

Università, ricerca fiorentina per l'individuazione delle mine antipersona

L. Capineri

I. Arezzini, G. Borgioli, A. Bulletti, M. Calzolari,

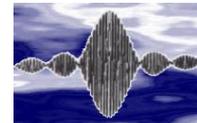
*P. Falorni, M. Mazzoni**, C. Windsor**



12 Maggio 2011, aula Caminetto ore 17.30,

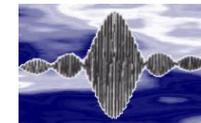
Facoltà di Ingegneria, Università di Firenze

Via S. Marta 3, 50139 Firenze, Italy



Indice

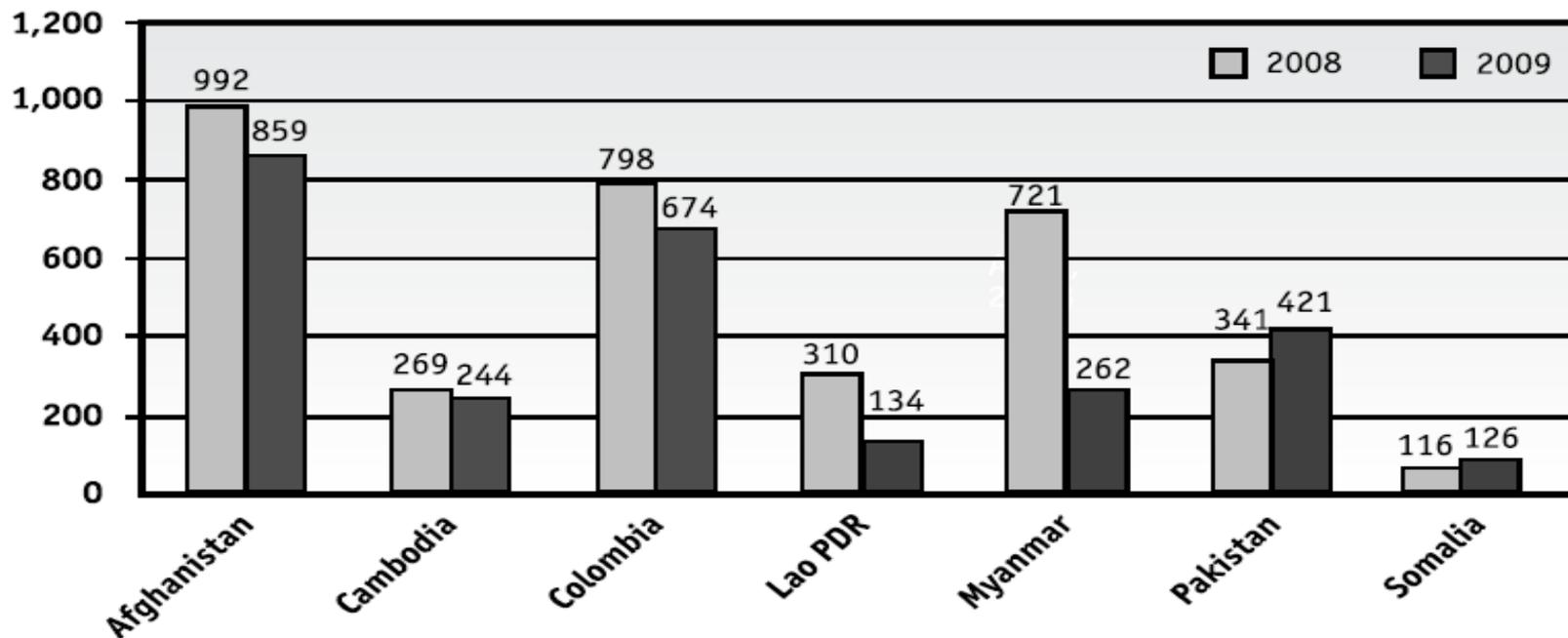
- Introduzione sui metodi di sminamento umanitario
- Metodo radar olografico e sperimentazione
- Metodo acustico/vibrazionale e sperimentazione
- Conclusioni

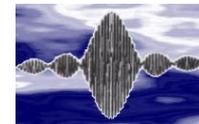


Incidenti dovuti alle mine antipersona

Si stima siano attorno a 100 milioni le mine antiuomo sotterrate in 78 paesi del mondo; ogni anno causano circa 4.000 incidenti, provocando la morte o la mutilazione tra la popolazione civile.

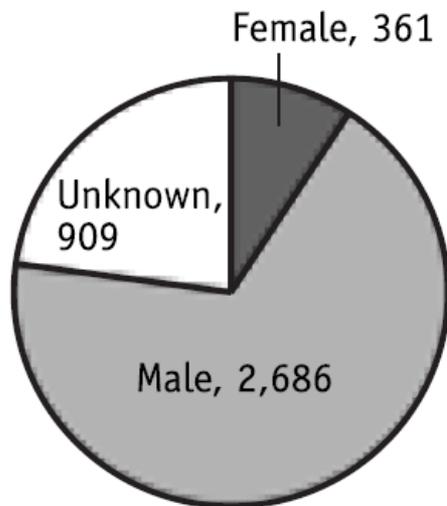
**Total mine/ERW casualties for most affected countries:
2008–2009**



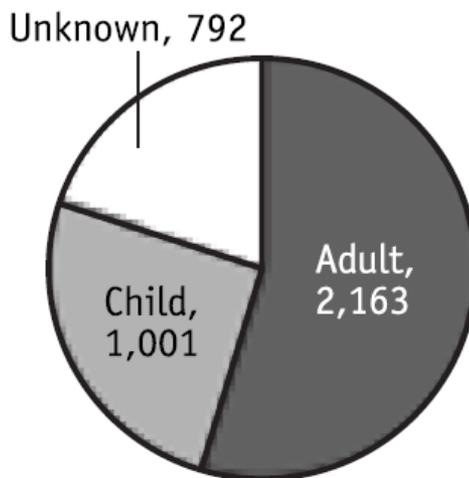


Motivazioni della ricerca

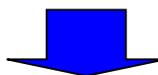
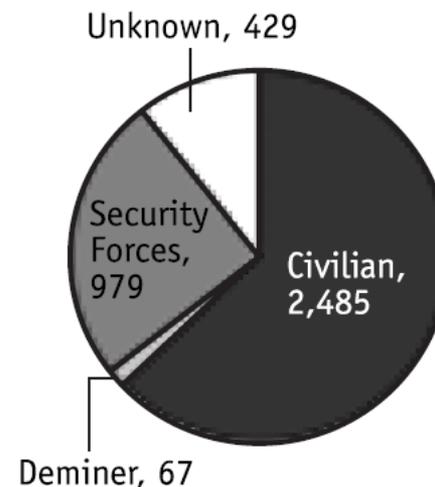
Casualties by
gender: 2009



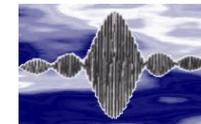
Casualties by
age: 2009



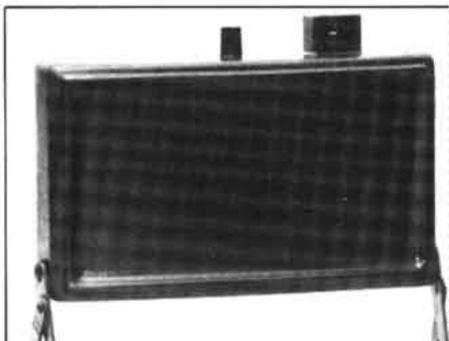
Mine/ERW
casualties by
civilian/military
status 2009



Ricerca di metodi e strumenti per la rivelazione di mine antipersona più sicuri ed efficienti



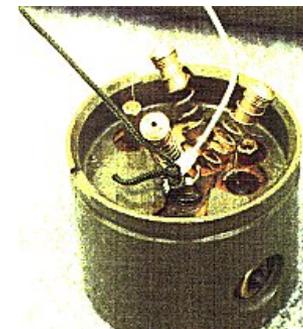
Mine antipersona



**Mina SMI 21/3C metallica austriaca
(lunghezza 240mm, peso 8.20kg)**



**Mina NR 442 metallica belga
(lunghezza 245mm, peso 4.50kg)**



**Mina PP-MI-S1 metallica
cecoslovacca (lunghezza 96mm,
peso 1.75kg)**



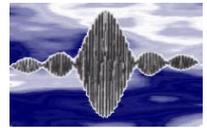
**Mina tipo FMK-1 MOD 0 non-
metallica argentina (diametro
82mm, altezza 39mm, peso 251g)**



**Mina tipo 72 plastica cinese
(diametro 79mm, altezza 37mm,
peso 140g)**



**Mina PMA-2 plastica jugoslava
(diametro 68mm, altezza 61mm,
peso 135g)**

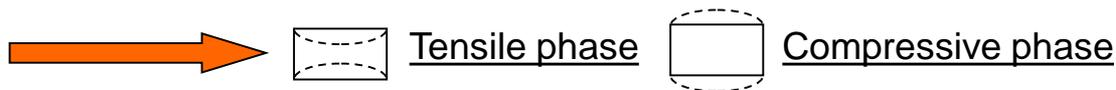


Metodi per la rivelazione di mine antipersona

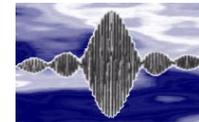
Rivelatori di metalli (Metal Detectors): tecnologia matura e standardizzata, strumenti portatili, elevata sensibilità per rivelazione di mine con basso contenuto metallico ma con elevato numero di falsi allarmi

Radar Penetranti (Ground Penetrating Radar o GPR): sono disponibili in fase sperimentale alcuni dispositivi portatili, misurano la risposta di contrasto di impedenza elettrica fra mine di tipo plastico ed il suolo. Risentono dell'influenza delle caratteristiche del suolo come umidità e rugosità.

Metodi acustici-vibrazionali: basati sulla misura di caratteristiche meccaniche come la cedevolezza della parte superiore mobile che può differenziare la risposta da un oggetto rigido (sasso, legno etc.). Si studiano effetti di risonanza lineari e non lineari tramite modelli meccanici semplificati



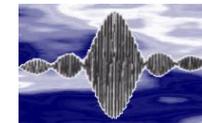
Immagini termiche nell'infrarosso: vengono utilizzati metodi attivi che riscaldano in modo impulsivo il suolo per rilevare al transitorio gradienti di temperatura del terreno. L'elaborazione delle immagini delle termocamere permette di individuare aree dove sono presenti mine sepolte a bassa profondità.



Sistemi Multi-Sensore



- **MINE IDENTIFICATIONS NOVELTIES EUROCONFERENCE**
 - **October 1-3 1999, Villa Agape, Firenze, Italy**
- *Nel 1999 fu organizzata a Firenze l' Euroconferenza "Mine'99" dalla quale emerse un largo consenso sull'importanza dell'utilizzo di **sistemi multi-sensore** per migliorare l'efficienza del processo di rivelazione delle mine antipersona. <http://uscnd.det.unifi.it/congress.htm>*
- Da qui nacque il contatto con un gruppo di ricercatori dell'Università statale di Mosca – Baumann University per sviluppare un nuovo tipo di radar capace di realizzare immagini ad elevata risoluzione



Sistema portatile “Minehound” : metal detector - radar pulsato (GPR) 1 GHz

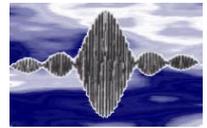


GPR ballast PMA1 depth 10cm



Metal Detector ballast PMA1 depth 10cm

L'uscita audio viene modulata in frequenza ed intensità: la profondità del bersaglio varia la frequenza mentre la dimensione varia l'intensità, (by ERA Technology UK)



Influenza delle proprietà elettromagnetiche del suolo

Parametri elettromagnetici:

- Area equivalente radar (RCS)
- Permittività relativa effettiva

$$\tilde{\epsilon}_r = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\epsilon' + \frac{\sigma''}{2\pi f} \right)$$

- Conducibilità effettiva

$$\tilde{\sigma} = \sigma' + 2\pi f \epsilon''$$

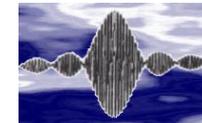
- Angolo di perdita

$$\tan \delta = \tilde{\sigma} / 2\pi f \epsilon_0 \tilde{\epsilon}_r$$

Parametri non elettromagnetici:

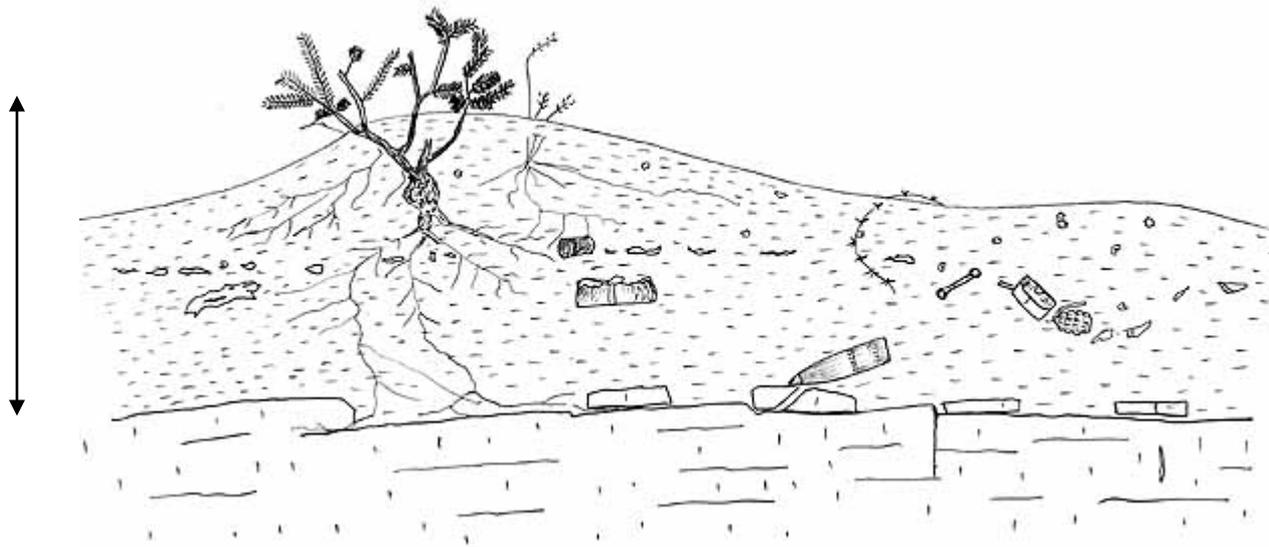
- Morfologia del suolo/vegetazione
- Umidità
- Temperatura
- Variabilità spaziale

Il gruppo di ricerca è membro del comitato CW 07 - CEN Workshop 7 Mine Action — Test and evaluation - Part 2 -Soil characterisation for metal detector and ground penetrating radar performance

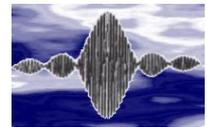


Un esempio: il campo di battaglia nel Egyptian Western Desert – El Alamein

circa 2 m

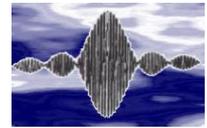


Particolare della bomba
nella buca dove si
mostra la sabbia
compatta con piccoli
pezzetti di calcare
all'interno.

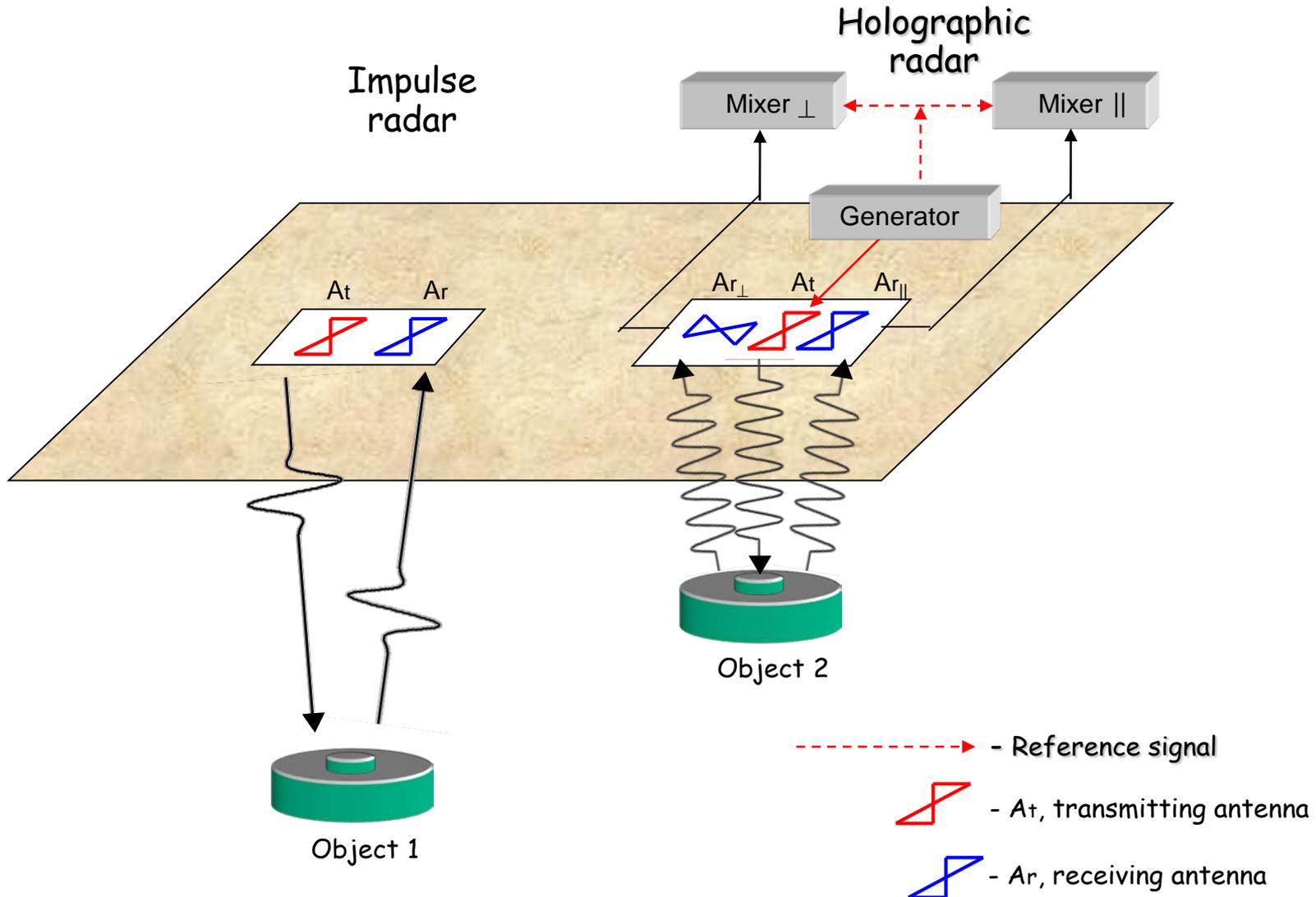


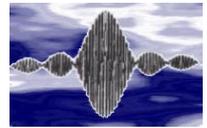
Stoccaggio ordigni raccolti



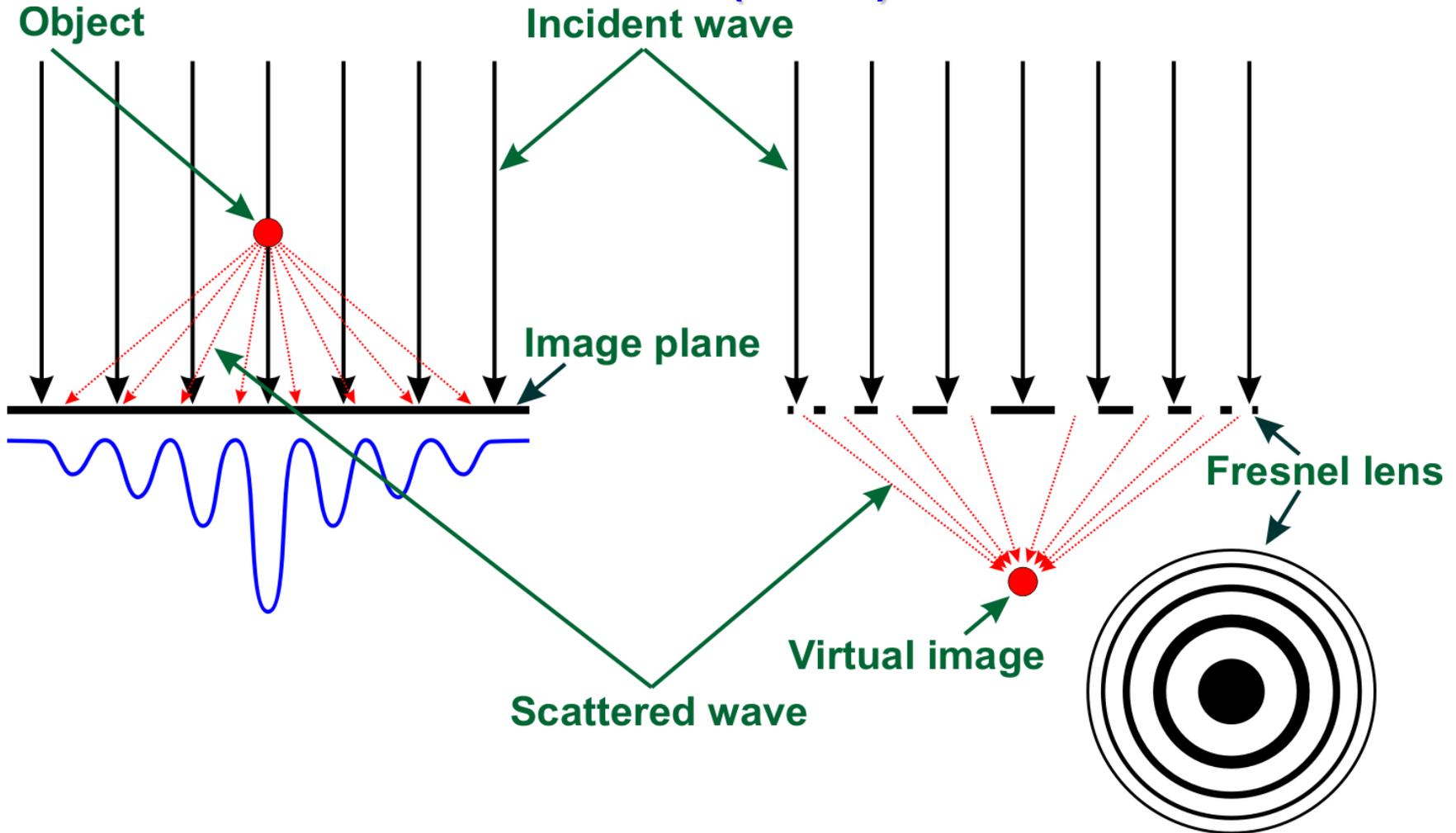


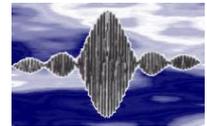
Radar Olografico: confronto con radar pulsato





Olografia ottica: pattern di interferenza tra un oggetto puntiforme ed un'onda monocromatica (sinistra). Ricostruzione olografica con lente di Fresnel (destra)





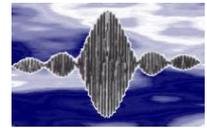
Modello semplificato del radar olografico monocromatico subsuperficiale

Il radar emette un'onda elettromagnetica sinusoidale con ampiezza e fase costante nel tempo e pulsazione ω . L'onda riflessa ha un'ampiezza costante pari a A_r , la cui fase φ_r dipende dalla distanza dell'oggetto L

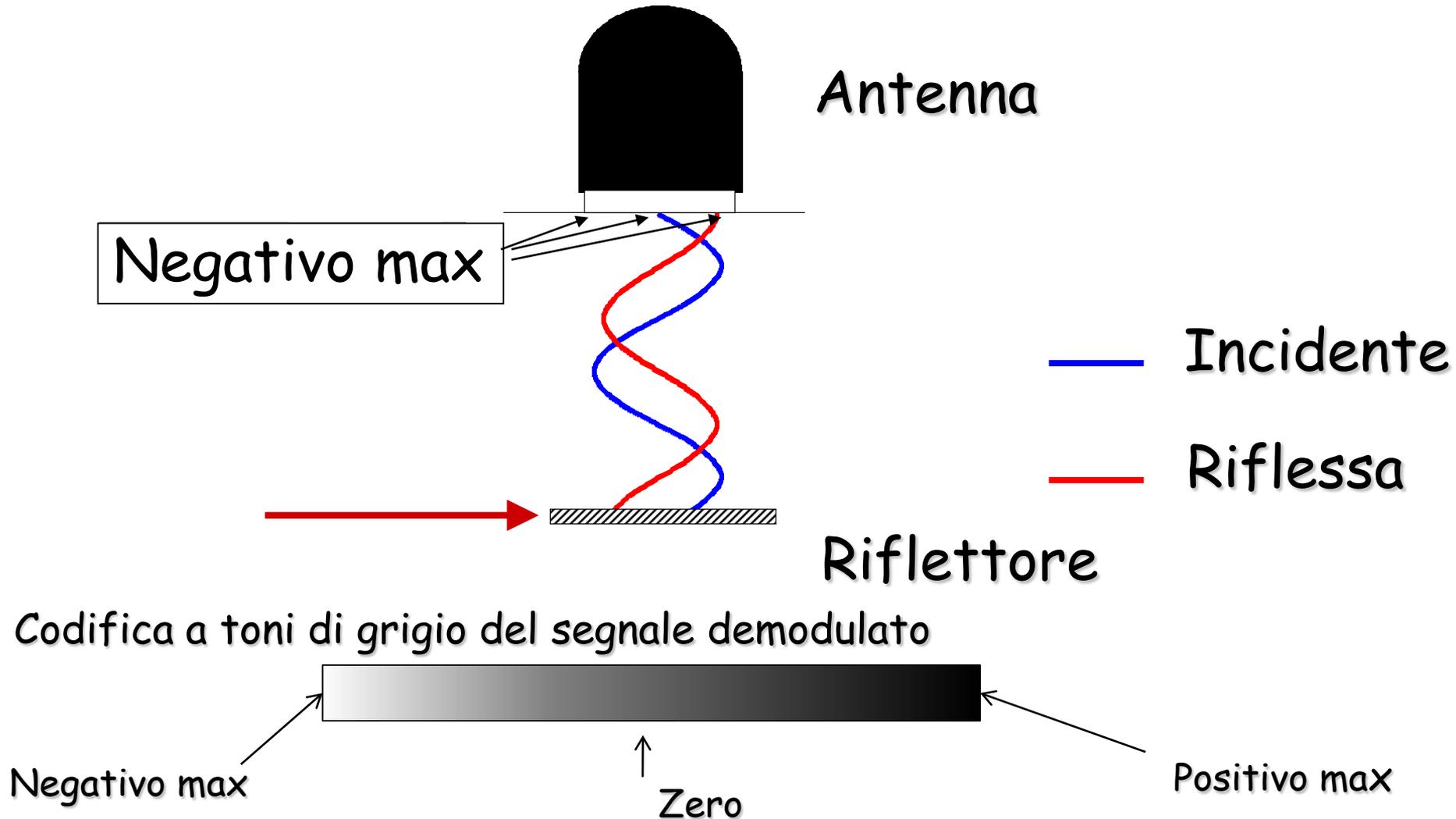
$$\varphi_r = 2\sqrt{\varepsilon} \frac{L\omega}{c}$$

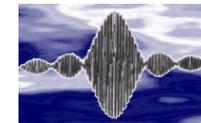
Così, il segnale riflesso è miscelato elettronicamente con il segnale di riferimento del radar e_r (A_o e φ_o sono rispettivamente l'ampiezza e la fase del segnale di riferimento). L'ampiezza del segnale all'uscita del miscelatore in banda base (demodulatore) è data dalla relazione:

$$A_r A_o \sin(\varphi_o - \varphi_r)$$

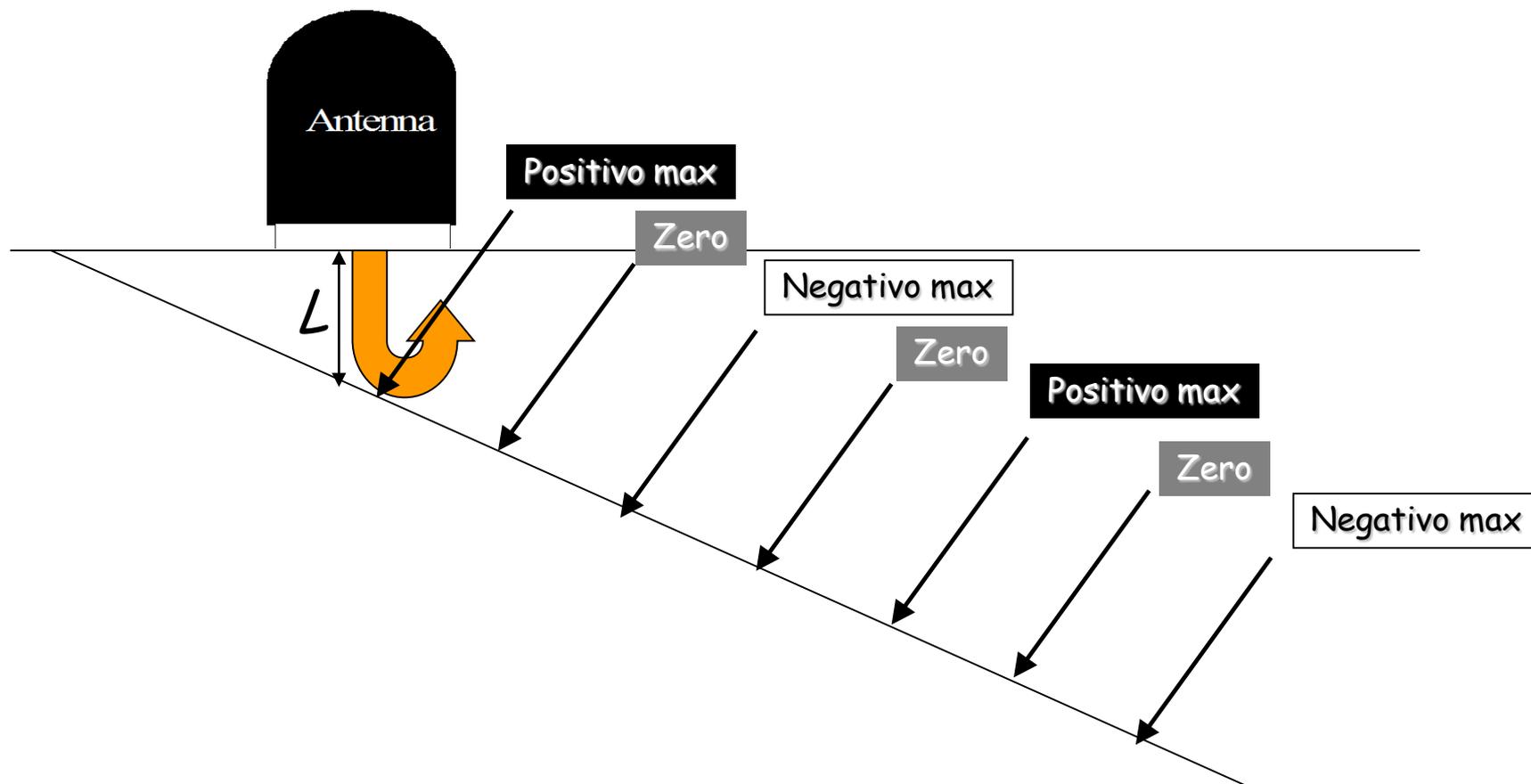


Principio di funzionamento del radar olografico

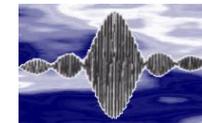




Effetto "Zebra"

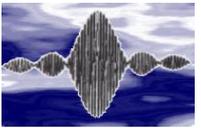


Per evitare punti cecchi, il radar olografico lavora con sequenze di 5 frequenze discrete programmabili

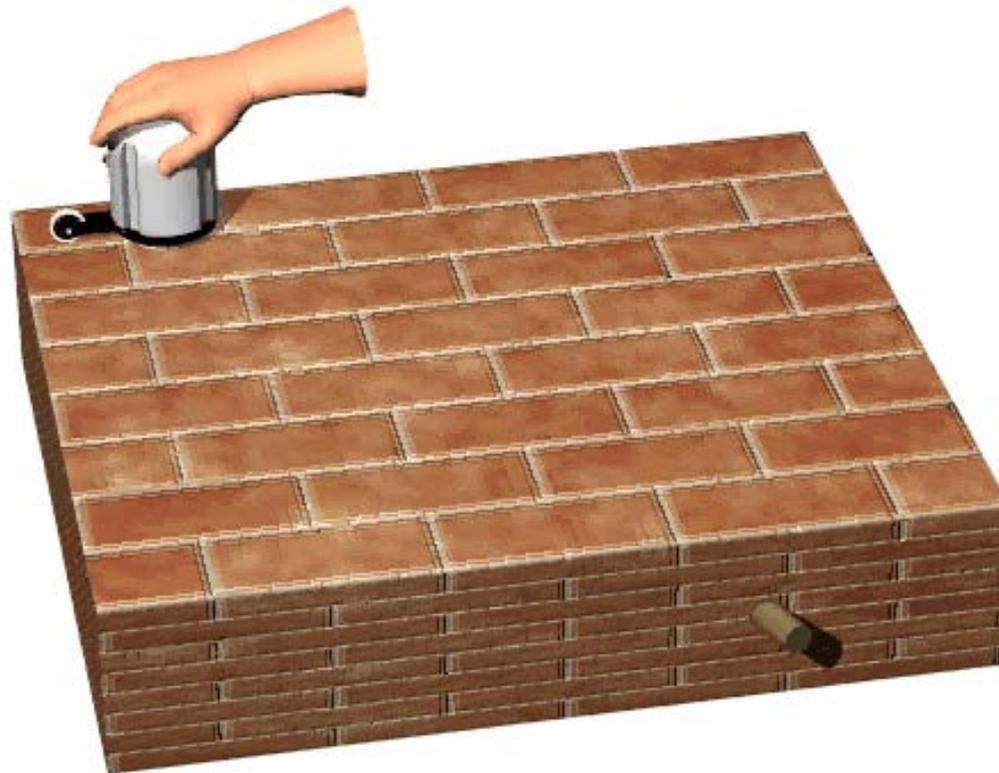


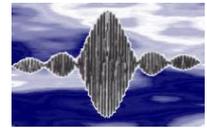
Radar olografico RASCAN-4/4000 (4GHz)





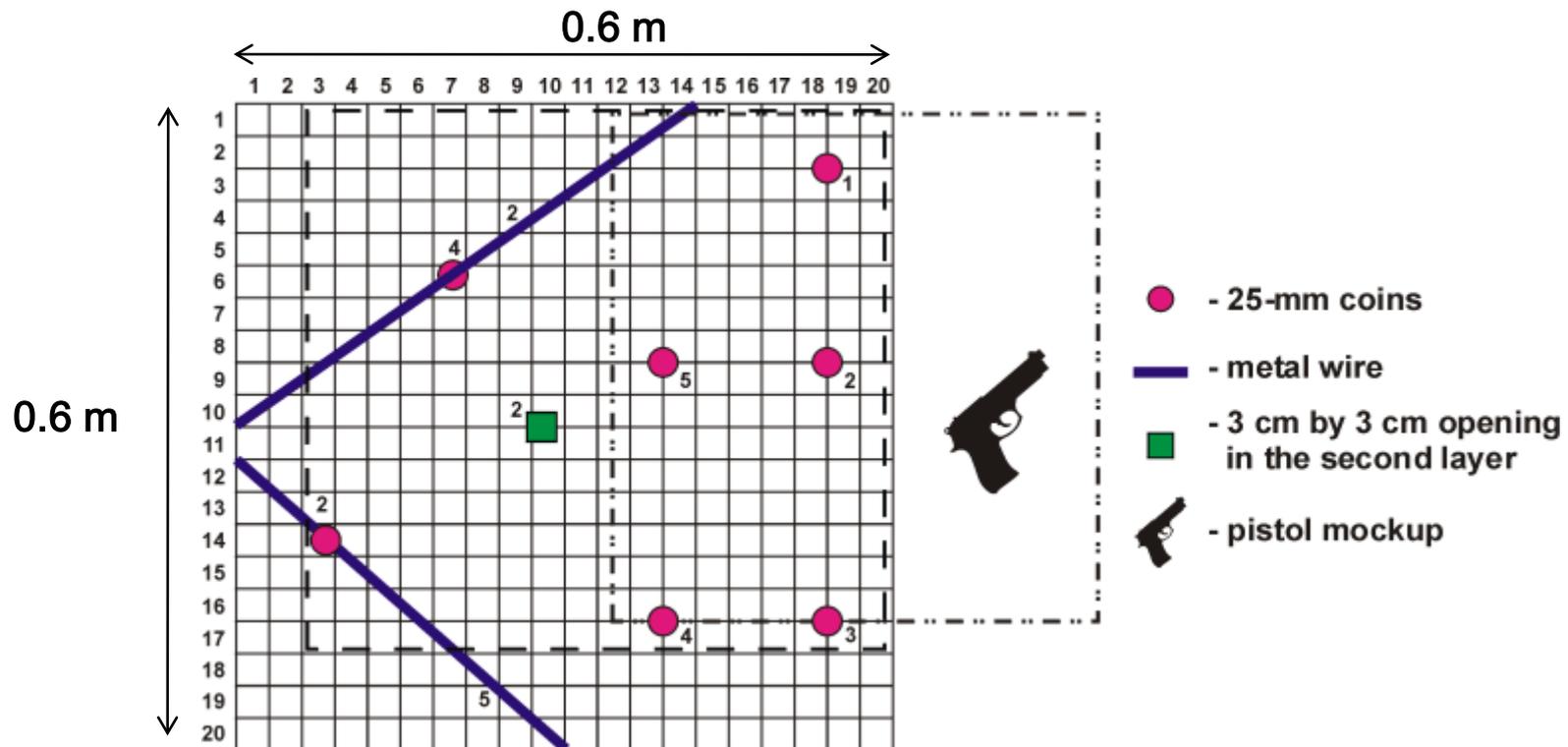
Metodo di scansione manuale

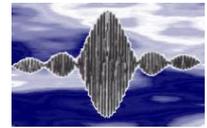




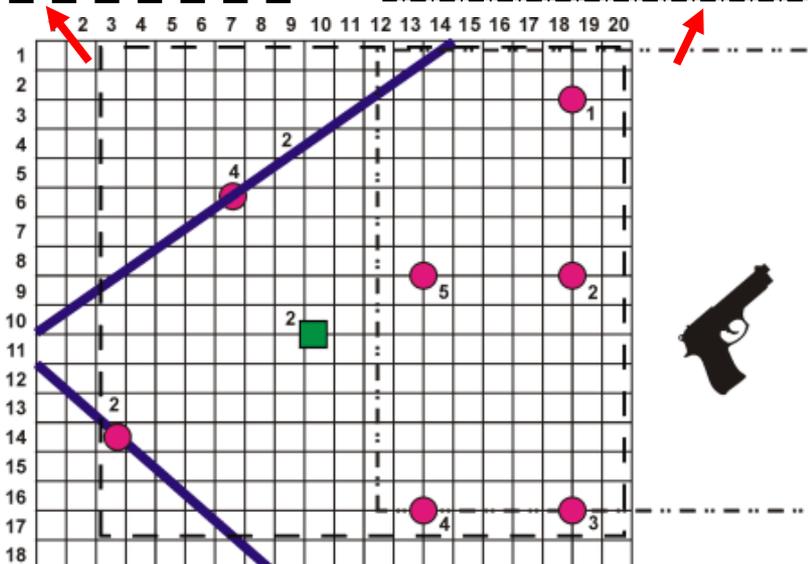
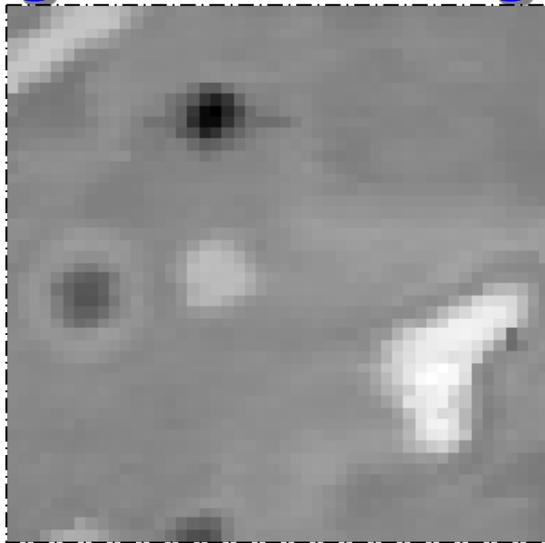
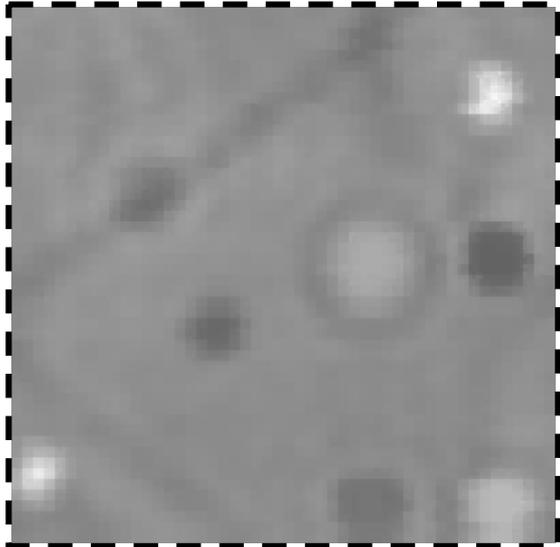
Scansione di oggetti nascosti in un modello di parete

Diversi oggetti sono stati collocati tra alcuni pannelli in gesso. Gli oggetti da individuare includono due fili metallici e 7 monete da 25mm di diametro. Una delle monete è stata messa sotto il filo di sinistra e l'altra sotto il filo di destra. Inoltre un'apertura cava di 3cm x 3cm è stata fatta nello strato di gesso sepolto. La dimensione complessiva del pannello è di 0.6m x 0.6m.

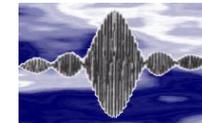




Immagini radar olografico

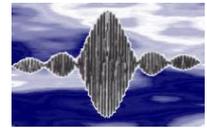


Microwave image of a wire
(diameter=20 micron, length=20 cm)
placed under wallpaper

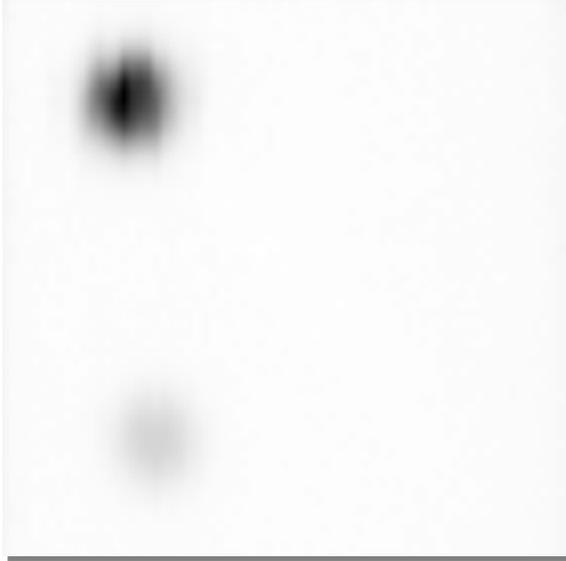


Radar olografico (Rascan) e metal detector (Metal Scan)





MetalScan



Single induction metal detector image

- Two metal targets
- No image of wire

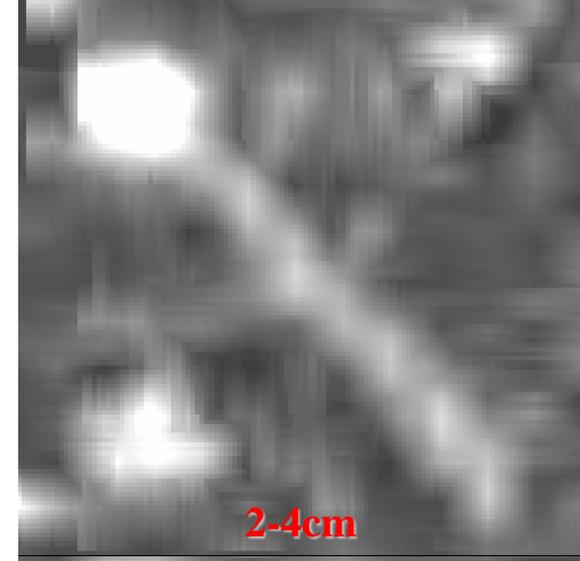
RASCAN



Cycling through 10 images
(5 frequencies at 2
polarizations)

- Two metal, one plastic targets
- PMA-2 off grid ☹️
- Clear image of wire
- Visible knee print (porosity effect?)

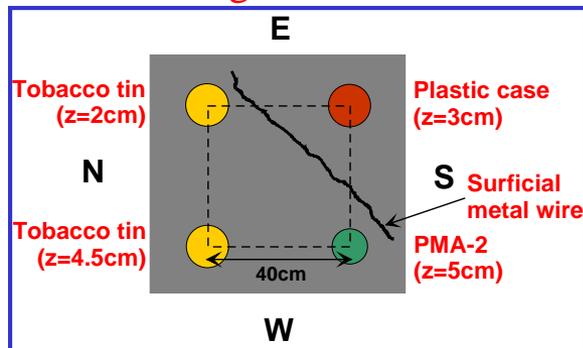
StructureScan

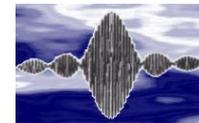


Cycling through 5 depth
slices

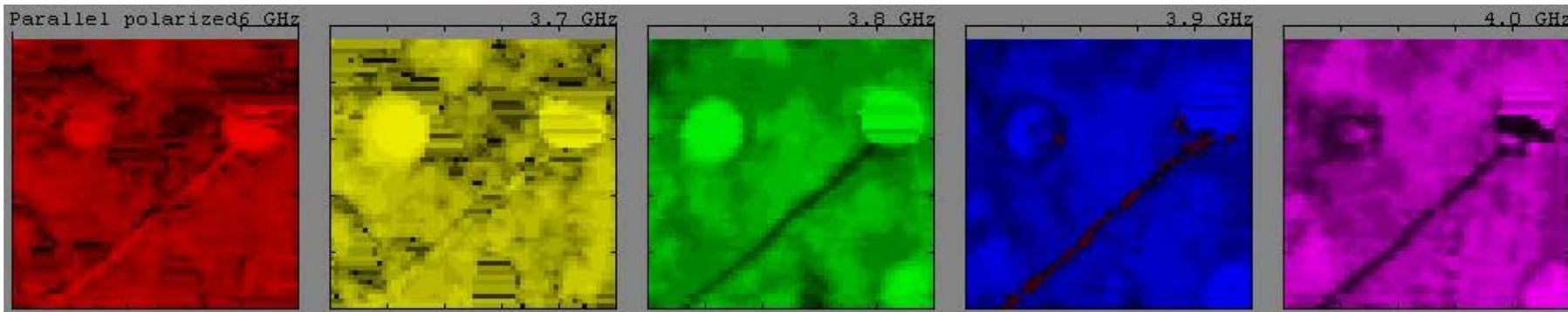
- Two metal, one plastic targets
- PMA-2 off grid ☹️
- Clear image of wire

Risultati campo prova



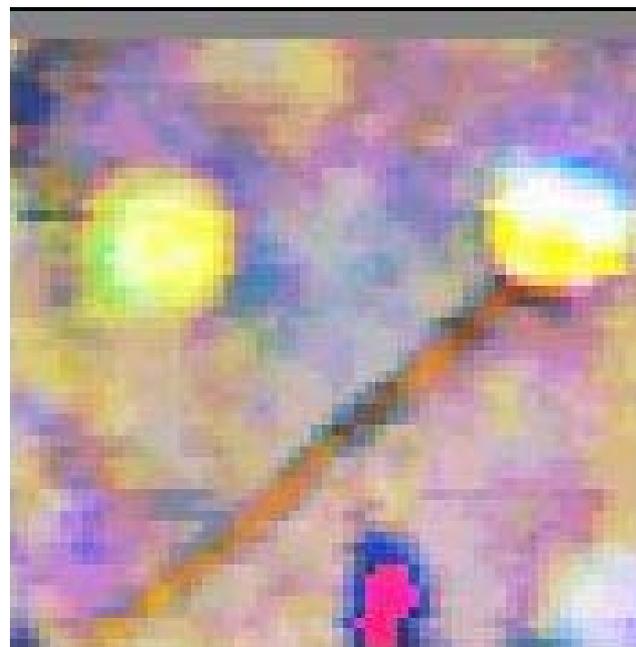


Data fusion con immagine a spettri colorati

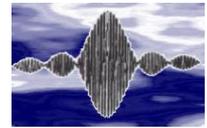


Questa sequenza di immagini prodotte con radar olografico a 5 frequenze intorno a 4GHz.

L'immagine a destra mostra la fusione dei dati con spettri colorati per evidenziare in falsi colori le diverse risposte degli oggetti



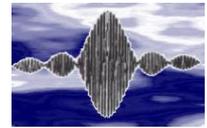
RASCAN single display



Selected
2010

The Royal Society's 350th anniversary Summer Science Exhibition





Modi vibrazionali di un oggetto tipo mina

Ipotesi per poter applicare la teoria dei piatti vibranti su oggetti tipo mina:

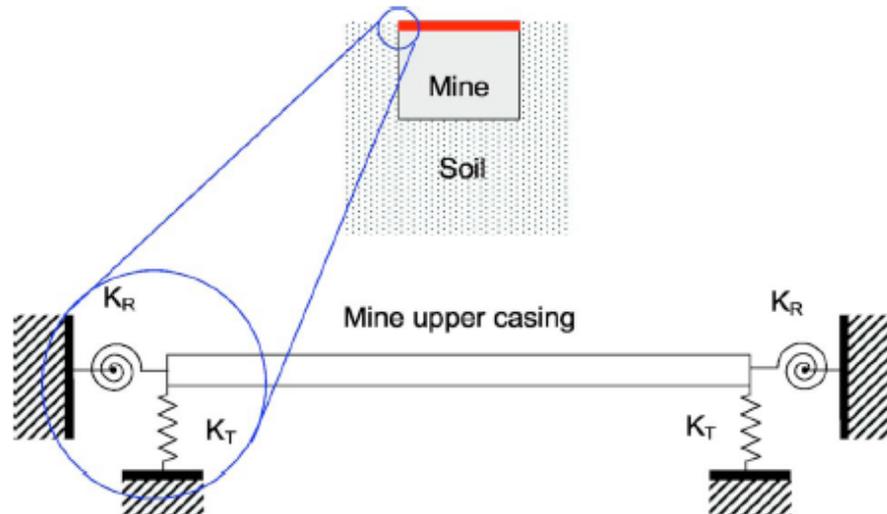
- Piatto piano.
- Materiale uniforme.
- Spessore deve essere almeno 1/10 più piccolo della minima dimensione laterale.
- Deformazione piccola rispetto allo spessore del piatto.

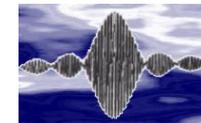
$$D\nabla^4 w + \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0$$



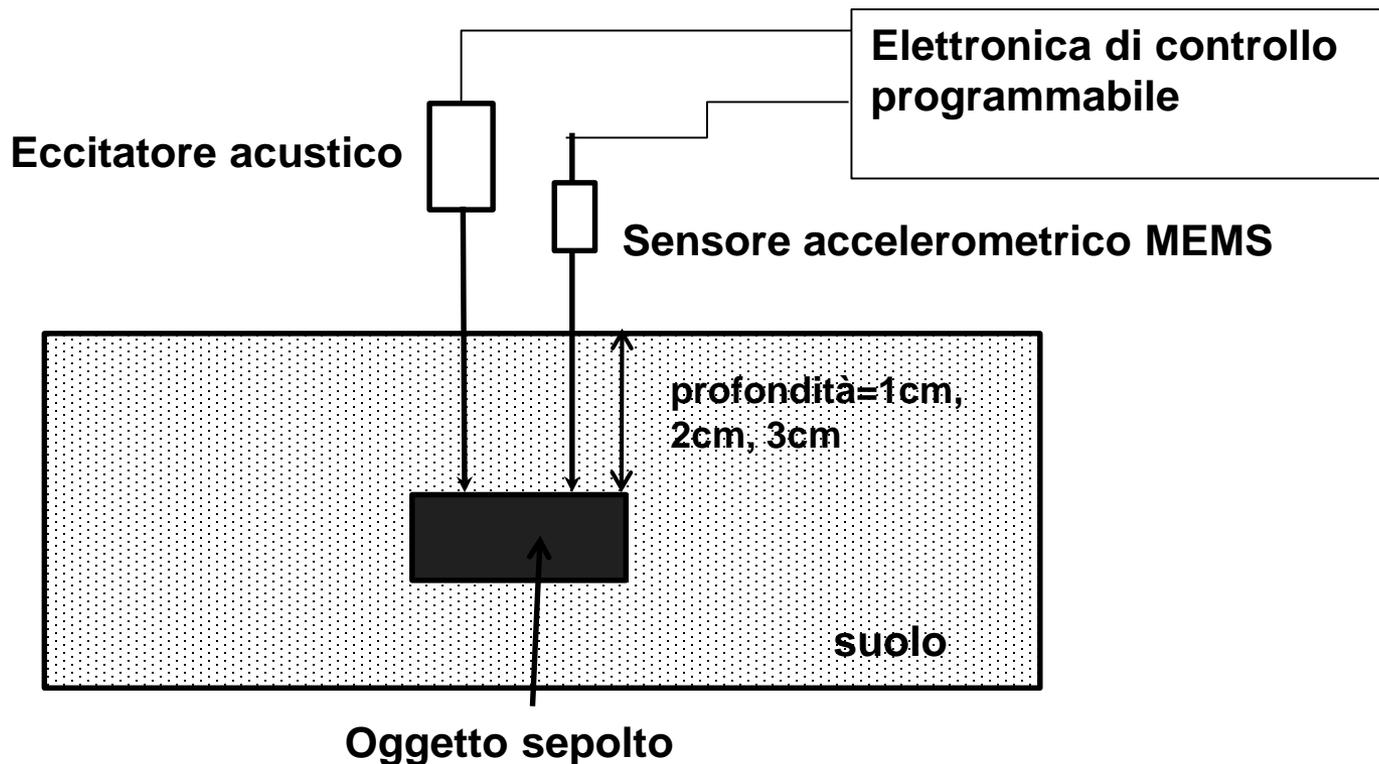
$$f_{ij} = \frac{\lambda_{ij}^2}{2\pi a^2} \sqrt{\left[\frac{Eh^3}{12\rho(1-\nu^2)} \right]}$$

D= flessibilità, w= spostamento, ρ =densità





Set-up di misura metodo ad aste penetranti



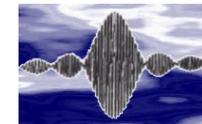
plastic box (contenitore plastico, diametro 50mm, altezza 50mm)



tin (contenitore metallico, diametro 50mm, altezza 30mm)

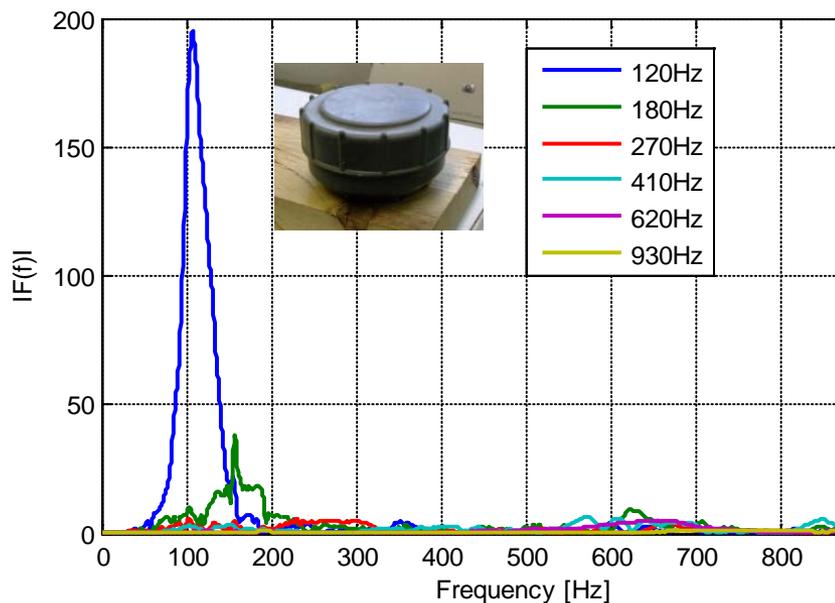


disco di legno (diametro 50mm)

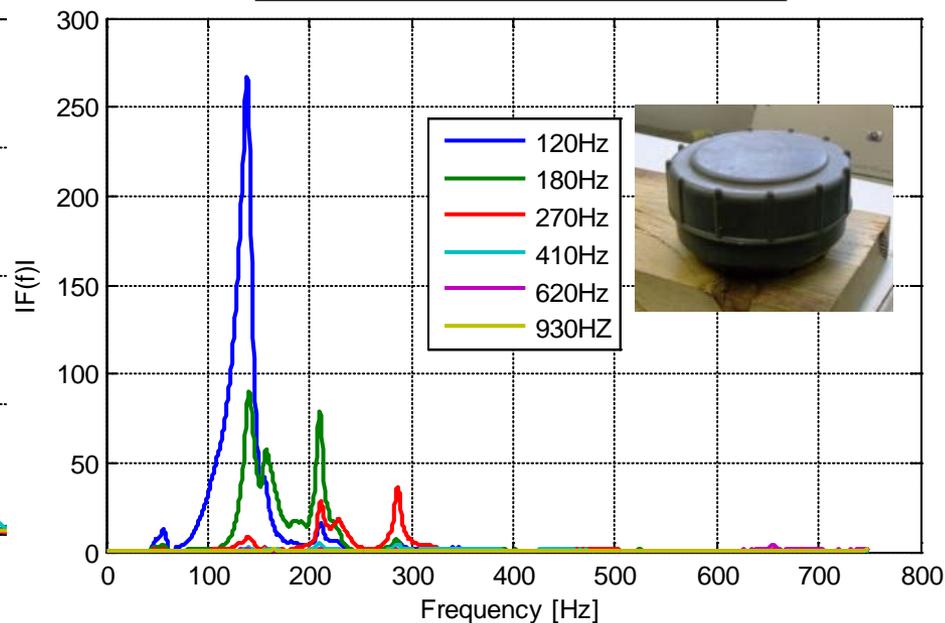


Prove su oggetto plastico con asta sensorizzata

Prove nel campo

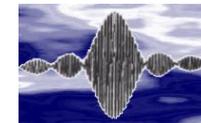


Prove in laboratorio

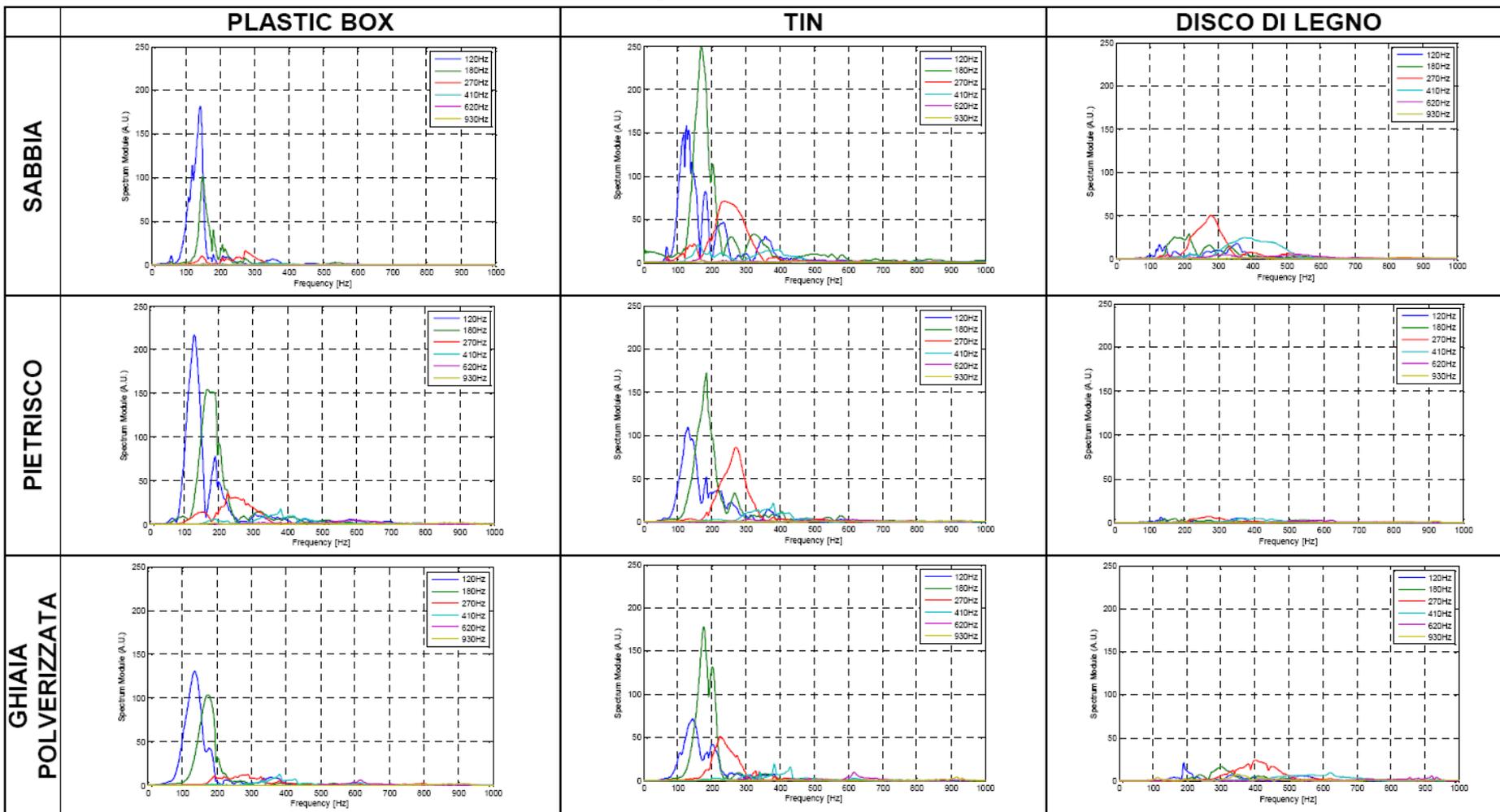


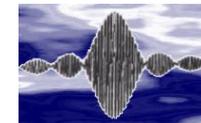
Sinusoide 3 cicli
Ampiezza=0,2Vpp
f= 120Hz-180Hz-270Hz-410Hz-
620Hz-930Hz

Sinusoide 3 cicli
Ampiezza=0,3Vpp
f=120Hz-180Hz-270Hz-410Hz-
620Hz-930Hz

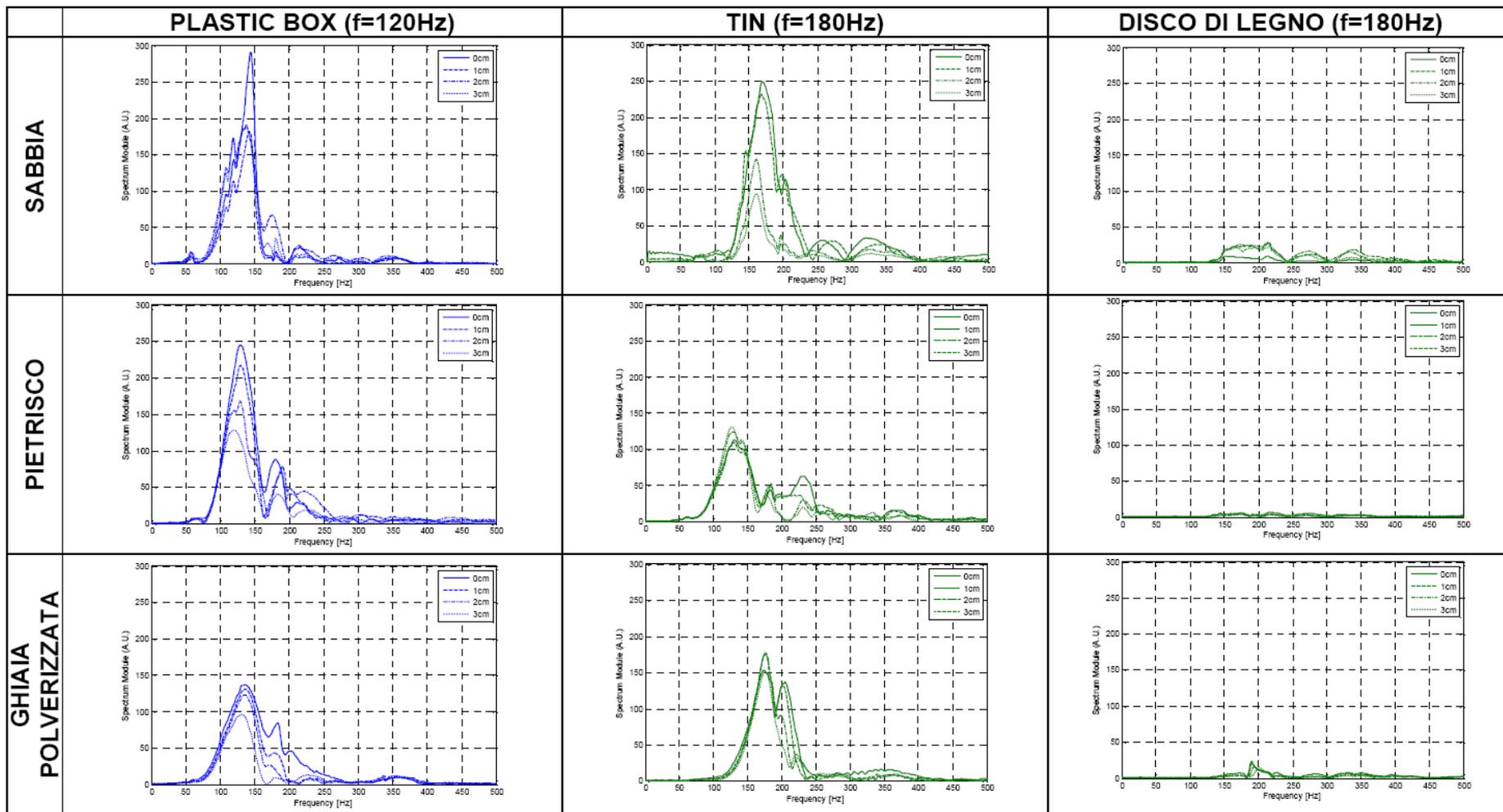


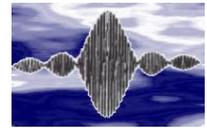
Prove con asta sensorizzata su oggetti sepolti a 1cm di profondità



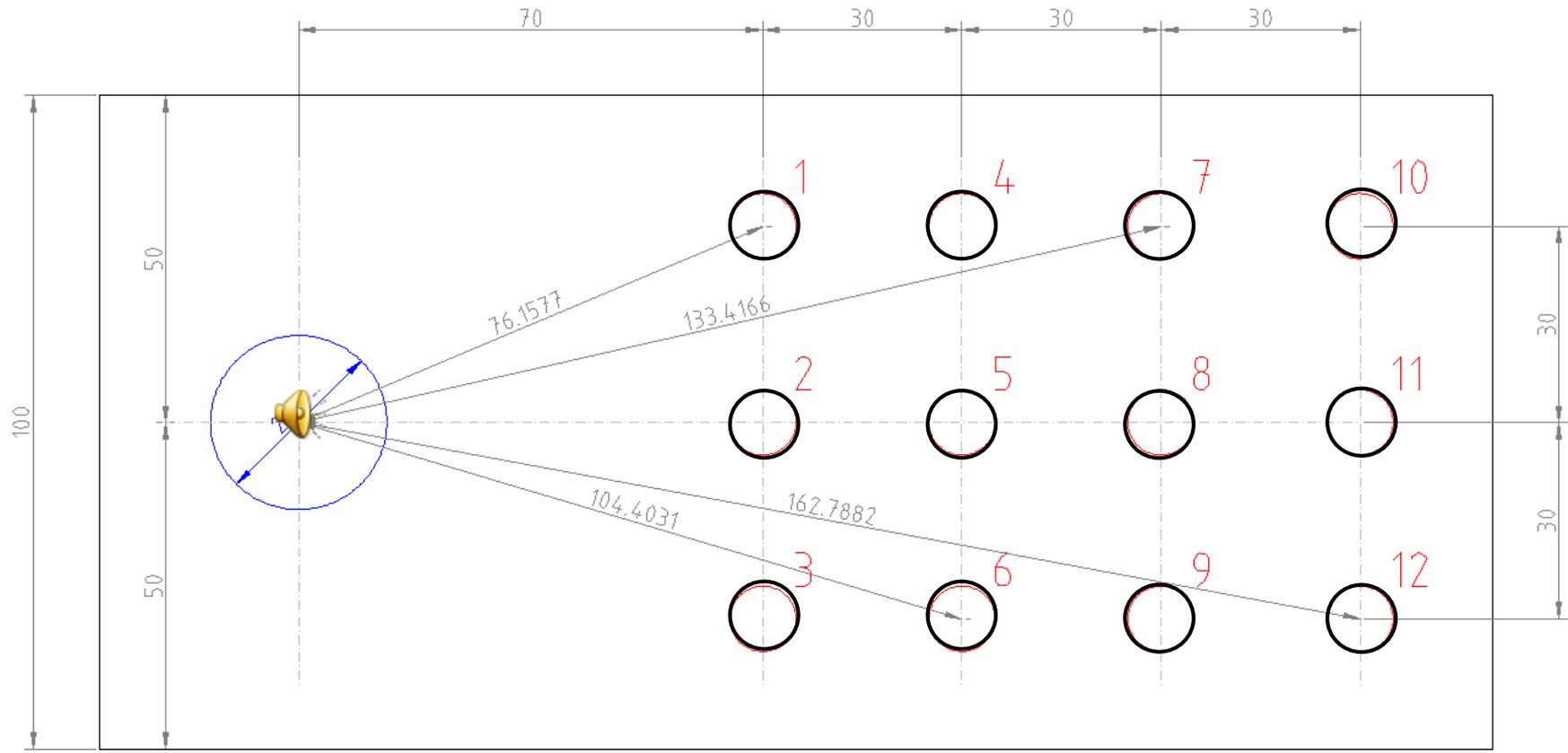


Prove con asta sensorizzata su oggetti sepolti a varie profondità

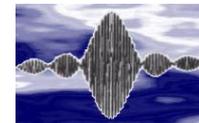




Risposta audio di segnali acquisiti con accelerometro



Confronto della risposta audio elaborata nei diversi punti con e senza il contenitore di latta (Tin) sepolto



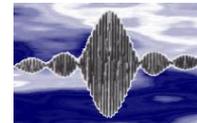
Sciami di Robot cooperanti (Swarmbots)

- Robot specializzati per funzionalità (rivelazione metalli, escavazione, radar, metodi acustici - vibrazionali) che operano in modo coordinato sul campo



Scientific American 2010

<http://www.scientificamerican.com/blog/post.cfm?id=radar-holography-could-offer-a-safe-2010-07-21>



Osservazioni conclusive

Lo sviluppo di ogni strumento deve per la rivelazione delle mine deve avere un costo adeguato all'efficienza, deve essere affidabile e la manutenzione possibile in "ogni" luogo.

L'approccio dei sistemi multisensore risulta efficace se corredato da metodi di fusione dei dati e interfacce uomo-strumento avanzate (audio, video, etc).

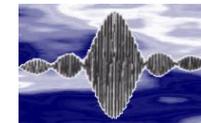
La lunga esperienza degli sminatori deve essere considerata per creare strumenti che poi siano accettati nella routine.

L'esperienza acquisita durante piu' di 10 anni di ricerca ha permesso di sviluppare metodi e strumenti che si sono rivelati utili anche in altri settori applicativi (beni culturali, diagnostica per edifici e infrastrutture) e quindi attuando il trasferimento tecnologico verso aziende italiane e straniere.

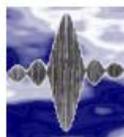
La tecnologia dei robot è in rapida evoluzione e quindi promettente per implementare sistemi di scansione autonomi.



Spin-off in fase di preincubazione presso l'Incubatore Universitario dell'Università di Firenze



Thanks!



Laboratorio Ultrasuoni e Controlli Non Distruttivi
Università di Firenze, Italy



Remote Sensing Laboratory
Bauman Moscow State Technical University

