

Progetto SPES ai LNL : un ponte fra le stelle e la società



SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA



Gianni Fiorentini
Laboratori Naz. Legnaro

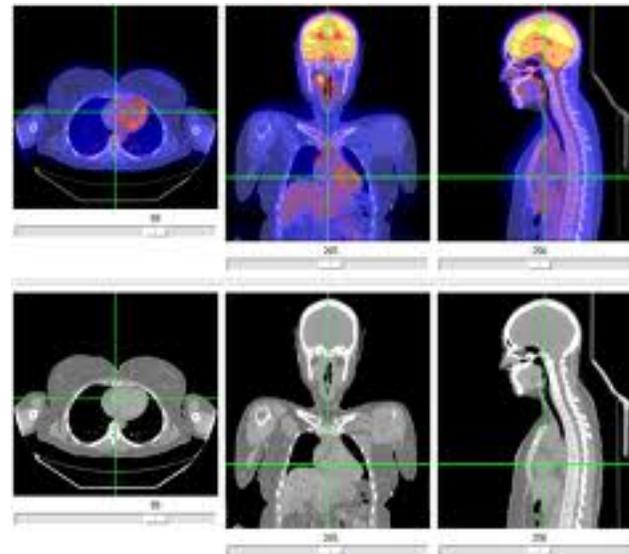
Il quadro:

- **Che cos'è SPES**
- **Le condizioni al contorno: i LNL dal 2010 al 2016**
- **Dall'erba verde a un ciclotrone funzionante**
- **Verso SPES β : fasci di ioni radioattivi**
- **Radioisotopi per la salute**
- **Sorgenti di neutroni per applicazioni multidisciplinari**
- **(Altre attività dei LNL in tema di acceleratori)**
- **Lo sviluppo dei rivelatori, nell'ottica di SPES e non solo.**



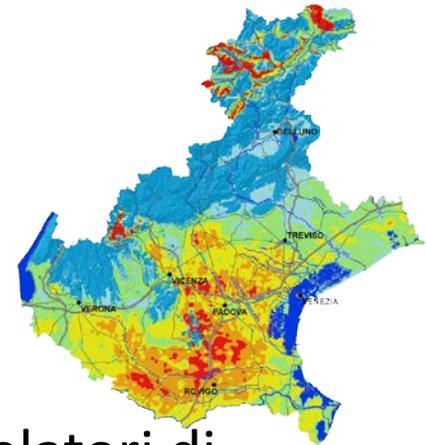
SPES*: il progetto principale del laboratorio

- **SPES** = **S**elective **P**roduction of **E**xotic **S**pecies
- studio di nuclei atomici prodotti nelle fasi avanzate dell'evoluzione stellare
- produzione di radioisotopi di interesse sanitario



Carta d'identità dei LNL

- **Missione:** Sviluppare conoscenza in fisica e astrofisica nucleare, assieme alle applicazioni delle tecnologie nucleari connesse
- **Punti di forza:** sviluppo di acceleratori di nuclei, di rivelatori di radiazioni e del trattamento di superfici
- **Personale:** Ogni giorno lavorano ai LNL 250 persone, di cui la metà dipendenti dell'INFN
- **Costo** : nel 2015 30 MEuro/anno (6.5 per funzionamento e ricerche, 13.5 per grandi progetti, 10 per spese di personale)
- **Bacino di utenza:** circa 700 ricercatori di molte università, italiane e straniere
- **Acceleratori esistenti** : AN2000 e CN, TANDEM-XTU e ALPI-PIAVE: mediamente 7000 ore di fascio /anno all'utenza



Laboratori Nazionali di Legnaro

2010-2016



- **Personale** : **125** dipendenti INFN quasi tutti permanenti

- **PhD, borsisti e post doc** **20**

- **Budget lab** : **6.5** Meur

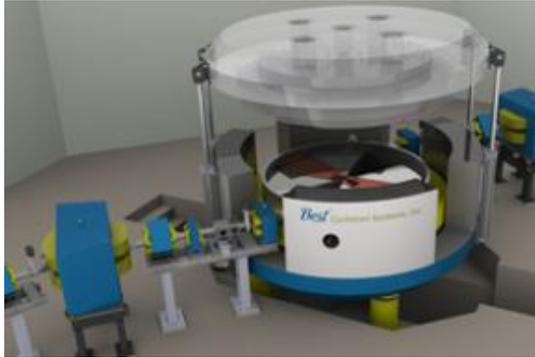
- **Personale** : **125** dipendenti INFN, di cui solo 97 permanenti, il resto TD per la maggior parte su fondi di progetti

- **PhD , borsisti e post doc** **60**, pagati principalmente sui progetti

- **Budget lab** : **20** Meur, principalmente dai progetti

- Contrazione del personale permanente
- Compensazione con personale a TD
- Aumento del personale in formazione
- Cambiamento radicale del bilancio, oggi centrato su progetti premiali e speciali, con fondi acquisiti in competizione.

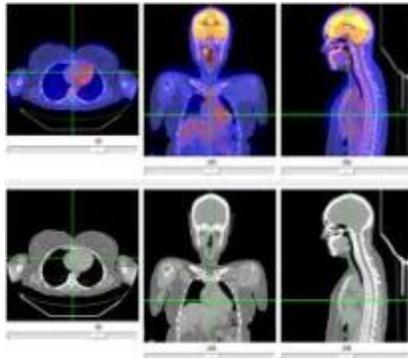
Le quattro fasi del progetto SPES



**Ciclotrone e
infrastruttura**



**Facility per fasci
di ioni radioattivi**



**Radioisotopi per
la salute**

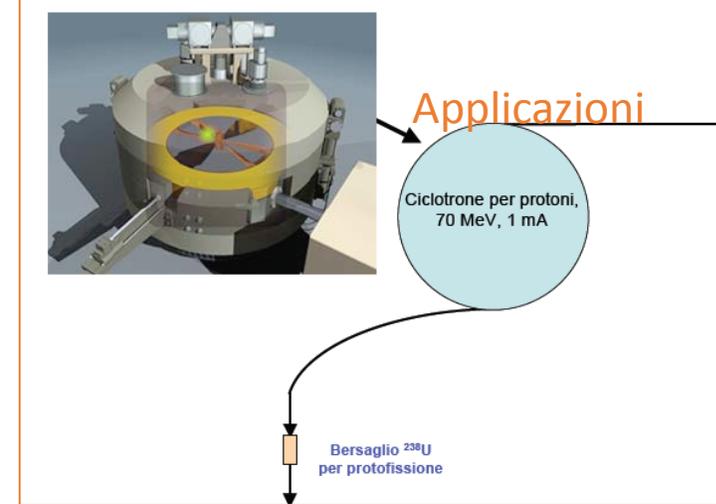


**Sorgenti di
neutroni basate
su acceleratori⁶**

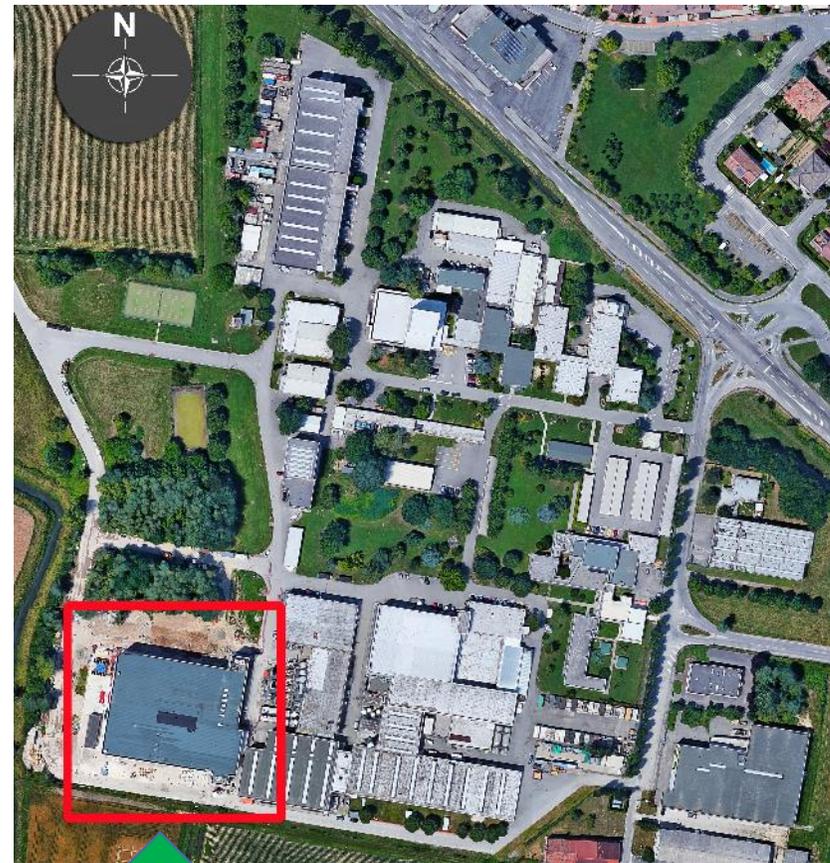
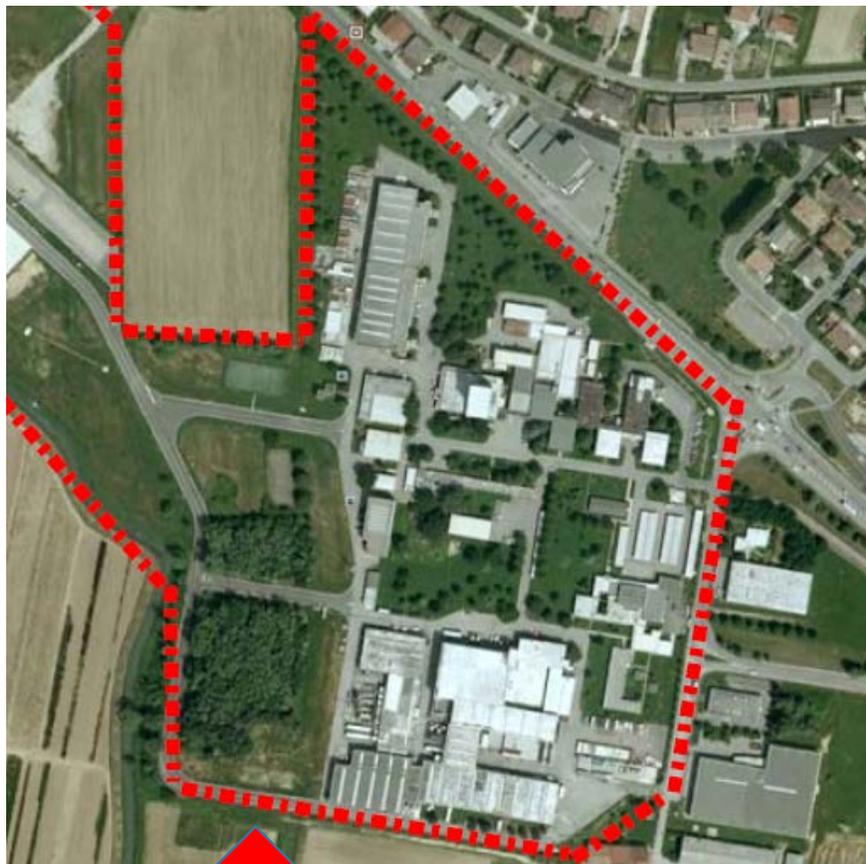


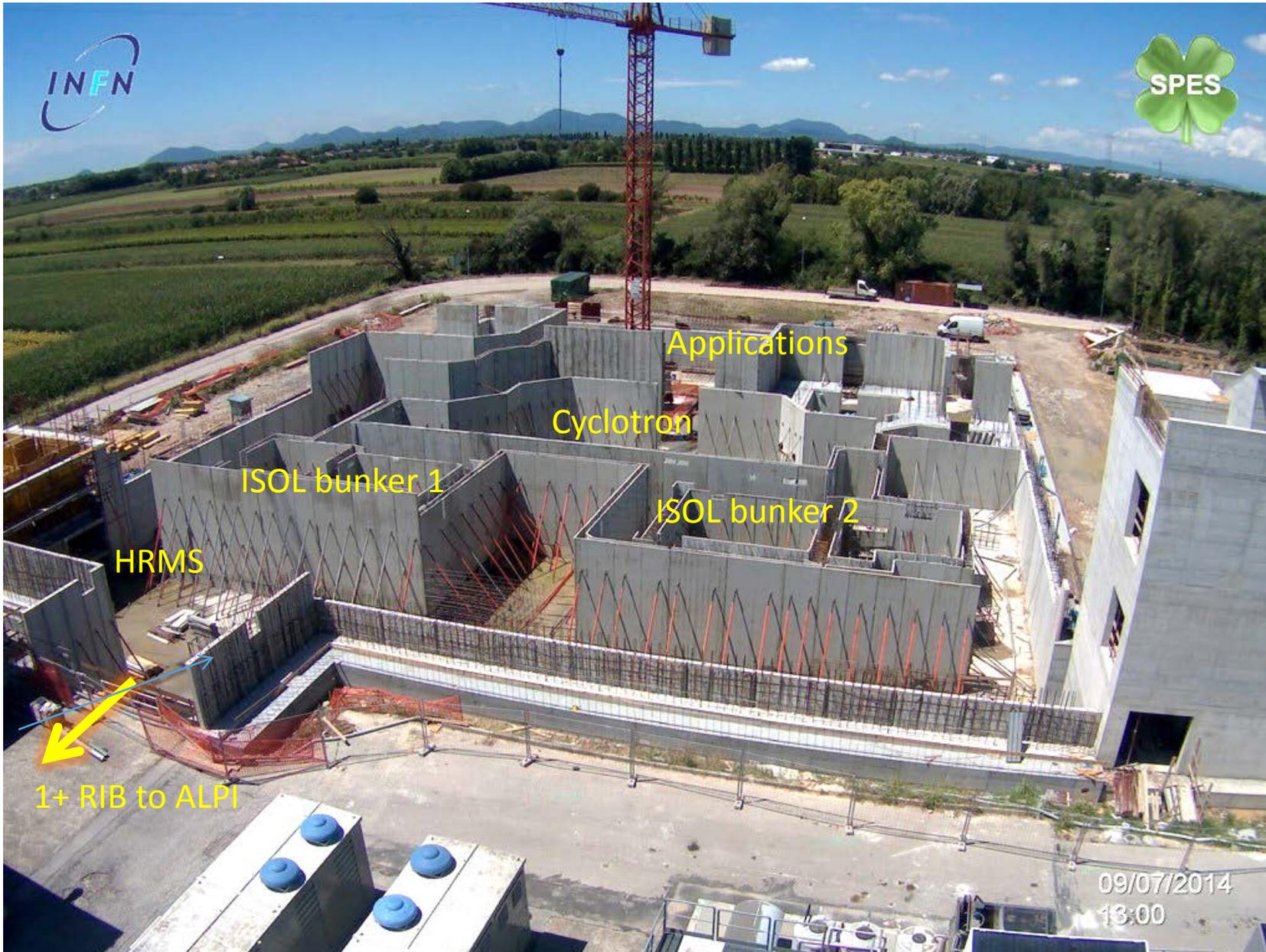
SPES- α : il cuore del laboratorio

- Nel 2009 l' INFN ha approvato e finanziato, con un impegno di 18 MEuro, la fase α di SPES, che consiste principalmente in:
 - Acquisizione e installazione di un **ciclotrone** di alta intensita' ($\sim 1\text{mA}$) con energia fino a 70 MeV
 - Realizzazione dell'**edificio** per ospitarlo
- NB** : Il ciclotrone fu previsto avere due uscite (**missione duale del lab.**):
- una da dedicarsi alla "fisica dei fasci di ioni radioattivi"
 - una da dedicarsi ad altre applicazioni



Il Sito, 2010-2016







Radiochemical laboratories

Technological area

UCx and ISOL
laboratories

Additional laboratories

Control room

21/01/2015
13:00

The SPES building 2016



Le caratteristiche del ciclotrone



Main Parameters	
Accelerator Type	Cyclotron AVF 4 sectors
Particle	Protons (H^- accelerated)
Energy	Variable within 30-70 MeV
Max Current Accelerated	750 μA (52 kW max beam power)
Available Beams	2 beams at the same energy (upgrade to different energies)
Max Magnetic Field	1.6 Tesla
RF frequency	56 MHz, 4 th harmonic mode
Ion Source	Multicusp H^- $I=15$ mA, Axial Injection
Dimensions	$\Phi=4.5$ m, $h=1.5$ m
Weight	150 tons

Several steps... (2010-2015)



Il ciclotrone SPES nel 2016

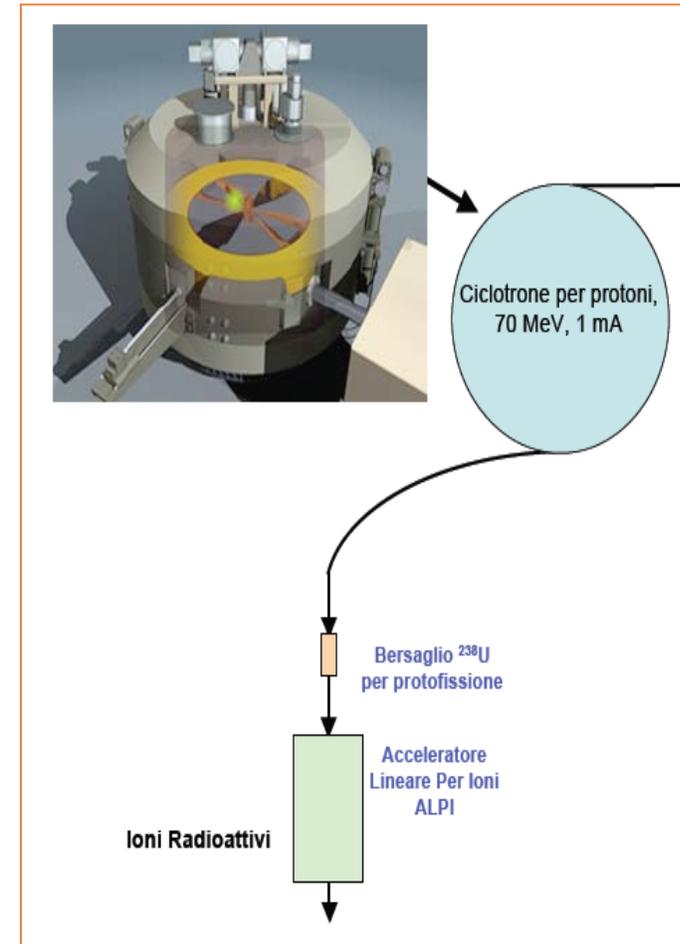


Ci si aspetta che il collaudo possa esser completato nelle prossime settimane (test di durata)

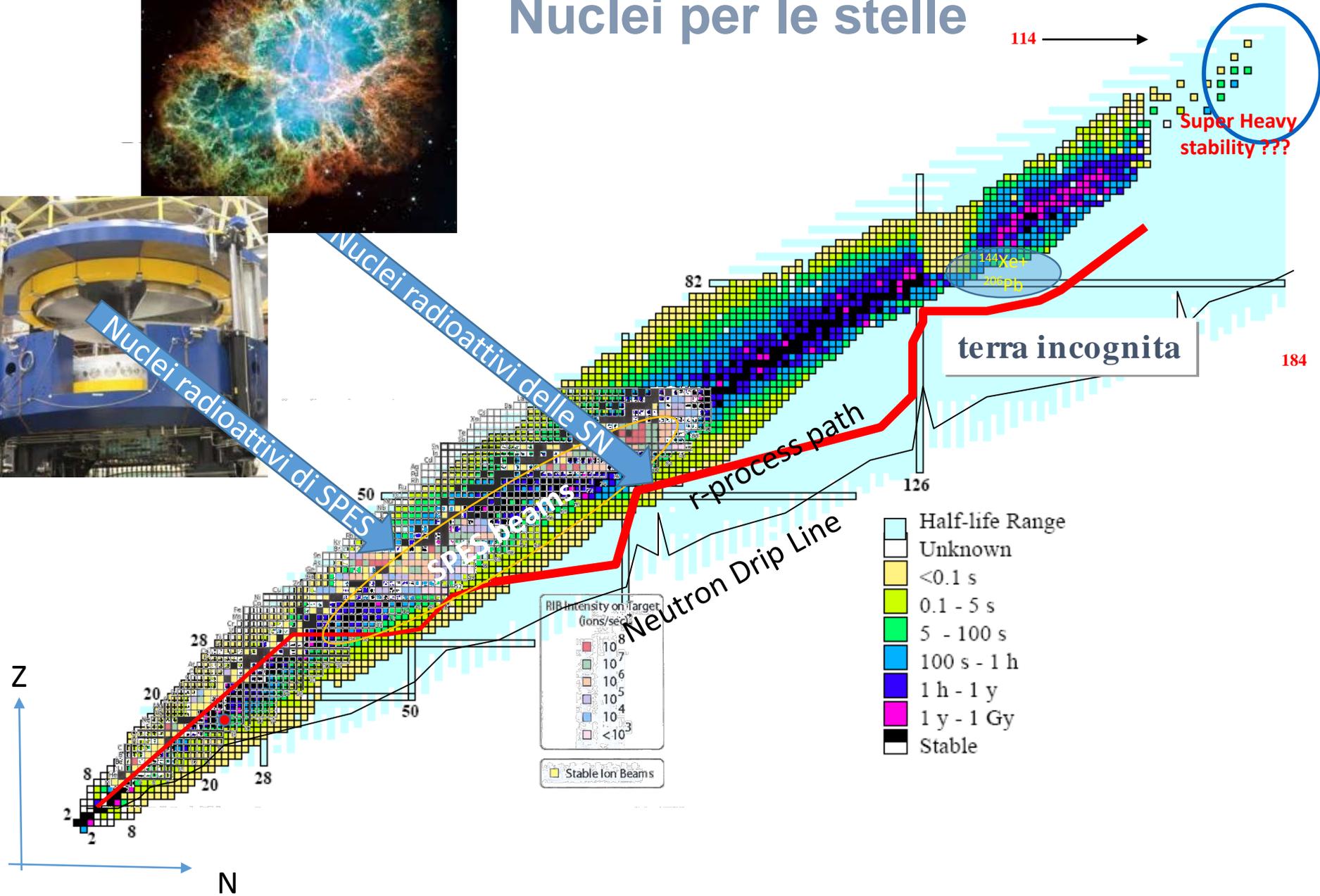
SPES- β : la riaccelerazione degli ioni radioattivi



- SPES- α produrrà ioni radioattivi per urti di protoni su una targhetta di Carburo di Uranio (frammenti di fissione).
- L'interesse per la fisica di base è principalmente nella (ri)accelerazione di questi ioni e nello studio delle successive collisioni su idonei bersagli.
- La fase di ri-accelerazione si avvarrà di un acceleratore ideato e costruito a Legnaro (PIAVE-ALPI), opportunamente integrato
- L'INFN, insieme al MIUR, ha approvato e finanziato SPES- β , con circa 30 Meur



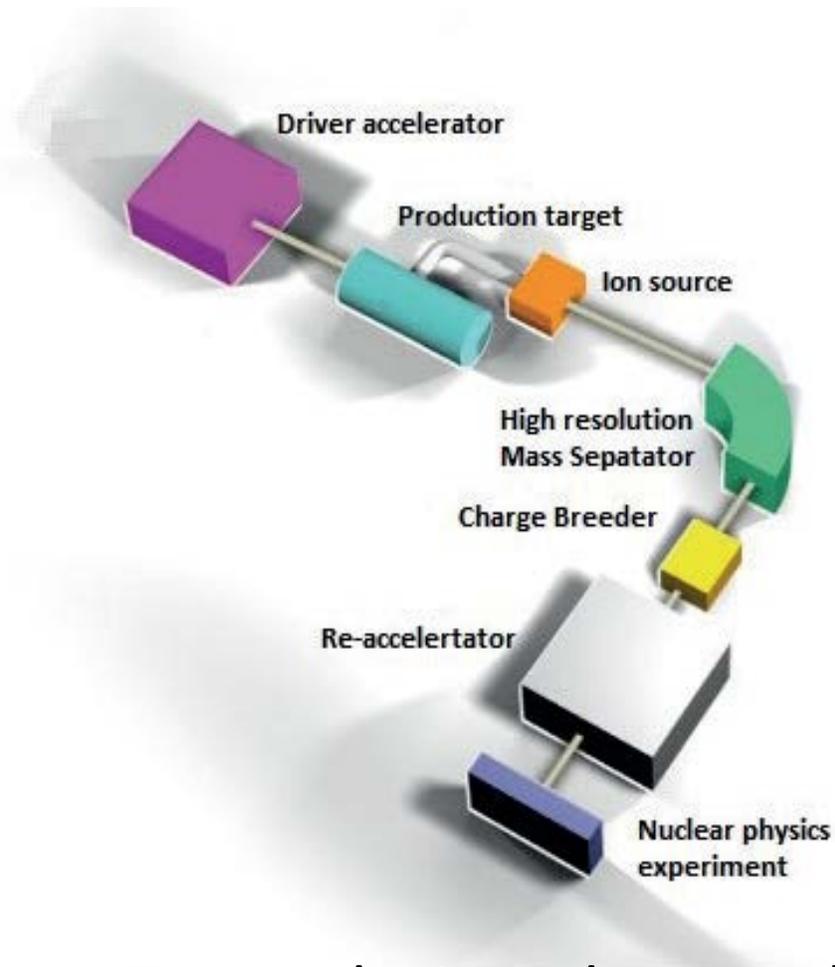
SPES-beta: Nuclei per le stelle



Perche' e' interessante SPES-beta *

- I modelli nucleari prevedono un gran numero di nuclei con eccesso di neutroni nella regione "Terra Incognita"
- Il comportamento di questi nuclei dovrebbe essere molto diverso da quelli usuali per la presenza di livelli di energia associati con l'eccesso di neutroni
- Questi nuclei sono di particolare interesse per :
 - **determinare i confini della Carta dei nuclei**
 - **comprendere come si formino gli elementi più pesanti**
- (*Si veda la relazione di A Vitturi)

I vari elementi di SPES $\alpha+\beta$



DRIVER	Cyclotron OK
PRODUCTION TARGET	U-CX OK
ION SOURCE HRMS	In progress at LNL Collaboration started
CHARGE BREEDER	OK (Grenoble+LNL)
RFQ INJECTOR	Design completed Construction started
REACCELERATOR	ALPI, refurbishment in progress
SAFETY SYSTEM	Tender launched

- Target designed to reach 10^{13} fissions per second
- Reacceleration up to 10MeV per nucleon
- HRMS with selection of 1/20.000

Dove siamo ?

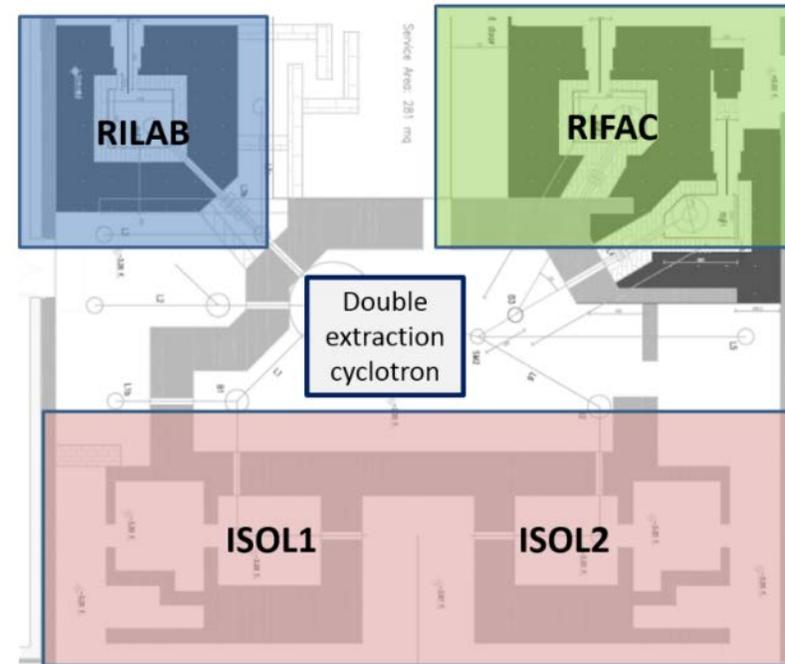




salute (LARAMED)



- Una infrastruttura per ricerca e produzione di radioisotopi di interesse medico
- **L**ARAMED =
Laboratorio
Radioisotopi per
MEDicina





Le tappe di LARAMED



2010 : Analisi di fattibilità da parte del radiochimico A. Duatti e dell'economista P. Bianchi INFN

2011: INFN e CNR col supporto di BEST-Medical International, hanno proposto al governo la creazione di LARAMED

2013-2016: La costruzione di LARAMED e' stata finanziata con due successivi progetti premiali

2014: L'azienda BEST ha proposto all'INFN un accordo per la ricerca e la produzione di radioisotopi utilizzando LARAMED

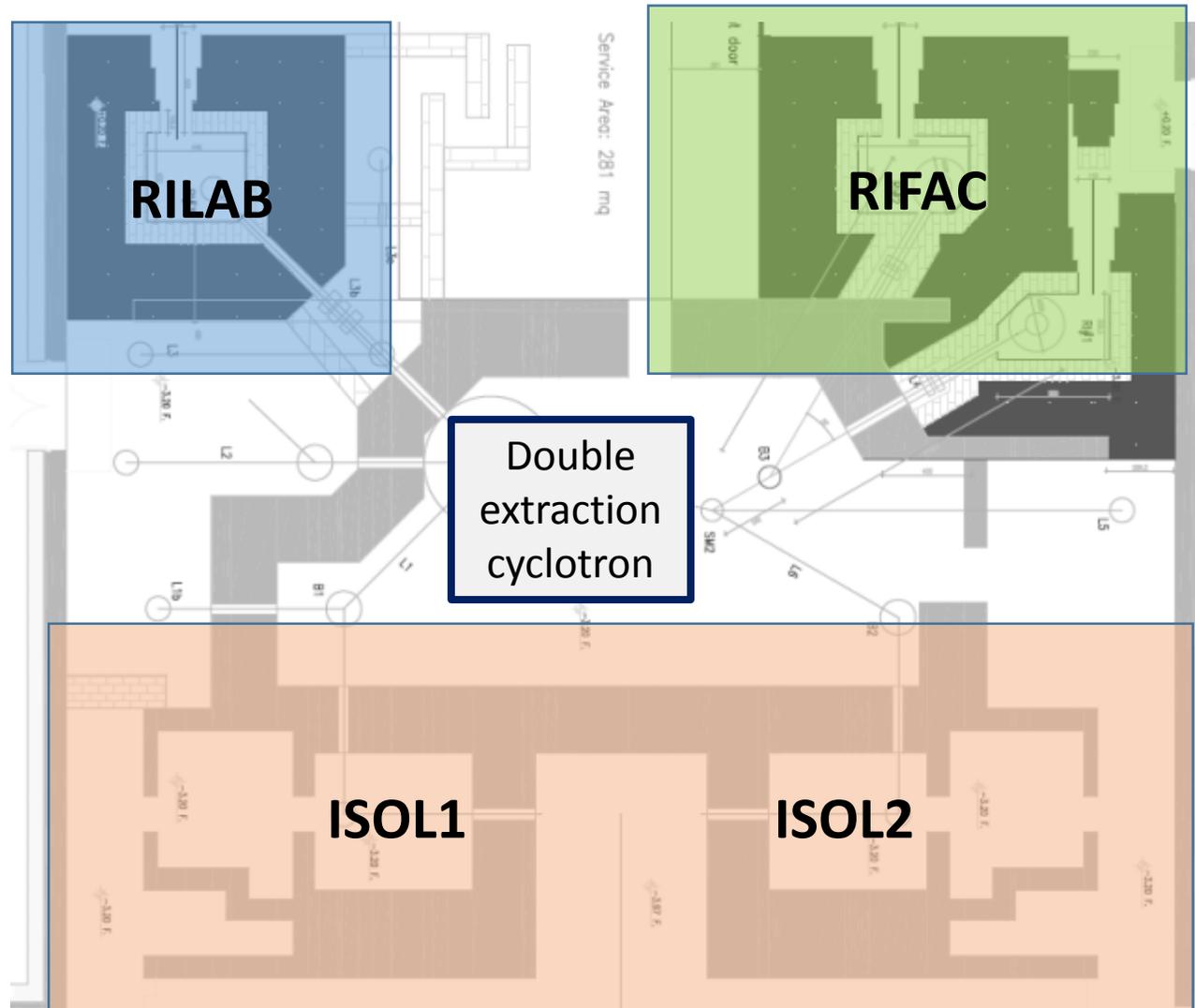
Autunno 2016: Le trattative fra INFN e BEST sono in fase avanzata

Organizzazione del progetto

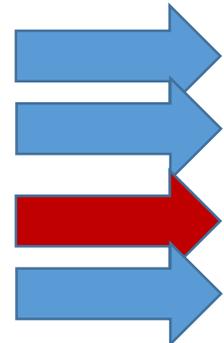
LARAMED

LARAMED include due parti:

- **Un laboratorio di ricerca**, di proprietà INFN e CNR per
 - Misure di sezioni d'interesse per medicina nucleare
 - Test di bersagli ad alta potenza
 - Produzione di piccole quantità di radioisotopi interessanti (^{99m}Tc , ^{64}Cu , ^{67}Cu , ...)
- **Una facility di produzione**, da utilizzarsi assieme a un partner privato, per la produzione di $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ and $^{68}\text{Ga}/^{68}\text{Ge}$.



I futuri prodotti di LARAMED



Radioisotope	Half-life
Fe-52	8.3 h
Cu-64	12.7 h
Cu-67	2.58 d
Sr-82	25.4 d
Ge-68	270.8 d
I-124	4.18 d
Ac-225	10 d

LARAMED GYM



- LARAMED è una palestra per attività nel campo, ancor prima che il ciclotrone sia operativo

- APOTEMA (gr V)
- TECNOSP (gr V)
- COME (gr III)
- ISOL PHAR



Una nuova comunità interdisciplinare si sta aggregando attorno a LARAMED (fisici nucleari, scienziati dei materiali, radiochimici, medici nucleari...)



SPES- δ : Multidisciplinary Neutron source



- Sorgenti di neutroni basate su acceleratori hanno svariate applicazioni (studi per la fusione nucleare , caratterizzazione rifiuti radioattivi, BNCT..)
- Una prima fase del progetto **MUNES** (Multidisciplinary neutron source), e' stata finanziata come progetto premiale
- Si sono sfruttati gli studi compiuti riguardo al driver di SPES, prima della scelta del ciclotrone.
- C'e' molto interesse, in italia e all'estero per lo sviluppo di questo tipo di acceleratore

RFQ



- Radio frequency quadrupoles are a tradition of LNL
- The TRASCO RFQ (SPES-DELTA) is a prototype for the IFMIF/EVEDA RFQ
- This latter is the italian contribution, in kind, to the “Broader approach”

L'acceleratore RFQ costruito dall'INFN per il progetto IFMIF



Il contributo dell INFN a



SPES IEMIE FSS

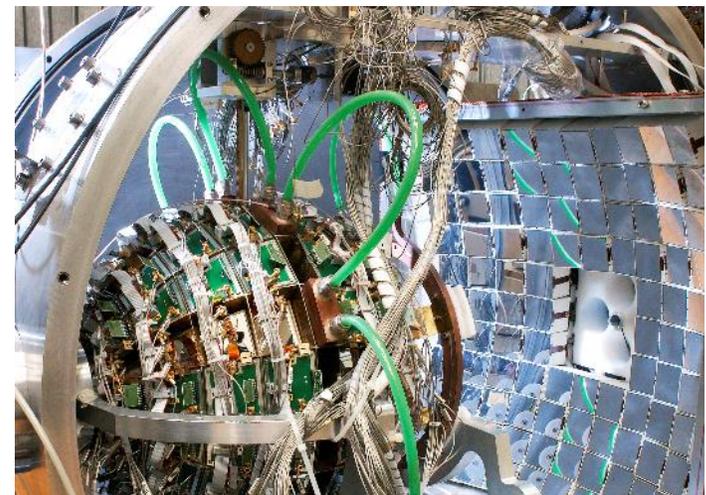
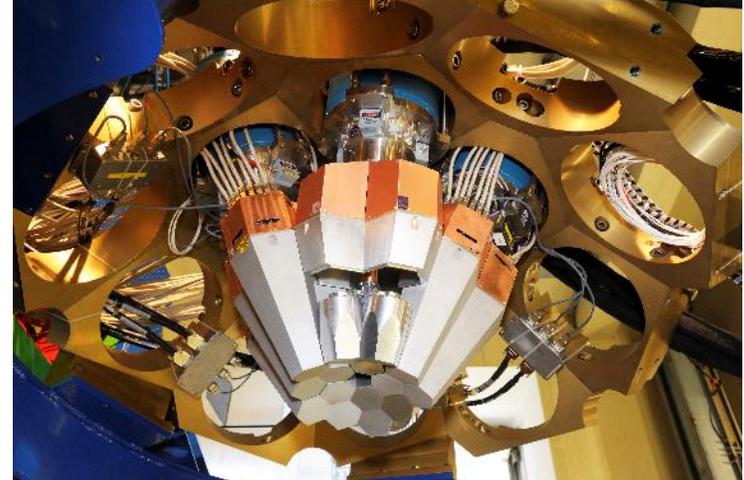


Il Laboratorio e' impegnato nei tre progetti al limite delle proprie forze

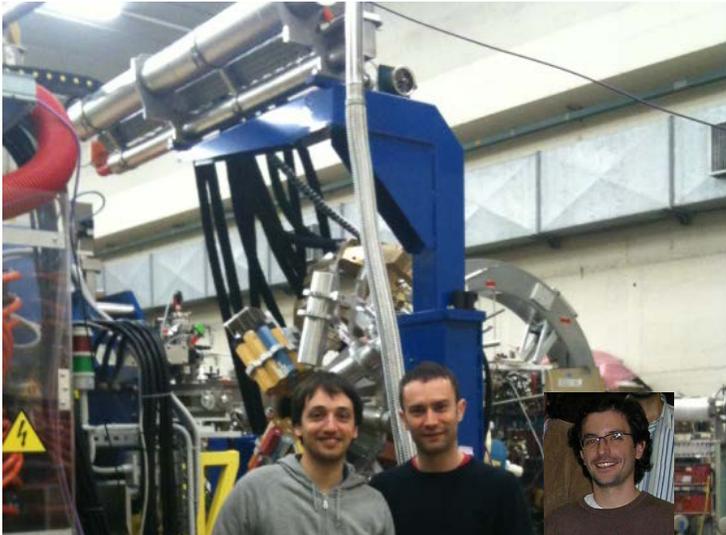


Rivelatori: da SPES a PADRI

- Ai LNL da più di 10 anni opera il progetto EXOTIC, che produce fasci radioattivi leggeri con il metodo in flight.
- Gli esperimenti con SPES richiederanno rivelatori nuovi e/o aggiornati.
- A tal fine e' necessario sviluppare un programma integrato per la produzione e la rilevazione di ioni radioattivi (PADRI)



Rivelatori: da GASP a GALILEO e a ITALRAD



- Costruito nell'ottica di SPES, dall'estate 2015 un nuovo rivelatore gamma, GALILEO, è disponibile presso LNL: la richiesta di tempo fascio è aumentata del 50%
- Un rivelatore di gamma avio-trasportato sta effettuando una mappatura della radioattività di rocce e suoli d'Italia

A photograph showing two large tower cranes in operation. The crane on the left is blue and has the name 'LIEBHERR' visible on its boom. The crane on the right is yellow and has the name 'CARPAIN' visible on its boom. They are both lifting a large, heavy, cylindrical object, possibly a piece of machinery or a component of a tower, which is suspended by a red and white striped lifting beam and cables. The background is a clear blue sky with some light clouds. The ground below is a flat, open area with some distant trees and buildings.

Scienza e applicazione
hanno bisogno l'una dell'altra

Grazie a

- Tutti i presenti per l'attenzione
- Alla SIF per aver dedicato una sessione ai LNL
- Al management dell' INFN che ha sempre sostenuto i LNL, in anni impegnativi
- Ai Presidenti Petronzio e Ferroni
- A tutto il personale dei LNL, per l'impegno con cui si è dedicato ai progetti del laboratorio
- A tutta la comunità scientifica della fisica nucleare
- Ai nostri giovani, senza i quali non c'è futuro