



**Il metodo del picco ponderato per la valutazione dell'esposizione occupazionale ai campi di gradiente emessi dagli apparati di risonanza magnetica**

**R. Pinto<sup>(1)</sup>, N. Zoppetti<sup>(2)</sup>, C. Merla<sup>(1)</sup>, R. Lodato<sup>(1)</sup>, R. Falsaperla<sup>(3)</sup>, V. Lopresto<sup>(1)</sup>, G. Contessa<sup>(1)</sup>, D. Andreuccetti<sup>(2)</sup>**

<sup>1</sup>ENEA, Roma, Italia

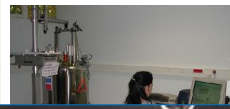
<sup>2</sup>IFAC, Istituto di Fisica Applicata "N. Carrara", CNR, Firenze, Italia

<sup>3</sup>INAIL, Roma, Italia

**Torino, 17 novembre 2013**

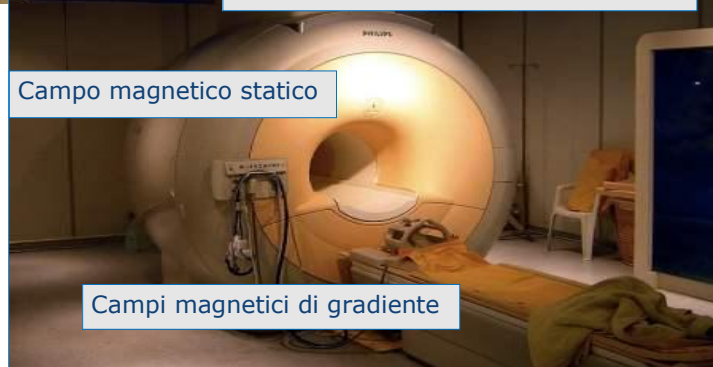


**Applicazioni e scenario**



Campo elettromagnetico a RF pulsato

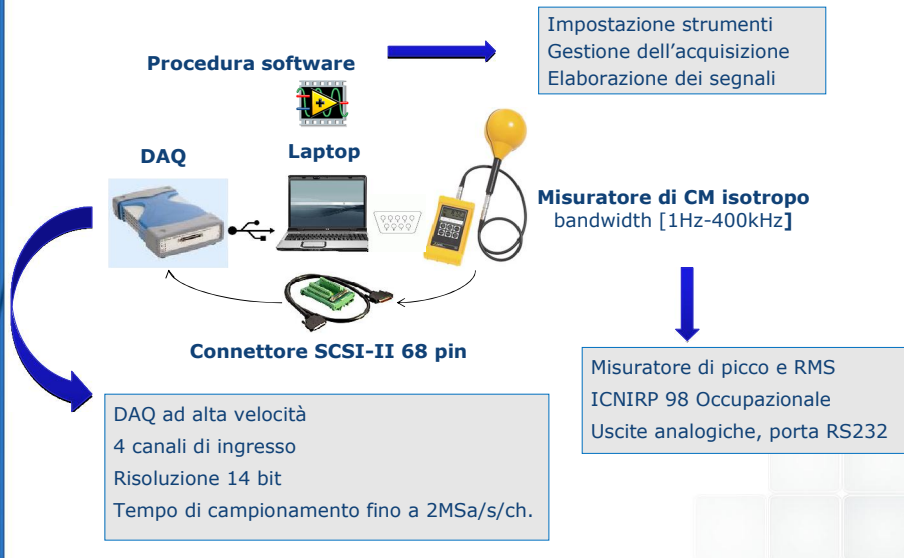
Campo magnetico statico



Campi magnetici di gradiente

## Campi magnetici di gradiente

Segnali pulsati con componenti spettrali fino a pochi kHz



## Metodo del picco ponderato

- Per le forme d'onda complesse parametri come l'RMS sono scarsamente descrittivi in quanto i limiti ICNIRP sono variabili con la frequenza
- ICNIRP raccomanda il metodo del picco ponderato per la valutazione della conformità dell'esposizione
- Il contenuto spettrale dei segnali misurati deve essere pesato con i livelli di riferimento tenendo conto sia delle ampiezze che delle fasi
- Valutazione di un indice (WPI) che se minore di 1 assicura la conformità dell'esposizione (ICNIRP 2010)

$$WPI(t) = \left| \sum_k \frac{B_k}{BL_k} \cos(2\pi f_k t + \vartheta_k + \varphi_k) \right| \leq 1$$

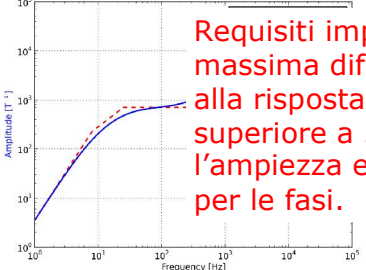
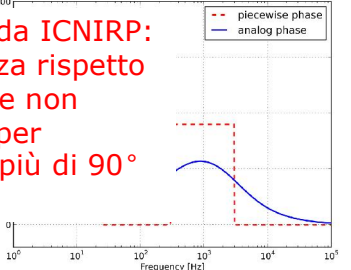
### WPI-DF

- Consiste nel valutare il WPI applicando direttamente la formula; in questo modo l'andamento ideale "a spezzata" della funzione-peso ICNIRP è mantenuto
- Occorre determinare lo spettro di ogni componente cartesiana dell'induzione magnetica campionata ed acquisita
- Le ampiezze dei tre spettri devono essere pesate e le fasi modificate nel modo mostrato dalla formula
- Gli spettri modificati così ottenuti devono essere antitrasformati
- L'indice totale (WPI(t)) viene calcolato attraverso somma quadratica delle tre componenti antitrasformate
- Il massimo in valore assoluto è WPI-DF

### WPI-DT

- Ogni componente dell'induzione magnetica campionata ed acquisita viene processata con un filtro digitale rappresentante l'inverso dei livelli di riferimento ICNIRP
- Il filtro è stato implementato in modo da simulare il comportamento di una serie di celle RC nel dominio del tempo
- L'uscita del filtro rappresenta il WPI nel dominio del tempo per ogni componente
- L'indice totale (WPI(t)) viene calcolato attraverso somma quadratica
- Il massimo in valore assoluto è WPI-DT


Requisiti imposti da ICNIRP: massima differenza rispetto alla risposta ideale non superiore a 3 dB per l'ampiezza e non più di 90° per le fasi.

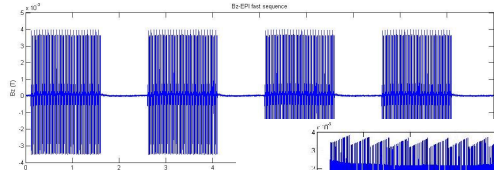



## Protocollo di misura

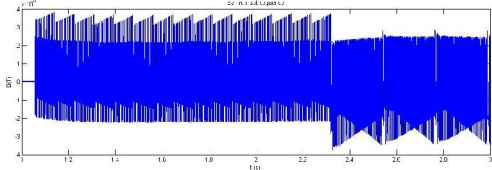
Due campagne di misura presso risonanze a 1.5 T e a 3 T

1.5 T	3 T
6 punti di misura	14 punti di misura
4 sequenze EPI	2 sequenze EPI e 2 sequenze TRUFI
10 s acquisizione	10 s acquisizione
50kS/s/ch	50kS/s/ch
Metodo del picco ponderato nel dominio della frequenza (WPI-DF)	Metodo del picco ponderato nel dominio della frequenza (WPI-DF) e del tempo (WPI-DT)





EPI fast (270 μs)



TRUFI fast (250 μs)

## Risultati: conformità



Posizione	1.5 T WPI-DF EPI 200 $\mu$ s	3 T WPI-DF EPI 270 $\mu$ s	3T WPI-DT EPI 270 $\mu$ s
P1	10.31	16.75	16.35
P2	0.11	0.11	0.09
P3	0.14	0.14	0.12
P4	0.07	0.11	0.09
P5	0.04	0.05	0.04
P6	0.02	0.02	0.02

Nei punti comuni alle due campagne di misura i  $WPI_{occ}$  risultano conformi per tutte le sequenze esaminate indipendentemente dal metodo utilizzato escluso il punto di misura nel bore (P1).

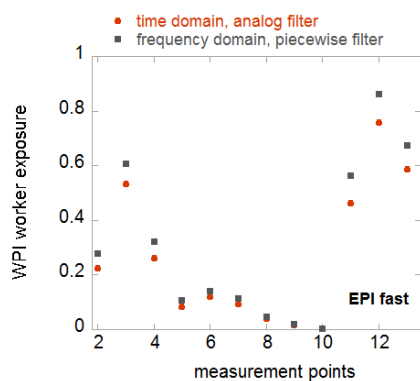
Negli altri punti considerati nella campagna presso lo scanner a 3T in punti strettamente adiacenti al bore si sono rilevati dei superamenti per le sequenze con fronti di salita più veloci

Si riscontrano differenze fra i WPI valutati con i due metodi

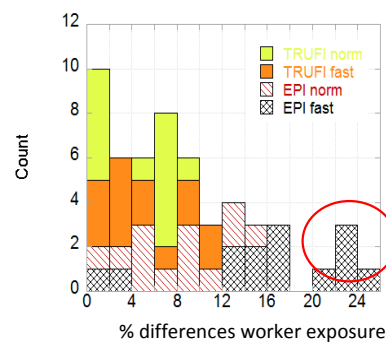
## Risultati: confronto tra indici DT vs DF



WPI EPI fast vicino lo scanner a 3T



Differenze percentuali DT vs DF per tutte le sequenze

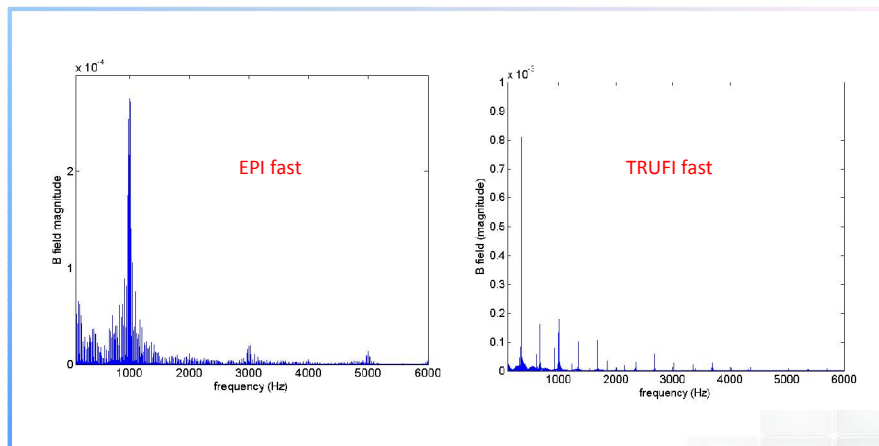


- Ci sono delle differenze fra gli indici calcolati con i due metodi (più grandi del 20% in alcuni casi)
- Entrambi i filtri sono in accordo con i requisiti stabiliti nelle guide ICNIRP

## Risultati: confronto tra indici DT vs DF



Le differenze maggiori si riscontrano nelle sequenze EPI a causa del loro esteso contenuto spettrale esaltando la differenza nell'utilizzo dei due filtri (spezzata in DF e analogico in DT)



## Conclusioni



- Due campagne di misura presso due scanner per risonanza magnetica a corpo intero a 1.5 and a 3 T su diversi sequenze di campi di gradiente
- Si sono valutati gli indici di conformità WPI con il metodo del picco ponderato come suggerito da ICNIRP implementato sia nel dominio del tempo che nel dominio della frequenza
- Nelle posizioni normalmente occupate dallo staff medico gli indici valutati risultano conformi per entrambi gli scanner
- Si sono riscontrate delle differenze fra gli indici valutati legati alla diversità dei filtri utilizzati nei due approcci. Entrambi i filtri rispettano i requisiti richiesti dalle linee guida.

Questi risultati evidenziano la necessità di una analisi critica dei criteri stabiliti dalle linee guida per la valutazione dell'esposizione a segnali complessi