



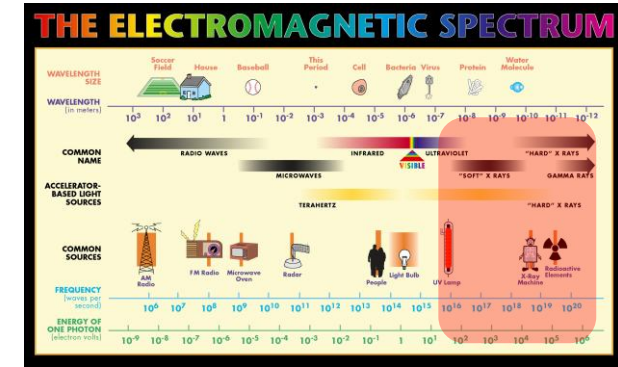
ELETTRA 2.0 LA NUOVA LUCE

Marco Zangrando

DALL' ALTRA VOLTA

PER "VEDERE" GLI ATOMI SERVONO I **RAGGI X**

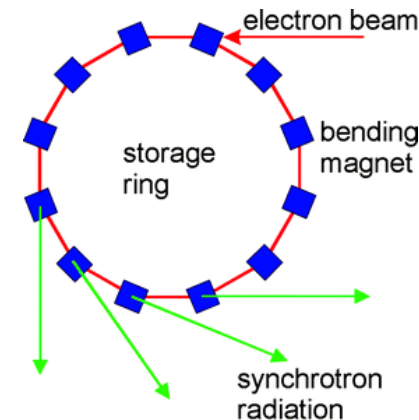
BRILLANZA: PIÙ LA SORGENTE DI LUCE È BRILLANTE, MEGLIO VEDO LE COSE E IN MINOR TEMPO



LA **CONFIGURAZIONE ELETTRONICA** DI OGNI ELEMENTO NEL SUO STATO "NORMALE" È UNICA E CARATTERISTICA DELL'ELEMENTO STESSO



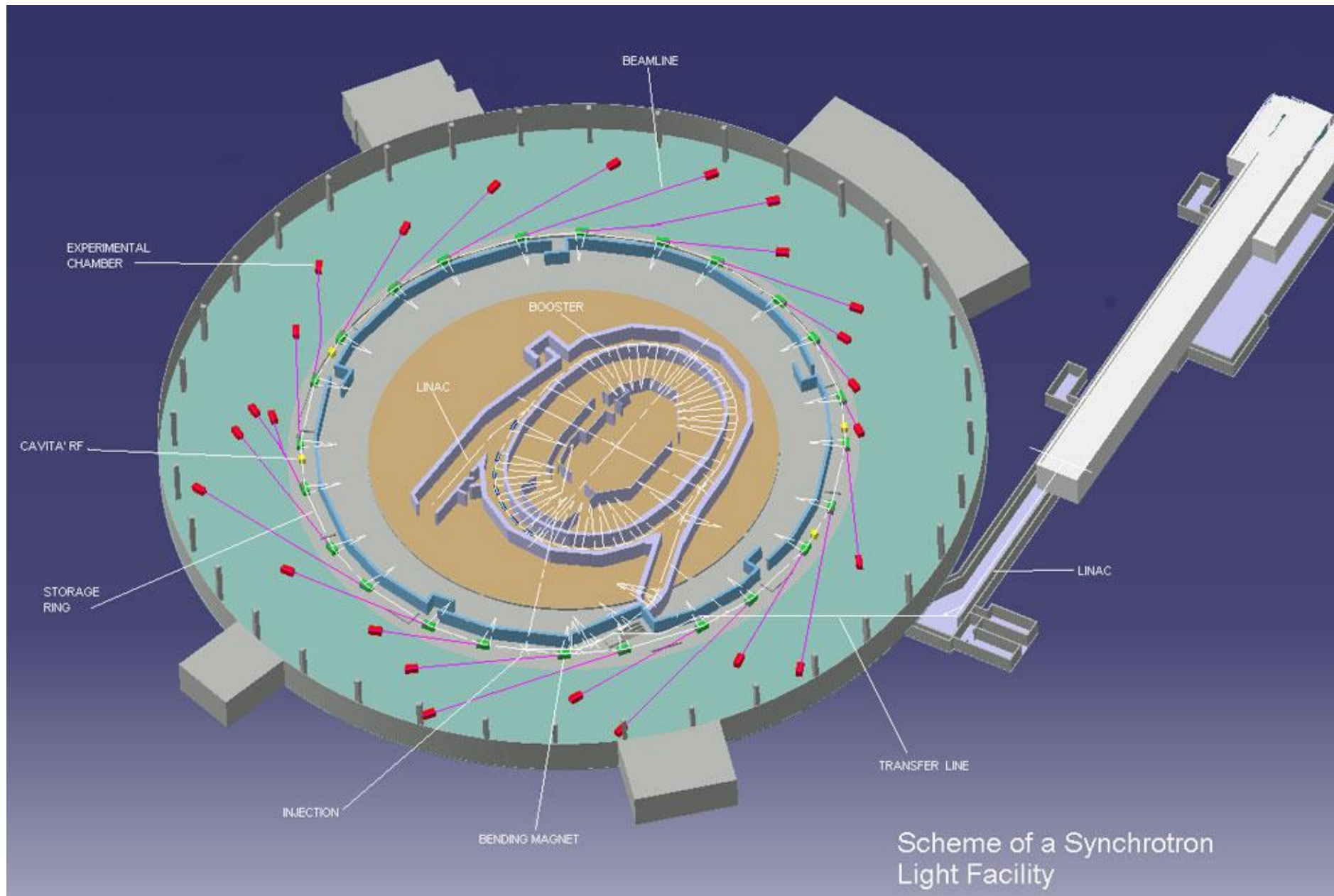
IL SINCROTRONE USA GLI **ELETTRONI** PER GENERARE LUCE (RADIAZIONE E.M.)

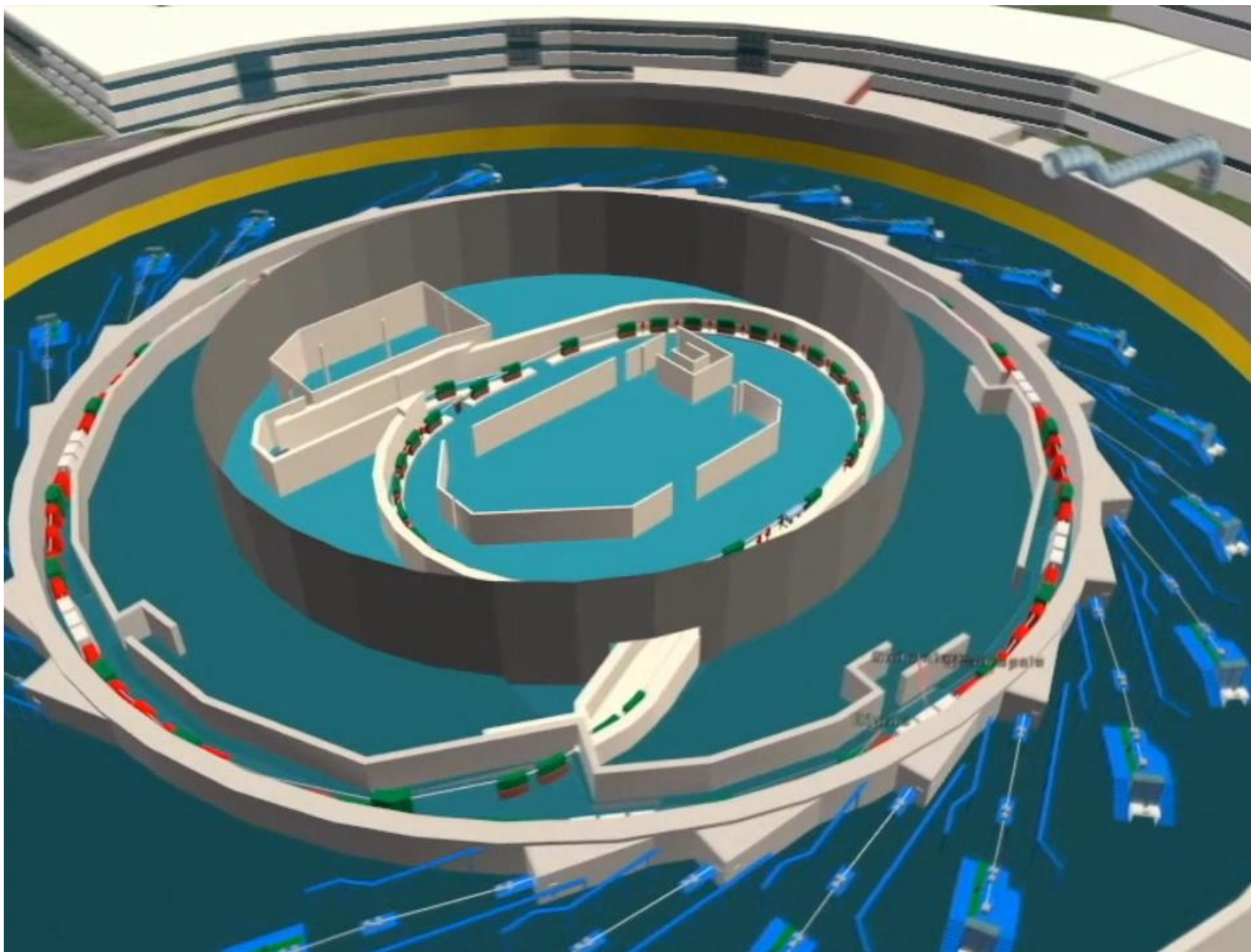


LUCE DI SINCROTRONE

La luce del sincrotrone possiede delle proprietà uniche:

- Ultra-brillante
- Dagli infrarossi ai raggi X «duri»
- Continua (come una luce normale)
- Generata da elettroni accelerati
- Usata per «vedere» gli atomi e conoscere la composizione dei materiali

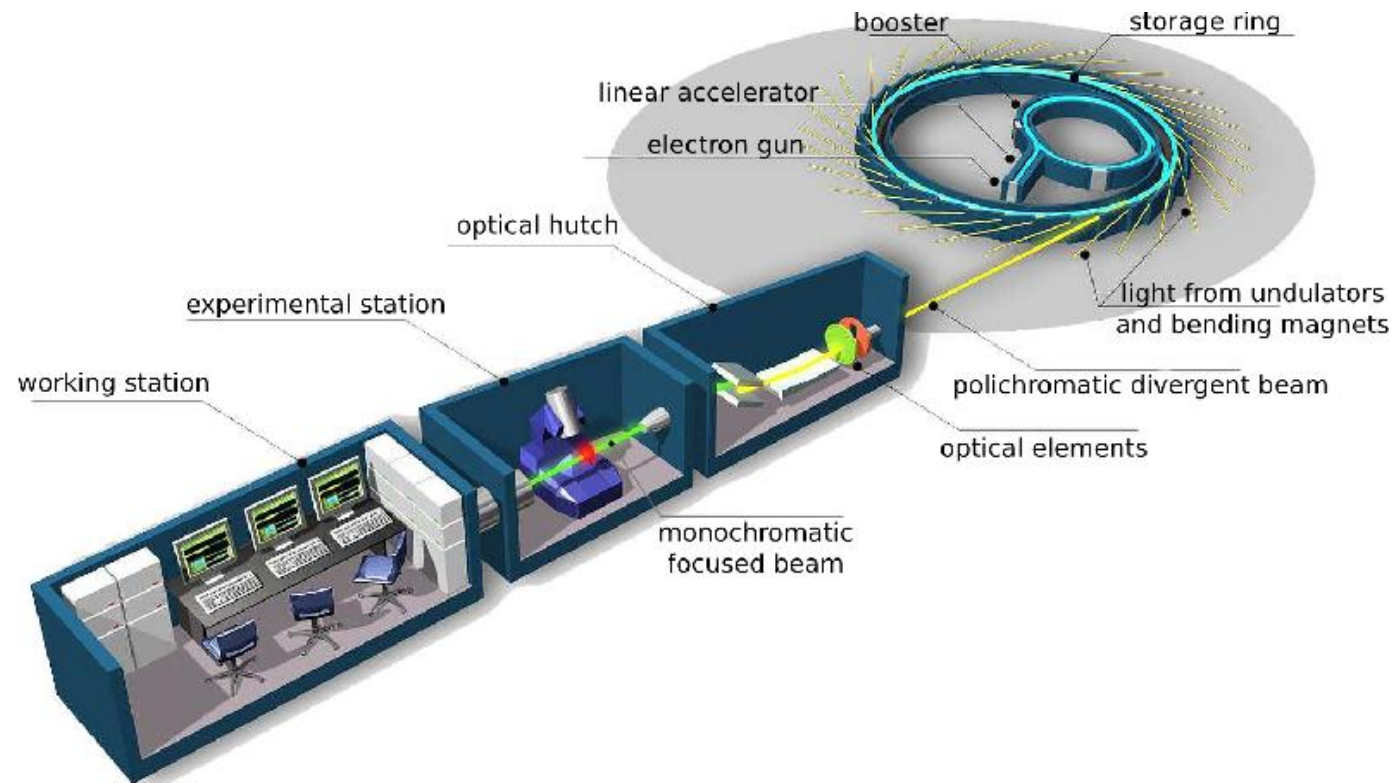




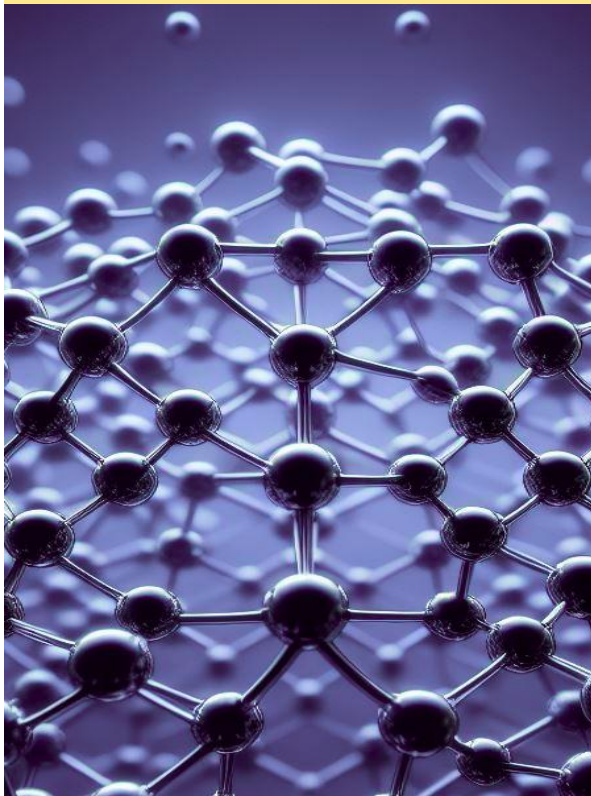
LINEA DI LUCE

Come mandiamo la luce agli esperimenti?

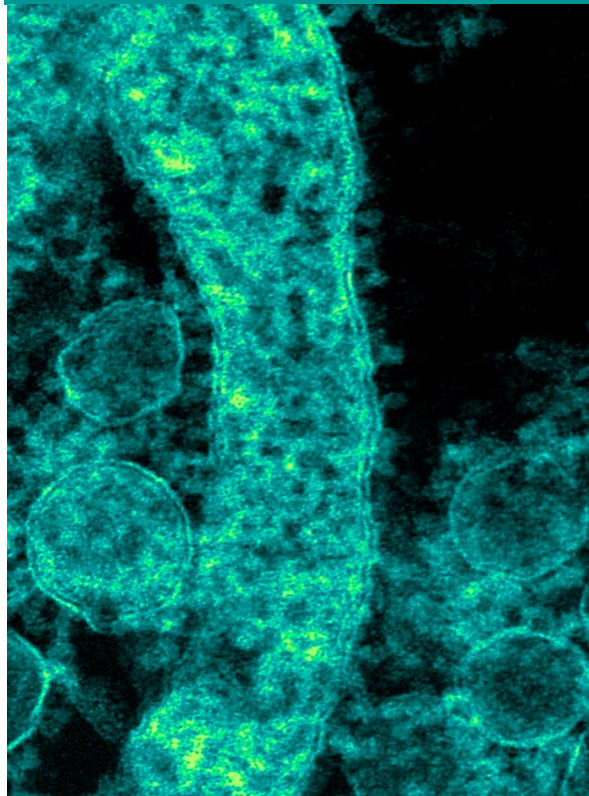
BEAMLINE (LINEA DI LUCE): sistema ottico fatto da specchi, reticoli, fenditure, ecc.



Nanotecnologie e Materiali Avanzati



Ricerca Medica e Biologia Strutturale



Ambiente e Energie Alternative



Archeologia e Beni Culturali



LA FOTOEMISSIONE

La tecnica sperimentale (forse) più importante in un sincrotrone è la FOTOEMISSIONE

Ci permette di conoscere la specificità chimica del nostro campione:

- Di cosa è fatto?
- Qual'è la sua formula chimica?
- Qual è il suo stato chimico (libero, ossidato, legato, ecc.)?



COME?

SONDARE IL SISTEMA

Obiettivo: conoscere la composizione e lo stato di qualcosa

Idea: scuoterlo e “sentire” che rumore fa!



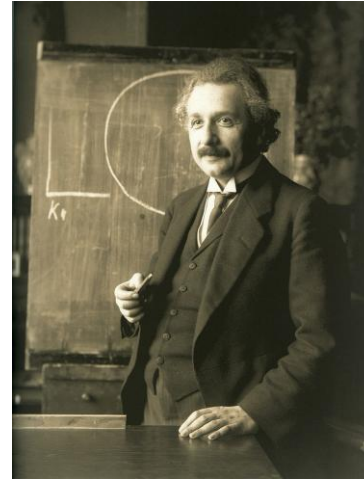
In pratica serve sondare il sistema, cioè eccitarlo e registrare la sua reazione



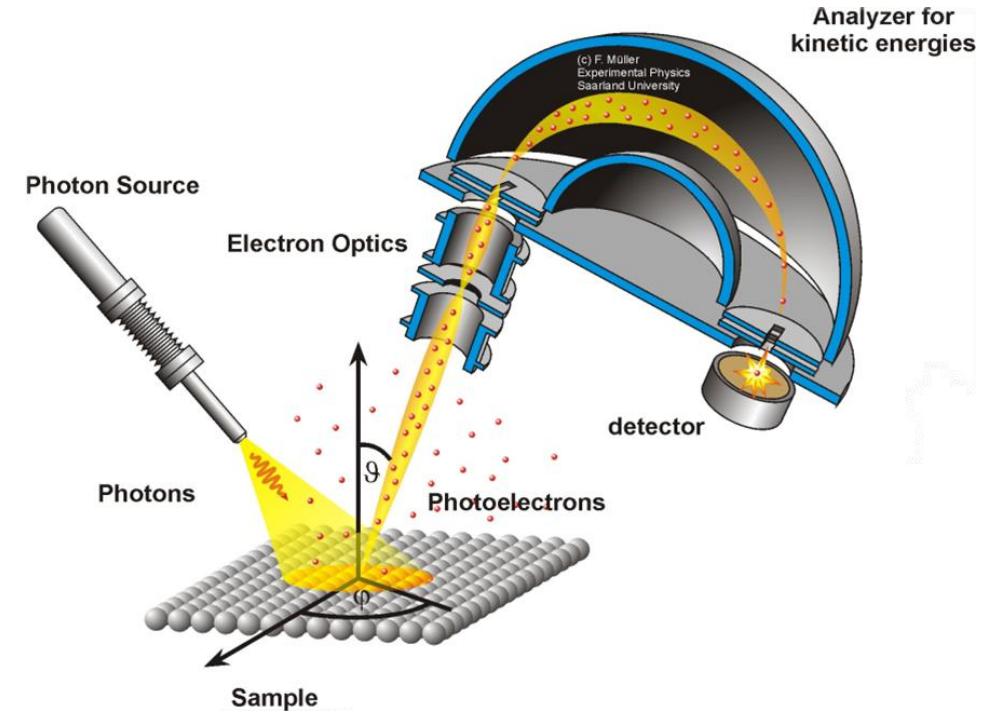
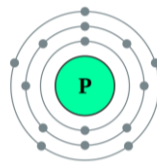
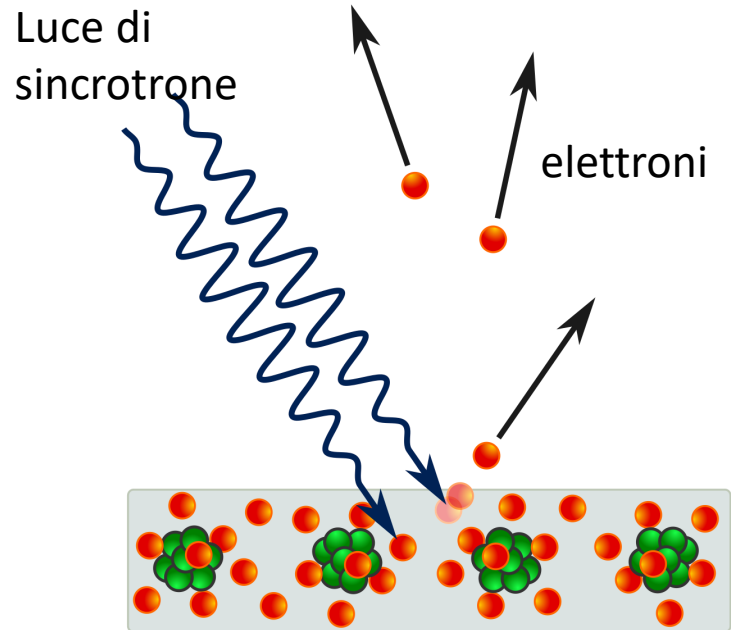
EFFETTO FOTOELETTRICO

Wikipedia:

L'effetto fotoelettrico è l'emissione di elettroni quando della radiazione elettromagnetica, come la luce, colpisce il materiale.



1922: premio Nobel per l'effetto fotoelettrico



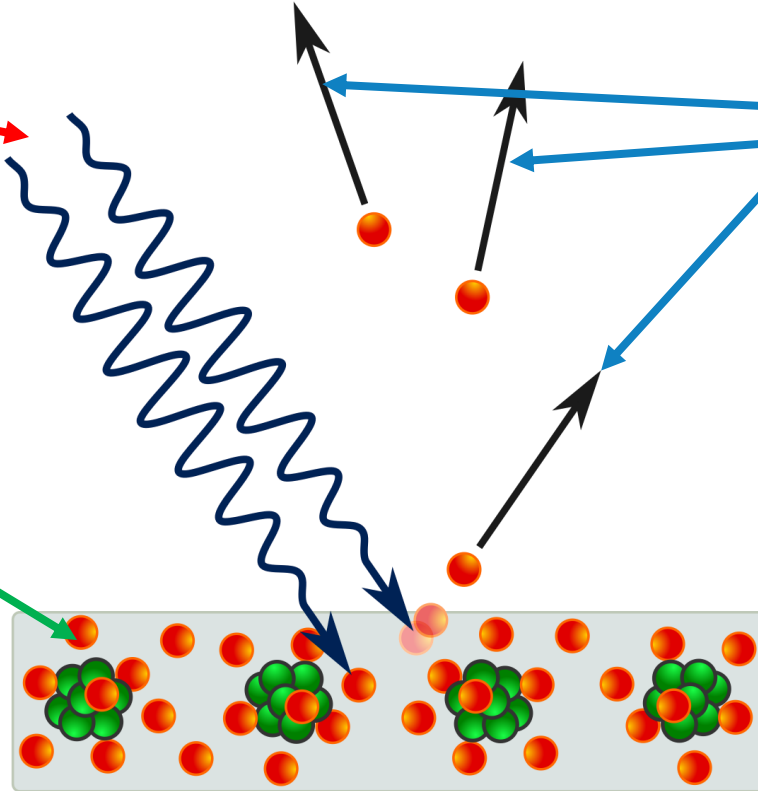
La luce di Sincrotrone “calcia” fuori un po' di elettroni e noi ne misuriamo l'energia

EFFETTO FOTOELETTRICO (SEMPLICE)

Energia della luce di sincrotrone:
Conosciamo la lunghezza d'onda
(→ la sua energia)

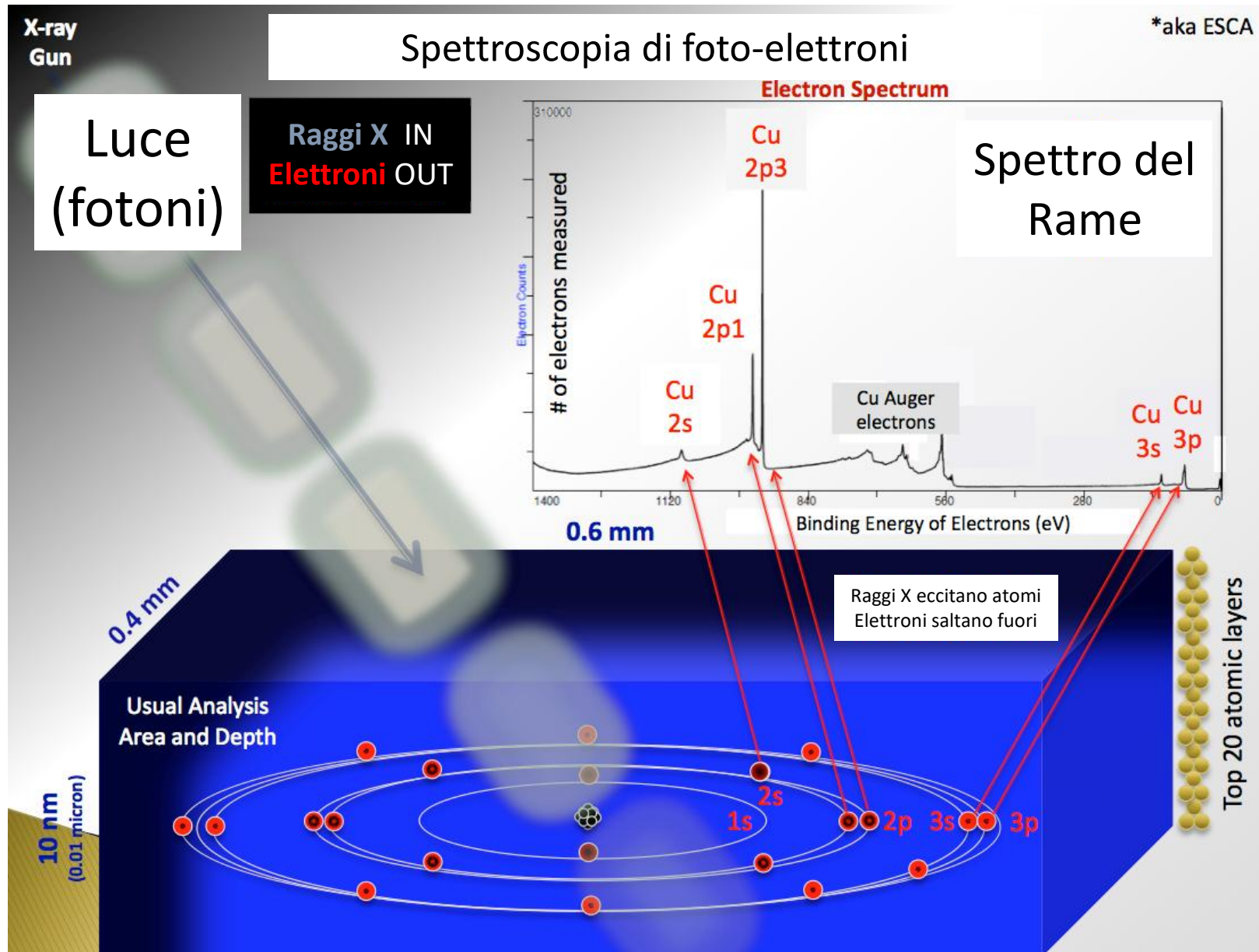
Energia di legame:
misura quanto
fortemente
un elettrone è
legato al nucleo

Energia (cinetica) dell'elettrone:
Misuriamo l'energia che gli elettroni
ancora hanno dopo esser stati calciati
fuori dall'atomo



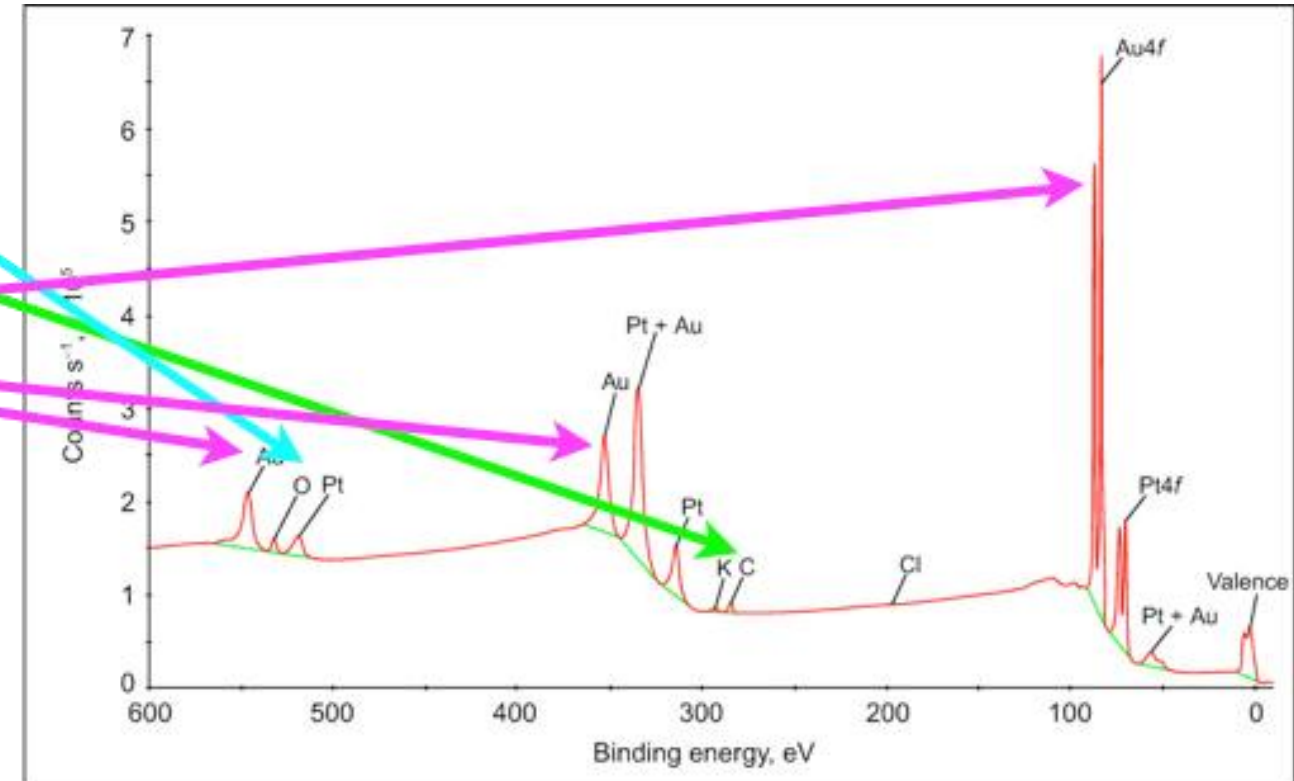
$$\text{Energia finale elettrone} = \text{Energia iniziale fotone (luce)} - \text{Energia di legame}$$

MAPPA CHIMICO-FISICA



THE PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

LA TABLA PERIODICA DEI ELEMENTI • DAS PERIODISCHES SYSTEM DER ELEMENTE • LA TABLA PERIODICA DE LOS ELEMENTOS

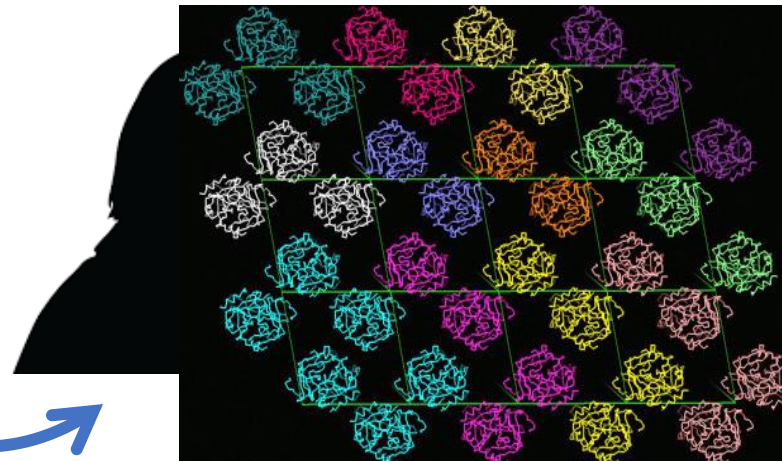


Possiamo identificare ogni elemento nel nostro campione!

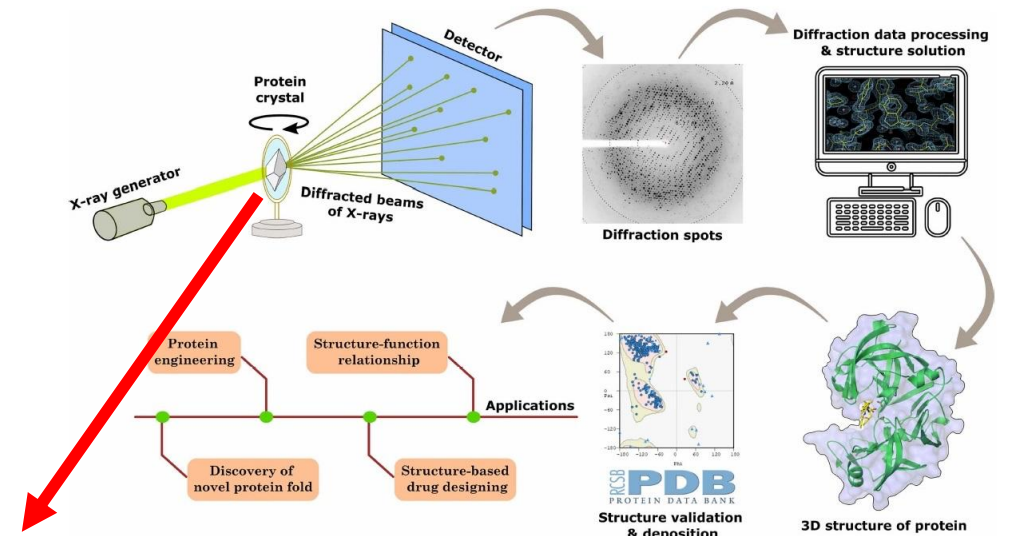
VEDERE LE PROTEINE A ELETTRA

Le proteine sono il cuore di tutti i processi biologici e riuscire a vedere i dettagli più fini delle loro strutture è estremamente importante. Ad esempio, la **cristallografia di proteine** può aiutare a capire perché una mutazione in una proteina può avere effetti drastici.

Vediamo come funziona (usando sempre un'analogia):



Cristallo di proteine

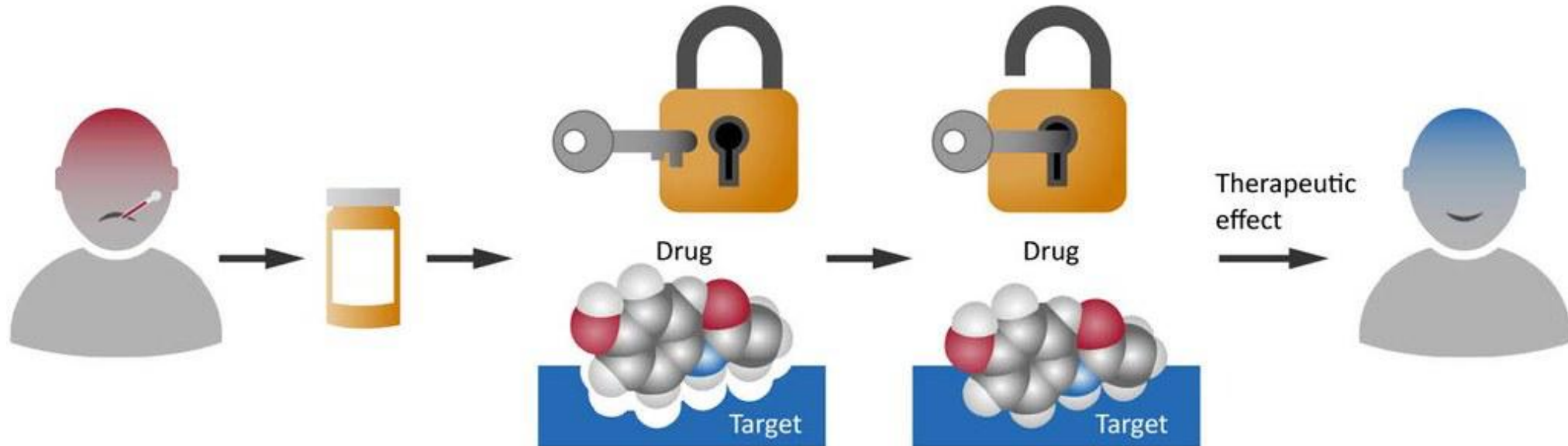


La conoscenza della **FORMA** della proteina può essere un fattore determinante nella progettazione e sviluppo di nuove medicine

Una proteina può sbloccare un processo se ha la forma giusta...



Figure 2: The lock and key analogy for drug-target interactions

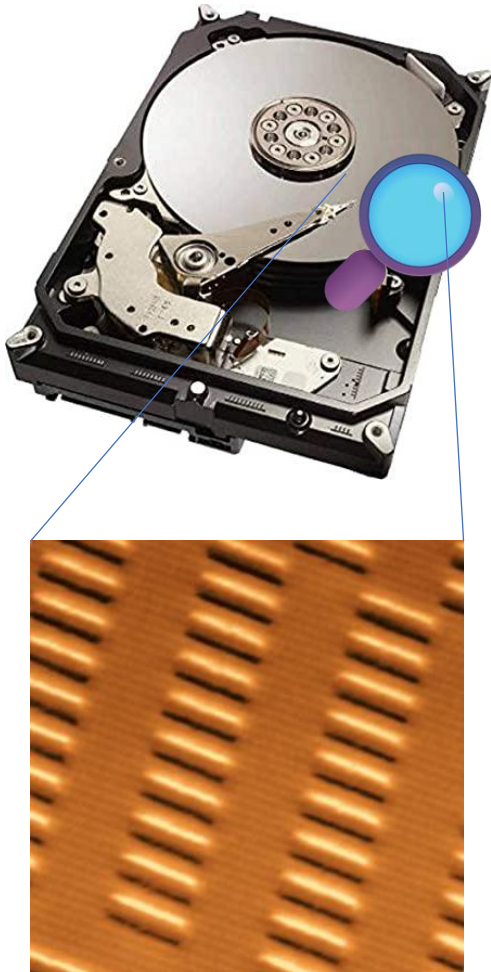


Source: GAO analysis of the scientific literature. | GAO-20-215SP

Conoscere la struttura esatta delle proteine può permetterci di sviluppare nuove (e sperabilmente più efficienti) medicine!!!

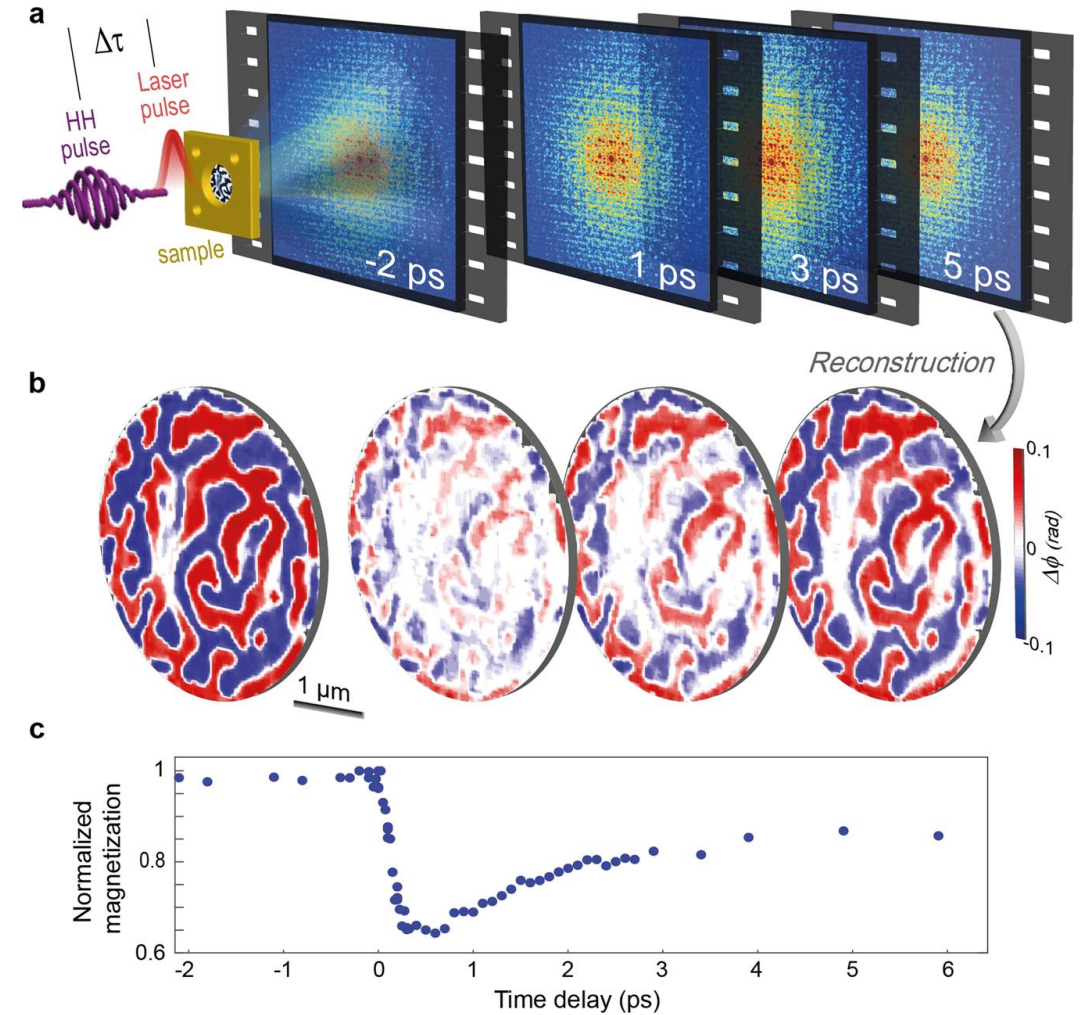
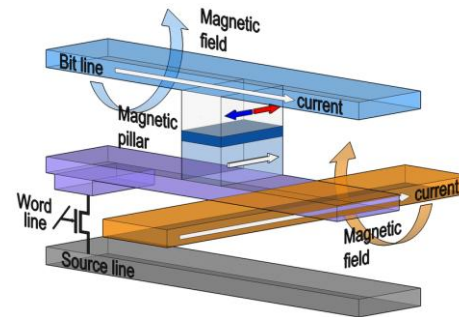
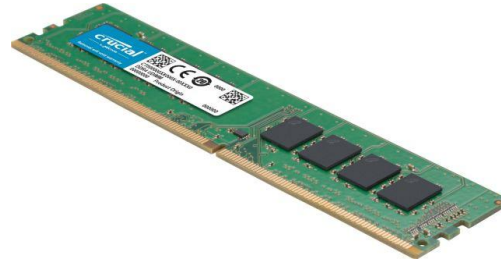
MATERIALI MAGNETICI

Hard disk



«Bit» magnetici

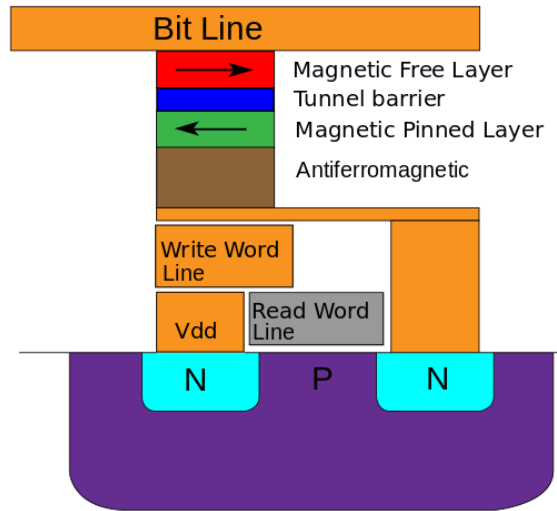
Memorie «volatili» (RAM)



NUOVE MEMORIE MAGNETICHE?

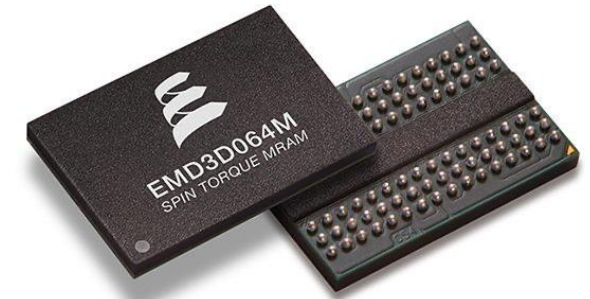
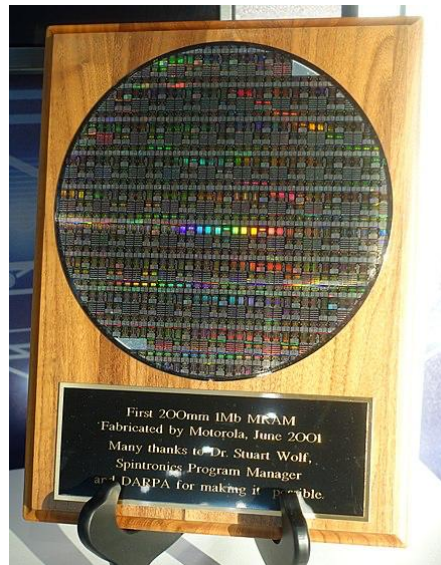
Studio e sviluppo di MRAM: memorie RAM magnetoresistive

I dati in una MRAM non sono salvati come cariche o correnti elettriche ma come “**elementi**” magnetici



Tipica cella MRAM

Sostituire le tradizionali DRAM con le MRAM può **prevenire la Perdita di dati** e permettere ai computer di accendersi istantaneamente **senza** aspettare **l'avvio** del software



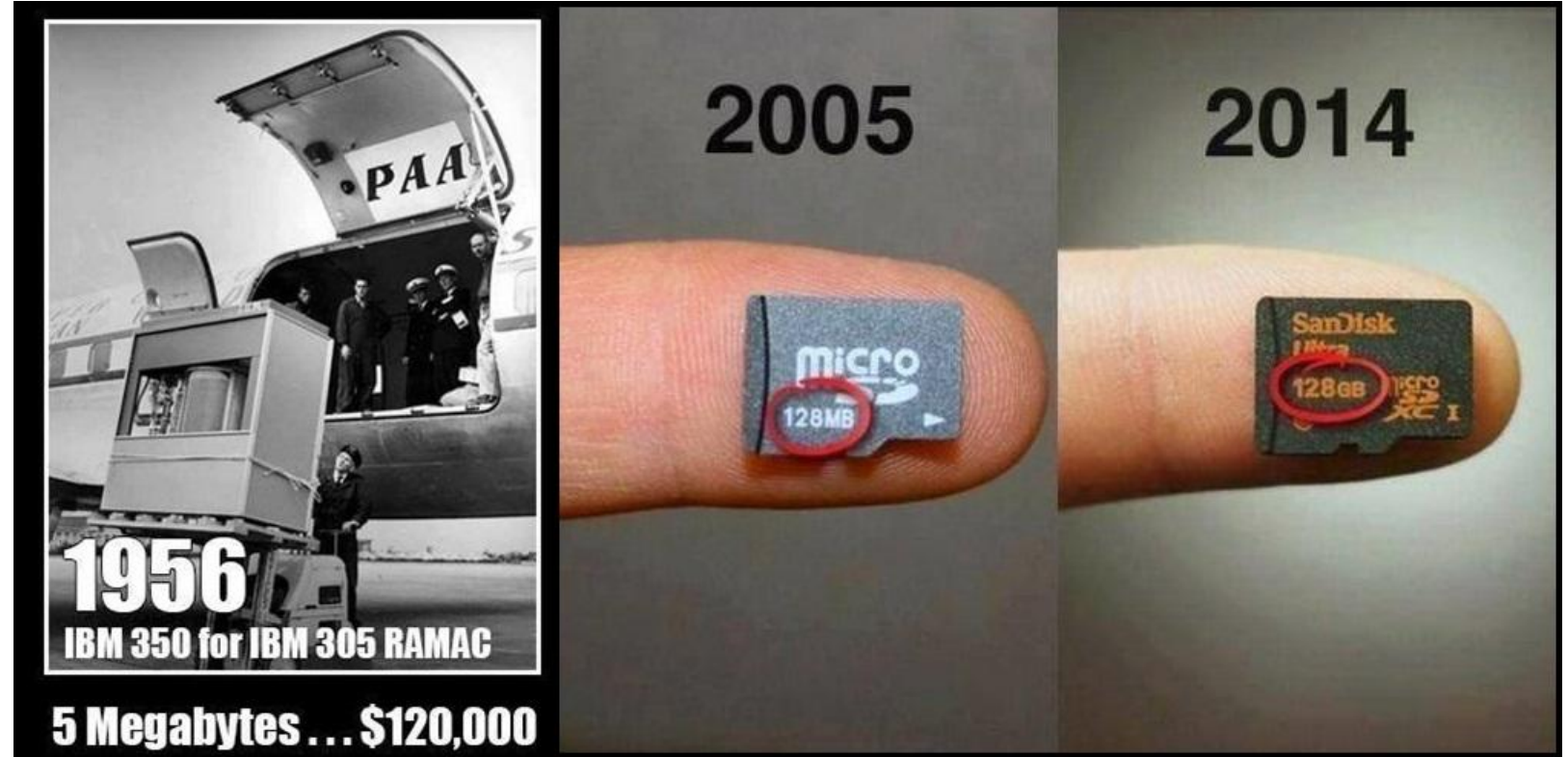
Meno Potenza usata
Non-volatili
Accesso dati più veloce
Non si deteriorano

MRAM diventeranno probabilmente le memorie dominanti o addirittura universali

PIÙ PICCOLO E PIÙ VELOCE

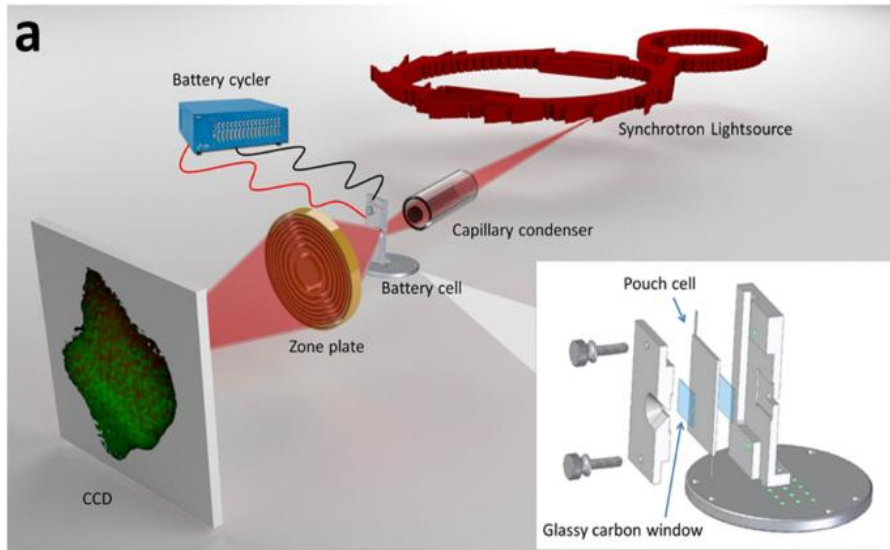


Hard disk da 5 MB (IBM – 1956)



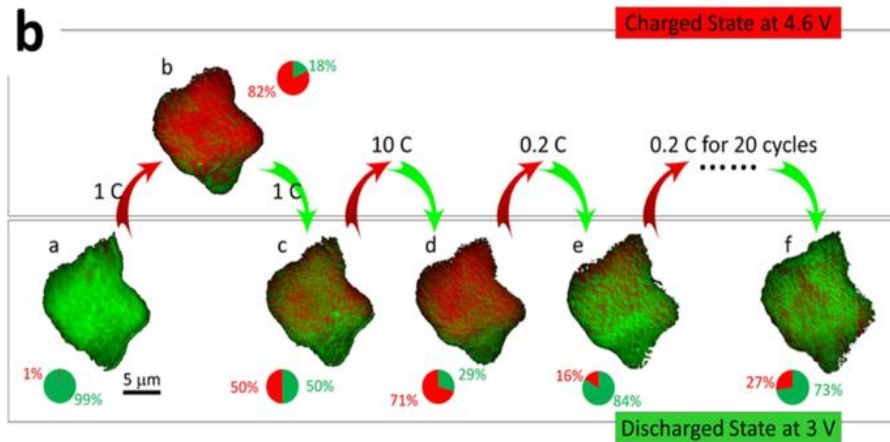
L'obiettivo è realizzare dispositivi sempre più piccoli e veloci

BATTERIE MIGLIORI



L'applicazione di tecniche sperimentali basate su sincrotrone o laser a elettroni liberi per studiare materiali per immagazzinare energia sta svolgendo un ruolo importante nel processo di comprensione dei meccanismi di "storage" di energia in tali materiali

Nuovi e più efficienti materiali per lo storage di energia all'orizzonte?
Presso sincrotroni e FEL ci stiamo lavorando!



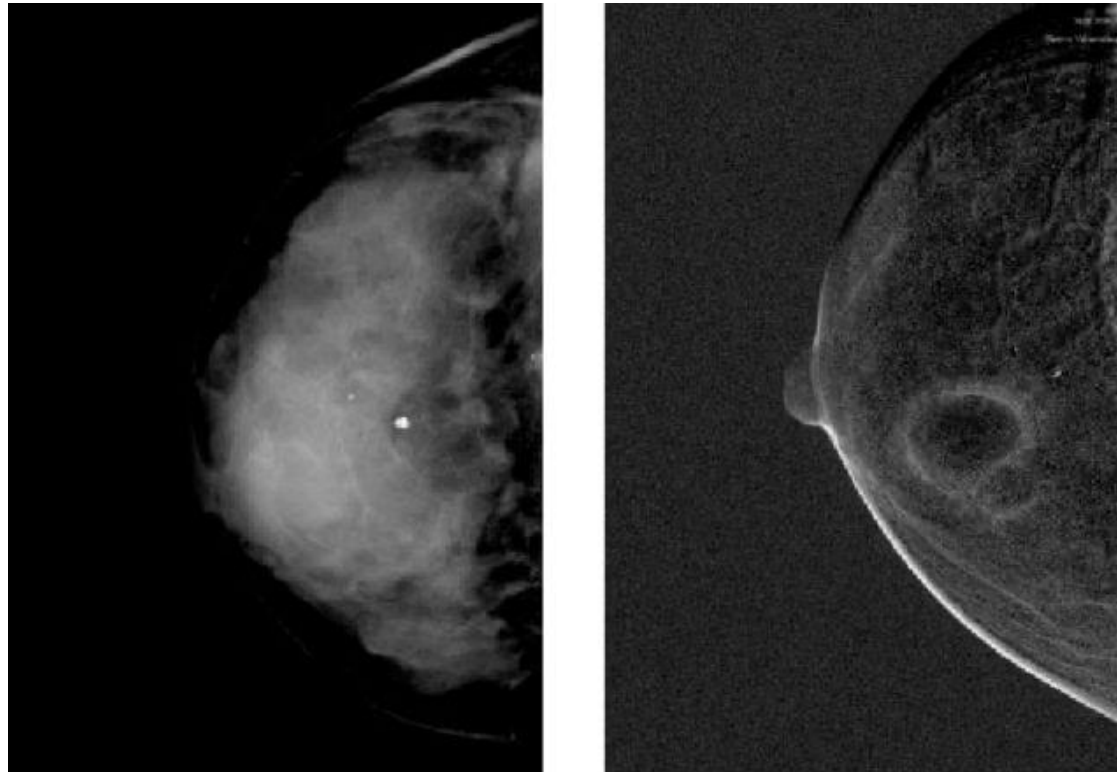
Controllo in situ della eterogeneità chimica in una singola particella di LiCoO_2 durante un ciclo della batteria.



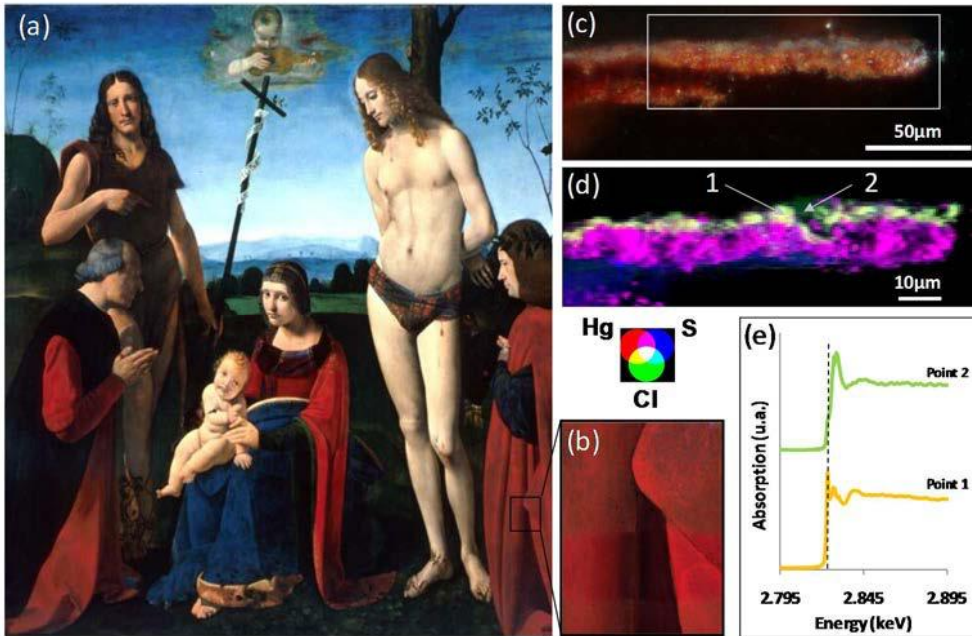
MAMMOGRAFIA A ELETTRA

La mammografia con luce di Sincrotrone presenta due vantaggi maggiori rispetto a quella tradizionale:

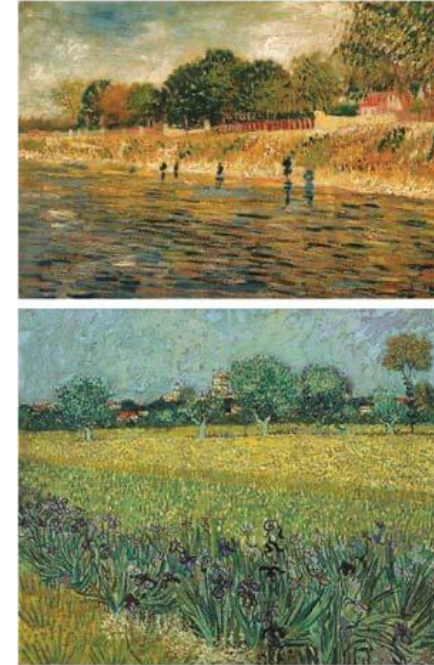
- Meno dose (1/10) depositata per singola esposizione
- Una migliore risoluzione spaziale (dettagli migliori) è ottenuta sfruttando le caratteristiche uniche della luce



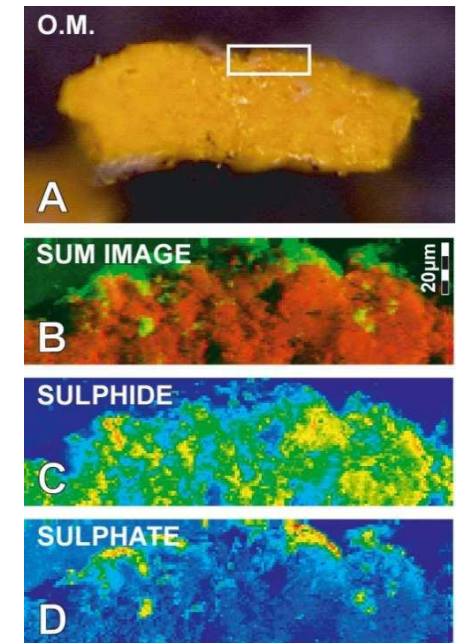
STUDIARE QUADRI ANTICHI



Studio (XANES su Zolfo e Cloro) dello scurimento del vermiglione nella "Madonna con Bambino tra san Giovanni Battista, san Sebastiano, Giacomo e Girolamo Casio", Boltraffio, 1467-1471, Louvre
 L'abito sulla destra, originamente rosso, mostra un notevole scurimento (a).
 Il dipinto è stato parzialmente pulito nel 1995 (b).
 Sezioni di piccoli frammenti rivelano che lo strato grigio è solo superficiale (c).
 Mappe di fluorescenza mostrano la presenza di **Zolfo e Mercurio sia nel rosso che nel grigio, mentre il cloro appare solo nello strato grigio** (d).
 Una microanalisi del Cloro rivela la presenza di **differenti specie di clorati**, e in particolare di composti di clorato di mercurio (punto 1), risultanti dalla reazione del cloro sul pigmento originale di solfuro di mercurio (e).



Fotografie di: (sopra) Riva della Senna, Maggio-Luglio 1887, olio su tela (32 x 46 cm), e (sotto) Veduta di Arles con iris, Maggio 1888, olio su tela (54 x 65 cm), di Vincent van Gogh, Van Gogh Museum, Amsterdam



In generale, su molti di questi dipinti, più di un secolo dopo la loro creazione, le aree dipinte con giallo a base di cromo ora appaiono scurite, verosimilmente per la degradazione del pigmento stesso. Tra quelli dipinti i più famosi sono le differenti versioni dei Girasoli di V. van Gogh.

NANOFERTILIZZANTI

La continua ricerca di soluzioni innovative ha portato l'attenzione a nuovi nanomateriali. I nanofertilizzanti, in particolare, sono tra i più promettenti materiali attualmente testati, per applicazioni sia nel suolo che nelle foglie. Ci si aspetta che delle nanostrutture opportunamente progettate possano permettere il **rilascio controllato di nutrienti**, sincronizzandolo esattamente con i bisogni nutrizionali delle colture, evitando quindi lo spreco dei nutrienti stessi

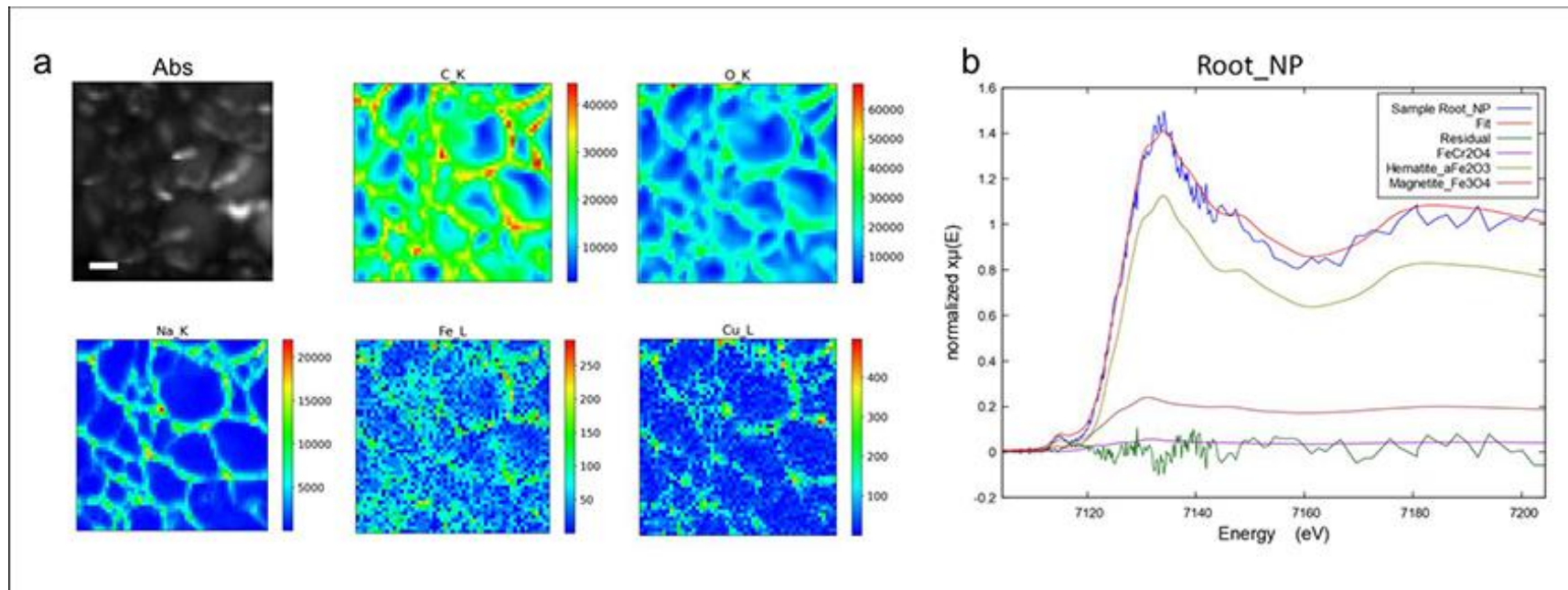
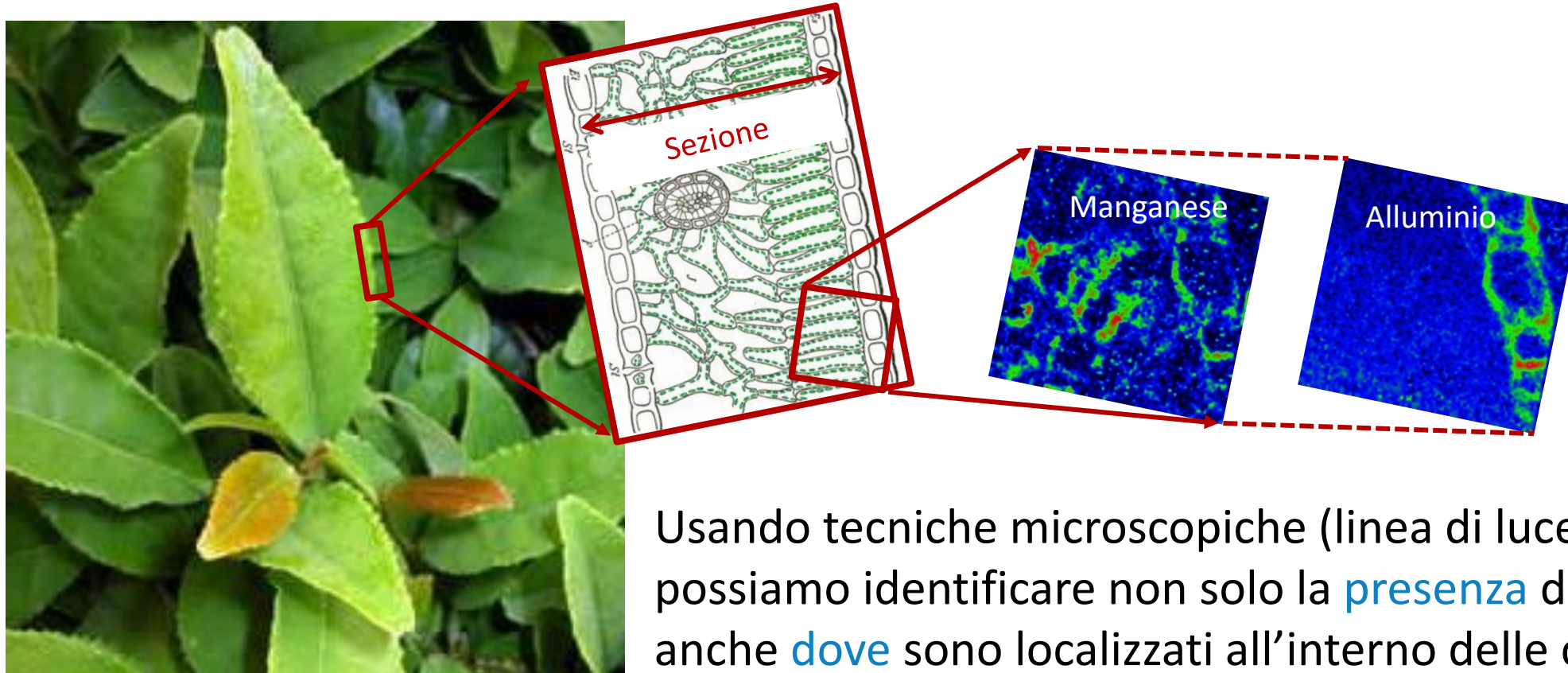


Figure 1. a) Mappe di radici di piante di zuccina trattate con CuO NPs, rappresentate con la loro corrispondente immagine di assorbimento (Abs). La barretta bianca rappresenta 10μm.

FITORISANAMENTO

Coltivazioni di te su terreni contaminati in precedenza da industrie chimiche... riusciamo a rivelare contaminanti nelle piante?



Usando tecniche microscopiche (linea di luce TwinMic) possiamo identificare non solo la **presenza** di metalli ma anche **dove** sono localizzati all'interno delle cellule delle foglie
→ Possibilità di **fitorisanamento** (uso delle piante per ripulire il suolo)

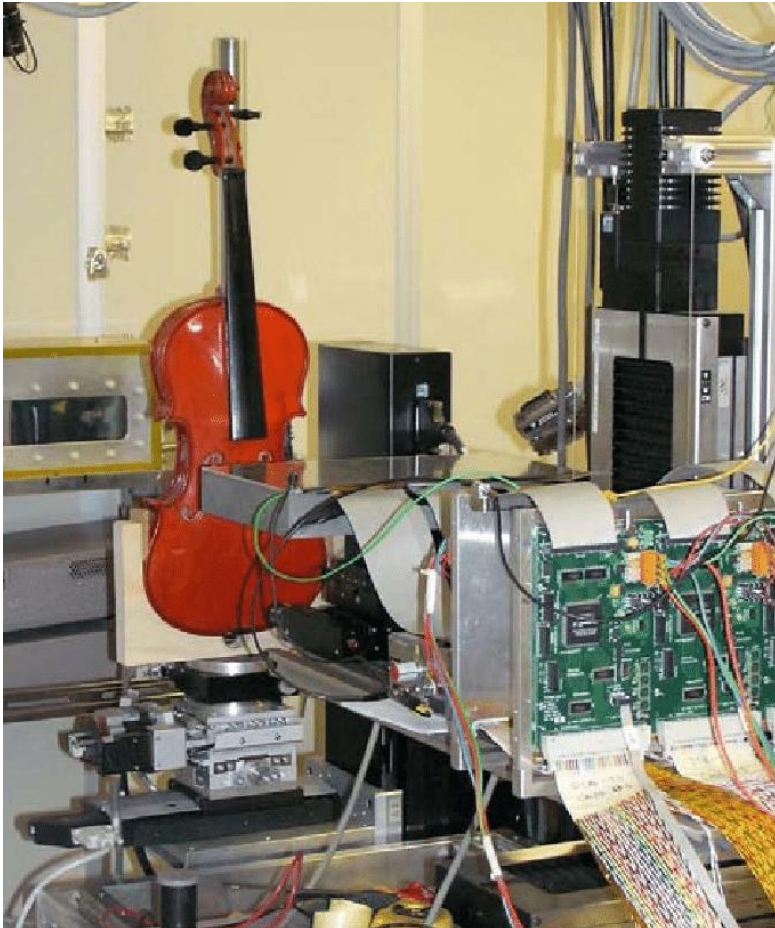
DENTISTI NEOLITICI



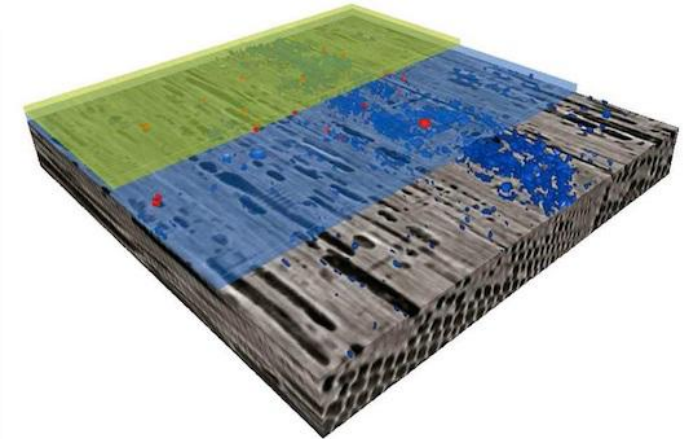
Studiando i reperti con la micro-tomografia si è scoperto che c'erano cavità riempite con **cera d'api** (proprietà anti-infiammatorie e anti-batteriche)

VOLINI COME CAMPIONI

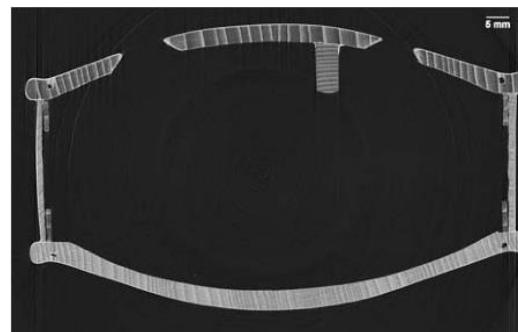
Sfruttare la non invasività della luce di sincrotrone e la sua capacità di sondare parti «interne» per studiare antichi (e MOLTO costosi) violini e violoncelli italiani (es. Stradivari e Guarneri)



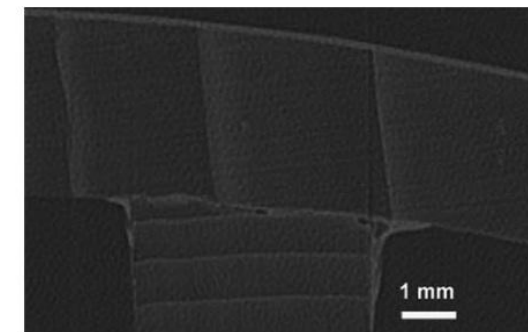
Analisi dello spessore del corpo del violino



Stratigrafia virtuale dei materiali che coprono un violino antico



Studio dei dettagli interni di un violoncello, come ad esempio la tecnica di incollaggio e i materiali usati



MICROPLASTICHE

Le microplastiche si trovano ormai persino nelle regioni più remote del pianeta, dai fondali oceanici più profondi, ai poli Nord e Sud. La maggior parte dei ritrovamenti riguardano l'ecosistema acquatico, e sebbene ci siano prove sempre più evidenti che l'inquinamento da plastiche stia influenzando anche le piante e il suolo, **è ancora poco chiara la portata con cui le plastiche hanno effettivamente contaminato i sistemi alimentari terrestri**. Sorprendentemente, sono state trovate nuove evidenze da una remota isola antartica, dove le microplastiche appaiono ora come parte integrante del sistema alimentare del suolo.

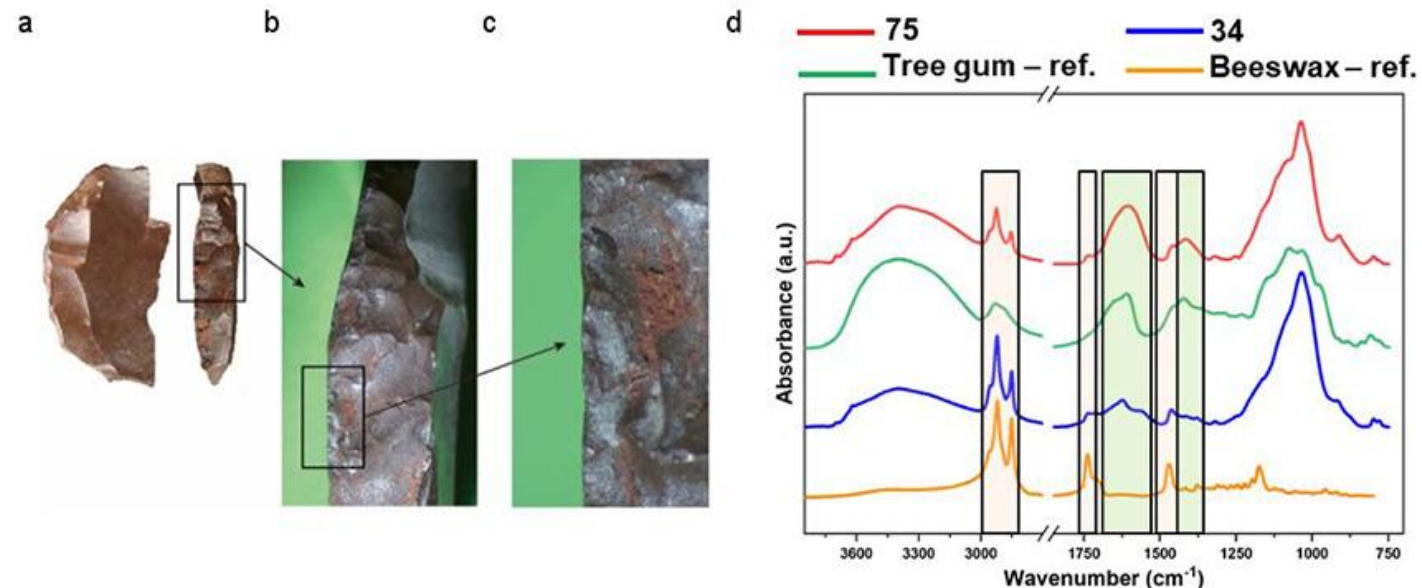
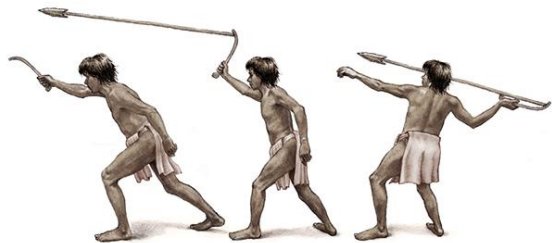


Figure 1. Sinistra. Isola King George Island. Sono riportate anche immagini di frammenti di polistirene rinvenuti. Destra. Da sinistra a destra sono mostrate immagini relative a un microorganismo autoctono, al suo apparato digestivo e a misure all'infrarosso che mostrano regioni di lipidi (blu, $3000\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$), proteine (verde, $1700\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$) and polistirene (picco rosso, a 1490 cm^{-1}).

NEANDERTHAL VS. SAPIENS

Perché i moderni esseri umani (Sapiens) soppiantarono i Neanderthal?

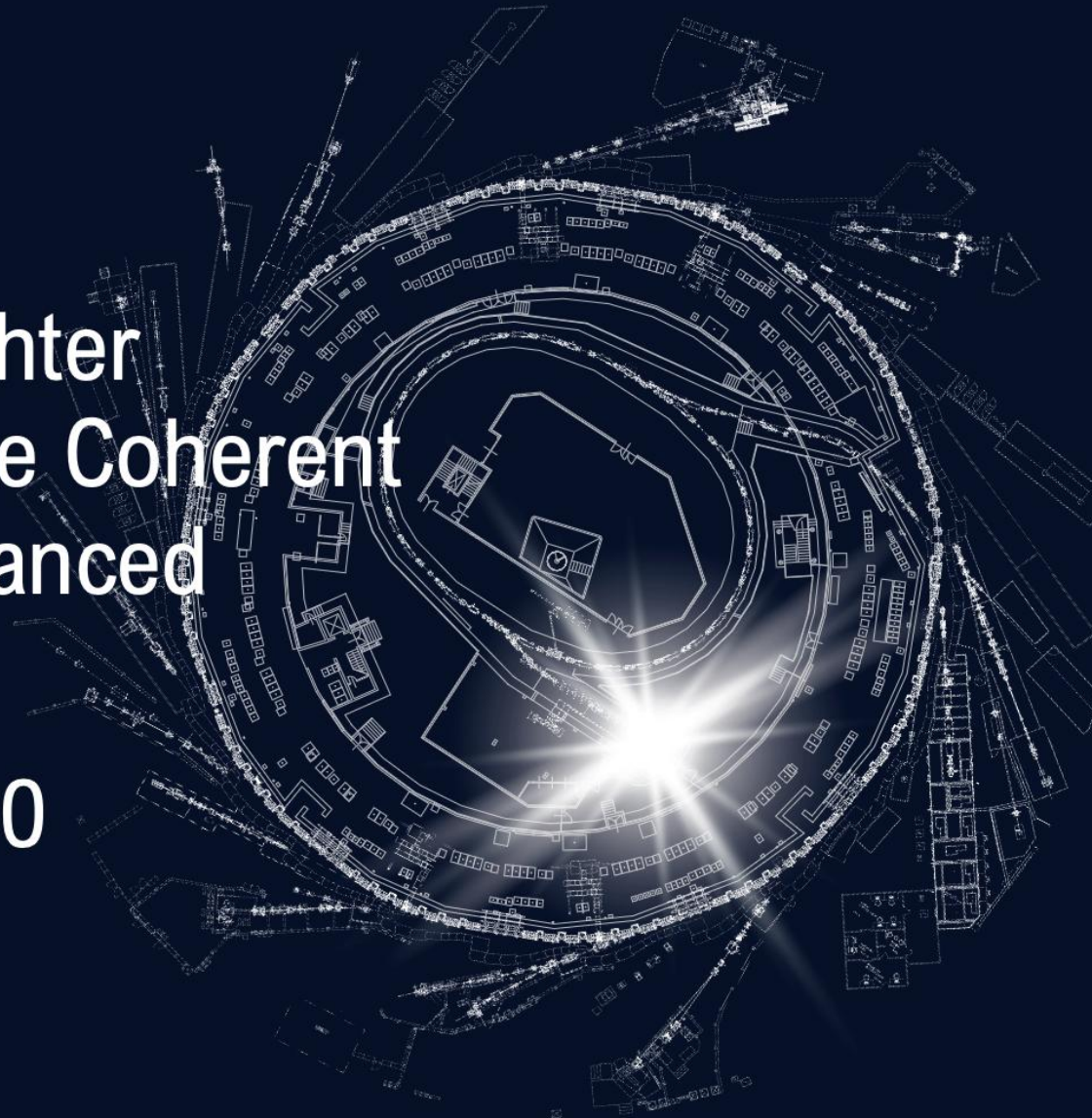
Una ricerca ha permesso di datare a 20.000 anni fa le più antiche evidenze di tecnologia balistica in Europa, concludendo che lo «Spear-thrower» e arco e frecce permisero ai moderni umani di **cacciare con più efficienza** rispetto ai Neanderthal. Questo può essere stato uno dei fattori che hanno privato questi ultimi della possibilità di salvarsi.



a, Diverse angolazioni di una punta di freccia. L'area investigata dalla microscopia IR è evidenziata dal rettangolo e ingrandita in **b** e **c**. **d**, Spettri IR dei campioni 34 e 75. Sono anche riportati due spettri di riferimento di **cera d'api** e **gomma dell'albero della pesca**. Le aree ombreggiate in arancione indicano le bande di assorbimento principali della cera d'api, mentre quelle in verde si riferiscono alla gomma vegetale.

$10^3\times$ Brighter
 $60\times$ More Coherent
 ∞ Advanced

Elettra 2.0



ELETTRA → ELETTRA 2.0

Dopo **32 anni di operatività, 160.000 ore di luce fornite e quasi 12.000 esperimenti eseguiti**, che hanno portato a circa **10.000 articoli scientifici** peer-reviewed, la macchina di luce Elettra è stata spenta il **2 luglio 2025** per l'ultima volta.

Un momento simbolico che segna la chiusura di una fase storica e che ne inaugura un'altra con l'inizio dell'installazione dei componenti della nuova macchina di luce Elettra 2.0 al posto di quelli di Elettra. La nuova infrastruttura, realizzata con un investimento pubblico di quasi **200 milioni di euro**, è basata su un anello di accumulazione di quarta generazione, che garantirà prestazioni significativamente superiori in termini di stabilità, brillantezza, coerenza e precisione dei fasci di fotoni. **L'avvio della nuova macchina di luce è previsto nel 2026 e i primi utenti esterni sono attesi a partire dall'inizio del 2027.**

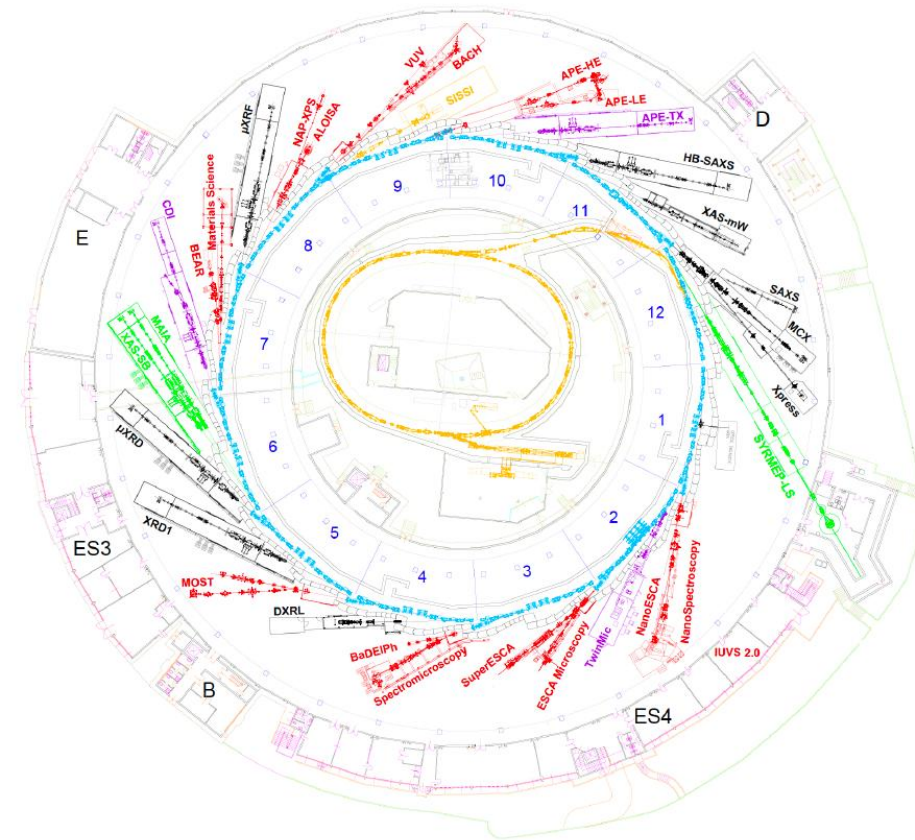
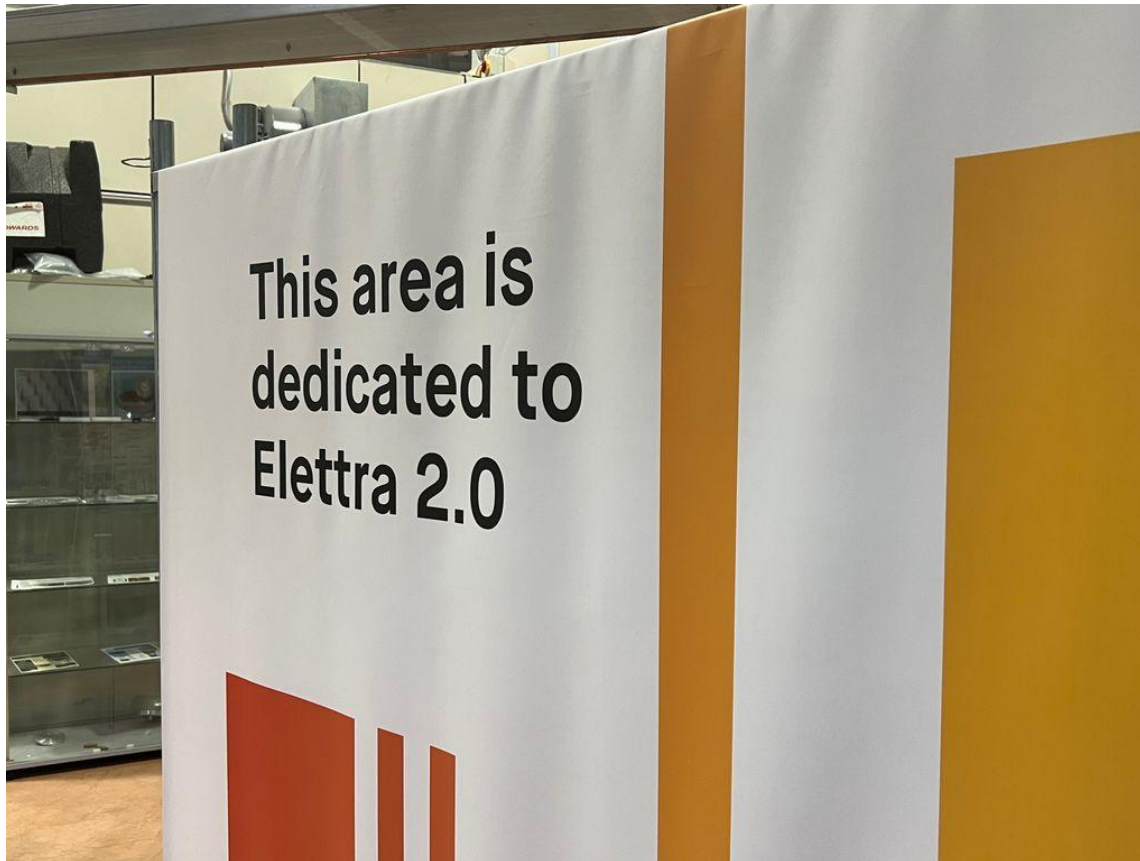
Elettra 2.0 fornirà fasci di luce fino a **1.000 volte più brillanti**, con una **coerenza 60 volte superiore**, resa possibile da una riduzione dell'emittanza del fascio di 50 volte rispetto all'attuale macchina. La nuova sorgente fornirà **fotoni più stabili, focalizzati e coerenti**, con energie fino a 120 keV ad un massimo di **32 stazioni sperimentali**, di cui 20 riconfigurate a partire dalle 28 beamline ch'erano operative su Elettra e 12 completamente nuove, progettate per rispondere alle esigenze emergenti nei settori dei materiali funzionali, dei dispositivi quantistici, della catalisi, della biologia strutturale, dell'imaging biomedico e della fisica della materia condensata.

ELETTRA 2.0 - CARATTERISTICHE

La nuova macchina di luce sarà caratterizzata da:

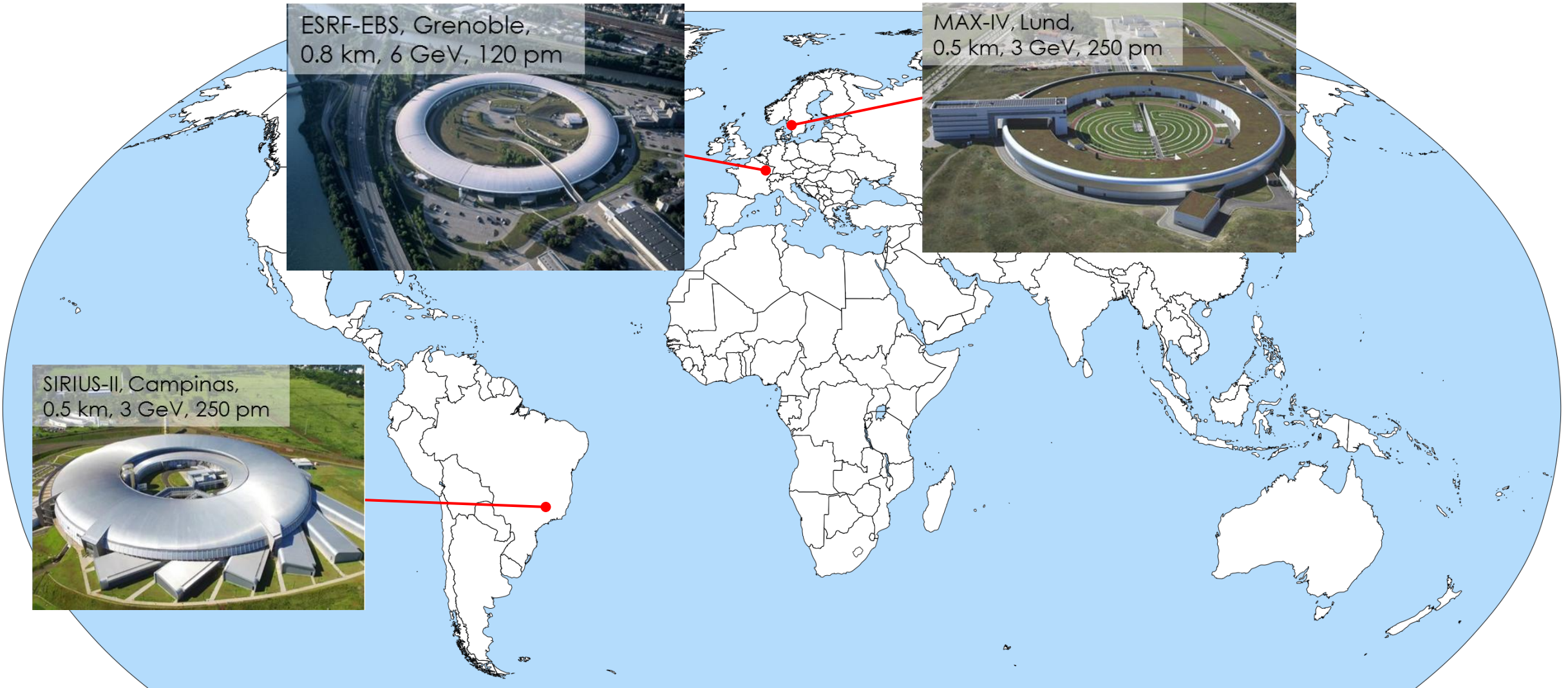
- **Maggiore brillantezza e maggiore coerenza** → importanti per **microscopia** e **tecniche spettroscopiche** con ottenere informazioni ancora più dettagliate a livello atomico e molecolare
- **Maggiore risoluzione spaziale** → importante per le **nanotecnologie** (maggiore capacità di visualizzazione e manipolazione a livello nanometrico) con cui si potranno sviluppare **nuovi materiali** (es. efficienti energeticamente, materiali quantistici, ecc.)
- **Migliori strumenti per la biologia strutturale e la chimica** → si potranno studiare **biomolecole** e **reazioni chimiche complesse** nonché processi risolti in tempo (es. processi biochimici veloci, importanti per lo sviluppo di nuove medicine)

ELETTRA 2.0 – COME CAMBIERÀ?



L'edificio rimarrà lo stesso, non ci saranno modifiche evidenti «da fuori»

SINCROTRONI DI NUOVA GENERAZIONE

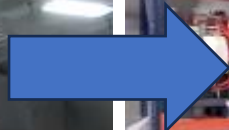
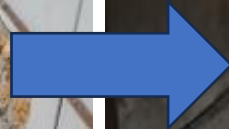


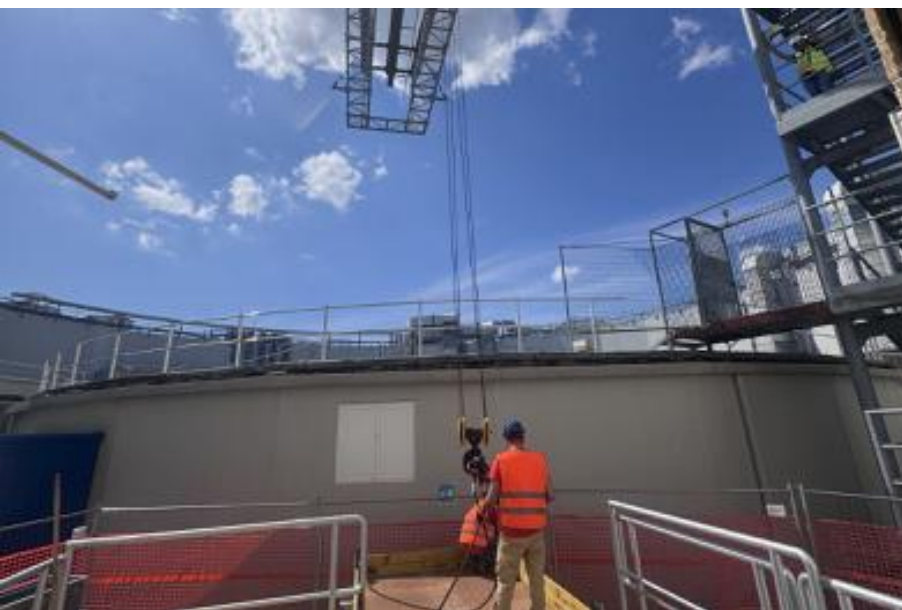
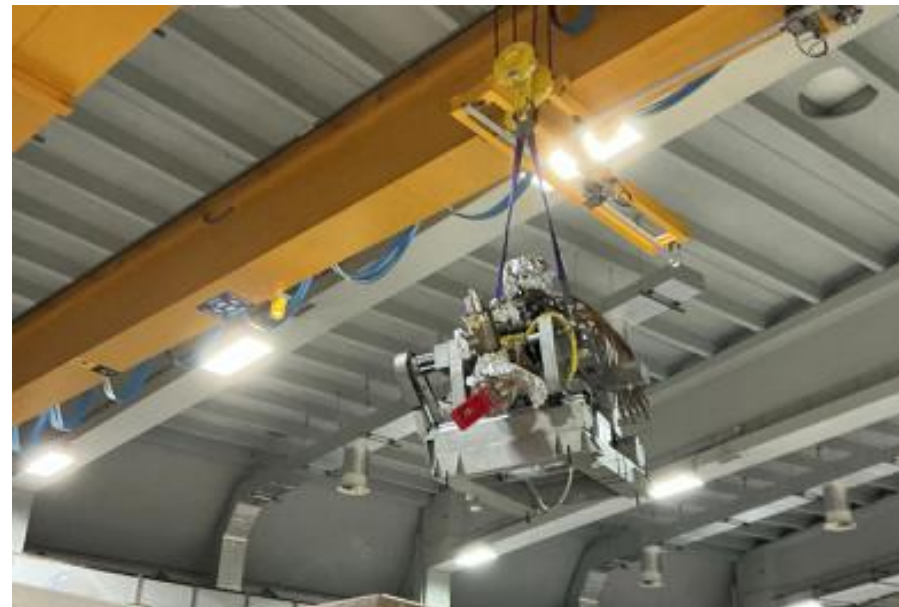
SINCROTRONI DI NUOVA GENERAZIONE



2 LUGLIO 2025: ELETTRA SHUT-DOWN





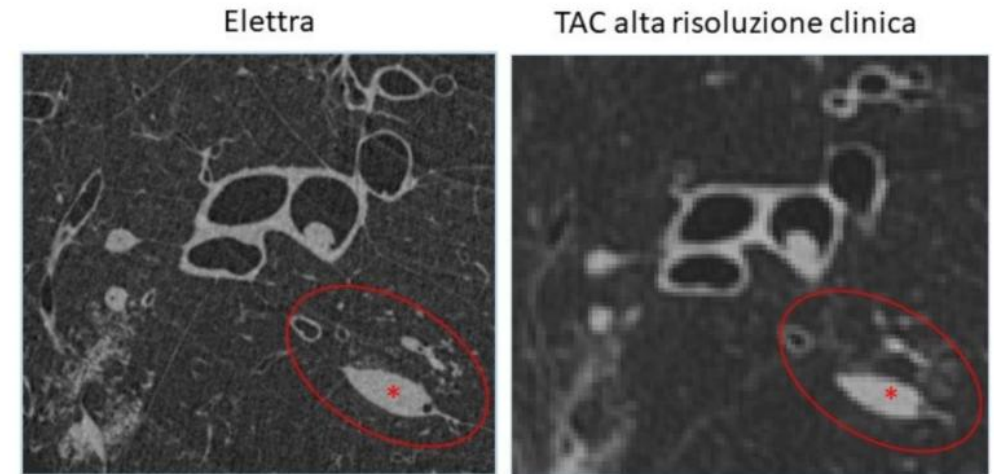


ESEMPIO DI NUOVA TECNICA DA CUI...

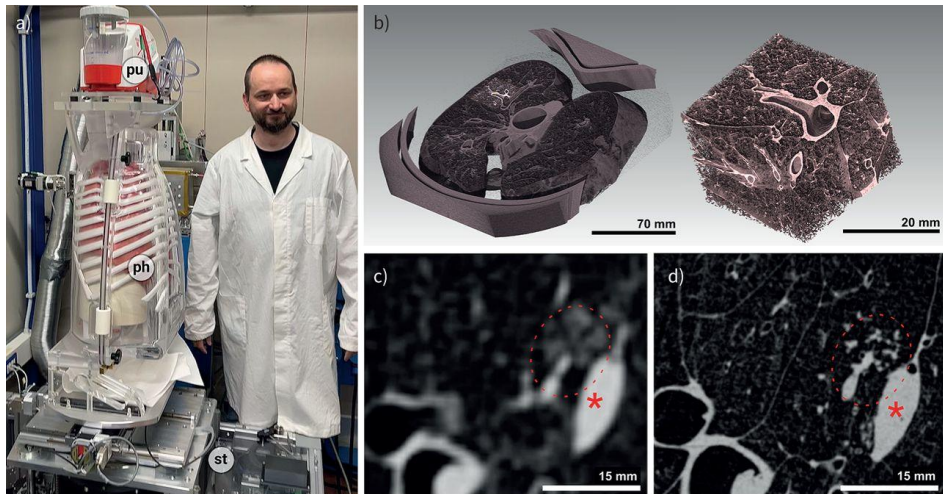
La principale rivista scientifica europea sulle malattie polmonari, l'*European Respiratory Journal*, ha pubblicato i risultati di una **ricerca multidisciplinare** svolta presso **Elettra Sincrotrone Trieste**, nell'Area Science Park, che ha dimostrato come, grazie alle caratteristiche uniche dei raggi X prodotti dalla sorgente Elettra, è possibile ottenere un **miglioramento significativo delle immagini radiologiche del polmone** rispetto ad una TAC ospedaliera.

Attualmente, con le macchine TAC ad alta risoluzione più moderne, è possibile osservare dettagli del polmone umano fino al limite di circa 0,5 millimetri, ma estendere la visibilità a dettagli più piccoli comporterebbe un aumento significativo della dose di radiazioni per il paziente. Ad Elettra il gruppo di ricercatori italo-tedesco ha dimostrato che, **grazie alla tecnica del 'contrasto di fase'**, che sfrutta le caratteristiche peculiari della luce di sincrotrone (quali la monocromaticità e la coerenza spaziale), **si può ottenere una visione del tessuto polmonare con risoluzioni effettive di 0,067 millimetri**, cioè molto più elevate, **con una dose di radiazione per il paziente ridotta di 2-3 volte rispetto alla TAC**. In pratica, con questa tecnica è possibile produrre un'immagine nettamente superiore per qualità discriminando molto meglio le varie componenti e strutture anatomiche rispetto a quelle di una TAC convenzionale. Ciò rende disponibili informazioni potenzialmente molto utili per riconoscere precocemente lesioni patologiche come tumori e fibrosi del polmone.

Research Letter Open access
Pulmonary phase contrast CT imaging: a novel setup at the Italian synchrotron for the study of fresh lungs at human scale
 Christian Dullin | Willi Linus Wagner | Marco Confalonieri Show More
 European Respiratory Journal 2024 63(3): 2301604; DOI: <https://doi.org/10.1183/13993003.01604-2023>



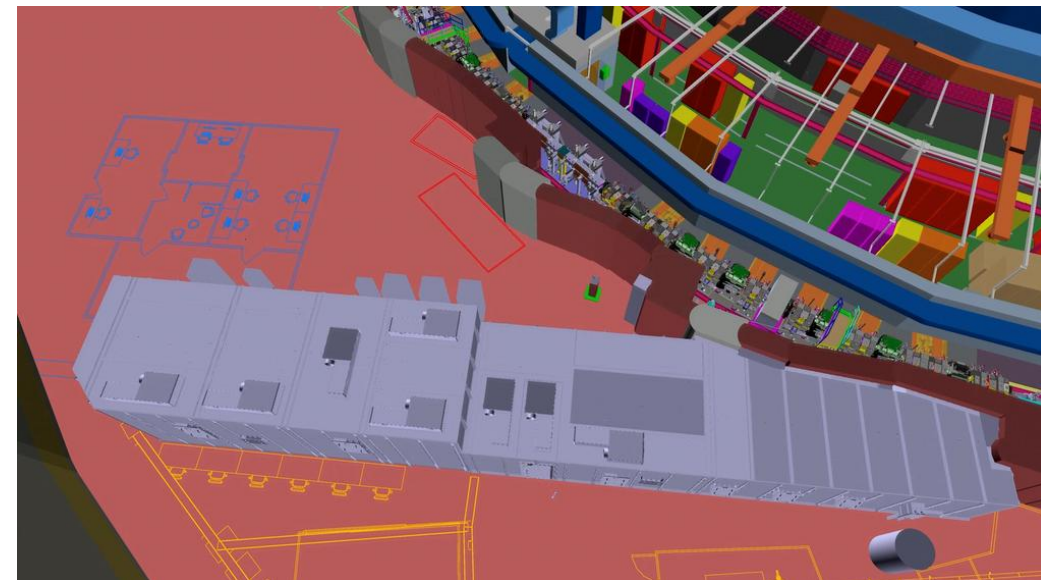
...CREAZIONE NUOVA LINEA DI LUCE



Con la **nuova macchina di luce Elettra 2.0 attualmente in costruzione**, che raggiungerà energie dei raggi X molto più elevate, questi studi potranno essere estesi ai pazienti degli ospedali della Regione Friuli Venezia Giulia. Negli esami sui pazienti, la nuova tecnica permetterà di evidenziare in modo molto efficace i cambiamenti densitometrici e strutturali provocati dalle diverse patologie, riconoscendo la natura della lesione patologica più tempestivamente.



•**Sviluppi futuri:** Il progetto **Elettra 2.0** prevede l'ottimizzazione della linea di luce per future applicazioni cliniche su pazienti, con la creazione di un ambulatorio dedicato.



[Home](#) [About us](#) [User Area](#) [Lightsources & Laboratories](#) [Science](#) [Technology](#) [Industry](#) [Intranet](#)

IT

First beam of the new Elettra 2.0 is expected in

206 days **15** hrs **24** mins **49** secs