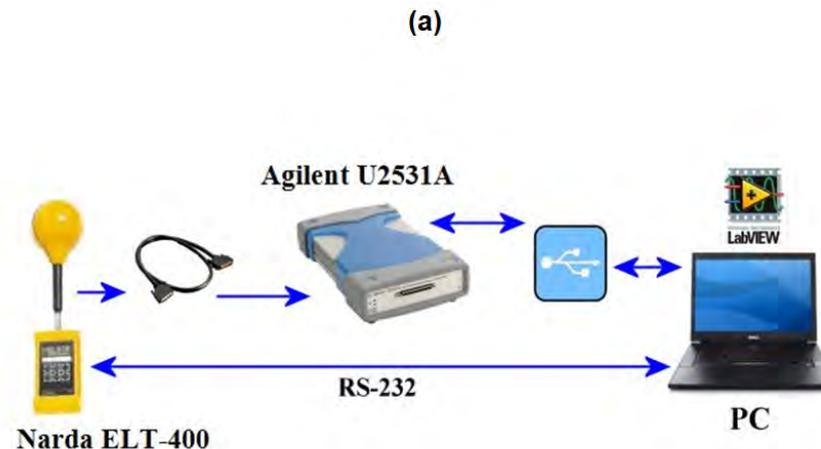
# Il metodo del picco ponderato applicato alla misura dei campi di gradiente



Alcuni strumenti forniscono direttamente l'indice di picco ponderato riferito ad alcune normative pre-impostate. L'utilizzo di una catena strumentale *ad-hoc* permette però maggiori flessibilità e versatilità, specie per indagini con finalità di approfondimento e ricerca.

## Impostazioni tipiche

- Frequenza di campionamento 50 kS/s/ch
- Tempo di acquisizione 10-20 secondi



Catene strumentali per la misura dei CMG: (a) sonda Narda ELT-400 con sistema di acquisizione; (b) sonda Narda-PMM EHP-50F.

# VA D.Lgs. 159/2016 (Direttiva 2013/35/UE) per gli effetti di stimolazione dei tessuti eccitabili da 1 Hz a 10 MHz



TABELLA B1

*VA per i campi elettrici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz*

Intervallo di frequenza	VA (E) inferiori per l'intensità del campo elettrico [ $Vm^{-1}$ ] (valori RMS)	VA (E) superiori per l'intensità del campo elettrico [ $Vm^{-1}$ ] (valori RMS)
$1 \leq f < 25$ Hz	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50$ Hz	$5,0 \times 10^5 / f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64$ kHz	$5,0 \times 10^5 / f$	$1,0 \times 10^6 / f$
$1,64 \leq f < 3$ kHz	$5,0 \times 10^5 / f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

TABELLA B2

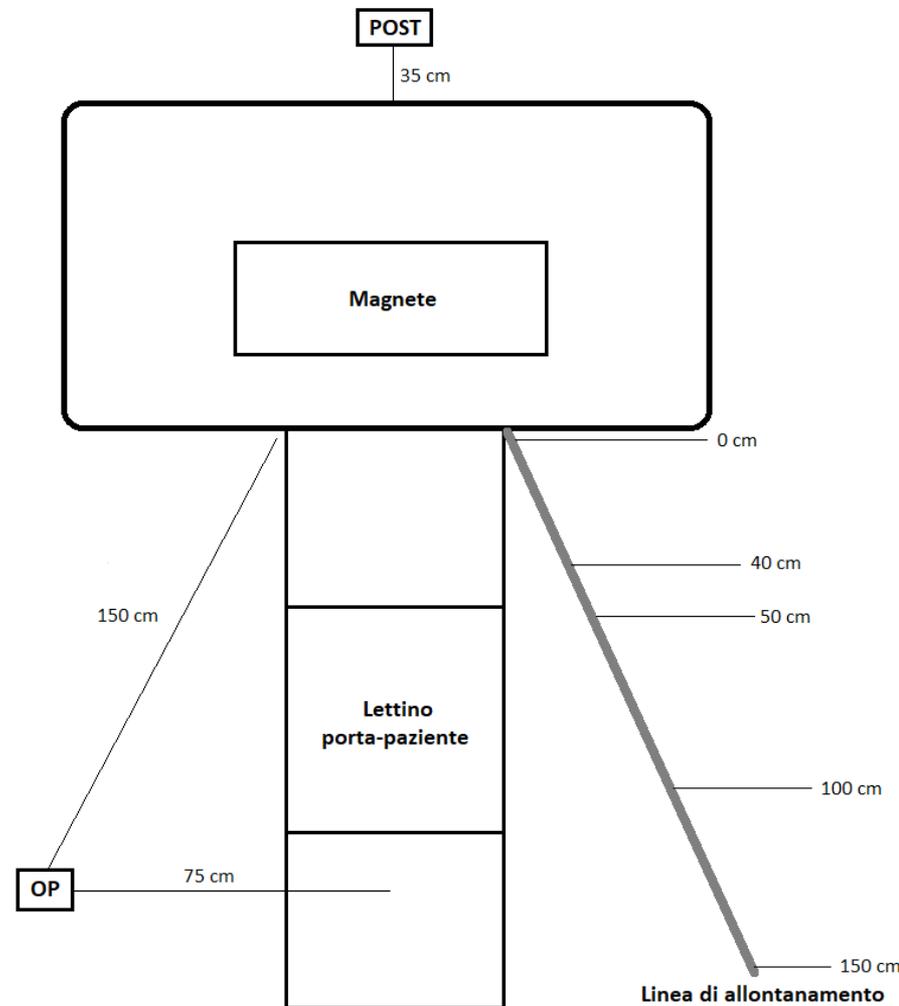
*VA per i campi magnetici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz*

Intervallo di frequenza	VA (B) inferiori per l'induzione magnetica [ $\mu T$ ] (valori RMS)	VA (B) superiori per l'induzione magnetica [ $\mu T$ ] (valori RMS)	VA (B) per l'induzione magnetica per esposizione localizzata degli arti [ $\mu T$ ] (valori RMS)
$1 \leq f < 8$ Hz	$2,0 \times 10^5 / f^2$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$8 \leq f < 25$ Hz	$2,5 \times 10^4 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$25 \leq f < 300$ Hz	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3$ kHz	$3,0 \times 10^5 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

**Valori istantanei. Per segnali complessi: metodo del picco ponderato.**

# Tomografo 1,5 T

## Indagine per «DR»



Sequenza dei gradienti	
Codice	Descrizione
C1	T1 TIRM Coronale P2-320 Bilaterale, Tempo di Ripetizione 5110 ms, Tempo di Eco 52 ms, Slice Thickness 4.5 mm.
C2	TURBO SPIN ECHO FatSat 256 bilaterale, Tempo di Ripetizione 481 ms, Tempo di Eco 7.3 ms, Slice Thickness 4.5 mm.

# Tomografo 1,5 T – Indagine per «DR»

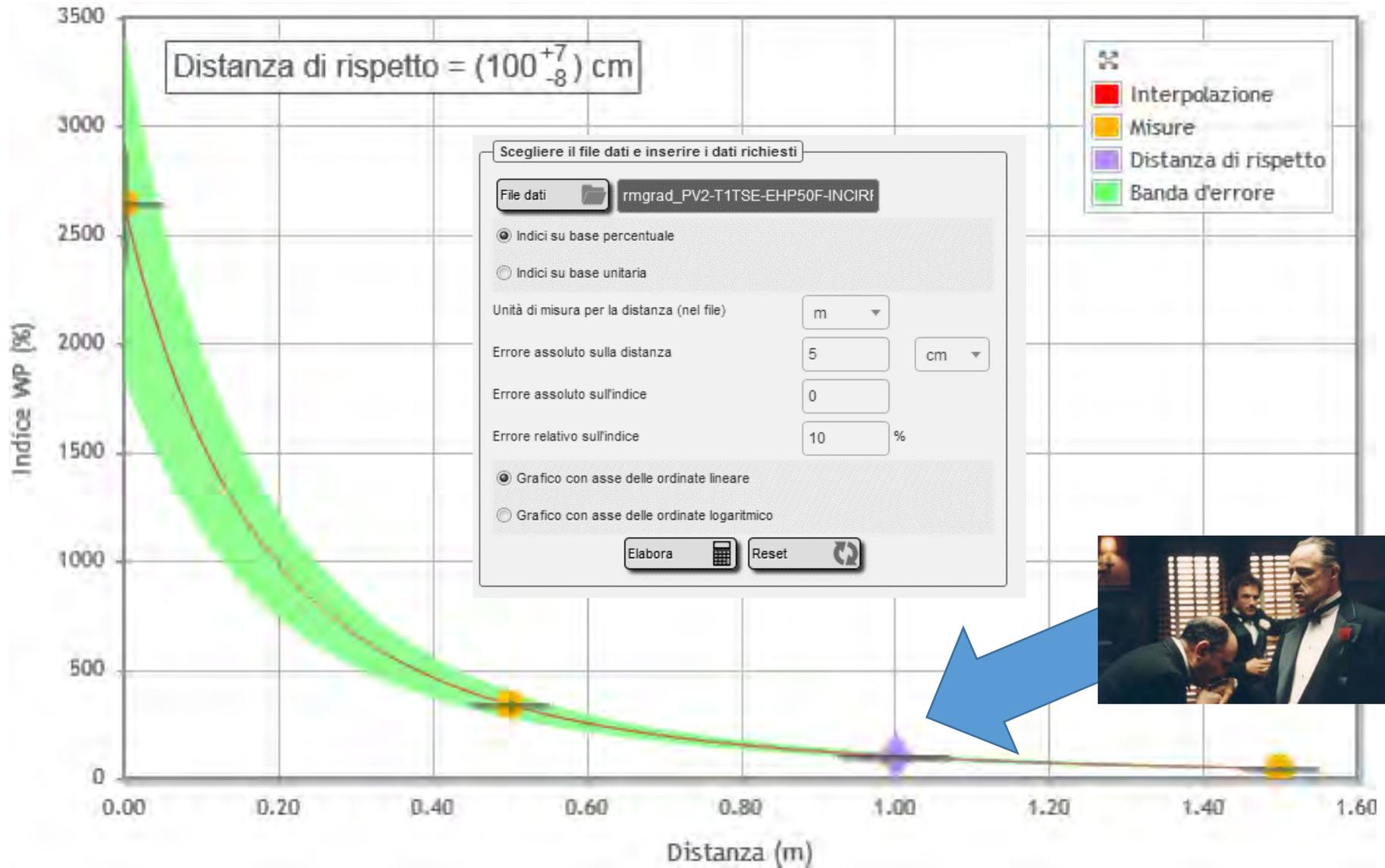
*Risultati delle misure di indice di induzione magnetica con EHP-50F (Modo WP, Campo magnetico, 100  $\mu$ T).*

Sequenza	Punto	Altezza (cm)	ICNIRP 1998 POP	2013/35 LOW	2013/35 HIGH
C1	0 cm	100	2032%	78,9%	86,5%
C2	0 cm	100	2642%	88,0%	92,0%
	50 cm	100	338%	11,4%	10,7%
	100 cm	100	100,4%	3,36%	2,82%
	150 cm	100	44,4%	1,51%	1,21%
	POST	100	916%	31,0%	29,5%

*Risultati delle misure di indice di campo elettrico con EHP-50F (Modo WP, Campo elettrico, 1 kV/m).*

Sequenza	Punto	Altezza (cm)	ICNIRP 1998 POP	2013/35 LOW	2013/35 HIGH
C2	0 cm	100	40,8%	20,7%	5,88%

# Tomografo 1,5 T – Indagine per distanza di rispetto



- 1) **Scelta del dispositivo di misura in grado di valutare con il metodo del «picco ponderato»**
- 2) **Definizione della geometria di misura (linea di allontanamento, mappatura radiale, etc.)**
- 3) **Scelta della sequenza diagnostica ad emissione più elevata tra quelle impiegate clinicamente**
- 4) **Valutazione dei dati e confronto con i valori di azione per la popolazione ed i lavoratori**
- 5) **Definizione delle distanze di rispetto per i lavoratori e la popolazione**
- 6) **Identificazione sul pavimento e/o con grafiche esposte presso l'accesso alla ZC**



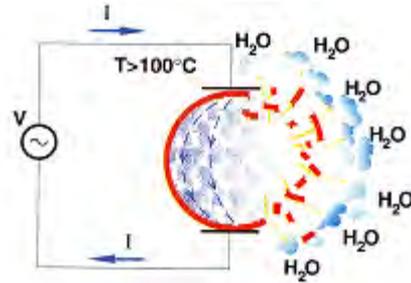
## *Apparecchiature per elettrochirurgia*



**Elettrobisturi a RF: utilizzano correnti a radiofrequenza (350 KHz – 3.0 MHz) con emissione sinusoidale continua o modulata e/o pulsata. Le potenze erogate arrivano fino a 400 watt. Ad oggi non esiste uno standard per l'esecuzione di misure attendibili per la valutazione dei livelli di esposizione.**

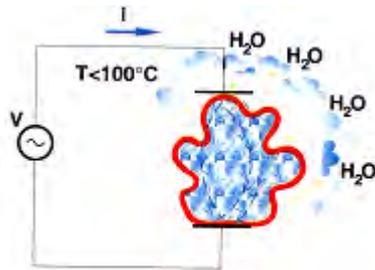
## Effetti della temperatura

$T > 100^{\circ}\text{C}$



- esplosione cellula
- vaporizzazione  $\text{H}_2\text{O}$  cellulare
- scissione proteine (pirolisi)  
**TAGLIO**

$T < 100^{\circ}\text{C}$



- evaporazione  $\text{H}_2\text{O}$  senza esplosione
- essiccazione tessuto  
**COAGULAZIONE**

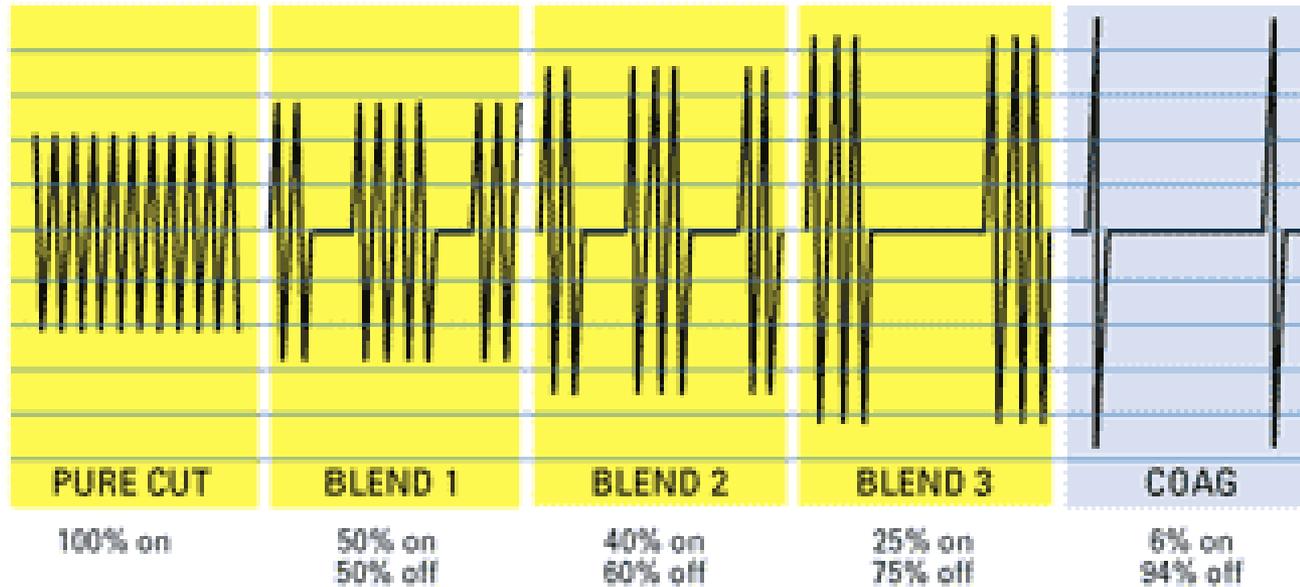
$T \gg 100^{\circ}\text{C}$ , circa  $500^{\circ}\text{C}$

- vaporizzazione proteine
- carbonizzazione tessuto e occlusione vasi  
**CAUTERIZZAZIONE**  
(dermatologia)

# Esempi

Low Voltage

High Voltage

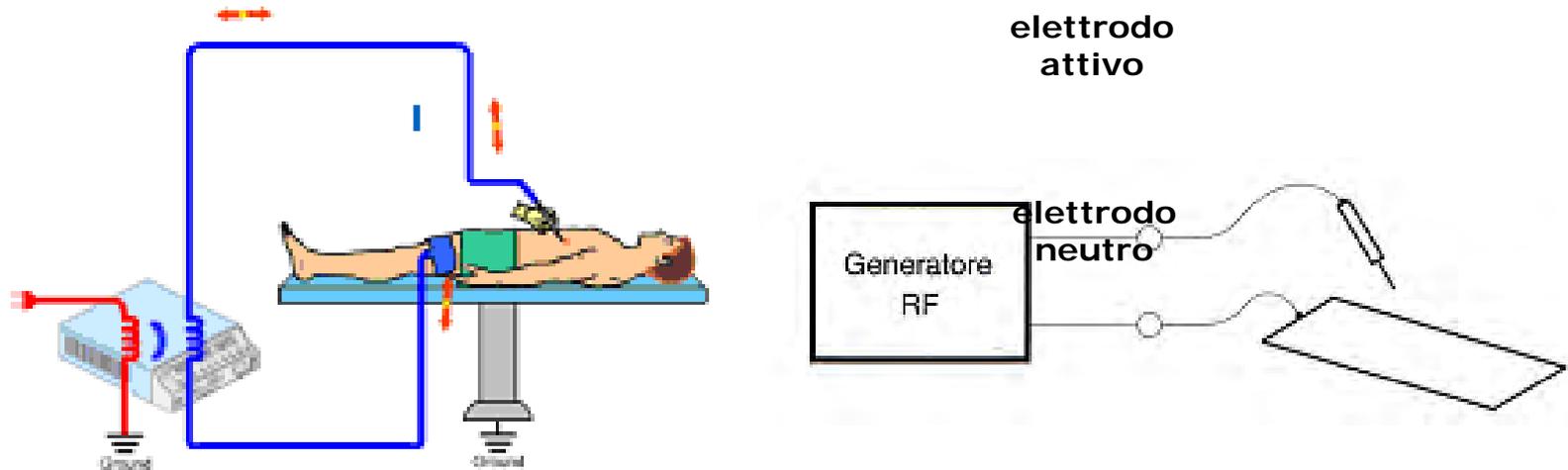


## Typical Example



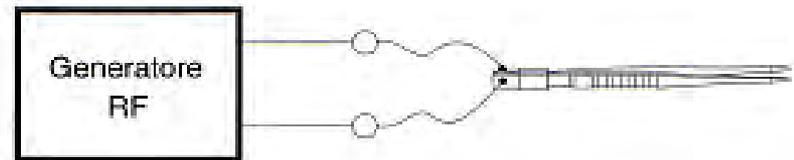
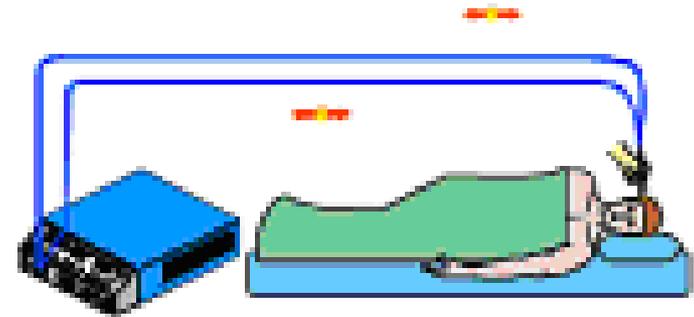
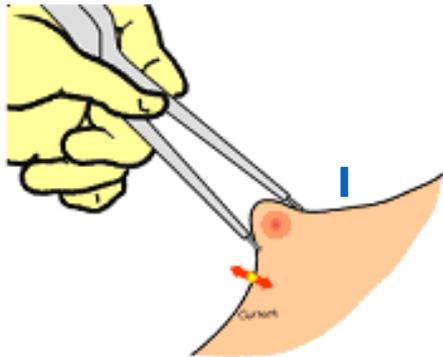
Low Thermal Spread/Charring High  
← Voltage →

## Modalità d'uso: biterminale monopolare



- ❖ Modalità molto diffusa
- ❖ Grandi potenze in RF (fino a 400 **watt**)
- ❖ Posizionamento elettrodo neutro

## Modalità d'uso: biterminale bipolare



# Laboratorio CEM

## UOC Fisica Sanitaria



# Valleylab Force FX



## Maximum Output for Bipolar and Monopolar Modes

Power readouts agree with actual power into rated load to within 15% or 5 w whichever is greater.

Mode	Open Circuit P-P Voltage (max)	Rated Load (max)	Power (max)	Crest Factor*
<b>Bipolar</b>				
<i>Precise</i>	450 V	100 $\Omega$	70 W	1.5
<i>Standard</i>	320 V	100 $\Omega$	70 W	1.5
<i>Macro</i>	750 V	100 $\Omega$	70 W	1.5
<b>Monopolar Cut</b>				
<i>Low</i>	1350 V	300 $\Omega$	300 W	1.5
<i>Pure</i>	2300 V	300 $\Omega$	300 W	1.5
<i>Blend</i>	3300 V	300 $\Omega$	200 W	2.5
<b>Monopolar Coag</b>				
<i>Desiccate</i>	3500 V	500 $\Omega$	120 W	5
<i>Fulgurate</i>	8500 V	500 $\Omega$	120 W	7.0
<i>LCF Fulgurate</i>	6900 V	500 $\Omega$	120 W	5.5
<i>Spray</i>	9000 V	500 $\Omega$	120 W	8

## ***Bipolar***

<b><i>Precise</i></b>	470 kHz sinusoid
<b><i>Standard</i></b>	470 kHz sinusoid
<b><i>Macro</i></b>	470 kHz sinusoid

## ***Monopolar Cut***

<b><i>Low</i></b>	390 kHz sinusoid. Similar to the Pure cut mode except the maximum voltage is limited to a lower value.
<b><i>Pure</i></b>	390 kHz sinusoid
<b><i>Blend</i></b>	390 kHz bursts of sinusoid, recurring at 27 kHz intervals; 50% duty cycle

## ***Monopolar Coag***

<b><i>Desiccate</i></b>	240 kHz sinusoid repeated at 39 kHz; 8% duty cycle
<b><i>Fulgurate</i></b>	390 kHz damped sinusoidal bursts with a repetition frequency of 30 kHz into 500 ohms
<b><i>LCF Fulgurate</i></b>	390 kHz damped sinusoidal bursts with a repetition frequency of 57 kHz into 500 ohms
<b><i>Spray</i></b>	390 kHz damped sinusoidal bursts with a randomized repetition centered at 28 kHz. Frequencies include $21 \text{ kHz} < f < 35 \text{ kHz}$ . Output is further modulated by a random 250 Hz envelope with a variable duty cycle.

# METRON QA-ES Mk II Electrosurgical Analyzer

STATUS		RESULT	
Mode	: *Cont. Oper.	Current	: 0 mA
Load	: 200 Ohm	Power	: 0 W
Delay	: 300 ms	Voltage pp	: 0 V
Oper.	: Ready	Crest fact.	:

LIST CHOICES    KNOB PARAM.    START    SETUP    more-2

F1      F2      F3      F4      F5

cancel      enter

on  
off  
power

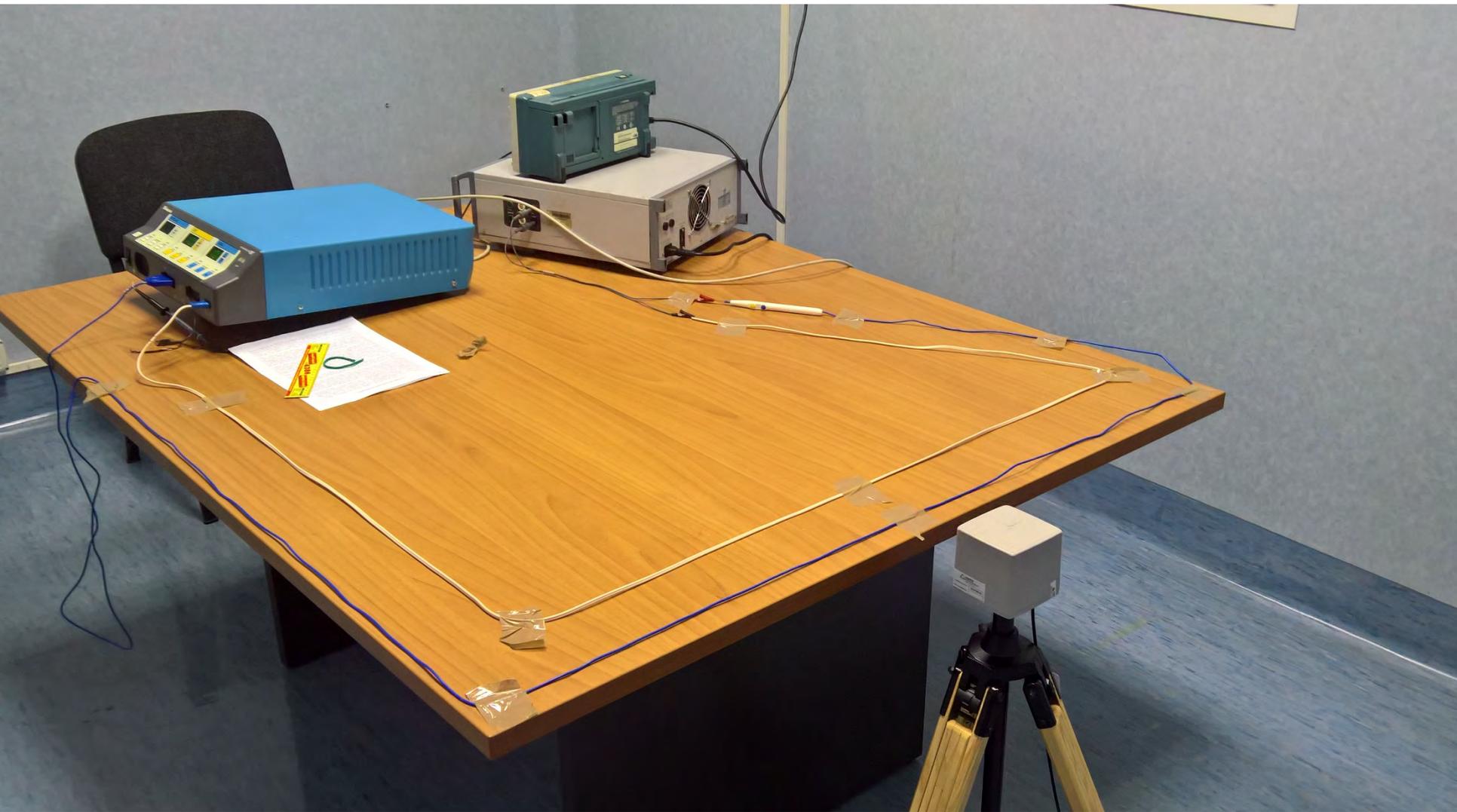
RF-detect  
remote

scope out

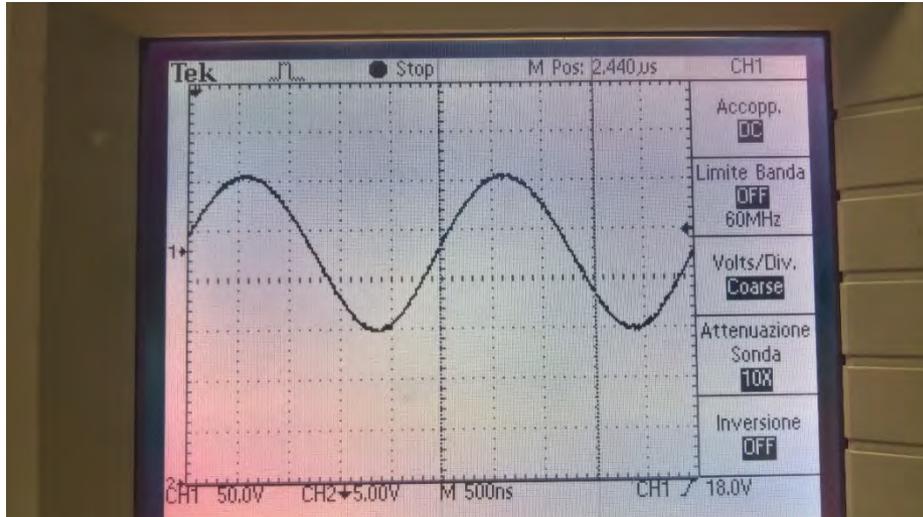
**DISTANZA TRA CAVO ATTIVO E NEUTRO = 90 CM**



**DISTANZA TRA CAVO ATTIVO E NEUTRO = 10 CM**

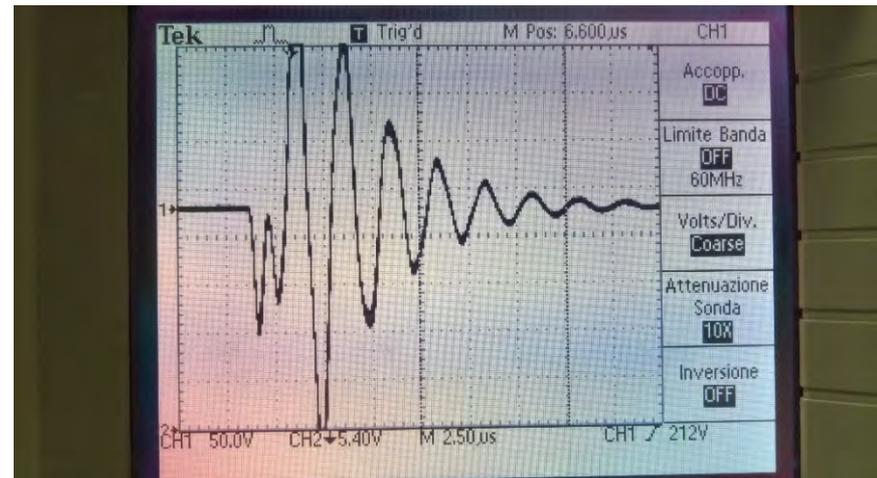
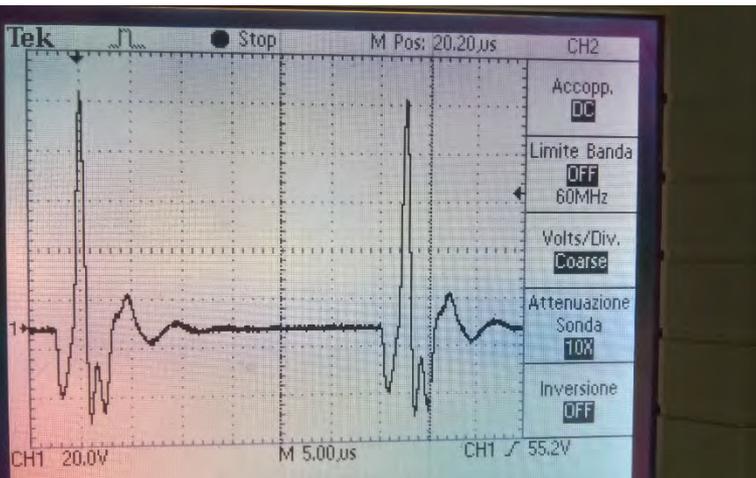


# Andamento nel tempo della corrente RF

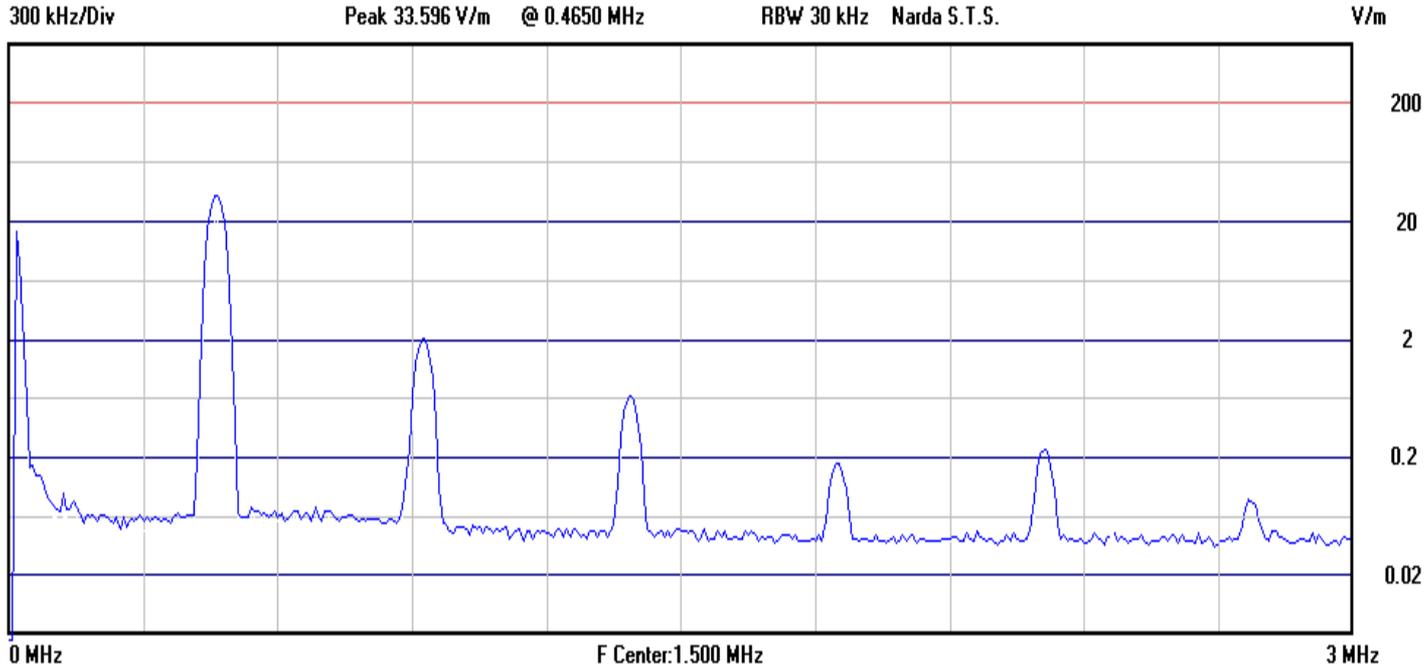


# CUT

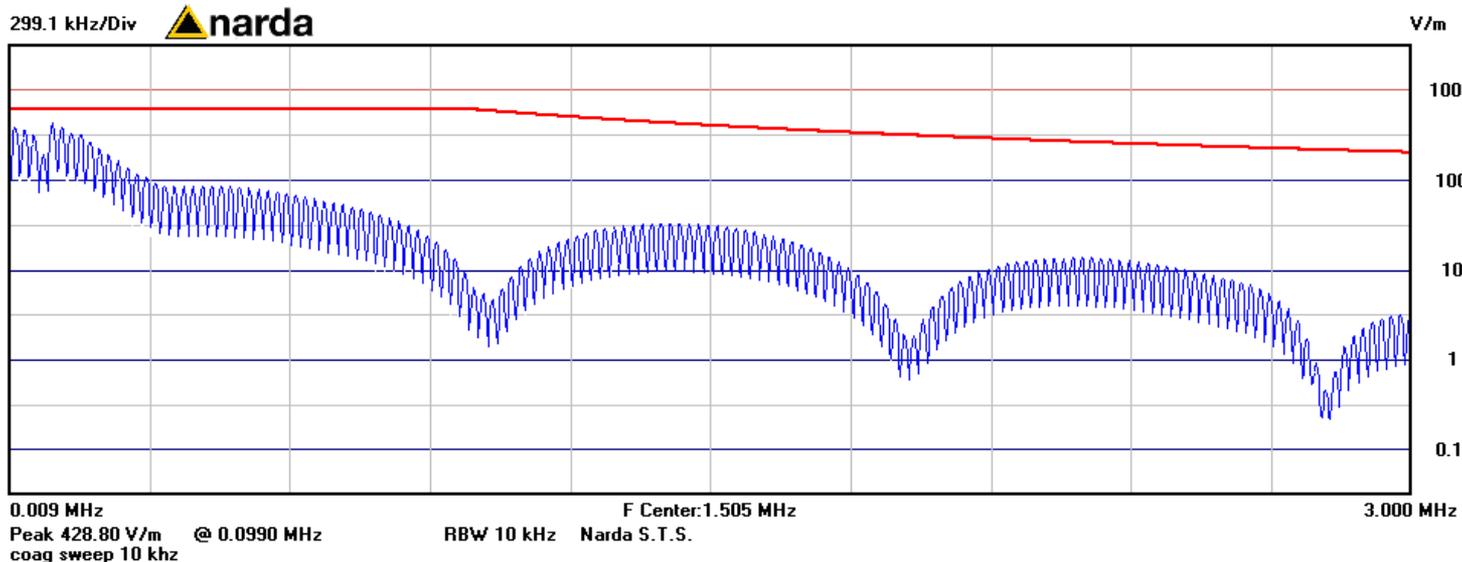
# COAG



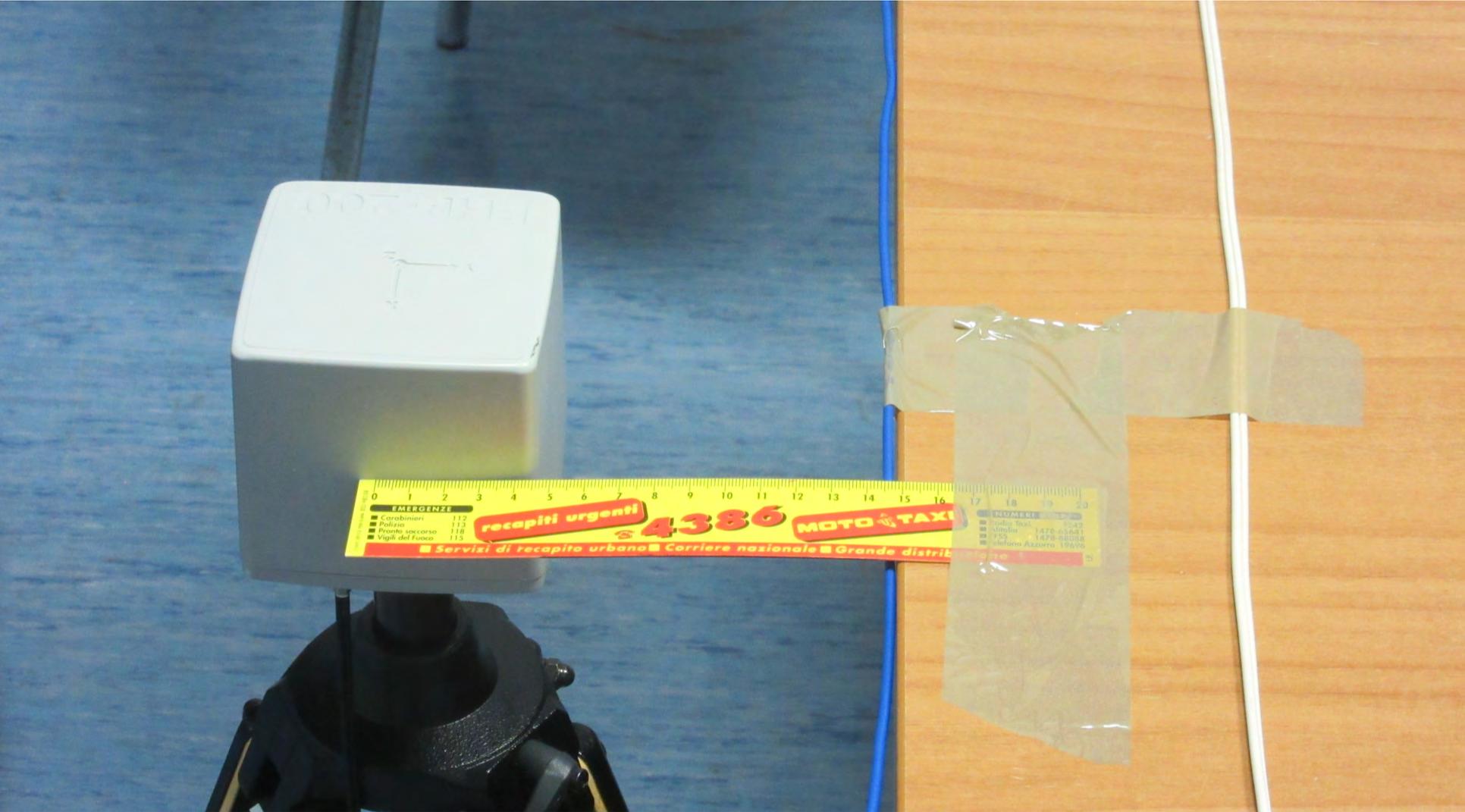
# Andamento in frequenza delle correnti RF



**CUT**



**COAG**



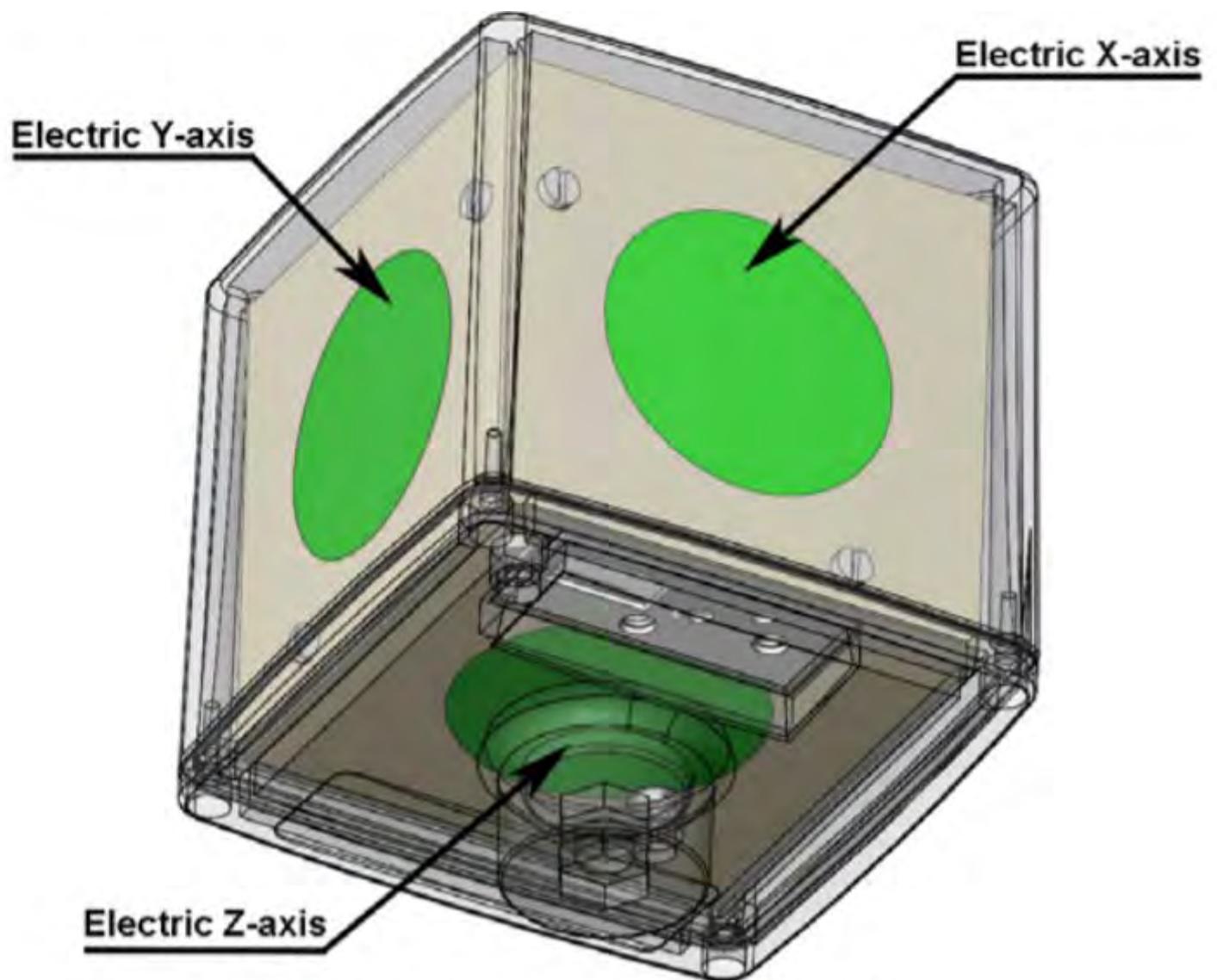
007-33151

EMERGENZE  
■ Carabinieri 112  
■ Polizia 112  
■ Pronto soccorso 118  
■ Vigili del Fuoco 115

recapiti urgenti  
**4386**  
MOTO & TAXI

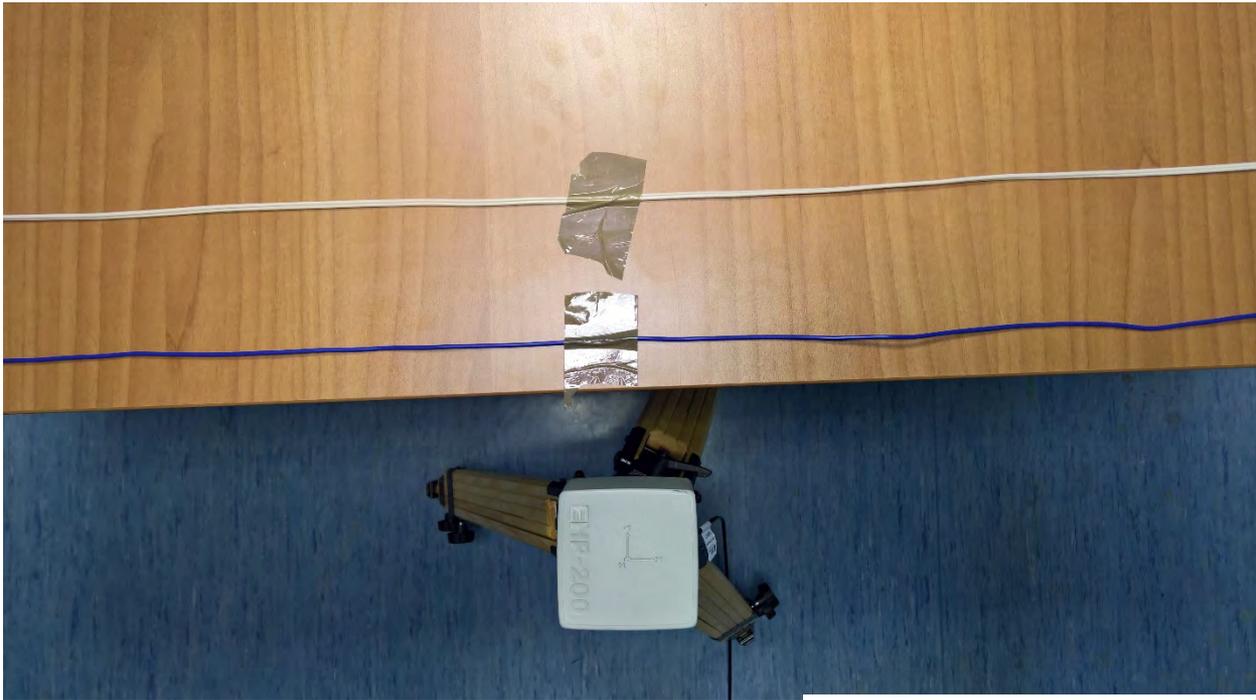
Servizi di recapito urbano ■ Carriere nazionale ■ Grande distribuzione

NUMERI VERDI  
■ Radio Taxi 1476-3343  
■ Ustica 1476-3341  
■ 115 1476-80218  
■ Telefono Azzurro 19696



**Fig. 1-4** EHP-200A/EHP-200AC axes

The sensitive elements are located approximately 8 mm below the external surface



The sensitive elements are located approximately 8 mm below the external surface

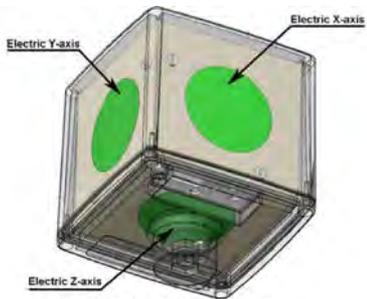


Fig. 1-4 EHP-200A/EHP-200AC axes

The sensitive elements are located approximately 8 mm below the external surface

0° VS 180°

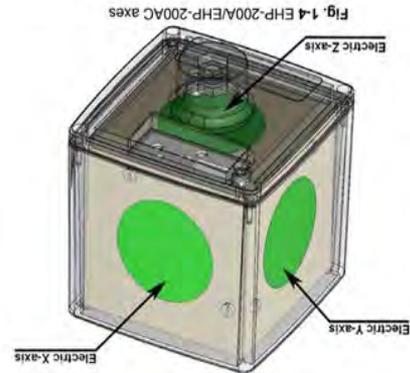


Fig. 1-4 EHP-200A/EHP-200AC axes

1 : 6,56 @ 5 CM DAL CAVO ATTIVO

Valutazione della  
perturbazione del campo  
elettrico tramite volontario  
antropomorfo  
**(VALORI % RISPETTO AL CAMPO IN  
ASSENZA DI OPERATORE.**



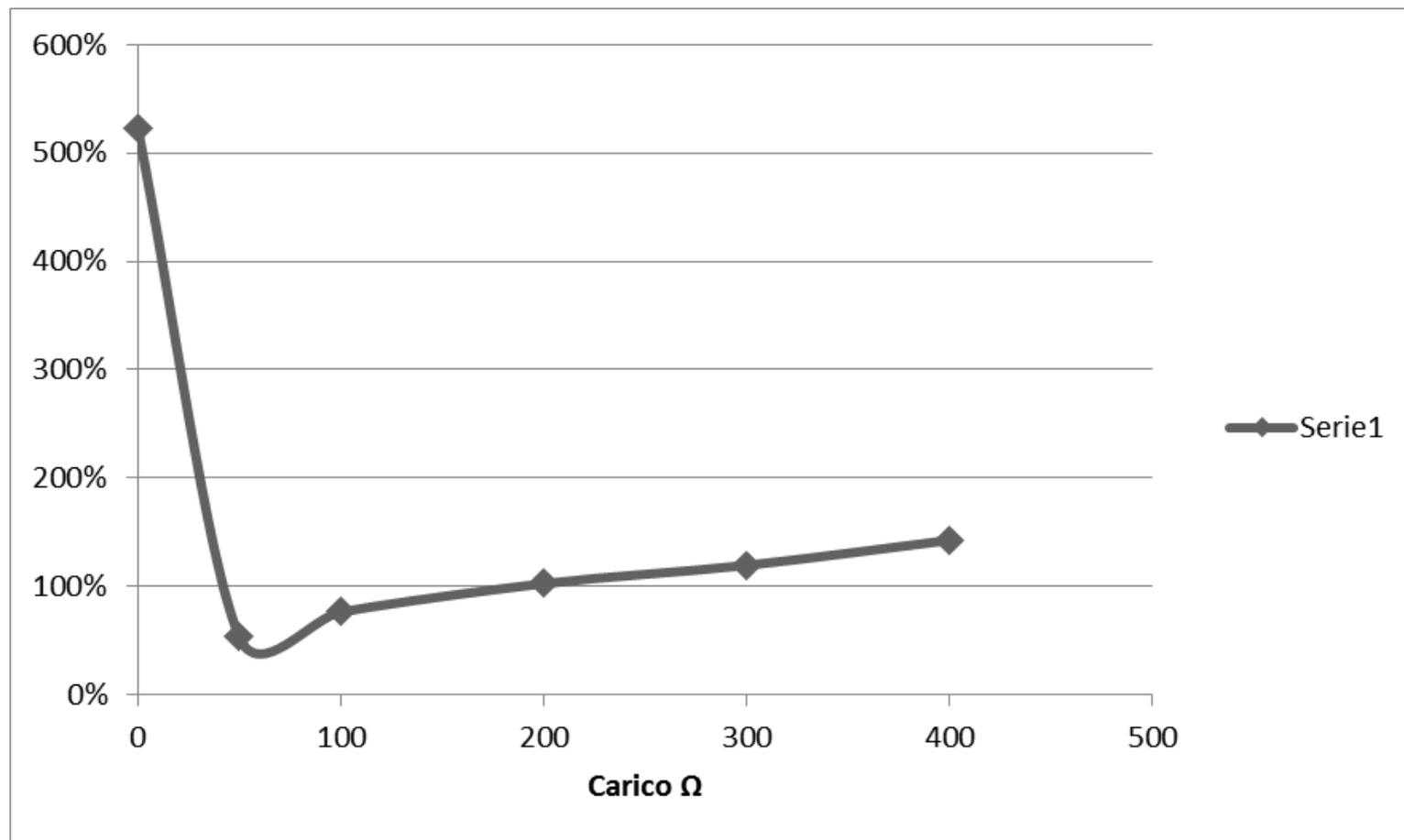
+ 16 % CON SONDA @ 45 CM  
DAL CAVO/MANIPOLO



- 44% CON SONDA @ 45 CM  
DAL CAVO/MANIPOLO

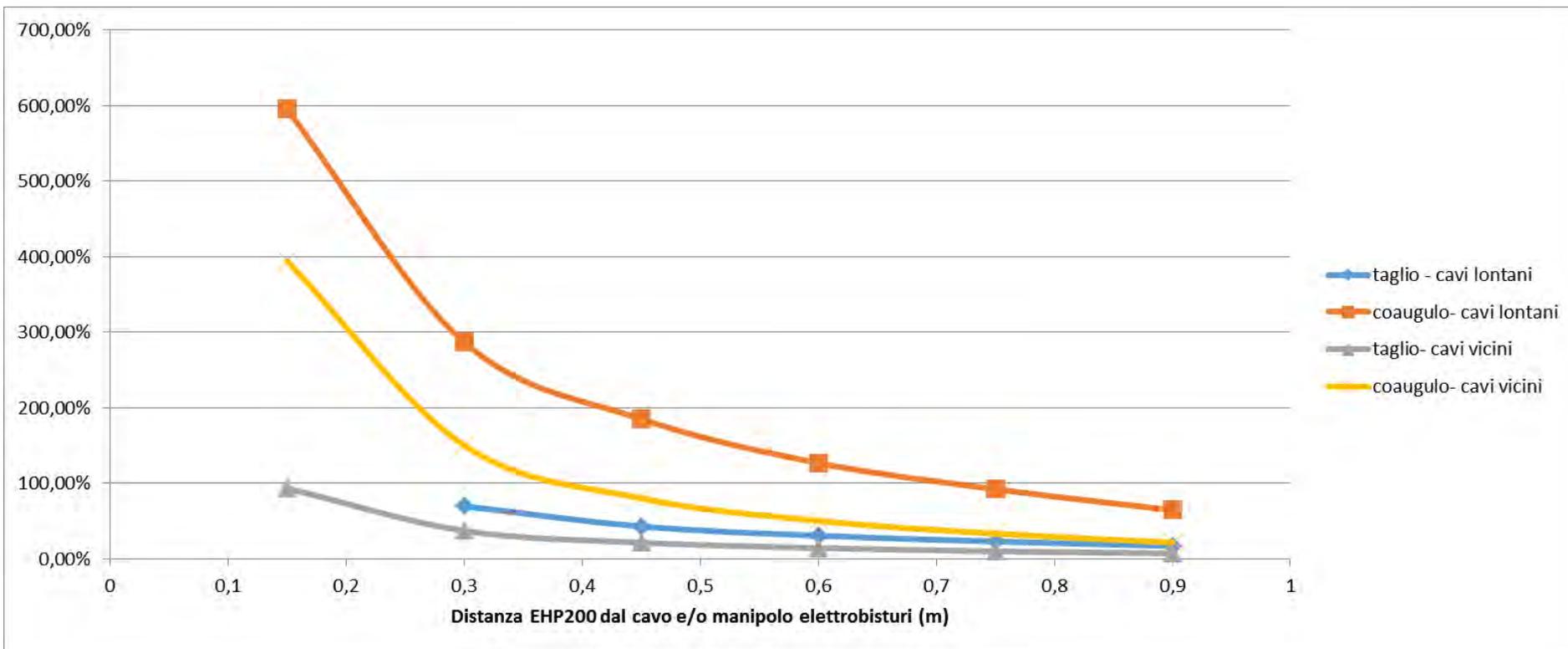
# Misure al variare del carico

1. Le misure in aria forniscono livelli di campo elettrico fino a 5 volte le misure con carico fittizio.



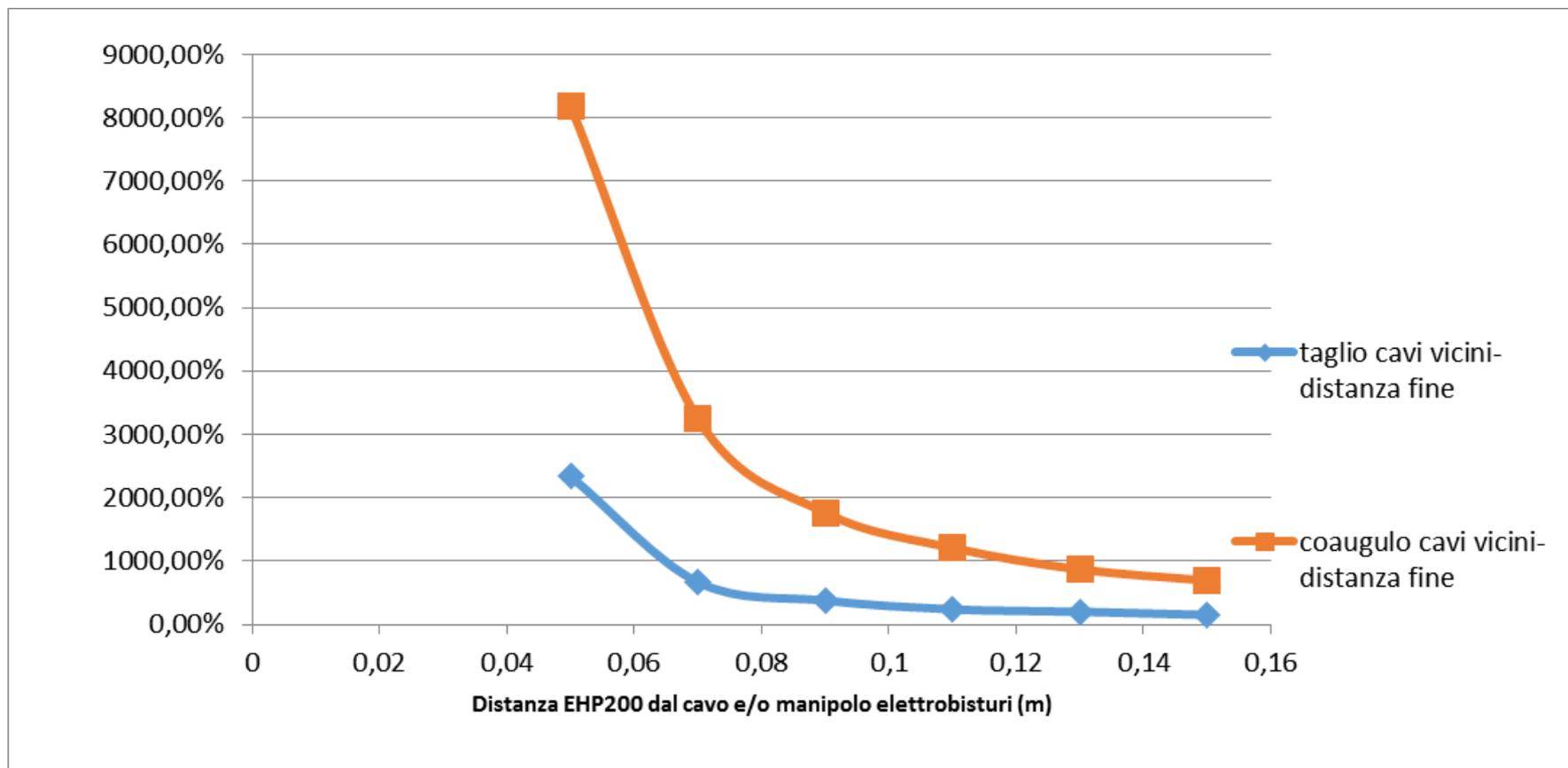
# Misure al variare della distanza tra cavo attivo e neutro

2. Il livello di campo elettrico emesso con i cavi «vicini» è inferiore fino a 6 volte



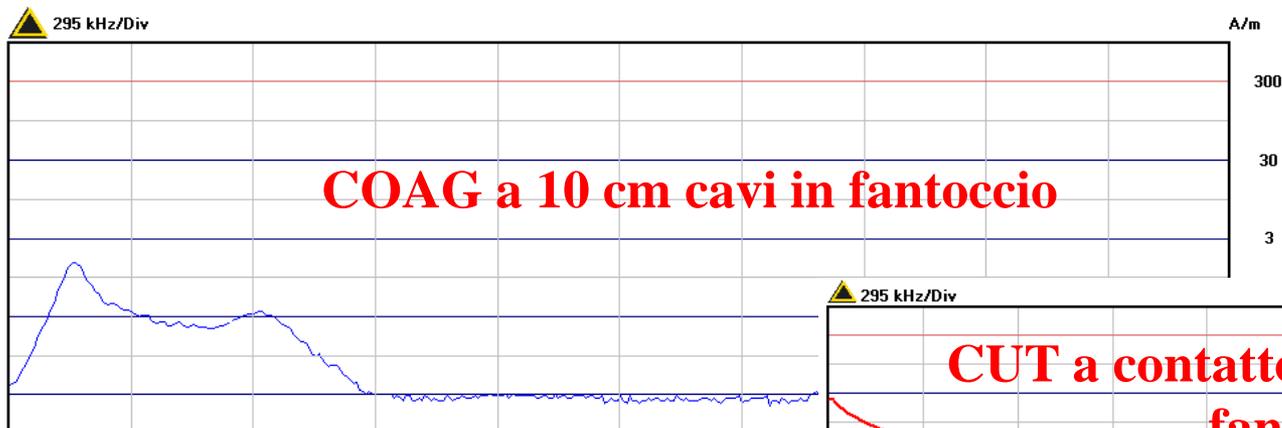
# Misure al variare della distanza tra sonda e cavo attivo

3. Il livello di campo elettrico emesso in modalità «coag» è sempre più elevato





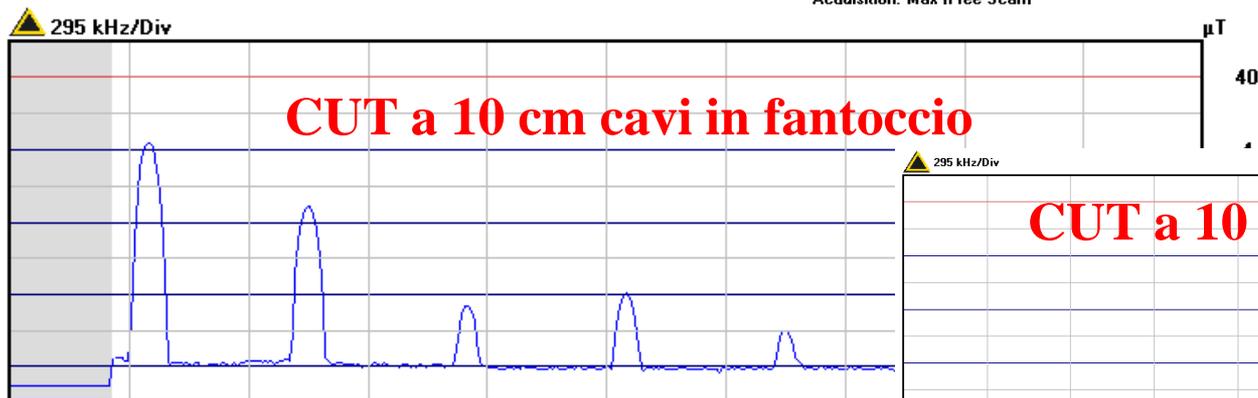
2. In fantoccio compaiono dei livelli di campo magnetico misurabili invece assenti nelle misure in aria (fino a 2 ordini di grandezza di differenza).



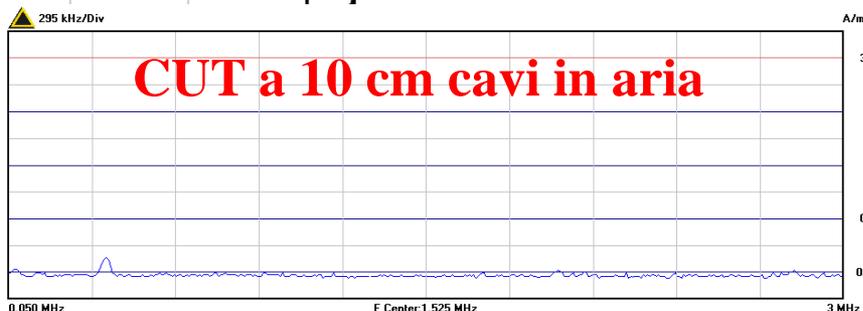
Narda Safety Test Solutions  
 Highest Peak 1.4863 A/m @ 0.2075 MHz RBW 30 kHz  
 Acquisition: Max (Free Scan)  
 coag spray solo magnetico in acqua a 10 cm cavi



Narda Safety Test Solutions  
 Highest Peak 6.4642 μT @ 0.3950 MHz RBW 30 kHz  
 Acquisition: Max (Free Scan)



Narda Safety Test Solutions  
 Highest Peak 4.9064 μT @ 0.3950 MHz RBW 30 kHz  
 Acquisition: Max (Free Scan)  
 cut 200 w 10 cm cavi in acqua solo magnetico



Narda Safety Test Solutions  
 Highest Peak 0.0560 A/m @ 0.3950 MHz RBW 30 kHz  
 Acquisition: Max (Free Scan)  
 magnetico cut 200 w 10 cm cavi in aria

# Grazie per la vostra attenzione!



[r.diliberto@smatteo.pv.it](mailto:r.diliberto@smatteo.pv.it)

