SCIENZA DELLA COMPLESSITÀ E BENI CULTURALI

Massimo Materassi, PhD

Istituto dei Sistemi Complessi del Consiglio Nazionale delle Ricerche
ISC-CNR, Sesto Fiorentino (Firenze)
E-mail: massimo.materassi@isc.cnr.it,
massimomaterassi27@gmail.com

Webpage: www.materassiphysics.com

Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche.
Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

L'Istituto dei Sistemi Complessi del Consiglio Nazionale delle Ricerche CNR-ISC

Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche.
Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

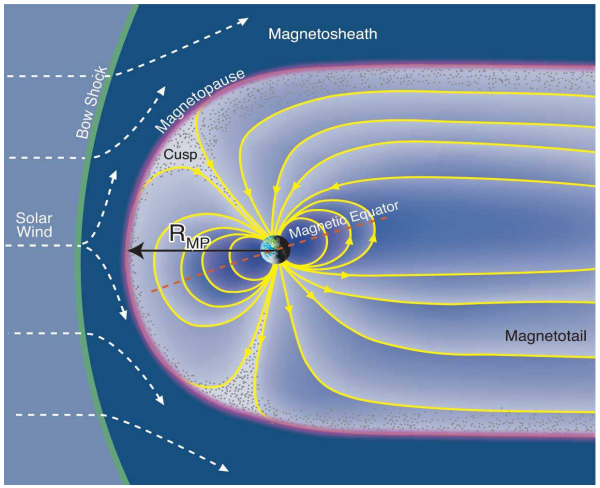
L'Istituto dei Sistemi Complessi (ISC) del CNR

Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche. Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

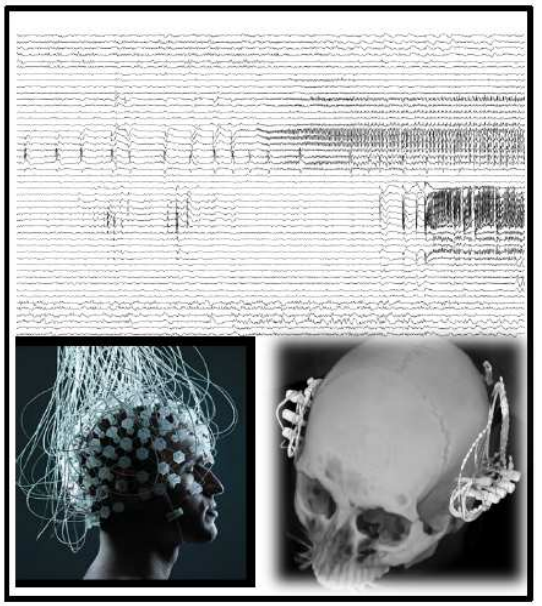
- **Istituito nel 2004;**
- **Primo Direttore, Prof. Luciano Pietronero (Meccanica Statistica del non-equilibrio, Frattali, Econofisica, …);**
- **Scuola dell'Università di Roma (Complessità, Meccanica Statistica, …) e scuola dell'Università di Firenze (Ottica Non-Lineare, Fisica Superiore, …);**
- **ISC oggi: Fisica Statistica e Complessità (non-equilibrio, sistemi a molti corpi, sincronizzazione, turbolenza), Biofisica (ecologia matematica, stormi, biochimica), Complessità Quantistica (ottica, informazione quantistica) e Materia Soffice (sistemi granulari, tessuti viventi, materia attiva, molecole).**

I “nostri” sistemi complessi

https://i.dailymail.co.uk/i/pix/2013/11/27/article-2514252-19A6D9E700000578-825_972x536.jpg



http://lasp.colorado.edu/home/mop/resources/graphics/graphics/



http://wwwold.fi.isc.cnr.it/users/thomas.kreuz/images/Kreuz_2016_Time-Series-Analysis_Lecture-5.pdf

https://www.isc.cnr.it/research/topics/statistical-physics-complexity/social-systems/what-is-econophysics/

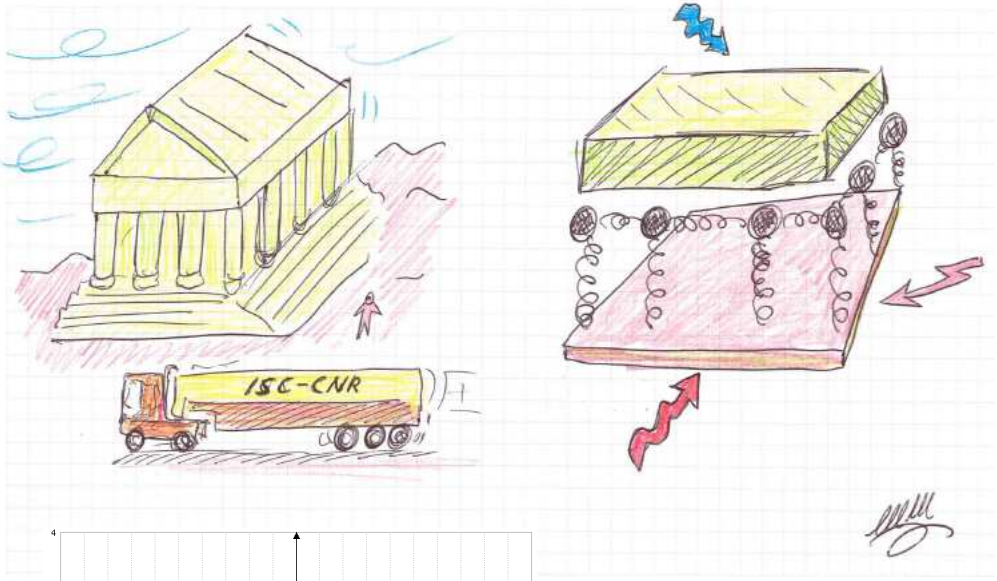
$$\partial_\tau \psi = \frac{g}{B}\left\{\frac{M}{e} + \frac{\partial_z N_0}{\nu_{in} N_0\left[ik(1+e^{\psi}) + e^{\psi}\partial_x \psi\right]}\right\}\partial_x \psi + \frac{\partial_z N_0}{\nu_{in} N_0\left[ik(1+e^{\psi}) + e^{\psi}\partial_x \psi\right]}\frac{e^{-\psi}\xi}{N_0 M} - R.$$

Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche. Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

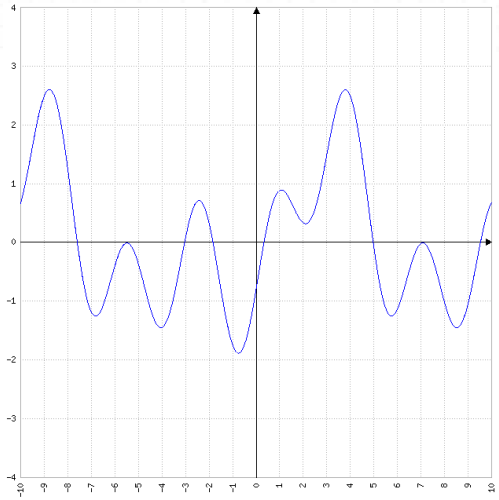
Prospettiva di attività di CNR-ISC nel Tavolo Tecnico Consultivo per il Monitoraggio del Parco Archeologico del Colosseo

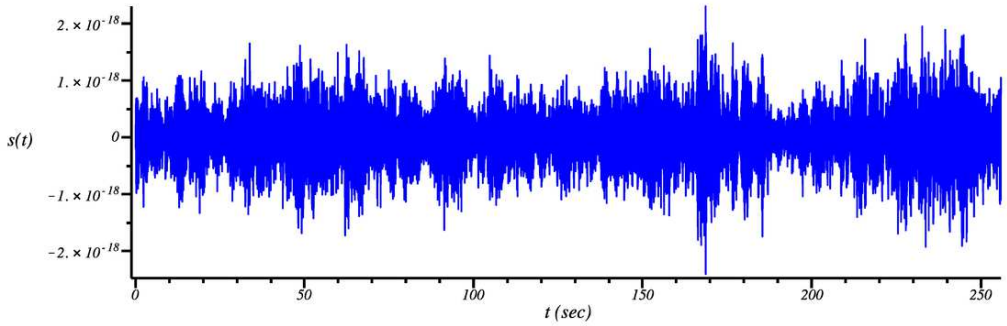
Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche.
Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

Beni culturali come sistemi compelssi: modelli dinamici stocastici



- La modellizzazione meccanica di strutture monumentali passa per la schematizzazione delle stesse e la schematizzazione delle forzanti. Le strutture sono spesso "masse-e-molle", le forzanti "onde".
- Nella realtà, però, le forzanti contengono *rumore* e le sotto-strutture sono accoppiate non-linearmente.
- Necessità di introdurre modelli stocastici, contenenti rumore trattato probabilisticamente.



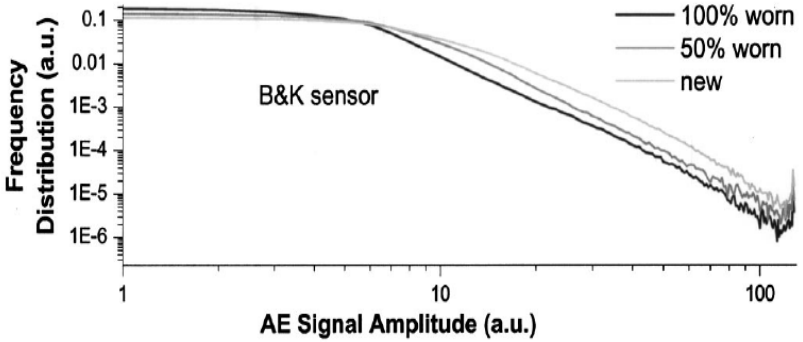


http://www.soundsofspacetime.org/uploads/4/9/0/4/49047375/3095912_orig.png

Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche. Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

Interrogare il rumore sismico

- **Studiare la statistica del rumore sismico in diversi punti dei monumenti consente di:**
- **diagnosticare il tipo di dinamica esistente fra le sotto-strutture;**
- **monitorare l'invecchiamento e la prossimità di catastrofi.**

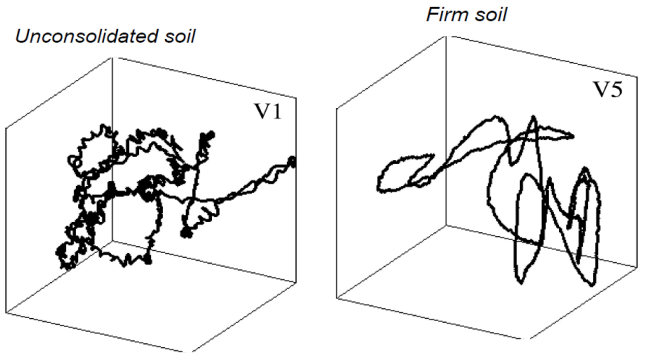


Farrelly et al., J. Acoust. Soc. Am.116(2), August 2004

All'invecchiamento meccanico corrisponde un cambiamento delle proprietà vibrazionali dei mezzi materiali.

Ugualmente, a condizioni geologiche diverse corrispondono proprietà dinamiche diverse del rumore sismico.

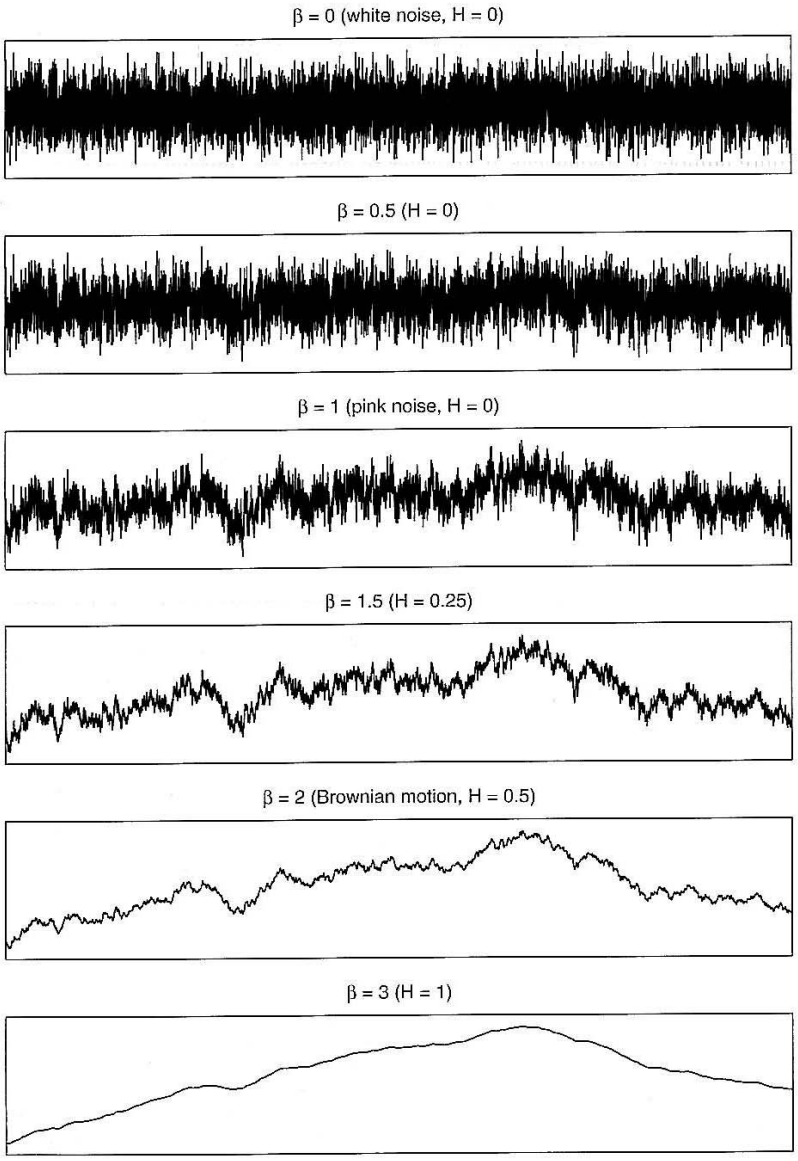
A. CASERTA[1], G. CONSOLINI[2] AND P. DE MICHELIS[1].
Stud. Geophys. Geod., 51 (2007), 255–266



$$\left\langle r^2(\tau) \right\rangle \propto \tau^{\alpha}$$

Geological Prototype	$\langle \alpha \rangle$
A	1.70 ± 0.08
B	1.85 ± 0.01
C	1.91 ± 0.03

Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche.
Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019



S. Hergarten (2002)

- **Esempio didattico: all'aumentare dell'indice investigato, l'evoluzione del fenomeno è sempre più "permanente", cioè più predicibile.**
- **Più piccolo è questo indice, più "rumorosa", i.e. impredicibile, è l'evoluzione che osserviamo!**
- **Se misurassimo variazioni di simili indici su suolo-e-monumenti, capiremmo *in anticipo* il loro degrado, prevenendo eventi catastrofici.**

$$\alpha = \beta - 1$$

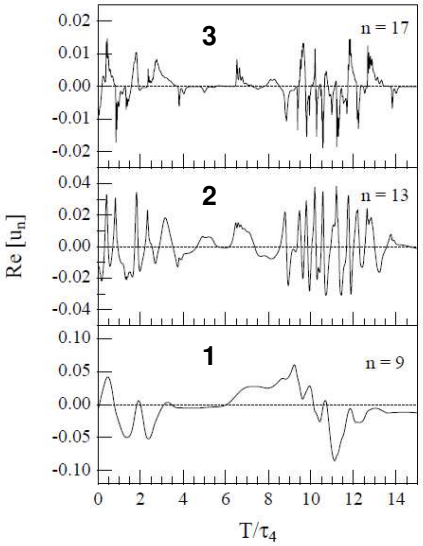
Cercare i rapporti di causalità

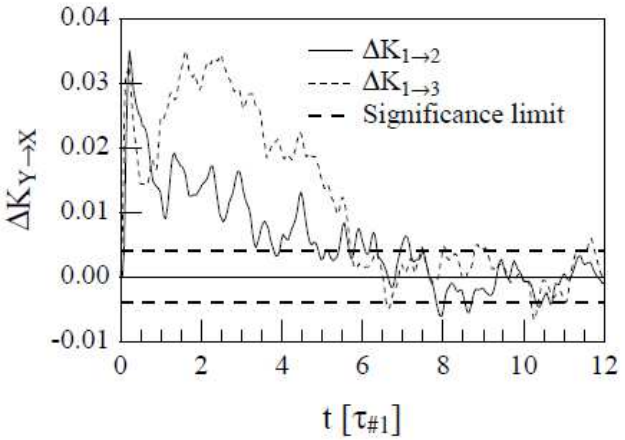
Un processo *Y* "guida" un processo *X* se la conoscenza dello stato presente di *Y* contiene più informazione sullo stato futuro di *X*, che vice versa.

Nel disegno, il Pesce trascina la barca del Vecchio, quindi: se si conosce lo stato di moto attuale del Pesce, possiamo predire piuttosto bene lo stato di moto futuro della barca del Vecchio, mentre non vale il vice versa!

Quando il Vecchio uccide il pesce e poi lo trascina, varrà esattamente l'opposto.

Tecniche come la mutual information e la transfer entropy permettono di:
- quantificare intensità e ritardo negli accoppiamenti fra sotto-strutture;
- districare le relazioni di causalità fra diversi processi osservati.





Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche. Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

Coinvolgimento di CNR-ISC in attività di monitoraggio, conservazione e recupero di beni culturali

Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche.
Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

Progetto ADAMO
Istituzioni partecipanti:
CNR, ENEA, INFN, Roma Tre, Sapienza, Tor Vergata, Tuscia

Il CNR-ISC coordina il Working Package 4 (WP4): Analisi e diagnostica *in situ* e remota
Partecipanti ISC: M. Missori (coordinatore WP4), S. Capuani

Siti monitorati:

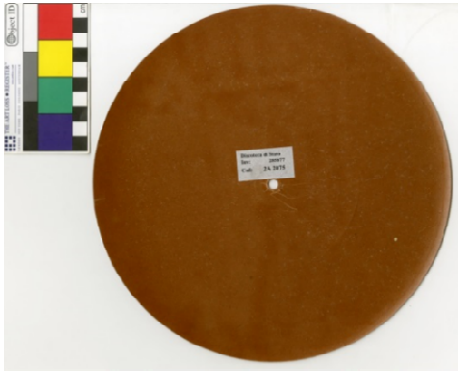
Villa della Piscina a Centocelle
(analisi IR pigmenti affreschi)

Palazzo Chigi (Ariccia)
(spettroscopia su dipinti)

Chiesa di S. Nicola in Carcere
(infiltrazioni d'acqua con NMR)

Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche.
Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

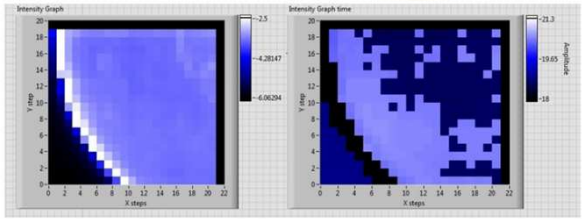
Studio diagnostico dei dischi fonografici Durium dell'Istituto Centrale per i Beni Sonori e Audiovisivi (ICBSA)



ICBSA possiede 1500 di dischi Durium datati dagli anni '30 agli anni '50.

Realizzati accoppiando cartone e materiale plastico, hanno mostrato nel tempo forti deformazioni.

Recupero del contenuto sonoro attraverso la caratterizzazione dei materiali e la sperimentazione di procedure innovative per il loro restauro e conservazione digitale.



THz waves transmitted intensity — Time delay of THz waves passing through the disc

Partecipanti ISC: M. Missori (responsabile), N. Ghofraniha, S. Sennato

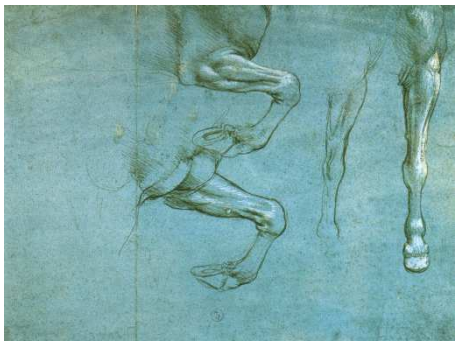
Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche. Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

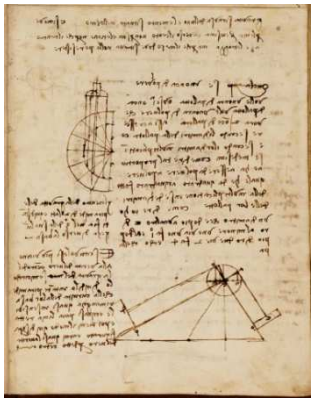
Studio della degradazione ottica dei disegni di Leonardo da Vinci (1452-1519)

ICRCPAL
Istituto Centrale per il Restauro e la Conservazione del Patrimonio Archivistico e Librario

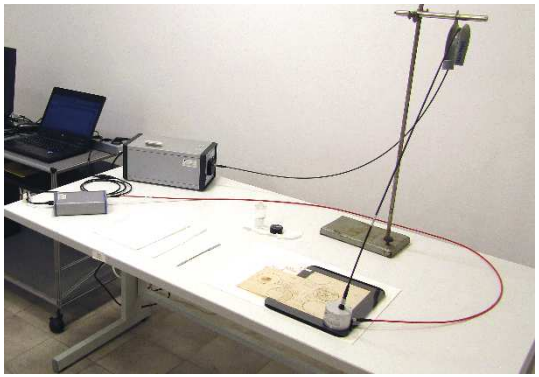
MiBAC MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI

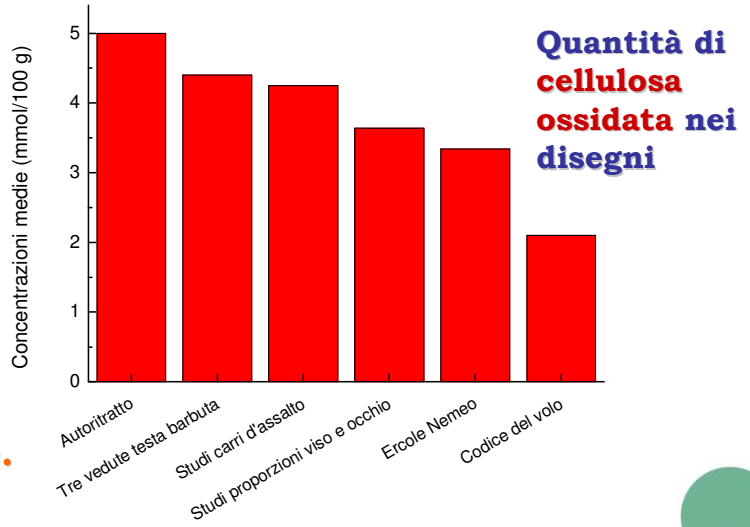
UNIVERSITÀ degli STUDI di ROMA TOR VERGATA





Valutazione dello stato di conservazione del supporto cartaceo e delle mediazioni grafiche mediante misure diagnostiche *in situ* non invasive
(Responsabile: M. Missori)

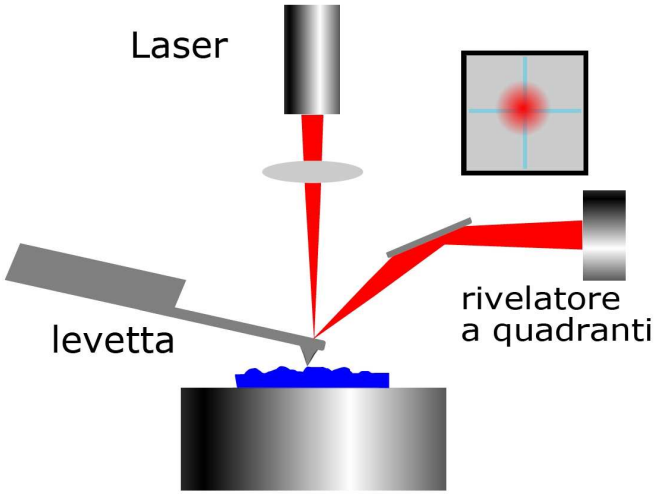




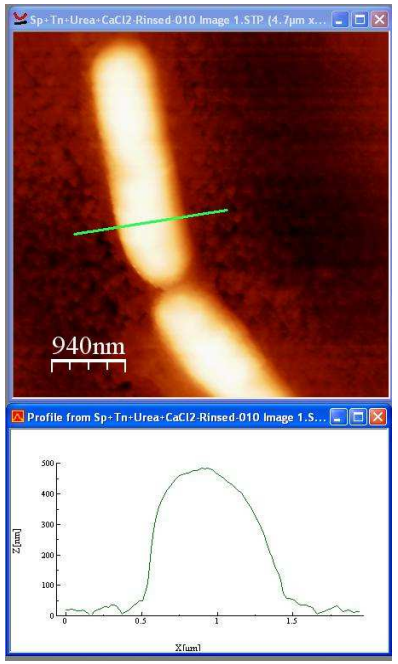
Quantità di cellulosa ossidata nei disegni

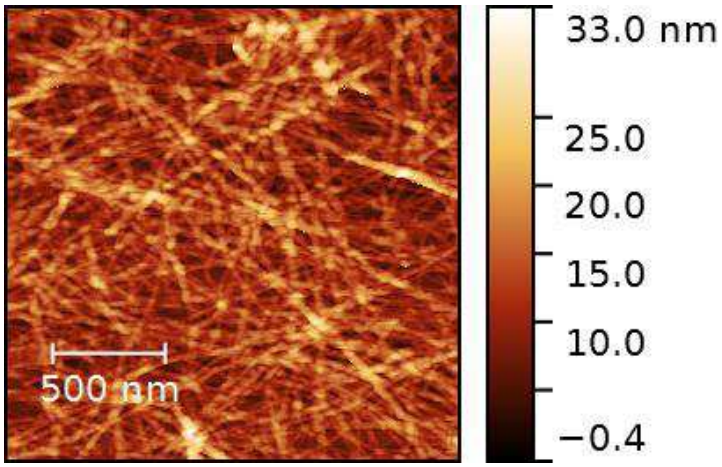
Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche. Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

AFM Atomic Force Microscopy

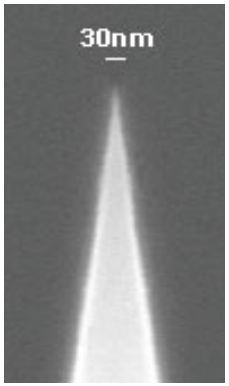


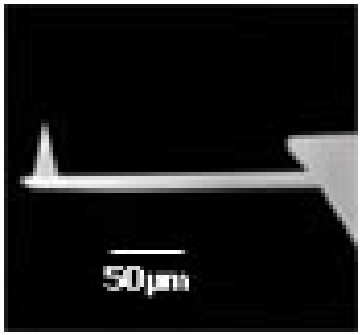
- **La microscopia AFM consente di investigare superfici di materiali (es. metalli) ottenendo mappe tridimensionali con elevata risoluzione (nanometri).**
- **Il campo di misura tipico dello strumento è di alcune decine di micron.**





Fibrille di insulina





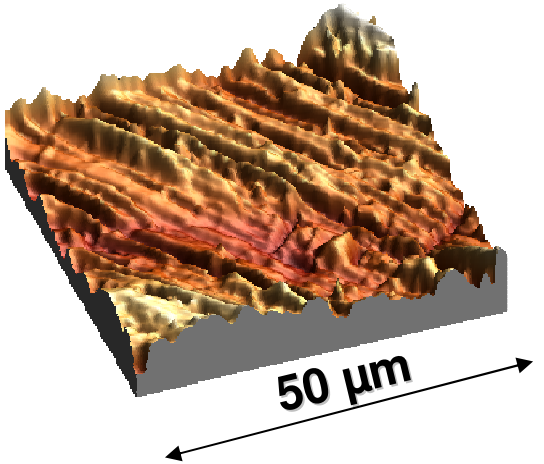
Cantilever

lunghezza ~ 150 µm
larghezza ~ 30 µm
spessore ~ 1 µm

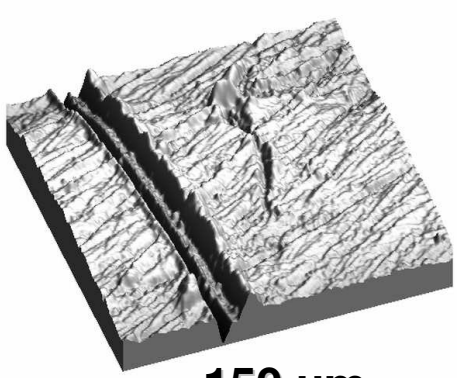
Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche. Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

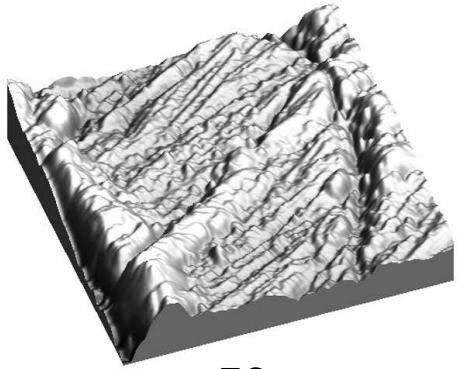
AFM Atomic Force Microscopy

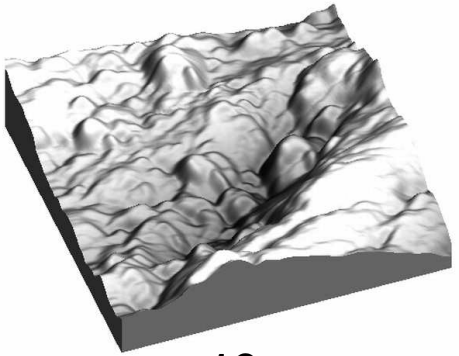
- Analisi su provini di bronzo per valutazione microrugosità.
- Progetto: Monitoraggio delle Porte Bronzee del Battistero di Firenze (anno 2005)



Progetto Battistero





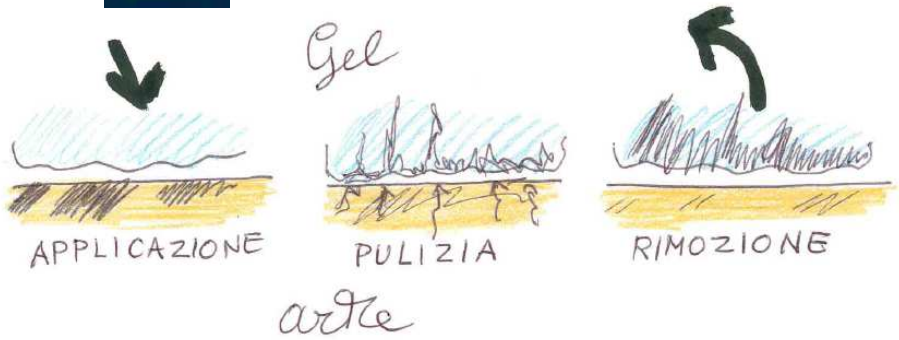


Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche.
Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

GELARTE

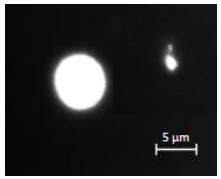
microgel e arte: una nuova tecnologia per la conservazione dei beni cartacei

Grazie alle loro piccole dimensioni i microgel possono penetrare all'interno della struttura della carta e favorire una migliore rimozione dello sporco e dei prodotti di degradazione.

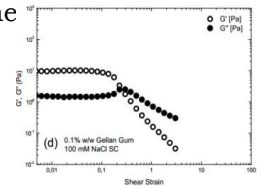


Il microgel di Gellano

Immagine al microscopio ottico di microgel di Gellano marcato con fluoresceina (100x)



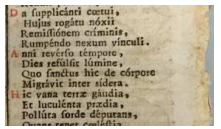
Misure reologiche

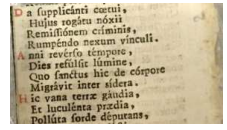


Applicazione su carta (campione XVIII secolo)

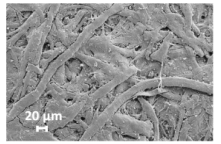
PRIMA **DOPO**

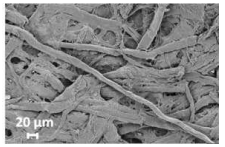
Foto del campione in analisi



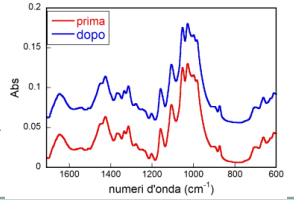


Immagini SEM





Immagini FTIR



I dati confermano l'efficacia di pulitura e l'assenza di residui di gel sulla carta

Partecipanti ISC: E. Zaccarelli (coordinatrice), R. Angelini, M. Missori, B. Ruzicka
Partecipanti Tor Vergata: L. Micheli, C. Mazzuca, O. Pulci, E. Chiessi

Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche. Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico e geomorfologico, degrado chimico ambientale
Roma, 20-21 Marzo 2019

Grazie a tutti per la vostra preziosa attenzione!

Ringraziamenti speciali:

- **José Lorenzana, Direttore CNR-ISC;**
- **Mauro Missori e Bruno Tiribilli;**
- **Organizzazione di questo Workshop.**

BUON LAVORO!