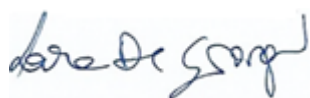


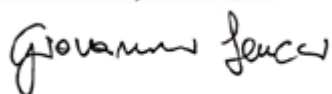
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale

**STRUMENTAZIONE PER LA DIAGNOSTICA MEDICA E DEI BENI  
MONUMENTALI**

**Lara De Giorgi, Giovanni Leucci, Alberto Bucciero**







**Il Direttore  
Dott.ssa Costanza Miliani**

**NAPOLI**

Sede centrale

Via Cardinale Guglielmo Sanfelice, 8 - 80134 NA

Email [segreteria.ispc@ispc.cnr.it](mailto:segreteria.ispc@ispc.cnr.it) - [segreteria.direzione@ispc.cnr.it](mailto:segreteria.direzione@ispc.cnr.it)

[www.ispc.cnr.it](http://www.ispc.cnr.it)

## **PREMESSA**

La strumentazione si basa sulla tomografia di resistività elettrica (ERT) che è a tecnologia geofisica non invasiva utilizzata per avere informazioni sui corpi anomali eventualmente presenti nel sottosuolo. La base teorica risiede nelle diverse proprietà elettriche dei litotipi presenti nel sottosuolo. Partendo da queste considerazioni è possibile spostare l'interesse di applicabilità sia su strutture legate ai beni culturali che sul corpo umano realizzando una strumentazione portatile miniaturizzata in grado di essere adattata sia a situazioni in cui si analizzano strutture altamente resistive (patrimonio costruito, affreschi, mosaici, etc.) sia quando si analizzano strutture con bassi valori di resistività (corpo umano). Quest'ultima applicazione è legata al fatto che i tessuti e gli organi nel corpo umano hanno diverse proprietà elettriche che variano al variare dello stato in cui si trovano (ad es. presenza di patologie).

Non esiste attualmente una strumentazione diagnostica in grado di essere adattata a situazioni diverse legata alla variabilità della impedenza di ingresso dello strumento stesso. La miniaturizzazione, la portabilità, la possibilità di essere utilizzata anche da non esperti per esempio i medici generici (medicina di base) rende abbastanza appetibile l'idea. Infatti in campo medico può dare una prima diagnosi preventiva effettuata già dal medico di base anche in funzione dello stato infiammatorio dell'apparato respiratorio (covid 19).

## **INTRODUZIONE**

La teoria del metodo geofisico ERT è ampiamente descritta in diverse pubblicazioni (per es. Leucci G., 2019. Nondestructive Testing for Archaeology and Cultural Heritage: A practical guide and new perspective. Springer editore pp 217, ISBN 978-3-030-01898-6; Leucci G., 2015, Geofisica Applicata all'Archeologia e ai Beni Monumentali. Dario Flaccovio Editore, Palermo, pp. 368. ISBN: 9788857905068) L'ERT ha un vantaggio in termini di non invasività e funzionale alla diagnostica per immagini. L'ERT è un metodo non invasivo che tenta di stimare la distribuzione della resistività elettrica o alternativamente della conducibilità elettrica all'interno del mezzo indagato. Ad oggi è stato utilizzato con successo in ambito geologico, idrogeologico, archeologico, geotermico. L'eventuale utilizzo su strutture relative al patrimonio costruito richiede l'adattamento della strumentazione attualmente in commercio che non è in grado di risolvere situazioni in cui l'oggetto da indagare è molto resistivo. Il metodo si basa sull'immissione di corrente elettrica attraverso due elettrodi di corrente e alla relativa misura della differenza di potenziale attraverso l'utilizzo di due elettrodi di potenziale. Poi l'applicazione della legge di ohm attraverso l'utilizzo di algoritmi cosiddetti di inversione consentono la stima della distribuzione della resistività elettrica in modo 2D o 3D all'interno del corpo indagato. Proprio come le tecniche di radiografia, di tomografia ad ultrasuoni e risonanza magnetica il metodo ERT potrebbe essere applicato anche nel campo della

**NAPOLI**

Sede centrale

Via Cardinale Guglielmo Sanfelice, 8 - 80134 NA

Email [segreteria.ispc@ispc.cnr.it](mailto:segreteria.ispc@ispc.cnr.it) - [segreteria.direzione@ispc.cnr.it](mailto:segreteria.direzione@ispc.cnr.it)

[www.ispc.cnr.it](http://www.ispc.cnr.it)

diagnostica medica se utilizzata un tipo di strumentazione che consenta l'immissione di correnti relativamente basse.

In questo caso la tecnica ERT si basa sulle differenze bioelettriche all'interno del corpo iniettando piccole correnti elettriche e misurando le tensioni risultanti attraverso un array di elettrodi. Un'immagine relativa alla distribuzione della resistività è quindi prodotta dai dati di tensione e corrente grazie all'utilizzo di un software ad hoc. La è generalmente una funzione della struttura di cellule e tessuti, contenuto di acqua e grassi, salinità dei tessuti e temperatura (David M. Otten and Boris Rubinsky, "Cryosurgical Monitoring Using Bioimpedance Measurements—A Feasibility Study for Electrical Impedance Tomography" IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, VOL. 47, NO. 10, OCTOBER 2000.). Rispetto alle immagini radiografiche, ultrasuoni e risonanza magnetica (MRI), la misurazione della resistività elettrica è più economica e dà la possibilità di dare informazioni preventive relativamente ad organi come fegato e polmoni questi ultimi legati anche allo stato infiammatorio legato al covid-19.

## **DESCRIZIONE**

Lo schema a blocchi della strumentazione oggetto dell'invenzione è mostrato in fig. 1. Essa prevede l'utilizzo di elettrodi non invasivi che vengono fatti aderire al corpo da indagare; il sistema che regola la scelta degli elettrodi di corrente e gli elettrodi di potenziale; il sistema che regola l'iniezione della corrente e la misura della differenza di potenziale; il computer con software di acquisizione e successiva elaborazione del dato. Il sistema che regola la scelta degli elettrodi è un interruttore elettronico in grado di pilotare un solo elettrodo pertanto il numero di switch è legato al numero di elettrodi. Si deve quindi realizzare un modulo per ogni elettrodo. I moduli si collegano uno all'altro in cascata. Per i moduli viene utilizzato un relé di tipo Reed facilmente reperibile in commercio (Fig. 2). Il sistema è già stato montato in laboratorio (Fig. 3), dove sono già stati effettuati alcuni test.

In una prima fase si è pensato di utilizzare solo 4 elettrodi in miniatura (Fig. 4) ed in configurazione wenner in grado di effettuare una misura di resistività anche sul corpo umano.

Per avere una vera e propria tomografia una serie di elettrodi (da ECG) sono disposti lungo una fascia elastica in grado di adattarsi a qualsiasi corpo (compreso il corpo umano) per produrre una vera e propria sezione che mostra la distribuzione 2D e 3D del parametro fisico resistività elettrica (Fig. 5).

**NAPOLI**

Sede centrale

Via Cardinale Guglielmo Sanfelice, 8 - 80134 NA

Email [segreteria.ispc@ispc.cnr.it](mailto:segreteria.ispc@ispc.cnr.it) - [segreteria.direzione@ispc.cnr.it](mailto:segreteria.direzione@ispc.cnr.it)

[www.ispc.cnr.it](http://www.ispc.cnr.it)

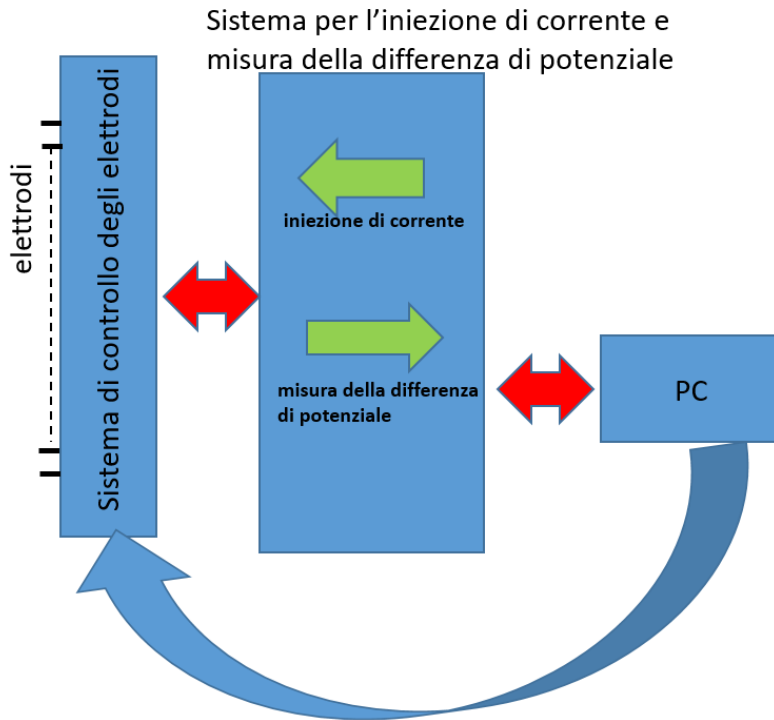


Fig. 1: schema a blocchi della strumentazione

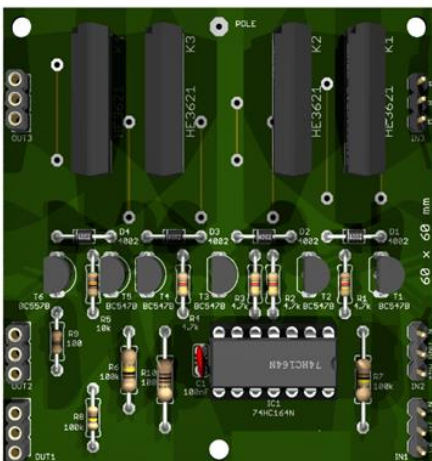


Fig. 2: interruttore elettronico;

NAPOLI

Sede centrale

Via Cardinale Guglielmo Sanfelice, 8 - 80134 NA

Email [segreteria.ispc@ispc.cnr.it](mailto:segreteria.ispc@ispc.cnr.it) - [segreteria.direzione@ispc.cnr.it](mailto:segreteria.direzione@ispc.cnr.it)

[www.ispc.cnr.it](http://www.ispc.cnr.it)

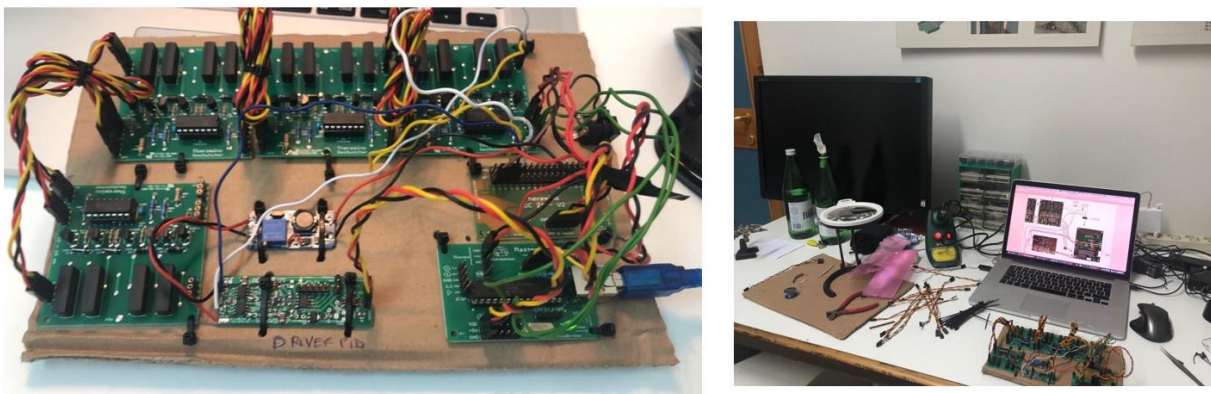


Fig. 3: strumentazione di prova con 4 elettrodi.

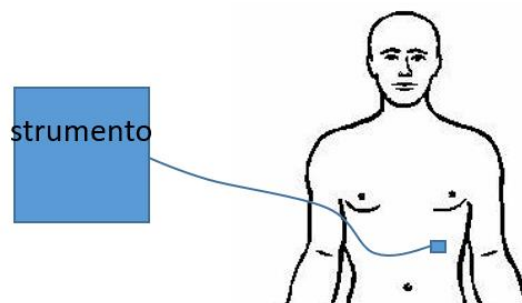


Fig. 4: sensore a 4 elettrodi.

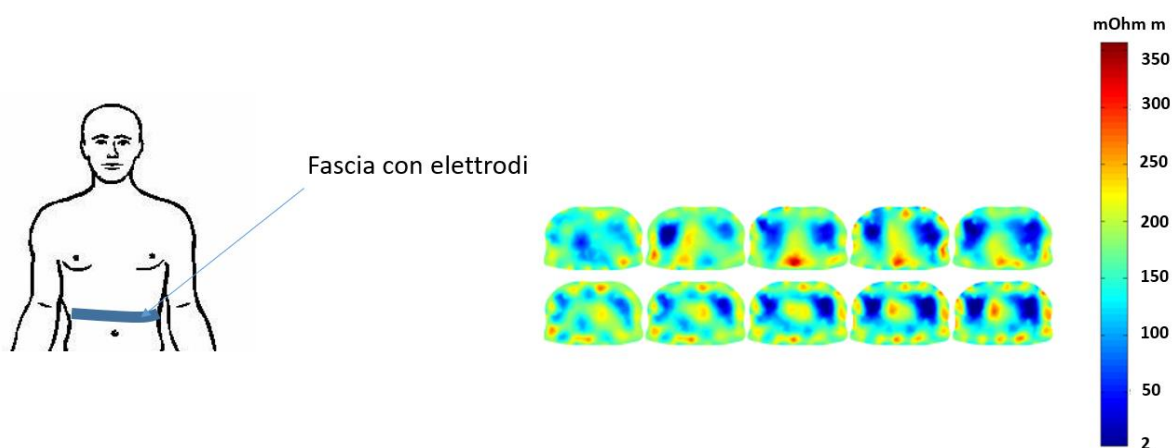


Fig. 5: Esempio di risultato della tomografia elettrica.

## APPLICAZIONI

Applicazioni molteplici

- 1) Nel campo della diagnostica sui beni monumentali. La strumentazione è in grado di evidenziarne lo stato di conservazione e quindi il degrado per la progettazione di eventuali interventi di restauro;
- 2) Nel campo delle grandi infrastrutture è in grado di evidenziare le condizioni fisico meccaniche e il conseguente pericolo "di crollo";
- 3) Nel campo della diagnostica medica potrebbe essere utilizzata in una fase preventiva. Di fatto le condizioni di malattia la resistività degli organi quali fegato, reni, polmoni tende ad assumere valori più alti rispetto ad un organo sano. Se utilizzata dal medico di famiglia potrebbe indirizzare il paziente verso analisi più approfondite che potrebbero salvare la vita. Anche nel campo di malattie delle ossa come l'artrosi potrebbe fornire risultati in termini di individuazione preventiva dell'insorgere di quest'ultima.

NAPOLI

Sede centrale

Via Cardinale Guglielmo Sanfelice, 8 - 80134 NA

Email [segreteria.ispc@ispc.cnr.it](mailto:segreteria.ispc@ispc.cnr.it) - [segreteria.direzione@ispc.cnr.it](mailto:segreteria.direzione@ispc.cnr.it)

[www.ispc.cnr.it](http://www.ispc.cnr.it)