

Il progetto MACHINA, tra ricerca e mercato (collaborazione con CERN-KT)

Lorenzo Giuntini, Mirko Massi

29-30 Marzo 2021 Progetto ORMA
(Alta **FORMA**zione e ricerca-azione presso enti di ricerca toscani)

The MACHINA collaboration: L. Giuntini, G. Anelli,
S. Atieh, F. Benetti, A. Bilton, L. Castelli, G. Calzolari,
M. Chiari, C. Czelusniak, M. Fedi, A. Grudiev, A.
Lombardi, M. Manetti, P.A. Mandò, S. Mathot, L.
Palla, E. Montesinos, M. Timmins, M. Vretenar and
F. Taccetti

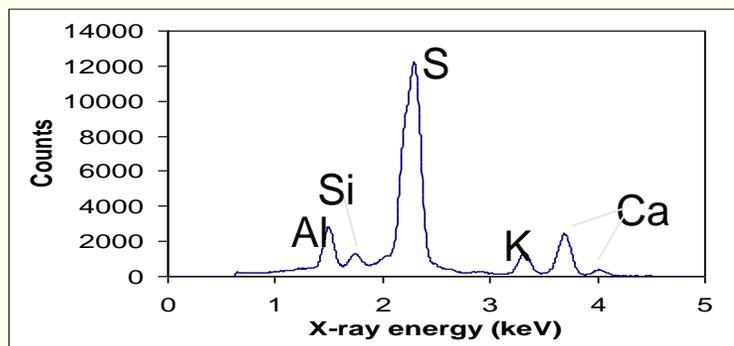
Perché una rete per i beni culturali ?

- Le discipline scientifiche hanno un ruolo cruciale per la :
 - ✓ conoscenza delle opere e del loro “stato di salute”
 - ✓ conservazione e restauro.
- La Fisica riveste oggi un ruolo dominante nel primo campo, quello della diagnostica, principalmente grazie al carattere non invasivo della grande maggioranza delle tecniche fisiche.
- L'uso degli acceleratori di particelle per analisi di opere d'arte e datazione di reperti archeologici è molto diffuso.

Le analisi con fasci di ioni

Ion Beam Analysis techniques (IBA)

Analisi spettrale

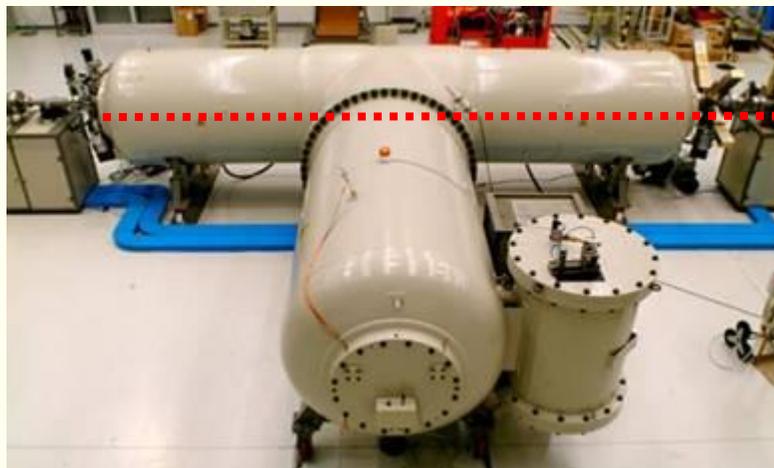


Rivelatori di radiazione

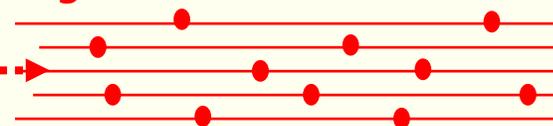


Emissione di radiazione caratteristica (raggi X, raggi γ , particelle, luce visibile, ...)

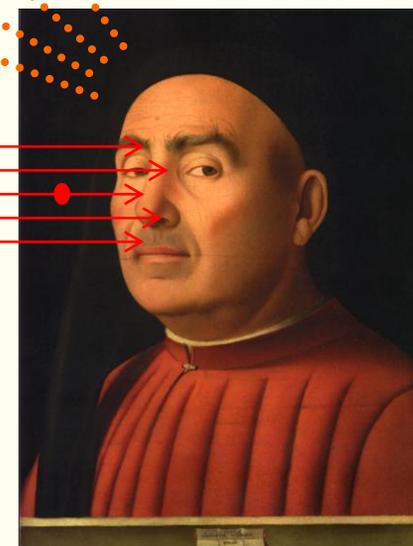
Acceleratore di particelle



Fascio esterno di ioni (H o He) con energia dell'ordine dei MeV



Oggetto da analizzare



La analisi di composizione con le tecniche IBA sono di grande interesse per il patrimonio culturale :

- caratterizzazione rapida, ampia e approfondita di praticamente qualunque oggetto
- Non danneggiano l'oggetto analizzato (non distruttive, non invasive, no prelievo/preparazione campione)
- multielementali
- qualitative e quantitative
- mappe della distribuzione spaziale degli elementi (imaging elementale)
- stratigrafia



Rosslyn Chapel
2.5 MeV - protoni

Ion Beam Centre, Guilford,
Surrey



8

Pb M



K

Deus ex Machina !

Conoscere i materiali è importante per la conservazione e il restauro?

Conoscere i materiali è importante per la conservazione e il restauro?

Opera da restaurare: degrado serio



Ecce Homo nel santuario della Pieta', Borja, Spagna, affresco (1930) di Elías García Martínez

The original "Ecce Homo" (L), the deteriorat

Conoscere i materiali è importante per la conservazione e il restauro?

Opera da restaurare: degrado serio



Ecce Homo nel santuario della Pieta', Borja, Spagna, affresco (1930) di Elías García Martínez

The original "Ecce Homo" (L), the deteriorated version (C) and Cecilia Gimenez's restc

Conoscere i materiali è importante per la conservazione e il restauro?

Opera restaurata: senza conoscenza dei materiali



Ecce Homo nel santuario della Pieta', Borja, Spagna, affresco (1930) di Elías García Martínez

The original "Ecce Homo" (L), the deteriorated version (C) and Cecilia Gimenez's restored version. Credit: Centre de Estudios

Principale limitazione delle tecniche IBA:

L'opera d'arte deve essere spostata dal museo o dal Laboratorio di restauro al Laboratorio dell'acceleratore

E muovere l'opera d'arte è:

- **rischioso**
- **costoso**
- **problematico**
- **talvolta impossibile (affreschi, oggetti troppo preziosi o fragili per essere spostati,...)**

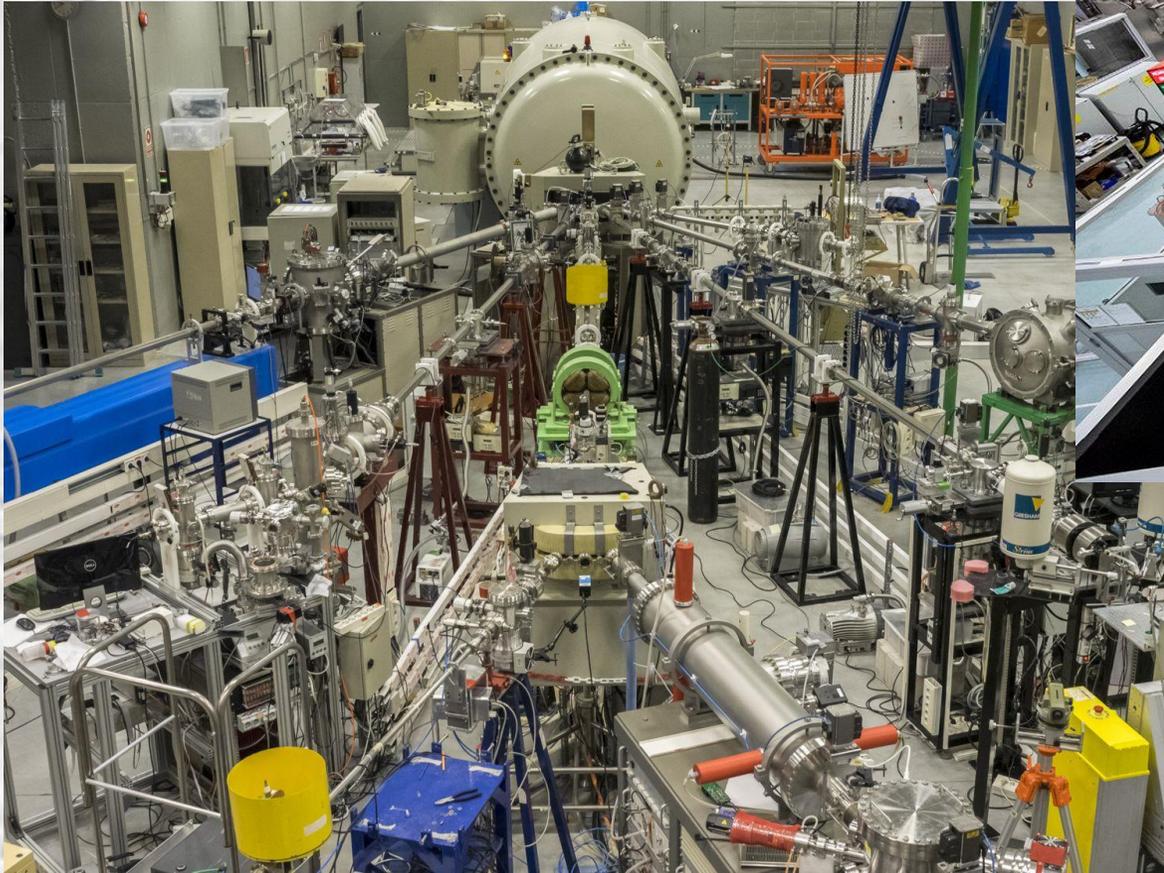
Le tecniche IBA offrono molte possibilità per lo studio dei beni culturali, ma richiedono di spostare l'opera, e questo è spesso molto difficile o impossibile

'Se è meglio non spostare l'opera d'arte, si può pensare di spostare un normale sistema per misure IBA?

Maometto e la montagna.....

Una sfida impossibile: tonnellate di strumenti che assorbono centinaia di kW e usano centinaia di metri quadri e km di cavi...

CMAM Spagna



*Ansto
(Australia)*

Riuscire a vincere questa sfida impossibile è l'idea alla base di MACHINA,
il progetto congiunto INFN-CHNet e CERN

MACHINA: primo sistema trasportabile per analisi IBA

Sede di lavoro: Opificio delle Pietre Dure, Firenze

MACHINA potrà essere portato
ovunque siano richieste misure
IBA *in-situ*.

L'Opificio ha manifestato grande
interesse per questo sviluppo ed è stato
di fatto il motore che ha dato l'avvio all'iniziativa



Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo

OPIFICIO DELLE PIETRE DURE-FIRENZE

In connection with the Project called "RFQ-PIXE" myself dr. Marco Ciatti, as Soprintendente of the Opificio delle Pietre Dure (OPD)* in Florence believe that the project presented by CERN and INFN plays a strategic role in the future of diagnostics applied to the cultural heritage field. The Opificio delle Pietre Dure, therefore, strongly supports the huge importance of such scientific and technological development.

The project aiming to create a new tool for diagnostic investigations, based on a transportable accelerator, will, in future, provide answers so far impossible to achieve by in situ analysis.

A portable accelerator constitutes an achievement of high scientific value and the OPD is strongly convinced that it constitutes a major breakthrough in the world of diagnostics and thus a valuable help for us.

*The Opificio delle Pietre Dure is a public institute of the MIBACT (Italian Ministry for Cultural Heritage).

Florence, February 6th 2017

Marco Ciatti

MACHINA: Movable Accelerator for Cultural Heritage In-situ Nondestructive Analysis

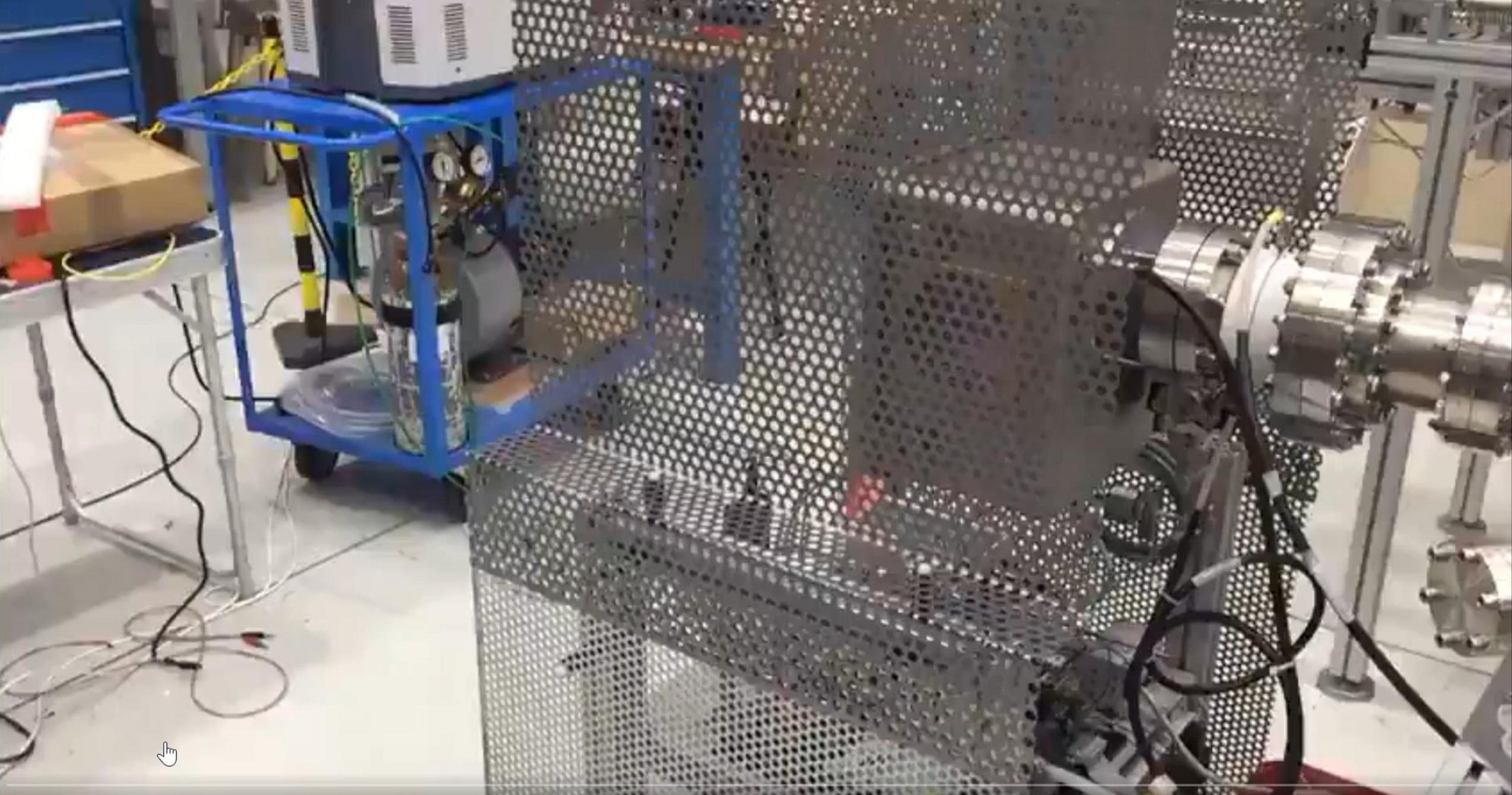
Lo scopo di MACHINA è lo sviluppo di un acceleratore trasportabile per analisi in situ di manufatti del patrimonio culturale

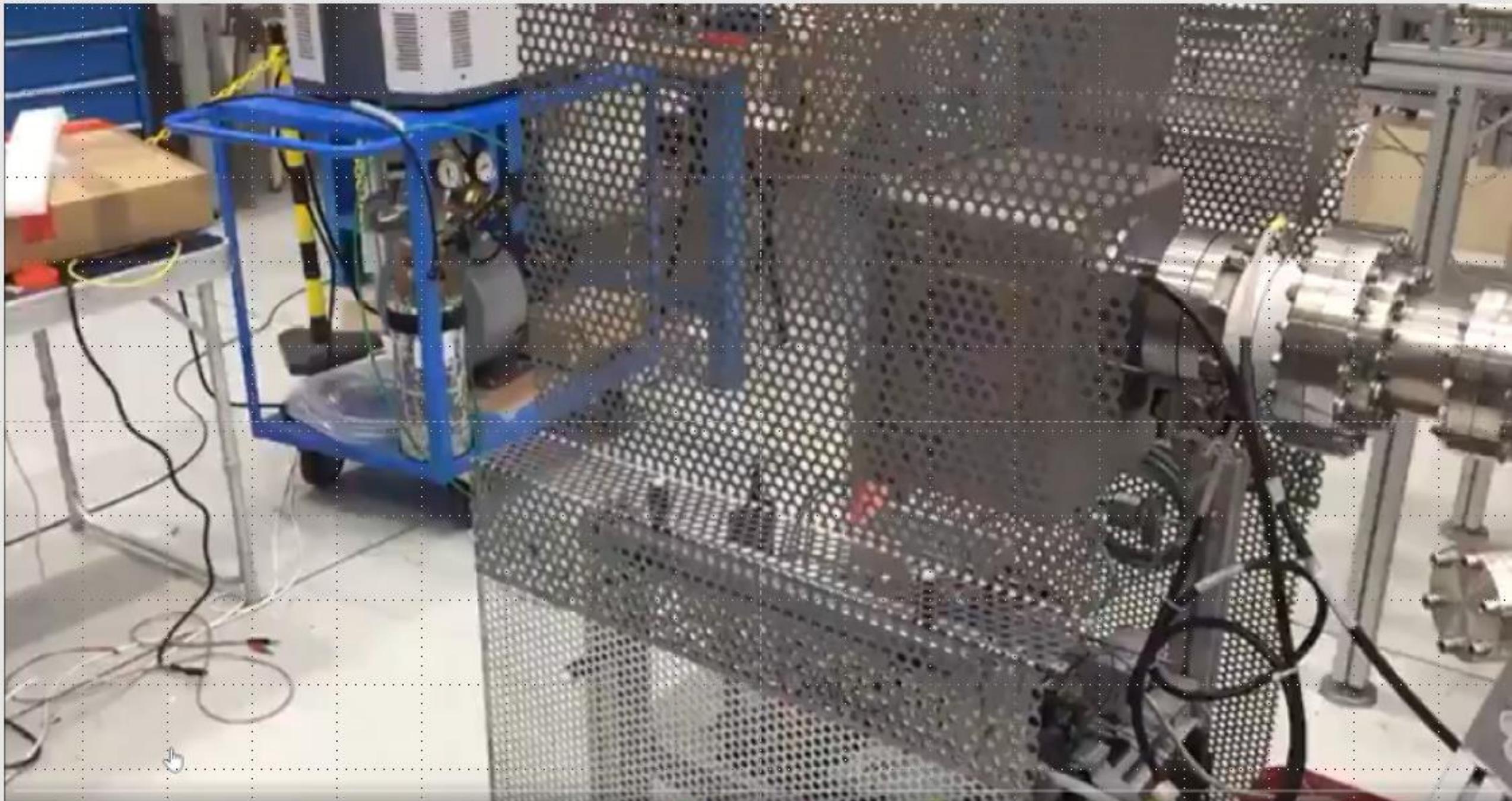
La sfida: mantenere prestazioni paragonabili a quelle che si hanno con gli acceleratori standard usati per le analisi nei beni culturali, ma soddisfacendo dei pesanti vincoli aggiuntivi:

- **Bassa Potenza assorbita**
- **Basso peso**
- **Piccole dimensioni**
- **Bassa emission di radiazioni**
- **Basso costo**
- **Trasportabile**
- **Semplice**
- **Open-source platform**
- **Fully home-developed software (nessun software proprietario)**
- **Customizzazione di tutte le parti**
- **Facile da usare**
- **Utilizzabile per il training di giovani ricercatori**

MACHINA: risultati (ad oggi)

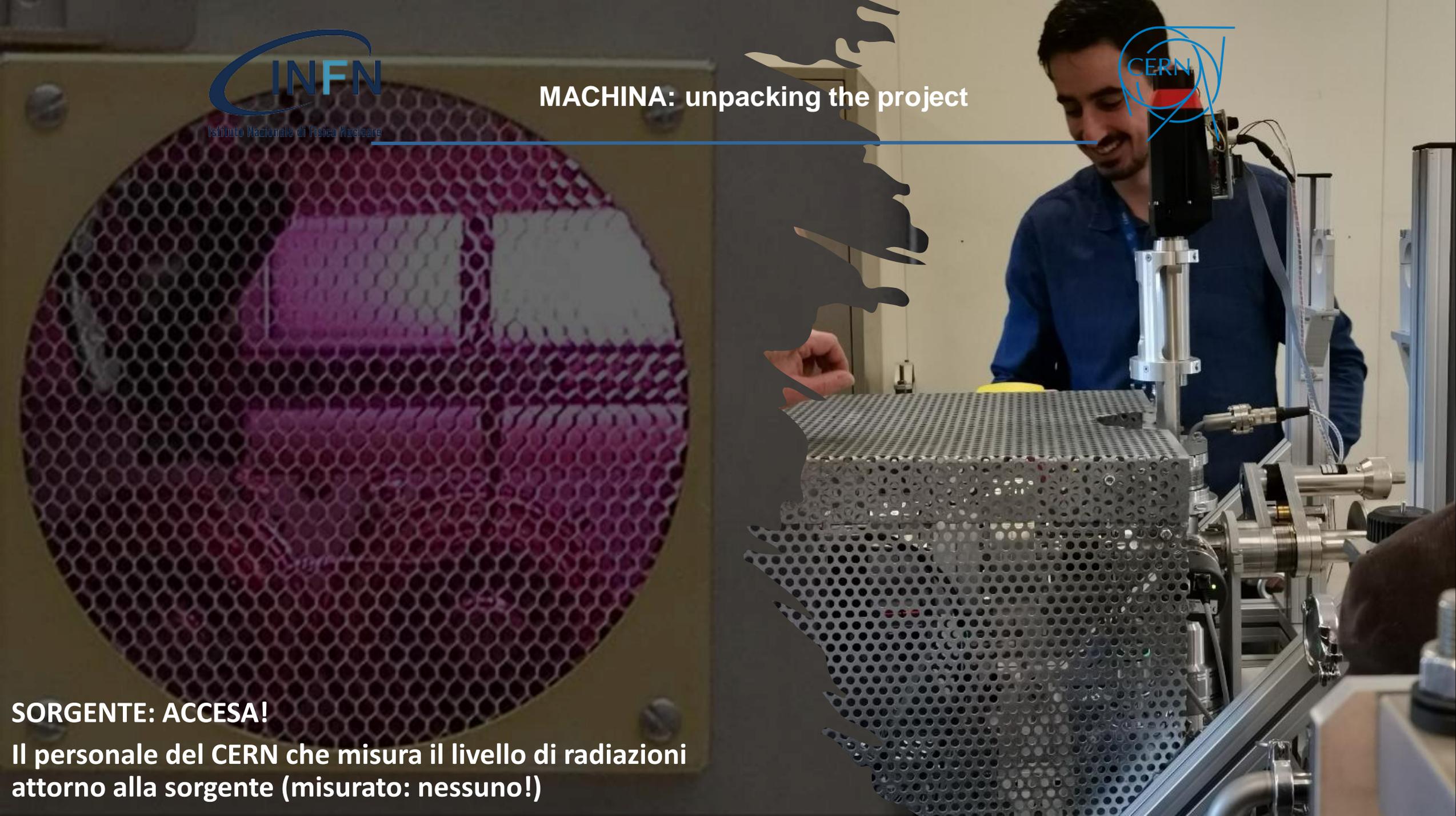






SORGENTE: ACCESA!

**Il personale del CERN che misura il livello di radiazioni
attorno alla sorgente (misurato: nessuno!)**



PORTABILITÀ

CARICANDO MACHINA

SUL FURGONE

DOPO AVERLO

SMONTATO



SMONTAGGIO (2H) IMPACCHETTAMENTO E CARICO DEL FURGONE (3H)

PORTABILITÀ



SCARICANDO MACHINA
DAL
FURGONE DOPO IL
TRASPORTO
AL CERN



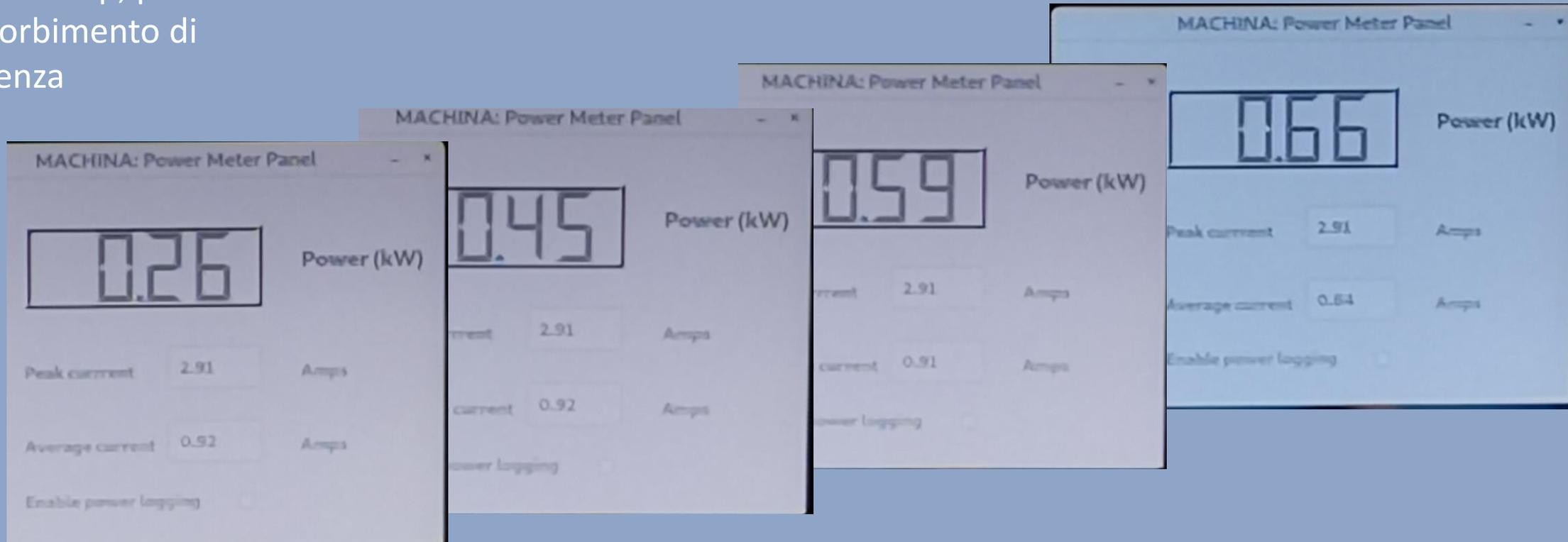
UNLOADING THE TRUCK (1H) UNPACKING AND REASSEMBLING (2H)

MACHINA: unpacking the project

CONSUMO DI POTENZA

HF-RFQ (CON SISTEMA DI RAFFREDAMENTO) < 6 kW
TUTTE LE ALTRE SEZIONI < 1 kW

sequenza di startup, per
limitare l'assorbimento di
potenza

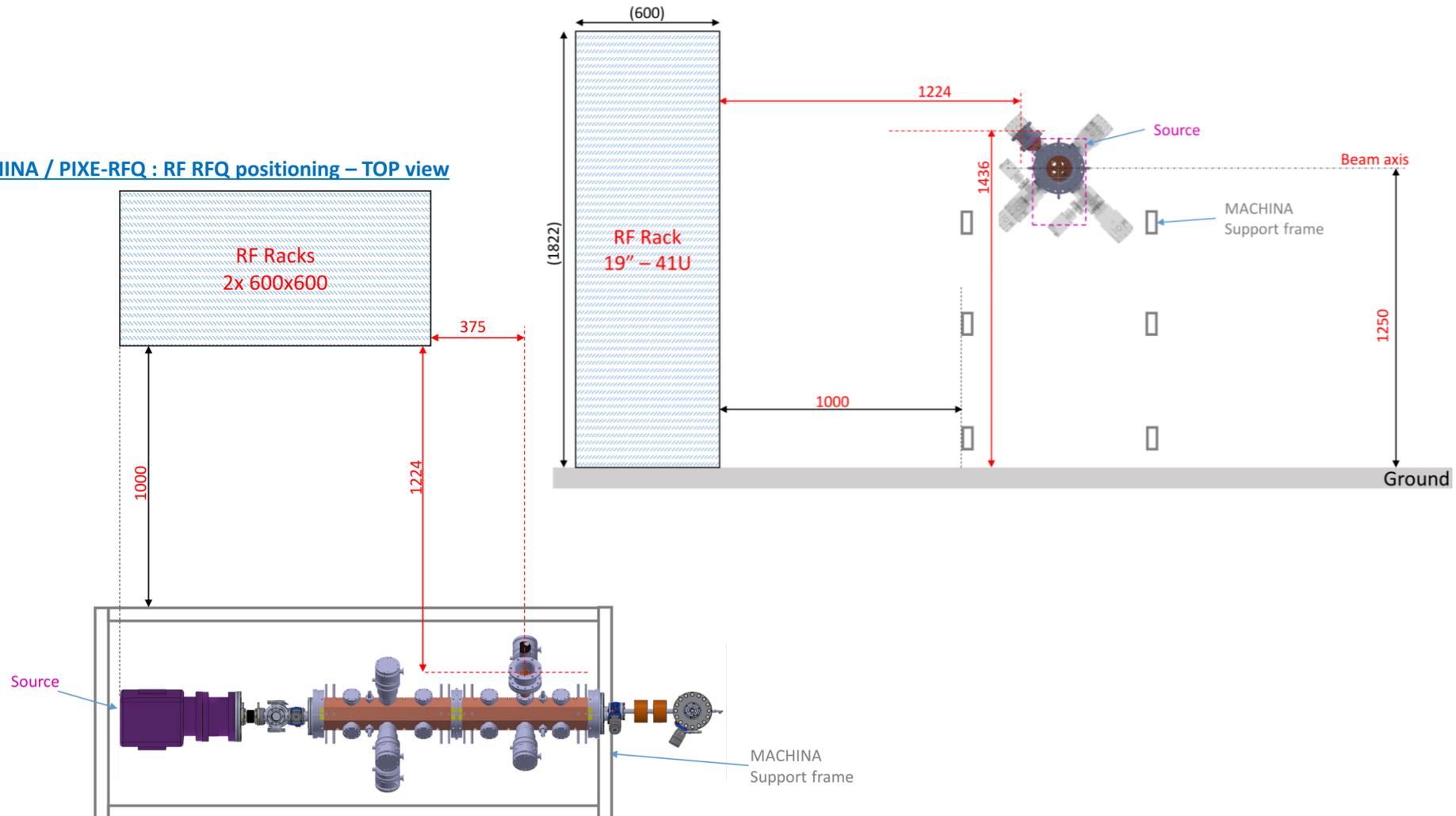


MACHINA: unpacking the project

MACHINA / PIXE-RFQ : RF RFQ positioning – REAR view (view in the direction of the beam)

POWER SUPPLY

MACHINA / PIXE-RFQ : RF RFQ positioning – TOP view



POWER SUPPLY

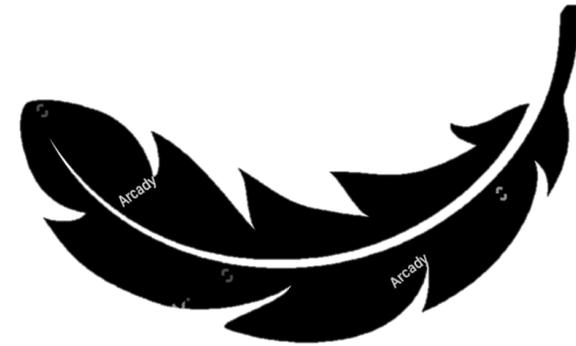


MACHINA IS A LIGHTWEIGHT ACCELERATOR!

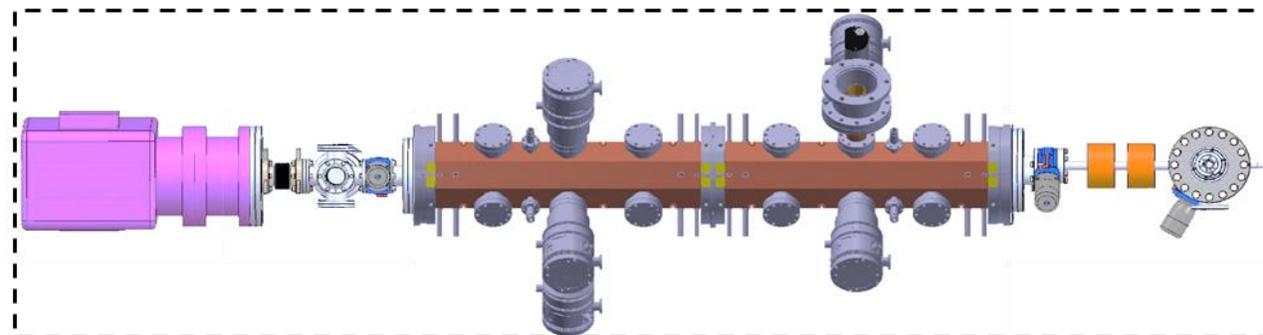
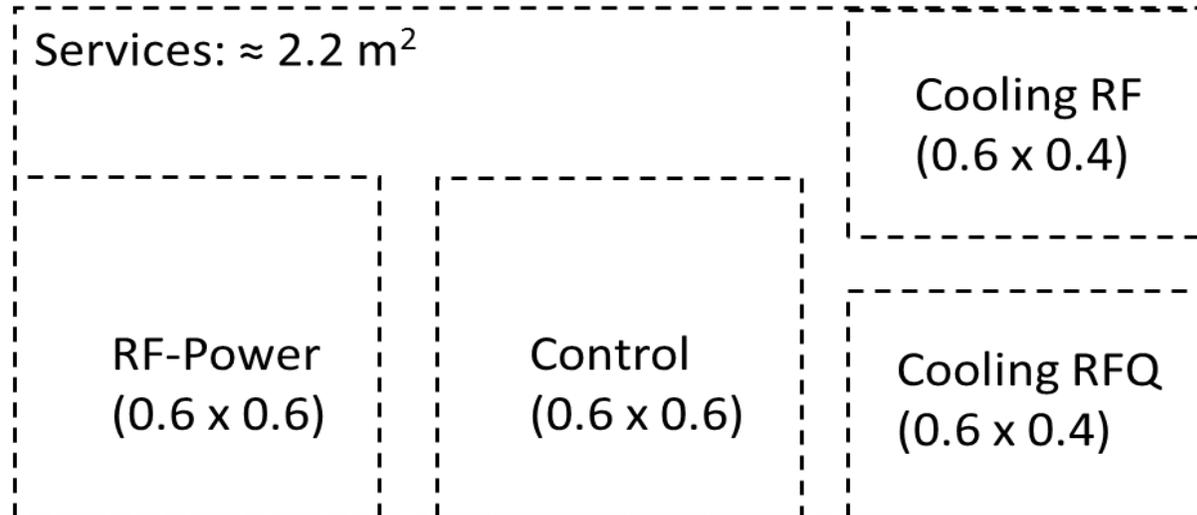
The estimated weights:

LEBT:	27 kg
PIXE-RFQ:	130 kg
HEBT:	10 kg
RF power supply:	240 kg
Cooling units:	110 kg
Control system:	60 kg
Supporting structure:	20 kg

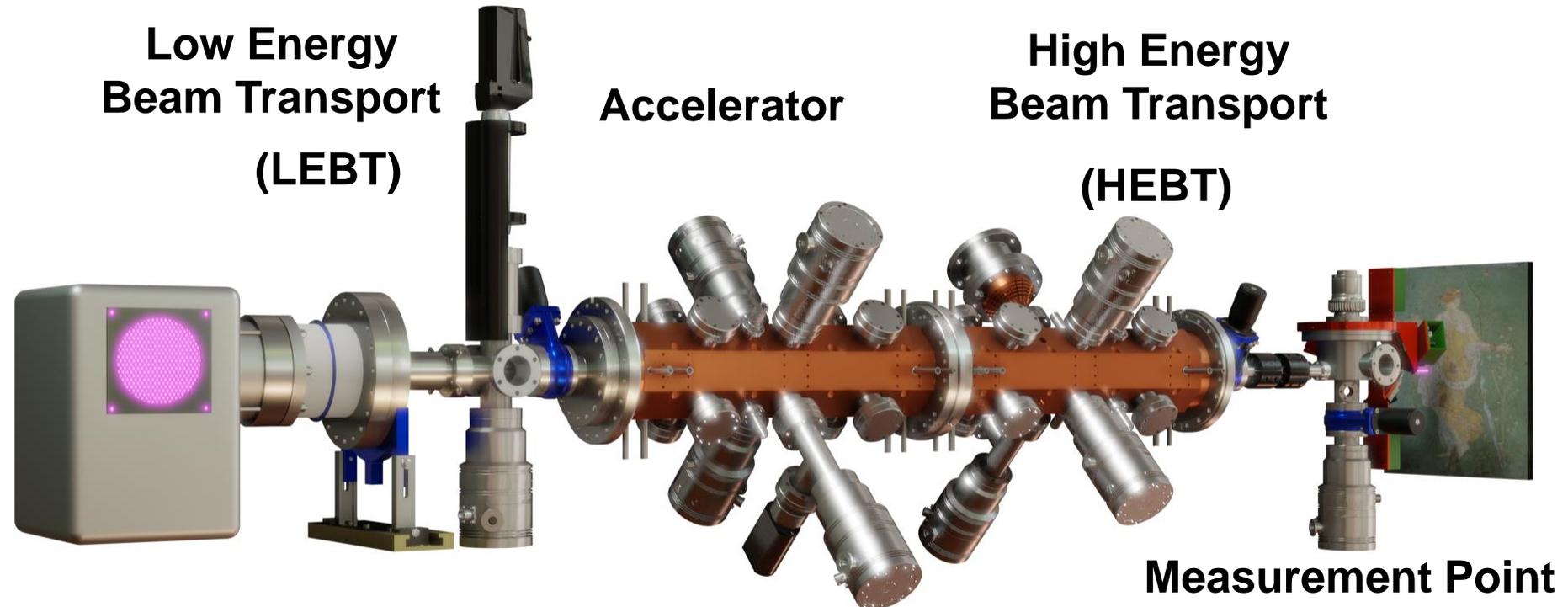
Total expected ~ 600 kg distributed in separated modules



MACHINA footprint



Accelerator: $\approx 2.35 \times 0.6 = 1.4 \text{ m}^2$



- LEBT
- Accelerator
- HEBT
- Measurement point

- Power supplies
- Vacuum systems
- MACHINA Control system
- Interlocks handling
- Radio safety
- Cooling systems

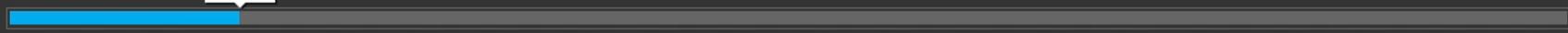


Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

MACHINA: come sarà



00:10



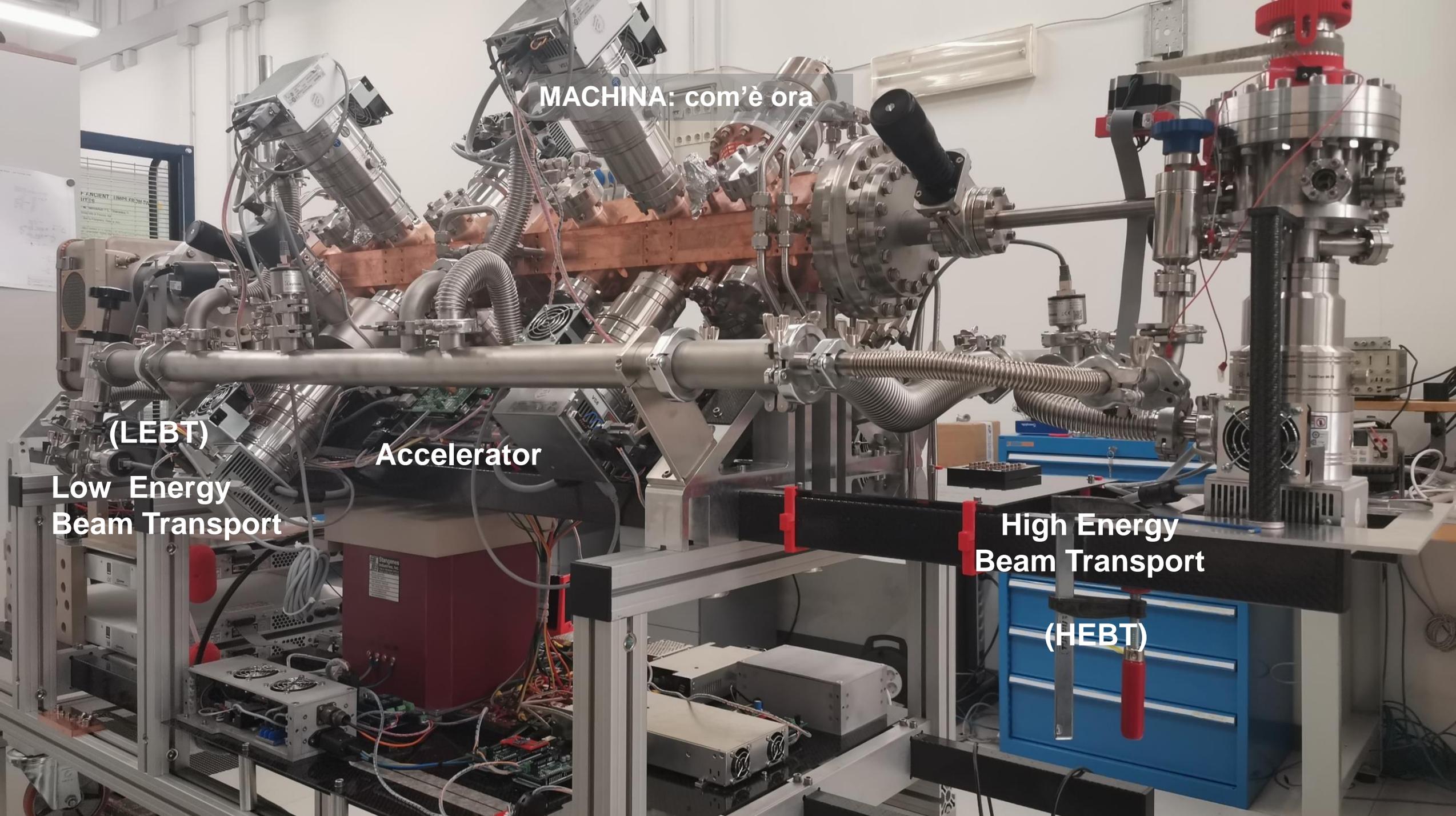
MACHINA: com'è ora

(LEBT)
Low Energy
Beam Transport

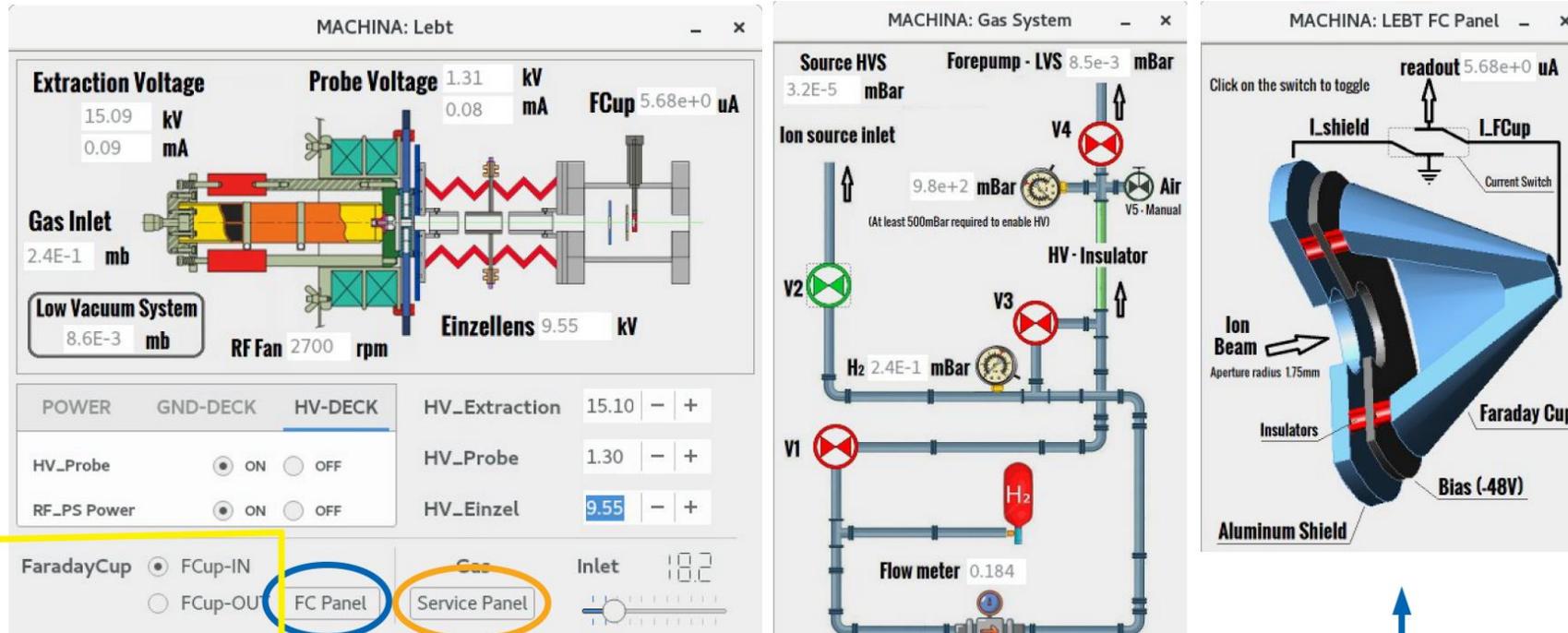
Accelerator

High Energy
Beam Transport

(HEBT)



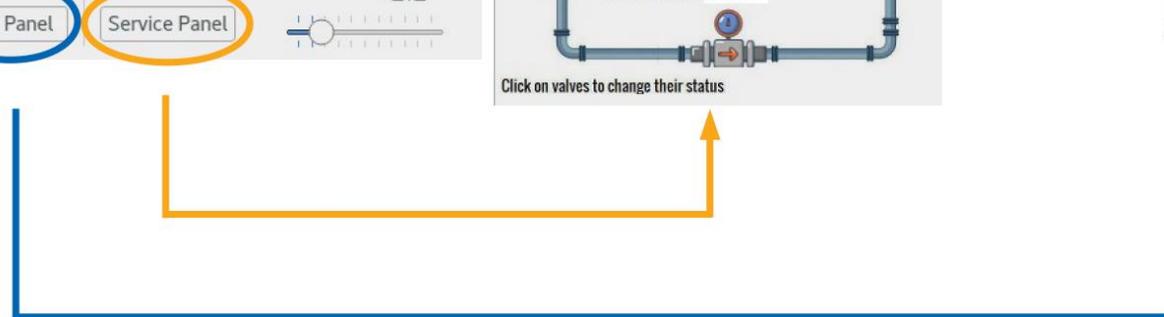
CONTROL PANEL



The control panel consists of three main windows:

- MACHINA: Lebt**: Shows system parameters such as Extraction Voltage (15.09 kV), Probe Voltage (1.31 kV), Gas Inlet (2.4E-1 mb), and Low Vacuum System (8.6E-3 mb). It includes a schematic of the ion source and various control buttons for power and HV-deck settings.
- MACHINA: Gas System**: Displays a schematic of the gas system with valves (V1-V5) and pressure gauges for Source HVS (3.2E-5 mBar), Forepump - LVS (8.5e-3 mBar), and H2 (2.4E-1 mBar). It includes a flow meter reading of 0.184.
- MACHINA: LEBT FC Panel**: Shows a schematic of the Faraday Cup assembly with an Ion Beam, Aluminum Shield, Insulators, and Bias (-48V). It includes a readout of 5.68e+0 uA and a current switch.

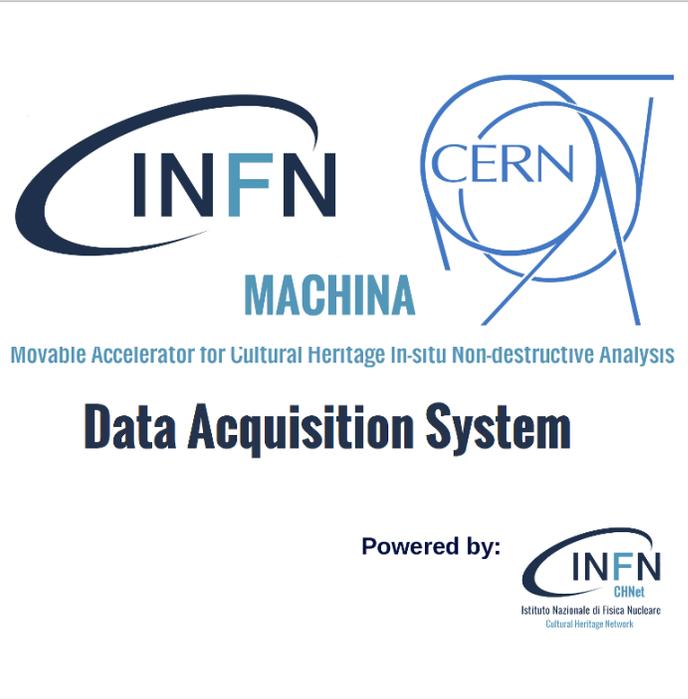
At the bottom of the 'MACHINA: Lebt' window, there are two panels highlighted with colored circles: a blue circle around the 'FC Panel' button and an orange circle around the 'Service Panel' button. A yellow box highlights a photograph of the physical hardware components.



DAQ & ANALYSIS SYSTEM

MACHINA: DAQ System
- x

File Show Map Acquisition Spectrum 3D Spectrum PyMca Tools HowTo



MACHINA
Movable Accelerator for Cultural Heritage In-situ Non-destructive Analysis
Data Acquisition System

Powered by: 

DAQ Settings

USB-link
 Optical-link

HW DAQ <>

Digitizer
Detector
SW_threshold

port not assigned
port not assigned
port not assigned

Export Map

TTY_Z Move_Z ACM Autofocus

/dev/ttyUSB - +

Assign port Z

-- select motc v Z Init

INIT Z STOP

Z_Speed (mm/s) - +

Step Z (mm) - +

Z - position:

Z-axis linear stage absolute position

TTY_XY Init Move_XY Scan

X Motor

Assign port X - +

Y Motor

Assign port Y - +

XY_Speed (mm/s) - +

Step X (mm) - +

Step Y (mm) - +

X - position:

Y - position:

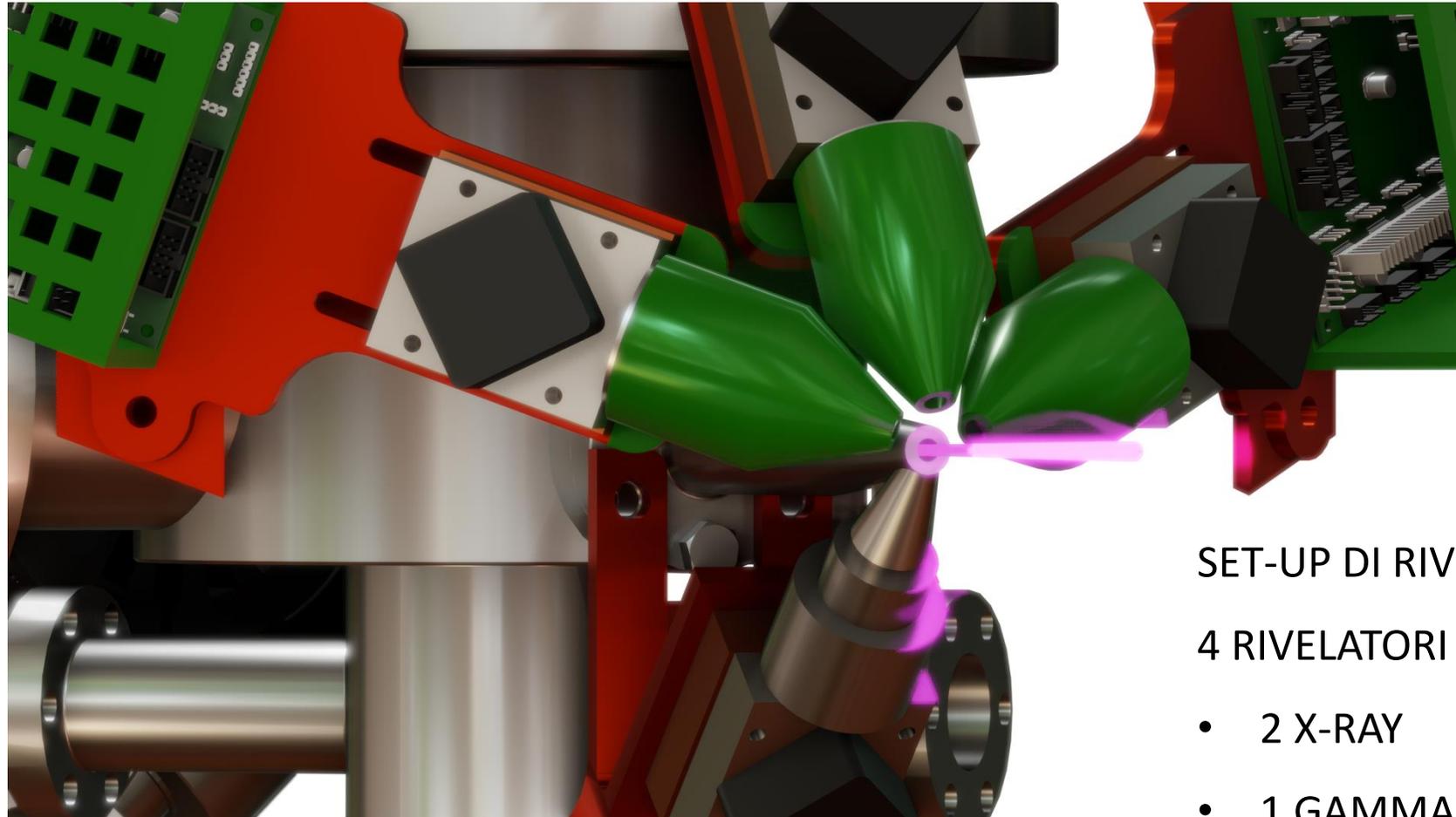
Ready

Camera

Laser

Helium

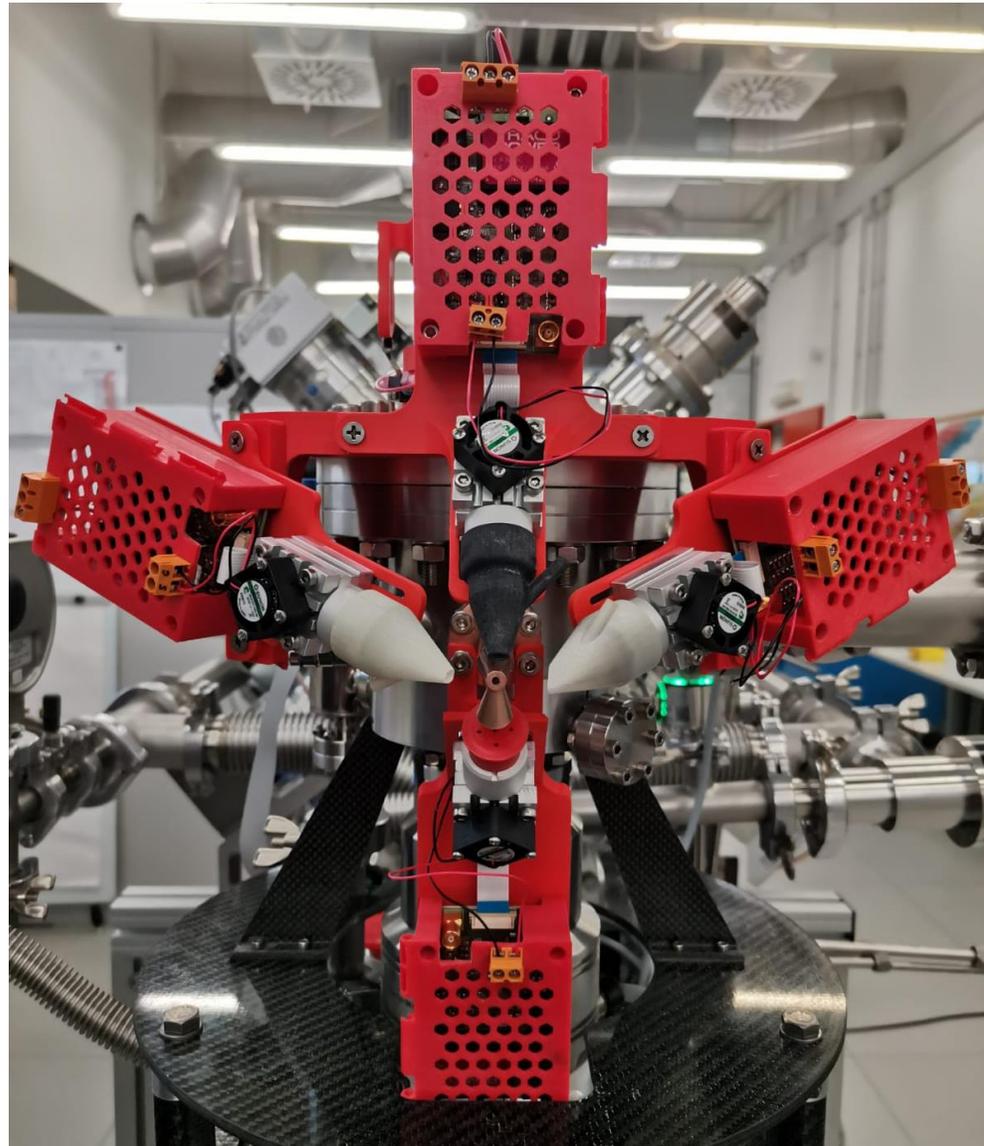
Flux (0-100)%



SET-UP DI RIVELAZIONE

4 RIVELATORI INTEGRATI:

- 2 X-RAY
- 1 GAMMA-RAY
- 1 BEAM INTENSITY DETECTOR



SET-UP DI RIVELAZIONE

4 RIVELATORI INTEGRATI:

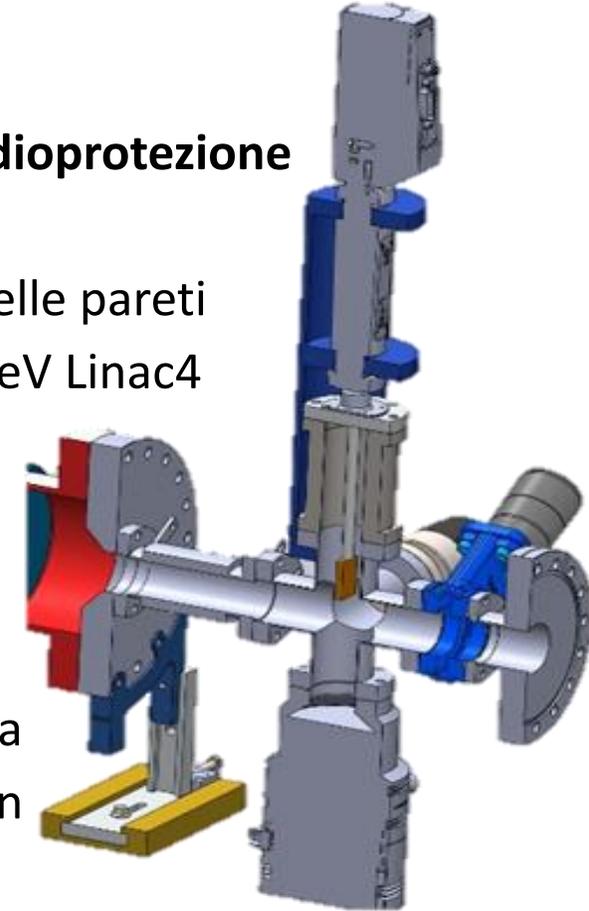
- 2 X-RAY
- 1 GAMMA-RAY
- 1 BEAM INTENSITY DETECTOR

RADIOSAFETY

MACHINA è intrinsecamente sicuro dal punto di vista della radioprotezione

SORGENTE: HV 20 kV, X-rays assorbiti nelle pareti

- **RFQ accelerator:** X-rays e protoni completamente assorbiti nelle pareti delle cavità acceleratrici. Non c'è produzione di neutroni (3 MeV Linac4 RFQ ha mostrato produzione di radiazione solo al bersaglio)
- **HEBT:** no attivazione e produzione di radiazione trascurabile
- **BERSAGLIO:** fascio automaticamente stoppato alla sorgente al superamento della soglia di radiazione
- **OBBIETTIVO:** seguendo la legislazione specifica della radioprotezione, classificare **MACHINA** per consentirne un **uso libero**
- **CERN:** una replica di MACHINA sarà installata in una sala aperta al pubblico per le manifestazioni. L'unica restrizione è mantenere una distanza minima tra il pubblico e il punto di impatto del fascio sul bersaglio





About NTU

Home **About NTU**

Share

About NTU



President's Message



NTU 2025

President's Message

Corporate Information

NTU 2025

Organisation

University Publications

Giving

Career

Visiting NTU

Contact Us



School of Art, Design and Media
College of Humanities, Arts, and Social Sciences



A SPECIAL EVENT OF THE SINGAPORE HERITAGE SCIENCE CONFERENCES

Monday 15 April 2019, 5.00pm – 7.00pm
ADM Auditorium, Level 2

Art meets Physics

A Tribute to Leonardo da Vinci (15 April 1452 – 2 May 1519)

Programme

- 1630-1650 Registration and arrival of guests
- 1655 All to be seated
- 1700-1705 Welcome by Associate Chair (Research), ADM
Associate Professor Andrea Nanetti
- 1705-1710 Address by H.E. Ambassador of Italy to Singapore, **Raffaello Langella**
- 1710-1720 Address by Associate Vice President (Infrastructure & Programmes) Nanyang Technological University, **Professor Tim White**
- 1720-1750 Talk by **Dr Vania Virgili** (Italian Institute of Nuclear Physics)
- 1750-1820 Talk by **Dr Agnieszka Banas** (Singapore Synchrotron Light Source)
- 1820-1850 Q&A moderated by **Professor Tim White**
- 1850-1900 Closing remarks by **Dr Nicela Bianchi**, Scientific Attaché, Embassy of Italy to Singapore
- 1900 End of Event

RSVP

Please RSVP to the link below:
https://wis.ntu.edu.sg/pls/webexx/REGISTER_NTU.REGISTERYEVENT_ID=0A19043110445957

ORGANIZED BY

LIBER (Laboratory for Interdisciplinary Bookish and Experimental Research) at NTU Singapore School of Art, Design and Media.

IN COLLABORATION WITH
The Embassy of Italy to Singapore on the occasion of the "Italian Research in the World Day"

COVER IMAGE CREDITS

© The Opificio delle Pietre Dure Archives, Florence, Italy
Photograph of the restoration of the Holy by Leonardo da Vinci
taken during the diagnostic analyses performed by the Chief
at the Opificio delle Pietre Dure Restoration Laboratory.





ELISA: un nuovo MACHINA è in allestimento al CERN

*A nome di tutta la
collaborazione MACHINA,
grazie
della vostra attenzione!*