



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Gruppo di Chimica Analitica ed Elettrochimica

## Dipartimento di Chimica Industriale «Toso Montanari»

**Group Leader:**  
**Prof.ssa Erika Scavetta**

# Componenti del gruppo di Ricerca

**Erika Scavetta**, prof.ssa ordinaria

**Sergio Zappoli**, prof. associato

**Andreas Stephan Lesch**, prof. associato

**Isacco Gualandi**, prof. associato

**Federica Mariani**, ricercatrice

**Domenica Tonelli**, prof.ssa a contratto, prof.ssa ordinaria in quiescenza



# Competenze

Fabbricazione di **dispositivi e sistemi elettrochimici innovativi** (sensoristica, accumulo di energia, fuel cell, etc...)

**Elettrosintesi e sintesi chimica** di materiali per applicazioni elettrochimiche (**idrossidi doppi a strati, materiali inorganici, polimeri conduttori, esacianoferrati, etc..**)

**Caratterizzazione elettrochimica**

**Caratterizzazione chimico-fisica mediante tutte le tecniche analitiche convenzionali**

Design, sviluppo e caratterizzazione di sensori basati su **transistor organici a film sottile** per applicazioni avanzate (**sensori indossabili, portatili e per esperimenti in vitro**)

Fabbricazione di dispositivi elettrochimici attraverso **la stampa a getto di inchiostro**



# Principali linee di ricerca avviate: sviluppo di sensori chimici a trasduzione elettrochimica (Scavetta, Gualandi, Lesch, Mariani, Tonelli)

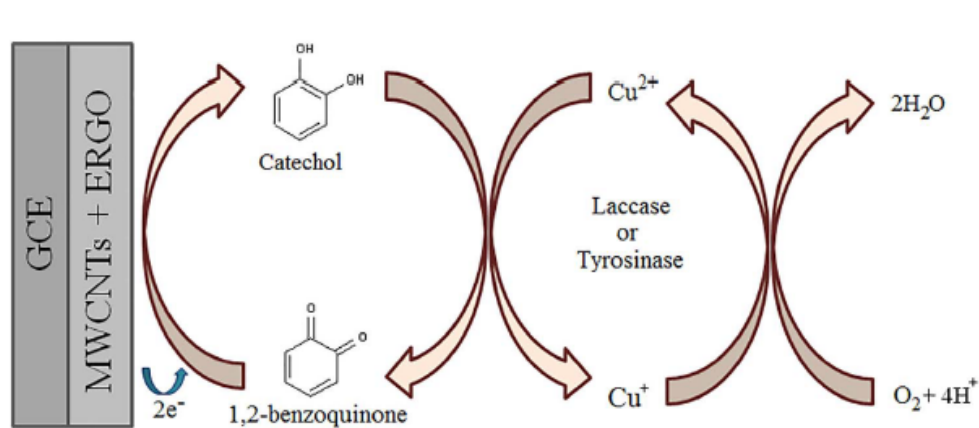
**Fabbricazione** di sensori basati su trasduzione amperometrica o potenziometrica.

Completa **caratterizzazione** chimico-fisica dei dispositivi

Studio del meccanismo di trasduzione

Valutazione delle **prestazioni sensoristiche** e loro **ottimizzazione**

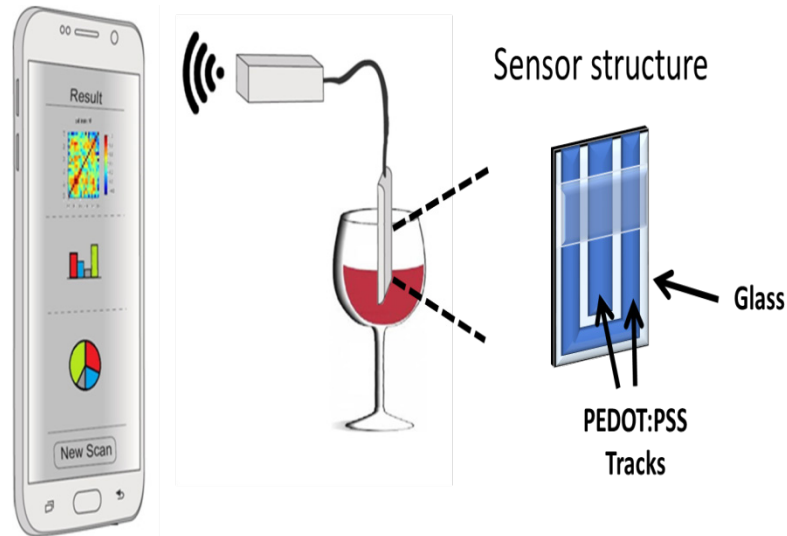
Applicazione a **campioni reali** anche **riferibili** a matrici complesse



# Principali linee di ricerca avviate: Transistor elettrochimici per la realizzazione di **SENSORI CHIMICI PORTATILI** (Scavetta, Gualandi, Mariani, Tonelli)

Progetto di ricerca svolto in **collaborazione** con il gruppo della **prof.ssa Fraboni (DIFA)**

I transistor sviluppati presentano: **basso voltaggio** ( $< 1\text{ V}$ ;  $\sim 100\ \mu\text{W}$ ), **amplificazione intrinseca del segnale**, sono **biocompatibili** e necessitano di una **elettronica di lettura semplice e a basso costo** (interfacciabili con smart phone)



**Sensori per matrici alimentari**

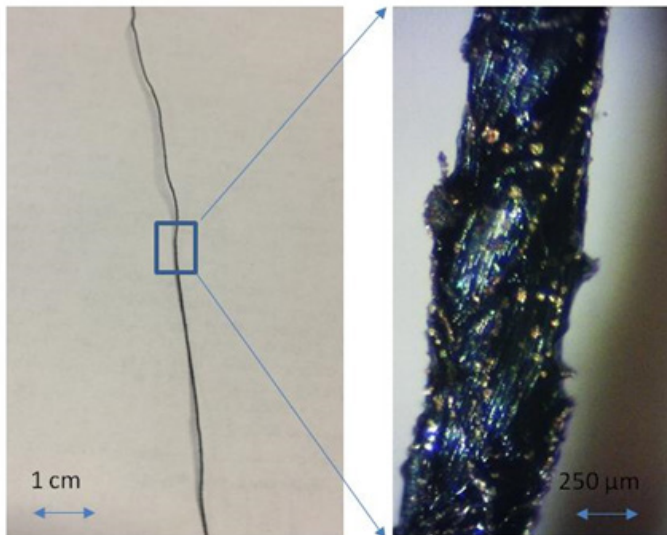


**Sensori per campioni ambientali**

# Principali linee di ricerca avviate: Transistor elettrochimici per la realizzazione di **SENSORI CHIMICI INDOSSABILI** (Scavetta, Gualandi, Mariani, Tonelli)

Progetto di ricerca svolto in **collaborazione** con il gruppo della **prof.ssa Fraboni (DIFA)**

Sensori indossabili: i) **monitoraggio non invasivo di parametri fisiologici**; ii) integrati in oggetti di uso quotidiano (**abiti, medicazioni..**); iii) flessibili e leggeri; iv) sviluppo di nuovi materiali



Sensor obtained of cotton yarn



Sensor embedded in a medication



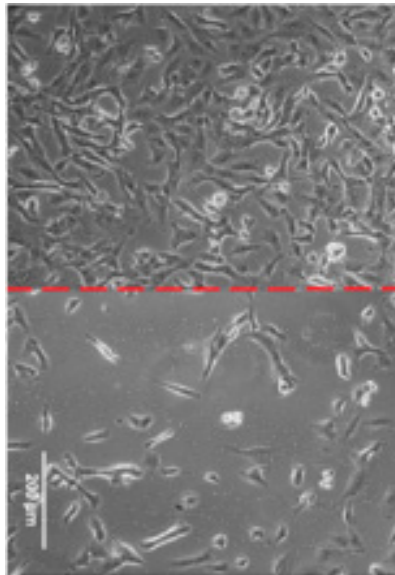


# Principali linee di ricerca avviate: Transistor elettrochimici per la bioelettronica (Scavetta, Gualandi, Mariani, Tonelli)

Progetto di ricerca svolto in **collaborazione** con diversi gruppi di ricerca nazionali e internazionali

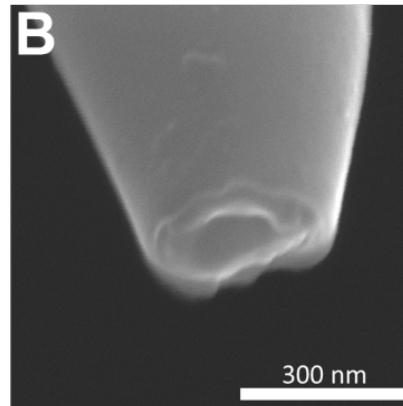
Applicazioni: i) **rivelazione di neurotrasmettitori e cellule**; ii) creazione di biointerfacce; iii) sviluppo di nuovi materiali

Reduced



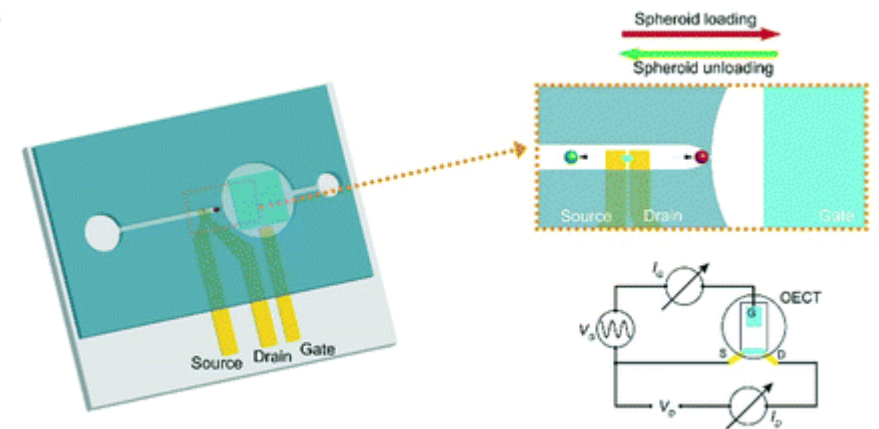
Oxidized

**PEDOT:PSS per il controllo della crescita cellulare**



**Nano sensore per dopamina**

a



**Sensore per la rilevazione di cellule**

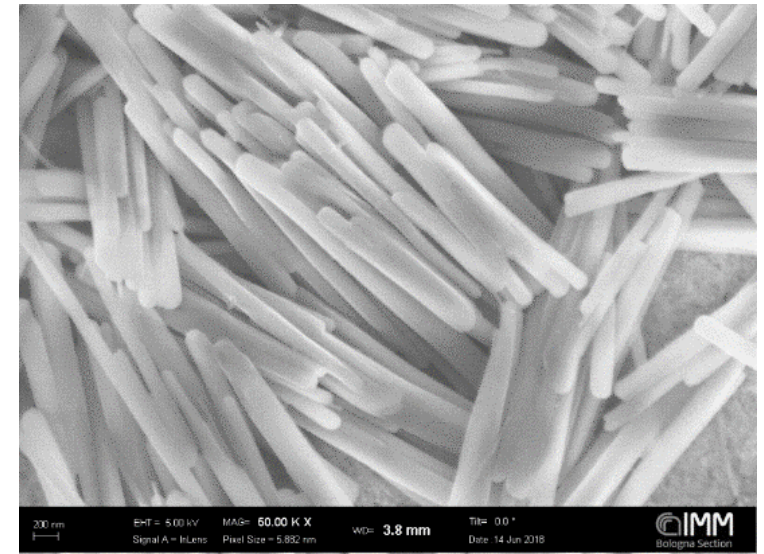
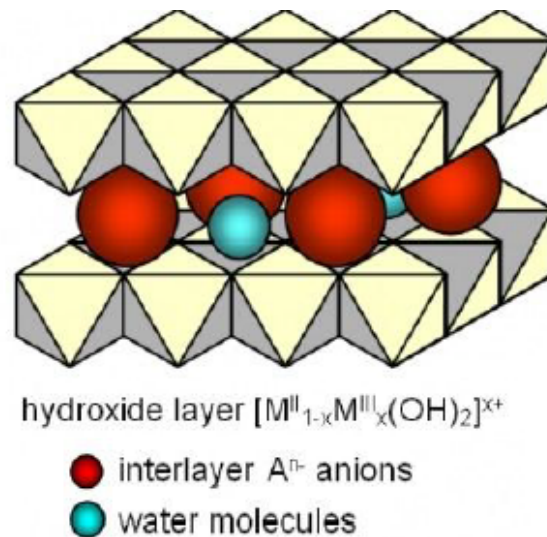
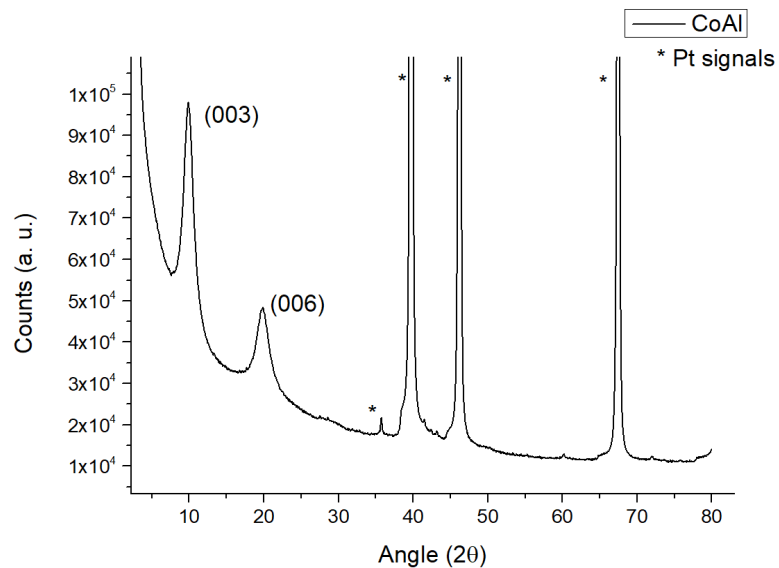


# Principali linee di ricerca avviate: sviluppo di elettrodi modificati con idrossidi doppi a strati

## Idrossidi doppi a strati:

Elevata area superficiale, scambio di anioni, variabilità della composizione chimica → controllo delle proprietà chimiche e fisiche

- **Applicazioni:** sviluppo di sensori, supercapacitori, elettrodi per ossidazione dell'ossigeno, anodi per fuel cell e catalizzatori per reazioni in fase gas (in collaborazione con il gruppo di catalisi)

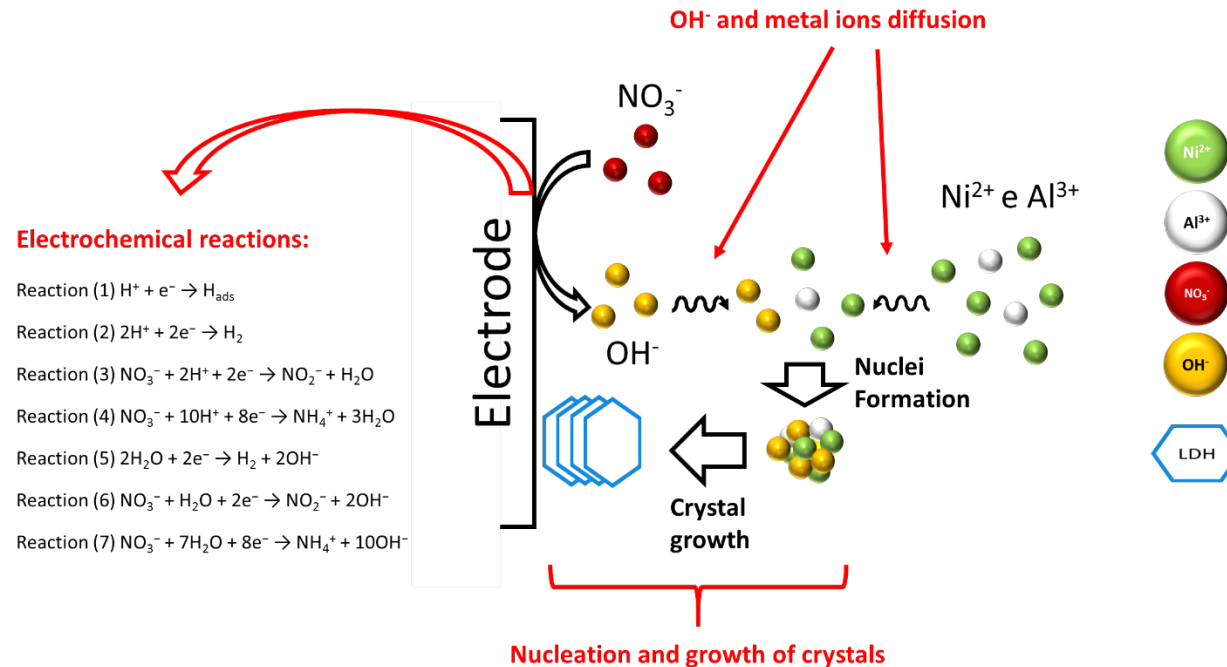




# Principali linee di ricerca avviate: sviluppo di elettrodi modificati con idrossidi doppi a strati

**Modifica di substrati elettrodi** tramite **elettrosintesi di idrossidi doppi a strati** contenenti diversi tipi di cationi:

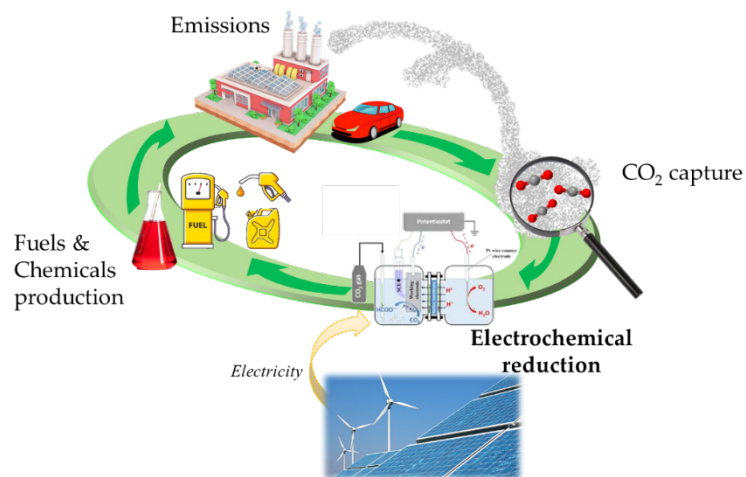
**Elettrosintesi:** possibile su ogni substrato conduttore, economica e semplice permette un'ottima adesione sul substrato e un buon controllo dello spessore del materiale depositato



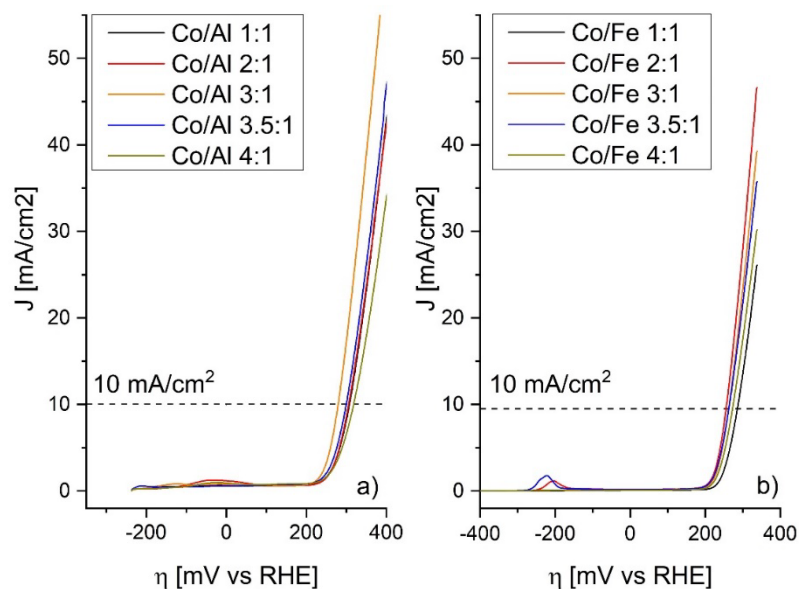
# Principali linee di ricerca avviate: sviluppo di elettrodi modificati con idrossidi doppi a strati per sistemi elettrocatalitici per lo storage di energia (Scavetta, Tonelli, Mariani, Gualandi)

## Idrossidi doppi a strati per il sensing:

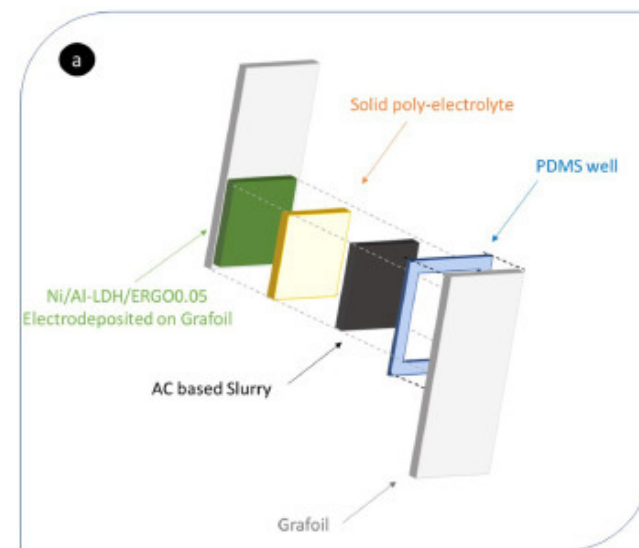
- i) Catodi per la riduzione della  $\text{CO}_2$ ; ii) Anodi per la produzione di ossigeno; iii) elettrocatalizzatori polifunzionali; iv) supercapacitori



Schema di principio di un'economia circolare basata sulla cattura della  $\text{CO}_2$



Caratterizzazione di un anodo per la produzione di  $\text{O}_2$



Sviluppo di supercapacitori

# Principali linee di ricerca avviate: sviluppo di elettrodi modificati con idrossidi doppi a strati per applicazioni sensoristiche (Tonelli, Scavetta, Giorgetti, Lesch, Gualandi, Mariani)

## Idrossidi doppi a strati per il sensing:

i) Sensing elettrochimico; ii) elettrocatalisi; iii) preconcentrazione; iv) dispositivi portatili e low cost

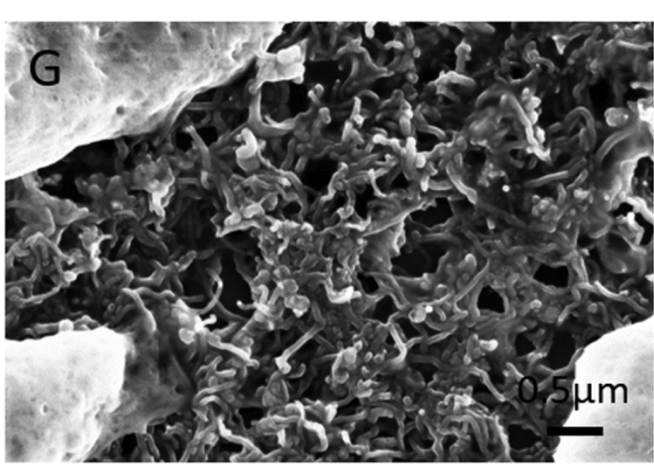
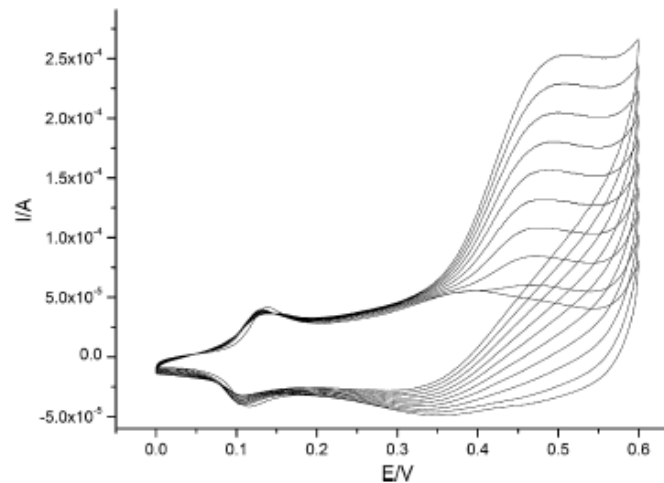


Immagine SEM di un elettrodo usato per la rivelazione del glucosio



Tipico responso registrato in elettrocatalisi

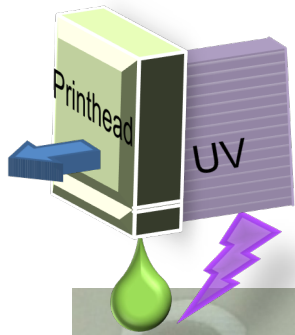


Elettrodo di nanotubi di carbonio (CNT) stampato a getto d'inchiostro, modificato con LDH



# Stampa a getto d'inchiostro di elettrodi micro- e nanostrutturati (Lesch)

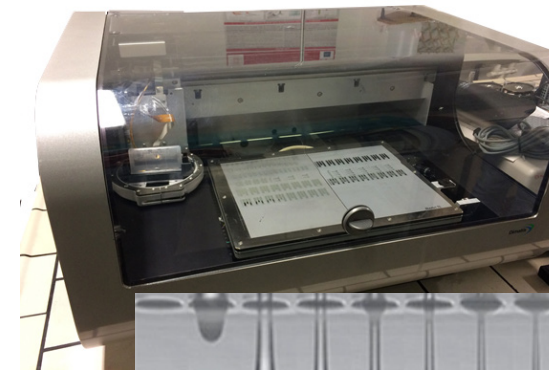
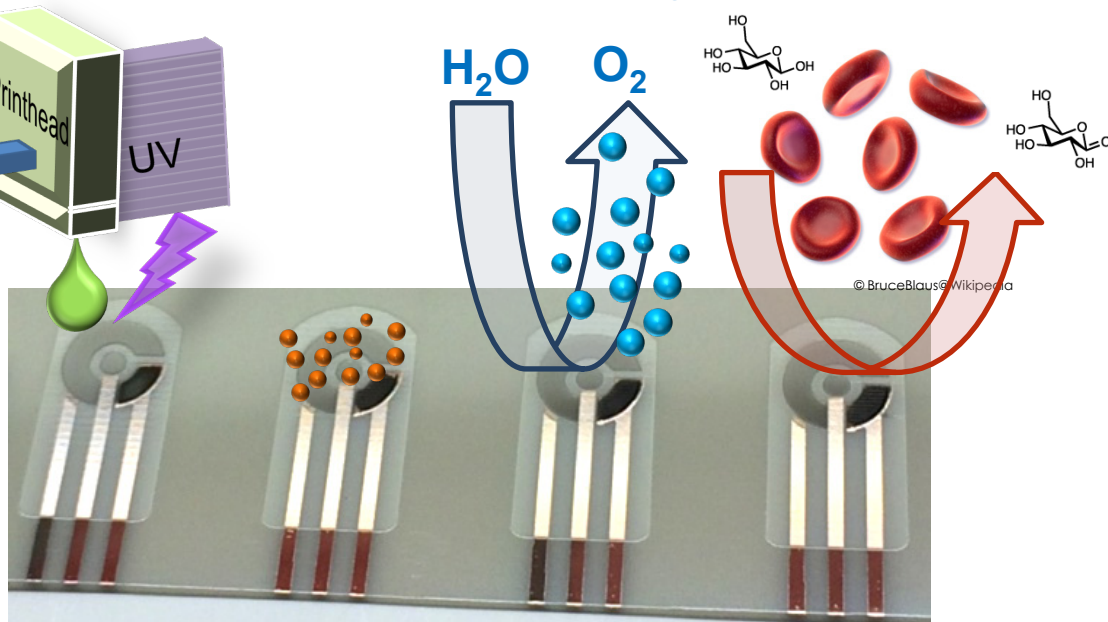
## Stampa di elettrodi



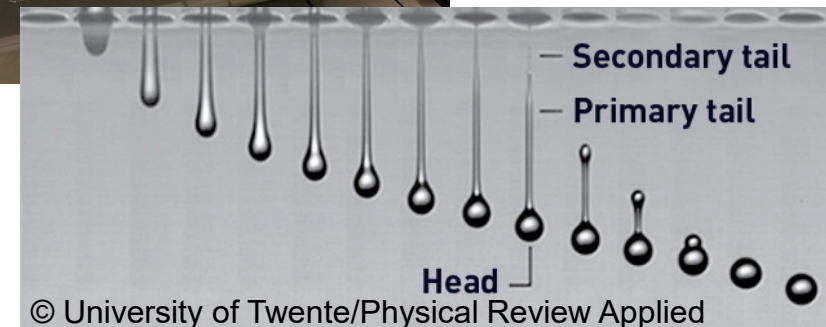
## Modificazione dell'elettrodo

## Water splitting

## Biosensing



## Stampante a getto d'inchiostro in laboratorio



## Materiali stampati:

- strati di metalli (platino, oro, argento, rutenio)
- strati di materiali carbonosi (nanotubi di carbonio, grafene, ecc)
- elettrocatalisatori (nanoparticelle di metalli e ossidi di metalli)
- idrogel/polimeri

## Applicazioni

- Rilevamento elettrochimico di analiti (p.s. glucosio, batteri, ...)
- Biosensori elettrochimici
- Conversione d'energia (evoluzione di idrogeno e ossigeno)

## Inchiostri commerciali e sintetizzati

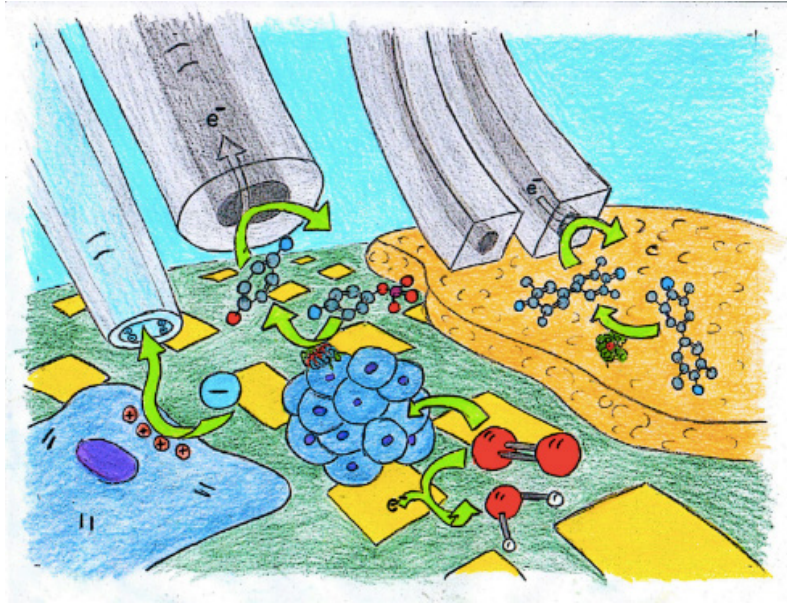


ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

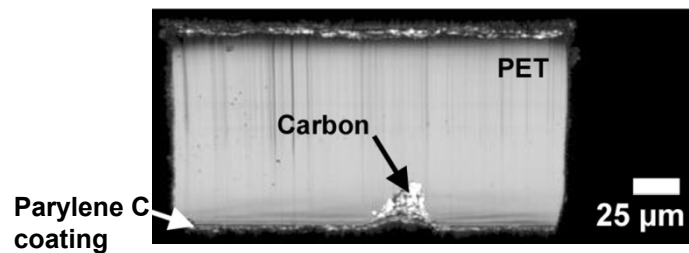


# Microscopia a scansione elettrochimica (Lesch)

Imaging elettrochimico anziché imaging ottico (non invasivo, visualizza molecole elettroattive)

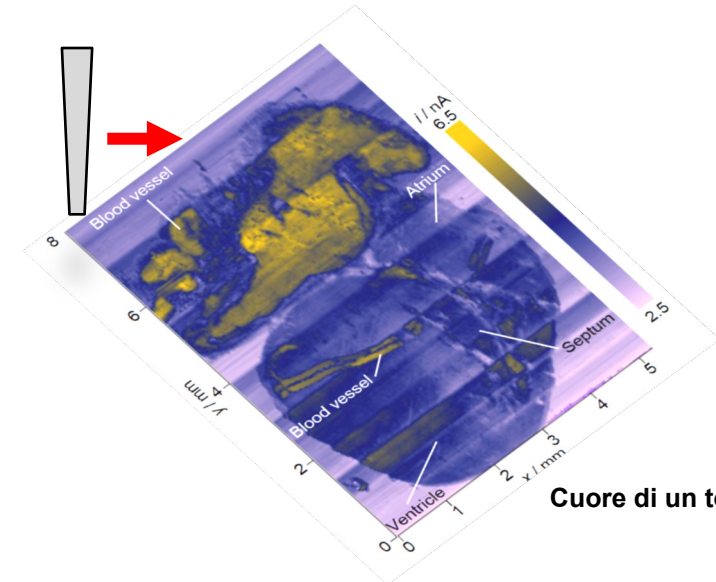


Micro- e nanoelettrodi



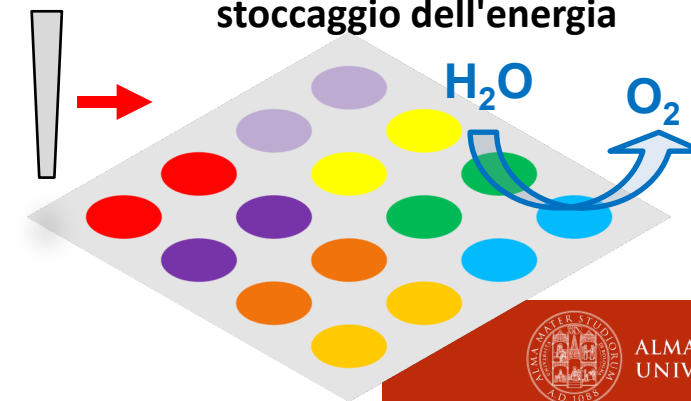
Microelettrodo di carbonio

Distribuzione dei proteine nei tessuti biologici



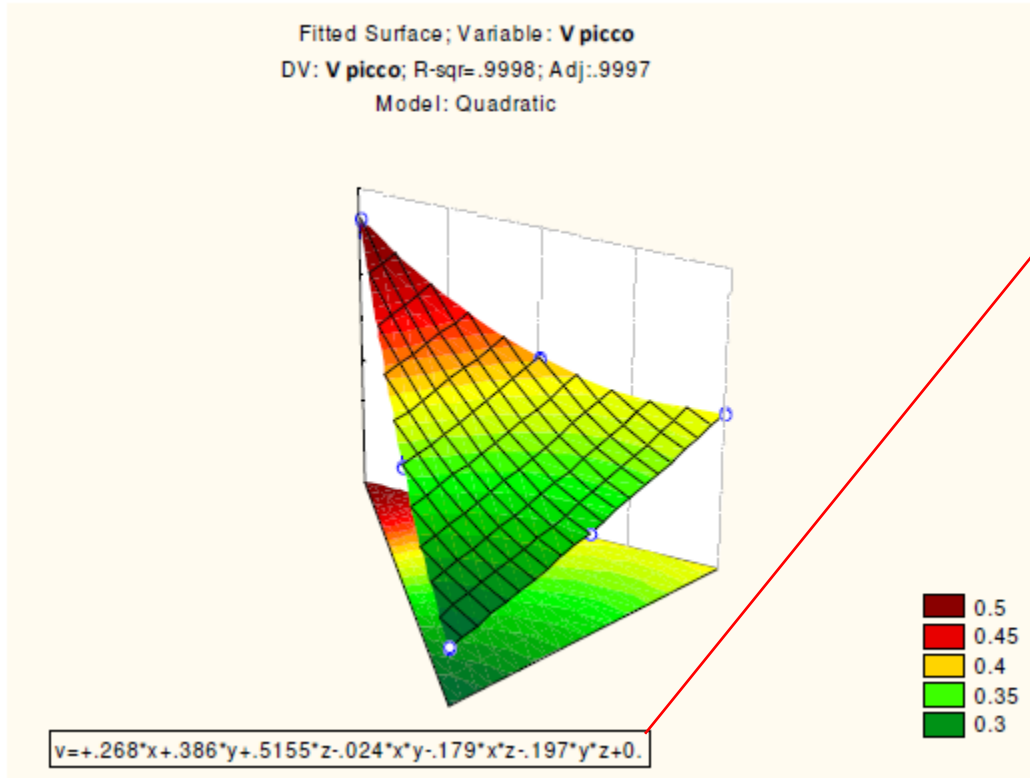
Cuore di un topo

Screening di librerie combinatorie di (foto-)elettrocatalizzatori per la ricerca di materiali utilizzati nella conversione e stoccaggio dell'energia



# Design of Experiment: Modellazione (Zappoli, Gualandi, Scavetta, Mariani, Tonelli)

Progettazione degli esperimenti: i) **sviluppo di modelli predittivi**; ii) studio di sistemi complessi; iii) ottimizzazione delle risorse; iv) studio di nuovi materiali



$$V_p = +0.268x + 0.386y + 0.5155z - 0.024xy - 0.179xz - 0.197yz$$

Modello per la previsione del potenziale di picco registrato in voltammetria per un idrossido triplo a strati





## Principali linee di ricerca avviate (progetti di tesi in collaborazione con aziende): sviluppo di sensori innovativi per applicazioni avanzate (Scavetta, Gualandi, Mariani)

Il gruppo di chimica analitica presenta le seguenti collaborazioni aziendali. I progetti di ricerca potrebbero supportare lo sviluppo di una tesi.

Pietrasanta Pharma (sede dove sarà svolto principalmente il progetto: Dipartimento di chimica industriale): **Sviluppo di cerotti equipaggiati con sensori colorimetrici per il monitoraggio della ferita**

Medtronic (sede dove sarà svolto principalmente il progetto: Mirandola): **New electrode materials for ultra low conductivity probe**

SACMI (sede dove sarà svolto principalmente il progetto: Imola): **Studio delle prestazioni di nasi elettronici**





ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Gruppo di Elettrochimica, Spettroscopia ed Energia (S2E)

## Dipartimento di Chimica Industriale «Toso Montanari»

Group Leader:

Prof. Marco Giorgetti

# Componenti del gruppo di Ricerca

**Marco Giorgetti**, Prof. associato

**Min Li**, Assegnista

**Rosalinda Sciacca**, Assegnista

**Mariam Maisuradze**, PhD

## Competenze

Il gruppo si occupa principalmente in ricerche nel campo dell'elettrochimica applicata, dell'analisi spettroscopica tramite metodi di raggi x e le loro applicazioni in campo energetico, come ad esempio materiali per batterie e supercapacitori a ioni, sia monovalenti che multivalenti. Il funzionamento di tali materiali viene poi analizzato tramite le più opportune tecniche analitiche avanzate, anche utilizzando la radiazione di sincrotrone.

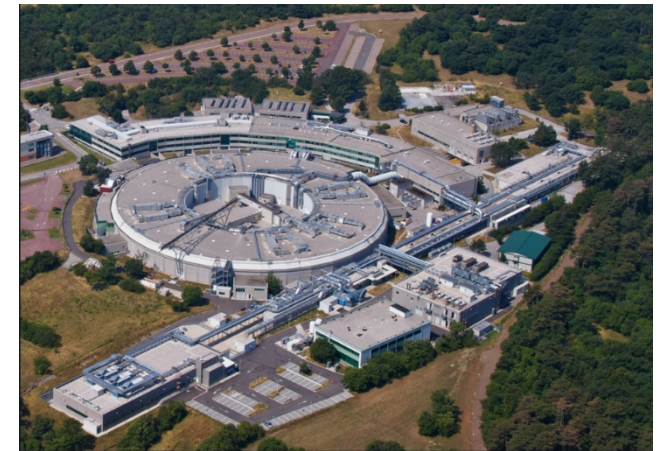
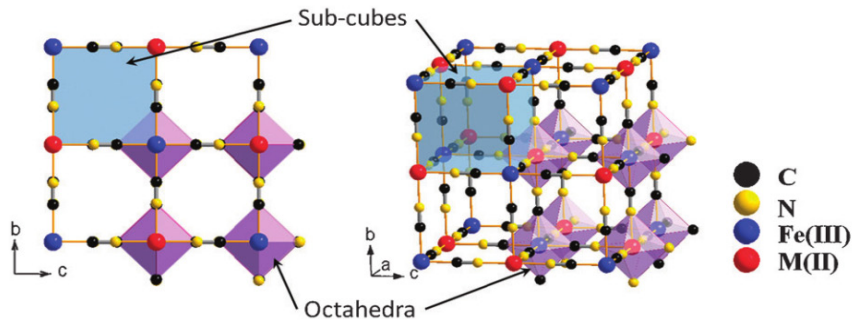


# Principali linee di ricerca avviate:

## 1- sviluppo di batterie e caratterizzazione con raggi X

**Elettrochimica applicata (Batterie):** elettro-sintesi e sintesi inorganica di materiali innovativi nel campo dei dispositivi di stoccaggio di energia e scambiatori ionici

**Caratterizzazione dei materiali tramite spettroscopia a raggi X: XAFS (X-ray Absorption Spectroscopy) e XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy)**

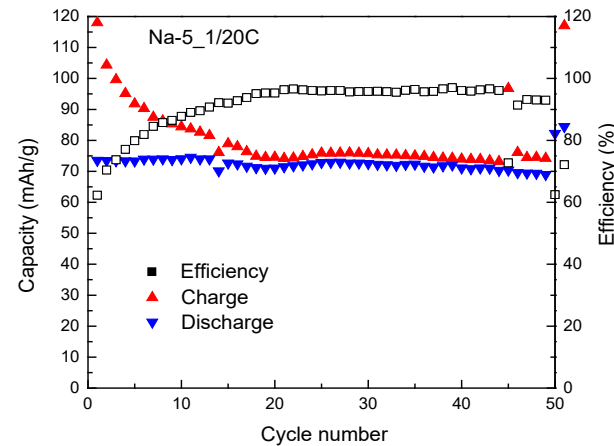
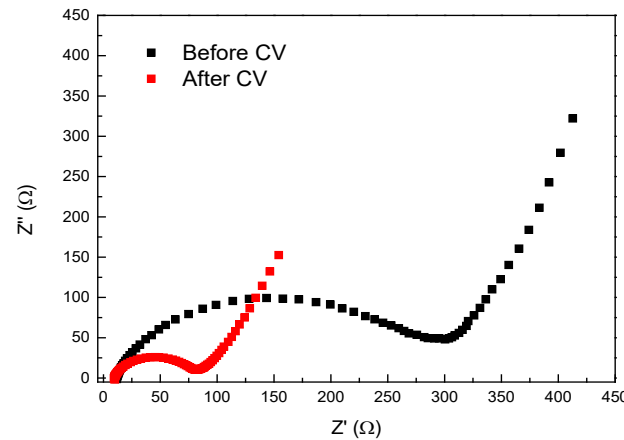
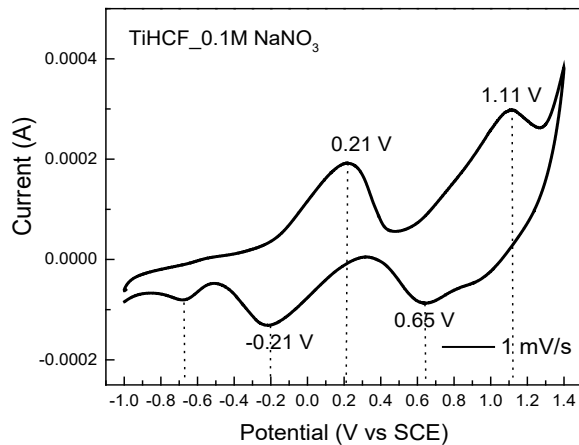
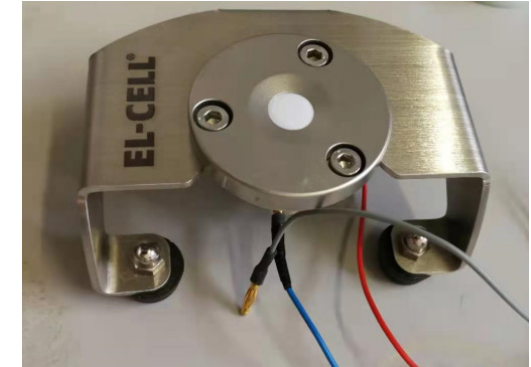


# Principali linee di ricerca avviate:

## 1- sviluppo di batterie e caratterizzazione con raggi X

### Test elettrochimici

- Cyclic voltammetry (CV) test
- Electrochemical impedance test
- Galvanostatic charge/discharge test



➤ Redox peaks of electrode material

➤ Impedance information

➤ Stability of battery

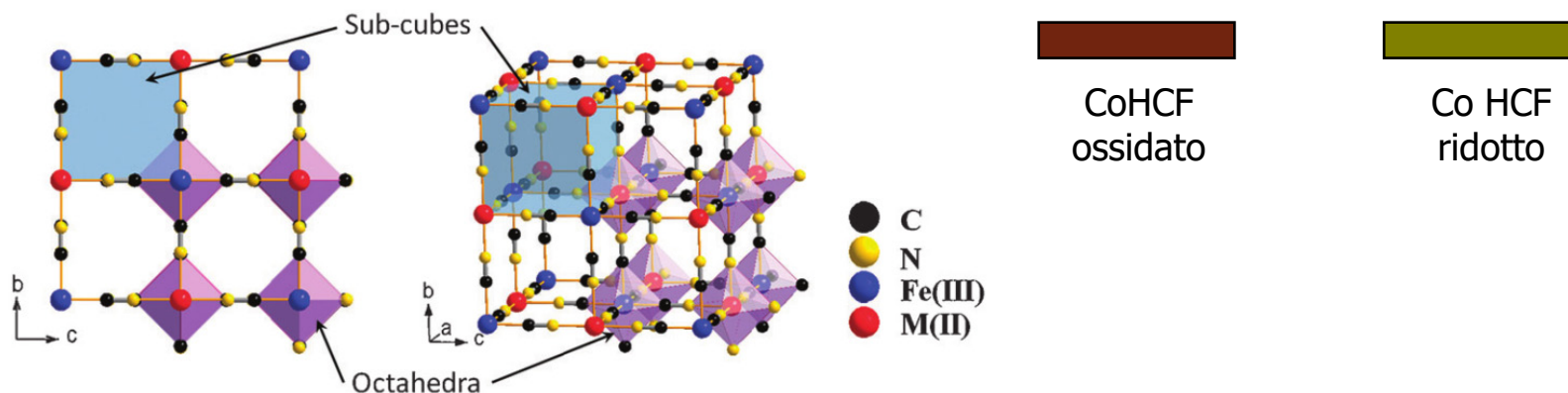


# Principali linee di ricerca avviate:

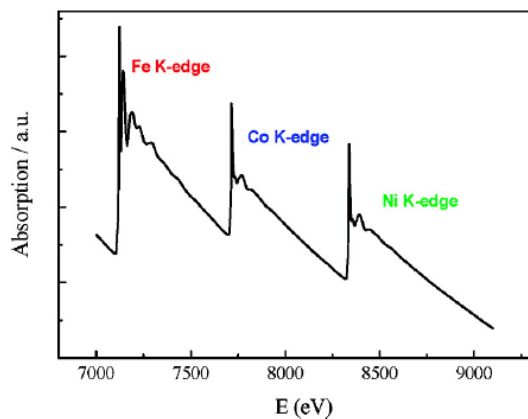
## 2- Sintesi, caratterizzazione, utilizzo di esacianometallati per applicazioni tecnologiche

- Elettrocromismo e termocromismo
  - Scambio ionico
- Elettrocatalisi e proprietà redox
  - Magnetizzazione foto-indotta
  - Transizioni di spin
  - Attività antibatterica
- Batterie

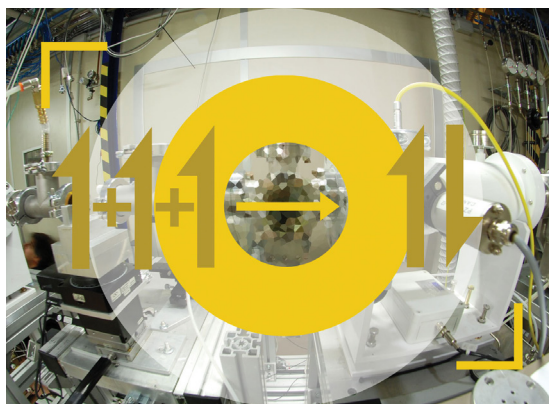
Analoghi dei blu di prussia



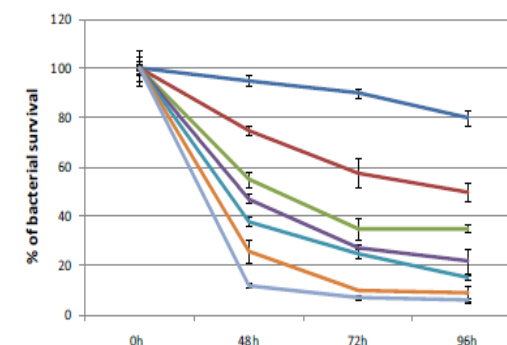
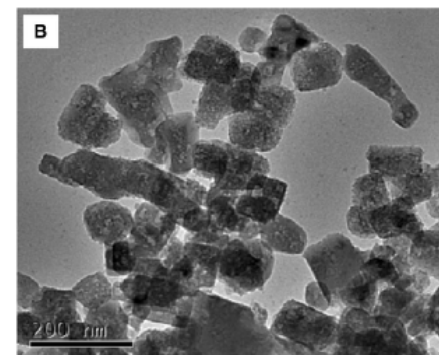
Analisi XAS Multiple-EDGE



Transizioni di spin



Attività antibatterica

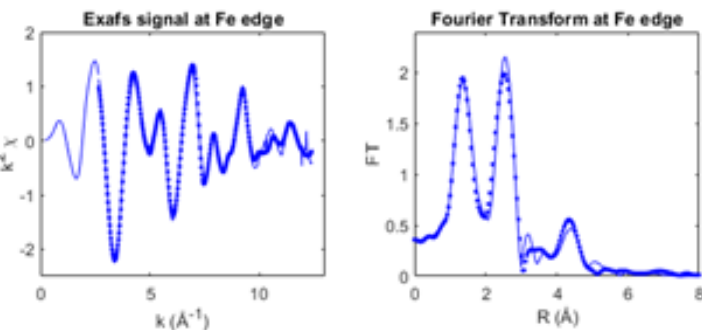
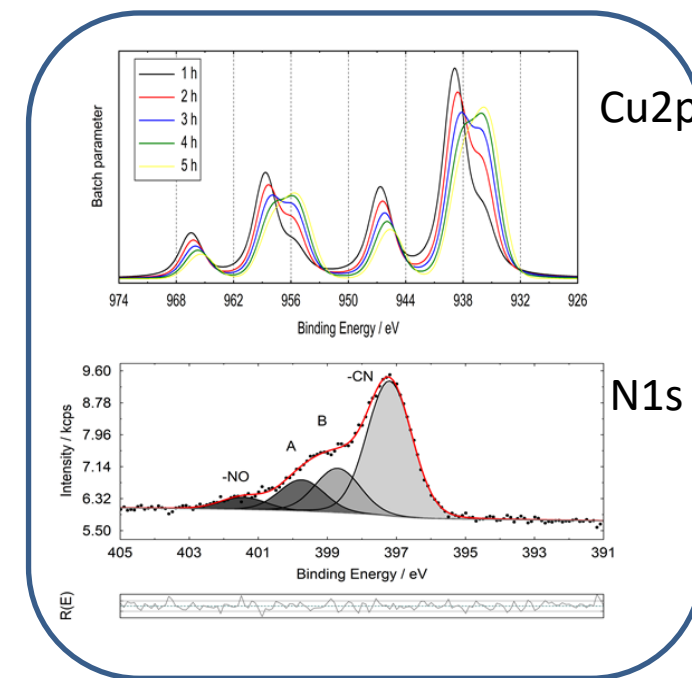
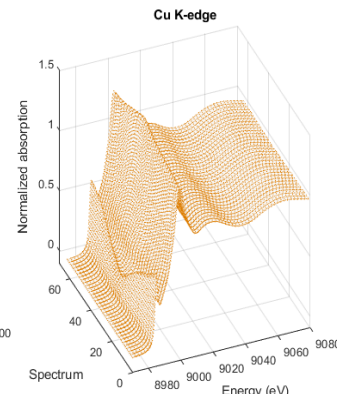
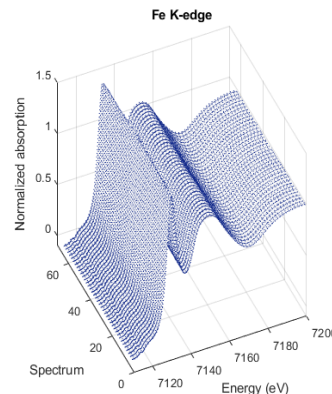
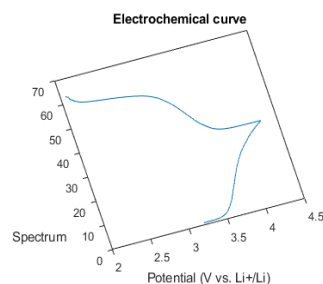
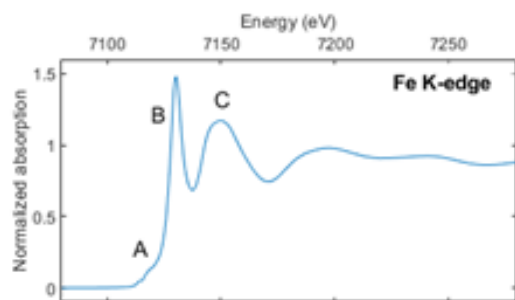




# Principali linee di ricerca avviate:

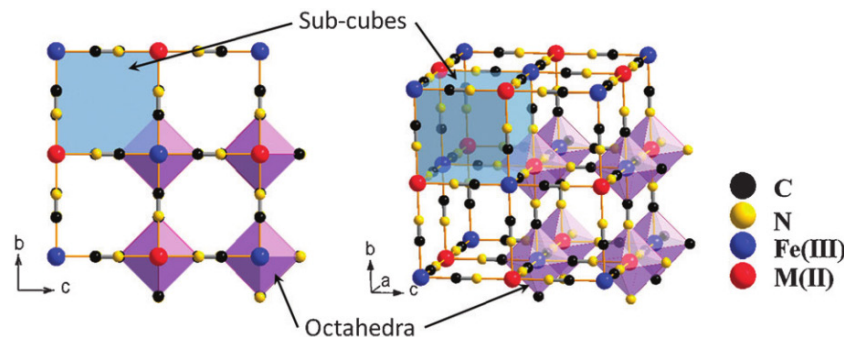
## 3- Analisi di spettri XAFS, XRPD e XPS, e analisi di dati mediante metodi chemometrici

### Studio *operando* di una batteria *made in UniBO*



Simulazione della regione EXAFS

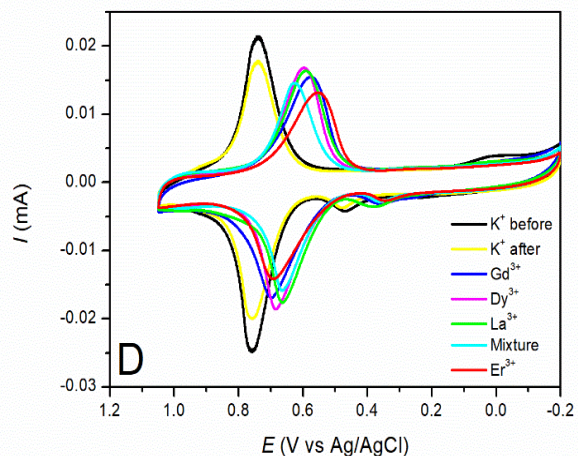
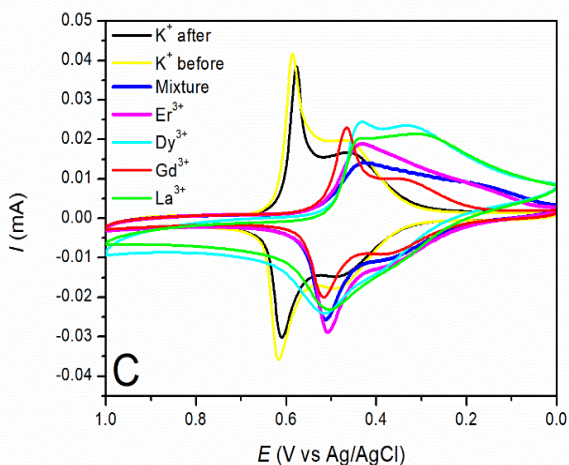
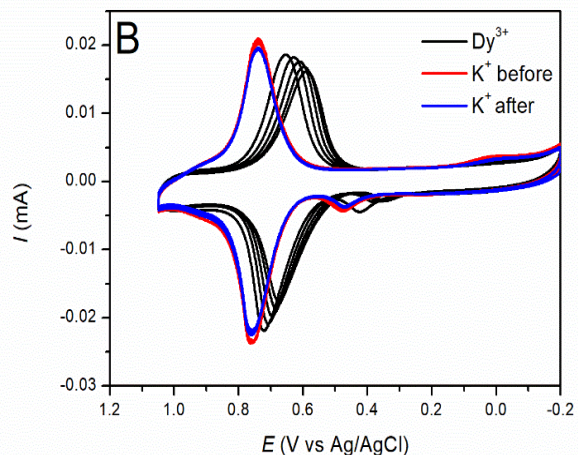
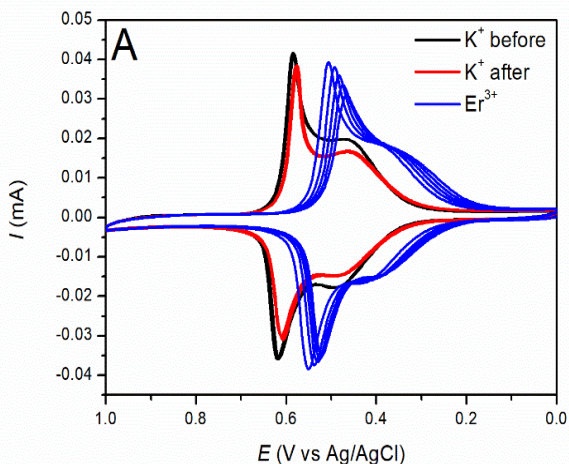
### Analoghi dei blu di prussia



Analisi e fitting di spettri XPS

# Principali linee di ricerca avviate

## 4. Sviluppo di metodiche elettrochimiche per il recupero di terre rare



CV di film sottili di esacianometallati durante il processo di intercalazione/deintercalazione delle terre rare

Film sottile di esacianometallato su GCE

