



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

Parco Area delle Scienze, 181/A

I-43124 PARMA – Italia

Cod. Fisc. - Part. IVA 00308780345

Web: www.unipr.it, www.dii.unipr.it

Tel.: + 39 0521 905800

Fax: + 39 0521 905798

email: segreteria_info@unipr.it

PEC: dip.inginformazione@pec.unipr.it

Relazione Tecnica

Analisi simulative e misure con termocamera

relative al confronto tra l'utilizzo di un telefono smartphone

in assenza e in presenza di dispositivo distanziatore EWAD

Annamaria Cucinotta

15 Settembre, 2014

1. Introduzione

In questa relazione tecnica sono illustrati i risultati di simulazioni elettromagnetiche e misure di temperatura effettuate allo scopo di valutare l'efficacia del distanziatore EWAD nella riduzione dell'intensità del campo elettromagnetico a cui è esposto l'utilizzatore di un telefono cellulare.

Le procedure standard e riconosciute a livello internazionale per le misure di esposizione al campo elettromagnetico prodotto dai telefoni mobili prevedono la misurazione del SAR in fantocci antropomorfi. Tali misure sperimentali sono molto onerose, sia in termini di attrezzatura che di costi, per cui per avere comunque una valutazione dell'efficacia del distanziatore EWAD si è deciso di fare uso di altri tipi di analisi. In questa relazione sono presentati i risultati di simulazioni elettromagnetiche che permettono di avere una stima qualitativa e quantitativa del SAR. Inoltre, su specifica richiesta del committente, oltre ai risultati di simulazioni, si sono realizzate misure della temperatura cutanea del viso di un soggetto durante l'utilizzo del telefono cellulare. Le misure sono state effettuate utilizzando una termocamera. Tali misure permettono di valutare le variazioni della temperatura cutanea di un soggetto durante l'utilizzo del telefono.

Si vuole precisare che queste misure non caratterizzano né il telefono, né il distanziatore dal punto di vista elettromagnetico, in quanto l'innalzamento della temperatura cutanea si può attribuire a numerosi altri fenomeni non strettamente collegati al campo elettromagnetico generato dal telefono.

I risultati qui presentati permettono, comunque, di valutare gli effetti del distanziatore durante l'utilizzo del telefono cellulare. I risultati dimostrano che all'aumentare della distanza orecchio telefono si ha una riduzione sia del valore del SAR, che della temperatura. Questo è conforme a quanto atteso in quanto il campo elettromagnetico decresce in maniera inversamente proporzionale alla distanza dalla sorgente, per cui il SAR, che dipende dal modulo quadro del campo elettrico, decresce come il quadrato della distanza.

2. Simulazioni elettromagnetiche per la misura del SAR

Quando si desidera valutare quanto campo elettromagnetico viene assorbito nel corpo in diverse condizioni di esposizione si parla di dosimetria. Al fine di quantificare l'assorbimento si fa riferimento al campo elettrico interno, alla potenza dissipata, strettamente legata all'aumento della temperatura, e al SAR (Specific Absorption Rate). Tra queste grandezze dosimetriche quella più importante è il SAR che rappresenta la potenza assorbita per unità di massa ed è misurato in W/kg

Le simulazioni elettromagnetiche hanno permesso il calcolo del SAR al variare della distanza telefono-testa.

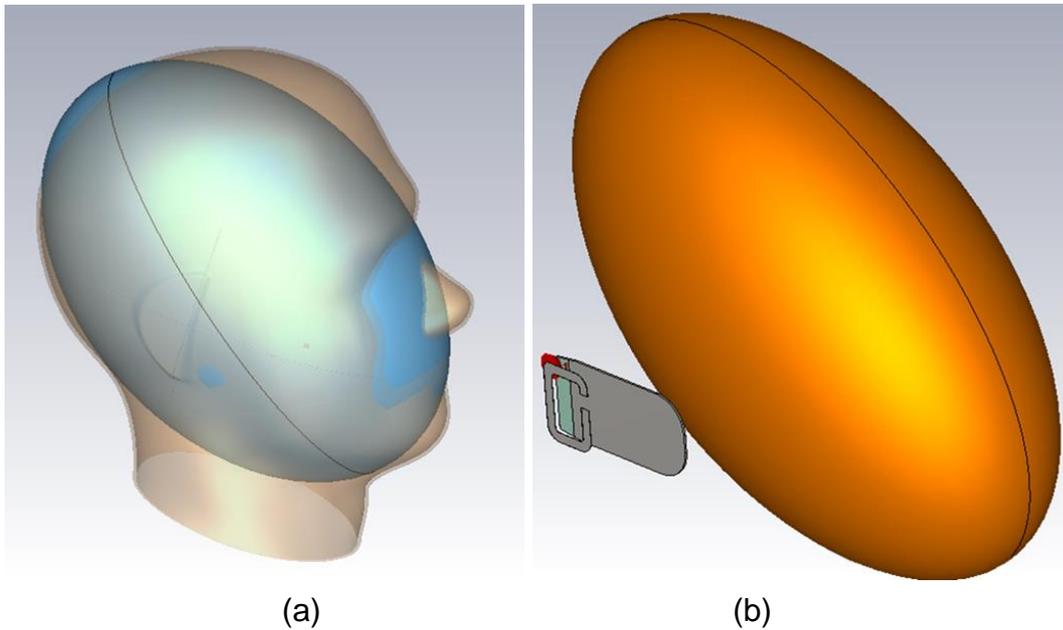


Figura 1. (a) La testa umana è modellata attraverso un ellissoide. (b) Il telefono cellulare è stato modellato attraverso una antenna a F invertita.

Per quanto riguarda il modello di testa, La testa è stata modellata attraverso un ellissoide composto da due materiali: Il più esterno con spessore di 4 mm e caratteristiche elettromagnetiche simili all'osso umano. Quello più interno con caratteristiche elettromagnetiche simili alla materia cerebrale. Il telefono è stato modellato attraverso una antenna a F invertita, tipica tipologia di antenna integrata nei telefoni cellulari. Non è stata considerata la scocca del telefono in quanto il problema si sarebbe complicato notevolmente e gli effetti sono trascurabili in quanto composta da materiale plastico. L'effetto della batteria è contenuto nel piano di massa. Nella Fig. 1 è riportata una rappresentazione del modello di testa e di telefono.

Si sono considerate due frequenze tipiche della telefonia cellulare: 900 MHz e 1800 MHz. E' stato calcolato il SAR, o tasso di assorbimento specifico, definito come:

$$SAR = \frac{\sigma(r)|E(r)|^2}{\rho(r)}$$

dove $\sigma(r)$ rappresenta la conducibilità del materiale e dipende dalla coordinata di posizione r , $E(r)$ rappresenta il campo elettrico di cui nella formula viene considerato il modulo elevato al quadrato, mentre $\rho(r)$ è la densità del materiale considerato. Il SAR rappresenta, quindi, la media della potenza elettromagnetica dissipata su un volume elementare di tessuto. Nelle Fig. 2-8 sono riportate le mappe di SAR relative al modello di testa. Il massimo valore di SAR, pari a 3W/kg, si ottiene quando il telefono è a contatto con la testa e si può notare che il valore massimo si ottiene in una regione piuttosto delimitata vicino all'orecchio dove è posto il telefono cellulare. Per una distanza pari a $D= 25$ mm si può osservare che si ottengono valori di SAR inferiori a 1W/Kg. Mentre per distanze superiori a $D= 5$ mm le mappe di SAR non evidenziano alcuna zona in cui il SAR assume valori significativi.

Sono stati effettuati tre differenti calcoli del SAR: il valore massimo del SAR calcolato su un volume di 10 gr di materia (MAX SAR); il valore del SAR calcolato su tutto il volume della testa (TOTAL SAR); il Valore massimo del SAR puntuale (MAX POINT SAR).

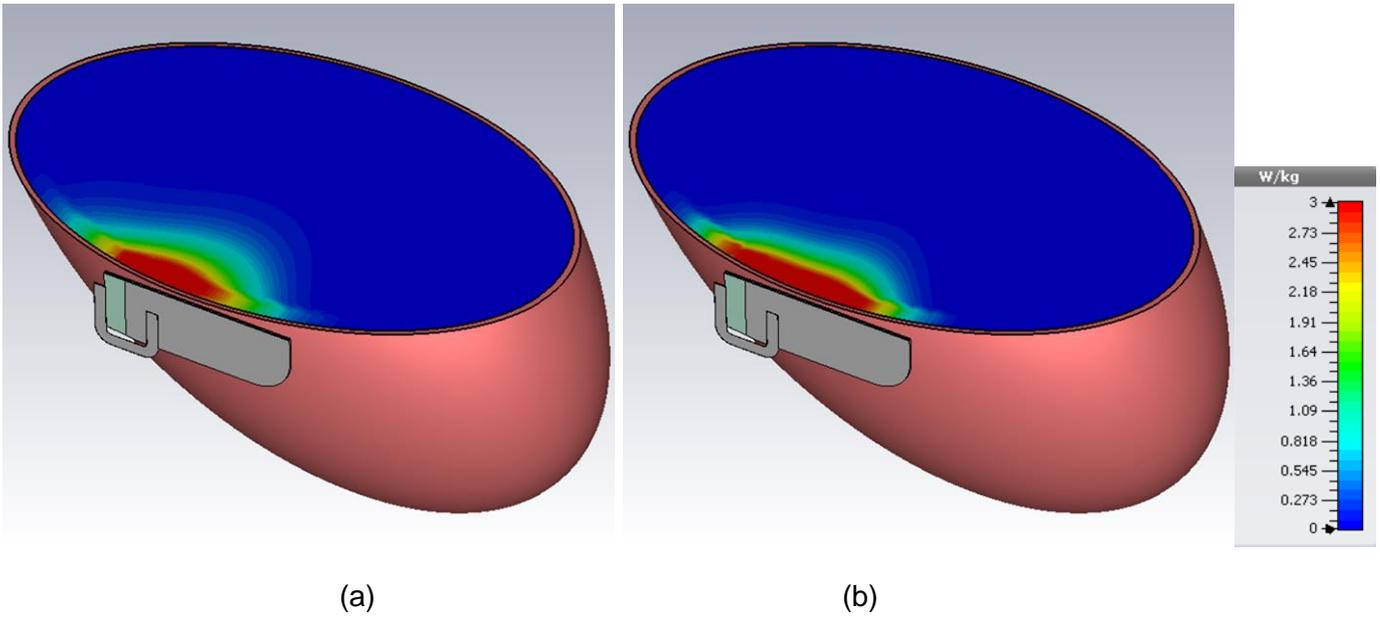


Fig. 2 Mappe di SAR nel caso di telefono a contatto con la testa ($D=0$ mm), ottenute alla frequenza (a) $f=900$ MHz, (b) $f=1800$ MHz.

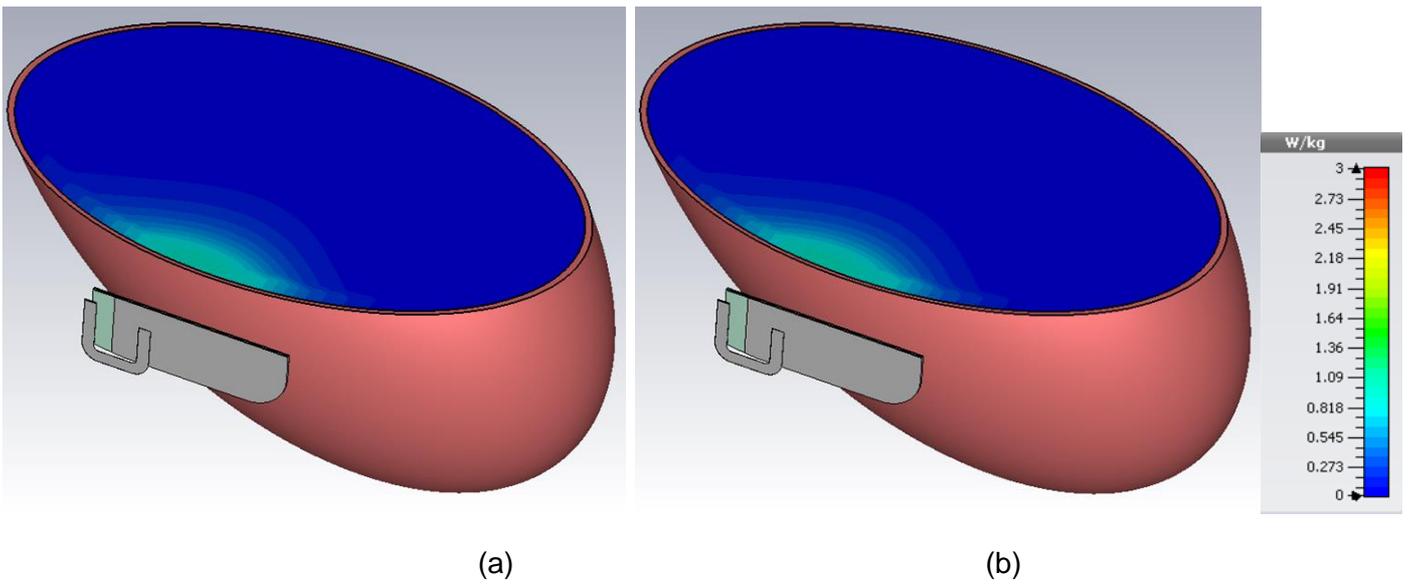


Fig. 3 Mappe di SAR alla distanza D testa-telefono $D=25$ mm, ottenute alla frequenza (a) $f=900$ MHz, (b) $f=1800$ MHz.

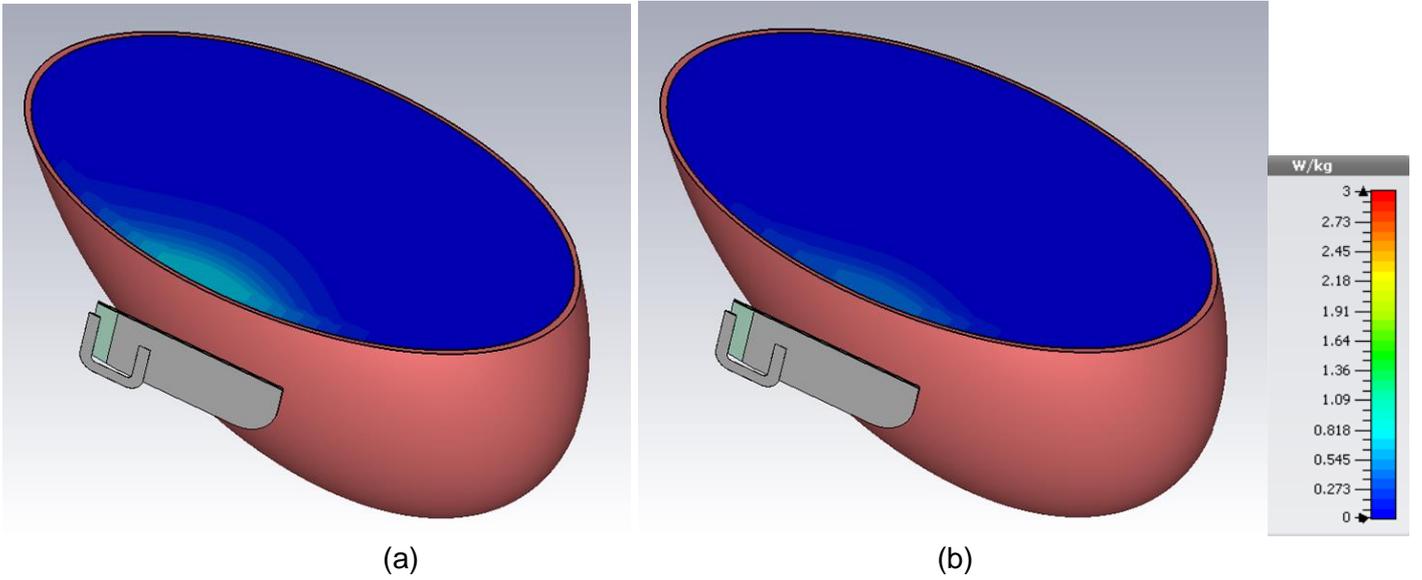


Fig. 4 Mappe di SAR alla distanza D testa-telefono $D= 30$ mm, ottenute alla frequenza (a) $f= 900$ MHz, (b) $f= 1800$ MHz.

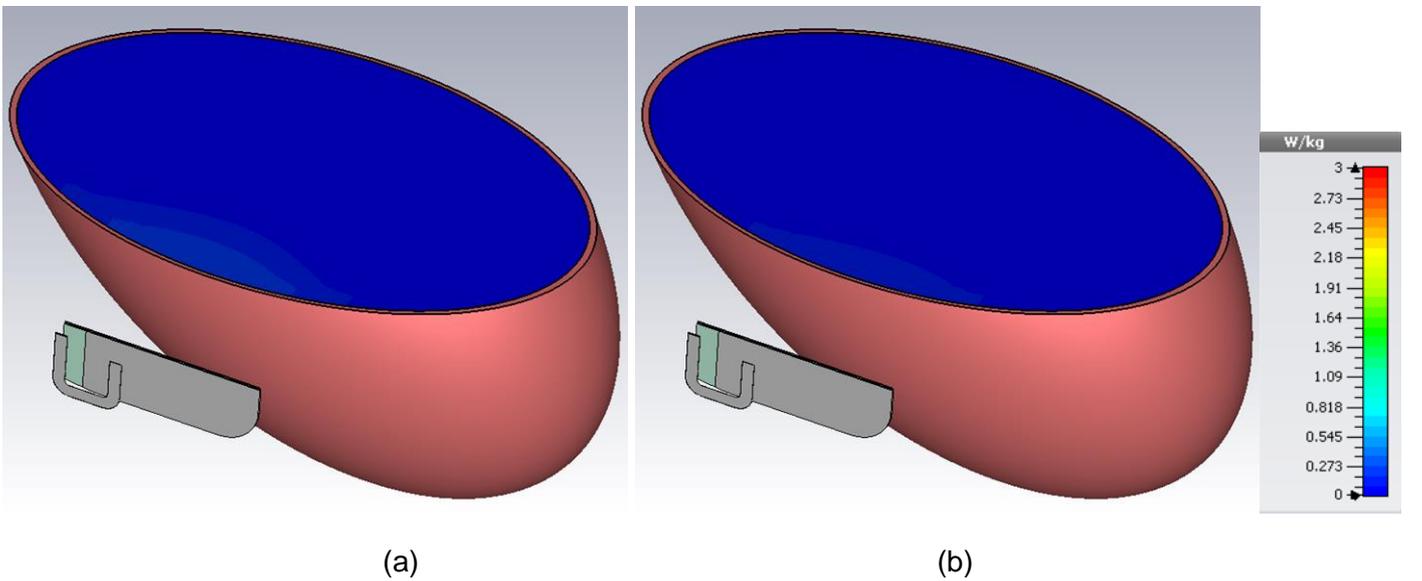


Fig. 5 Mappe di SAR alla distanza D testa-telefono $D= 50$ mm, ottenute alla frequenza (a) $f= 900$ MHz, (b) $f= 1800$ MHz.

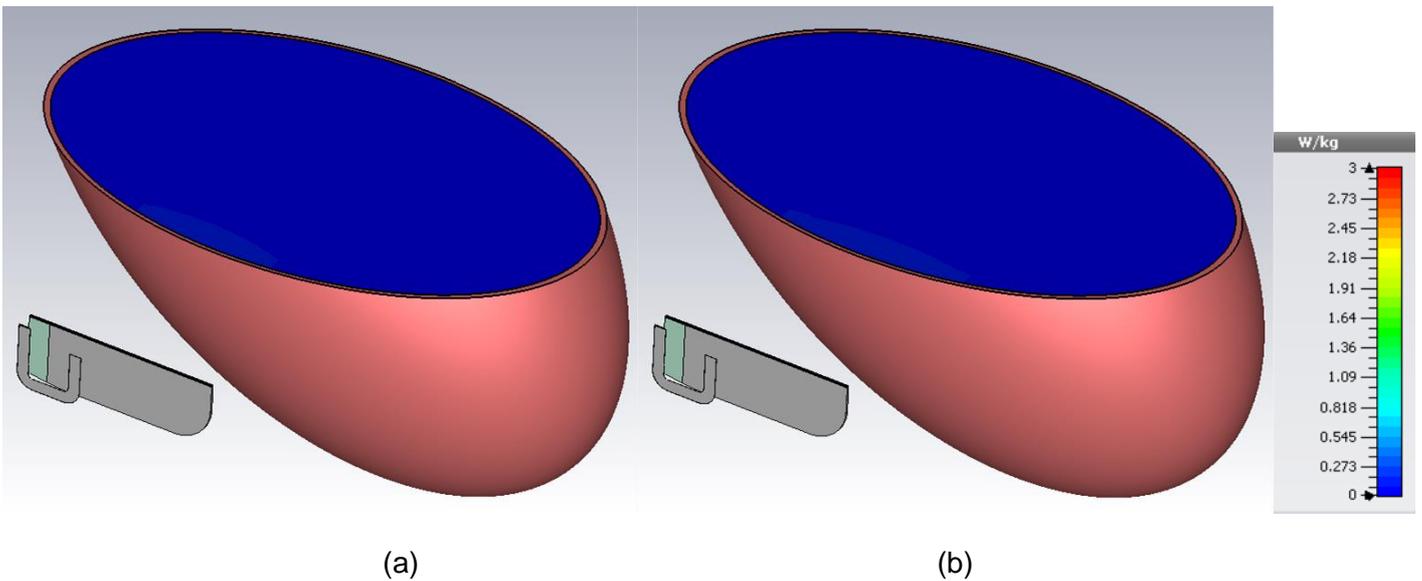


Fig. 6 Mappe di SAR alla distanza D testa-telefono $D= 75$ mm, ottenute alla frequenza (a) $f= 900$ MHz, (b) $f= 1800$ MHz.

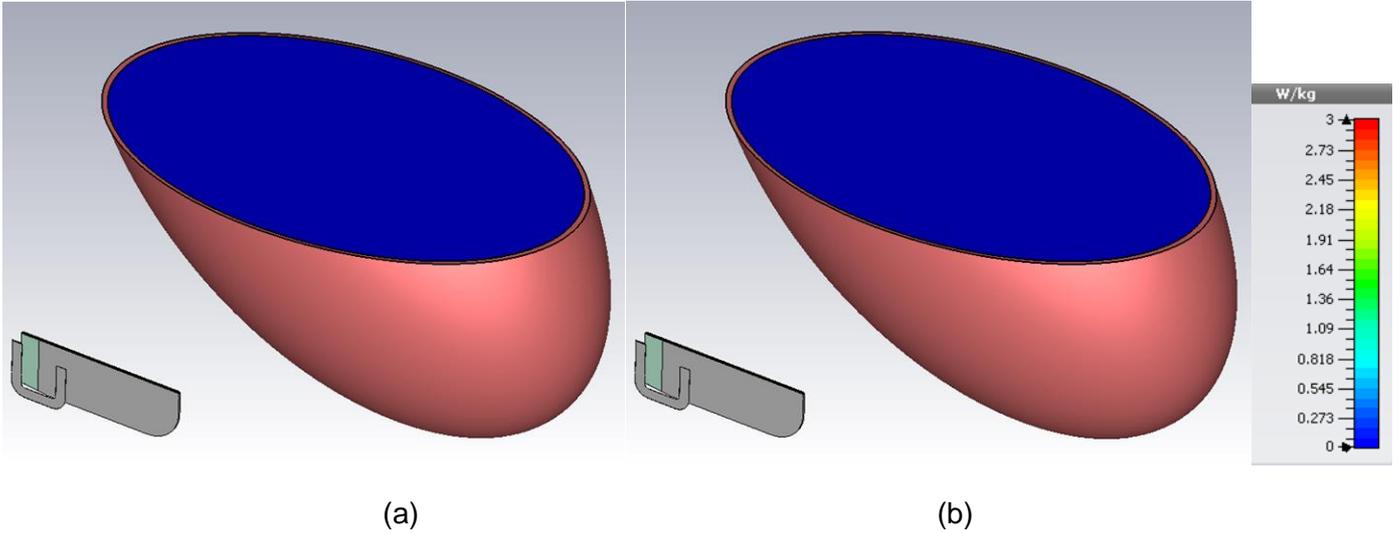


Fig. 7 Mappe di SAR alla distanza D testa-telefono D= 100 mm, ottenute alla frequenza (a) f= 900 MHz, (b) f= 1800 MHz.

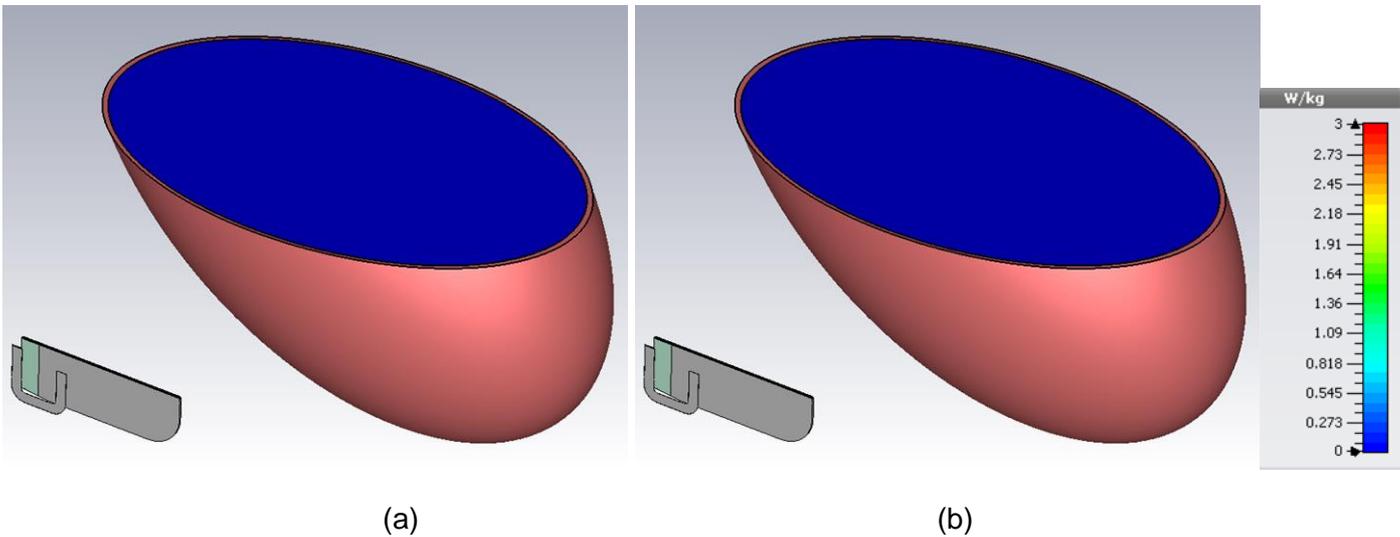


Fig. 8 Mappe di SAR alla distanza D testa-telefono D= 125 mm, ottenute alla frequenza (a) f= 900 MHz, (b) f= 1800 MHz.

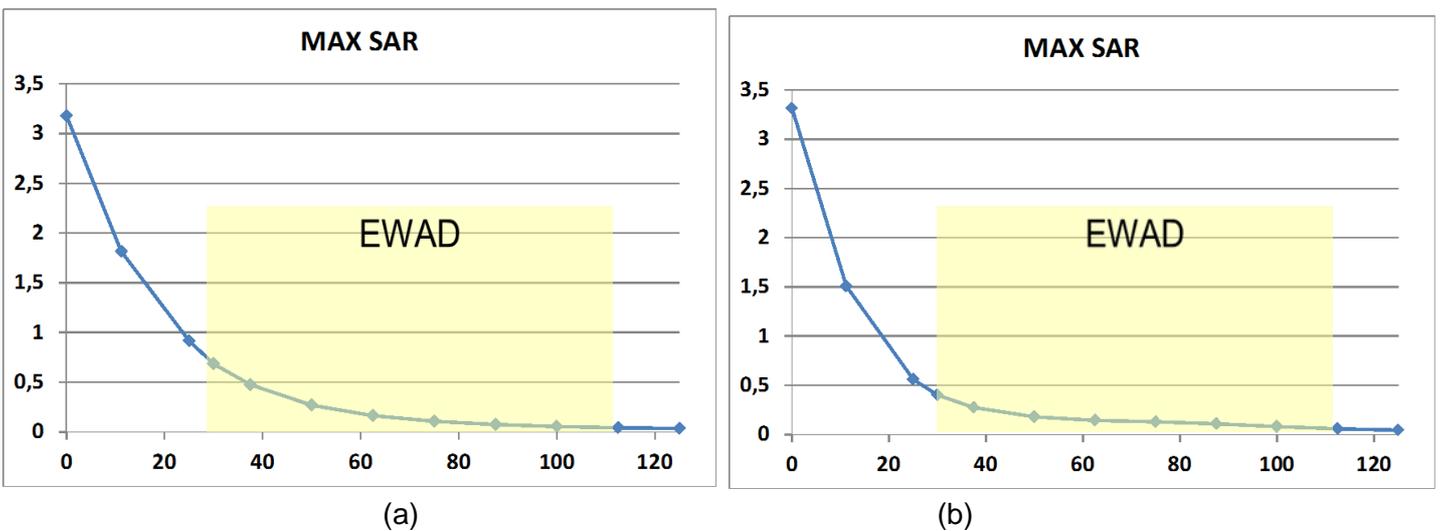


Fig. 9 Valore massimo del SAR calcolato su un volume di 10 gr di materia (MAX SAR) al variare della distanza D (misurata in mm) testa-telefono, calcolato alla frequenza (a) f= 900 MHz, (b) f= 1800 MHz. In giallo è evidenziata la regione di funzionamento con il dispositivo distanziatore EWAD.

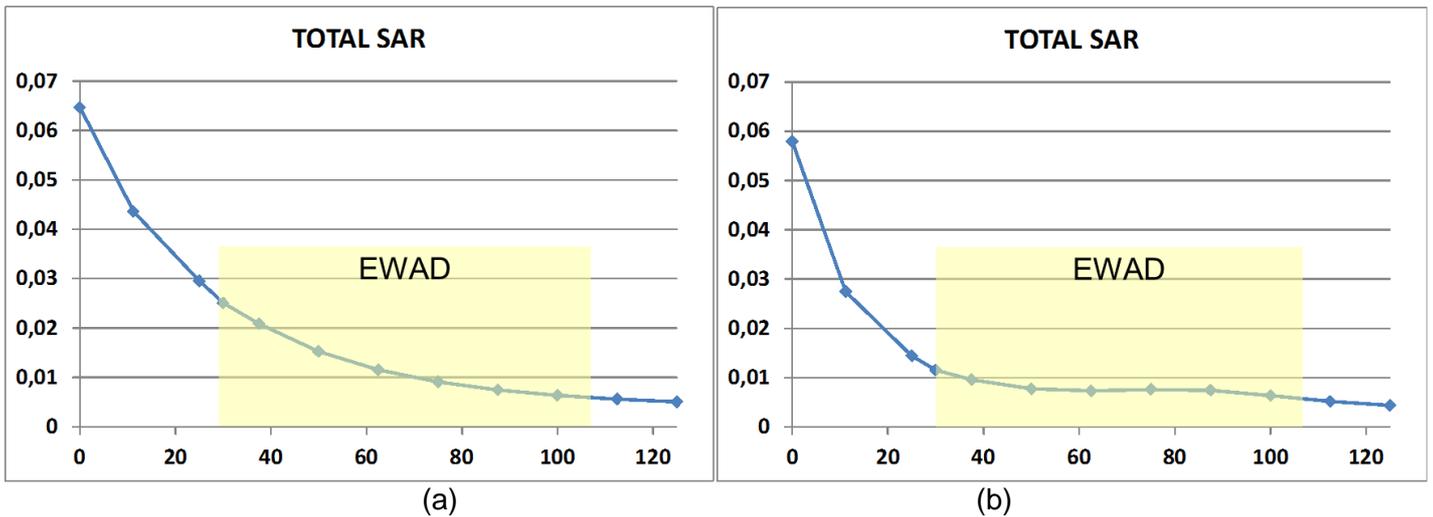


Fig. 10 Valore del SAR calcolato su tutto il volume della testa (TOTAL SAR) al variare della distanza D (misurata in mm) testa-telefono, calcolato alla frequenza (a) $f = 900$ MHz, (b) $f = 1800$ MHz. In giallo è evidenziata la regione di funzionamento con il dispositivo distanziatore EWAD.

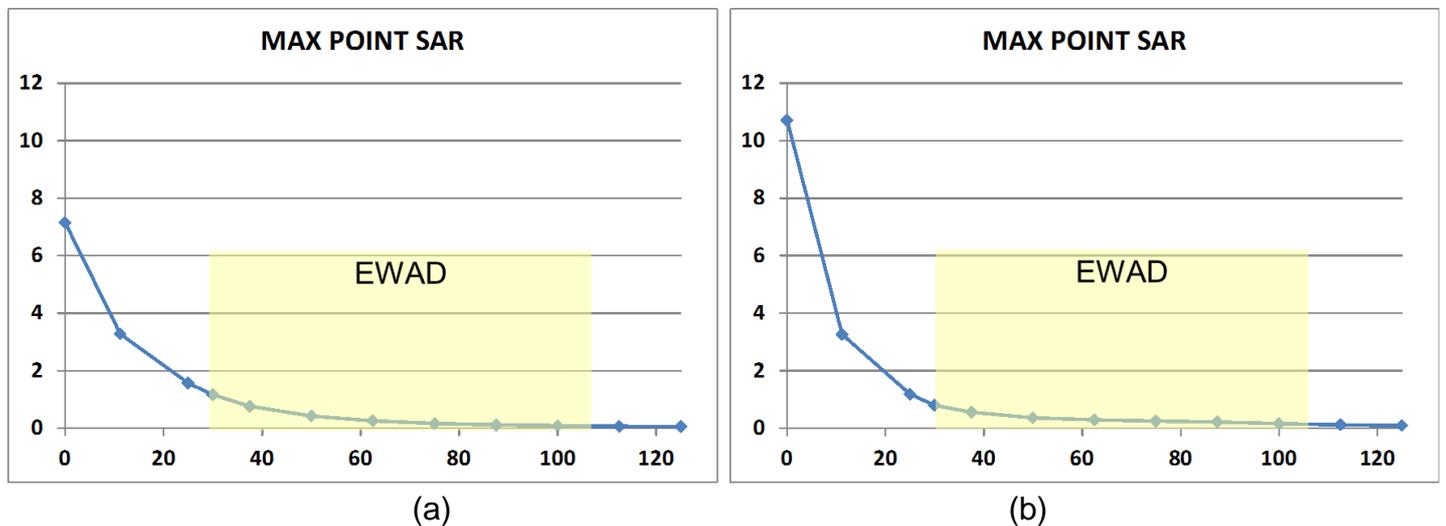


Fig. 11 Valore massimo del SAR puntuale (MAX POINT SAR) al variare della distanza D (misurata in mm) testa-telefono, calcolato alla frequenza (a) $f = 900$ MHz, (b) $f = 1800$ MHz. In giallo è evidenziata la regione di funzionamento con il dispositivo distanziatore EWAD.

Nelle Fig. 9-11 sono riportati i risultati ottenuti per valori della distanza D testa-telefono variabile tra 0 e 12,5 cm. I risultati dimostrano chiaramente che all'aumentare della distanza orecchio telefono si ha una drastica riduzione del valore del SAR. Tale riduzione è dovuta al fatto che il campo elettromagnetico decresce in maniera inversamente proporzionale alla distanza dalla sorgente, per cui il SAR, che dipende dal modulo quadro del campo elettrico, decresce come il quadrato della distanza. Questo significa, ad esempio, che se la distanza tra testa e orecchio raddoppia, il valore del SAR si riduce del 75%.

Nelle Figure 9-11 è evidenziata in giallo la zona di funzionamento del telefono con il dispositivo distanziatore EWAD. Dalle figure risulta chiaro che l'utilizzo del dispositivo EWAD permette di avere una riduzione del valore massimo del SAR, calcolato su un volume di 10 gr, del 80% quando il distanziatore è a contatto con l'orecchio e ancora maggiore quando vi è uno spazio interposto tra orecchio e distanziatore.

3. Misure della temperatura cutanea superficiale tramite termocamera ad infrarossi ad elevata risoluzione

Le misure sono state realizzate con una termocamera AVIO TVS-500, posta a 1 m dal soggetto che utilizzava un telefono Samsung Galaxy S4. Le misure sono state effettuate durante una chiamata telefonica di durata pari a 60 minuti, in ambiente chiuso con una temperatura ambiente di circa 26°C. Il dispositivo EWAD utilizzato è mostrato in Fig.12.



Fig. 12 Dispositivo distanziatore EWAD.

Le misure termografiche della temperatura si sono effettuate in quattro situazioni diverse:

- con telefono acceso e conversazione in corso;
- con telefono spento;
- con telefono acceso e conversazione in corso con l'utilizzo del distanziatore EWAD a contatto;
- con telefono acceso e conversazione in corso con l'utilizzo del distanziatore EWAD alla distanza di 7 cm dalla testa, corrispondente ad una distanza complessiva di 10 cm.

Sono riportate le immagini acquisite dalla telecamera a tre diversi istanti di tempo: $t=0$ min, $t=5$ min e $t=60$ min.

La condizione di telefono acceso significa che il telefono è tenuto a contatto con l'orecchio, senza l'utilizzo del dispositivo distanziatore. Dall'analisi delle immagini riportate in Fig. 13 si osserva un aumento della temperatura cutanea, soprattutto in prossimità dell'orecchio e della guancia. Poiché il riscaldamento può essere imputato a diversi effetti, come ad esempio il riscaldamento dovuto al contatto guancia-telefono o il calore dissipato per effetto Joule dalla circuiteria del telefono, si è ritenuto di effettuare le misure anche nella situazione di telefono spento (Fig. 14) e di considerare queste come riferimento. Come prevedibile, nel caso del telefono spento si osserva un minore aumento della temperatura cutanea in prossimità dell'orecchio rispetto al caso di telefono acceso.

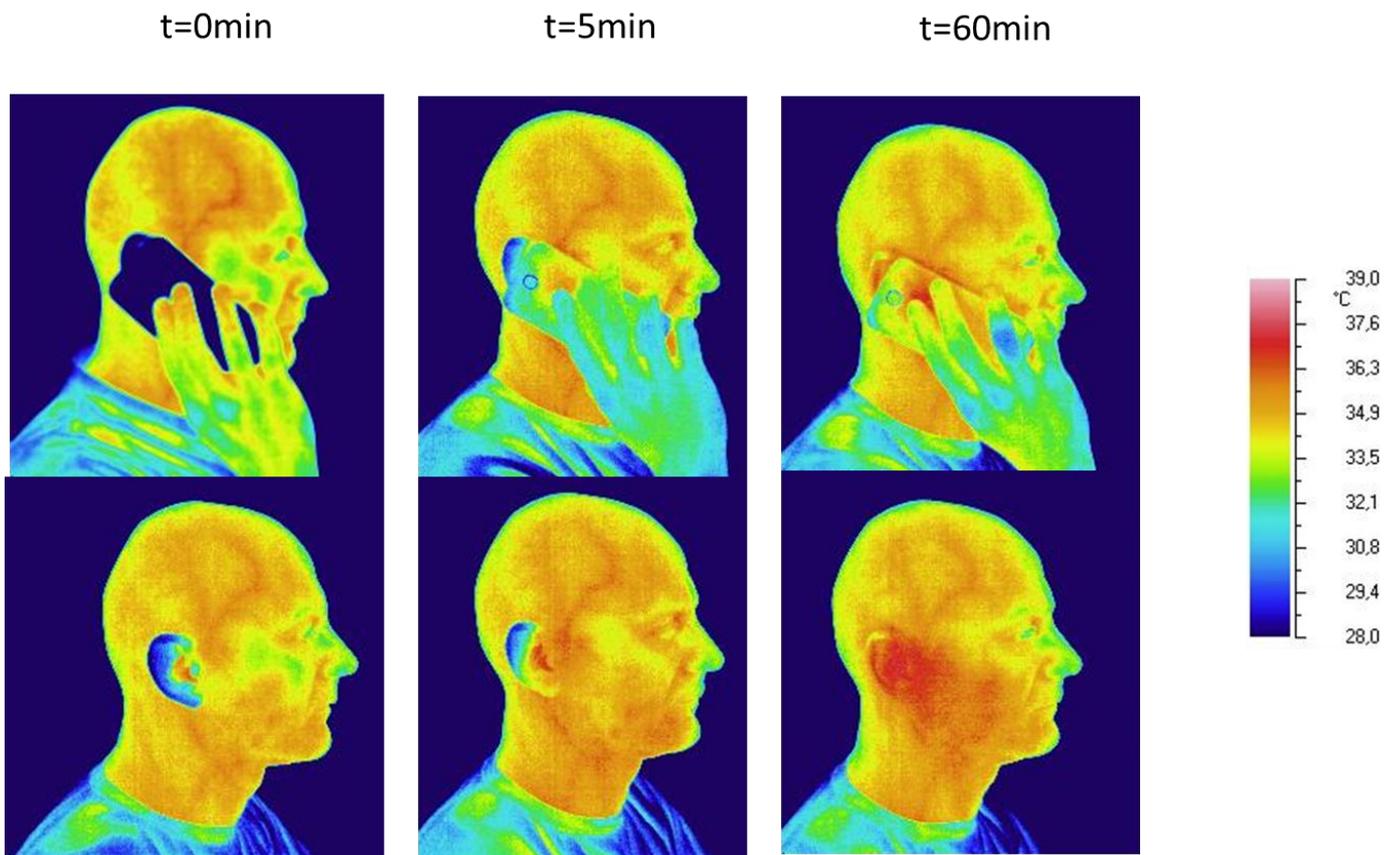


Fig. 13 Immagini acquisite dalla termocamera con telefono **acceso senza EWAD**. (a) Immagini con il telefono in mano posto a diretto contatto con l'orecchio. (b) Immagini ottenute immediatamente dopo avere tolto il telefono al fine di mostrare la distribuzione della temperature sulla testa, sul volto, sul collo.

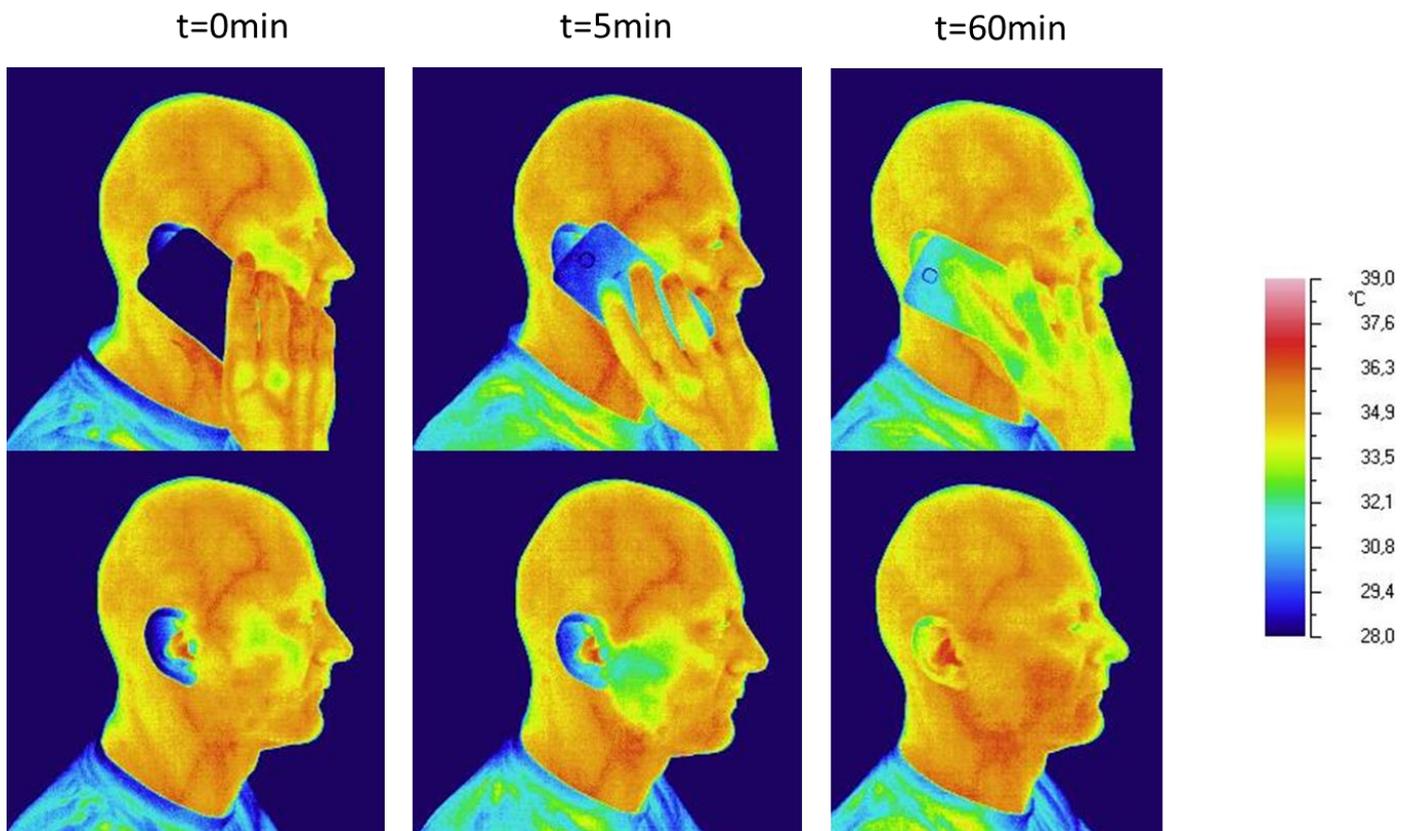


Fig. 14 Immagini acquisite dalla termocamera con telefono **spento senza EWAD**. Queste immagini sono da considerare come riferimento. (a) Immagini con il telefono in mano posto a diretto contatto con l'orecchio. (b) Immagini ottenute immediatamente dopo avere tolto il telefono al fine di mostrare la distribuzione della temperature sulla testa, sul volto, sul collo.

In Fig. 15 è riportata la distribuzione della temperatura superficiale con il distanziatore EWAD. Dai risultati risulta evidente che l'utilizzo del distanziatore permette di avere una notevole riduzione della temperatura cutanea, rispetto al caso del telefono acceso (Fig. 13), in particolare nella zona dell'orecchio esterno la differenza di temperatura arriva fino a circa 10°C.

Utilizzando il distanziatore non a contatto con l'orecchio, ma a una distanza fino a 7cm dall'orecchio (Fig. 16), si ottiene un'ulteriore riduzione della temperatura, come si può dedurre osservando i risultati riportati in Fig. 7. Tale riduzione della temperatura è perfettamente in accordo con la riduzione del SAR evidenziata nel paragrafo precedente.

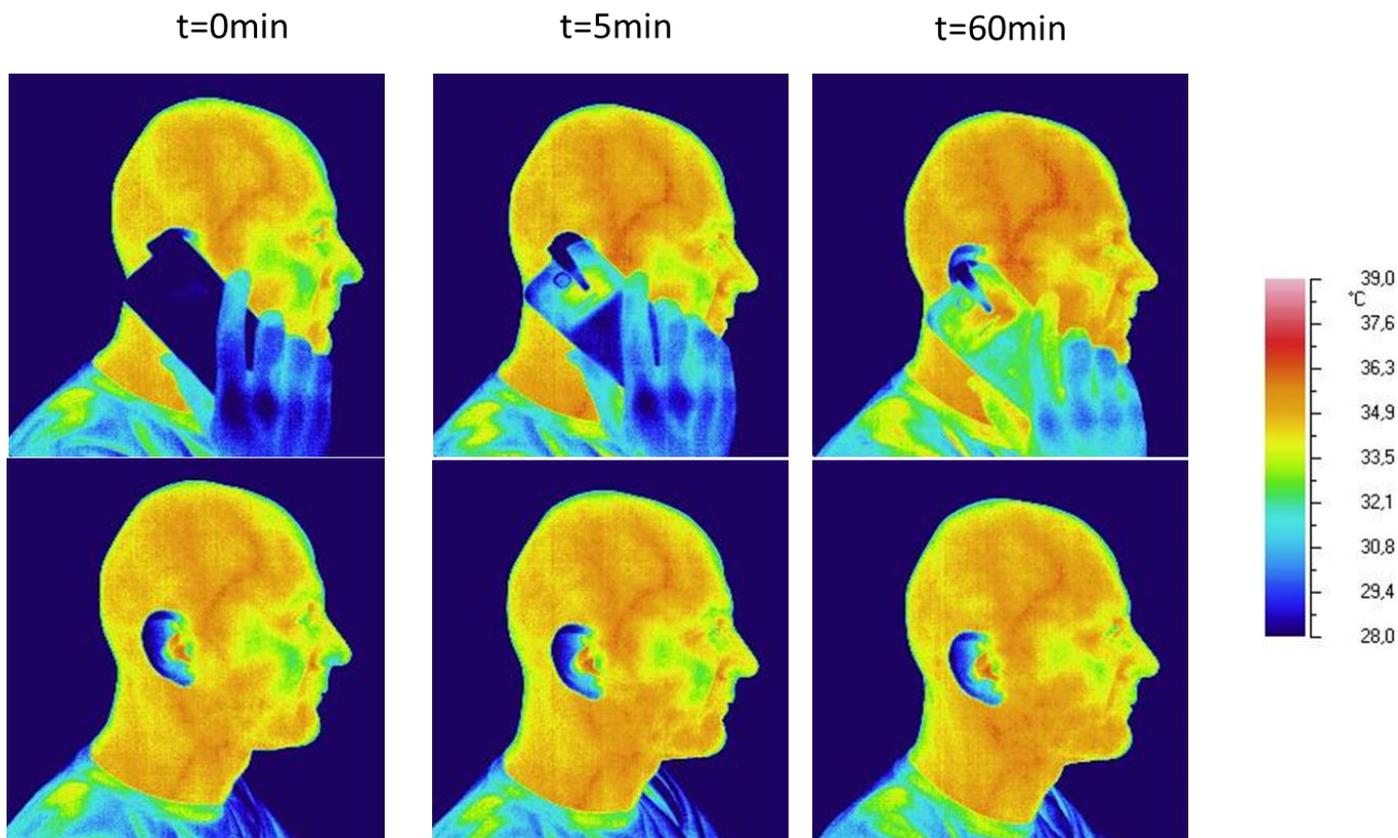


Fig. 15 Immagini acquisite dalla **termocamera con telefono acceso e distanziatore EWAD**. (a) Immagini con il telefono in mano e a contatto. (b) Immagini ottenute immediatamente dopo avere tolto il telefono al fine di mostrare la distribuzione della temperature sulla testa, sul volto, sul collo.

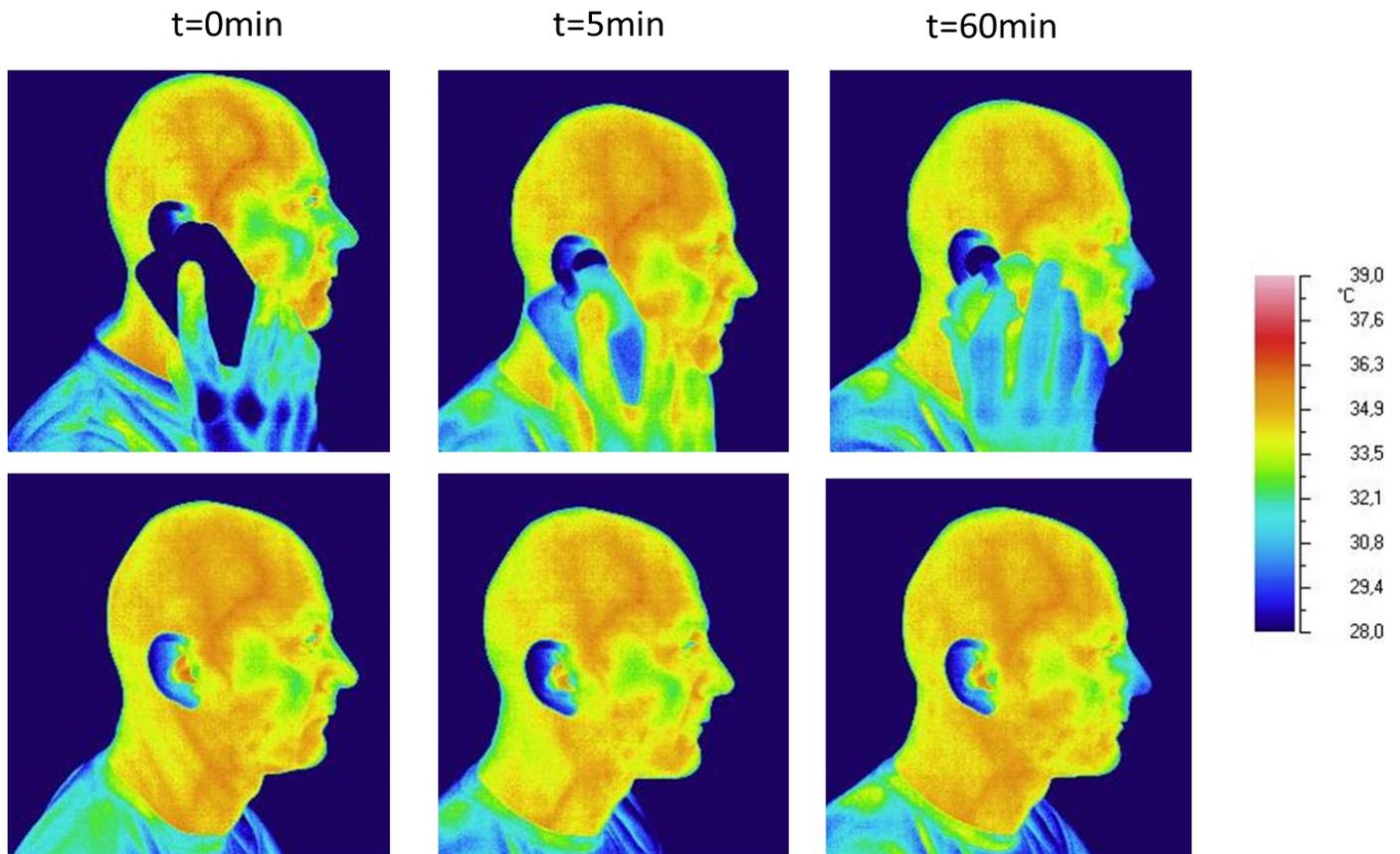


Fig. 16 Immagini acquisite dalla termocamera **con telefono acceso e distanziatore EWAD posto a 7 cm** dall'orecchio (Distanza complessiva testa-telefono pari a 10 cm). (a) Immagini con il telefono in mano e distanziatore EWAD. (b) Immagini ottenute immediatamente dopo avere tolto il telefono al fine di mostrare la distribuzione della temperature sulla testa, sul volto, sul collo.

4 Conclusioni

Le simulazioni permettono di concludere che l'utilizzo del distanziatore EWAD comporta una riduzione del SAR di un soggetto esposto al campo elettromagnetico durante l'utilizzo del telefono cellulare. Tale riduzione è coerente con il fatto che il campo elettromagnetico decresce in maniera inversamente proporzionale alla distanza dalla sorgente, per cui il SAR, che dipende dal modulo quadro del campo elettrico, decresce come il quadrato della distanza. Le misure di temperatura cutanea effettuate con la termocamera hanno dimostrato una diminuzione della temperatura quando si utilizza il distanziatore EWAD, tale diminuzione è attribuibile a diversi effetti.