



# Ministero dell'Università e della Ricerca

Direzione per il Coordinamento e lo Sviluppo delle Attività di Ricerca

## Relazione Finale

Protocollo: RBNE037EJJ

### Coordinatore scientifico della ricerca (Principal Investigator)

**RANIERI**  
(cognome)

**Gaetano**  
(nome)

*Professore Ordinario*  
(qualifica)

*Università degli Studi di CAGLIARI*  
(Istituzione)

*INGEGNERIA DEL TERRITORIO*  
(Dip./Ist./Div./Sett.)

*070/6755173*  
(prefisso e telefono)

*070/275281*  
(numero fax)

*granieri@unica.it*  
(indirizzo e-mail)

### Lista delle Unità di Ricerca (UR)

n°	Responsabile Scientifico	Qualifica	Istituzione	Dip/Ist/Div/Sez
1.	FARANDA Francesco Maria	ALTRO	CONSORZIO NAZIONALE INTERUNIVERSITARIO PER LE SCIENZE DEL MARE (CONISMA)	Roma
2.	GODIO Alberto	Professore Associato	Politecnico di TORINO	GEORISORSE E TERRITORIO
3.	RANIERI Gaetano	Professore Ordinario	Università degli Studi di CAGLIARI	INGEGNERIA DEL TERRITORIO
4.	COSENTINO Pietro Lucio	Professore Ordinario	Università degli Studi di PALERMO	CHIMICA E FISICA DELLA TERRA ED APPLICAZIONI ALLE GEORISORSE ED AI RISCHI NATURALI

### Stato di avanzamento del lavoro scientifico in percentuale del lavoro previsto

n°	Responsabile scientifico dell'UR	Att. n.1 %	Att. n.2 %	Att. n.3 %
1.	RANIERI Gaetano	100	100	100
2.	COSENTINO Pietro Lucio	100	100	100
3.	GODIO Alberto	100	100	100
4.	FARANDA Francesco Maria	100	100	100

### Problemi

#### Problemi logistici:

L'attività di progetto si è svolta in piena armonia e non vi sono stati problemi particolari da risolvere, malgrado il team di un'unità (quella del Conisma) abbia subito variazioni di composizione per effetto del pensionamento del direttore e del trasferimento di alcuni partecipanti ad altra sede. Nelle riunioni tenute collegialmente, quasi sempre in occasione di convegni nazionali per ottimizzare la spesa per missioni, si è discusso sia su aspetti tecnici che sulle prospettive di evoluzione del progetto e sui suoi tempi di completamento. Si sono completate le acquisizioni dei materiali per la ricerca e sono stati realizzati e testati i prototipi realizzati. Il trasporto del prototipo di imbarcazione adatta alla navigazione in acque basse è avvenuto con qualche difficoltà. Esso infatti necessita di adeguato mezzo per il traino, con spese spesso alte quando si debba traghettare il mezzo in piccole isole distanti dalla costa. Il prototipo sembra essere adatto alla navigazione in acque interne piuttosto che in mare aperto e inoltre necessita di alcune ore per il montaggio delle attrezzature e per lo smontaggio per l'allestimento in posizione di viaggio. Altro problema è la non facile reperibilità delle attrezzature per le misure a mare e della loro indisponibilità nel periodo prescelto per la campagna di misura. Ciò ha

comportato qualche difficoltà nell'uso combinato del natante con strumentazioni di diverse unità o noleggiate.

E' stato perciò testato un sistema più leggero (gommoni con piccolo motore) dotato di un sistema per supportare una sola apparecchiatura alla volta. Anche per quanto riguarda le misure dall'alto, con l'aerostato progettato e realizzato per supportare una camera ad infrarosso termico si è avuto qualche problema: ad esempio il reperimento, in zone non molto abitate, del gas necessario e delle autorizzazioni al volo oltre i 100 metri o anche della navigabilità in condizioni avverse (vento). Anche in condizioni di assenza di vento è comunque arduo avere la stessa immagine ripetuta nel tempo per oscillazioni dell'apparato di sospensione. E' stato quindi necessario eseguire più riprese cadenzate e realizzare uno stacking delle riprese con un software appositamente realizzato. Durante la fase di sperimentazione delle metodologie più indicate a fornire una ricostruzione del sottosuolo, di possibile uso museale è emersa la necessità di avere una fitta rete di misure. Ciò equivale ad usare metodologie di nuova generazione, che prevedono cioè misure in movimento o l'uso di un gran numero di canali contemporaneamente. Le misure magnetiche ad esempio sono risultate spesso poco efficaci nella ricostruzione del sottosuolo quando la distanza tra i profili e tra i punti di misura era troppo grande. I magnetometri più adatti sono risultati quelli operanti in modalità walking ad alta frequenza di campionamento trasportati lungo profili distanti al massimo 25 cm. Ovviamente ciò ha comportato la gestione della gran mole di dati con il conseguente adattamento dei software di trattamento. In campo elettrico oltre ad un prototipo realizzato per l'acquisizione di dati in movimento sia su superfici (moderatamente) accidentate che su superfici piane di materiale molto resistente come i marmi delle chiese.

Il nuovo dispositivo per tomografie elettriche in movimento utilizza la strumentazione Syscal Pro (UNICA) con 13 elettrodi contemporaneamente. In questo caso è stato risolto in modo semplice il problema della dis segnalizzazione dei mark, mentre per le misure a mare è stato risolto il problema della disposizione rettilinea degli elettrodi trascinati.

Per quanto riguarda le misure a mare non è stato possibile ottenere l'autorizzazione all'uso dei sistemi progettati e realizzati sia in Grecia che in Marocco, dove peraltro sono state eseguite solo elaborazioni di immagini dei siti portuali di Pylos e Lixus rispettivamente. Invece nell'isola di Minorca è in fase di studio l'applicazione sistematica nel porto di ciutatella.

#### PROBLEMI AMMINISTRATIVI

Il mancato accreditamento di fondi da parte del Ministero dopo il secondo anno di attività, ha di fatto limitato le azioni previste per l'ultimo anno e per il periodo di proroga concesso. Tutte le unità partecipanti al progetto appartengono infatti a strutture (Università e Consorzi di Università) che hanno problemi di liquidità e che non possono anticipare le spese del progetto. L'ultima fase, quella di visualizzazione dei dati a fini museali e quella della divulgazione dei risultati è avvenuta cercando di limitare le spese. Tutte le fasi sono state comunque realizzate nei tempi previsti (compreso quello di proroga). Il materiale acquisito è però talmente tanto che sia la produzione scientifica che l'attività di brevettazione e di realizzazione delle macchine continuerà per almeno un anno ancora, una volta ottenuti i fondi necessari. Tutte le attività che verranno condotte dopo la chiusura del progetto riporteranno comunque l'ambito entro cui sono state sviluppate. In parte la divulgazione si è espletata con l'organizzazione e la realizzazione di un convegno realizzato oltretutto in collegamento virtuale second life con alcuni interventi fuori dalla sala. Il convegno era dedicato alle Soprintendenze Archeologiche, ai Musei e alle Amministrazioni Comunali e si è tenuto nel mese di Marzo 2009. Altri seminari si sono tenuti in Sardegna (Marzo 2009), nell'isola di Minorca (Marzo 2009) e presso l'Università di Barcellona (Marzo 2009). E' stato messo a punto un sistema di ricostruzione in realtà diversa da inserire in un contesto archeologico già avviato nell'attività per turisti (Nora, Santa Maria di Neapolis o Pollentia).

#### Problemi tecnico-scientifici:

Come detto, il problema centrale che si è presentato per la fase di acquisizione è il gran numero di misure che occorre effettuare. Praticamente per avere una visualizzazione accettabile per una musealizzazione (che è il tema centrale del progetto), occorre eseguire molte misure. Se ciò è possibile facilmente con il georadar, lo è in misura molto ridotta per le misure elettriche e magnetiche, che necessitano di opportuni mezzi di trasporto e di strumenti adatti. Il prototipo di misure automatiche realizzato va verso questa direzione ma va affinato per limitare la resistenza di contatto e per poter essere impiegato in ambienti pavimentati.

Problemi tecnici sono sorti relativamente alla qualità dei dati magnetici ed elettromagnetici sia nel sito archeologico di Nora che nel sito archeologico di Pollentia. Probabilmente il contrasto delle proprietà magnetiche tra i resti archeologici e il materiale inglobante risulta basso in relazione al rumore di fondo riscontrato in questi siti. Questo ha permesso solo una parziale individuazione delle strutture sepolte, ma grazie soprattutto all'integrazione con le altre metodologie utilizzate nelle stesse aree di indagine.

Nelle misure magnetiche a mare nel sito di Motzia si sono riscontrati problemi di interferenza dei ricevitori GPS posizionati sullo stesso natante dei sensori magnetici e problemi relativi al tracciamento, con necessità di spostamento senza motorizzazione. Ciò ha comportato una certa irregolarità nella disposizione spaziale dei dati acquisiti. Il contrasto di proprietà magnetiche tra i resti archeologici presenti e l'ambiente circostante provoca un effetto magnetico probabilmente inferiore al rumore medio di fondo. In ambiente marino non è stato possibile sperimentare metodi e.m. in dominio di frequenza.

Nel sito di Pollentia è stata riscontrata una certa difformità di risposta dei due magnetometri/gradimetri utilizzati, benché dello stesso tipo e con identiche caratteristiche di targa.

La risposta dei dati e.m. in dominio di frequenza non sempre è risultata efficace per la caratterizzazione di strutture complesse.

Per quanto riguarda i problemi relativi all'elaborazione dati e/o allo sviluppo di codici si è notato che gli algoritmi di elaborazione e.m. ID non sono adattabili agli scopi della ricerca; occorre necessariamente ricorrere allo sviluppo di codici 2D.

Gli stessi problemi sono stati riscontrati anche nelle elaborazioni di misure elettriche e nella visualizzazione dei dati.

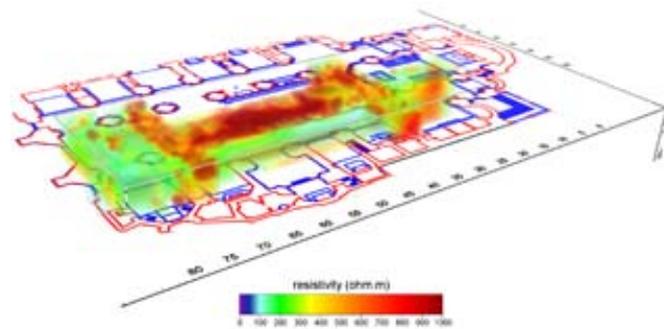
Sono stati anche affrontati problemi di formato dei file subbottom, problemi che limitano la immediata visualizzazione dei dati. E' stato realizzato un software di trasformazione dei dati in formato ASCII. Ciò consentirà di adoperare i dati anche per scopi sedimentologici e idrogeologici.

## Risultati conseguiti

Tipologia del risultato	SI/NO	Descrizione
<b>2.1 nuove idee, nuove conoscenze, nuovi modelli interpretativi di fenomeni complessi;</b>	SI	<p>In questo progetto sono stati ideati diversi sistemi di analisi del territorio, tutti innovativi:</p> <p>1) Una prima idea riguarda le misure di tomografia termica a distanza ed è basata su misure termiche in time lapse che mostrano incoraggianti opportunità: l'utilizzazione dei gradienti di temperatura come quarta dimensione per la realizzazione di tomografie termiche 3D consente di penetrare nel sottosuolo o all'interno di strutture murarie oltre la parte pellicolare. Inoltre è possibile anche realizzare un sistema di generazione di onde di calore e usare lo strumento termico alla stessa stregua di metodi sismici (UNICA). Naturalmente per l'indagine del sottosuolo occorre disporre di riprese aeree. Tralasciate le osservazioni da satellite per l'inadeguatezza della risoluzione possibile da satelliti geostazionari, e quelle da elicottero perché troppo costose si è fatto ricorso all'uso di mongolfiera o meglio di un pallone aerostatico, su cui è stata montata una termocamera ad Infrarosso termico e una camera fotografica da 10 Mpixel (a suo tempo ad altissima risoluzione). Il sistema può essere portato a 100 metri d'altezza. Con l'uso di un grandangolo è possibile ottenere una immagine di un'area pari a 43 x 70 metri (circa 3000 metri quadrati). Il sistema può essere trascinato da una persona a terra che cammini ad esempio lungo un profilo o reso stabile con l'ancoraggio ad appositi supporti. In questo caso per evitare le ampie rotazioni è stato ideato un sistema di ancoraggio al pallone che permette solo piccole oscillazioni. Ciò nonostante l'area inquadrata nel tempo non è mai la stessa. E' però possibile con l'uso di adeguato software ottenere la ripetibilità pixel per pixel. Per le riprese notturne l'area inquadrata è visualizzata da un cavo in cui viene fatta passare corrente. Il pallone è dotato di un sistema di comunicazione che consente di visualizzare a terra l'immagine ripresa dall'alto.</p>



2) Lo sviluppo di nuovi array elettrici 2D e 3D (MYG) per l'acquisizione di misure di resistività in corrente continua e per l'elaborazione tomografica dei dati nell'applicazione a siti archeologici (UNIPA). Il dispositivo consente di eseguire una indagine più in profondità rispetto agli altri dispositivi finora utilizzati a parità di area disponibile e di avere oltretutto una migliore risoluzione. Il sistema è stato applicato con successo per la prima volta, in un'area di ambiente mediterraneo (Tarragona) dove l'unità di Palermo ha operato nello stesso periodo in cui il resto dell'unità operava a Pollentia. I risultati sono stati decisamente più evidenti di un normale rilievo tomografico elettrico. Il metodo ha consentito di individuare le strutture del tempio di Augusto sotto il pavimento della Cattedrale di Tarragona.



Questo dispositivo è risultato veramente efficace nel riconoscimento di strutture archeologiche. Per poter realizzare questi stendimenti però si è reso necessario adattare la strumentazione in possesso, realizzare cavi particolari e mettere a punto software di gestione e di inversione dei dati.

3) Lo sviluppo di una metodologia di analisi dei dati sismici e georadar che possa consentire di riconoscere un sito archeologico determinando la sua firma spettrale nel dominio dei metodi a campo d'onda (UNICA). Il metodo consiste nell'utilizzare tutta la traccia radar o sismica e non solamente il tempo di primo arrivo. L'analisi spettrale del segnale intero può consentire di caratterizzare lo strato archeologico in cui si sono mosse le onde elettromagnetiche o sismiche. Ogni strato è infatti caratterizzato da proprietà fisiche che dipendono dal grado di compattazione, dai materiali usati, dagli eventi cui è stato sottoposto. L'analisi spettrale consente di definire un fattore di qualità proprio dell'orizzonte cui si riferiscono onde e percorsi. Il metodo è stato applicato per la prima volta a Nora dove sussistono sovrapposizioni di civiltà. Il ricorso a tale metodo di caratterizzazione ha permesso di ottenere dalla superficie fattori di qualità per i diversi strati archeologici.

4) Lo sviluppo di tecniche microgeofisiche per la caratterizzazione di oggetti di piccola e media dimensione come vasi, statue (UNIPA), determinando l'impronta sonora del mezzo. Tale sistema consente il riconoscimento univoco dell'oggetto, con grande utilità per la conoscenza della sua integrità e il suo monitoraggio nel tempo.

5) lo sviluppo di tecniche termiche per la caratterizzazione di oggetti di piccola e media dimensione o di murature (UNICA), determinando la velocità di diffusione del calore nel mezzo.

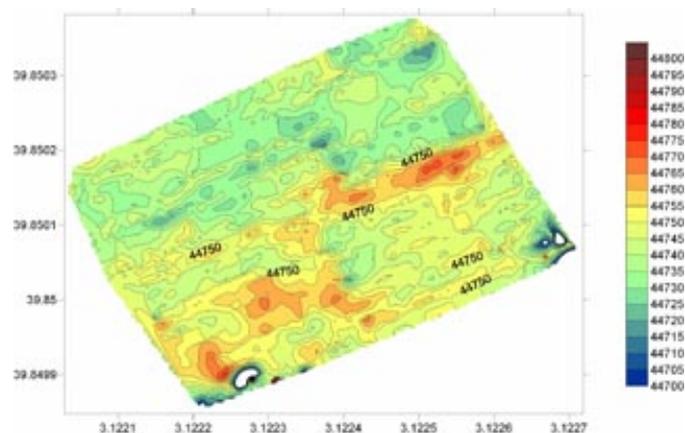
6) la realizzazione di uno scafo a basso pescaggio a alimentato da un paramotore aereo. Il natante può navigare in acque poco profonde, addirittura sotto i 30 centimetri. Dopo una prima fase di progettazione che prevedeva l'uso di apparato multi beam e di side scan sonar, si è realizzato un sistema capace di supportare unicamente un penetratore di fanghi (sensore subbottom profiler). Le acque molto basse infatti avrebbero limitato fortemente le aree indagate con conseguente aggravio del numero di percorsi da effettuare. Successivamente il natante è stato dotato di sistema di ecoscandaglio e di magnetometro Overhauser e solo recentemente di sistema di tomografie elettriche in movimento. Il sistema appare insostituibile in acque interne (lagune) mentre è difficilmente manovrabile in acque più profonde. L'uso contemporaneo di ecoscandaglio e GPS e di un conseguente software di trattamento dei dati ha consentito di ottenere una maggiore risoluzione e una visualizzazione più dettagliata. Tutto ciò ha però comportato uno studio adeguato sulla sensoristica e dei software di trattamento dei dati (CONISMA).



7) Malgrado gli accorgimenti utilizzati, il sistema del natante unico per tutti i tipi di misura è stato accantonato. Soprattutto per le misure magnetiche, che sono condizionate dalla presenza di elementi magnetici a bordo è problematico avere dati di una certa affidabilità. Si è perciò costruito un supporto per sensori magnetici (POLITO) posti affiancati su una imbarcazione leggera amagnetica trascinata da un altro natante o mossa a remi o spinta a mano per acque poco basse (è il caso di Mozia). Il sistema è corredato comunque di sistema GPS per la georeferenziazione delle misure.



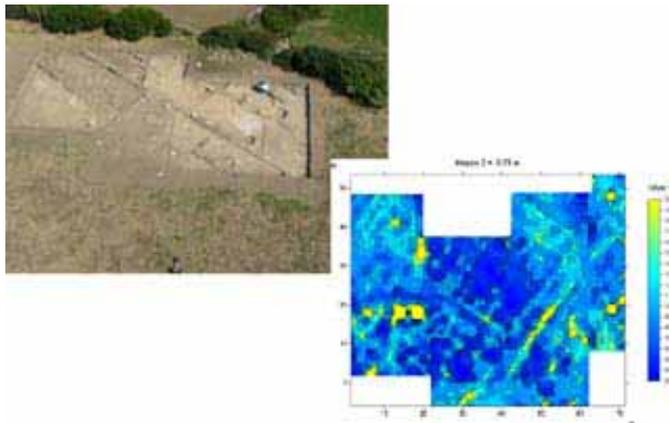
Un analogo sistema è stato realizzato per le misure a terra. Naturalmente esso è stato montato su un carrello di alluminio spinto a mano. Il vantaggio (notevole) è la possibilità di eseguire prospezioni su vaste aree in tempi relativamente brevi, ed economizzando sul percorso dell'operatore (POLITO). I Risultati che si riferiscono alla prospezione eseguita a Pollentia mostra chiaramente le strutture di una parte della città non ancora scavate



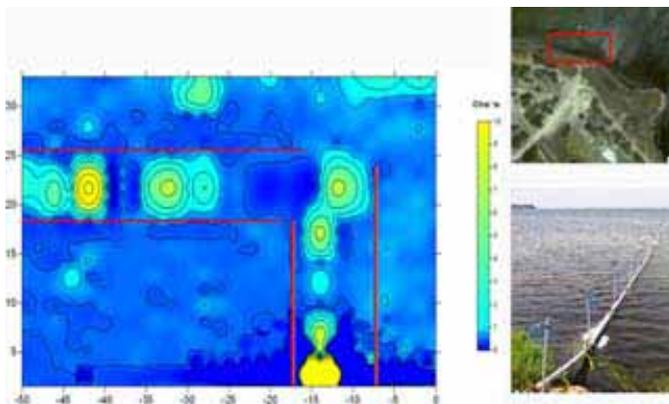
8) la realizzazione di misure elettriche in modo continuo sia in acqua, con dispositivi posti sulla superficie e trascinati da un natante, sia a terra con dispositivi rotanti. Ciò ha comportato uno studio adeguato sul tipo di elettrodo di corrente che su quello di potenziale e l'adattamento della strumentazione in dotazione per le misure con alta resistenza di contatto (UNICA).



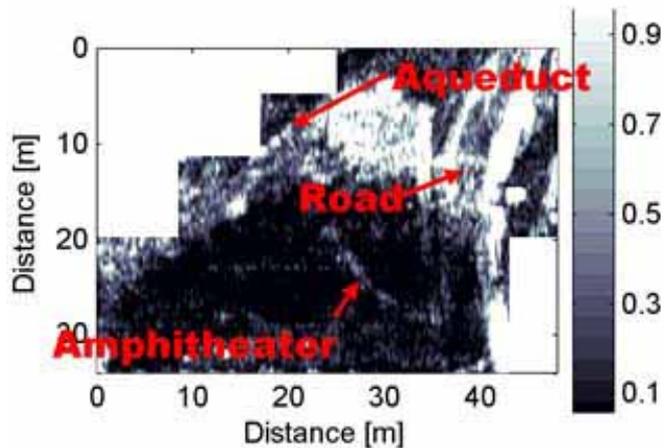
*Le aree indagate nel presente progetto sono state in ordine:  
 Santa Maria di Neapolis, in Sardegna, nota dal punto di vista storico-epigrafico ma scavata solo in alcuni punti (un'area di 15 metri per 10 metri in oltre 5 anni con un costo notevole!). L'uso di tomografie elettriche 2D, affiancate ha consentito di ricostruire le strutture accanto all'area scavata, mettendo in luce il probabile foro e forse strutture teatrali. Le immagini del sottosuolo ottenute sono già utilizzate dagli archeologi per uno scavo guidato. La conoscenza a priori delle strutture presenti consente agli archeologi di operare con maggiore celerità e quindi in modo più economico. Le immagini relative alla prospezione geofisica furono ottenute da un insieme di oltre 100 tomografie elettriche eseguite in più riprese su un'area di circa 4000 metri quadrati, per un totale di 8 giorni operativi.*



*Successivamente sono stati indagati i siti di Mozia (Sicilia), Nora (Sardegna) e Pollentia (Majorca).  
 A Mozia la sperimentazione è stata condizionata da impedimenti logistici (permessi di operare sul posto da parte di ben 7 diversi enti). Piuttosto che mettere in luce una struttura o un'altra ancora si è preferito orientare la prospezione verso la verifica di nuovi dispositivi di misura in condizioni difficili. Ciò malgrado sono state messe in luce strutture importanti anche con metodi sperimentali.*

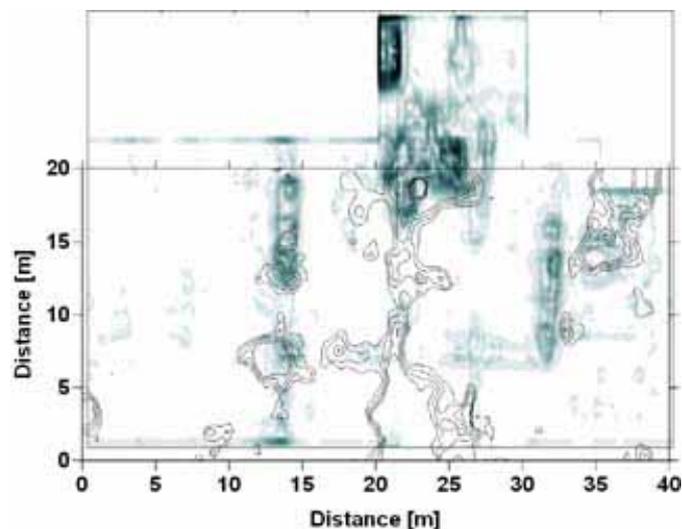


*A Nora sono state indagate sia una parte a terra che alcune parti a mare con nuovi strumenti e metodi, alla ricerca del porto dell'antica città ancora non rinvenuto e dell'anfiteatro di cui si hanno notizie di esistenza e di scavo in tempi molto remoti.*



La prospezione è stata effettuata nella zona compresa tra la laguna e la spiaggia, con georadar IDS utilizzando un'antenna da 200 MHz. La prospezione doveva servire all'individuazione dell'anfiteatro, il cui scavo era già documentato in passato ma senza i riferimenti topografici. Per superare gli effetti della scarsa penetrazione del segnale per la presenza di acqua di mare, le misure sono state effettuate lungo profili paralleli equispaziati di 50 cm e integrati con dati lungo profili perpendicolari. Per una migliore integrazione dei dati l'antenna è stata dotata di un'antenna GPS differenziale, che ha consentito anche la collocazione della misura con la precisione del centimetro. Nella figura è rappresentata una delle slices ricavate (collocata a 1,1 metro di profondità)

E' chiara la presenza di un'antica strada, di un probabile acquedotto e dell'anfiteatro cercato, in corrispondenza di una ellisse. Lo scavo successivo ha confermato, anche in profondità la sezione georadar. Infine, è stato esplorato il sito di Pollentia (Isola di Maiorca) di cui è palesata solo una piccola parte della città (oltretutto scavata in oltre trent'anni). In questa antica città, aperta ai visitatori, ma dove la parte scavata in tanti anni è, a fronte di investimenti cospicui, molto ridotta, c'era (e c'è) l'interesse per una musealizzazione in itinere mediante visualizzazione in realtà diversa. Pertanto si è concentrata l'attenzione alla realizzazione di questa possibilità. I successi ottenuti hanno indotto alcuni archeologi responsabili del sito a formulare un progetto di interesse nazionale in cui le unità partecipanti a questo FIRB sono state inserite come esperti. Le prospezioni a Pollentia hanno mostrato l'esistenza di una parte della città romana, adiacente alla parte scavata, cioè al foro, su cui giacciono strutture murarie relative a due torri della cinta muraria araba. In questo caso la ricostruzione 3D ha consentito di individuare strutture sovrapposte di origine ed età diversa.



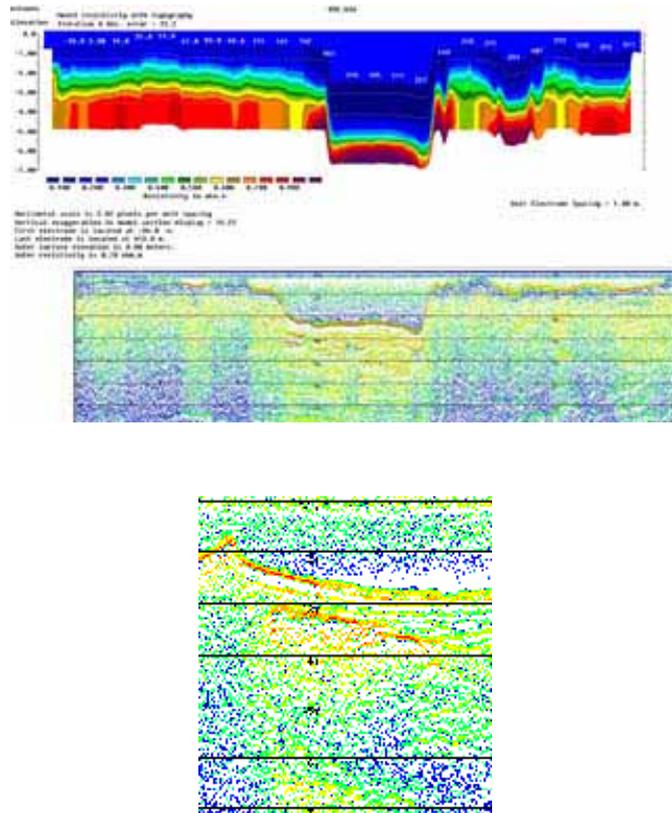
E' stata inoltre individuata la prosecuzione della città nella parte sud, a circa 300 metri dalla parte già conosciuta. La direzione delle strutture, identica a quella delle strutture già scavate, apre interessanti scenari: è probabile infatti che il terreno intermedio sia anch'esso interessato da presenze archeologiche e quindi sia di interesse per l'esplorazione archeologica e lo scavo; si aprono inoltre interrogativi di interesse sulle capacità topografiche dei pianificatori e urbanisti romani anche in presenza di colline e ostacoli in genere e ancor più importanti interrogativi per sapere l'estensione della città e in quale parte e in che direzione cercare il porto antico.

## 2.2 realizzazione di nuova strumentazione scientifica e/o di dispositivi avanzati;

SI

Nell'area di Santa Maria di Neapolis, già esplorata negli anni passati, era stato applicato con successo il metodo delle tomografie elettriche. Pur se molto veloce ed economico rispetto alla prospezione archeologica e anche se la ricostruzione alle diverse profondità è di grande effetto, il sistema è apparso comunque dispendioso di energie sul campo e in laboratorio. Si è cercato quindi di realizzare un sistema mobile che consentisse di effettuare tomografie in tempo reale fino alle profondità di interesse archeologico. L'obiettivo fissato era quello di esplorare la stessa area in un solo giorno e di fornire un'interpretazione quasi in tempo reale. Ciò sarebbe molto utile nel caso della archeologia d'urgenza. Il sistema progettato, che prende spunto da studi effettuati in passato, è snello e agile anche se per ora non motorizzato e quindi ancora faticoso. Esso comunque, al contrario dei nuovi sistemi guidati da un pad (che richiedono addirittura un tir per il trasporto, con chiaro appesantimento nel trasporto in zone disagiate) può risultare efficace soprattutto in campo archeologico e in situazioni morfologiche e geologiche complesse. Il sistema realizzato ha 7 elettrodi rotanti ed è molto versatile: è infatti possibile utilizzarlo sia sul campo che su pavimenti (con elettrodi diversi) e con diversi dispositivi.





Lo strumento usato è un eco-sounder che ha come frequenza primaria 100 kHz e secondaria da 5 a 15 kHz. Il campo di frequenza di lavoro prescelto è stato di 6-8 kHz che consente una discreta penetrazione del segnale. Il segnale generato penetra in modo diverso a seconda delle linee e lungo le stesse e questo è dovuto all'interferenza da parte di vegetazione subacquea posta sul fondo della laguna che assorbe il segnale.

Praticamente sulle stesse linee è stato eseguito un rilievo di tipo elettrico. Come noto tale sistema difficilmente penetra in ambiente poco resistivo come l'acqua di mare. Tenuto conto però che la resistività dell'acqua nella laguna, per l'apporto anche di acque "dolci", non scende sotto i 2 Ohm \* m è stato possibile eseguire una prospezione dalla superficie ed avere anche una discreta penetrazione. L'apparato utilizzato è costituito dal sistema di registrazione Syscal Pro collegato al Sysmar Package con appositi cavi "marini" impermeabili con 13 take outs a tenuta posti a due metri di distanza l'uno dall'altro. Lo strumento è stato collegato ad un GPS tipo Garmin 420S a sua volta collegato con un sounder posto sullo scafo dell'imbarcazione. In tal modo è stato possibile acquisire misure georeferenziate e corredate dei valori batimetrici. E' stato utilizzato il software di acquisizione Sysmar della Iris Instruments con una sequenza programmata di quadripoli denominata "Reciprocal Wenner Array" che ottimizza le acquisizioni in modalità continua. Le misure sono state eseguite dalla superficie dell'acqua sostenendo il cavo mediante una serie di galleggianti sfruttando il semplice attrito con l'acqua di mare. Inoltre un semplice ed efficace sistema utilizzato anche dai pescatori ha consentito al cavo di restare in linea retta, assicurando perciò una costanza delle distanze dalla sorgente e quindi misure precise ed affidabili.

Durante la navigazione è possibile visualizzare direttamente e in tempo reale la sezione tomografica.

Il sistema è ancora però da verificare per l'uso in mare aperto con resistività molto basse.

I risultati sono stati promettenti e nel caso di studio ha fornito indicazioni di sicuro interesse archeologico. E' stato messo infatti in luce il sistema di canali che doveva costituire il porto dell'antica città.



Nelle due sezioni mostrate nelle figure sono mostrati sia gli esiti del rilievo sub bottom che quello delle tomografie elettriche.

Entrambe mostrano una anomalia di una certa importanza probabilmente riferibile ad un canale forse di età punica.

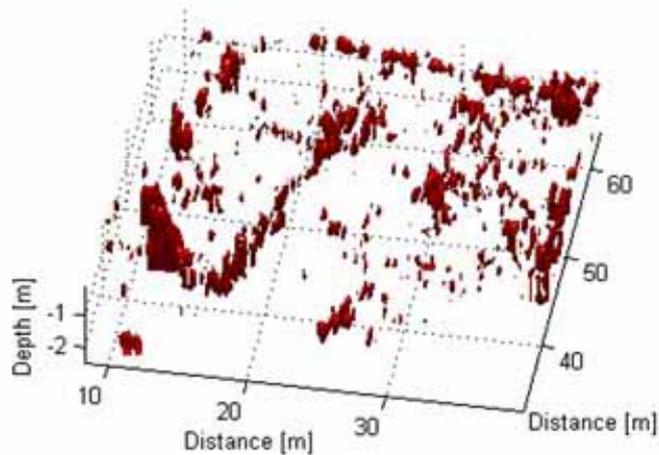
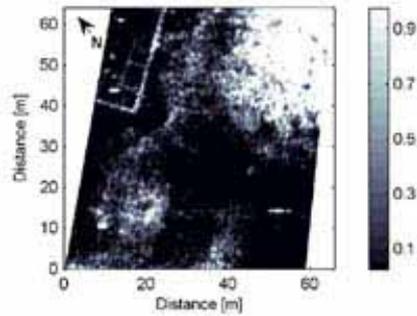
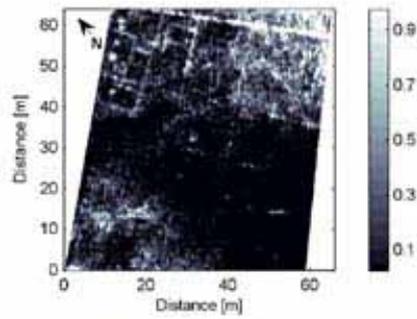
Nell'area di Pollentia, nell'isola di Maiorca sono state effettuati rilievi a terra utilizzando diversi metodi e sono state indagate altre porzioni di territorio con il metodo georadar e con l'elettromagnetometro CMDI della GF Instruments di Brno (repubblica ceca). E' stata inoltre effettuata una ricostruzione delle strutture sepolte sovrapponendo gli esiti delle prospezioni e adottando speciali filtri (Sobel). Il risultato eclatante anche per quanto riguarda la visualizzazione che risulta chiara anche in termini quantitativi, apre nuovi scenari e nuove interpretazioni sotto l'aspetto archeologico.

### 2.3 messa in opera di

SI

Sono state applicate metodologie integrate di elaborazione di dati magnetici e elettromagnetici per la minimizzazione delle ambiguità interpretative insite nelle singole metodologie. In particolare si sono sperimentati metodi di individuazione degli oggetti sepolti attraverso elaborazione 2D e 3D con il metodo di Eulero.

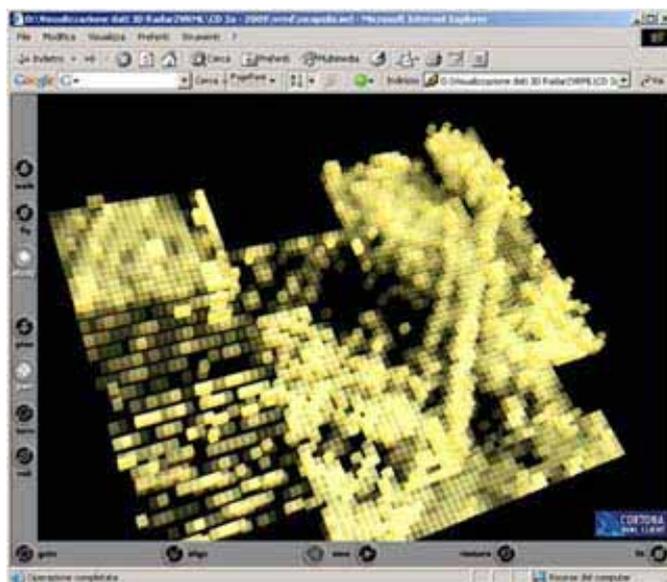
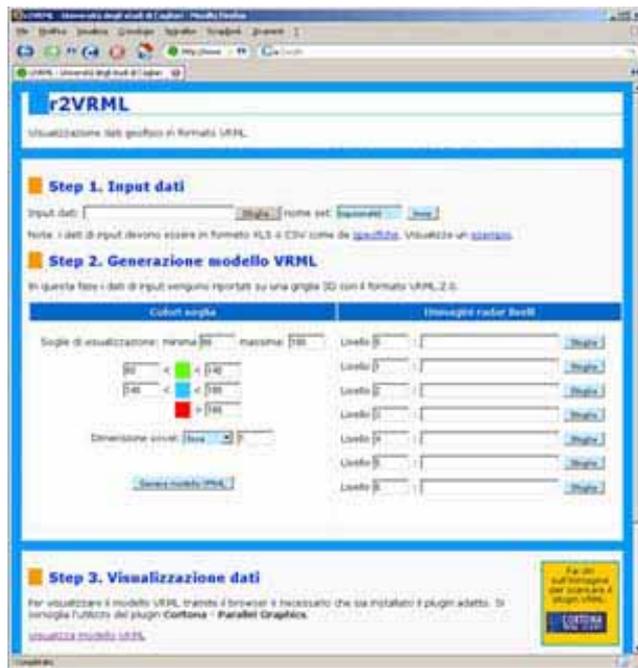
<b>metodologie scientifiche avanzate;</b>		<p><i>E' stata effettuata un'analisi delle mappe magnetiche ed elettromagnetiche mediante l'utilizzo congiunto delle trasformate di Fourier bi-dimensionale e Radon per l'individuazione di strutture sepolte allineate.</i></p> <p><i>E' stata eseguita una Cross-correlazione di mappe magnetiche sintetiche di strutture di forma semplice con le mappe sperimentali per evidenziare eventuali strutture sepolte.</i></p> <p><i>Sono state avviate misure elettriche in acqua di mare con elettrodi posti in superficie o sul fondo e con analisi in tempo reale delle sezioni tomografiche.</i></p> <p><i>E' stato realizzata un'implementazione di un nuovo array geoelettrico, denominato MYG, per l'ottimizzazione della fase di acquisizione in termini di numero di misure e della risoluzione ottenuta. I test sono stati eseguiti utilizzando i modelli archeologici rilevati nei siti di indagine.</i></p> <p><i>E' stato dato avvio allo sviluppo di un software per l'elaborazione di dati geoelettrici 3D acquisiti con stendimento MYG, comprendente l'analisi dei dati, l'analisi degli errori con vari tipi di parametrizzazioni, l'eliminazione dei dati non congrui.</i></p> <p><i>Inoltre il programma iniziale prevedeva l'applicazione dei metodi di Eulero/Wavelet/Segnale analitico per una prima interpretazione semiautomatica di dati magnetici e elettromagnetici. Tale fase è propedeutica alla applicazione di metodi di modeling e inversione 2D e 3D dei dati magnetici e inversione 1D e 2D dei dati ELMAG.</i></p> <p><i>Rispetto a tale programma è stato realizzato:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>-un codice di calcolo per elaborazione con metodo di Eulero e segnale analitico, da testare in modo approfondito sui dati elettromagnetici ricavati dalle campagne di acquisizione mag ed elmag di Pollentia;</i></li> <li><i>-un codice di calcolo per elaborazione di dati magnetici 2D, testato su dati magnetici ricavati da altre campagne di misura e non sui dati delle recenti misure a causa della ridotta qualità dei dati disponibili (POLITO).</i></li> </ul> <p><i>Non è stato possibile applicare metodi di modeling a inversione 3D sui dati magnetici a causa del rumore magnetico presente sui dati acquisiti nel sito di Pollentia.</i></p> <p><i>Infine, si sta procedendo con lo studio relativo dei dati MAG e ELMAG ed alla ottimizzazione delle procedure di interpolazione 3D mediante algoritmi di cokriging di contrasti di suscettività magnetica e dei parametri dei segnali elettromagnetici (ampiezza e fase) con cross-validazione di tutte le variabili. In particolare si sono preparati il codice di calcolo in ambiente Matlab e i codici di calcolo con relativa interfaccia grafica per il rendering 3D delle strutture archeologiche sepolte (POLITO).</i></p>
<b>2.4 realizzazione di prototipi;</b>	SI	<p><i>Molti dei dispositivi avanzati descritti sono prototipi costruiti all'interno di questo progetto. I sistemi amagnetici di misura a terra e mare, l'imbarcazione a basso pescaggio, il sistema di misure elettriche in mare con elettrodi posti sul fondo, il sistema di misure elettriche in mare (o comunque in acqua), con elettrodi posti in superficie, il sistema montato su aerostato per l'esecuzione di tomografi e termiche, il sistema MYG per tomografie elettriche 2D e 3D ad alta penetrazione, i dispositivi elettrici rotanti, i generatori di onde di calore, i sistemi per determinare l'impronta sonica di un oggetto, oltre ai codici numerici per la gestione e il trattamento dei dati, sono prodotti di questo progetto.</i></p>
<b>2.5 sintesi di nuove molecole e/o di materiali artificiali;</b>	NO	<p><i>Non si sono svolte ricerche su nuove molecole e/o su nuovi materiali</i></p>
<b>2.6 proposta di nuove tecnologie;</b>	SI	<p><i>Nell'ambito di questo progetto sono state proposte nuove tecnologie di analisi del territorio: un sistema aereo per la misura della temperatura del suolo nel tempo, un sistema per definire l'impronta sonica di un oggetto archeologico, una metodologia di misura continua della resistività a mare e a terra che utilizza le proprietà dei georesistivimetri di nuova generazione, una piattaforma per misure geofisiche in acque basse.</i></p>
<b>2.7 contributo all'innovazione della produzione di beni e servizi;</b>	SI	<p><i>Tutte le ricerche effettuate rappresentano un contributo all'innovazione della produzione di servizi. La nascita di spin off in tutte le sedi universitarie sull'argomento del progetto (DIASIS a Palermo già operativo, GAMUT a Torino e DIAGNOSYS a Cagliari in fase di formalizzazione) testimoniano tale contributo. Si tratta di strumenti al servizio della conoscenza dei beni culturali per una loro conservazione.</i></p>
<b>2.8 sviluppo di software innovativo;</b>	SI	<p><i>E' stato impostato un software per la gestione a distanza di una termocamera all'infrarosso termico, montata su pallone aerostatico.</i></p> <p><i>E' stato anche realizzato il software di gestione di un dispositivo per la realizzazione di onde termiche.</i></p> <p><i>E' stato impostato e realizzato un software per la realizzazione di tomografia termica.</i></p> <p><i>Sono stati inoltre realizzati: un codice di calcolo per elaborazione con metodo di Eulero e segnale analitico e un codice di calcolo per elaborazione di dati magnetici 2D.</i></p> <p><i>E' stato realizzato un codice di calcolo per l'inversione dei dati elettrici nella configurazione MYG.</i></p> <p><i>Per la visualizzazione e la divulgazione dei risultati delle indagini svolte, si è proceduto alla messa a punto di algoritmi per la rappresentazione 2D e 3D dei dati elaborati. Le procedure di calcolo sono state finalizzate ad evidenziare le strutture archeologiche sepolte attraverso l'applicazione di metodi geostatistici di analisi dei dati e di tecniche di elaborazione di immagine.</i></p> <p><i>Per quanto riguarda la rappresentazione dei risultati e la visualizzazione 3D, sono state realizzate opportune interfacce grafiche al fine di rappresentare le diverse interpretazioni dei dati magnetici ed elettromagnetici in modo dinamico con possibilità di visualizzare le immagini da diversi angoli di visuale e prospettive differenti.</i></p>

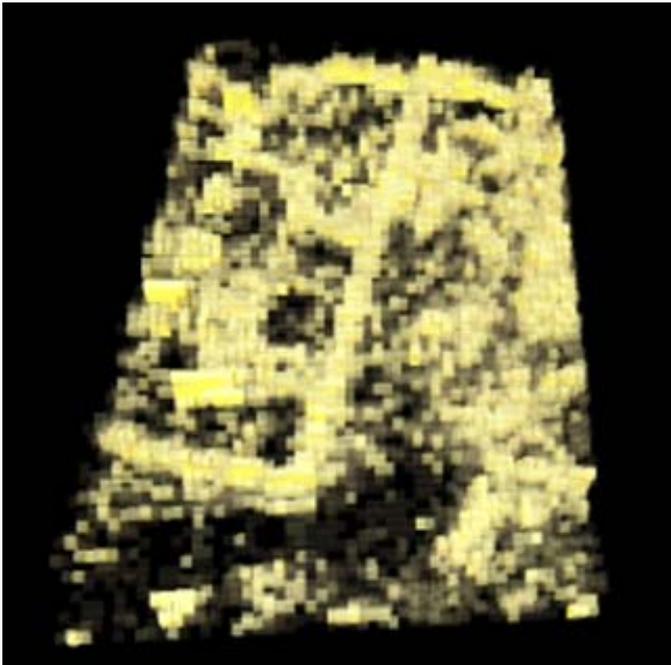


*E' stato realizzato un software per la visualizzazione dei risultati in realtà diversa. Il software r2VRML è una applicazione web realizzata in linguaggio PHP che consente di esportare i dati tabellari (in formato ASCII o XLS) provenienti da rilievi geofisici in un ambiente grafico tridimensionale esplorabile. Il formato utilizzato per la rappresentazione 3D è il VRML che può essere agevolmente utilizzato tramite un comune browser.*

*Attraverso l'interfaccia del software web è possibile definire i valori numerici di soglia e la scala di colori da utilizzare per la rappresentazione del modello.*

*Le immagini fotografiche del sito archeologico e le viste tridimensionali elaborate graficamente vengono montate in una applicazione Flash che, attraverso un'interfaccia multimediale semplice e intuitiva, consente la visualizzazione delle fotografie del sito con la scelta delle viste e delle ricostruzioni 3D, la comparazione con i dati strumentali ecc. e con l'eventuale rilievo laser scanner delle parti già scavate e riprodotte in formato digitale. Ciò consente una integrazione delle mappe ottenute con la geofisica con la rappresentazione delle parti già scavate e una ricostruzione complessiva non interpretata ma "misurata". I dati devono però essere prodotti di un ampio campionamento spaziale. Perciò i dati georadar sono sicuramente più efficaci che non i dati elettrici. Nelle figure successive infatti si nota la migliore definizione del metodo applicato a Pollentia utilizzando i dati georadar rispetto a quello relativo a Santa Maria di Neapolis ove è stato applicato il metodo della tomografia elettrica.*



		
<b>2.9 altri risultati e/o precisazioni;</b>	SI	<p>La laguna di Nora è stata studiata tramite tecnologie basate sull'acquisizione di dati Sub Bottom Profiler e dati geoelettrici in configurazione tomografica con elettrodi galleggianti trainati.</p> <p>Si sono scelti questi due metodi in quanto offrono per acque così basse (0,5-1,5 metri di profondità) la sicurezza di ottenere dati interpretabili, mentre gli altri metodi proposti in partenza non sono applicabili in condizioni così estreme, dove il rumore di fondo è predominante.</p> <p>Le linee allegate sono tutte invertite utilizzando la LF (bassa frequenza) che permette di avere una buona visione in profondità con una limitata (e accettabile) perdita in risoluzione.</p> <p>La prima riflessione che si nota in modo marcato rappresenta il fondale (batimetria), le altre rappresentano le stratificazioni presenti (se presenti). Si possono agevolmente notare anche anomalie di un certo interesse dove il segnale riesce a penetrare. Ad esempio nel caso della linea 2 dove si può osservare un affossamento che potrebbe corrispondere ad un canale o addirittura ai moli di un porto. E' certamente di grande interesse il fatto che questo canale sia confermato dal rilievo elettrico effettuato. Al disotto del canale nella sezione sub bottom si nota un'anomalia all'interno di stratificazioni di forma stretta ed allungata in senso verticale non facilmente attribuibile a strutture geologiche.</p> <p>Sicuramente il rinvenimento di questo canale rappresenta un fatto di indubbio interesse archeologico. Certamente sarebbe interessante conoscere se si tratta di un canale naturale o artificiale e in questo caso l'epoca di costruzione. Sarebbe interessante inoltre conoscere la natura dei sedimenti del fondo e la causa dell'anomalia individuata all'interno dei sedimenti. ulteriori indagini geoelettriche hanno permesso di ricostruire in tre dimensioni i canali di accesso al porto e i moli relativi.</p>

## Note

I processi di visualizzazione e i sistemi di musealizzazione che utilizzano i metodi geofisici applicati hanno mostrato una possibilità di utilizzo dei dati ricostruiti anche per una musealizzazione in realtà diversa. Il progetto appare quindi fattibile anche sotto questo aspetto importante. Si sono seguite più vie, una che utilizza software commerciali (tipo EVS, Environmental Visualisation System), che però hanno il limite di licenza per accedere al modello interattivo e una che si basa su una piattaforma basata su tecnologie vrml che consente la navigazione all'interno dei dati digitali e una divulgazione migliore perchè libera da licenze. Altro percorso possibile è la rappresentazione dei dati oltre che con superfici di rappresentazione matematica simbolica, anche con obiettivi di ricostruzione virtuale dei litotipi e delle strutture presenti.

## Modalità con le quali si documentano i risultati

Modalità	SI/NO	Descrizione
<b>3.1 pubblicazioni scientifiche;</b>	SI	<p>I risultati di questo progetto sono documentati dalle seguenti pubblicazioni scientifiche:</p> <p>RANIERI G., 2005. <i>Indagini Geofisiche a Neapolis. Splendidissima Civitas Neapolitanorum</i>. Collana del Dipartimento di Storia dell'Università di Sassari a cura di Raimondo Zucca. Carocci Editore. ISBN: 88-430-3599-1, pp 232-244.</p> <p>RANIERI G., SHARPE L, TROGU A, PIGA C. (2006). <i>Time lapse electrical resistivity tomography to delineate mud structures at archaeological sites</i>. <i>Near Surface Geophysics</i> ISSN:1569-4445 ,VOL.5(6), 375-382.</p> <p>RANIERI, G., SHARPE, L., TROGU, A., &amp; PIGA, C. (2007). <i>Time-Lapse electrical resistivity tomography to delineate mud structures in archaeological prospections</i>. <i>Near Surface Geophysics</i>,</p> <p>RANIERI G.; LODDO F.; GODIO A.; STOCCO S.; COSENTINO P.; CAPIZZI P.; MESSINA P. (2007). <i>Musealisation of the ancient archaeological and monumental heritage of the Mediterranean area via innovative methodologies</i>. <i>Journal of Archaeological Science</i> . In Press</p> <p>CAPIZZI P, COSENTINO P. L., FIANDACA G, MARTORANA R., MESSINA P, VASSALLO S (2007). <i>Geophysical investigations at the Himera archaeological site, northern Sicily</i>. <i>NEAR SURFACE GEOPHYSICS</i>, vol. 5; p. 417-426, ISSN: 1569-4445.</p> <p>PIRO S., SAMBUELLI L., GODIO A., TAORMINA R., 2007. <i>Beyond image analysis in processing archaeo-magnetic geophysical data</i>, <i>Near Surface Geophysics</i> 5, 405-416, ISSN: 1569-4445</p>

		<p>COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZI (2007). <i>Misure geofisiche utili al progetto di restauro</i>. In: A CURA DI GUIDO MELI. <i>Progetto di recupero e conservazione della Villa Romana del Casale di Piazza Armerina. I quaderni di Palazzo Montalbo</i>. vol. 12/1, p. 92-96, PALERMO: Regione Siciliana, ISBN/ISSN: 978-88-88-88559-79-7.</p> <p>SAMBUELLI L., LEGGIERI S., CALZONI C., PORPORATO C., 2007. <i>Study of riverine deposits using electromagnetic methods at a low induction number</i>. <i>Geophysics</i>, 72, B113-B120.</p> <p>RANIERI G., DEIANA R., PIGA C. (2008). <i>NON-CONTACT MICRO-GEOPHYSICAL MEASUREMENTS IN THE STUDY OF WALL STRUCTURES</i>, <i>Environmental Semeiotics</i> 1(2), 154-176</p> <p>CAPIZZI P., COSENTINO P.L. (2008). <i>GPR multi-component data analysis</i>. <i>Near Surface Geophysics</i> 2008, vol. 6; 87-95. ISSN: 1569-4445.</p> <p>STOCCO S., GODIO A., SAMBUELLI L., 2009. <i>Modelling and compact inversion of magnetic data: a Matlab code</i>. [in stampa sulla rivista <i>Computers &amp; Geosciences</i>]</p> <p>RANIERI G. (2009)- <i>La conoscenza del territorio. L'area tra via Fara e via Santa Margherita in Stampace. Workshop internazionale di Restauro Architettonico e Urbano. Antiche ferite e nuovi significati. Cagliari e la città storica</i>. Gangemi Editore. Volume Progetti; pp 53-57. ISBN 978-88-492-1612-7</p>
<b>3.2 pubblicazioni su supporto informatico (CD, web, etc);</b>	SI	<p>All'inizio del progetto sono stati immediatamente attivati i siti web: <a href="http://www2.polito.it/ricerca/engel/prog/firb.htm">www2.polito.it/ricerca/engel/prog/firb.htm</a> su nodo polito e <a href="http://www.servergeof.unica.it/apache2-default/dummy-">http://www.servergeof.unica.it/apache2-default/dummy-</a> su nodo UNICA . Tali siti sono stati disattivati per problemi interni alle Università dove erano accessi. Nell'ultima fase del progetto è stato attivato il sito <a href="http://people.unica.it/firb">http://people.unica.it/firb</a> su piattaforma people dell'Università di Cagliari. Sul sito sono riportati i risultati ottenuti distinti anche per unità.</p>
<b>3.3 edizioni critiche, lessici, liste di frequenza, etc;</b>	NO	<p>Non sono state realizzate edizioni critiche, lessici e liste di frequenza</p>
<b>3.4 rapporti tecnici e/o progetti;</b>	SI	<p>L'evoluzione del tema trattato nell'ambito di questo progetto FIRB è stato presentato a Roma all'Academy Italiana il 27 Novembre 2007. Il titolo della presentazione è stato: <b>MUSEALISATION in ASSISTED REALITY of MONUMENTS INACCESSIBLE TO DISABLED TROUGHT THEIR RECONSTRUCTION VIA INNOVATED NON-INVASIVE METHODS "</b></p> <p>E' stato presentato un progetto nell'ambito della progettazione integrata della regione Sardegna "Le porte dell'Isola" e altro sul protocollo di intesa Università Regione Sardegna sullo stesso tema e sono in fase di definizione progetti europei con i Paesi dell'area mediterranea.(Progetti ENPI)</p> <p>Un ulteriore progetto sarà avanzato sul tema del riconoscimento spettrale di strati archeologici e manufatti nel programma ICT.</p>
<b>3.5 brevetti;</b>	SI	<p>Deposito di due brevetti all'Università degli Studi di Palermo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brevetto dell'impronta sonica n° 8040PTIT</li> <li>2. Brevetto della GTT n° 8041PTIT</li> </ol> <p>Inoltre un sistema di qualificazione multispettrale è in fase di brevettazione presso l'Università di Cagliari e un sistema di qualificazione termica è in fase di brevettazione presso l'università di Cagliari.</p> <p>Un sistema di adattamento automatico delle immagini time lapse termiche è in brevettazione presso l'Università di Cagliari. I prototipi prima descritti sono in fase di brevettazione presso l'Università di Cagliari (2), presso il Politecnico di Torino (1) e presso l'Università di Milano Bicocca (1)</p>
<b>3.6 comunicazioni a congressi nazionali;</b>	SI	<p>RANIERI G., AKERRAZ A., SIRAJ A., ZUCCA R., SPANU P.G., DEIDDA G.P., DEIANA R., PORCU R., ERRIU S., NUvoli M. - 2003 - <i>Prospezione geofisica per l'individuazione del Forum di Lixus (Marocco)</i>. III congresso di Archeometria. Bressanone, 12 febbraio.</p> <p>MANUNTA M. , RANIERI G., LODDO F., LANARI R.-2005- <i>L'interferometria SAR differenziale per il monitoraggio delle deformazioni della superficie terrestre: il caso della provincia di Cagliari</i>. Atti del 24 Convegno Nazionale del GNGTS. Roma 15-17 Novembre, 2005, pp.55-57.</p> <p>RANIERI G., AKERRAZ A., EL KAJJARI K., ERRIU S., TROGU A. - 2005: <i>Prospezione geofisica per l'individuazione di strutture archeologiche presso il fiume Loukkos (Marocco)</i>. Atti del 24 Convegno Nazionale del GNGTS. Roma 15-17 Novembre, 2005, pp.402-405.</p> <p>CAPIZZI P., COSENTINO P.L. e MESSINA P.(2006) - <i>Ottimizzazione delle procedure di acquisizione ed elaborazione di dati GPR su pavimentazioni, in edifici storico - monumentali</i>. Riassunti delle Comunicazioni 25° Convegno GNGTS (Roma).</p> <p>COSENTINO P.L., FIANDACA G., GODIO A., LUZIO D., MARTORANA R., MESSINA N., STOCCO S., 2006. <i>Indagini integrate (magnetometriche e georadar) nell'area archeologica di Capo Lillibeo (Marsala, Sicilia occidentale)</i>. <i>Conv Naz. Geof. Terra Solida</i>, nov. 2006.</p> <p>COSENTINO P., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., PELLEGRINO L., RAZO AMOROZI (2006). <i>Microgeofisica per lo studio dei beni culturali movimentabili</i>. In: 25° Convegno Nazionale G.N.G.T.S. Riassunti estesi delle comunicazioni Roma, 28-30 novembre 2006, TRIESTE: GNGTS - CNR, p. 423-426, ISBN/ISSN: 88-902101-1-7</p> <p>COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., PELLEGRINO L. (2006). <i>La sicurezza nell'identità dei beni culturali in materiali lapidei: la firma sonica</i>. In: Atti del IV Congresso nazionale IGIC "Lo Stato Dell'Arte". Siena, 28-30 Settembre 2006, FIRENZE: Nardini Editore, p. 689-694</p> <p>COSENTINO P., FIANDACA G., GODIO. A., LUZIO D., MARTORANA R., MESSINA N., STOCCO S (2006). <i>Indagini integrate (magnetometriche e georadar nell'area archeologica di Capo Lillibeo (Marsala, Sicilia Occidentale)</i>. In: 25° Convegno Nazionale G.N.G.T.S. Riassunti estesi delle comunicazioni Roma, 28-30 novembre 2006, TRIESTE: GNGTS - CNR, p. 437-440, ISBN/ISSN: 88-902101-1-7</p> <p>FIANDACA G., MESSINA P.e COSENTINO P.L. (2006) - <i>L'identificazione fisica dei manufatti di pregio: la "firma sonica"</i>. Riassunti delle Comunicazioni 25° Convegno GNGTS (Roma).</p> <p>FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZI I., GODIO A., STOCCO S., CORSELLI C., CASSIANI G., DEIANA R., BRUNO V.- (2006)- <i>Primi risultati delle indagini su aree archeologiche costiere con metodologie geofisiche integrate (progetto Firb 2003)</i>. <i>Proceedings of 25th national congress of GNGTS</i>. Rome 28-30 Novembre . Pag. 461-464</p>

- PIGA C., FIANDACA G., LODDO F., MARTORANA R., 2006. *Valutazione di Differenti Quadripoli e Sequenze di Misura per Tomografie Elettriche in Contesti Industriali e Costieri*. Atti del 25 Convegno Nazionale del GNGTS. Roma 28-30 Novembre 2006.
- COSENTINO P.L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., PELLEGRINO L., RAZO AMOROZ I., 2006. *Microgeofisica per lo studio dei Beni Culturali*. Conv Naz. Geof. Terra Solida, nov. 2006.
- RANIERI G. LODDO F., PIGA C., COSENTINO P.L., CAPIZZI P., COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P. (2006). *Prove di diagnostica dei legni con metodologie di microgeofisica*. In: Atti del Convegno "La Diagnostica e la Conservazione di Manufatti Lignei", PRIN2003. Museo archeologico regionale Baglio Anselmi, Marsala (TP), 9-11 dicembre 2005, FIRENZE: Nardini Editore, p. mat22, 1-6, ISBN/ISSN: 88-404-4151-4
- RANIERI G. LODDO F., PIGA C., COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZ I., GODIO A., STOCCO S., CORSELLI C., CASSIANI G., DEIANA R., BRUNO V. (2006). *Primi risultati delle indagini su aree archeologiche costiere con metodologie geofisiche integrate (Progetto FIRB2003)*. In: 25<sup>o</sup> Convegno Nazionale G.N.G.T.S. Riassunti estesi delle comunicazioni Roma, 28-30 novembre 2006, 461-464., ISBN/ISSN: 88-902101-1-7
- STOCCO S., GODIO A., SAMBUELLI L., 2006. *Modelling e inversione compatta di dati magnetici*. Conv Naz. Geof. Terra Solida, nov. 2006
- CAPIZZI P., COSENTINO P.L., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., e RAZO AMOROZ I. (2007) - *Misure Microgeofisiche sulla Statua del S. Michele Arcangelo (Scuola Gagginiana, XVI Sec.)*. V Congresso Nazionale IGIIC - Lo Stato dell'Arte - Cremona, 11-13 Ottobre 2007
- CAPIZZI P., COSENTINO P.L., FIANDACA G., MESSINA P., e L. PELLEGRINO. (2007) - *Indagini microgeofisiche su due dipinti murali di Pietro Novelli*. Riassunti delle Comunicazioni 26° Convegno GNGTS (Roma).
- CAPIZZI P., COSENTINO P.L., FIANDACA G., MESSINA P., e L. PELLEGRINO. (2007) - *Indagini microgeofisiche su due dipinti murali di Pietro Novelli*. Riassunti delle Comunicazioni 26° Convegno GNGTS (Roma).
- CASAS A., COSENTINO P., SALA R., CAPIZZI P., DIAZ Y., FIANDACA G., GARCIA E., HIMI M., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZ I. (2007). *Ricerche geofisiche di resti archeologici sotto la Cattedrale di Tarragona (Spagna): Tomografia geoelettrica (2D e full-3D) e GPR*. In: 26<sup>o</sup> Convegno Nazionale G.N.G.T.S., Roma, 13-15 novembre 2007. Riassunti estesi delle comunicazioni Roma, 13-15 novembre 2007, TRIESTE: GNGTS - CNR, vol. 26, p. 423-426, ISBN/ISSN: 88-902101-2-5.
- COSENTINO P.L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZ I. (2007) - *Recenti interventi geofisici e microgeofisici per lo studio dei BB.CC.* Riassunti delle Comunicazioni 26° Convegno GNGTS (Roma).
- COSENTINO P.L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZ I. (2007) - *Misure geofisiche utili al progetto di restauro. Progetto di recupero e conservazione della villa romana del Casale di Piazza Armerina. I QUADERNI DI PALAZZO MONTALBO. COLLANA DI STUDI, INDAGINI ED INTERVENTI PER LA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE. 12 I GRANDI RESTAURI. 1. REGIONE SICILIANA, 92-96.*
- COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZ I., PELLEGRINO L. (2007). *Diagnostica per il consolidamento del mosaico pavimentale dell'ambulacro nella Villa Romana dal Casale (Piazza Armerina)*. In: Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi. Conoscenze, orientamenti, esperienze. Bressanone, 10-13 luglio 2007, MARGHERA - VENEZIA: Arcadia Ricerche, p. 91-98 + tav 7, ISBN/ISSN: 978-88-95409-11-5.
- COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., PELLEGRINO L., RAZO AMOROZ I. (2007). *Dice la mamma Rocca... Metodologie non invasive per il controllo dei manufatti artistici*. In: Tecniche di analisi di materiali nei Beni Culturali. Dip. DIFTER - Università degli Studi di Palermo, 22 febbraio 2007, PALERMO: Carbone, p. 59-63, ISBN/ISSN: 88-88803-29-7.
- COSENTINO P., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZ I. (2007). *Recenti interventi geofisici e microgeofisici per lo studio dei BB. CC.* In: 26<sup>o</sup> Convegno Nazionale G.N.G.T.S., Roma, 13-15 novembre 2007. Riassunti estesi delle comunicazioni Roma, 13-15 novembre 2007, TRIESTE: GNGTS - CNR, vol. 26, p. 420-423, ISBN/ISSN: 88-902101-2-5.
- COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZ I. (2007). *Misure microgeofisiche sulla statua del S. Michele Arcangelo (scuola Gagginiana, XVI sec.)*. In: Lo Stato dell'Arte 5. Cremona, 11-13 ottobre 2007, FIRENZE: Nardini Editore - Edifir Edizioni, vol. 5, p. 317-324, ISBN/ISSN: 978-88-404-4156-6.
- LODDO F.; DEIDDA G.P.; RANIERI G.; PIGA C.; MANOS A. - (2007)- *Caratterizzazione geofisica di strati e materiali archeologici*. Atti del 26 Convegno Nazionale del G.N.G.T.S. , pp434-436 ISSN 88-902101-2-5
- PIGA C.; LODDO F.; RANIERI G. - (2007)- *Tomografie termiche nello studio di strutture murarie e di strati archeologici*. Atti del 26 Convegno Nazionale del G.N.G.T.S. , pp436-438 ISSN 88-902101-2-5
- RANIERI G., DEIDDA G. P., LODDO F., PIGA C., MANOS A., COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZ I., GODIO A., STOCCO S., CORSELLI C., CASSIANI G., BRUNO V., SAVINI A. (2007). *Primi risultati delle indagini geofisiche nei siti archeologici di Mozia (Sicilia Occidentale) e Pollentia (Isola di Maiorca)*. Progetto FIRB 2003 "Ricostruzione e valorizzazione del paesaggio archeologico in ambiente costiero mediterraneo tramite tecnologie innovative non invasive". In: 26<sup>o</sup> Convegno Nazionale G.N.G.T.S., Roma, 13-15 novembre 2007. Riassunti estesi delle comunicazioni, vol. 26, p. 460-463, ISBN/ISSN: 88-902101-2-5
- TROGU A.; RANIERI G. ; PIGA C.; LODDO F. (2007)- *Vulnerability control of old towns by means of gravity measurements*. Atti del 26 Convegno Nazionale del G.N.G.T.S. , pp439-441 ISSN 88-902101-2-5
- BACIGALUPO C., CAPIZZI P., CESSARI L., COSENTINO P. L., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., SCHIAVONE S. (2008). *Indagini geofisiche integrate eseguite al Castello di Zena (PC) per lo studio delle fondazioni*. In: Atti del 27<sup>o</sup> Convegno Nazionale G.N.G.T.S. Trieste, 6-8 ottobre 2008, TRIESTE: OGS, p. 309-312, ISBN/ISSN: 88-902101-3-3.
- CAPIZZI P., COSENTINO P.L., DANESI A., FIANDACA G., GAMBARDELLA S. (2008). *Tomografia sonica ed ultrasonica per il supporto all'intervento di restauro della statua del togato di Petraia (I sec. D.C.)*. Atti del 27° Convegno GNGTS, Trieste, 06-08 Ottobre 2008. vol. 27, 313-316. ISBN: 88-902101-3-3.
- COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZ I., SCHIAVONE S. (2008). *La GTT, metodologia non invasiva per caratterizzare lo strato esterno degradato dei manufatti lapidei*. In: Atti del VI Congresso Nazionale IGIIC Lo Stato dell'Arte. Spoleto, 2-4 ottobre 2008, FIRENZE: Nardini, p. 285-292, ISBN/ISSN: ISBN 978-88-404-4171-9.
- COSENTINO P.L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZ I., PELLEGRINO L. (2008) -

Indagini microgeofisiche integrate sulla statua di Venere Anadiomene (II sec. d.C.). V Congresso Nazionale di Archeometria, Roma 2008. Sess. 01-2.

COSENTINO P.L., CAPIZZI P., D'ANGELO U., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P. (2008) - *Metodi geofisici per la ricerca di cavità: caso di studio alle cave di Marsala (TP)*. *Geologi di Sicilia XVI*, 2, 7-12.

COSENTINO P., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P. - 2008- *Quattro esempi di applicazioni geofisiche per l'archeologia a scala medio-piccola*. *Atti del convegno di Geofisica per l'Archeologia. Possibilità e limiti*. Roma 10 dicembre 2008. Ferpentia Editore S.r.l. pp 125-130.

GAMBARDELLA S., DANESI A., COSENTINO P.L., CAPIZZI P., FIANDACA G. (2008). *L'indagine sonica ed ultrasonica come prassi necessaria alla conoscenza di strutture complesse. Il rimontaggio di una statua di epoca romana da Locri: un caso esemplare*. *Atti del VI Congresso Nazionale IGHC - Lo Stato dell'Arte - Spoleto*, 2 - 4 Ottobre 2008, 689-694. ISBN 978-88-404-4171-9.

RANIERI G.; LODDO F.; PIRODDI L.; COSENTINO P.; CAPIZZI P.; MESSINA P.; GODIO A.; STOCCO S.; BRUNO V.; SAVINI A. (2008)- *Ricostruzione e Valorizzazione del paesaggio Archeologico in ambiente costiero mediterraneo tramite tecnologie innovative non invasive*. *Atti del secondo simposio internazionale " il monitoraggio Costiero Mediterraneo*. Napoli 4-6 giugno. Editore CNR-IBIMET ISBN 978-88-95597-08-9, pp 435-441.

RANIERI G., LODDO F., GODIO A., STOCCO S., COSENTINO P.L., CAPIZZI P., MESSINA P. (2008). *Synergy of geophysical methods on the reconstruction of the archaeological features of Pollentia (Maiorca)*. *Atti del 27° Convegno GNGTS, Trieste*, 06-08 Ottobre 2008. vol. 27, 372-375. ISBN: 88-902101-3-3.

RANIERI G.; LODDO F.; PIRODDI L.; COSENTINO P.; CAPIZZI P.; MESSINA P.; GODIO A.; STOCCO S.; BRUNO V.; SAVINI A. (2008)- *Ricostruzione e Valorizzazione del paesaggio Archeologico in ambiente costiero mediterraneo tramite tecnologie innovative non invasive*. *Atti del convegno di Geofisica per l'Archeologia. Possibilità e limiti*. Roma 10 dicembre 2008. Ferpentia Editore S.r.l. pp 67-72.

RANIERI G., LODDO F., GODIO A., STOCCO S., COSENTINO P.L., CAPIZZI P., MESSINA P. [2008] *Synergy of geophysical methods on the reconstruction of the archaeological features of Pollentia (Majorca)*. *Atti del 27 Convegno Nazionale del GNGTS*. Trieste, Italia, 6-8 Ottobre, 2008.

SAMBUELLI L., GODIO A., STOCCO S., SOCCO L.V.- 2008- *Alcuni criteri per la progettazione di rilievi geofisici per l'archeologia*. *Atti del convegno di Geofisica per l'Archeologia. Possibilità e limiti*. Roma 10 dicembre 2008. Ferpentia Editore S.r.l. pp 67-72.

BRUNO V. [2009] *Nuovi metodi per la ricerca in acque poco profonde. Il sub-bottom profiler* *Primi risultati dell'applicazione nel sito di Nora*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009

CAPIZZI P. [2009] *Le tomografie ultrasoniche per lo studio dei beni monumentali*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009

CASAS A. [2009] *Ricerche geofisiche nella Cattedrale di Tarragona (collegamento virtuale Second Life)*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009

COIANA A. [2009] *Visualizzazione dei dati e Musealizzazione in realtà diversa*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009 (18594 car.)

COSENTINO P. [2009] *La Micro - Geofisica e i Beni Monumentali*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009

COSENTINO P. [2009] *Contributo della geofisica e della microgeofisica al progetto di restauro della Villa del Casale di Piazza Armerina*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009

GODIO A. [2009] *Acquisizione ed Elaborazione di dati magnetici per archeologia (collegamento virtuale Second Life)*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009

LODDO F. [2009] *Nuovi metodi per la ricerca in acque poco profonde. Metodi elettrici*. *Primi risultati dell'applicazione nel sito di Nora*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009

PIGA C. [2009] *Ricerche geofisiche integrate sul Bastione di Santa Caterina a Cagliari*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009

RANIERI G. [2009] *La Geofisica per l'archeologia*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009

RANIERI G. [2009] *Il progetto FIRB: risultati delle ricerche*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009

STOCCO S. [2009] *La mappatura di siti archeologici con tecniche georadar*, *Geofisica e Beni Culturali*, Cagliari, 16 Marzo 2009

**3.7 comunicazioni a congressi internazionali;**

SI GODIO A., L.SAMBUELLI, L.V. SOCCO 2005. *Micro-geophysics to assess the integrity of some statues in the Museo Egizio of Turin, Italy*. 6th Int. Conf. on Archaeological Prospection. 14-17 Sept. (vol. I, pp. 167-171).

MANUNTA M., RANIERI G., LODDO F., LANARR .I -2005 - *On the Exploitation of spaceborne Radar Interferometry for the Earth Surface Deformation Analysis: the Cagliari area case study*. II International Conference of Applied Geophysics for Engineering. Messina , Ottobre 13-16.

PIRO S., SAMBUELLI L., GODIO A. 2005. *2D and 3D data processing of archaeo-magnetic data*. 6th Int. Conf. on Archaeological Prospection. 14-17 Sept. (vol. I, pp. 158-162).

RANIERI G., SHARPE L., TROGU A.- 2005- *Time-lapse electrical tomography to delineate mud structures in archaeological prospections* *Proceedings of 6th International Conference on Archaeological Prospection*. Rome Italy 14-17 September 2005, pp. 121-124

RANIERI G., VANDOMMELEN P., LELLAN K.MC., DEIDDA G.P., SHARPE L.,TROGU A.-2005- *Synergical use of Geophysical Methods to reduce the archaeological risk in a complex area*. *Proceedings of 6th International Conference on Archaeological Prospection*. Rome Italy 14-17 September 2005, pp. 95-98.

RANIERI G., DEIANA R., PIGA C., SALVI D., TROGU A.-2005-: *GPR prospection and time-lapse electrical resistivity tomography to delineate low contrast structures in an archaeological site*. *Proceedings of 10th EEGS meeting* . Palermo 4-7 September 2005, Italy , ISBN 9073781914, paper P073.

COSENTINO P. L., CAPIZZI P, FIANDACA G, MARTORANA R., MESSINA P, RAZO AMOROZ I, PELLEGRINO L (2006). *Microgeophysics for the identity of lapideous cultural goods*. In: *Proceedings of 3rd International Conference of Applied Geophysics*

for Engineering. Messina, 11-15 ottobre 2006, MESSINA: Osservatorio Sismologico, p. catg23, 1-2

COSENTINO P. L., 2006 - Unconventional micro-geophysics for engineering and cultural heritage artifacts. *Geophysical Solutions for Environment and Engineering. Proceedings of the 2nd International Conference on Environmental and Engineering Geophysics, Wuhan, 2, 650-657*

COSENTINO P.L, CAPIZZI P, FIANDACA G, GRAZIANO G, MARTORANA R., MESSINA P, PELLEGRINO L, RAZO AMOROZI I, SCALONE E (2006). *The Corridor of the Great Hunting Scene, Villa del Casale (Piazza Armerina). In: Proceedings of Recent work in Archaeological Geophysics, Geological Society, Burlington House, London, 19 December 2006. Burlington House, London, 19 dicembre 2006, LONDRA: English Heritage, p. 7-10*

CROSETTO M., CASAS A., RANIERI G., LODDO F., ATZORI I., MANUNTA M. (2006) *First Results from Spaceborne Radar Interferometry for the Study of Ground Displacements in Urban Areas. Proceedings of the 12th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics. Helsinki 4-6 September 2006.*

PIGA C., RANIERI G., DEIANA R. - (2006) - *First Results from Thermal Tomography in the Study of Wall Structures and Archaeological Layers. Proceedings of the 12th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics. Helsinki 4-6 September 2006.*

RANIERI G.- (2006) - *Shallow Waters Marine Geophysics for Archaeological Remains. Invited Lecture - 13th Course in the International school of applied geophysics : "Geophysics and microgeophysics applied to the safeguard of cultural and archeological patrimony", Erice - Sicilia, 28 September - 4 October*

RANIERI G., TROGU A., PIGA C., COSSU E., ECCA A. AND PINTUS A.(2006). *Gravity Survey in the Study of Vulnerability of Old Towns. Proceedings of the 12th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics. Helsinki 4-6 September 2006, Finland.*

RANIERI G., DEIDDA G.P., PIGA C., LODDO F., TROGU A. *Spectral Signature of Archaeological Layers and Materials. Abstract. CAA 2007 Computer application in archaeology. Berlin April 2006.*

CAPIZZI P., COSENTINO P.L., FIANDACA G., MESSINA P., e L. PELLEGRINO. (2007) - *Indagini microgeofisiche su due dipinti murali di Pietro Novelli. Riassunti delle Comunicazioni 26° Convegno GNGTS (Roma).*

CASAS A, COSENTINO P, FIANDACA G, HIMI M, MARTORANA R., DIAZ Y (2007). *Electrical imaging of archaeological remains under the Tarragona's Cathedral: from 2D to full 3D inversion. In: Proceedings of III International Study Meeting: The material and the signs of history. Book of abstracts Palazzo dei Normanni - Palermo, 18-21 ottobre 2007, PALERMO, p. 21.*

COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., AND RAZO AMOROZI I. (2007) - *Physical identification of precious artifacts: The sonic fingerprint. III° Convegno internazionale "Science And Cultural Heritage In The Mediterranean Area" Diagnostics and conservation: experiences and proposals for a Risk Map. Palermo, Centro Regionale per la Progettazione ed il Restauro.*

COSENTINO P. L., FIANDACA G., MARTORANA R. AND MESSINA P.(2007) - *New 3D electrical tomography technique for investigations on vulnerable surfaces. III° Convegno internazionale "Science And Cultural Heritage In The Mediterranean Area" Diagnostics and conservation: experiences and proposals for a Risk Map. Palermo, Centro Regionale per la Progettazione ed il Restauro.*

COSENTINO P.L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., PELLEGRINO L., RAZO AMOROZI I. (2007) - *Diagnostica per il consolidamento del mosaico pavimentale dell'ambulacro nella Villa Romana del Casale (Piazza Armerina). XXIII Convegno internazionale - IL CONSOLIDAMENTO DEGLI APPARATI ARCHITETTONICI E DECORATIVI: Conoscenze, Orientamenti, Esperienze. Bressanone 10-13 Luglio 2007.*

COSENTINO P. L., FIANDACA G. e MESSINA P. (2007) - *New no-invasive methodology to detect the external decayed layer of lapideous artefacts. III° Convegno internazionale "Science And Cultural Heritage In The Mediterranean Area" Diagnostics and conservation: experiences and proposals for a Risk Map. Palermo, Centro Regionale per la Progettazione ed il Restauro.*

COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P. AND RAZO AMOROZI I. (2007) - *Physical identification of precious artifacts: The sonic fingerprint. III° Convegno internazionale "Science And Cultural Heritage In The Mediterranean Area" Diagnostics and conservation: experiences and proposals for a Risk Map. Palermo, Centro Regionale per la Progettazione ed il Restauro.*

COSENTINO P. L., CAPIZZI P, FIANDACA G, MARTORANA R., MESSINA P, RAZO AMOROZI I (2007). *Physical identification of precious artifacts: the sonic fingerprint. In: Proceedings of III International Study Meeting: The material and the signs of history. Book of Abstracts Palazzo dei normanni - Palermo, 18-21 ottobre 2007, PALERMO, p. 20.*

COSENTINO P. L., CAPIZZI P, FIANDACA G, MARTORANA R., MESSINA P, RAZO AMOROZI I, PELLEGRINO L (2007). *Diagnostica per il consolidamento del mosaico pavimentale dell'ambulacro nella Villa Romana dal Casale (Piazza Armerina). In: Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi. Conoscenze, orientamenti, esperienze. Bressanone, 10-13 luglio 2007, MARGHERA - VENEZIA: Arcadia Ricerche, p. 91-98 + tav 7, ISBN/ISSN: 978-88-95409-11-5.*

COSENTINO P. L., FIANDACA G, MARTORANA R., MESSINA P (2007). *New 3D electrical tomography technique for investigations on vulnerable surfaces. In: Proceedings of III International Study Meeting: The material and the signs of history. Book of abstracts. Palermo, 18-21 ottobre 2007, PALERMO, p. 51.*

COSENTINO P. L., CAPIZZI P, FIANDACA G, MARTORANA R., MESSINA P, PELLEGRINO L, RAZO AMOROZI I (2007). *Dice la mamma Rocca... Metodologie non invasive per il controllo dei manufatti artistici. In: Tecniche di analisi di materiali nei Beni Culturali. Dip. DIFTER - Università degli Studi di Palermo, 22 febbraio 2007, PALERMO: Carbone, p. 59-63, ISBN/ISSN: 88-88803-29-7.*

COSENTINO P, CAPIZZI P, FIANDACA G, MARTORANA R., MESSINA P, RAZO AMOROZI I (2007). *Recenti interventi geofisici e microgeofisici per lo studio dei BB. CC. In: 26° Convegno Nazionale G.N.G.T.S., Roma, 13-15 novembre 2007. Riassunti estesi delle comunicazioni Roma, 13-15 novembre 2007, TRIESTE: GNGTS - CNR, vol. 26, p. 420-423, ISBN/ISSN: 88-902101-2-5.*

LODDO F.; DEIDDA G.P.; RANIERI G.; PIGA C.; MANOS A.- (2007)- *Caratterizzazione geofisica di strati e materiali archeologici. Atti del 26 Convegno Nazionale del G.N.G.T.S. , pp434-436 ISSN 88-902101-2-5*

RANIERI G., DEIDDA G.P., PIGA C., LODDO F., TROGU A. (2007) *Spectral Signature of Archaeological Layers and Materials. Abstract. CAA 2007 Computer application in archaeology. Berlin April 2007.*

RANIERI G., DEIDDA G.P., LODDO F., PIGA C., TROGU A. - (2007) - *Spectral signature of archaeological layers and artefacts.*

*Proceedings of III international meeting "Science and Cultural Heritage in the Mediterranean". Palermo, 17-21 October.*

BACIGALUPO C, CAPIZZI P, CESSARI L, COSENTINO P. L, FIANDACA G, MARTORANA R., MESSINA P, SCHIAVONE S (2008). Indagini geofisiche integrate eseguite al Castello di Zena (PC) per lo studio delle fondazioni. In: Atti del 27° Convegno Nazionale G.N.G.T.S. Trieste, 6-8 ottobre 2008, TRIESTE: OGS, p. 309-312, ISBN/ISSN: 88-902101-3-3.

CAPIZZI P., COSENTINO P.L, DANESI A., FIANDACA G, GAMBARDELLA S. (2008). Tomografia sonica ed ultrasonica per il supporto all'intervento di restauro della statua del togato di Petraia (I sec. D.C.). Atti del 27° Convegno GNGTS, Trieste, 06-08 Ottobre 2008. vol. 27, 313-316. ISBN: 88-902101-3-3.

CAPIZZI P., COSENTINO P.L (2008) - GPR multi-component data analysis. *Near Surface Geophysics 2008*, vol. 6; 87-95. ISSN: 1569-4445.

COSENTINO P. L, CAPIZZI P, FIANDACA G, MARTORANA R., MESSINA P, RAZO AMO-ROZ I (2008). Identification of Precious Artefacts and Stones: The sonic Imprint. In: CMA4CH. Ventotene (LT), 1-4 giugno 2008, TORINO: Marco Valerio, p. 29-30.

COSENTINO P.L, CAPIZZI P, FIANDACA G, MARTORANA R., MESSINA P (2008). Quattro esempi di applicazioni geofisiche per l'archeologia a scala medio-piccola. In: Atti del convegno: Geofisica per l'archeologia. Possibilità e limiti. Roma, 10 dicembre 2008 Roma, Palazzo massimo, 10 dicembre 2008, ROMA, 125-130.

COSENTINO P. L, CAPIZZI P, FIANDACA G, MARTORANA R., MESSINA P, RAZO AMOROZI (2008). The Sonic Imprint to identify and monitor precious artefacts: further developments. In: International Workshop - SMW08: In Situ Monitoring Of Monumental Surfaces. Florence, 27-29 Ottobre 2008, FIRENZE: Edifis, p. 175-184, ISBN/ISSN: 978-887970-390-1.

COSENTINO P.L, CAPIZZI P, FIANDACA G, MARTORANA R., RAZO AMOROZI (2008). Integrated Full 3D Geoelectrical and GPR Tomographies in the Ambulatory of the Roman "Villa Del Casale", Piazza Armerina. In: Near Surface 2008 - 14th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics. Krakow, Poland, 15-17 September 2008, HOUTEN: EAGE 2008, p. A18-5 pp., ISBN/ISSN: 978-90-73781-56-6.

COSENTINO P. L., CAPIZZI P., FIANDACA G., MARTORANA R., MESSINA P., RAZO AMOROZI. (2008) - Identification of Precious Artefacts and Stones: The sonic Imprint. CMA4CH 2008. Ventotene (LT), Italy, 1-4 June 2008, 29-30. ISBN 9788875471347.

GODIO A.; RANIERI G. - (2008) - Near surface features by TDEM imaging - Proceedings of IGARSS - IEEE Geoscience and Remote Sensing: the next generation- Boston (USA) - paper WE 101.1 pp 1-4.

MARCHISIO M.; RANIERI G.; BERNARDINI G.; D'ONOFRIO L.; FARINA P.; MANUNTA M.; PIRODDI L. (2008)- Applications of new technologies of ground-based interferometric radar to the study of Cultural Heritage buildings. Near Surface Meeting. Krakow (PL) - 14-17 september. pp. Best paper 2008.

RANIERI G., LODDO F., GODIO A., STOCCO S., COSENTINO P.L., CAPIZZI P., MESSINA P. (2008). Synergy of geophysical methods on the reconstruction of the archaeological features of Pollentia (Maiorca). Atti del 27° Convegno GNGTS, Trieste, 06-08 Ottobre 2008. vol. 27, 372-375. ISBN: 88-902101-3-3.

RANIERI G.; LODDO F.; PIRODDI L.; COSENTINO P.; CAPIZZI P.; MESSINA P.; GODIO A.; STOCCO S.; BRUNO V.; SAVINI A. (2008)- Ricostruzione e Valorizzazione del paesaggio Archeologico in ambiente costiero mediterraneo tramite tecnologie innovative non invasive. Atti del secondo simposio internazionale " il monitoraggio Costiero Mediterraneo. Napoli 4-6 giugno. Editore CNR-IBIMET ISBN 978-88-95597-08-9, pp 435-441.

RANIERI, G., LODDO, F., GODIO, A., STOCCO, S., COSENTINO, P.L., CAPIZZI, P., MESSINA P. (2008) - Geophysical investigations of the ancient archaeological and monumental heritage of the Mediterranean area. Digital Media and its Applications in Cultural Heritage, Petra University, Amman, Jordan, 5-6 November. 401-411. ISBN 978-9957-8602-5-7.

RANIERI G. -2008- La diagnostica delle costruzioni e del territorio. Lectio magistralis - 5th International Conference on Environmental and Engineering Geophysics. Messina 25 Aprile 2008.

MARCHISIO M.; RANIERI G.; BERNARDINI G.; D'ONOFRIO L.; FARINA P.; MANUNTA M.; PIRODDI L. (2009)- Applications of new technologies of ground-based interferometric radar to the study of Cultural Heritage buildings. SAGEEP, Dallas 25-28 april 2009. Best paper of european NSG 2009.

RANIERI G., LODDO, F., GODIO, A., STOCCO, S., COSENTINO, P.L., CAPIZZI, P., MESSINA, P., SAVINI, A., BRUNO, V., CAU ONTIVEROS, MA., ORFILA, M., 2009 Reconstruction of archaeological features in Mediterranean coastal environment by means of non-invasive techniques and its digital musealization. 37th CAA2009, Making History Interactive: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Williamsburg, Virginia (USA), March 22-26, ABSTRACT pp. 310-311. SELECTED PAPER pp 11.

**3.8  
diffusione dei  
risultati sul  
piano  
informativo;**

SI Villanovajorru - G.Ranieri: Il fascino della ricerca archeologica- Sardegna, questa è la mia terra! 7 ottobre 2006 San Fiorenzo a Bastia - Il georadar per scovare strutture archeologiche, L'unione monregalese, 25 Ott 2006

In occasione della campagna di ricerche nell'isola di Maiorca, sono state tenute conferenze stampa circa l'utilità dei metodi impiegati. Dalla conferenza stampa sono nati due articoli apparsi sul più importante quotidiano dell'isola: DIARI DE BALEARS e su un altro importante quotidiano spagnolo a diffusione nazionale: ULTIMA HORA



SI E' stato attivato un corso specifico internazionale presso il centro di cultura scientifica Ettore Majorana in Erice, avente come titolo

**3.9  
diffusione dei  
risultati sul  
piano  
formativo;**

"Geophysics and microgeophysics applied to the safeguard of cultural and archeological patrimony", e diretto dal Prof. Pietro Cosentino (UNIPA), responsabile di una unità afferente al progetto. Hanno partecipato al corso oltre 50 laureati di molti Paesi Europei. In questa scuola sono stati presentate i seguenti invited lectures:

GODIO, A. Analysis of archaeo-magnetic data. Invited Lecture - 13th Course in the International school of applied geophysics: "Geophysics and microgeophysics applied to the safeguard of cultural and archeological patrimony", Erice - Sicilia, 28 September - 4 October 2006

G. RANIERI, Shallow Waters Marine Geophysics for Archaeological Remains. Invited Lecture - 13th Course in the International school of applied geophysics: "Geophysics and microgeophysics applied to the safeguard of cultural and archeological patrimony", Erice - Sicilia, 28 September - 4 October 2006

COSENTINO P., Microgeophysics: a fascinating challenge. Erice - Sicilia, 28 September - 4 October 2006

G. CASSIANI, and R. Deiana, A. Brovelli, Constitutive Geophysical Relationships for Applications in Cultural Heritage Study and Preservation. Invited Lecture - 13th Course in the International school of applied geophysics: "Geophysics and microgeophysics applied to the safeguard of cultural and archeological patrimony", Erice - Sicilia, 28 September - 4 October 2006.

e i seguenti lavori:

STOCCO, S. A code for modelling and compact inversion of magnetic data. 13th Course in the International school of applied geophysics: "Geophysics and microgeophysics applied to the safeguard of cultural and archeological patrimony", Erice - Sicilia, 28 September - 4 October 2006

F. LODDO, A tool to know stability of historical towns and buildings. 13th Course in the International school of applied geophysics: "Geophysics and microgeophysics applied to the safeguard of cultural and archeological patrimony", Erice - Sicilia, 28 September - 4 October 2006.

PIGA C.: A first approach to the thermal tomography. 13th Course in the International school of applied geophysics: "Geophysics and microgeophysics applied to the safeguard of cultural and archeological patrimony", Erice - Sicilia, 28 September - 4 October 2006.

Presentazione, con discussione, agli studenti del corso di Laurea in Tecnologie per la conservazione e il restauro dei Beni Culturali- Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari e di Scienze e Tecnologie per i Beni Culturali Università di Palermo

P. Cosentino, P. Capizzi, P. Messina "Il georadar per le indagini del sottosuolo e delle strutture" giornata di studi organizzata dall'Associazione Provinciale dei Geologi di Trapani. Marsala, 7 dicembre 2006.

Al termine del progetto è stato organizzato a Cagliari, il 16 Marzo 2009, con collegamento virtuale second life, il convegno "Geofisica e Beni Culturali", rivolto ai funzionari delle Soprintendenze ai beni archeologici e artistici e storici, agli studenti della facoltà di Architettura classe LM10, e nel quale sono stati illustrati i risultati delle ricerche svolte nel progetto FIRB. Hanno partecipato:

BRUNO V. [2009] Nuovi metodi per la ricerca in acque poco profonde. Il sub-bottom profiler Primi risultati dell'applicazione nel sito di Nora, Geofisica e Beni Culturali, Cagliari, 16 Marzo 2009

CAPIZZI P. [2009] Le tomografie ultrasoniche per lo studio dei beni monumentali, Geofisica e Beni Culturali, Cagliari, 16 Marzo 2009

CASAS A. [2009] Ricerche geofisiche nella Cattedrale di Tarragona (collegamento virtuale Second Life), Geofisica e Beni Culturali, Cagliari, 16 Marzo 2009

COIANA A. [2009] Visualizzazione dei dati e Musealizzazione in realtà diversa, Geofisica e Beni Culturali, Cagliari, 16 Marzo 2009(18594 car.)

COSENTINO P. [2009] La Micro - Geofisica e i Beni Monumentali, Geofisica e Beni Culturali, Cagliari, 16 Marzo 2009

COSENTINO P. [2009] Contributo della geofisica e della microgeofisica al progetto di restauro della Villa del Casale di Piazza Armerina, Geofisica e Beni Culturali, Cagliari, 16 Marzo 2009

GODIO A. [2009] Acquisizione ed Elaborazione di dati magnetici per archeologia (collegamento virtuale Second Life), Geofisica e Beni Culturali, Cagliari, 16 Marzo 2009

LODDO F. [2009] Nuovi metodi per la ricerca in acque poco profonde. Metodi elettrici. Primi risultati dell'applicazione nel sito di Nora, Geofisica e Beni Culturali, Cagliari, 16 Marzo 2009

PIGA C. [2009] Ricerche geofisiche integrate sul Bastione di Santa Caterina a Cagliari, Geofisica e Beni Culturali, Cagliari, 16 Marzo 2009

RANIERI G. [2009] La Geofisica per l'archeologia, Geofisica e Beni Culturali, Cagliari, 16 Marzo 2009

RANIERI G. [2009] Il progetto FIRB: risultati delle ricerche, Geofisica e Beni Culturali, Cagliari, 16 Marzo 2009

**3.10  
diffusione dei  
risultati sul  
piano  
divulgativo;**

SI Associazione culturale ITZOKOR- Cagliari 8 Novembre 2007-G. Ranieri "La ricerca Geofisica per scopi archeologici".

Sardegna Ricerche- Convegno su "Diagnosi e Tecnologie Innovative per Il Restauro dei Beni Culturali, Architettonici e di Strutture Industriali". Carbonia - 9 Novembre 2007 - G. Ranieri "Tecniche diagnostiche innovative".

La civiltà dei numeri uno: Conferenza presso le scuole del comune di Tonara (NU) il 17 novembre 2008. Ranieri G.: Conoscenze idrogeologiche e ingegneristiche all'epoca nuragica.

La civiltà dei numeri uno: Conferenza presso le scuole del comune di Ruinas(OR) il 17 novembre 2008. Ranieri G.: La geofisica come strumento di ricostruzione del paesaggio archeologico.

La civiltà dei numeri uno: Conferenza presso le scuole del comune di Lunamatrona (Medio Campidano) il 17 novembre 2008. Ranieri G.: Forme e segni della Sardegna Antica.

Conferenze varie presso alcuni Comuni della Sicilia e della Sardegna; articoli su giornali a diffusione locale e regionale da parte di tutti i componenti del gruppo di ricerca di Palermo.

Giornata di studio "Geofisica per l'Archeologia. Possibilità e limiti Roma 10 dicembre 2008, palazzo Massimo con la partecipazione attiva dei responsabili di unità di Cagliari e Palermo (Ranieri e Cosentino) e di un giovane ricercatore del Polito (Stocco).

## Tabella riassuntiva delle spese sostenute per Unità Operativa

n°	Responsabile Scientifico	Spesa A.1.1	Spesa A.1.2	Spesa A.2	Spesa B	Spesa C.1	Spesa C.2	Spesa D	Spesa E	Spesa F	Spesa G	Rec. Quote Ammortamento	TOTALE
1.	RANIERI Gaetano	1.024,93	0	1.600	1.574,96	0	0	0	2.346,7	27.020	0	0	33.566,59
2.	GODIO Alberto	9.459,61	0	0	5.675,77	0	0	954	7.297	0	1.000	0	24.386,38
3.	COSENTINO Pietro Lucio	1.847,26	0	0	2.024,96	1.527,67	0	0	0	0	0	0	5.399,89
4.	FARANDA Francesco Maria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>TOTALE</b>	<b>12.331,8</b>	<b>0</b>	<b>1.600</b>	<b>9.275,69</b>	<b>1.527,67</b>	<b>0</b>	<b>954</b>	<b>9.643,7</b>	<b>27.020</b>	<b>1.000</b>	<b>0</b>	<b>63.352,86</b>

Nel campo descrizione relativo a tutte le voci di spesa - fatta eccezione per quelle relative al personale ed alle spese generali - indicare i seguenti elementi:

- numero e data della fattura
- persona fisica o giuridica che ha emesso la fattura
- breve descrizione del bene o del servizio acquistato
- importo della fattura (lordo IVA per tutti gli Enti pubblici o per i soggetti privati che non possono procedere al recupero dell'IVA stessa) posto a carico del progetto FIRB

### Legenda voce di spesa:

- Spesa A:** Spese di personale (A.1.1 dipendente a tempo indeterminato; A.1.2 dipendente a tempo determinato; A.2 personale non dipendente, esclusi i contratti per giovani ricercatori e/o ricercatori di chiara fama internazionale di cui alla voce C)
- Spesa B:** Spese generali direttamente imputabili all'attività di ricerca (obbligatoriamente nella misura forfettizzata del 60% del costo del personale di cui alle voci A e C)
- Spesa C:** Spese per contratti almeno triennali per giovani ricercatori (C.1) ed almeno semestrali per ricercatori di chiara fama internazionale (C.2)
- Spesa D:** Spese per l'acquisizione di strumentazioni, attrezzature e prodotti software
- Spesa E:** Spese per stage e missioni all'estero di docenti/ricercatori coinvolti nel progetto
- Spesa F:** Costo dei servizi di consulenza e simili utilizzati per l'attività di ricerca
- Spesa G:** Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca

## Tabella del personale partecipante

n°	Responsabile Scientifico	n° Partecipanti	Mesi/persona
1.	RANIERI Gaetano	5	.76
2.	GODIO Alberto	2	1.5
3.	COSENTINO Pietro Lucio	2	1.13
4.	FARANDA Francesco Maria	0	0
	<b>TOTALE</b>	<b>9</b>	<b>3.39</b>

## Instaurazione di rapporti di lavoro

Tipologia del rapporto	n° contratti
Contratti con giovani ricercatori (C.1)	1
Contratti con ricercatori di chiara fama internazionale (C.2)	0
Co.co.co.	0
Co.co.pro.	0
Dottorati di ricerca	0
Borse di studio	0
Assegni di ricerca	0
Altro	2

