

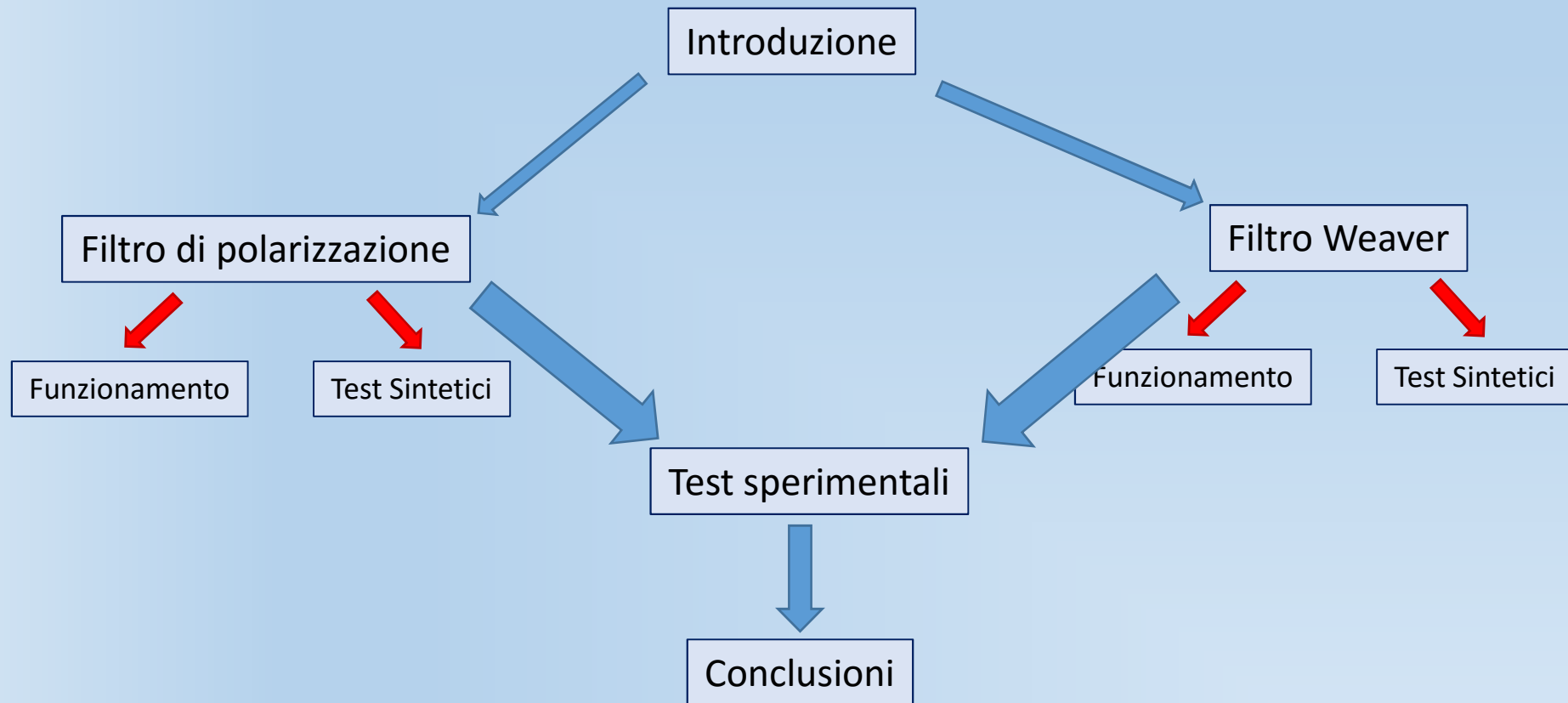
# SVILUPPO DI TECNICHE DI DENOISING DI DATI MAGNETOTELLURICI

*Rolando Carbonari<sup>1</sup>, Luca D'Auria<sup>2</sup>, Rosa Di Maio<sup>1</sup>, Zaccaria Petrillo<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Dipartimento Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università degli Studi di Napoli Federico II*

<sup>2</sup> *Osservatorio Vesuviano, sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*

# Sviluppo della presentazione

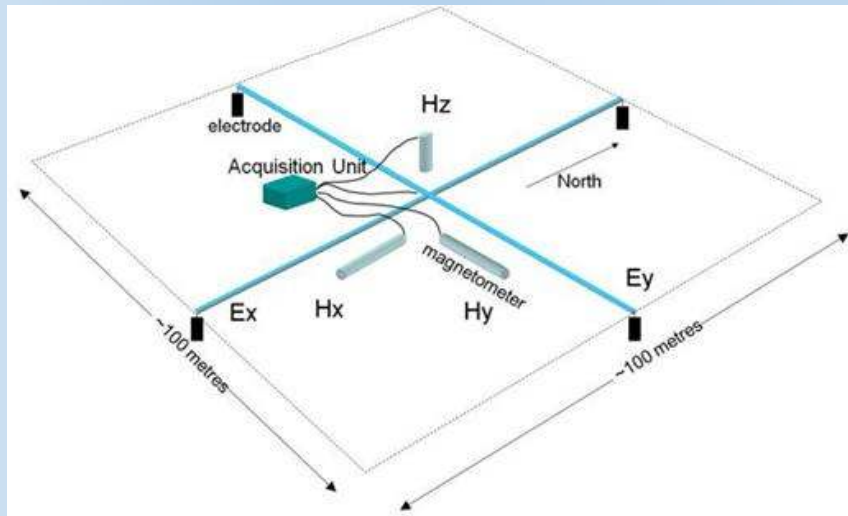


# Introduzione: Metodo Magnetotellurico (MT)

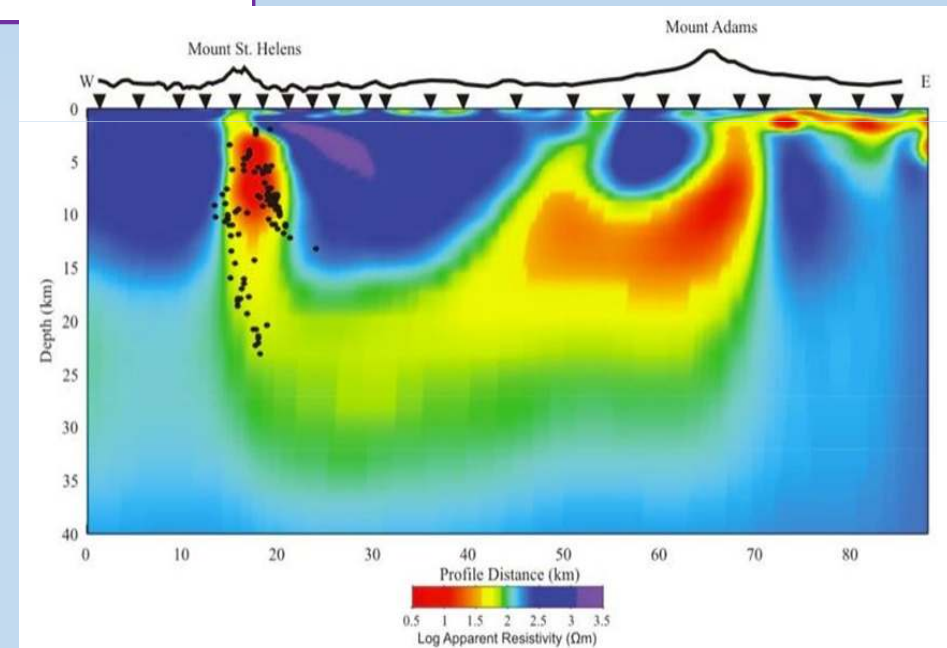
$$\vec{E} = \vec{Z}\vec{H} \rightarrow \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \end{pmatrix}$$

$$\rho_{ij} = \frac{|Z_{ij}|^2}{\omega\mu_0}$$

$\vec{Z}$  = impedenza d'onda MT;  $\rho$  = resistività;  $\omega$  = frequenza angolare;  
 $\mu_0$  = permeabilità magnetica del vuoto;

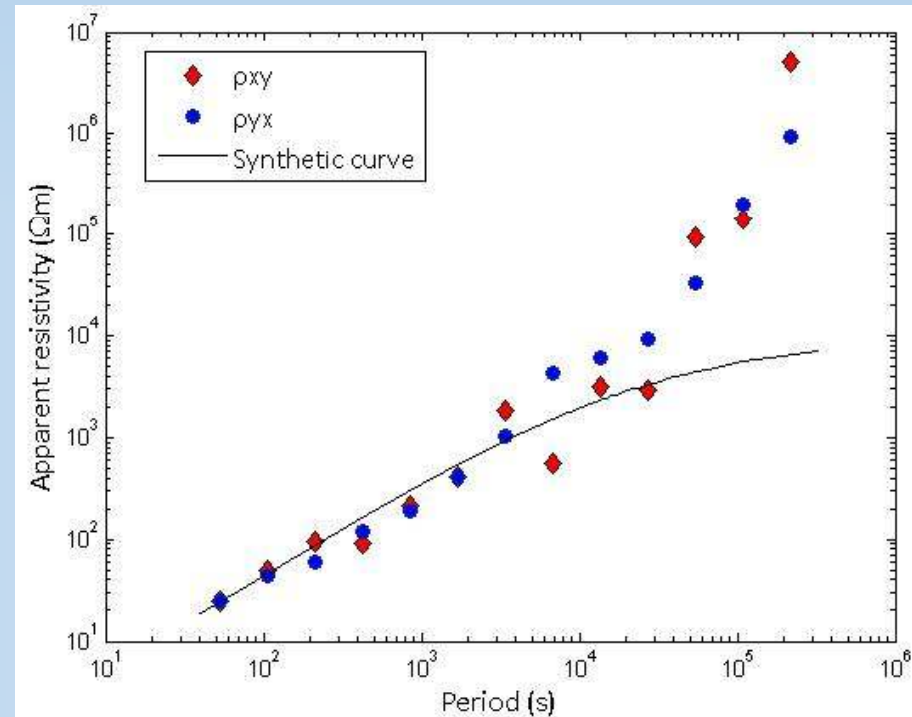
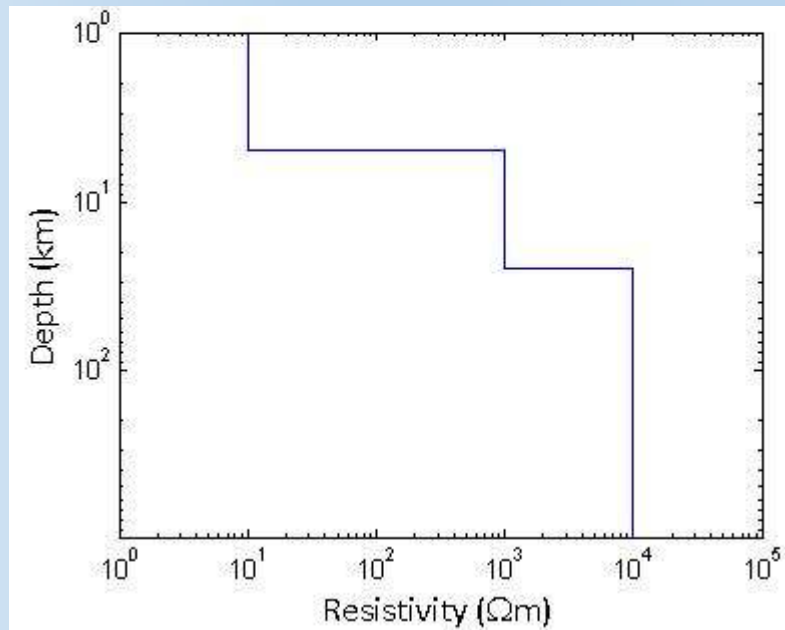
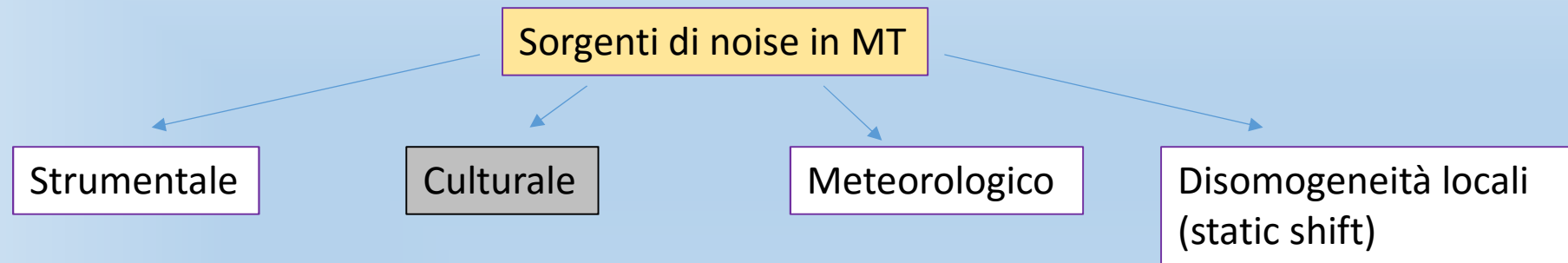


<http://www.moombarriga.com.au/?ContentID=26>



(Hill et al. 2008)

# Introduzione: Noise nei dati magnetotellurici



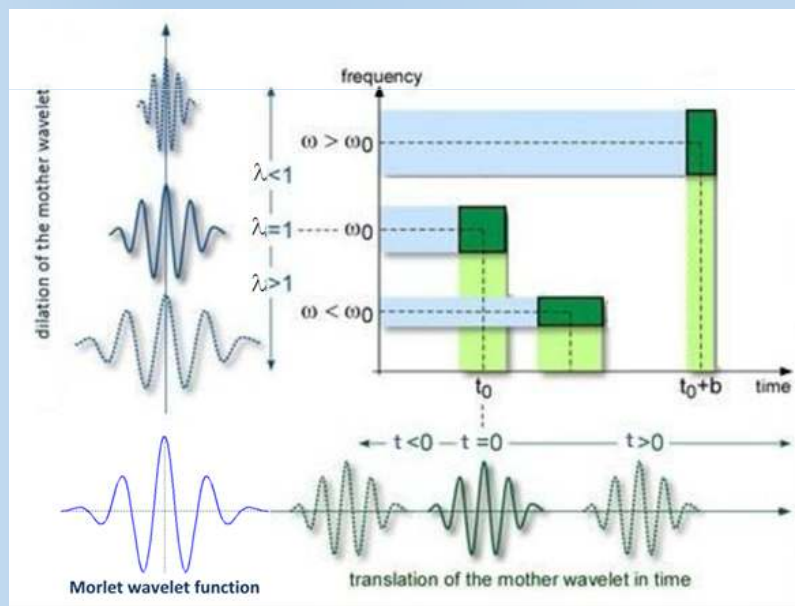
# Introduzione: analisi del dato MT con la trasformata Wavelet

$$D_{m,n} = \int f(t) \psi_{m,n}(t) dt$$

$$\psi_{m,n} = \frac{1}{\sqrt{(\lambda_0)^m}} \psi \left[ t - \frac{nt_0 (\lambda_0)^m}{(\lambda_0)^m} \right]$$

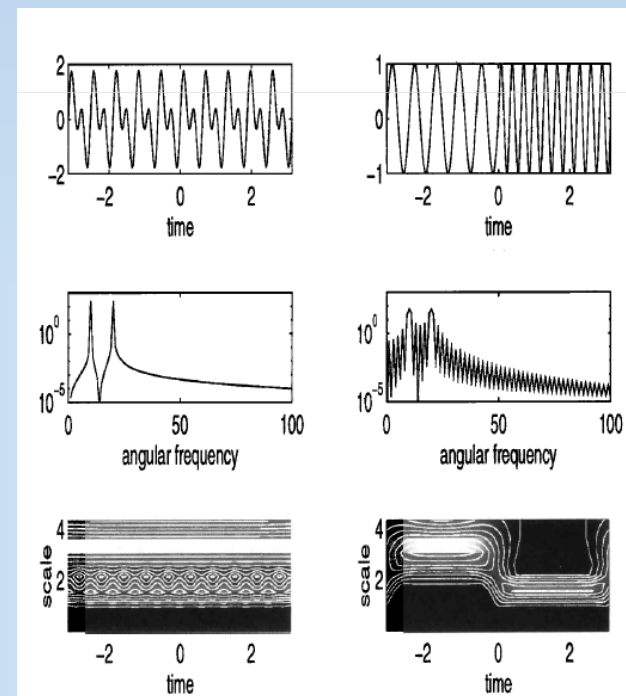
Trasformata Wavelet Discreta (DWT)

$\psi_{m,n}$ : wavelet madre  
 $\lambda_0$ : fattore di scala  
 $t_0$ : parametro di localizzazione



(from Erol, 2011)

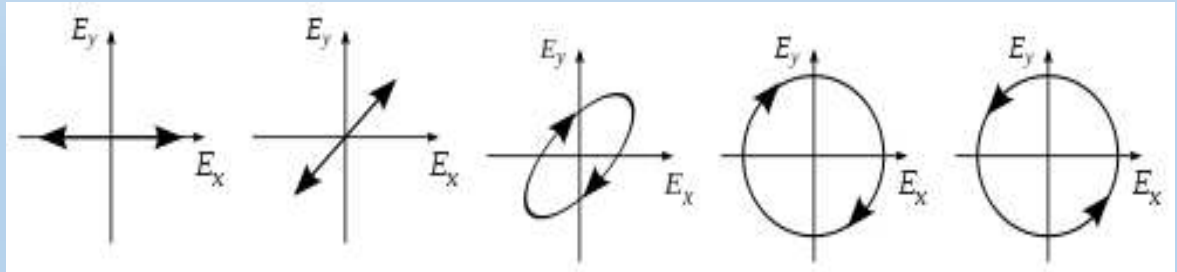
Fourier transf.  
 Wavelet transf.



(from Kumar and Foufoula-Georgiou, 1997)

# Filtro di polarizzazione

Analisi della polarizzazione  
del campo elettrico



Grado di ellitticità della  
polarizzazione

$$\lambda = \frac{2\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \text{ con } \lambda_2 < \lambda_1, 0 \leq \lambda \leq 1$$

$\lambda_1$  e  $\lambda_2$  sono autovalori della matrice

$$\lambda < \lambda_m - thr \cdot std$$

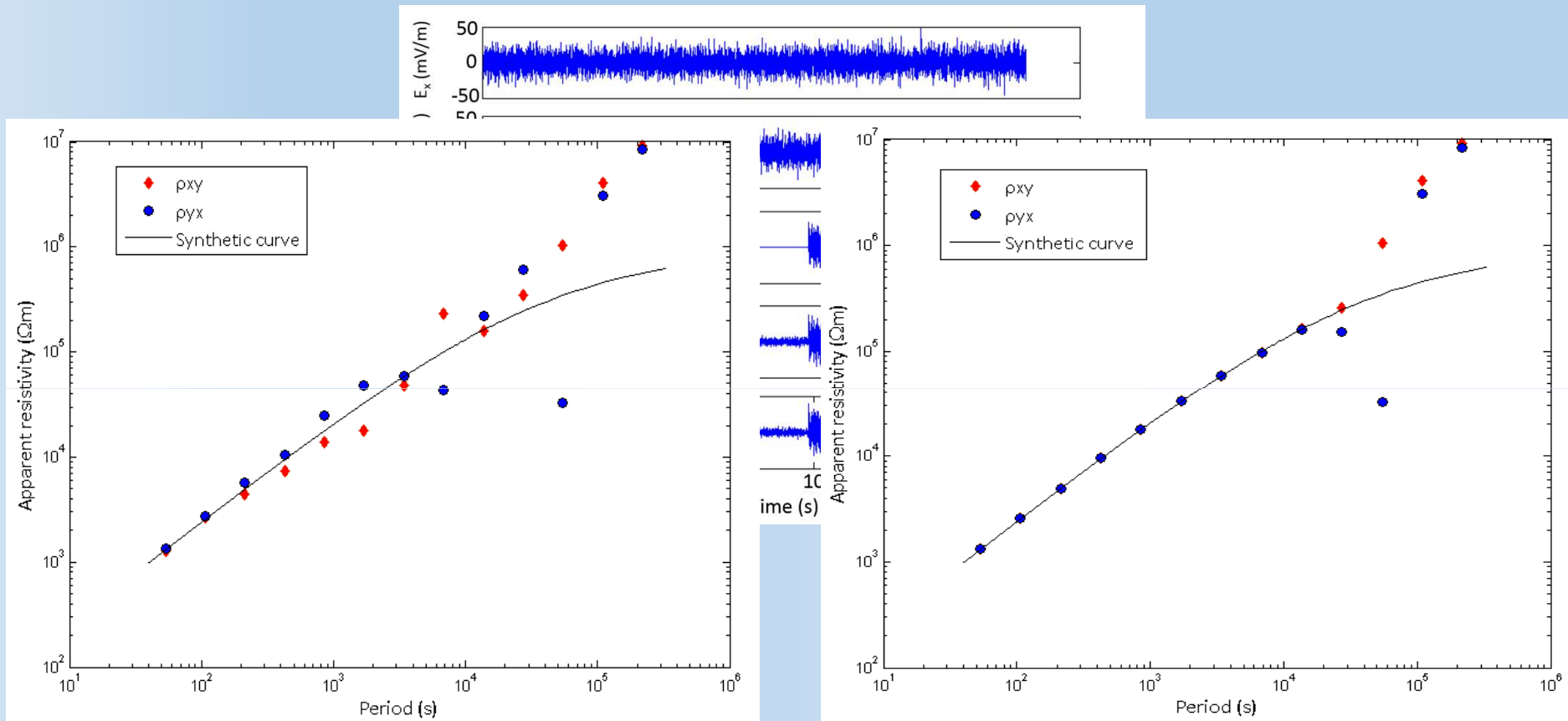
$$C = \begin{pmatrix} C_{xx} & C_{xy} \\ C_{yx} & C_{yy} \end{pmatrix}$$

- $\lambda_m$  è il valore medio dell'ellitticità della polarizzazione per una scala Wavelet

$$C_{xx} = \sum_t E_x(t)^2; C_{yy} = \sum_t E_y(t)^2; C_{xy} = C_{yx} = \sum_t E_x(t) E_y(t)$$

- $thr$  è un valore di soglia scelto dall'operatore
- $std$  è la deviazione standard

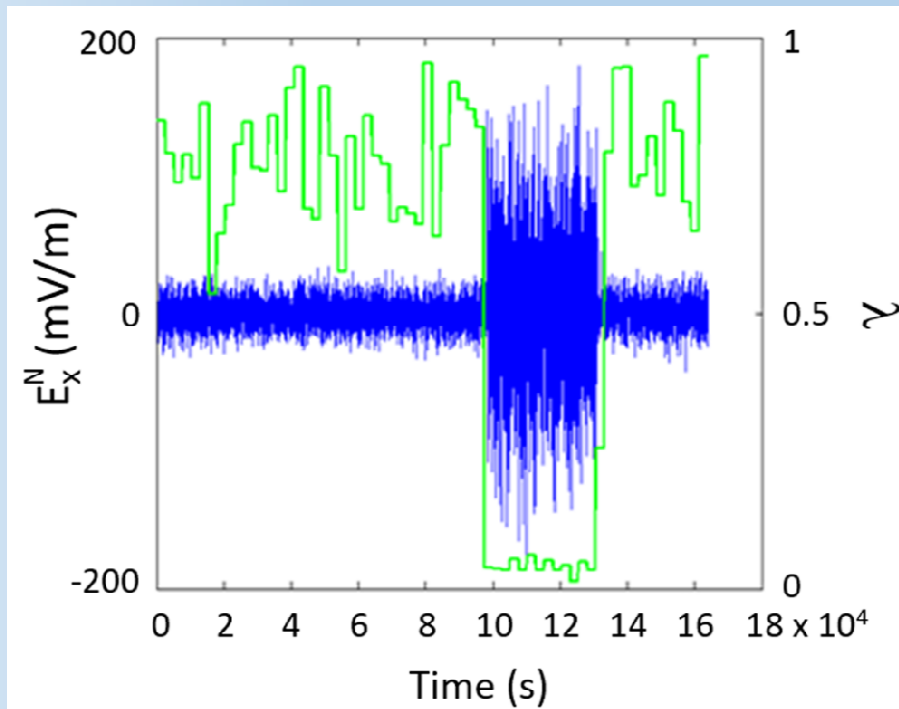
# Filtro di polarizzazione: test sintetici



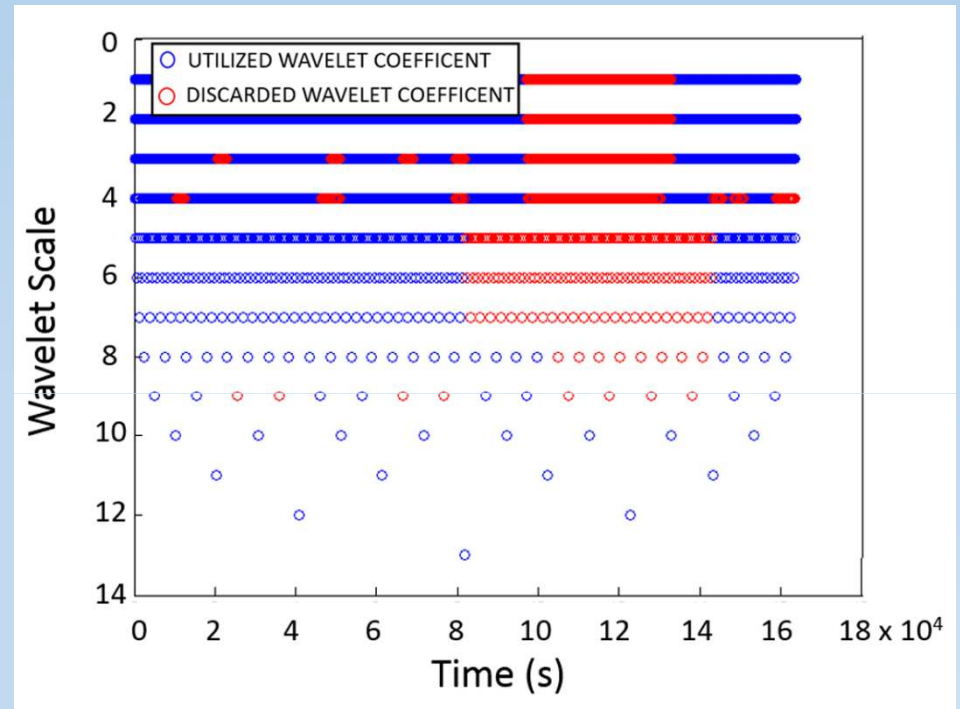
*Curva di resistività apparente ricostruita senza l'applicazione del filtro*

*Curva di resistività apparente ricostruita dopo l'applicazione del filtro di polarizzazione con  $thr = 0.5$*

# Filtro di polarizzazione: test sintetici



Valore della polarizzazione nel tempo per una frequenza di 0.01875 Hz



Plot diadico dei coefficienti Wavelet



# Filtro Weaver

Nell'ambito dell'analisi della dimensionalità delle strutture investigate Weaver et al. (2000) hanno mostrato che il tensore di impedenza presenta sette invarianti. Nello specifico è possibile scomporre il tensore di impedenza  $Z$  nel seguente modo:

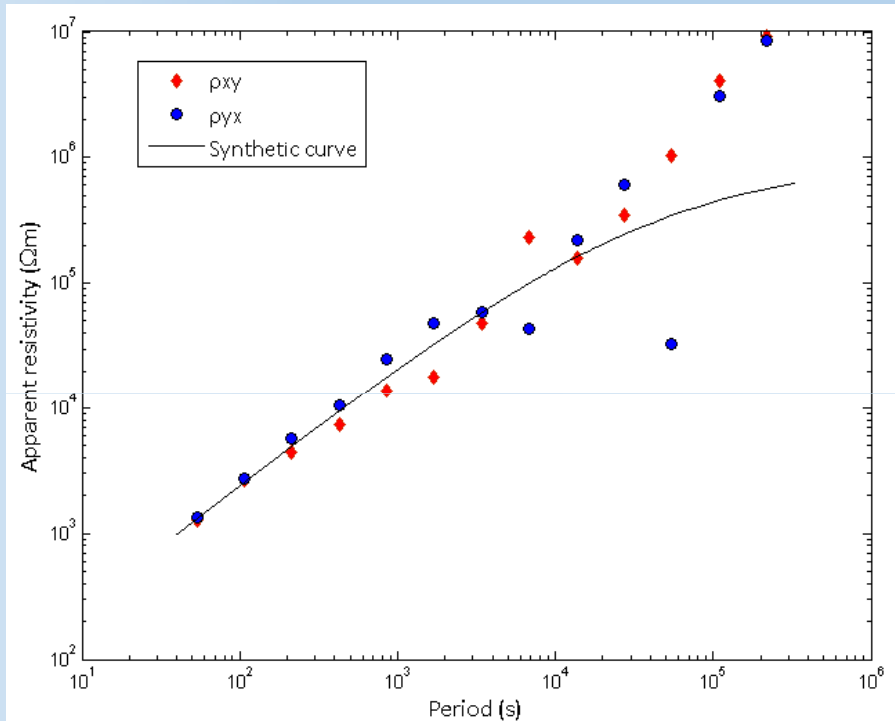
$$\begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \xi_1 + \xi_3 & \xi_2 + \xi_4 \\ \xi_2 - \xi_4 & \xi_1 - \xi_3 \end{pmatrix} + i \begin{pmatrix} \eta_1 + \eta_3 & \eta_2 + \eta_4 \\ \eta_2 - \eta_4 & \eta_1 - \eta_3 \end{pmatrix}$$



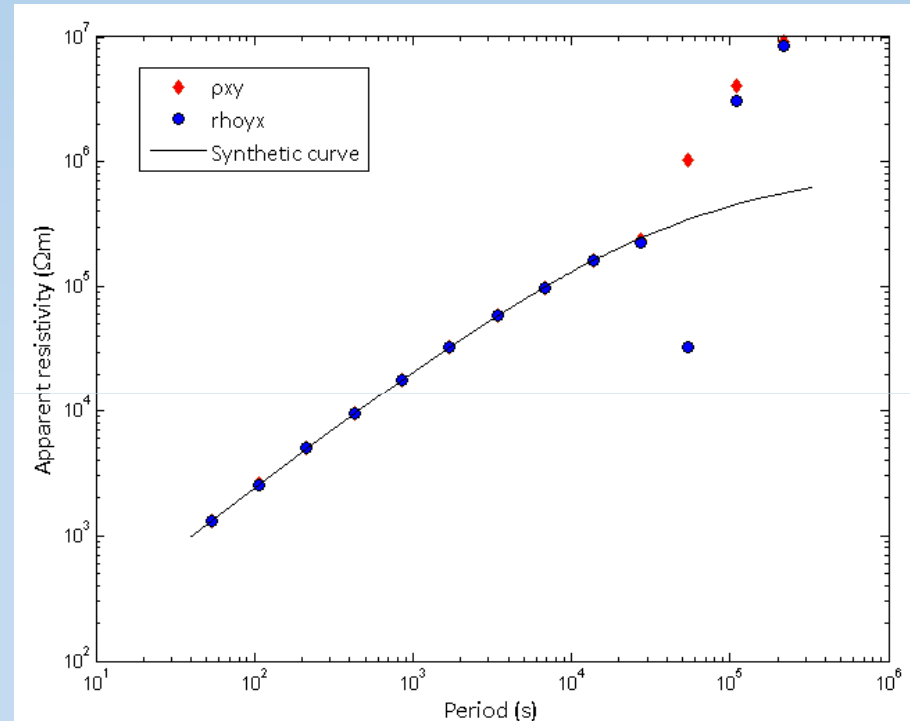
$$I_1 = (\xi_4^2 + \xi_1^2)^{1/2}; I_2 = (\eta_4^2 + \eta_1^2)^{1/2}; I_3 = \frac{(\xi_2^2 + \xi_3^2)^{1/2}}{I_1}; I_4 = \frac{(\eta_2^2 + \eta_3^2)^{1/2}}{I_2}; I_5 = \frac{\xi_4\eta_1 + \xi_1\eta_4}{I_1 I_2}; I_6 = \frac{\xi_4\eta_1 - \xi_1\eta_4}{I_1 I_2};$$
$$I_7 = \frac{d_{41} - d_{23}}{Q};$$

$$\text{Con: } Q = [(d_{12} - d_{34})^2 + (d_{13} + d_{24})^2]^{1/2}; \quad d_{ij} = \frac{\xi_i \eta_j - \xi_j \eta_i}{I_1 I_2}.$$

# Filtro Weaver

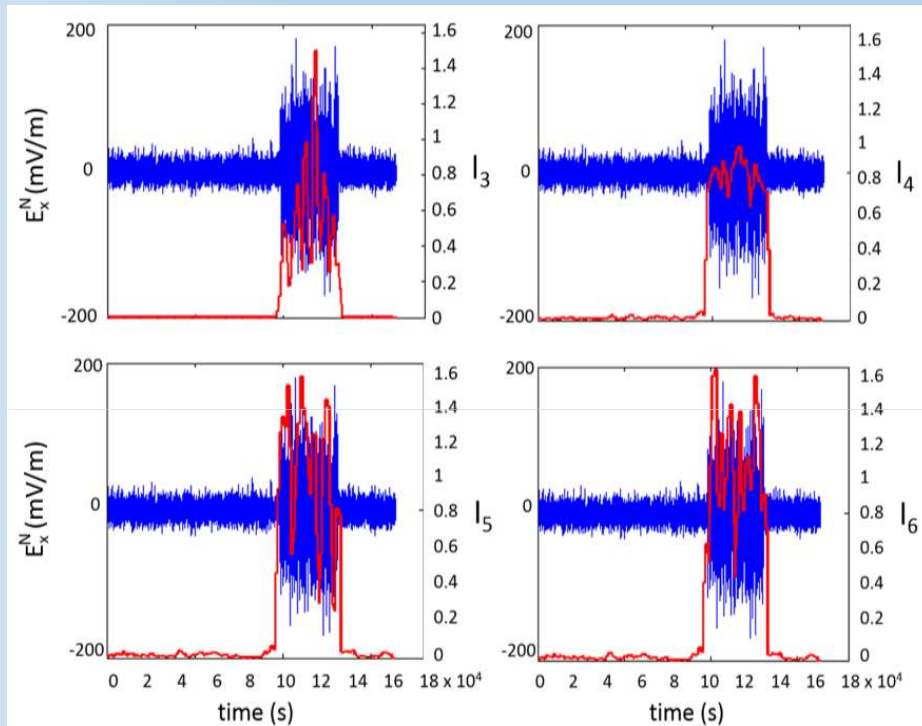


*Curva di resistività apparente ricostruita senza l'applicazione del filtro*

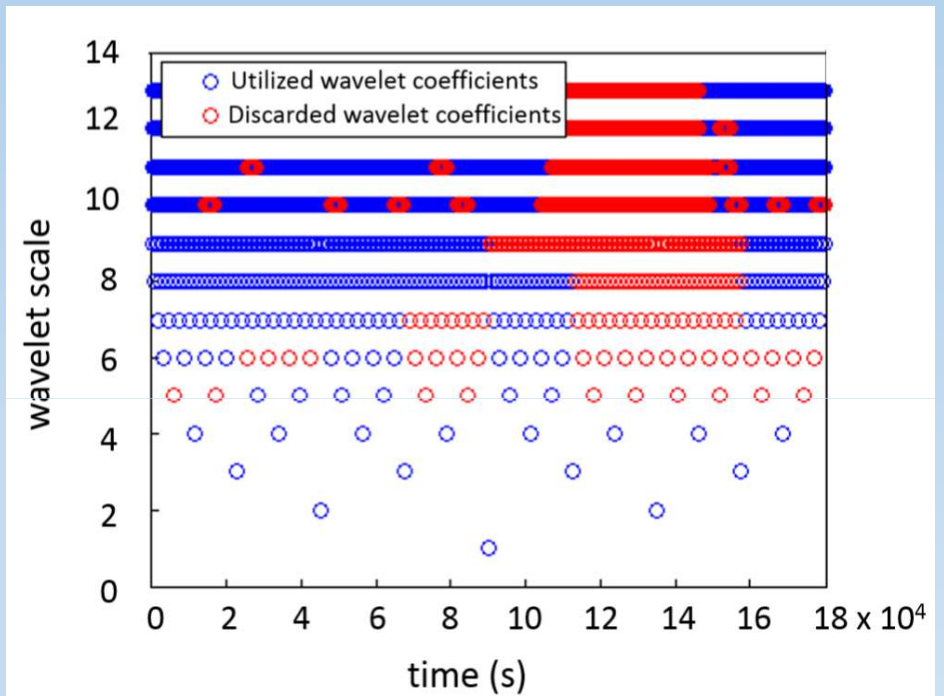


*Curva di resistività apparente ricostruita in seguito all'applicazione del filtro di Weaver con una soglia al 45esimo percentile*

# Filtro Weaver

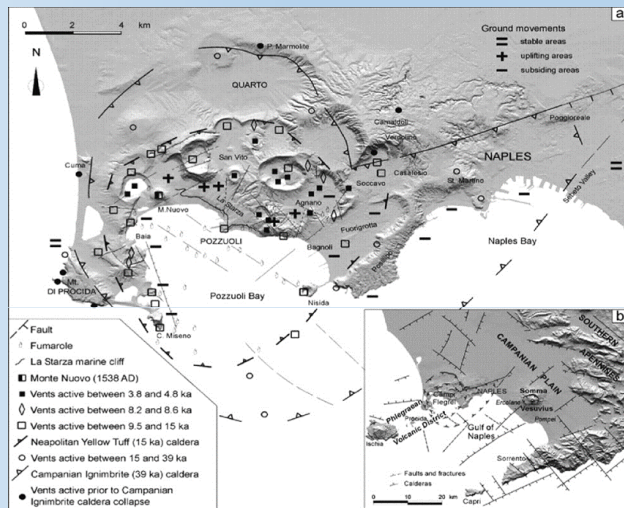


Valore degli invarianti normalizzati nel tempo per una frequenza di 0.01875 Hz

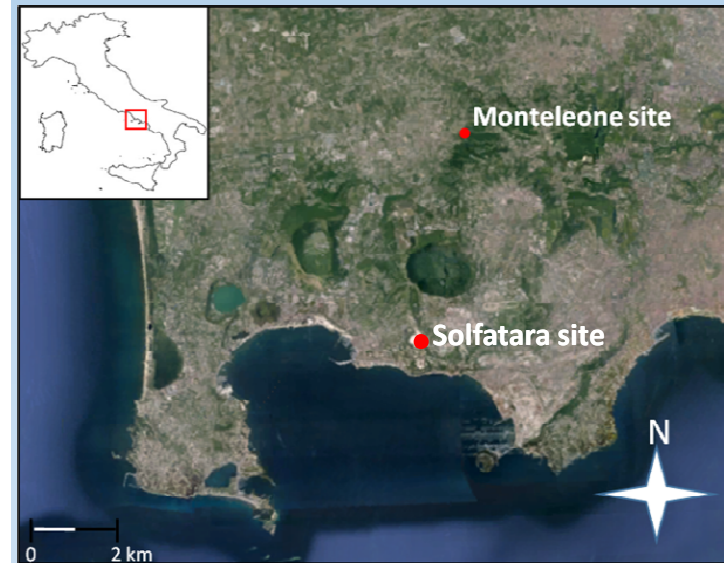
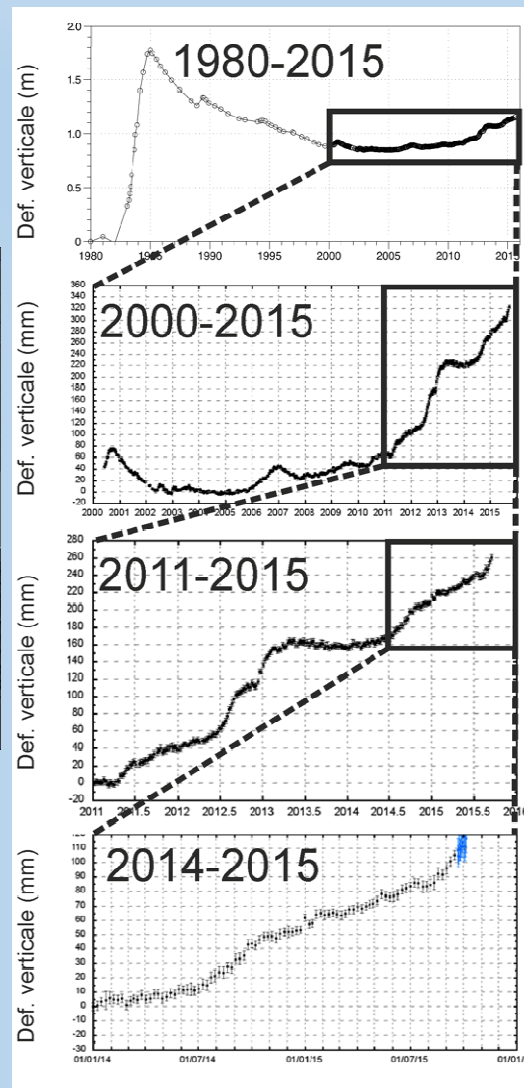


Plot diadico dei coefficienti Wavelet

# Test sperimentali: Campi Flegrei



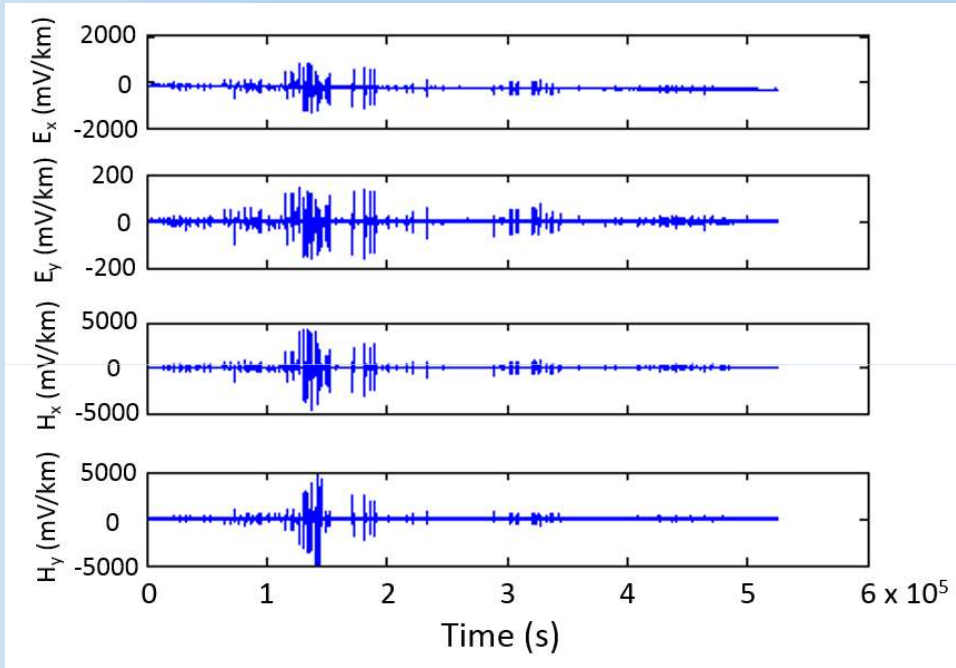
Campi Flegrei



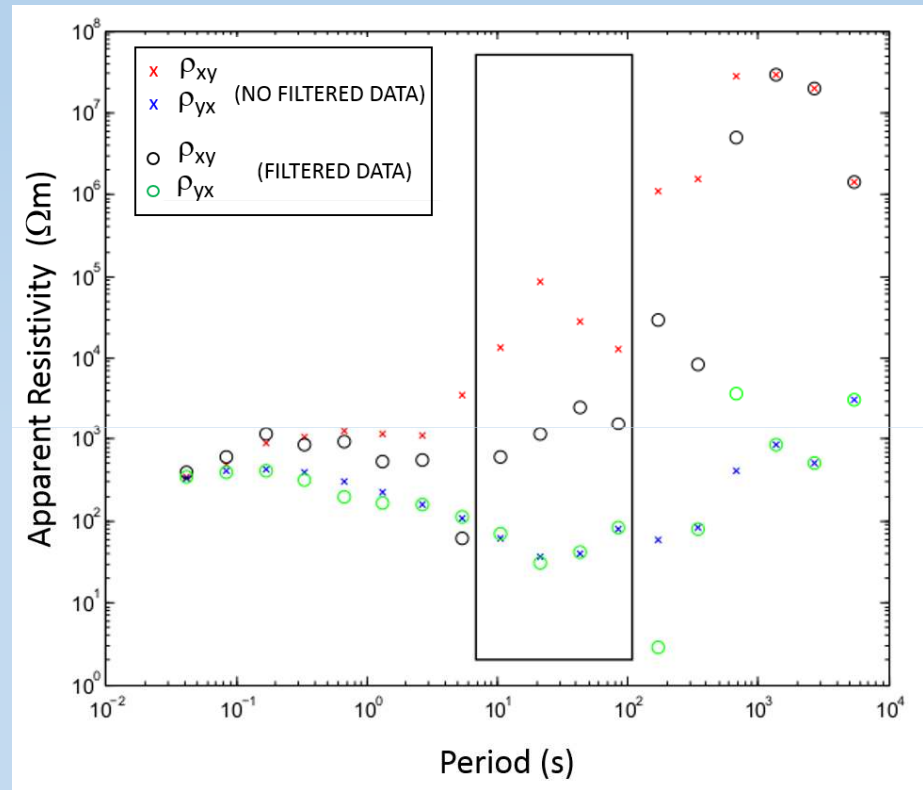
Ubicazione dei siti di acquisizione del segnale MT

Deformazioni verticali ai Campi Flegrei

# Test sperimentali: Filtro di polarizzazione

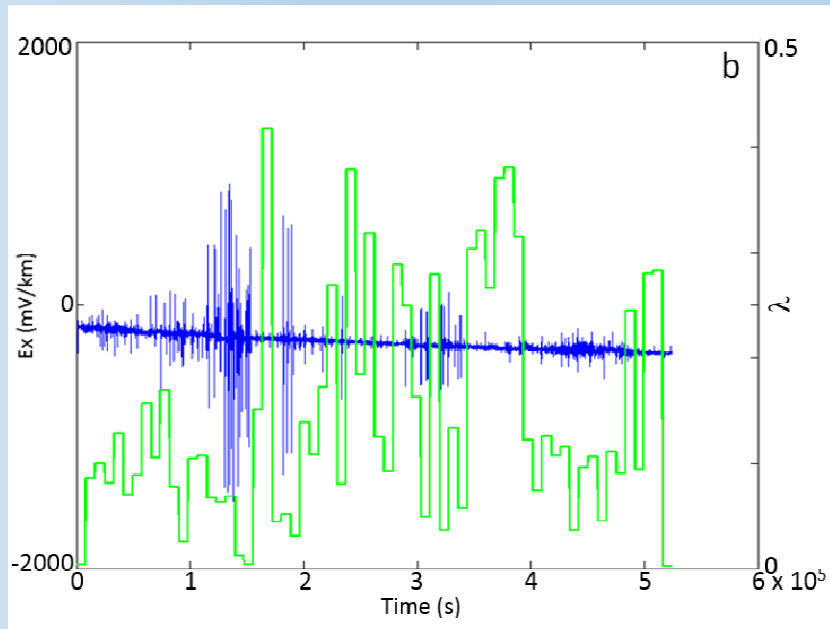


*Serie temporali Monteleone*

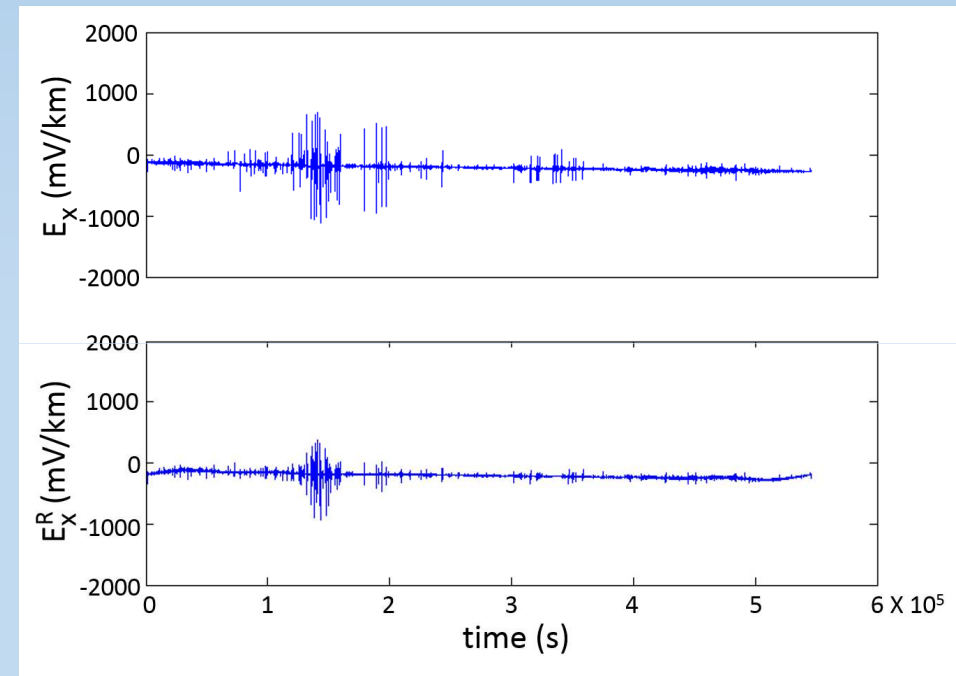


*Curve di resistività apparente con e senza filtro.*

# Test sperimentali: Filtro di polarizzazione

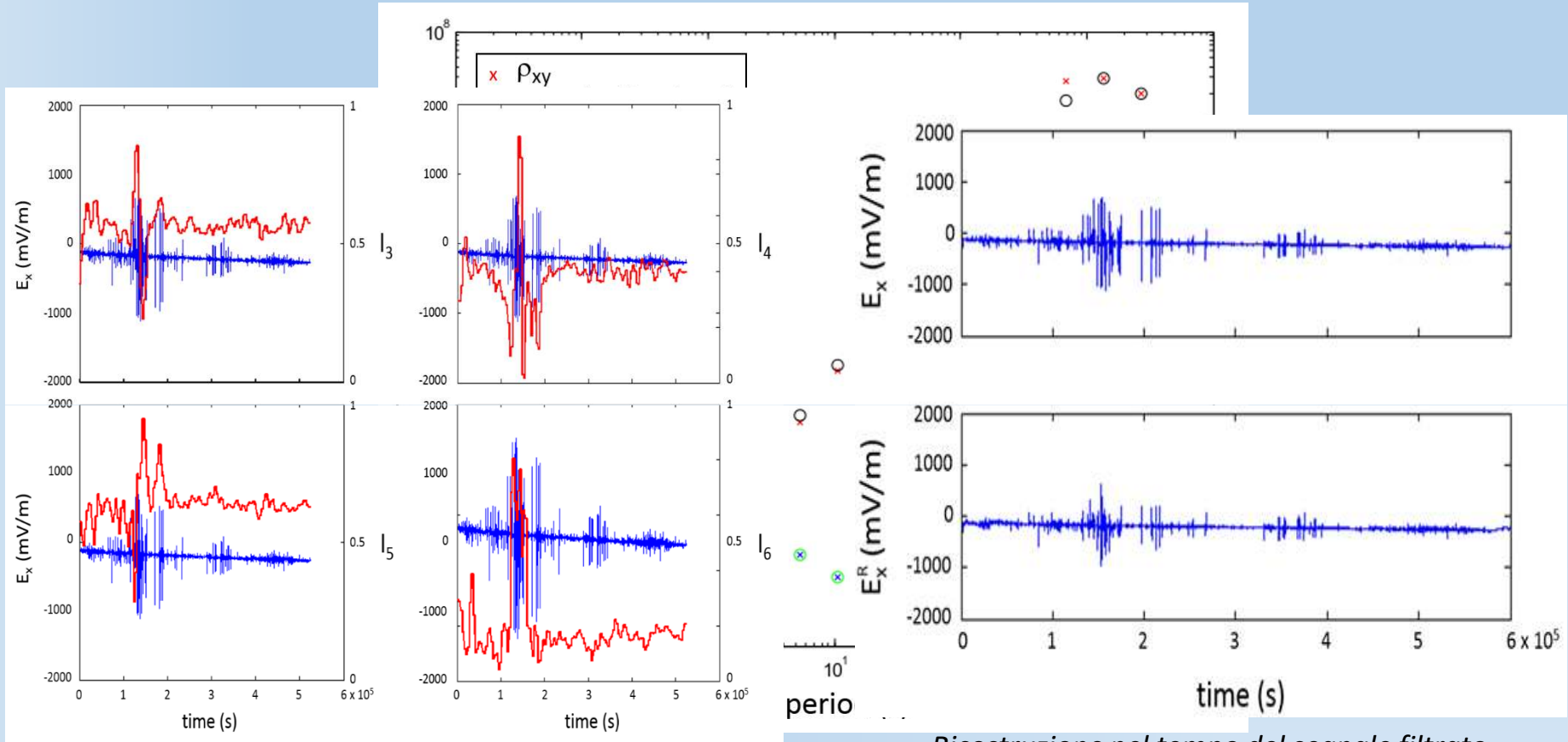


*Polarizzazione nel tempo per una frequenza centrale di 3 Hz*



*Ricostruzione nel tempo del segnale filtrato*

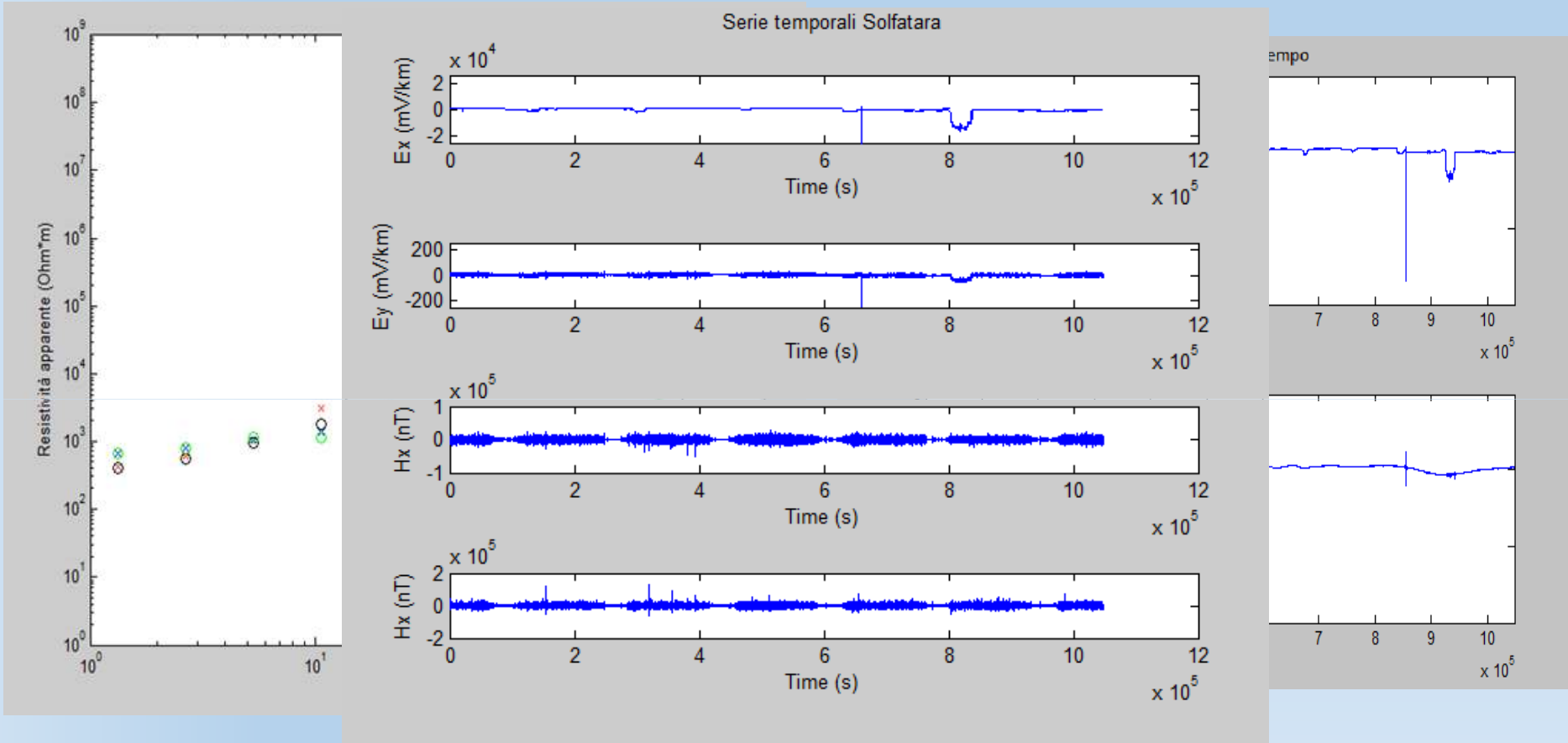
# Test sperimentali: Filtro Weaver



Ricostruzione nel tempo del segnale filtrato

Invarianti normalizzati di Weaver per una frequenza centrale di 3 Hz

# Test sperimentali: applicazione in sequenza





# Conclusioni

Sviluppo e applicazione dei filtri di polarizzazione e degli invarianti di Weaver per rilevare e mitigare la presenza di noise temporalmente localizzato sulle serie temporali MT

- Capacità di estendere la banda di analisi dei dati MT a periodi più alti
- Capacità di rendere più *smoothed* le curve di resistività apparente
- Miglioramento delle stime dei valori di resistività apparente mediante applicazione dei due filtri in sequenza (e.g. in presenza di noise polarizzato e non polarizzato)