

**Programma Strategico del Ministero della Salute
Sicurezza e tecnologie sanitarie**

Capofila: Istituto Superiore di Sanità

Progetto 2

**Rischi diretti e indiretti per la salute e la sicurezza di lavoratori e pazienti
derivanti dall'utilizzo nelle strutture sanitarie
di tecnologie emergenti basate sui campi elettromagnetici**

Destinatario Istituzionale: INAIL

**INTERCONFRONTO TRA PACCHETTI SOFTWARE PER LA
DOSIMETRIA NUMERICA A BASSA FREQUENZA**

(UU.OO. INAIL, ISS - Radiazioni Non Ionizzanti, CNR-IFAC, ENEA UT Biorad)

Nell'ambito delle attività previste dal WP2, è stato organizzato un interconfronto tra pacchetti software, commerciali e non, per la dosimetria numerica a basse frequenze.

I software commerciali per la dosimetria a basse frequenze sono ben pochi e, soprattutto, di recente implementazione e diffusione. Pertanto, per essi non è disponibile né una validazione estesa ed esaustiva, né sono note le condizioni per l'applicabilità a situazioni particolari e/o critiche.

L'interconfronto risponderebbe, quindi, a due necessità distinte:

- validare i risultati di ogni singolo software, laddove ciò non è fattibile attraverso una soluzione analitica semplice (o attraverso verifiche sperimentali),
- garantire che diversi software impiegati per la soluzione del medesimo problema, anche se con diverse modellizzazioni di oggetti e sorgenti, forniscano risultati compatibili.

Oltre a ciò, l'interconfronto potrebbe essere utile per comprendere meglio le caratteristiche dei diversi software e individuare, in relazione a queste, i punti di forza e di debolezza di ciascuno nell'applicazione e nella modellizzazione di situazioni particolari (come è stato ampiamente fatto per i pacchetti software per le alte frequenze) e per perseguire gli obiettivi secondari di seguito descritti.

Protocollo

Obiettivo primario

- Sviluppare un confronto quantitativo tra i risultati dosimetrici forniti da differenti pacchetti software per la dosimetria numerica a bassa frequenza, con riferimento a varie frequenze ed a situazioni di esposizione standardizzate.

Obiettivi secondari

- Indagare quantitativamente il rapporto tra restrizioni di base e livelli di riferimento ICNIRP (in funzione della frequenza e delle conducibilità) e quindi il margine di cautela associato ai modelli dosimetrici utilizzati dalle linee guida ICNIRP
- Approfondire il ruolo delle conducibilità, dei contrasti di conducibilità tra tessuti confinanti e delle incertezze sui valori delle conducibilità nella determinazione della densità di corrente indotta e del campo elettrico in-situ.

Frequenze di indagine

- 1 Hz
- scaletta con progressione geometrica nelle ELF-IF, per esempio: - 50 Hz – 500 Hz – 5 kHz – 50 kHz – 500 kHz

Induzione magnetica

- sinusoidale
- ampiezza pari al livello di riferimento ICNIRP per ciascuna frequenza.
- omogenea con polarizzazione lineare (salvo casi particolari)

Parametri di interconfronto e valutazione

- parametri statistici (media, StDev, mediana, 99%-ile, tutto in V/m);
- parametri della simulazione (discretizzazione, numero di celle, durata della simulazione, etc.)

Modelli di riferimento

- prima fase: interconfronto su problemi di base aventi anche soluzione analitica, cioè con geometrie solide semplici e strutture omogenee (tessuto muscolare)
 - *sfera (possibilmente con diverse risoluzioni)*
 - *ellissoide di rotazione, campo parallelo all'asse di rotazione*
 - *ellissoide di rotazione, campo ortogonale all'asse di rotazione*
 - *parallelepipedo*
- seconda fase: studio delle discontinuità di conducibilità (muscolo-grasso) su geometrie semplici
 - *due sfere concentriche*
 - *due semisfere con piano di separazione ortogonale al campo*
 - *due semisfere con piano di separazione parallelo al campo*
 - *cilindro cavo con piano di separazione parallelo all'asse*
- terza fase: interconfronto con modelli antropomorfi ad alta risoluzione ed elevata disomogeneità e problemi realistici
 - *Hugo 2 mm campo verticale*
 - *Hugo 2 mm campo orizzontale fronte-retro*
 - *Hugo 2 mm campo orizzontale destra-sinistra*
 - *Hugo 2 mm campo non omogeneo generato da una sorgente reale monofase standardizzata (per esempio un crogiuolo ad induzione)*

Avvio dell'interconfronto

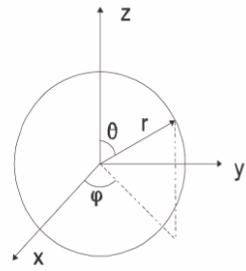
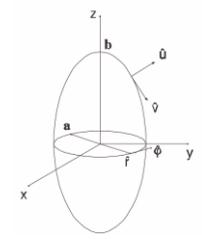
Attuazione fase 1 e 2

Sono attualmente coinvolti i pacchetti Software: Semcad (SPEAG), EMS (CST) e il software non commerciale SPFD sviluppato da IFAC.

Il programma dettagliato delle fasi I e II avviate è riportato nelle tabelle sottostanti con tutti i dettagli comuni. Le simulazioni sulle sfere della Fase I sono state già effettuate con tutte e tre i pacchetti con risultati incoraggianti per la prosecuzione dell'interconfronto.

FASE I – Solidi omogenei

Parametri comuni alle simulazioni: $f = 1 \text{ Hz}$; $\sigma = 1 \text{ S/m}$; $B \text{ (rms)} = 1 \text{ mT}$

modello	Dimensioni [mm]			Parametri di valutazione			Note e schemi
Sfera	r		risoluzione	Parametri stat sul volume	Param simulazione	rette	<p>Le rette utili al confronto dei valori di campo elettrico giacciono sul piano equatoriale XY</p> 
CASO 1	46		1	Media, StDev, percentili	Numero celle, durata, etc.	$\varphi = 0^\circ$ $\varphi = 45^\circ$ $\varphi = 90^\circ$	
CASO 2	46		0.5				
Sferoide prolato	a	b	risoluzione				<p>Le rette utili al confronto dei valori di campo elettrico giacciono sul piano equatoriale XY</p> 
CASO 3 - B parallelo all'asse di rotazione (B_z)	20	46	1	Media, StDev, percentili	Numero celle, durata, etc.	$\varphi = 0^\circ$ $\varphi = 45^\circ$ $\varphi = 90^\circ$	
CASO 4 - B ortogonale all'asse di rotazione (B_x)	20	46	1				
Parallelepipedo base quadrata	2a, 2b	2c	risoluzione				<p>Le rette utili al confronto dei valori di campo elettrico giacciono sul piano XY alla coordinata $Z = c/2$</p>
CASO 5	80	40	1	Media, StDev, percentili	Numero celle, durata, etc.	$\varphi = 0^\circ$ $\varphi = 45^\circ$ $\varphi = 90^\circ$	
CASO 6	80	40	0.5				
Parallelepipedo base quadrata – CEI EN 62311 (pg. 77; C.6)							
$f = 50 \text{ Hz}$; $\sigma = 0.1 \text{ S/m}$; $I = 1 \text{ A}$							
	2a, 2b	2c	risoluzione				<p>Come sorgente si considera un loop quadrato (lato=50 mm) distante 10 mm dal parallelepipedo e alimentato dalla corrente di 1°, posizionato al centro delle facce rettangolari</p>
CASO 7	400	1800	10 [5]	Media, StDev, percentili	Numero celle, durata, etc.	$\varphi = 0^\circ$ $\varphi = 45^\circ$ $\varphi = 90^\circ$	

FASE II – Solidi non omogenei
Due tessuti di differente conducibilità separati dal piano $X = 0$

Parametri comuni alle simulazioni: $f = 1$ Hz; risoluzione = 1 mm; $\sigma_2 = 1$ S/m

	Dimensioni [mm]		σ [S/m]	Parametri di valutazione		Note e schemi
CASO 1 – SFERA						
	r	risoluzione	σ_1	Parametri stat del volume σ_1	Parametri stat del volume σ_2	Considerando un sistema di riferimento centrato nel centro della sfera, la semisfera di destra ha conducibilità fissa σ_2 mentre quella di sinistra può assumere tre valori differenti σ_1 . Sul piano equatoriale si individua il punto $x=0$; $y = r/2$ per tracciare la retta utile al confronto dei valori di campo elettrico.
CASO 1a	46	1	0.5	Media, StDev, percentili	Media, StDev, percentili	
CASO 1b	46	1	0.1			
CASO 1c	46	1	0.01			
CASO 2 – CILINDRO CAVO						
	r_{ext}	r_{int}	h/2	risoluzione	σ_1	Media, StDev, percentili
CASO 2a	46	20	30	1	0.1	

Pubblicazioni e partecipazione a Convegni

- Falsaperla R, Andreuccetti D, Ardoino L, Barbieri E, Contessa GM, Pinto R, Polichetti A, Zoppetti N: “Dosimetria numerica a bassa frequenza: risultati preliminari di un interconfronto tra diversi software” - Bollettino IRPA-AIRP, Anno XXXIX Volume 171, n.3,4 – agosto 2012. ISSN 1591-3481 e ISSN 2281-180 X.
- Falsaperla R., Andreuccetti D., Ardoino L., Barbieri E., Contessa G.M., Pinto R., Polichetti A., Zoppetti N.: “Interconfronto tra pacchetti software per la dosimetria numerica a bassa frequenza”- atti del Quinto Convegno Nazionale Agenti Fisici - Novara – 6-8 giugno 2012-06-19