

XXXV
Congresso
Nazionale di
Radioprotezione

17-19 ottobre 2012
Sala S. Apollonia

Castello 4309
Fondamenta S. Apollonia
Venezia

Azienda
ULSS 12
Veneziana

www.airp-asso.it

**MISURE DI
CAMPO ELETTROMAGNETICO
IN AMBITO SANITARIO**

Presenta:
ing. Nicola Zoppetti, PhD, IFAC-CNR
n.zoppetti@ifac.cnr.it

Autori:
Alessandro Merlino (1), Gabriele Quadrio (1),
Daniele Andreuccetti (2), Nicola Zoppetti (2),
Andrea Bogi (3), Iole Pinto (3),
Luca Diamanti (4), Neva Pasqualini (4), Paolo Zani (4)

(1) CESNIR, via Confalonieri 46 – 20058 Villasanta (MB)
(2) IFAC-CNR, via Madonna del Piano 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI)
(3) Azienda U.S.L. 7 di Siena Lab. Agenti Fisici, Strada di Ruffolo 4 - 53100 Siena
(4) Ospedale San Raffaele, via Olgettina n.60 20132 Milano (MI)

Come è nato questo lavoro

- La scelta dei casi studio da affrontare poteva attingere alle numerose misure effettuate in passato dai nostri enti in ambito sanitario (MRI, stimolazione magnetica transcranica, elettrobisturi, defibrillatori,).
- Si è presentata poi la possibilità di effettuare nuove misure su elettrobisturi e radiobisturi (25-07-2012) e si è deciso di approfondire l'analisi di questa particolare classe di apparati.
- In questo lavoro si presenta una procedura di misura ed elaborazione dei dati mirata alla caratterizzazione della esposizione umana ai campi elettromagnetici e soprattutto la sua applicazione alle due sorgenti affrontate durante la nuova campagna di misura.

1. Caratteristiche dei dispositivi considerati e dei campi da essi generati.
2. Prescrizioni normative.
3. La catena di misura utilizzata.
4. I risultati delle misure e delle elaborazioni ed in particolare
5. ... definizione di quale è l'indice di esposizione più rilevante per questa tipologia di sorgenti

EB



ERBE ICC350

Modalità (monopolari)	P _{max} @ 500 Ω [W]	freq. nom. [kHz]
cut	300	330
coag	120	330
coag (spray)	120	1000

RB



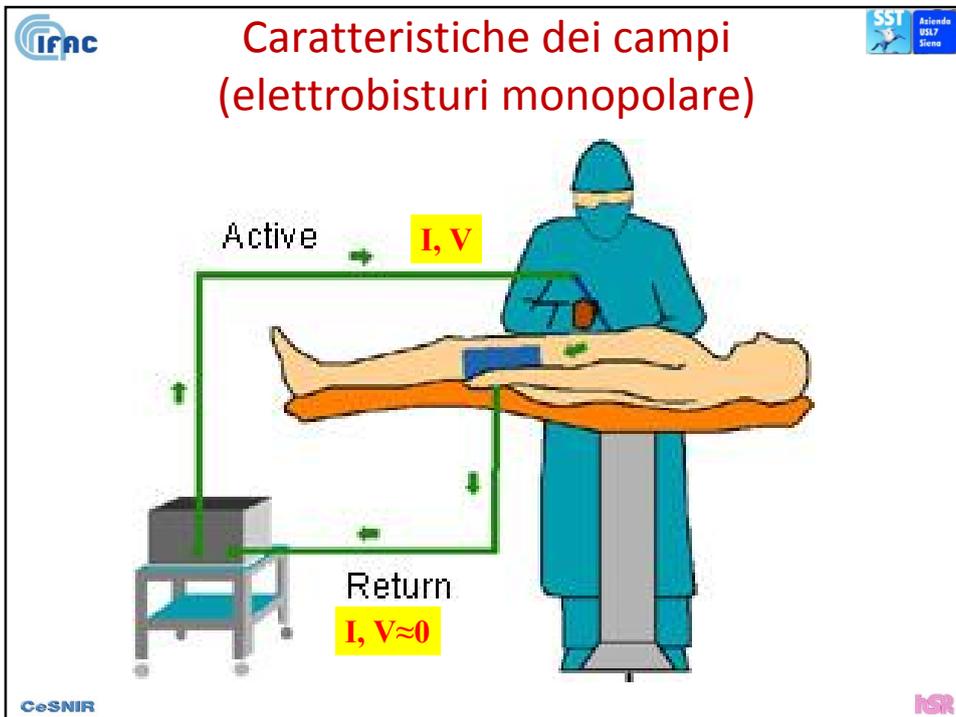
ELLMAN
Surgitron Dual
RF 4.0

Modalità (monopolari)	P _{max} @ 500 Ω [W]	freq. nom. [kHz]
cut	120	4000
cut/coag	80	
fulgorate	40	

$$\lambda_{330\text{kHz}} \approx 900\text{m}$$

$$\lambda_{1000\text{kHz}} \approx 300\text{m}$$

$$\lambda_{4000\text{kHz}} \approx 75\text{m}$$



irfnc

SS1 Azienda USL7 Siena

Caratteristiche dei campi

EB ed RB sono assimilabili a sorgenti monofase di campo elettrico e magnetico per le quali in un generico punto Q ed istante t si ha che:

$$\vec{B}(Q, t) = \vec{B}_n(Q) \cdot I(t) \quad \vec{E}(Q, t) = \vec{E}_n(Q) \cdot V(t)$$

In particolare è possibile tenere conto con due termini indipendenti:

- di come il campo **varia nel tempo**;
- di come il campo **varia nello spazio**.

I termini $\vec{B}_n(Q)$ e $\vec{E}_n(Q)$ che tengono conto della variabilità dei campi nello spazio dipendono dalla geometria della sorgente ed eventualmente (solo per il campo elettrico) dagli altri oggetti presenti nel teatro espositivo.

I termini $I(t)$ e $V(t)$ dipendono sia dalle caratteristiche del generatore sia da quelle del carico.

CeSNIR

ISR

Le linee guida ICNIRP per campi elettrici e magnetici tra 100 kHz e 10 MHz

Induzione magnetica (B)			CAMPO	Campo elettrico (E)		
1998	2010	1998	ICNIRP	1998	2010	1998
Effetti di stimolazione		Effetti termici	EFFETTI	Effetti di stimolazione		Effetti termici
Valori di picco		Medie su 6 minuti	Grandezza limitata	Valori di picco		Medie su 6 minuti

Entro la banda di frequenze tra 100 kHz e 10 MHz, le linee guida ICNIRP prescrivono di considerare **SIA** gli effetti di stimolazione (collegati ai valori di picco dei campi) **SIA** gli effetti termici (collegati a medie su 6 minuti dei campi stessi).

Determinazione della distribuzione spaziale degli indici di esposizione riferiti alle grandezze radiometriche

La verifica del rispetto dei limiti ICNIRP si riconduce alla determinazione di INDICI DI ESPOSIZIONE che non devono superare l'unità affinché i limiti della normativa risultino rispettati.

Esempio: nel caso più semplice (campo sinusoidale) l'indice di esposizione coincide nel rapporto tra la grandezza da limitare (picco o media su 6 minuti) con il limite corrispondente, alla frequenza della sinusoide stessa

Si è definita una procedura che sfrutta la "separazione tra variabilità spaziale e temporale dei campi" per determinarne la distribuzione spaziale in ogni istante.

Ricavato mediante modellazione numerica della sorgente supponendo $V(t)=1V$

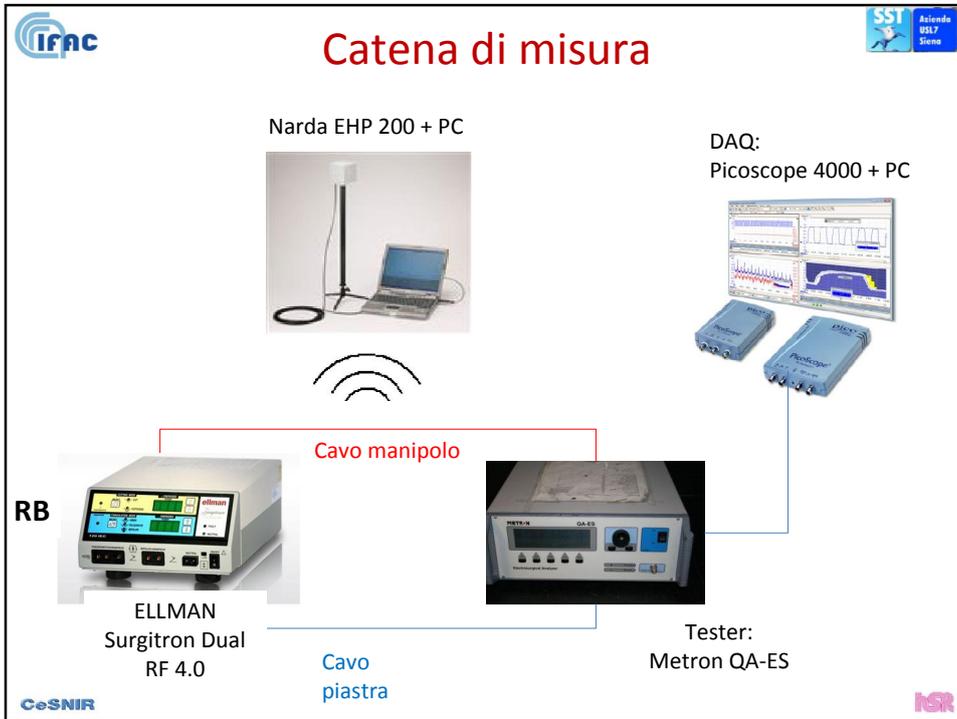
$$\vec{E}(Q, t) = \vec{E}_n(Q) \cdot V(t)$$

Ricavato mediante misure, campionando le forme d'onda.

Quindi prevede la determinazione del generico indice di esposizione **IdE** alla distribuzione di campo determinata come sopra.

$$IdE\{\vec{E}(Q, t)\} = |\vec{E}_n(Q)| \cdot IdE\{V(t)\} = IdE(Q)$$

NB: l'indice non dipende più dal tempo.



Risultati misure di corrente e tensione

IRFC

EB - cut

EB - coag

Dispositivo	Modalità	Doc.		Misure su tester (500 Ω)			
		$P_{nom} @ 500 \Omega$	$V_{max} \text{ Circ. Aperto } V $	Fatt. di cresta	$I_{max} [A]$	$V_{max} [V]$	$P [W]$
EB	cut	300	650 (pk)	1.7	1.30	651	293
	coag	120	4000 (pk)	6.4	3.30	1650	133
RB	cut	100	1000 (pk-pk)	2.1	0.94	470	100
	coag	75		3.4	1.32	660	75

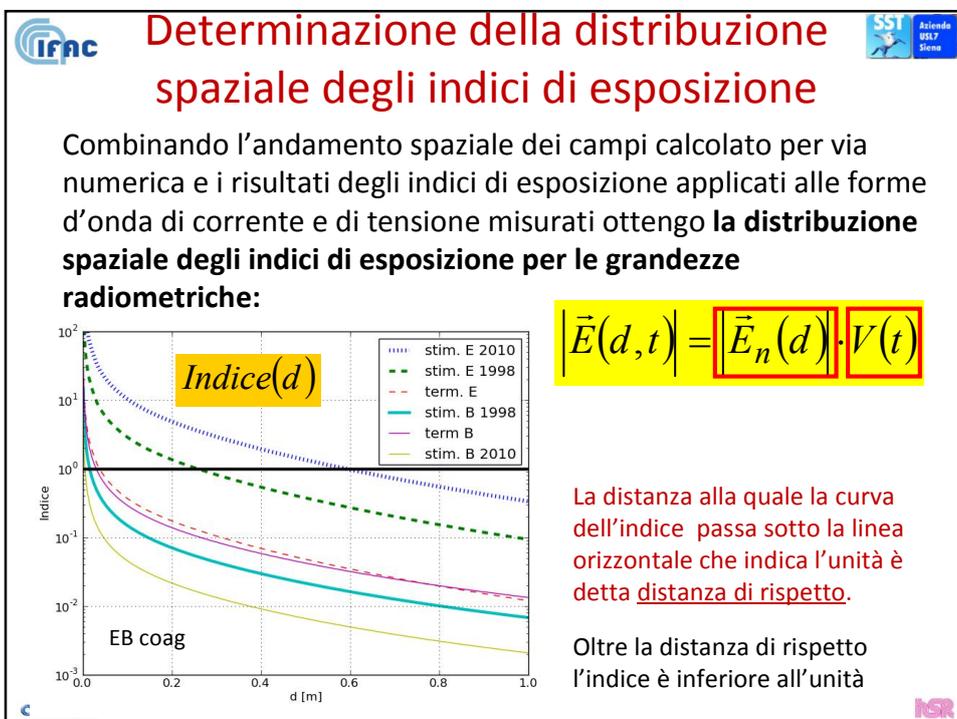
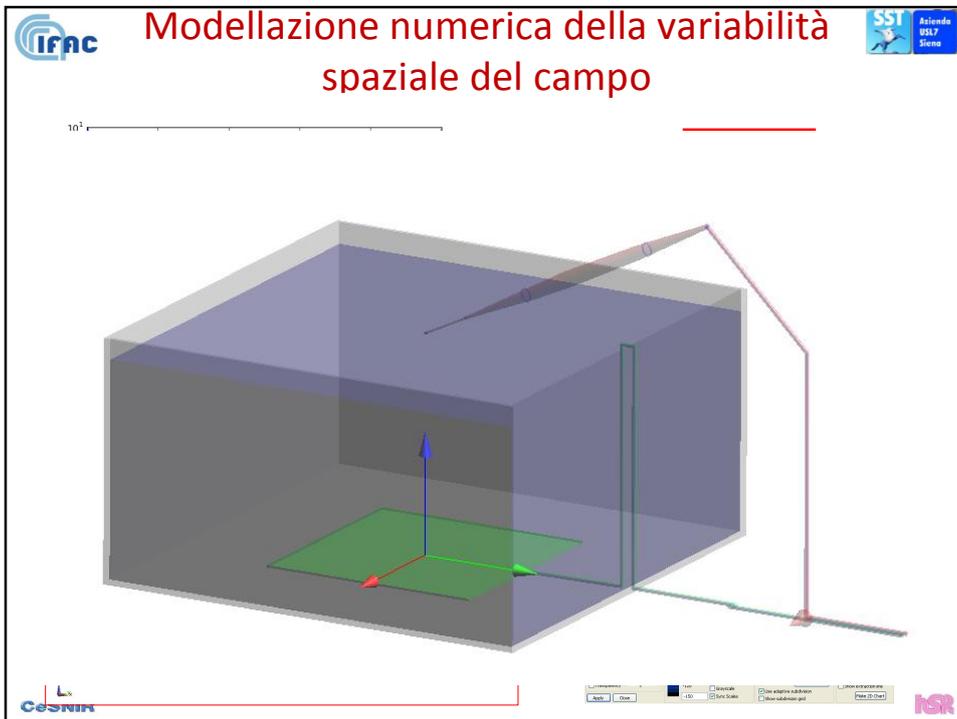
RB - cut

RB - coag

CeSNIR

$\vec{E}(Q,t) = \vec{E}_n(Q) \cdot V(t)$

ICR



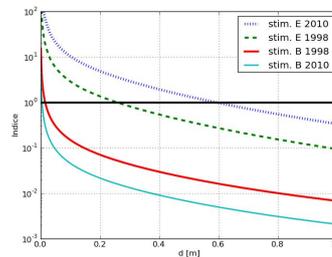
Distanze di rispetto

Dispositivo	Modalità	distanza di rispetto in centimetri					
		B			E		
		Stim. 1998	Stim. 2010	Termici	Stim. 1998	Stim. 2010	Termici
EB	cut	< 1	< 1	3.6	10.5	31.6	3.5
EB	coag	1.5	< 1	3.0	25.7	59.3	2.8
RB	cut	< 1	< 1	17.7	7.8	24.8	20.4
RB	coag	< 1	< 1	27.0	10.7	32.0	30.2

Gli indici di esposizione relativi agli effetti termici sono stati calcolati come se le procedure prevedessero 6 minuti continui di funzionamento dell'apparato. In realtà le operazioni di taglio e coagulazione reali durano molto meno.

Le distanze di rispetto relative agli effetti di stimolazione sono molto più ampie per il campo elettrico rispetto a quelle calcolate per il campo magnetico.

Ciò è confermato dalle curve viste in precedenza nelle quali le curve degli indici per il campo elettrico stanno sopra di un ordine di grandezza rispetto a quelle relative all'induzione magnetica



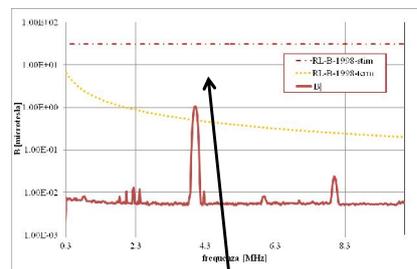
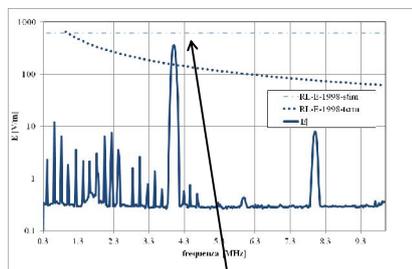
Risultati delle misure di campo (EHP 200)

Gli indici di esposizione determinati mediante la procedura descritta si accordano bene con quelli determinati a partire dalle misure di campo effettuate con EHP 200 (verifica effettuata su indici IT a pochi centimetri dal cavo).

Campo elettrico

RB-CUT

Induzione magnetica



La componente a 4 MHz del campo elettrico è poco sotto al limite ICNIRP (1998) per la stimolazione (e addirittura sopra a quello delle linee guida del 2010)

La componente a 4 MHz dell'induzione magnetica sta più di un ordine di grandezza rispetto ai limiti ICNIRP (1998) per la stimolazione

- Abbiamo visto una procedura che permette di determinare la distribuzione spaziale degli indici di esposizione riferiti alle grandezze radiometriche generate da elettrobisturi e radiobisturi.
- La procedura si basa su misure di corrente e tensione e su calcoli del campo elettrico e magnetico generati da una particolare configurazione di cavi.
- **L'indice di esposizione risultato più significativo è quello relativo al campo elettrico ed agli effetti di stimolazione che risulta dominante in tutti i casi considerati.**
- La procedura è stata applicata tenendo conto della corrente e tensione sul carico nominale dei dispositivi (500 ohm). Per valutazioni in senso cautelativo sarebbe stato più indicato usare la massima tensione su circuito aperto .
- Il chirurgo che impugna il manipolo sarà esposto in modo significativo e pertanto, per il suo caso, sarebbe opportuno un approfondimento della valutazione in senso dosimetrico, mirato alla determinazione delle grandezze di base indotte internamente all'organismo.