

L'INFN Cagliari

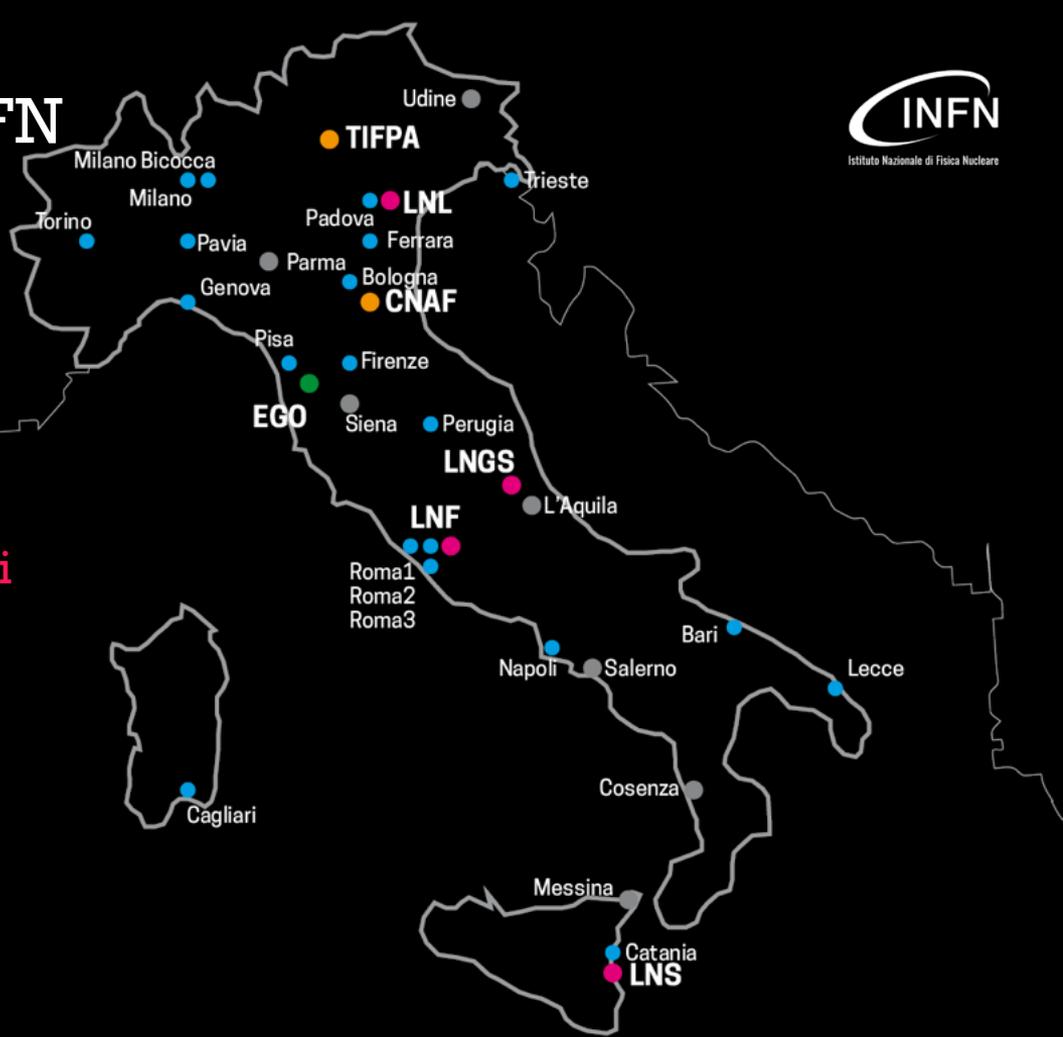
Il progetto Einstein Telescope

Alessandro Cardini
INFN Cagliari



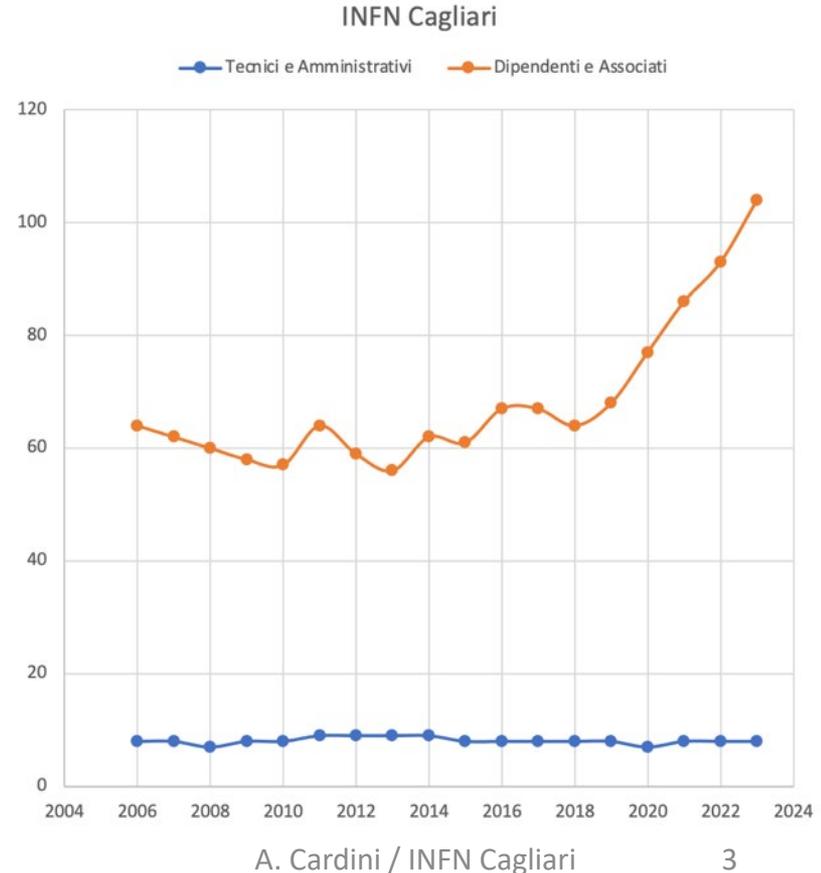
Le strutture di ricerca INFN in Italia

- 4 Laboratori Nazionali
- 2 Centri Nazionali
- 20 sezioni
- 6 gruppi collegati
- 1 consorzio internazionale



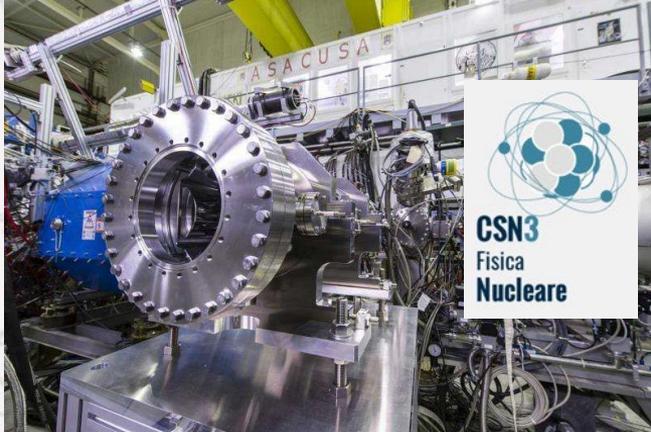
La Sezione INFN di Cagliari

- Fondata nel 1989
- Importante e costante crescita del personale dal 2015
- Principali attività sperimentali: LHCb, ALICE, Darkside, ARIA, ET+VIRGO, attività teoriche (QCD, spin e gravità) e tecnologiche (sviluppo rivelatori ed elettronica, fisica medica)
- Oggi: 30 dipendenti e O(100) associati
 - 10 ricercatori
 - 9 tecnologi
 - 6 Collaboratori tecnici
 - 5 amministrativi

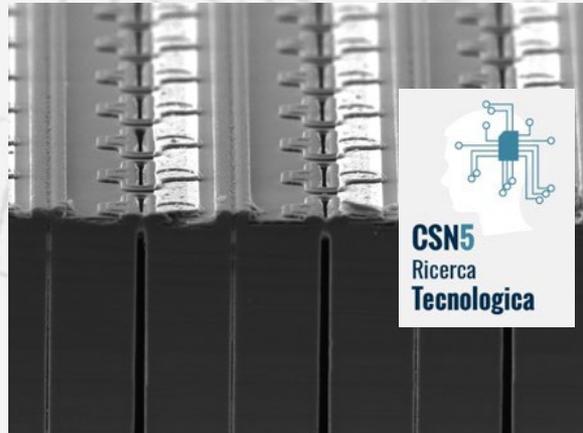




CSN1
Fisica delle
Particelle



CSN3
Fisica
Nucleare



CSN5
Ricerca
Tecnologica



CSN2
Fisica delle
Astroparticelle

INFN Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

$$U = Mgh = Mg \sin \alpha \frac{dw}{d\varphi} = -\frac{1}{r^2} \frac{dw}{d\varphi}$$

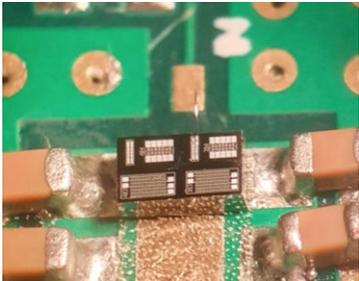
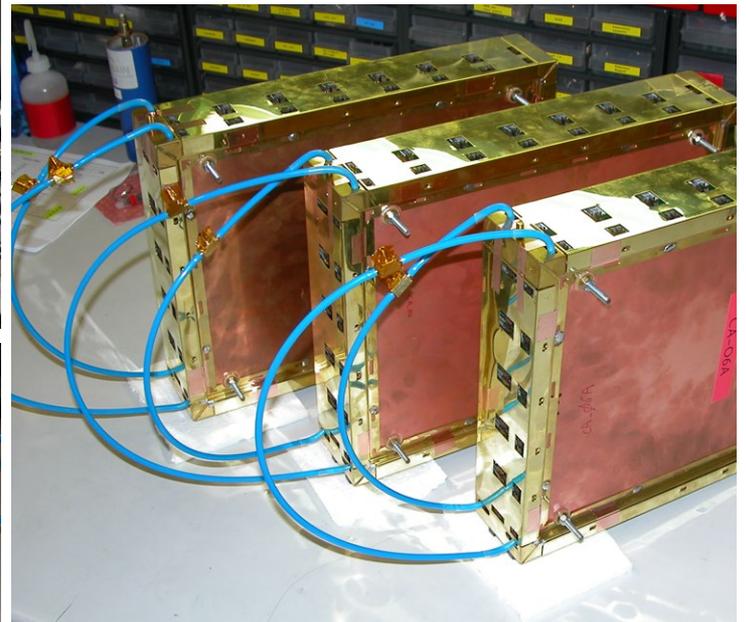
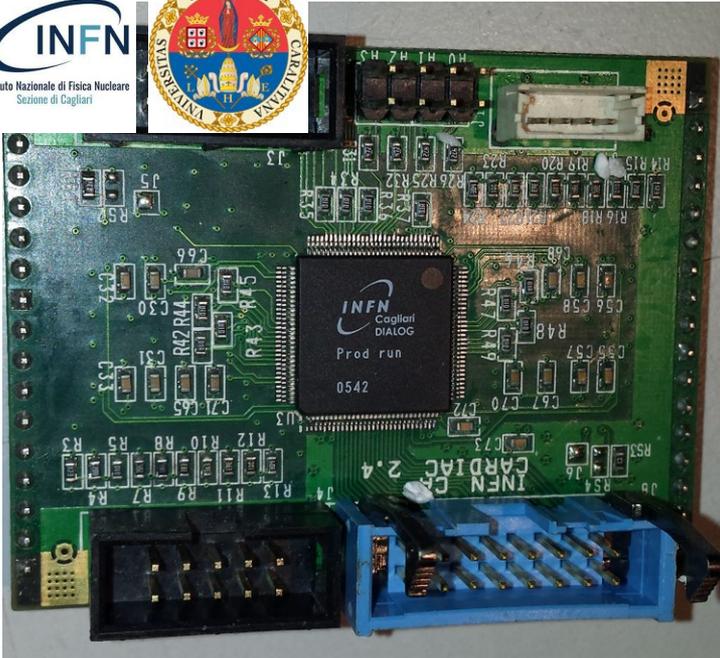
$$k = \frac{1}{2} M v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \quad \frac{d'v}{dt} = -\frac{1}{r^2} \left(\frac{3}{4}\right) \frac{d'w}{d\varphi} \Rightarrow \frac{d'w}{d\varphi} = -\frac{4}{3} \frac{d'v}{dt}$$

$$\frac{1}{1F} S = N \Rightarrow \left(\frac{dS}{dt}\right) = \frac{dS}{dt} \frac{1}{1F} \frac{1}{\omega} \Rightarrow \frac{d'w}{d\varphi} = -\frac{4}{3} \frac{d'v}{dt}$$

CSN4
Theoretical
physics

LHCb @ CERN





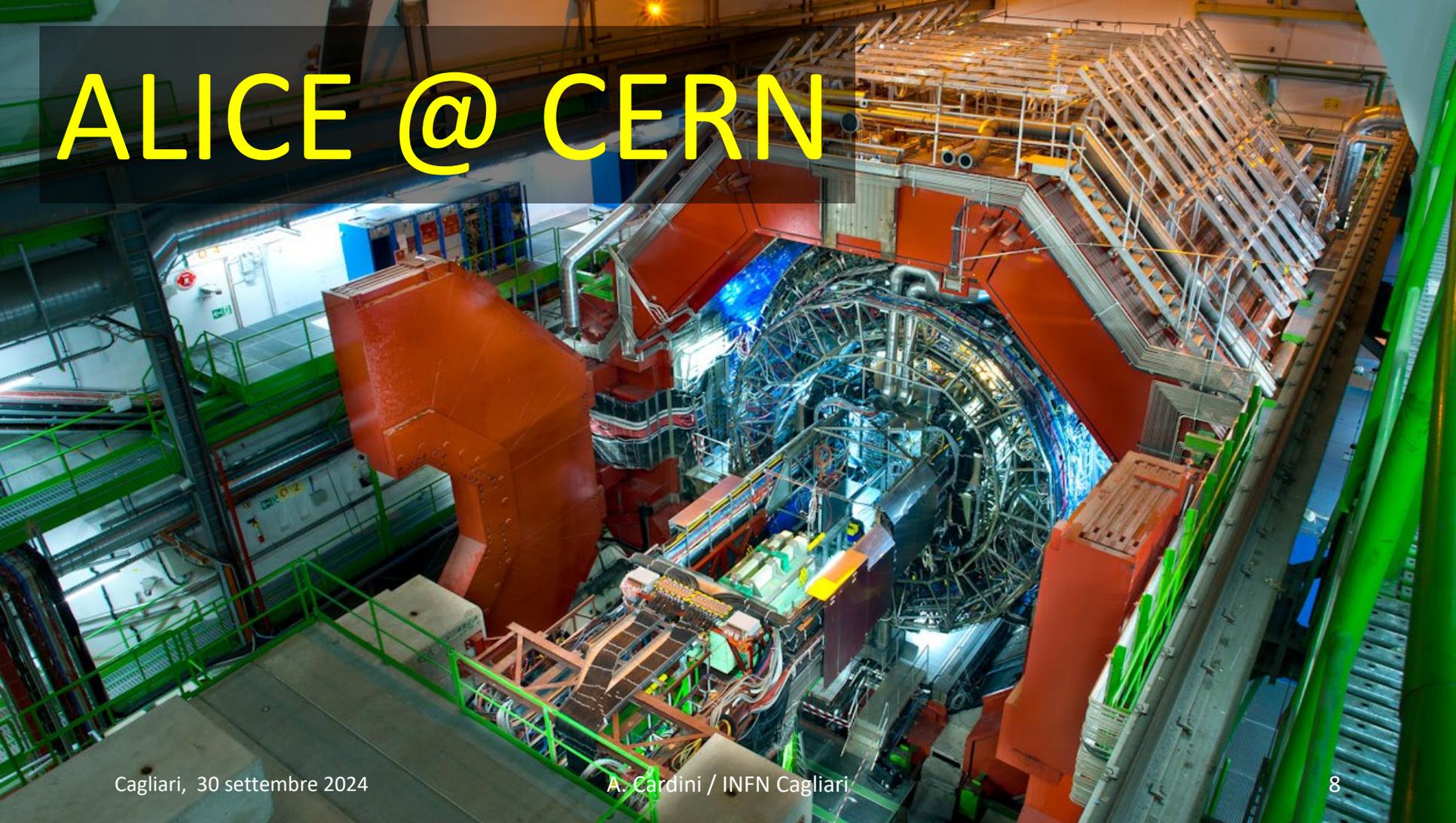
LHCb Muon System



Cagliari, 30 settembre 2024

A. Cardini / INFN Cagliari

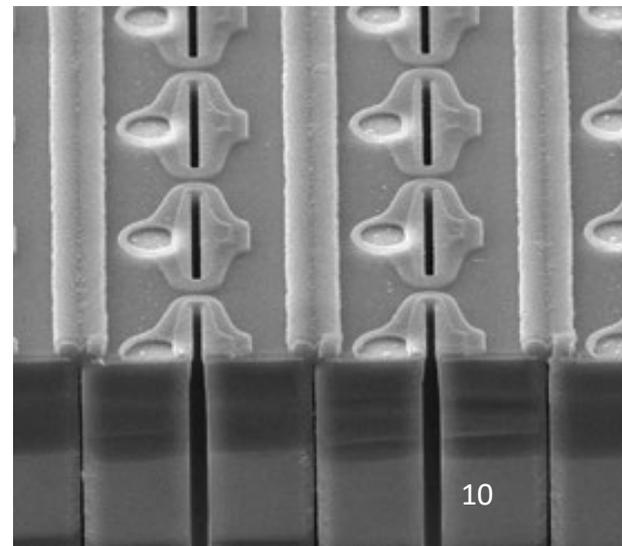
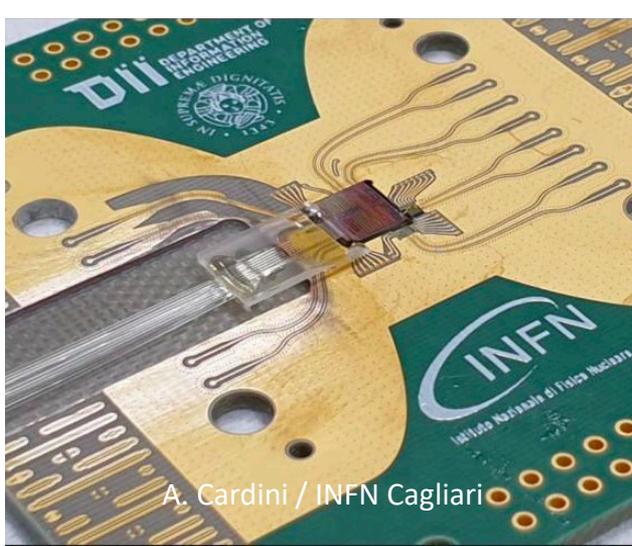
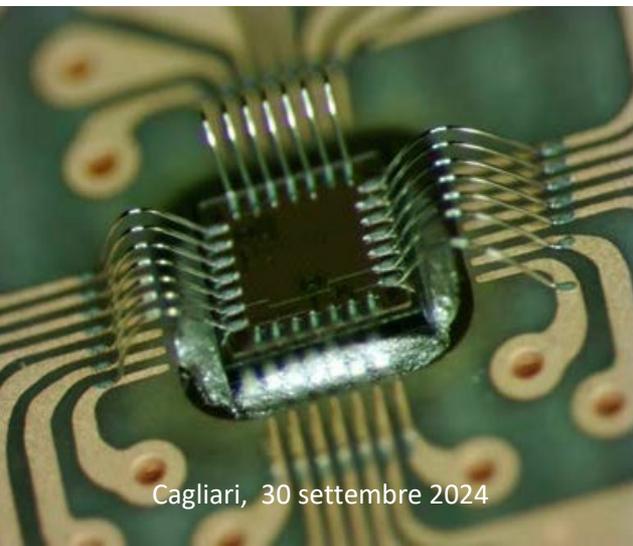
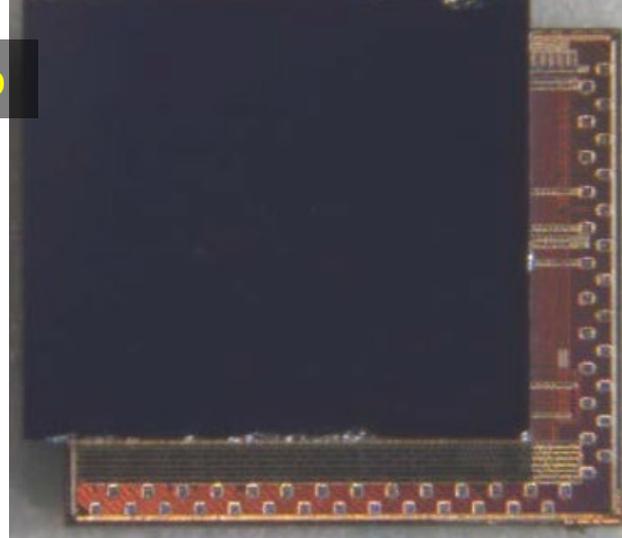
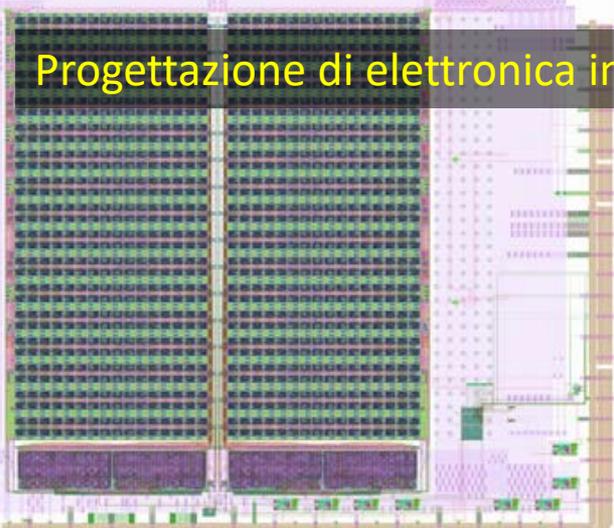
ALICE @ CERN



ALICE Muon Arm Chambers



Progettazione di elettronica integrate e nuovi rivelatori al silicio



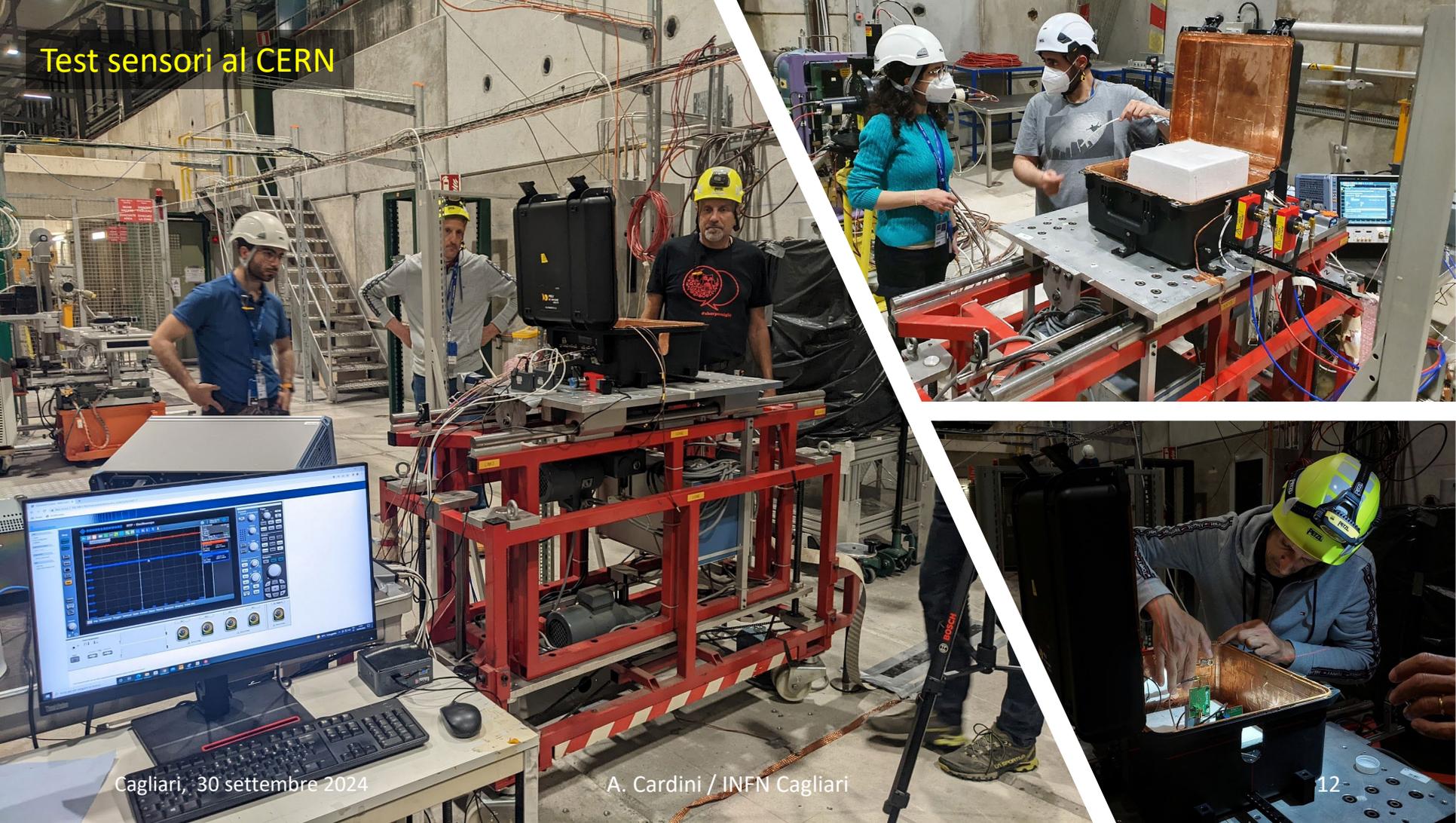
Cagliari, 30 settembre 2024

A. Cardini / INFN Cagliari

Laboratorio test sensori @ Cagliari

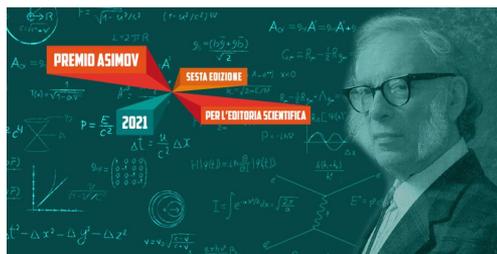


Test sensori al CERN



Cagliari, 30 settembre 2024

A. Cardini / INFN Cagliari



INFN CERN
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

+ BARI
+ CAGLIARI
+ FRASCATI
+ GENOVA
+ LECCE
+ NAPOLI
+ MILANO
+ PADOVA
+ PISA
+ POTENZA
+ ROMA
+ TORINO
+ VENEZIA

3^a edizione NOV 2020 MAG 2022

Colori e immagini della Scienza
L'arte della ricerca scientifica

➔ **Nuoro** 15 feb / 26 feb 2022
Mar 10.00-13.00 // Mer, Gio, Ven 17.00-19.00
Sab e dom da 1h prima a 1h dopo le proiezioni
TEN - Teatro Eliseo Nuoro via Roma 73 **INGRESSO LIBERO**

Informazioni

<https://artandscience.inf.it>
[facebook.com/artandscienceinstituti/](https://www.facebook.com/artandscienceinstituti/)



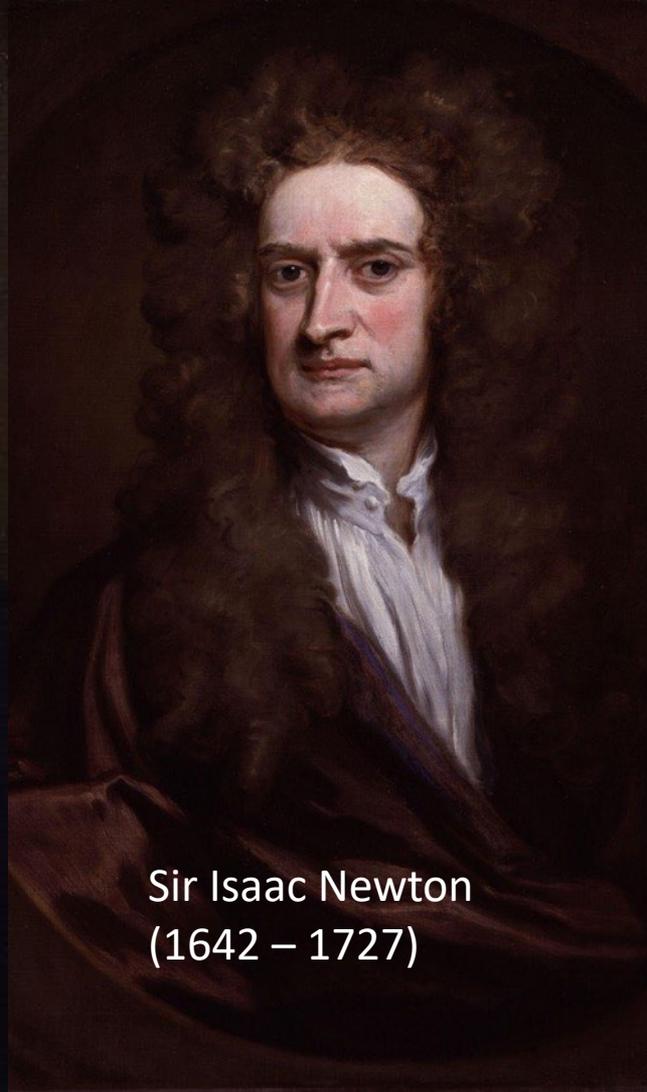


Tanto tempo fa, in una galassia
lontana lontana...

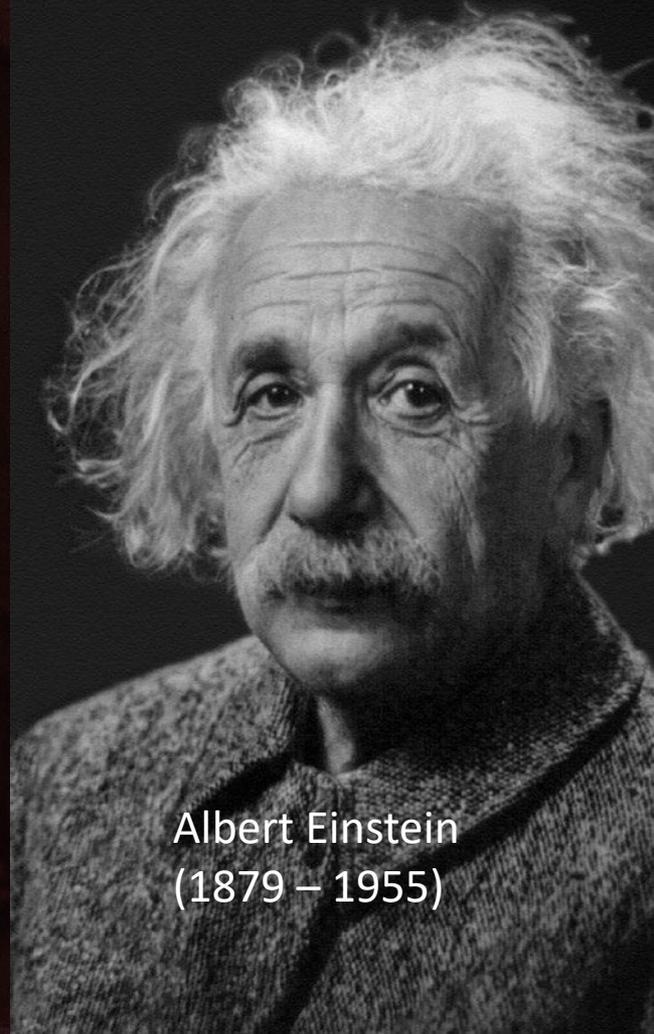




Galileo Galilei
(1564 - 1642)



Sir Isaac Newton
(1642 – 1727)



Albert Einstein
(1879 – 1955)

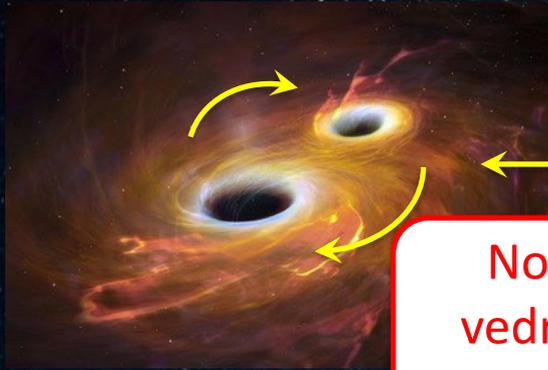
Lo spazio dice alla materia come muoversi...

... e la materia dice allo spazio come curvarsi



Le onde gravitazionali

- Increspature dello spazio-tempo
- Si propagano come onde in tutte le direzioni e alla velocità della luce
- Le sorgenti più intense: cataclismi cosmici come la **collisione di due buchi neri** o di **stelle di neutroni** e le **supernove**, e lo stesso Big Bang
- Quanto sono intense? Come possiamo osservarle?

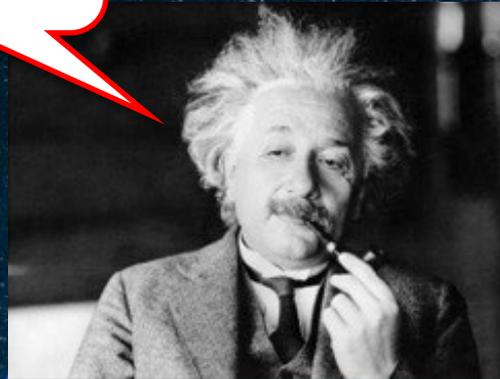


50 milioni di anni luce



Non le
vedremo
mai!

2 buchi neri
1.4 masse solari
20 km di distanza

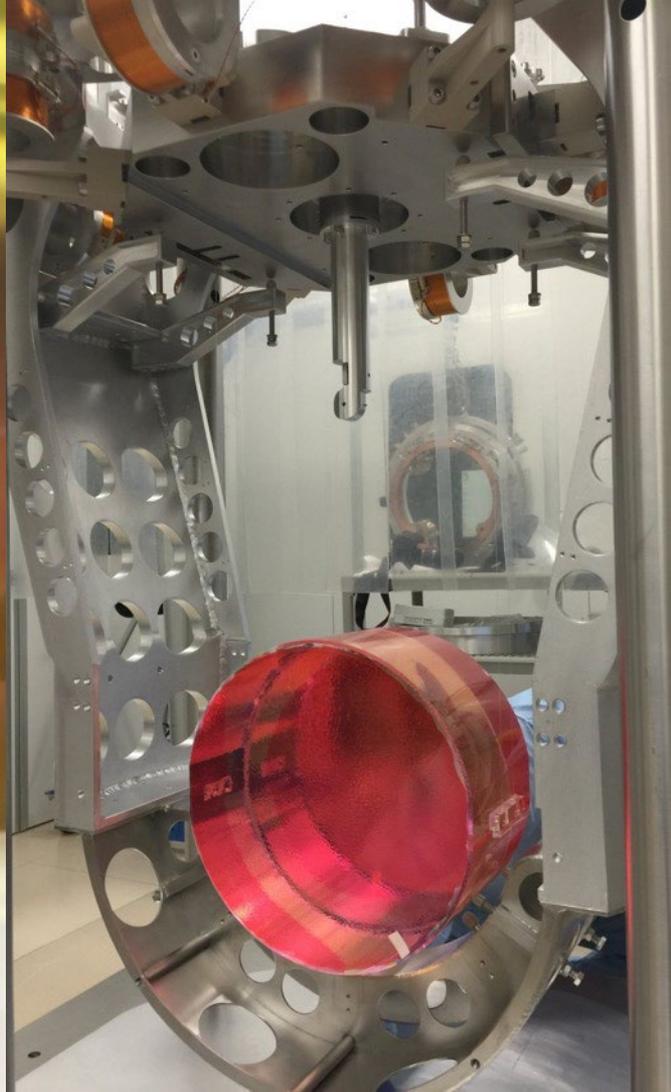
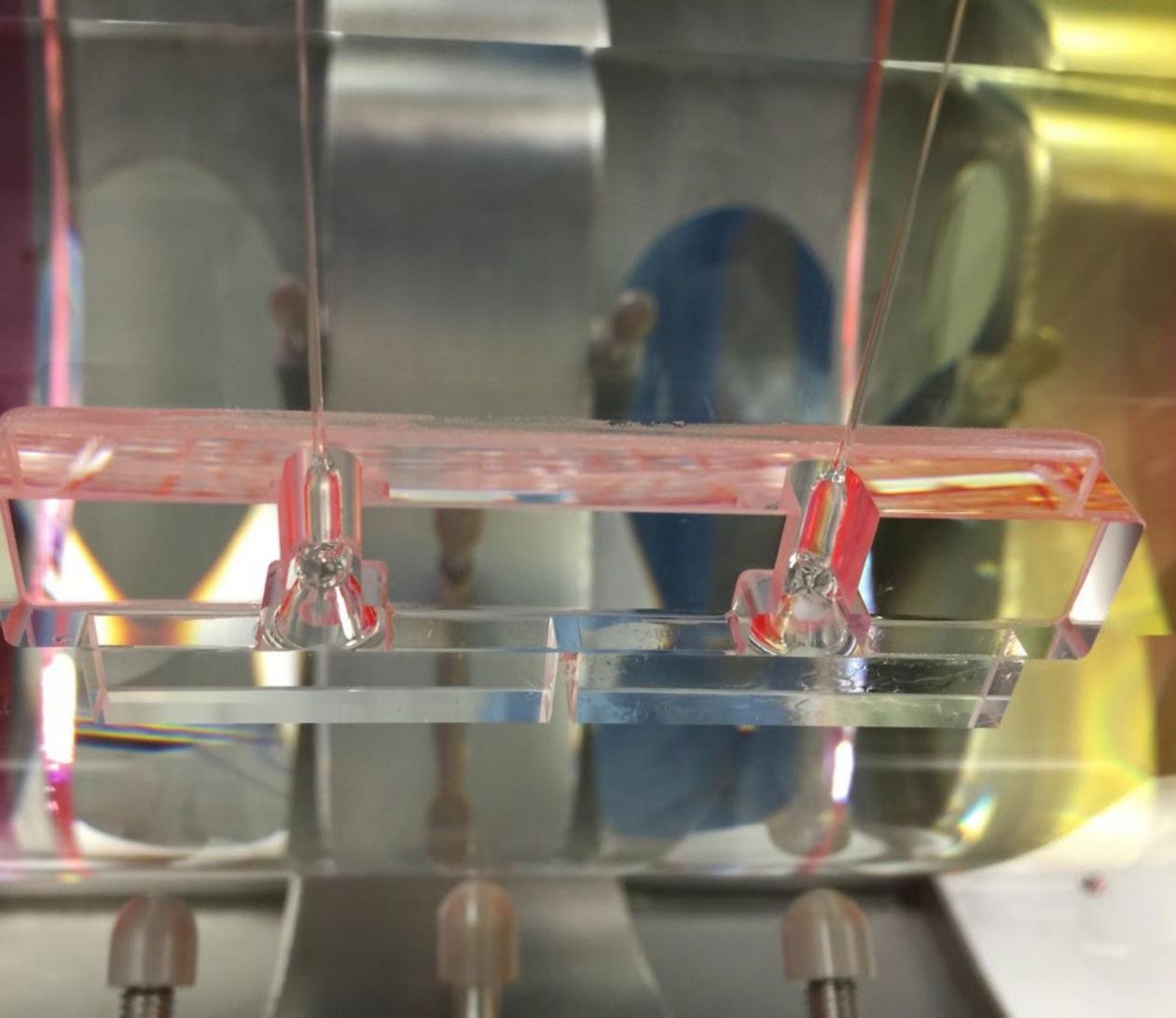


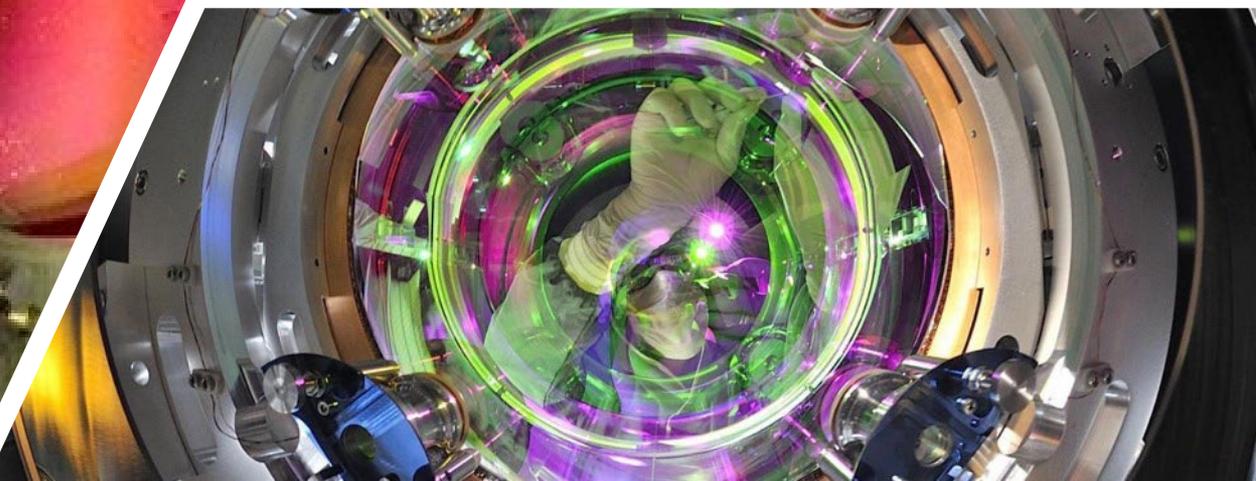
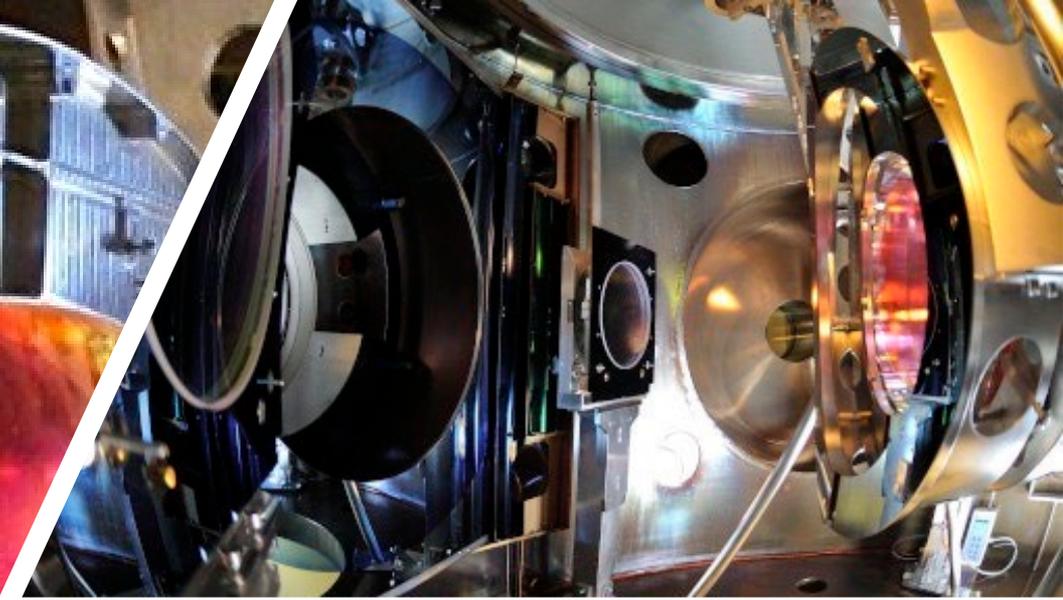
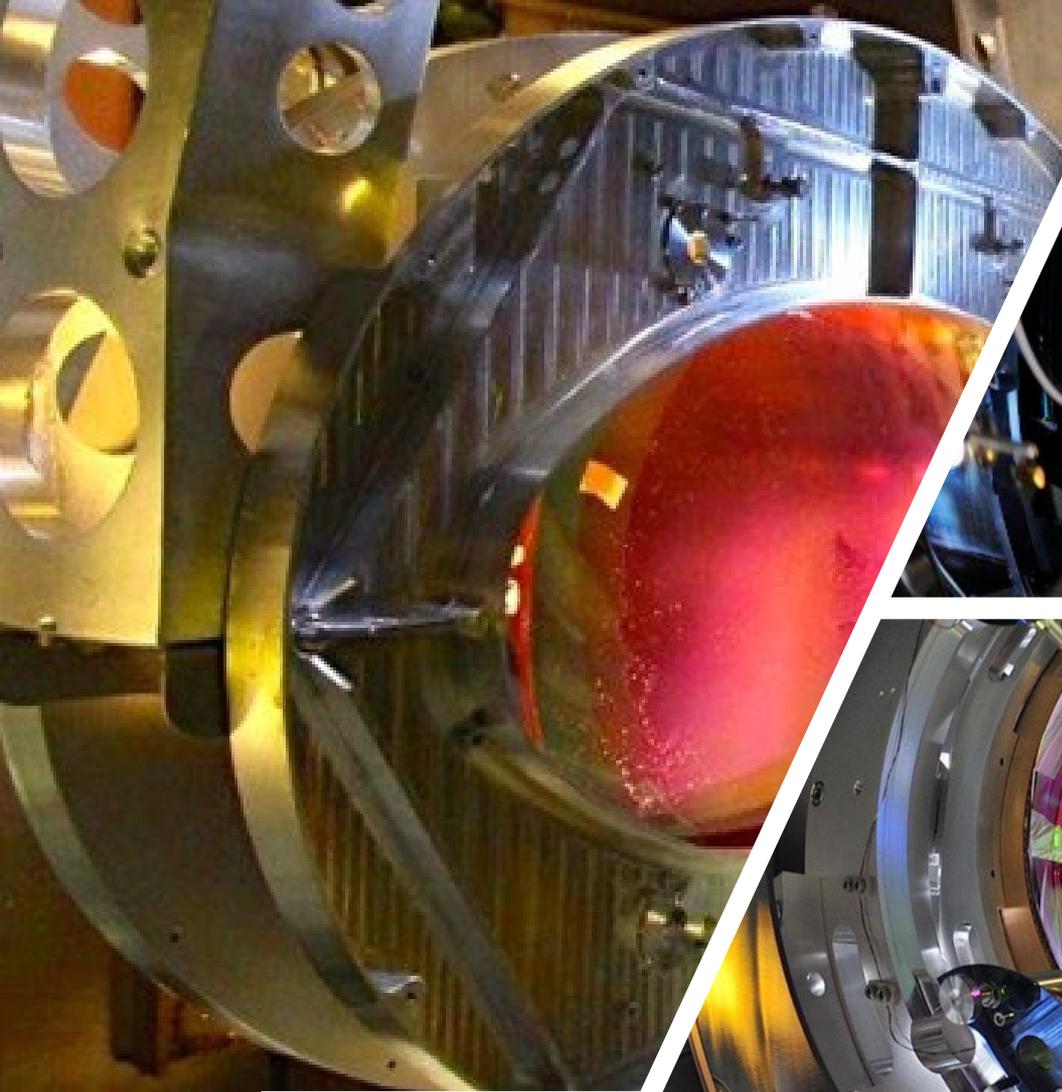
Prendendo come riferimento una distanza di **10 km**, questa varia di **dieci miliardesimi di miliardesimo di metro** al passaggio dell'onda





 VIRGO





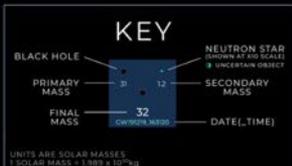
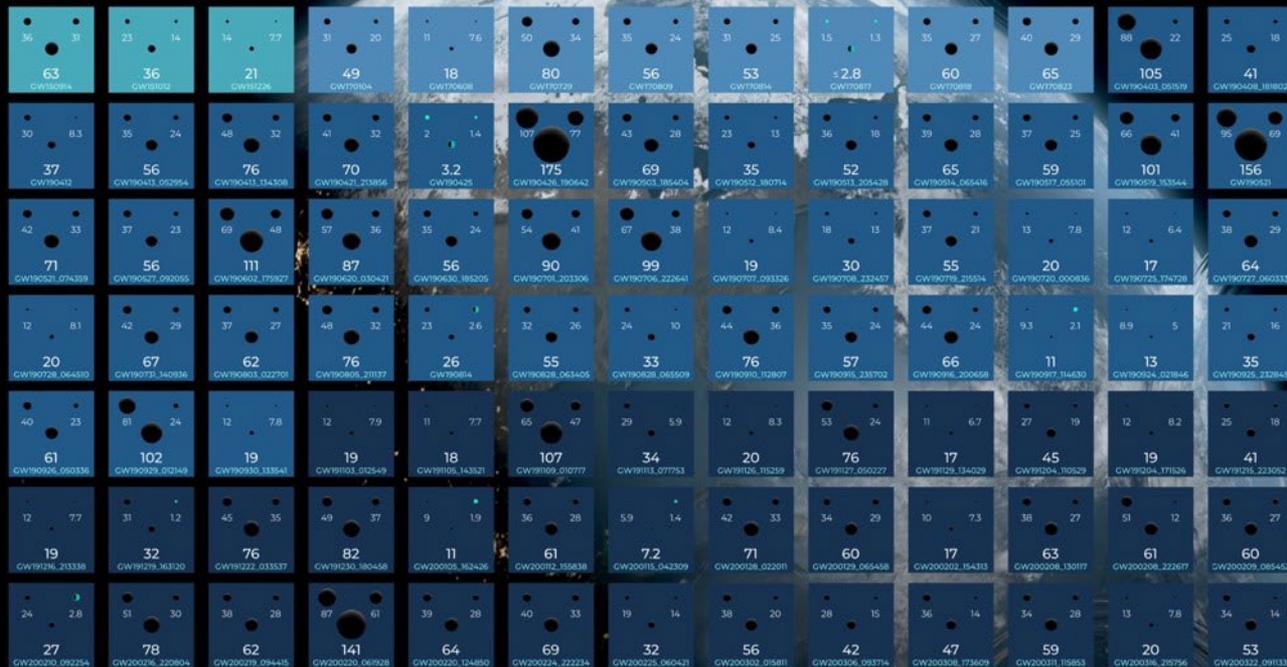




OBSERVING
RUN
01
2015 - 2016

02
2016 - 2017

03a+b
2019 - 2020



UNITS ARE SOLAR MASSES
1 SOLAR MASS = 1.989×10^{30} kg

Some of the data shown above have not yet been peer-reviewed, and it is possible that some of the data shown here may change in the future.

The images shown here are for illustrative purposes only. They do not show a complete picture of the event.

The image shown here is for illustrative purposes only. It is not a photograph.

GRAVITATIONAL WAVE MERGER DETECTIONS

SINCE 2015

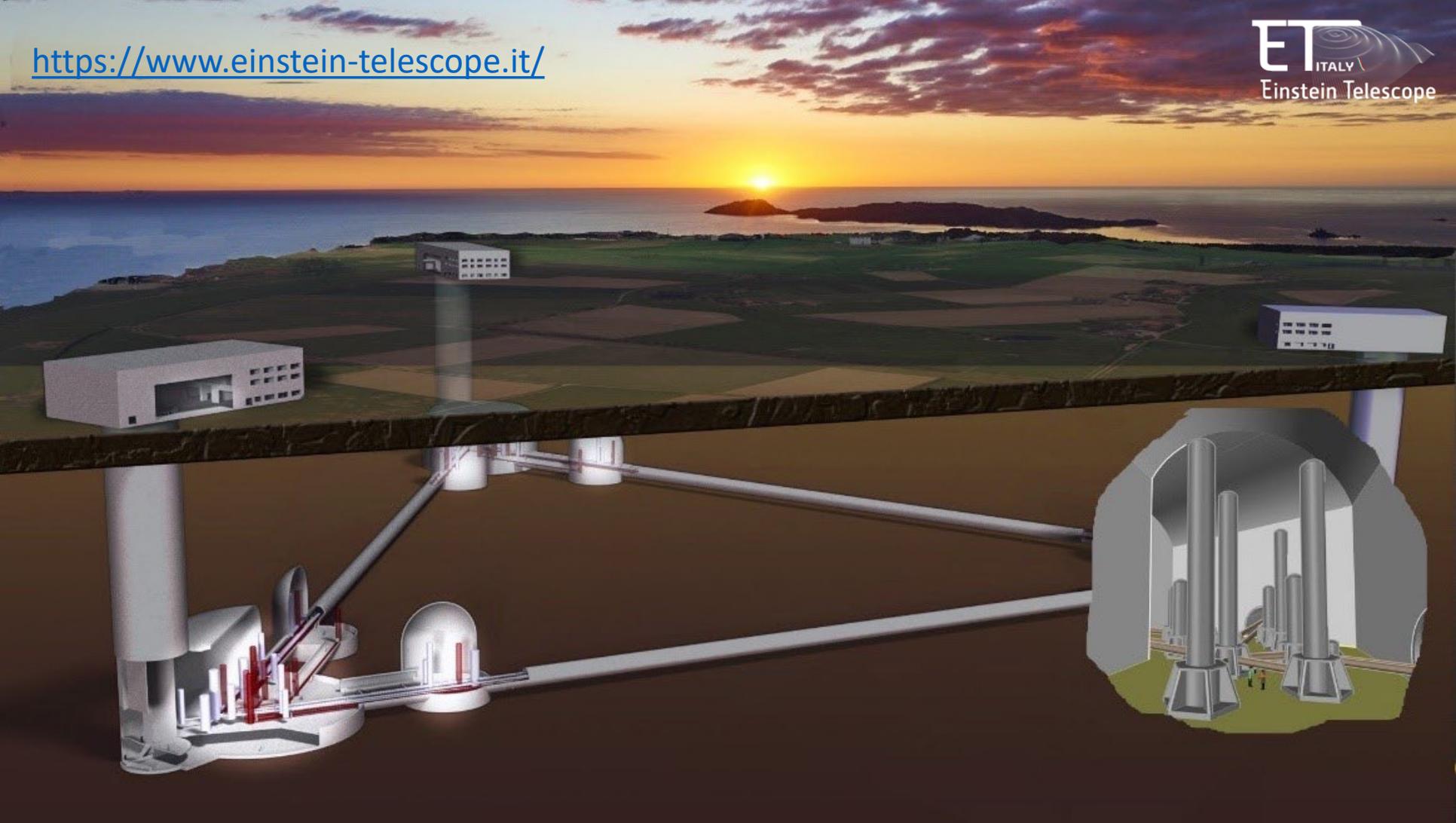


AM Center of Excellence for Gravitational Wave Discovery

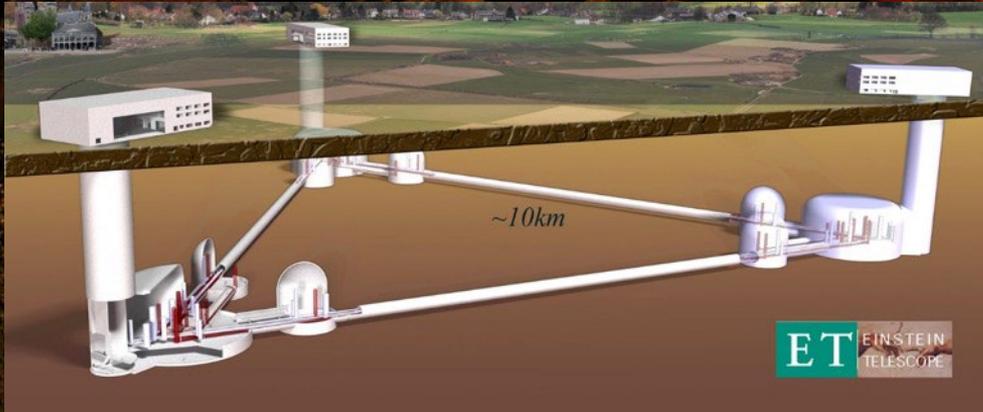
<https://www.ligo.caltech.edu/image/ligo20211107b>



<https://www.einstein-telescope.it/>



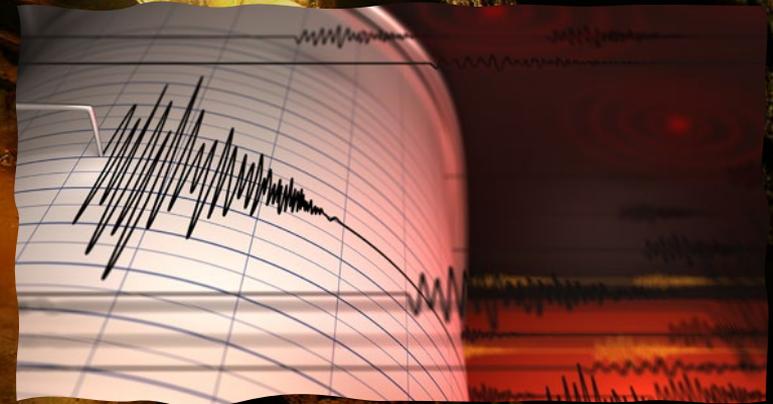
Più grande e sottoterra



Il rumore indotto dalle vibrazioni è il limite principale a bassa frequenza:

ET dovrà essere costruito sottoterra a circa 100m

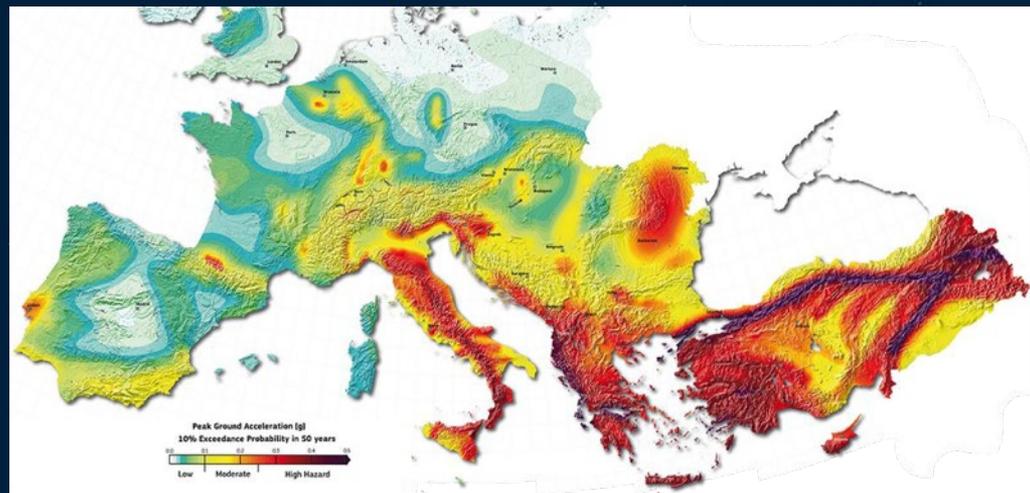
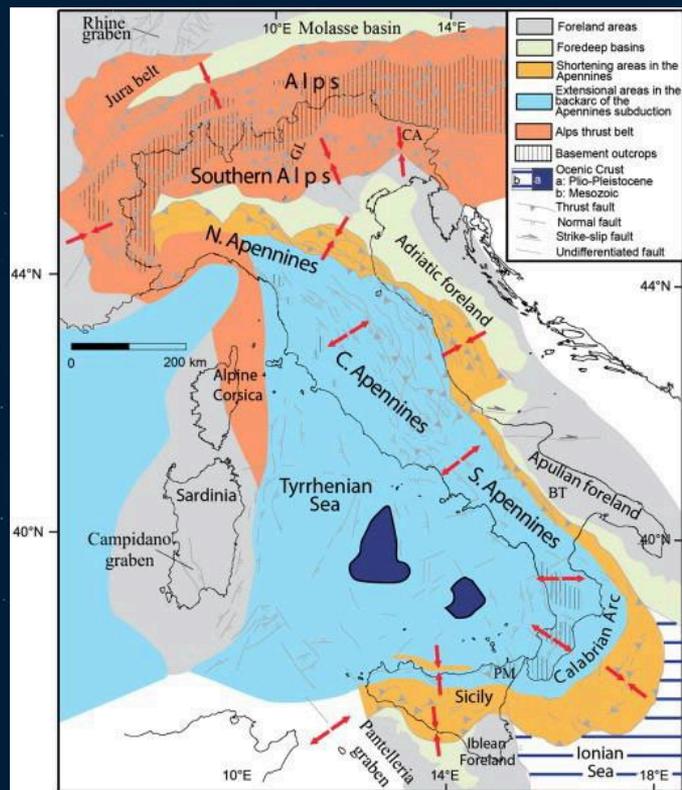
Più grande significa più sensibile:
→ da 3 km (VIRGO) a 10 km (ET)



I siti candidati



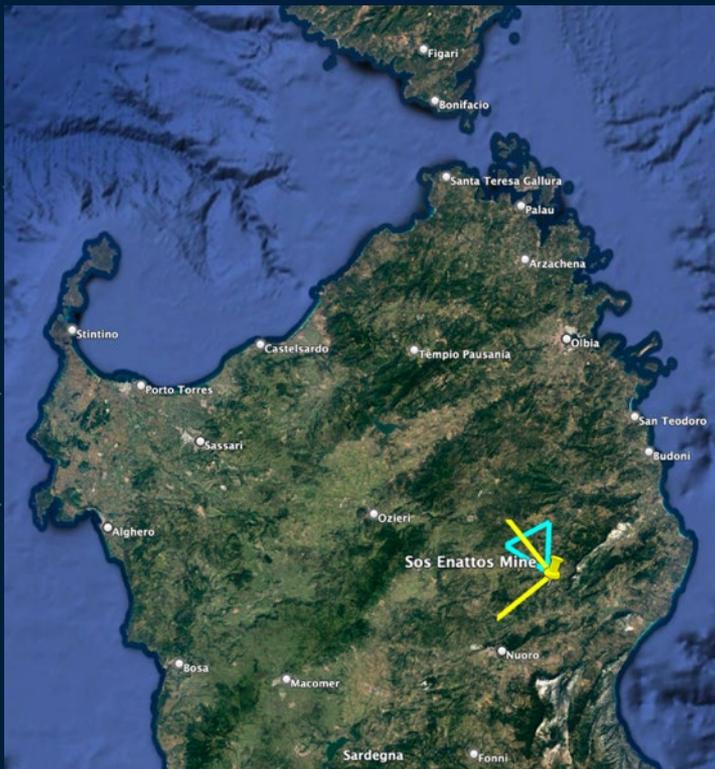
La geologia della Sardegna



Il blocco sardo-corso, lontano da faglie attive, è molto stabile

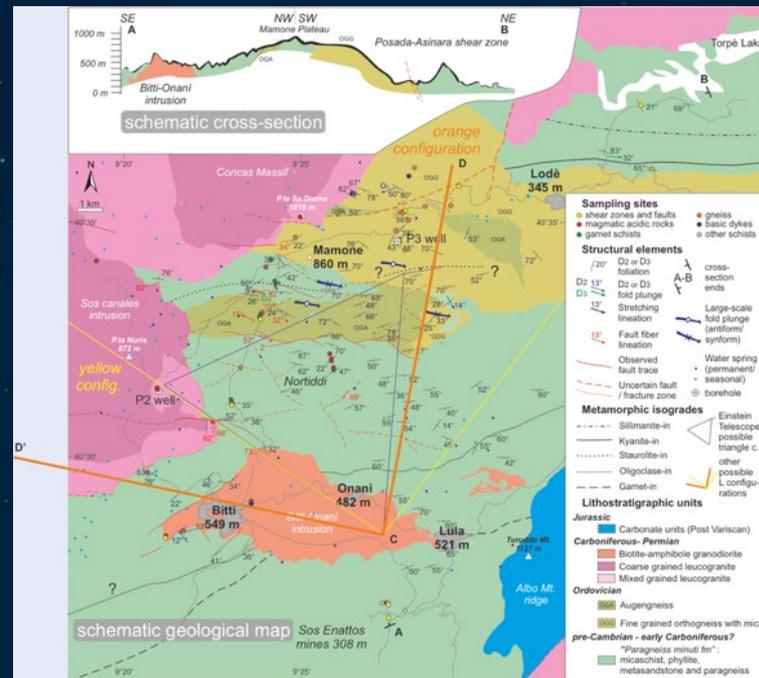
- bassissima sismicità
- bassissime deformazioni

Il sito sardo



Barbagia,
vicino a Lula
e alla
miniera di
Sos Enattos

Ottima
qualità della
roccia



La miniera di Sos Enattos



Ex-miniera di piombo e zinco

I primi studi sismici risalgono al 2010-14

Caratterizzazione avanzata dal 2019



Le stazioni di misura

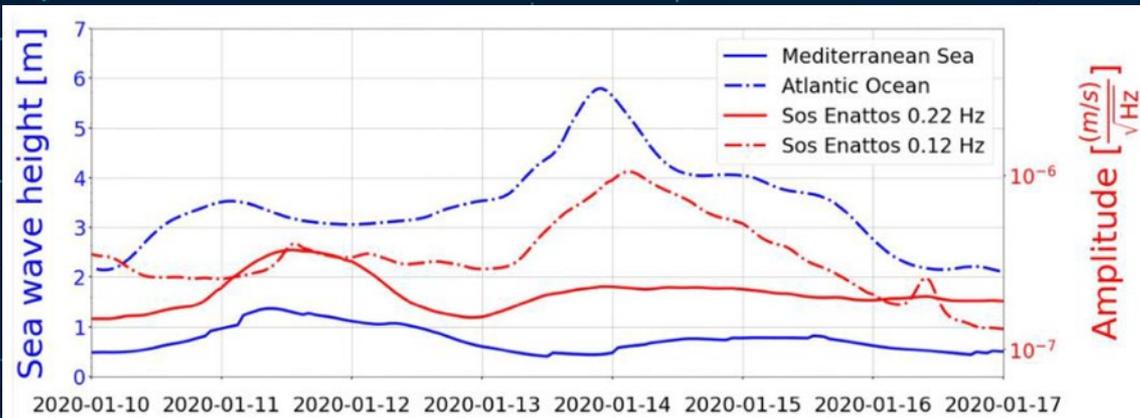
- SarGrav Lab e sala controllo (in superficie)
- SOE0 (in superficie)
- SOE1, SOE2, SOE3 (sottoterra, a -86m, -111m, -160m rispetto all'entrata)

Il sito è connesso via fibra ottica a **1Gbps** alla rete nazionale della ricerca (GARR) – entro l'anno arriva TeRABIT (200Gbps, poi 1000Gbps)

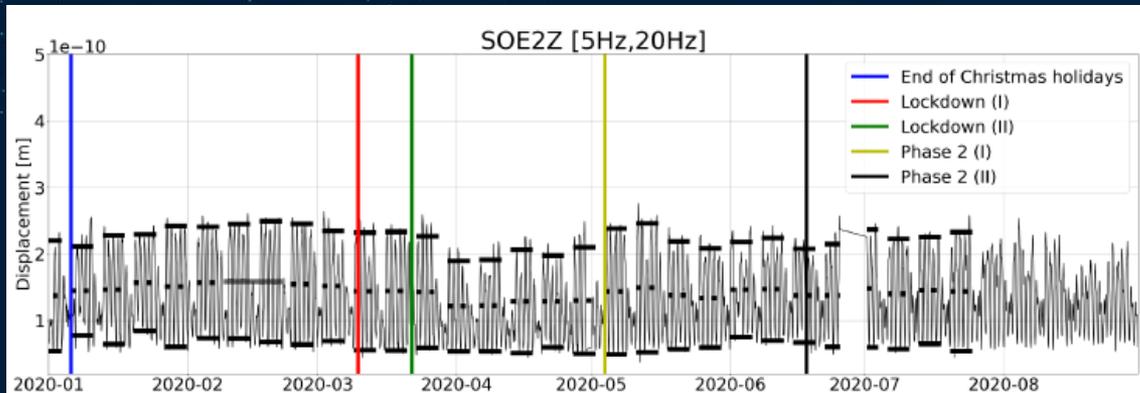


IGEA SPA
MINIERA
Ramp
Tronconi
SETTORE CARTOGRAFICO
Maggio 2013

Sismicità



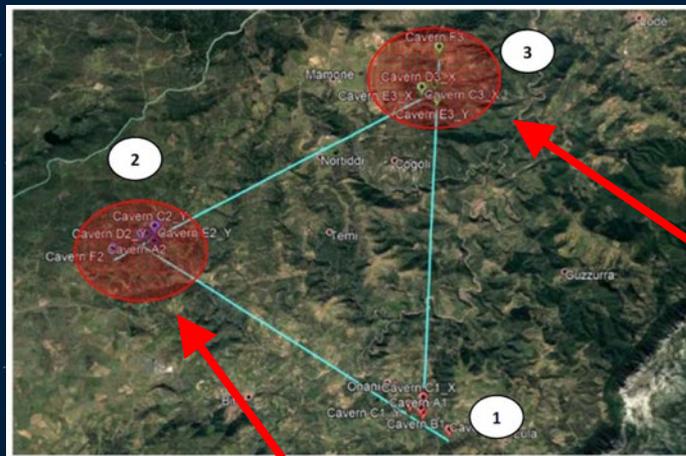
Nella banda del microsisma (0.05-1Hz): onde del Mediterraneo e dell'Atlantico



A più alte frequenze (5-20 Hz): attività antropiche

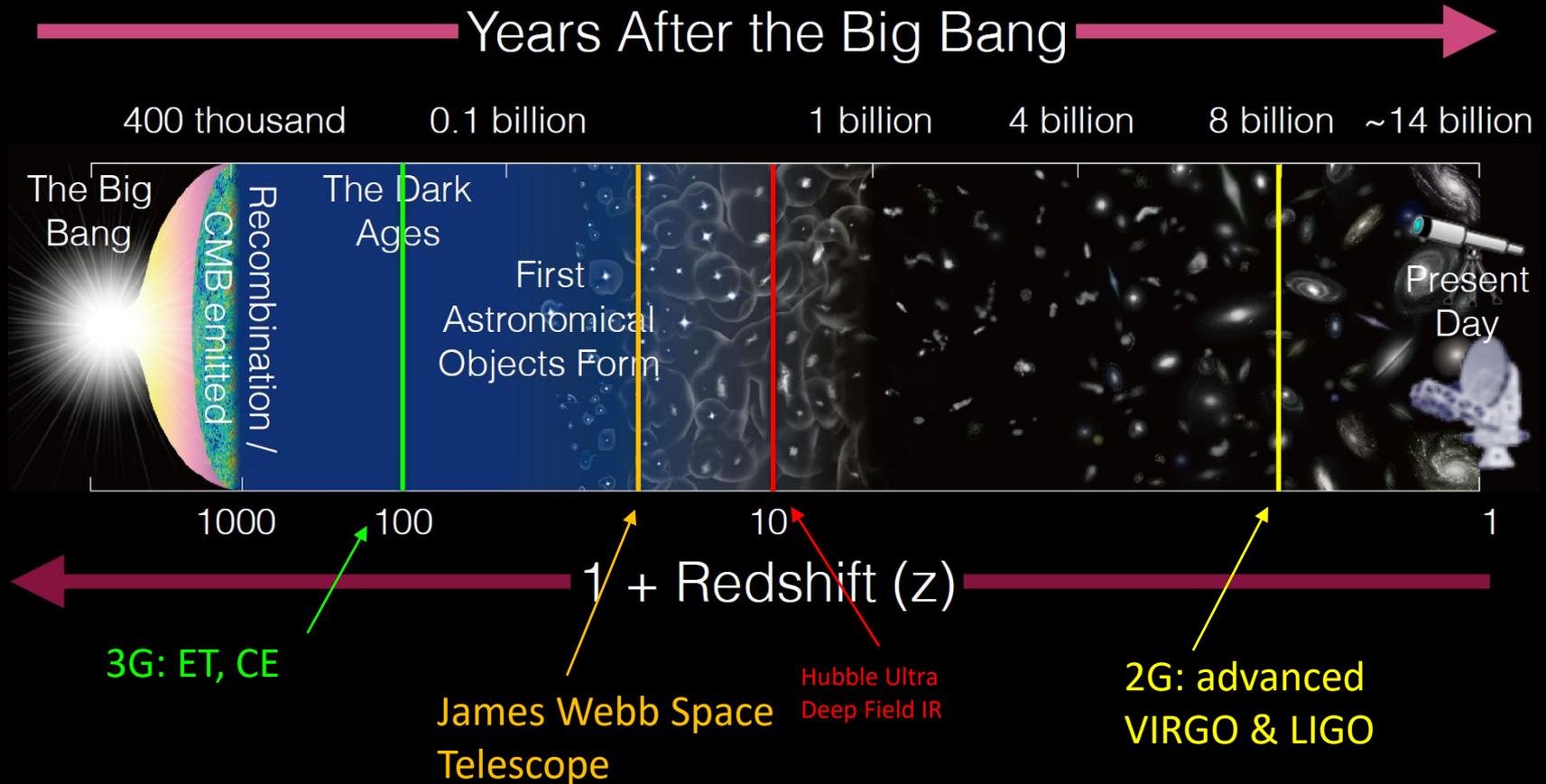


installazione dei
sismometri nel
settembre 2021



Si tratta di uno dei
siti tra i più
silenziosi al mondo!

Distanza di osservazione raggiungibile



popolazione di
buchi neri

osservazioni multi-
messaggere

osservazioni
multi-banda

meccanismi di
esplosione
delle SN

materia oscura

teorie
alternative della
gravitazione

test sulla
natura della
gravità

cosmologia con le
onde gravitazionali

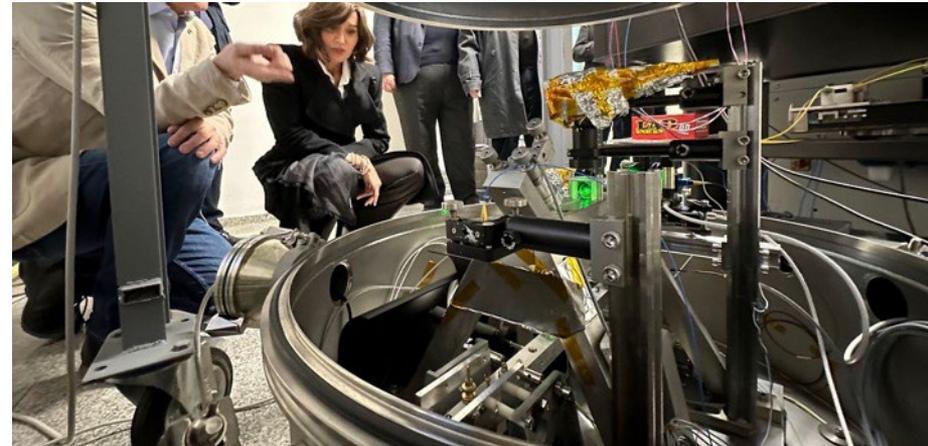
stati esotici
della materia

energia oscura

studio della materia
ultra-densa nelle
stelle di neutroni

esplorare il big-bang con
le onde gravitazionali

origine dei
buchi neri



Cagliari, 30 settembre 2024

A. Cardini / INFN Cagliari

<https://www.einstein-telescope.it/>



Il più **grande e innovativo**
osservatorio europeo
per la rivelazione
delle **onde gravitazionali**



Grazie!

Per informazioni:

alessandro.cardini@ca.infn.it

