SPES @ LNL
un ponte fra le stelle e la società

Gianni Fiorentini
Laboratori Naz. Legnaro

Il quadro:

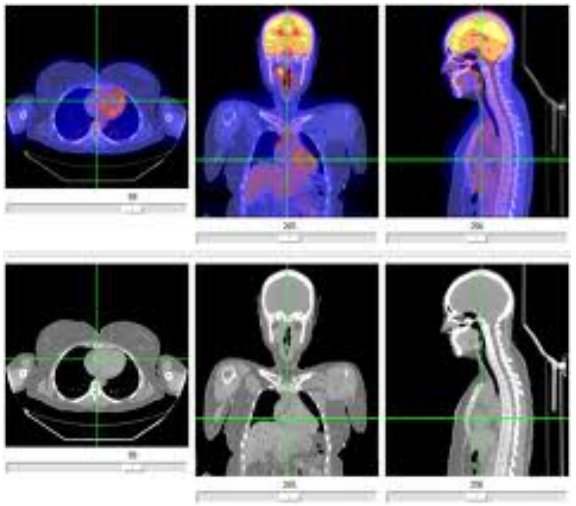
- Che cos' e' SPES
- Le condizioni al contorno: i LNL dal 2010 al 2016
- Dall'erba verde a un ciclotrone funzionante
- Verso i fasci di ioni radioattivi
- Radioisotopi per la salute (Duatti)
- Sorgenti di neutroni per applicazioni multidisciplinari
- Lo sviluppo dei rivelatori, nell'ottica di SPES e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

SPES: il progetto principale del laboratorio

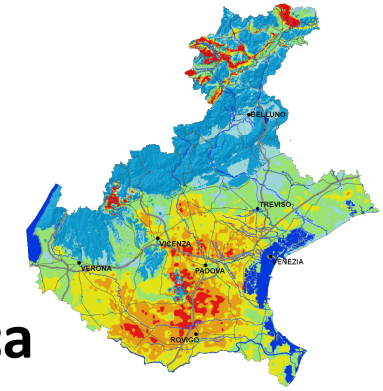
- SPES= Selective Production of Exotic Species

- studio di nuclei atomici prodotti nelle fasi avanzate dell'evoluzione stellare
- produzione di radioisotopi di interesse sanitario

-In breve , dalle stelle alla società



Carta d'identità dei LNL



- **Missione:** Sviluppare la 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 (5 per funzionamento, 1.5 per ricerche di CSN , 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 forniscono mediamente 7000 ore di fascio /anno all'utenza

Laboratori Nazionali di Legnaro

1/α ?

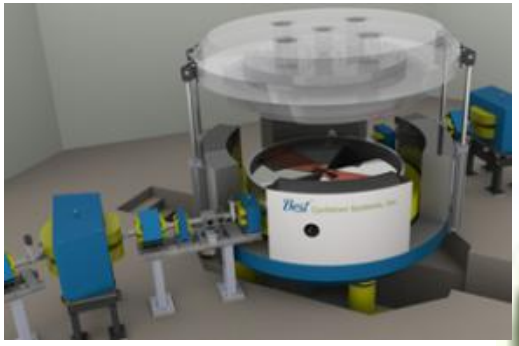
2010-2016

- **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

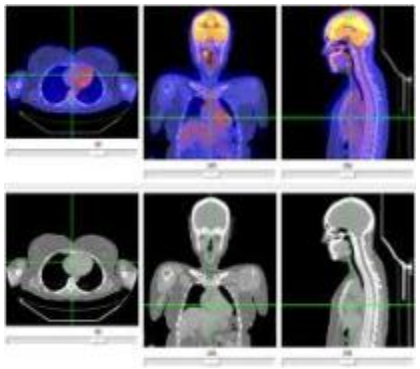
- **Contrazione del personale permanente**
- **Compensazione con personale a TD**
- **Aumento del personale in formazione**
- **Cambiamento radicale del bilancio, oggi centrato su progetti premiali e speciali, con fondi acquisiti in competizione**.

Le quattro fasi del progetto SPES



Ciclotrone e infrastruttura

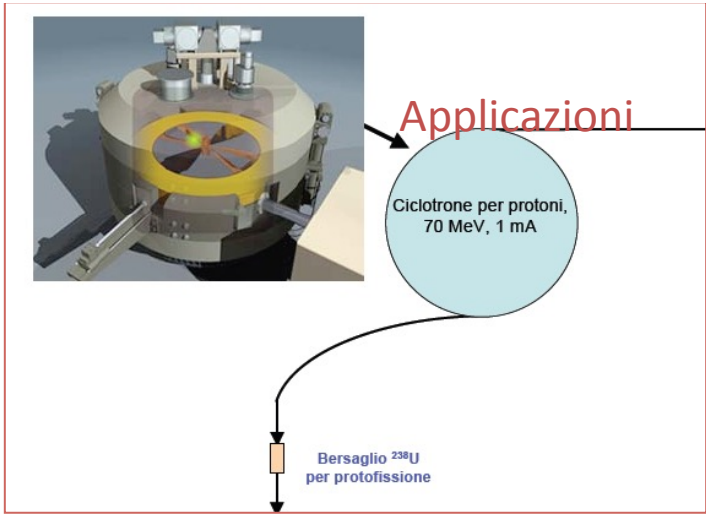
Facility per fasci di ioni radioattivi



Radioisotopi per la salute

Sorgenti di neutroni basate su acceleratori

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:**

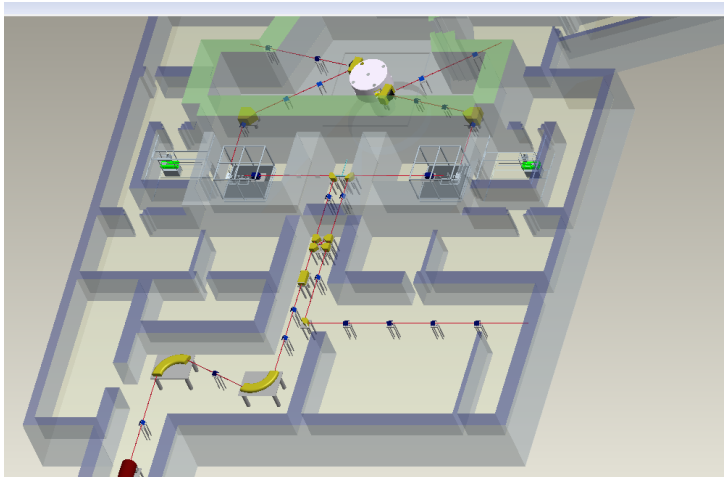
- **Acquisizione e installazione di un ciclotrone di alta intensita' (~1mA) con energia fino a 70 MeV**

- **Realizzazione dell'edificio per ospitarlo**

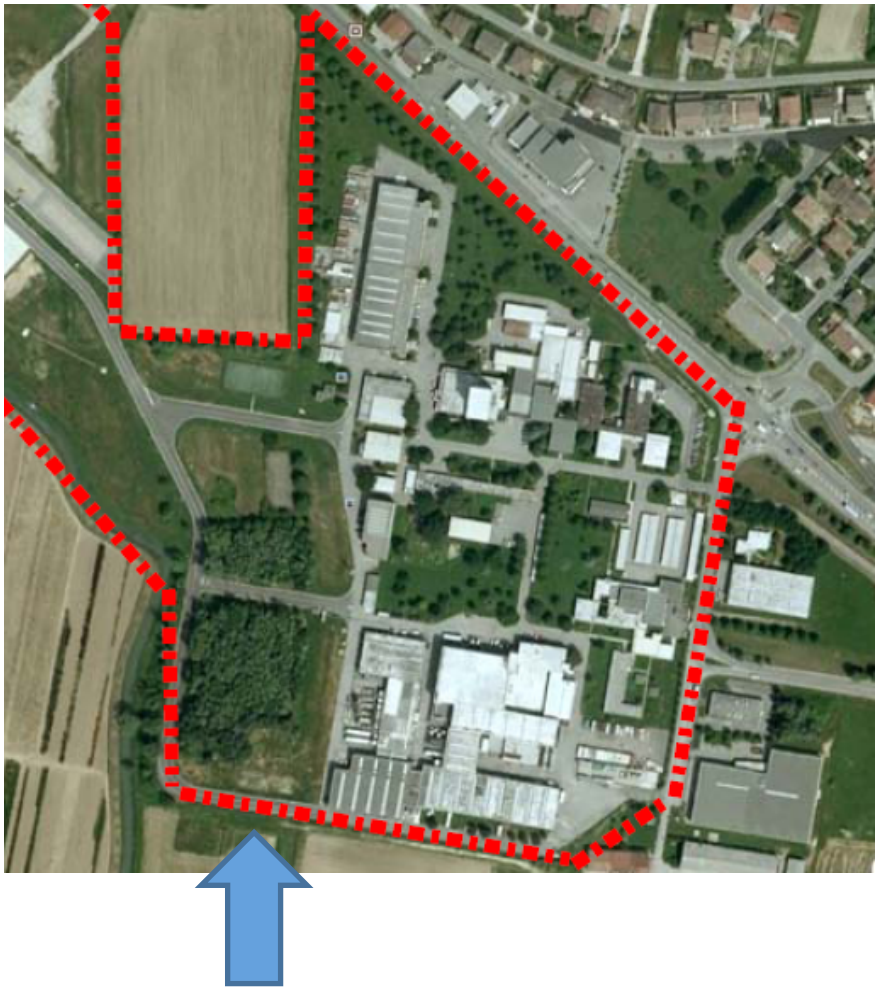
NB : Il ciclotrone fu previsto avere due uscite in contemporanea (missione duale del lab.):

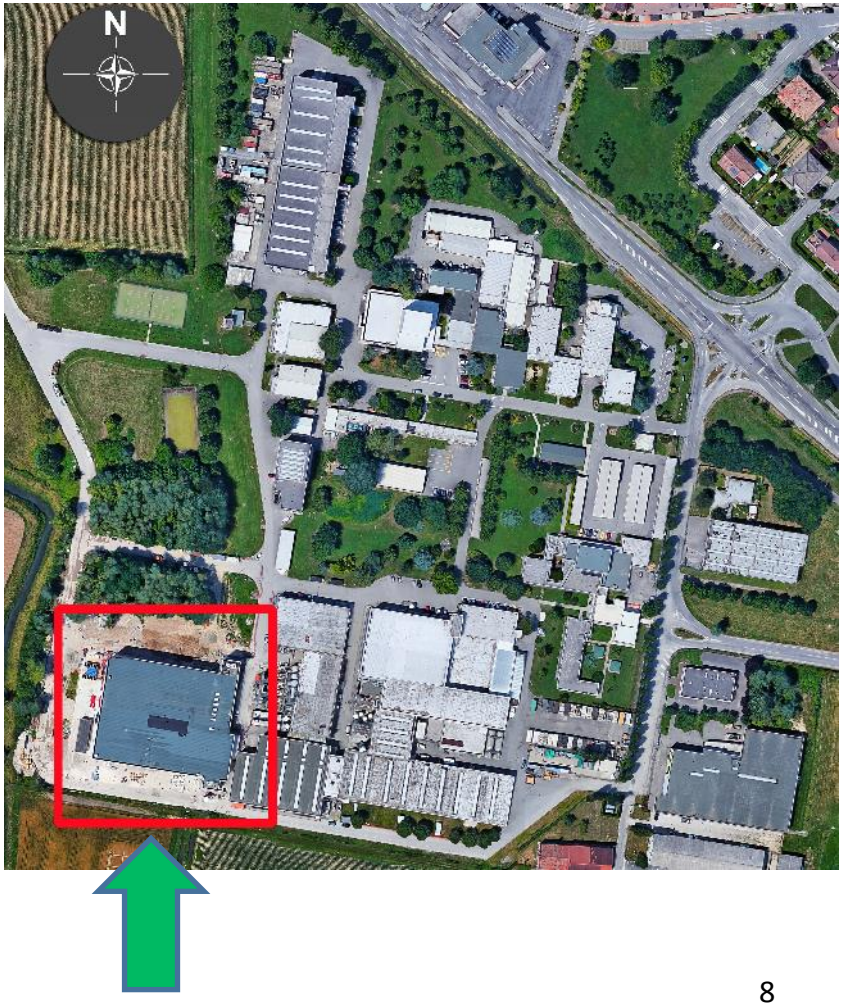
-una da dedicarsi alla "fisica dei fasci di ioni radioattivi"

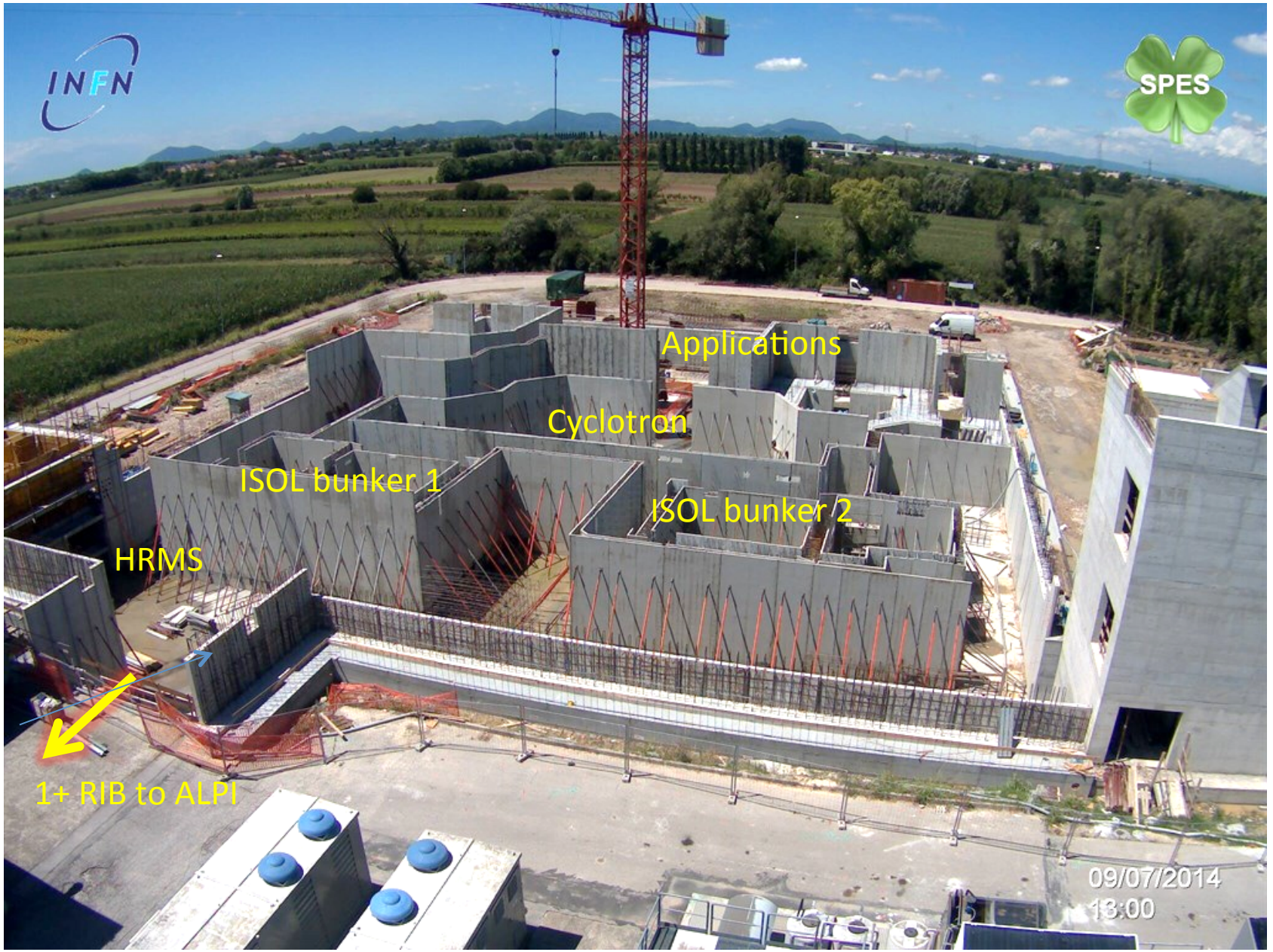
-una disponibile per altre applicazioni



Il Sito, 2010-2016






INFN
SPES
Applications
Cyclotron
ISOL bunker 1
ISOL bunker 2
HRMS
1+ RIB to ALPI
09/07/2014
13:00

L'edificio SPES 2016

Costo di 10 Meur, rigorosamente quanto preventivato e in tempo per l'arrivo del ciclotrone

Il ciclotrone SPES nel 2016

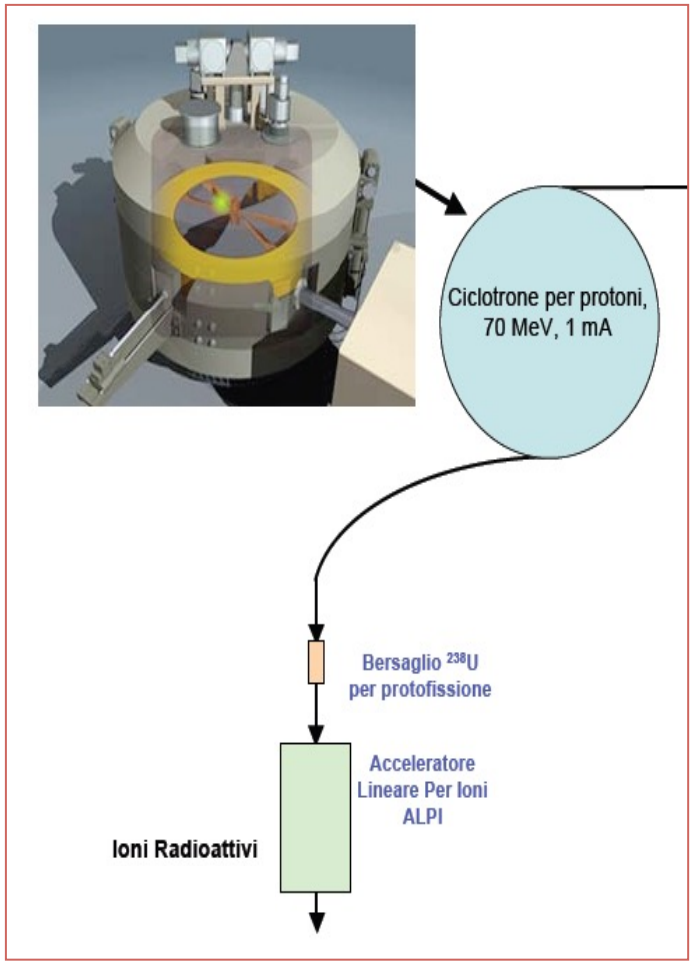
il collaudo sarà completato nelle prossime settimane (test di durata)

Le caratteristiche del ciclotrone

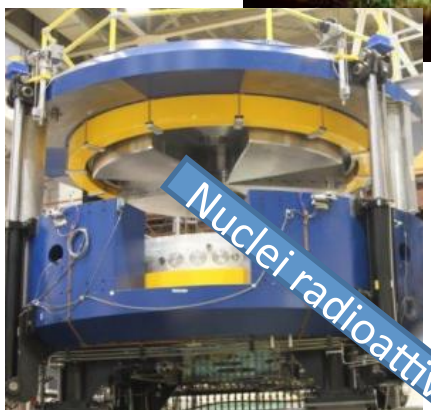
Main Parameters	
Accelerator Type	Cyclotron AVF 4 sectors
Particle	**Protons (H⁻ accelerated)**
Energy	**Variable within 30-70 MeV**
Max Current Accelerated	**750 µA** (52 kW max beam power)
Available Beams	**2 beams at the same energy** (upgradable to different energies)
Max Magnetic Field	1.6 Tesla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

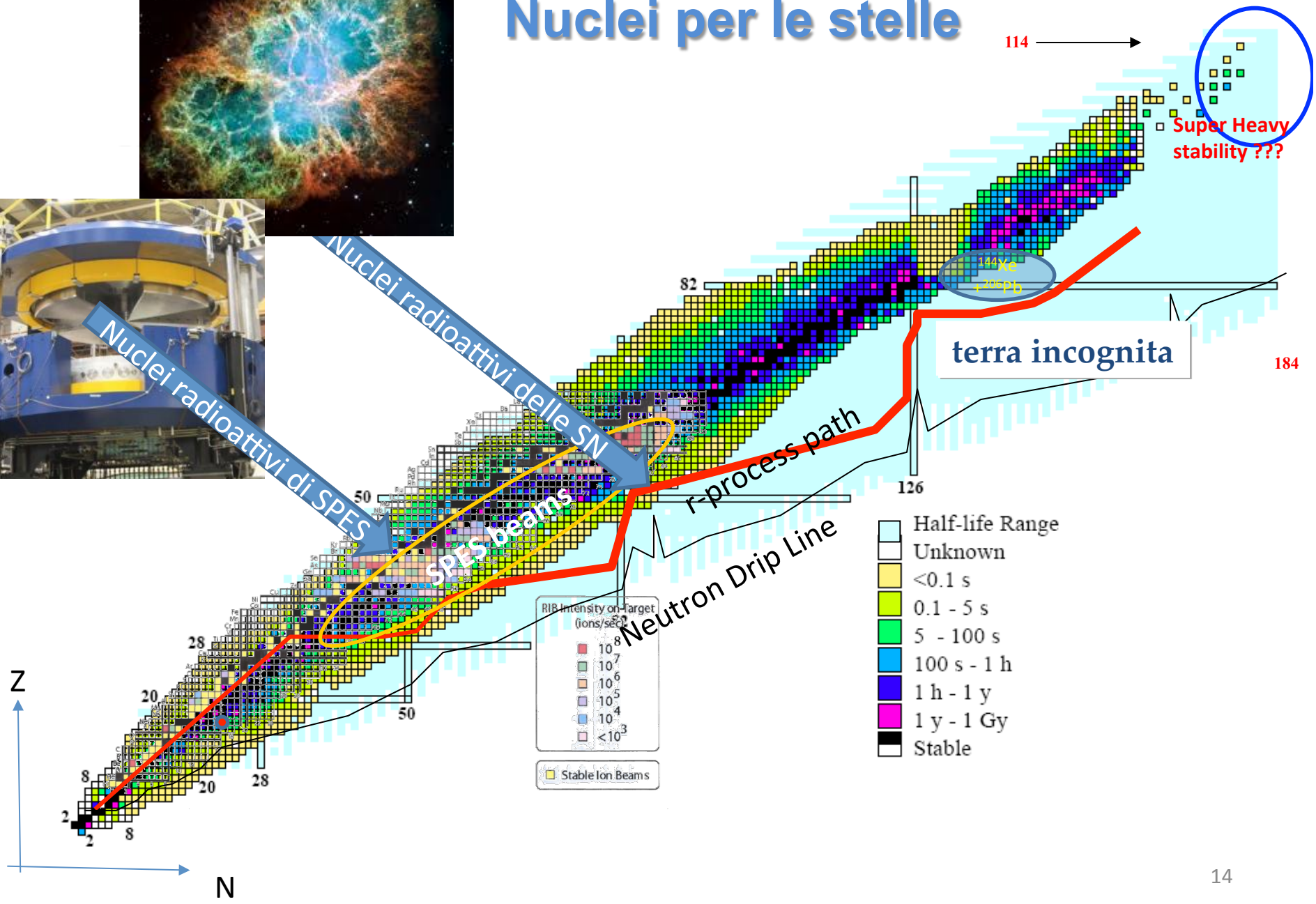
SPES-β: la riaccelerazione degli ioni radioattivi

- SPES-α produrra' ioni radioattivi per urti di protoni su una targhetta di Carburo di Uranio (frammenti di fissione) .
- L'interesse per la fisica di base e' 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



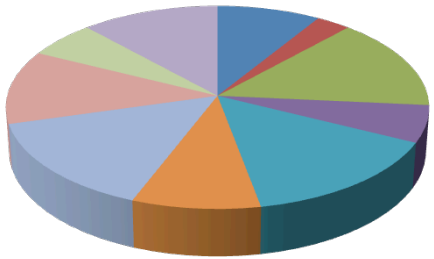


Third International SPES Workshop

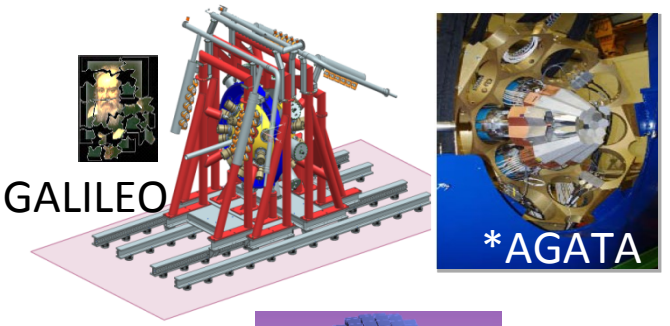
10-12 October 2016 *INFN Laboratori Nazionali di Legnaro*
Europe/Rome timezone

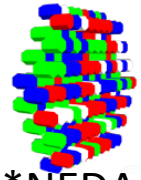
47 Letters of Intents were presented, from international co

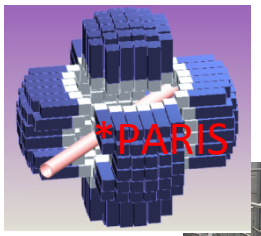
SPES LOIs Topics

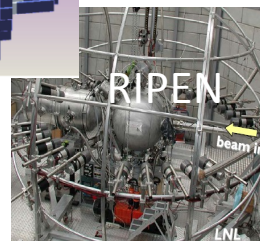


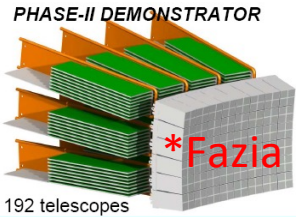
- GS properties
- moments
- Coulex
- DirReac with ActiveTarget
- DirReac with Si
- Mn transfer



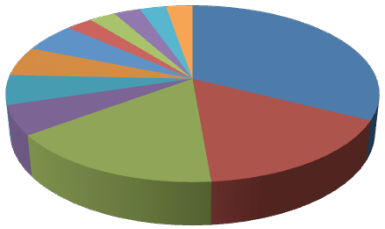




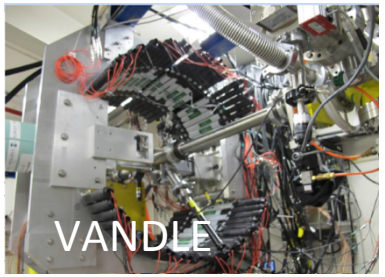


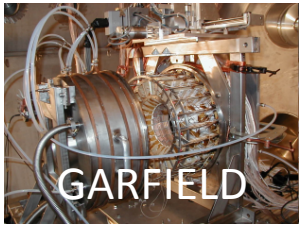


SPES LOIs Spokespersons

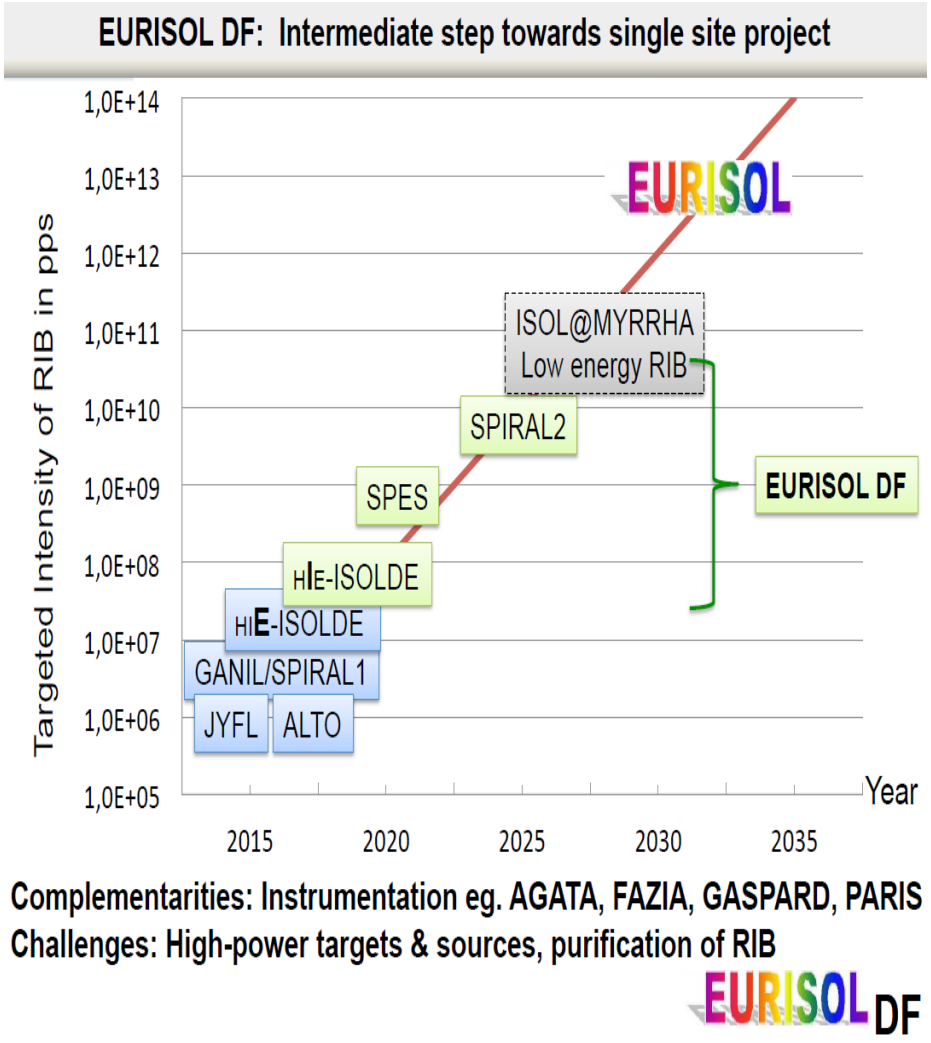


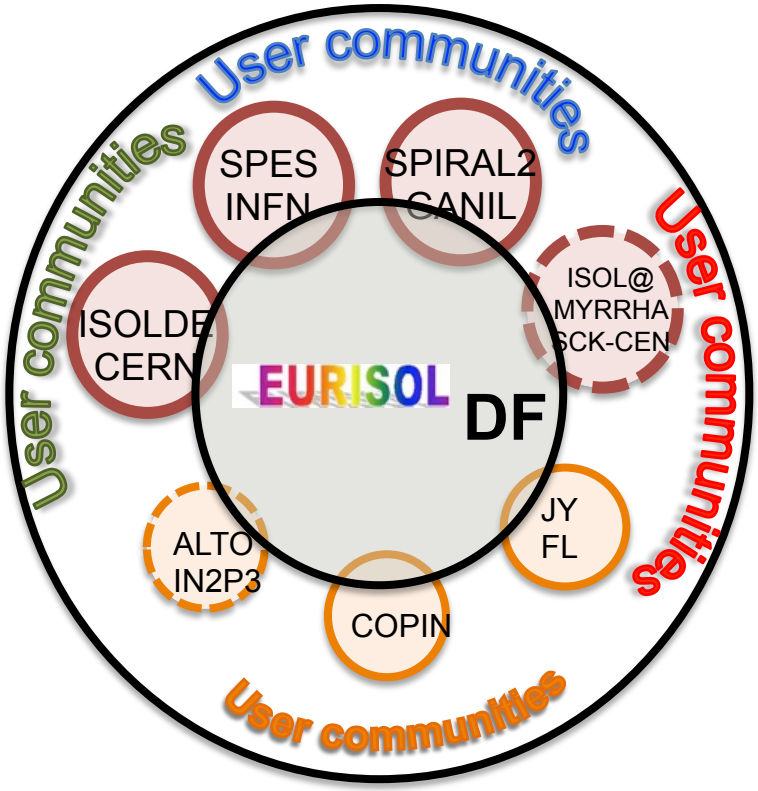
- Italy
- France
- Poland
- Russia
- USA
- Belgium
- Croatia
- Norway
- Bulgaria
- Spain
- Russia
- China





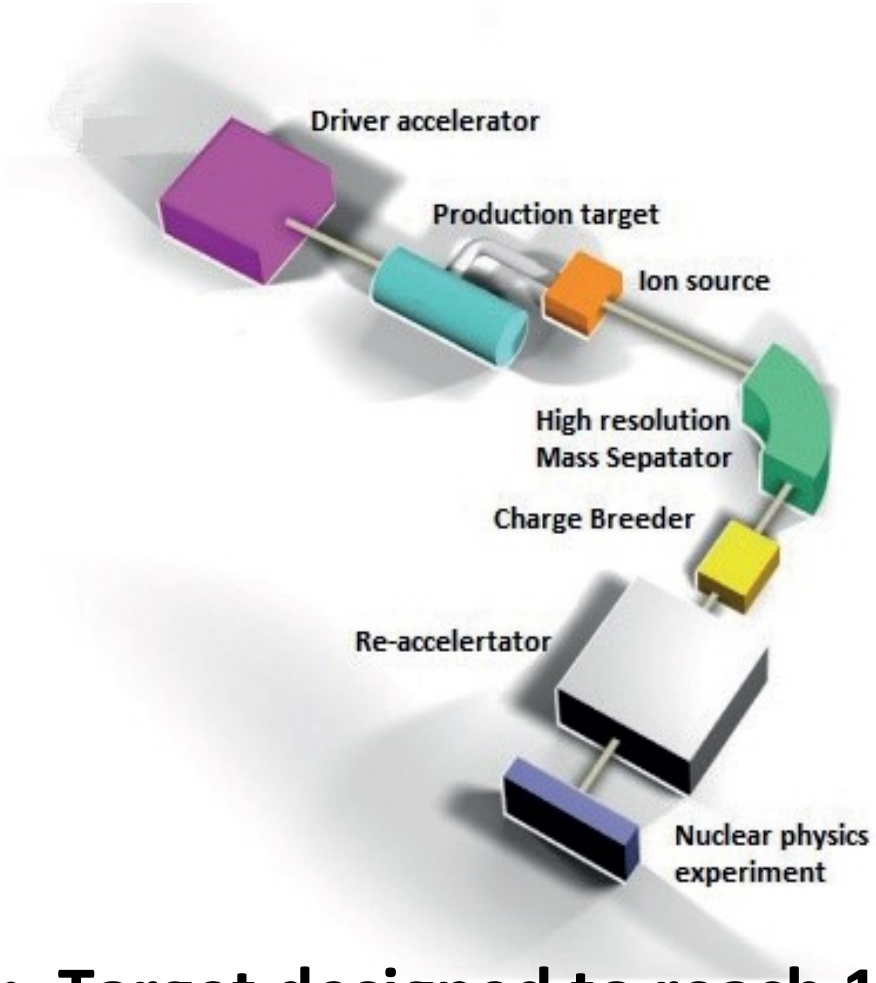
EURISOL Distributed Facility (DF) Initiative





- A **distribute laboratory** for radioactive beams:
- **More exotic beams** available
- **Coordination of competences** to face EURISOL technologic challenges
- **Joint effort** to manage the activity at European level

I vari elementi di SPES α+β



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 ?

SPES-γ
Nuclei per la salute (LARAMED)

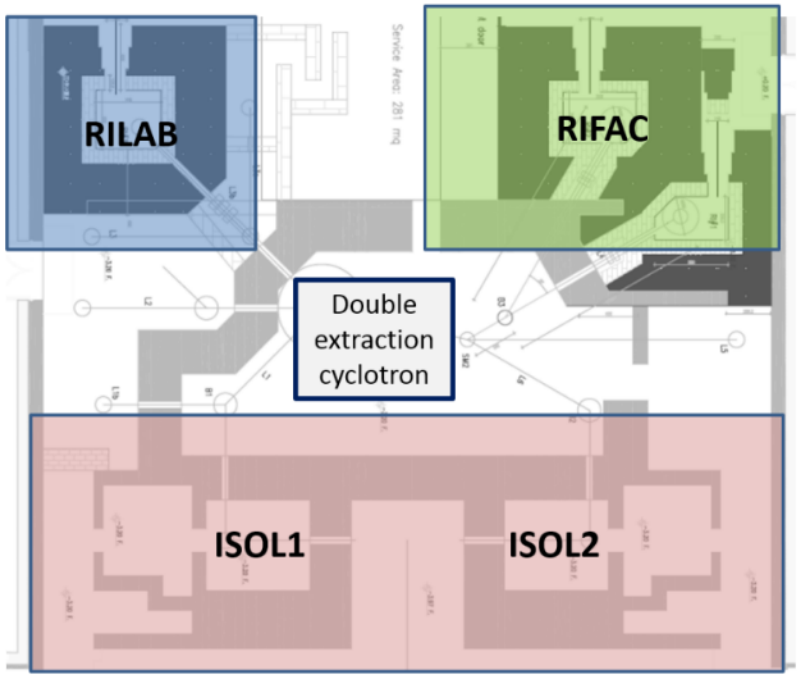
- **Una infrastruttura per ricerca e produzione di radioisotopi di interesse medico**

- **LARAMED =**

  LAboratorio

  RAdioisotopi per

  MEDicina



Perche'
LARAMED ?

- **Il campo presenta fisica e tecnologia interessanti (e.g.** APOTEMA, TECNOSP, COME **)**

- **La condivisione delle nostre attrezzature con altre comunità scientifiche è un obbligo.**

- **Il riconoscimento del ruolo della fisica nucleare per la salute e' un importante bonus per tutti noi fisici**

- **I fondi esterni che possono esser generati dai radioisotopi sono una necessità per operare SPES**

- **La grande sfida : e' l' INFN pronto per una partnership con aziende private?**

Le tappe di LARAMED

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

2012: INFN e CNR col supporto di BEST-Medical International, hanno proposto al governo la creazione di LARAMED

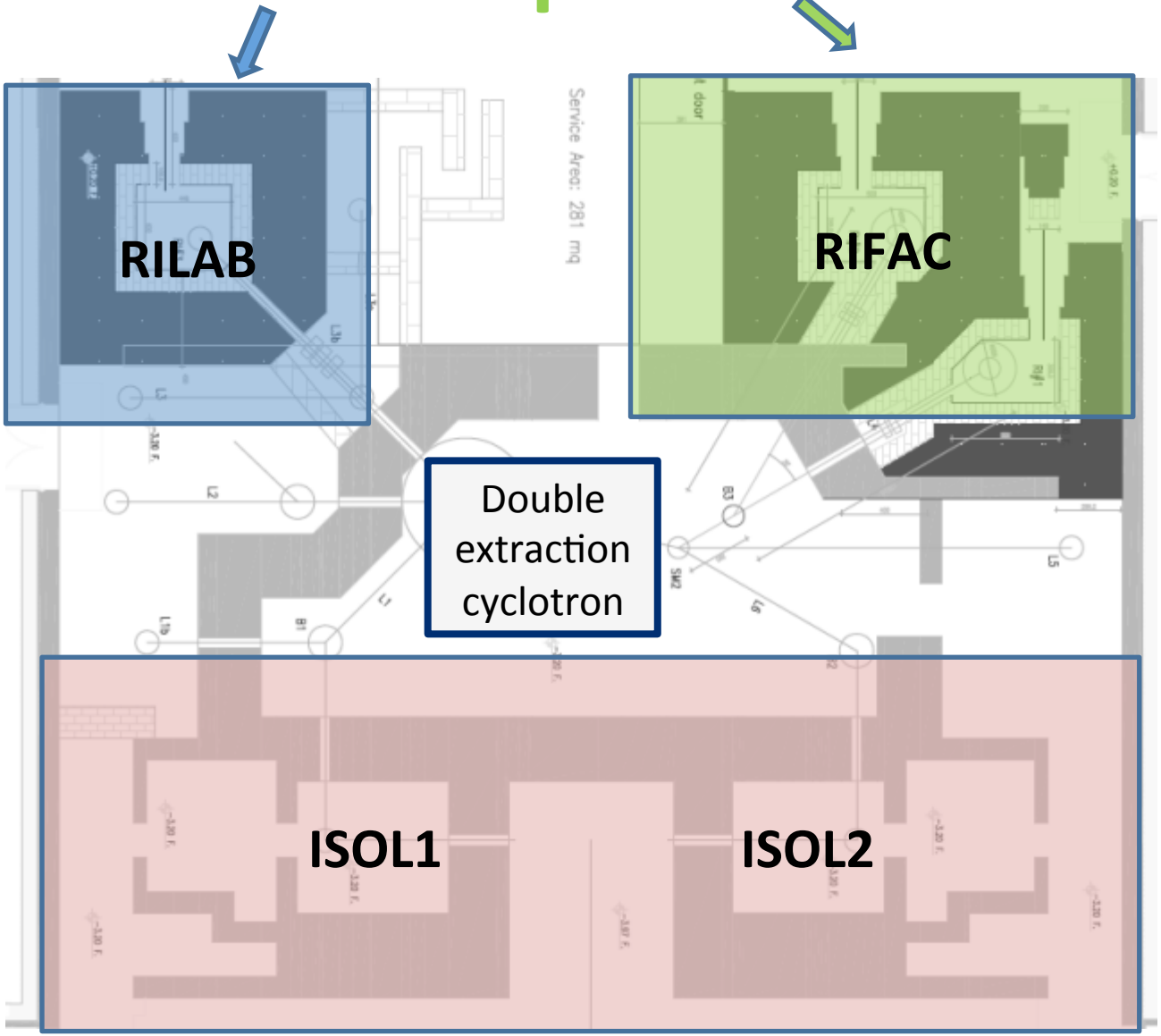
2013-2016: La costruzione di LARAMED e' finanziata con due successivi progetti premiali

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

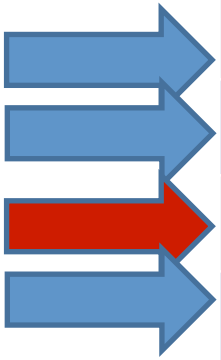
Autunno 2016: Le trattative fra INFN e BEST sono in fase avanzata

Organizzazione del progetto:

ricerca e produzione



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

(Duatti)

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**

I fondi dei progetti premiali sono usati principalmente per la realizzazione di infrastrutture; gli esperimenti vanno finanziati dalle commissioni scientifiche nazionali

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

SPES-δ: Multidisciplinary Neutron source

- **Sorgenti di neutroni basate su acceleratori hanno svariate applicazioni (studi per la fusione nucleare , proprietà dei materiali, caratterizzazione rifiuti radioattivi, BNCT..)**

- **Un fascio di neutroni originato dal ciclotrone e' previsto nel nuovo progetto premiale, presentato da LNL con TIFPA**

- **Una prima fase del progetto MUNES (Multidisciplinary neutron source), e' stata finanziata come progetto premiale**

- **In MUNES si sfruttano gli studi compiuti riguardo all'uso di un RFQ come driver di SPES, prima della scelta del ciclotrone.**

RFQ

- Radio frequency quadrupoles are a tradition of LNL
- The MUNES 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, istallato in Giappone nel 2016

Frutto della collaborazione dei LNL con le sezioni di PD, TO, BO

Il contributo dell' INFN a

EUROPEAN SPALLATION SOURCE

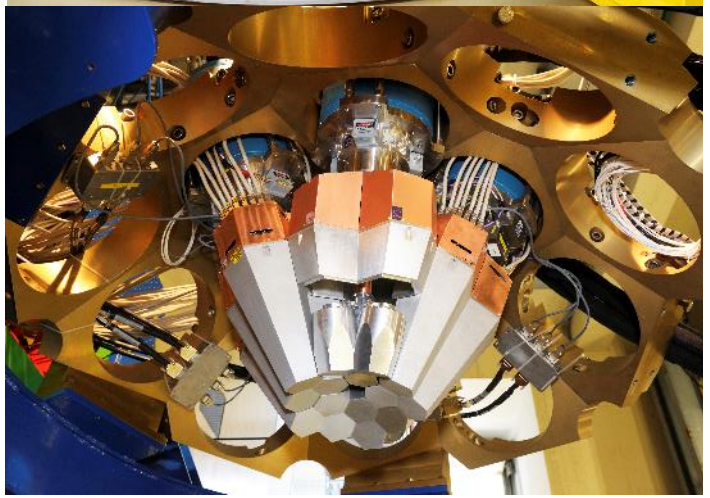
Frutto della collaborazione tra LNL LNS TO MI

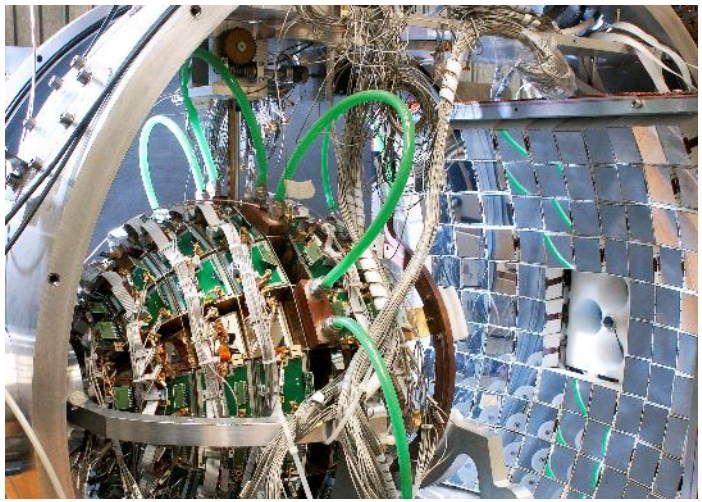
SPES IFMIF ESS

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

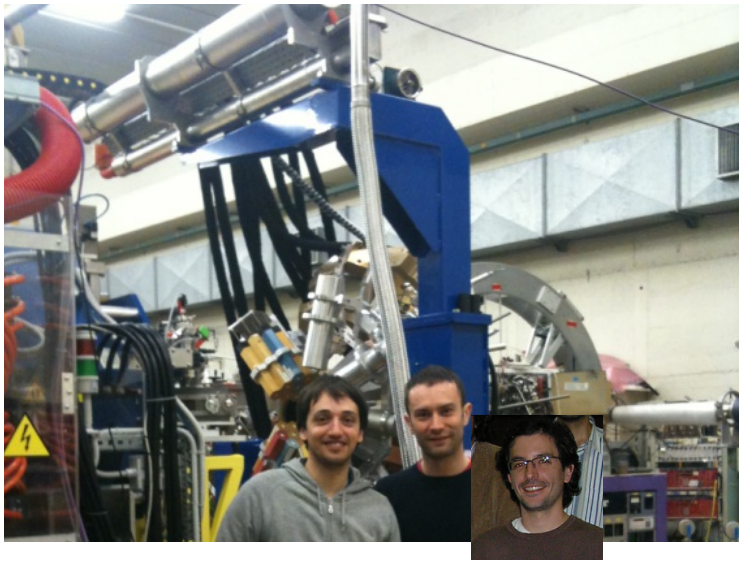
Rivelatori: da SPES a PADRI

- 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), compito della CSN III**





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 (**ITALRAD)**

Scienza e applicazione
hanno bisogno l’una dell’altra

Grazie a

- Tutti per esser venuti a Legnaro e per l'attenzione
- All'INFN per aver scelto Legnaro come sede del PT
- Al management dell' INFN per aver sempre dato fiducia e sostegno ai LNL e al loro direttore, 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
- Al personale di altre sedi, in particolare LNS, PD, TO, BO, per la collaborazione ai progetti del laboratorio
- Ai nostri giovani, senza i quali non c'e' futuro

INFN e università
han bisogno l'uno dell'altra