

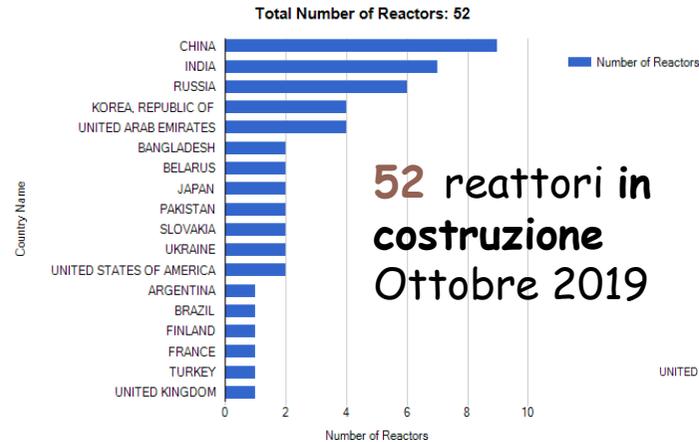
IL PROGETTO INFN_E: APPLICAZIONI DI RIVELATORI E TECNOLOGIE NEL CAMPO DELL'ENERGIA

M. Ripani
Sezione di Genova

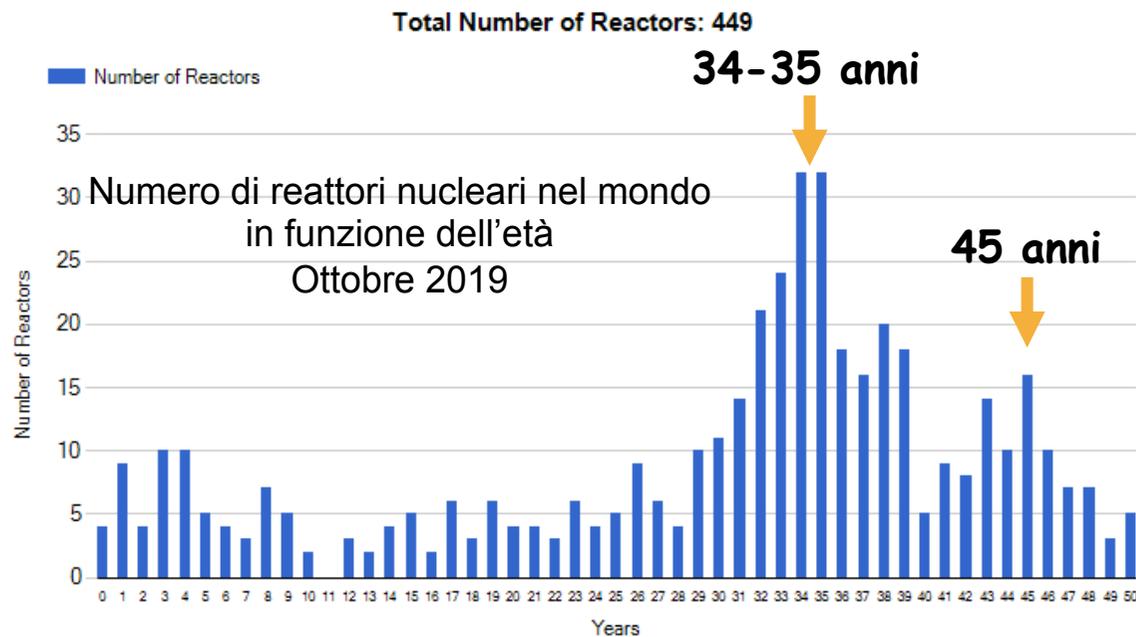
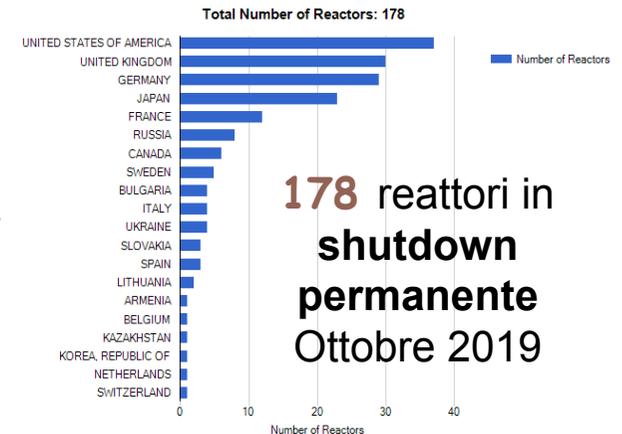


- ✓ Fissione e rifiuti radioattivi
- ✓ L'impresa della fusione e il programma italiano
- ✓ INFN-E perché e come funziona
- ✓ Esempi di attività
 - ❑ Tecnologie per il monitoraggio di manufatti e siti
 - ❑ Sistemi a fissione di nuova generazione (reattori veloci e ADS)
 - ❑ Diagnostiche per fissione e fusione
 - ❑ Iniezione di atomi nel plasma
 - ❑ Fusione polarizzata
- ✓ INFN-E e le altre attività in ambito fusione
- ✓ TT, fondi esterni, ecc

TENDENZE MONDIALI



Fonte:
[IAEA Power Reactor Information System \(PRIS\)](#)



Alcuni paesi hanno deciso il "phase-out" (Belgio, Germania, Spagna, Svizzera)
Altri considerano 40 anni come tempo operativo massimo

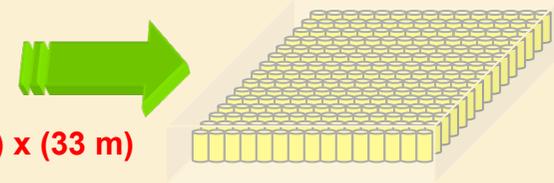
INVENTARIO MONDIALE DEI RIFIUTI RADIOATTIVI

IAEA 2015

(Net-Enabled radioactive Waste Management DataBase, NEWMDB)

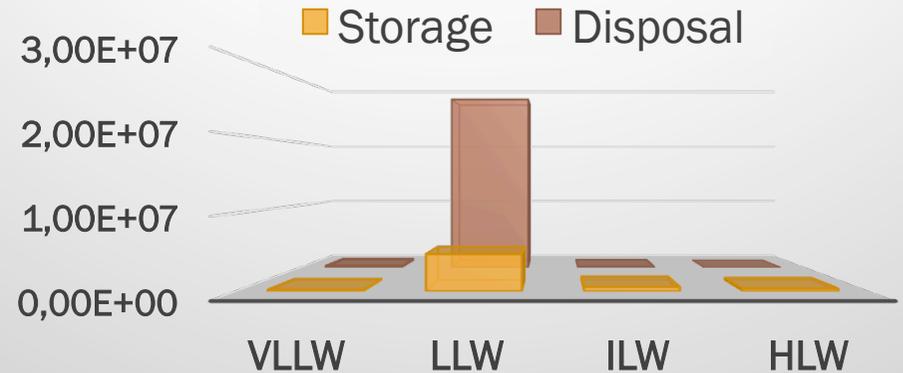
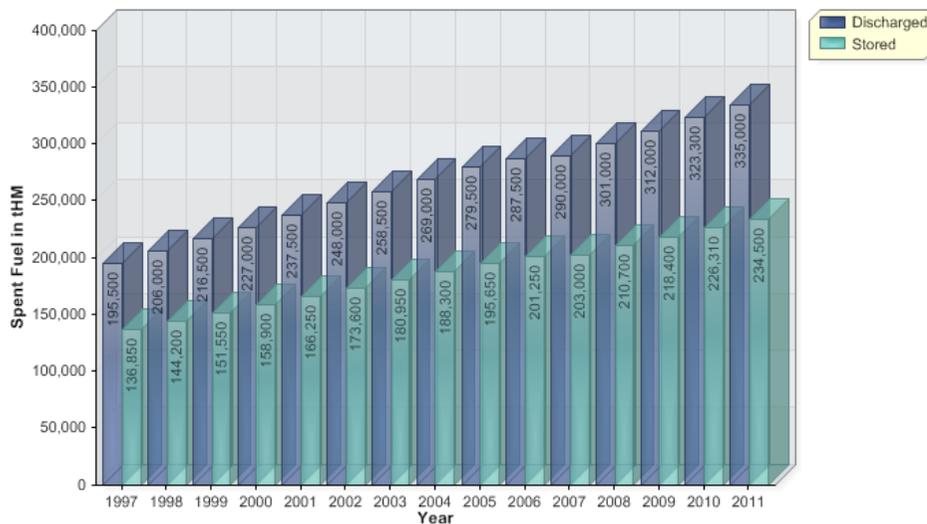
Totale \approx 33 milioni di m^3

Equivalente a



(1 km) x (1 km) x (33 m)

Accumulo combustibile esaurito nel tempo (tonnellate)



VLLW = Very Low Level Waste
 LLW = Low Level Waste
 ILW = Intermediate Level Waste
 HLW = High Level Waste (ex. Spent Fuel)

Classificazione dipende da

- Attività
- Vita media radionuclidi
- Produzione di calore

GESTIONE DEI RIFIUTI RADIOATTIVI



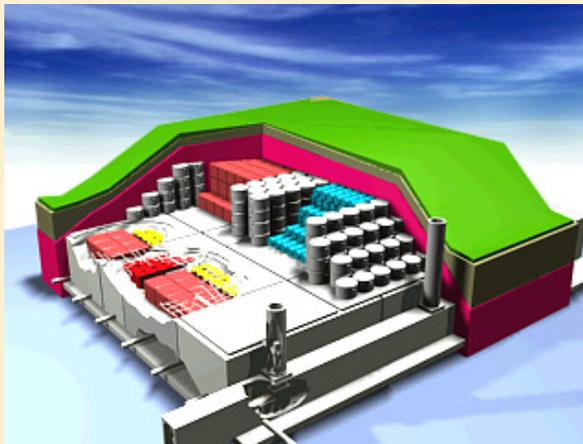
La situazione attuale

3 soluzioni principali per stoccaggio/smaltimento:

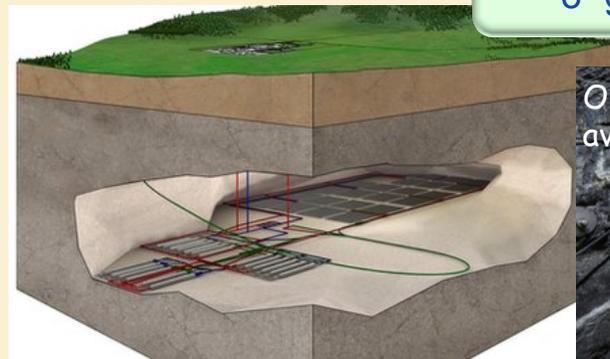
Stoccaggio "ad interim"



Smaltimento in depositi di superficie o semiinterrati (VLLW, LLW, ILW)



Smaltimento in depositi profondi o "geologico" (ILW, HLW)



Olkiluoto, Finlandia, il progetto più avanzato nel mondo



RUOLO DELLE TECNOLOGIE NUCLEARI

The Long Term Storage of Radioactive Waste: Safety and Sustainability

A Position Paper of International Experts



Storage of radioactive waste has been demonstrated to be safe over some decades and can be relied upon to provide safety **as long as active surveillance and maintenance is ensured**

...the highest safety standards in the nuclear domain can be attained by the continuous process of **industrial innovation...**



Dal Work Programme Euratom 2018

The nuclear industry has not adequately exploited or implemented current technological capabilities...Need for improved and efficient decommissioning strategies and technologies is pressing...**make more effort on innovation...**



Dal Work Programme Euratom 2019

DECOMMISSIONING E GESTIONE RIFIUTI



Missione → offrire strumentazione innovativa per il monitoraggio delle fasi di stoccaggio e trasporto



migliorare nelle sue varie fasi la gestione, incluso quella della «legacy waste» dal passato...



minimizzare l'intervento umano diretto (incidenti, errori umani, azioni criminali)



Migliorare la capacità di prevenire, individuare e intervenire su errore umano, incidente, furto, sabotaggio, accesso non autorizzato, trasferimento illegale, altre possibili azioni criminali



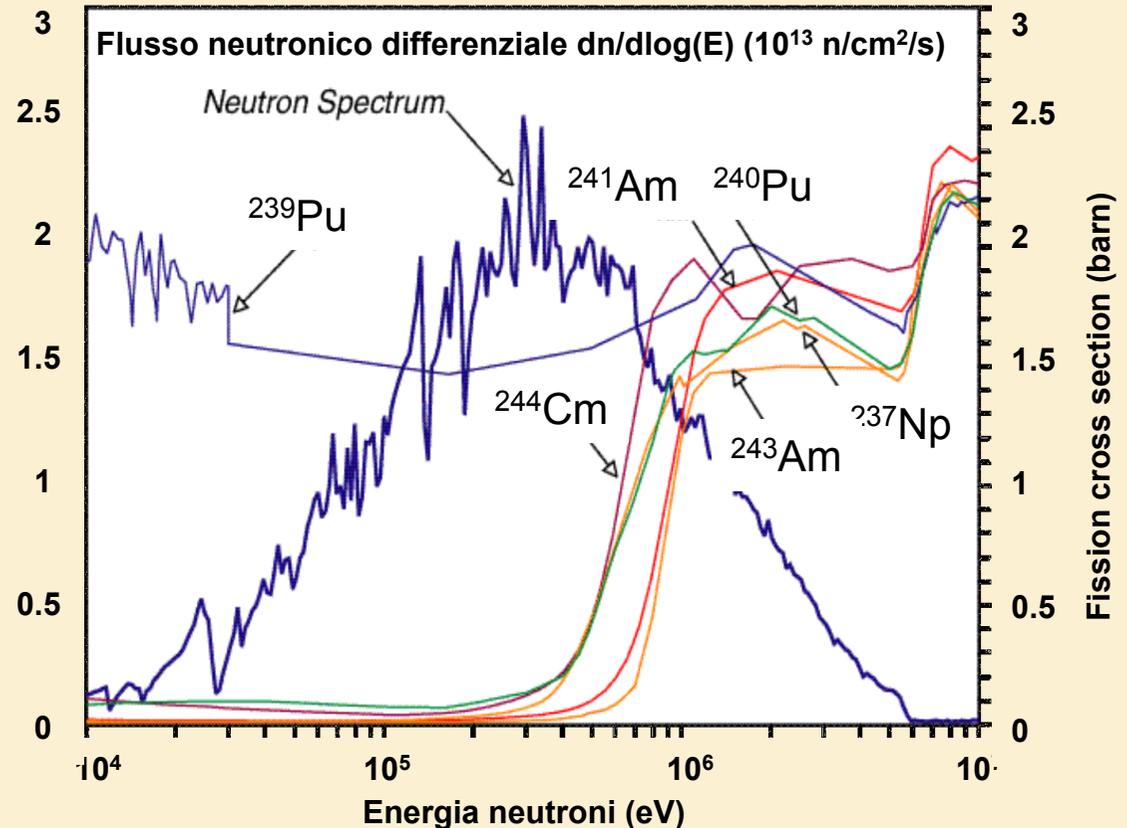
metodi convenzionali

nuove tecnologie



INCENERIRE INVECE CHE SEPPELLIRE ?

- ❑ Molti transuranici hanno una **soglia di fissione** intorno al **MeV**
- ❑ **Neutroni veloci** → possono distruggere questi isotopi in **sistemi veloci, reattori o Accelerator Driven Systems (ADS)**
- ❑ **Occorre minima moderazione** → **gas, sodio, piombo, etc.** come refrigerante

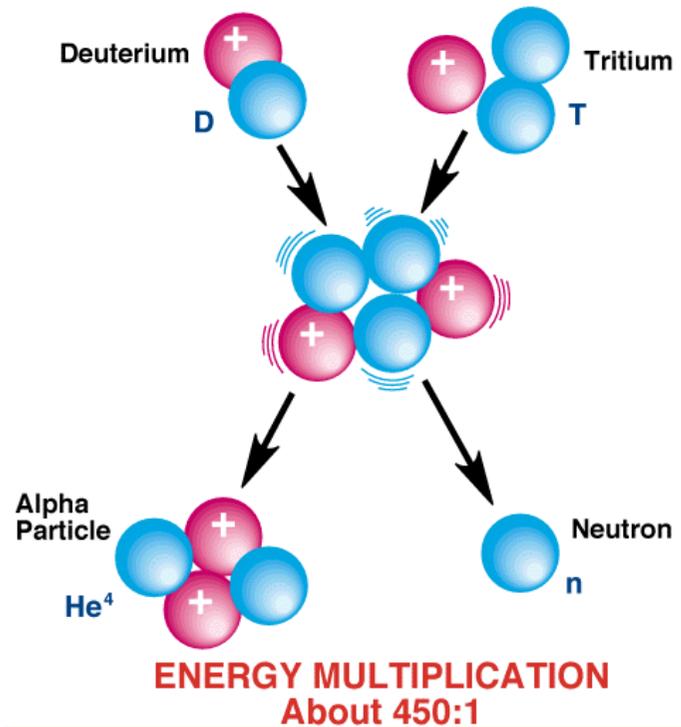


- ADS veloci → buoni candidati come inceneritori di scorie
- Dai transuranici (alta attività e lunga durata) prodotti dai reattori attuali a frammenti di fissione di durata molto più breve, da conservare in depositi temporanei di superficie

TENDENZE MONDIALI: FUSIONE NUCLEARE

You can also obtain energy by merging two nuclei together

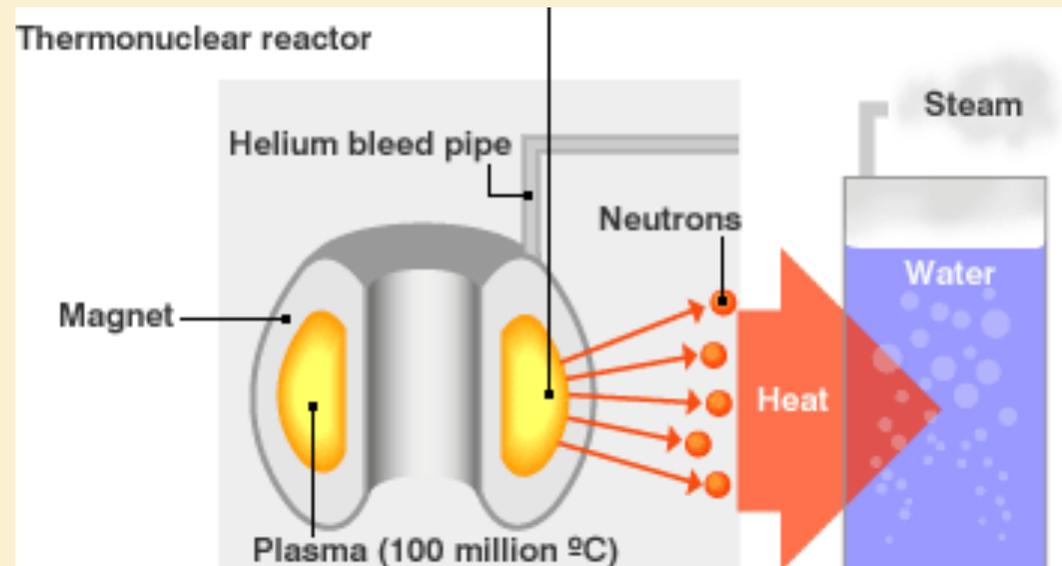
Deuterium–Tritium Fusion Reaction



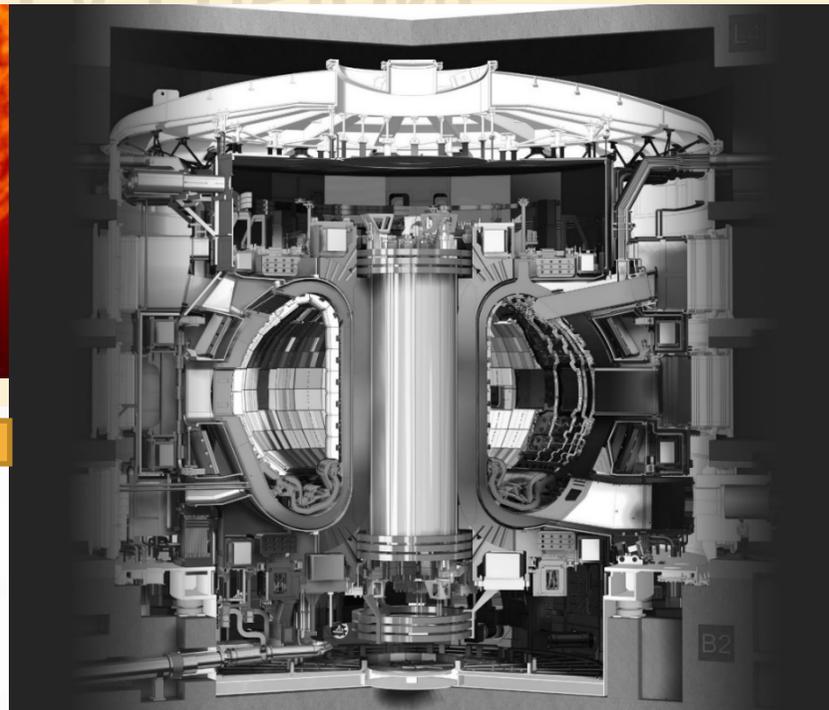
This is called **Nuclear Fusion**
the mechanism at work in the stars
→ can become a cleaner energy source
(much less long-lived radwaste produced)



R&D is ongoing but the road is a long one



ROADMAP DELLA FUSIONE



ITER



DEMO

Current roadmap for ITER...

ST PAUL-LEZ-DURANCE, France (16 June 2016)

Concluding a two year effort by the ITER Organization and the seven Domestic Agencies to establish a new baseline schedule, the ITER Council has endorsed the updated **Integrated Schedule for the ITER Project**, which identifies the date of **First Plasma as December 2025**

...and for DEMO

In the European strategy **DEMO** is the only step between ITER and a commercial fusion power plant. To meet the goal of **fusion electricity demonstration by 2050**, **DEMO construction has to begin in the early 2030s** at the latest, to allow the **start of operation in the early 2040s**

ITER E IL "BROADER APPROACH"

Technology R&D

Structural Materials

Test Blanket Modules

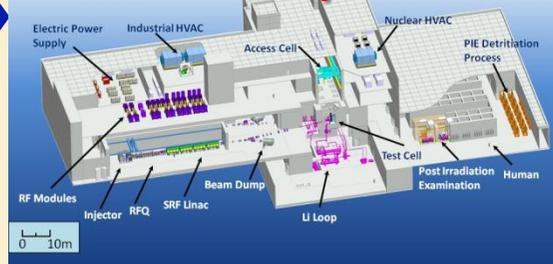
Components

- SC Magnets
- Tritium Handling System
- **Plasma Facing Components**
- Remote Maintenance System
- **Heating Systems**
- Safety

Plasma Physics R&D

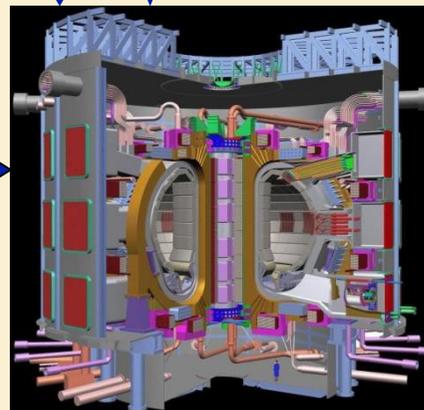
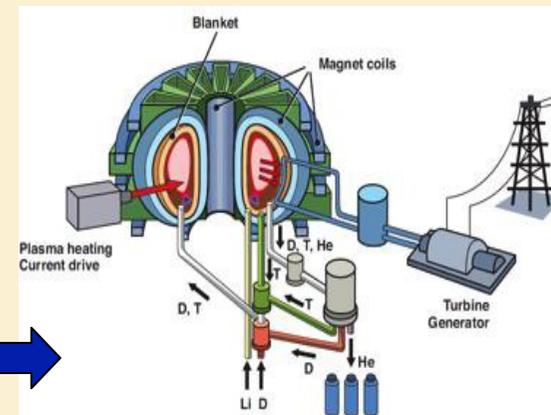
- Confinement
- Impurity Control
- Stability
- ...

International Fusion Materials Irradiation Facility



IFMIF

Blanket tests
in ITER



ITER

DEMO

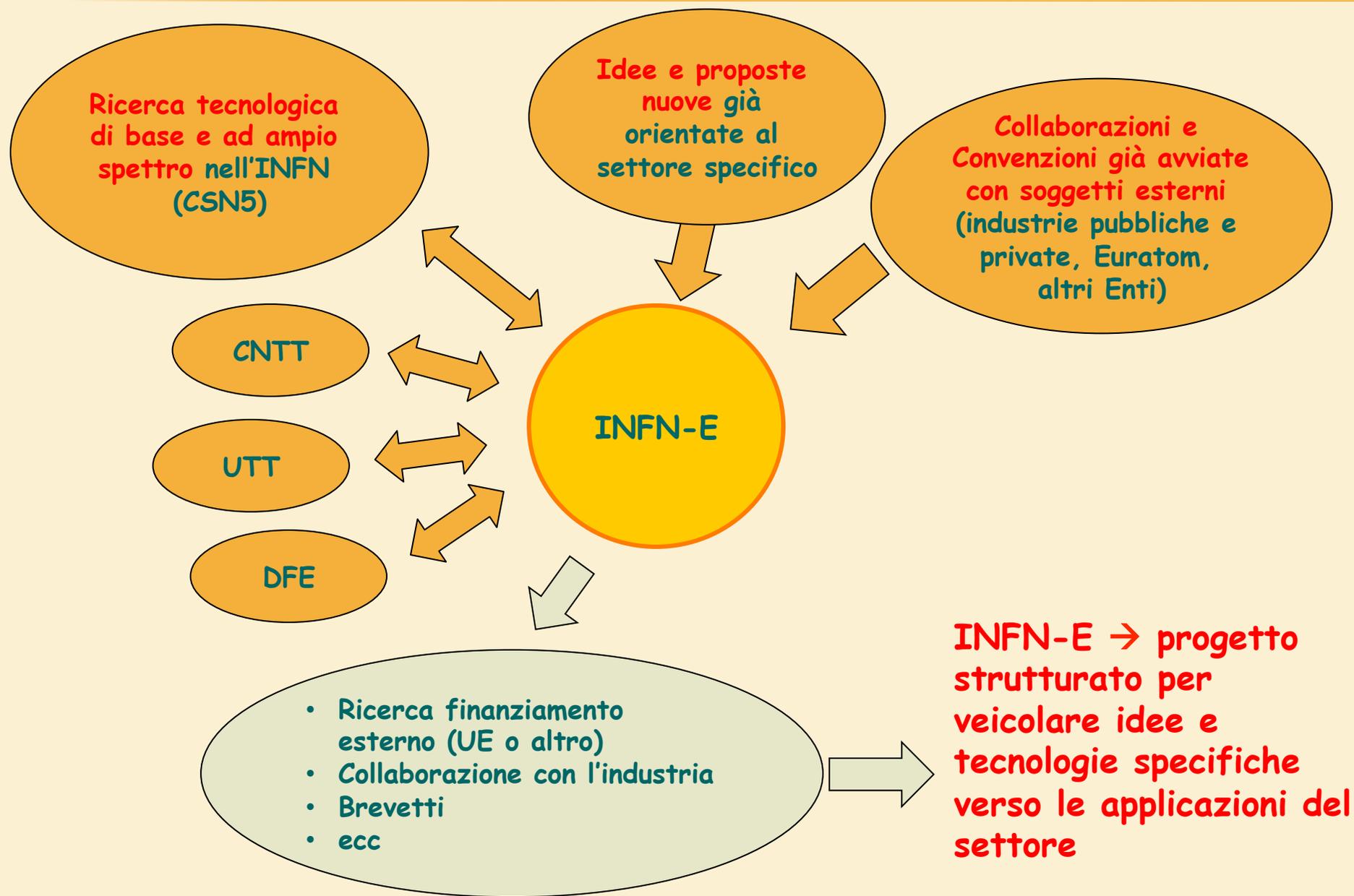
Fusion Power Plants

IL PROGRAMMA ITALIANO

- Un **programma italiano sull'energia da fusione** è stato definito nel 2006 dal coordinamento italiano fusione, in accordo col ministro Moratti ed i presidenti di ENEA, CNR e INFN
- I campi di intervento italiani sono:
 - Responsabilità per lo sviluppo di diagnostiche e sistemi di riscaldamento di ITER
In particolare la **realizzazione da parte del consorzio RFX(*) del sistema iniezione atomi neutri (NBI)**
 - Le attività attribuite all'Italia nell'accordo Europa-Giappone "broader approach"
in particolare **IFMIF**
 - Programma di ricerca sperimentale sugli impianti FTU e RFX, ricerca teorica e simulazione numerica
 - Programma di ricerca tecnologica a supporto di ITER e di DEMO
 - Recentemente si è aggiunta al programma la realizzazione a cura dell'ENEA del nuovo **tokamak DTT** (approvato da Euratom)

(*) CNR, ENEA, **INFN**, Università di Padova, Acciaierie Venete

INFN-E: UNO STRUMENTO DEDICATO



COMPETENZE E TEMATICHE

Competenze dell'Ente

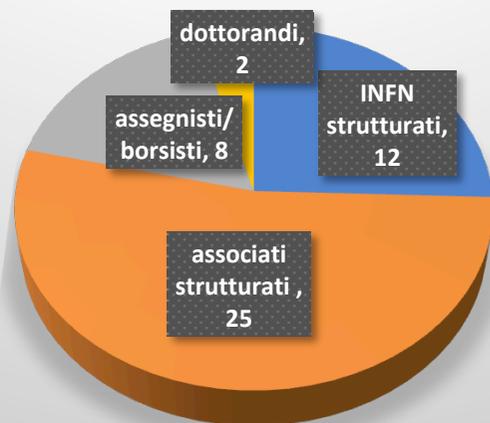
Problematiche specifiche legate all'energia

- ✓ Decommissioning siti nucleari
- ✓ Siti di stoccaggio di rifiuti radioattivi
- ✓ Sicurezza industriale e pubblica, sicurezza ai varchi
- ✓ Monitoraggio dei reattori
- ✓ Sistemi a fissione di nuova generazione (ADS e reattori veloci) e relativi nuovi approcci di simulazione multifisica
- ✓ Programmi sulla fusione nucleare
- ✓ Misure di neutronica in tutti questi ambiti

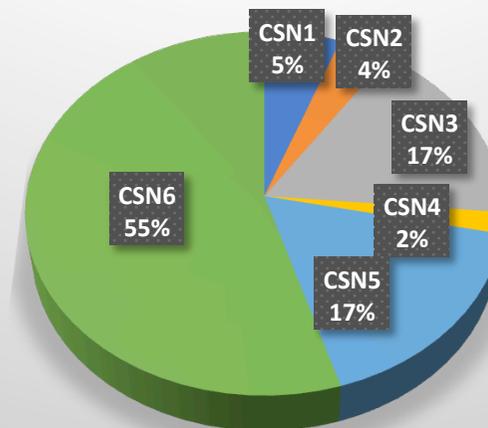
INFN-E: L'ORGANIZZAZIONE

- Coordinatore con mandato di 4 anni
- Budget annuale 200 k€, con cui è possibile finanziare piccoli R&D mirati
- Due osservatori di CSN3 (N. Colonna - Bari, E. Fioretto - LNL)
- Due osservatori di CSN5 (S. Altieri - Pavia, A. Ranieri - Bari)
- E. Nappi segue il progetto per la Giunta
- Coordinatore elabora proposte di finanziamento, le sottopone agli osservatori, quindi alla Giunta
- Sezioni e Laboratori coinvolti nel 2019:
BA, FE, GE, LNF, LNL, LNS, MI, MIB, NA, PD, PV, Roma 2, TIFPA
- Totale persone coinvolte nel 2019: 47 (anche di altri enti o industria) con 14.95 FTE

Partecipanti

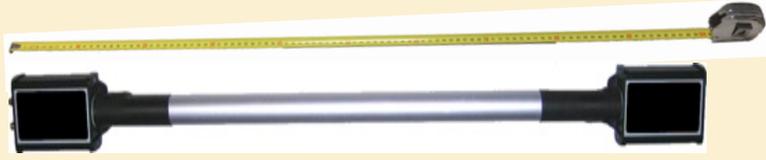


Distribuzione approssimativa per CSN



ESEMPI DI ATTIVITÀ: MONITORAGGIO RADIOLOGICO

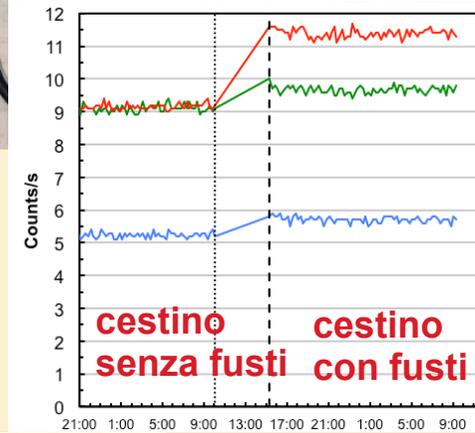
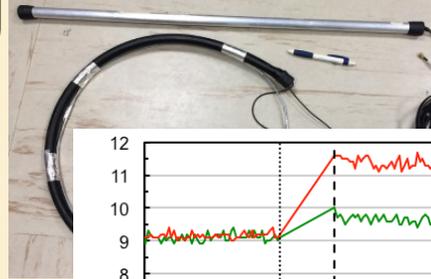
**contatore gamma unidimensionale
compatto a basso costo**



sviluppato con il supporto di
Ansaldo Nucleare



test effettuati in
collaborazione con SOGIN



Drum 1 (1373)
25-26 June 2014

- repA_R1C1L1D1-F3
- repA_R1C1L1D1-F1
- repA_R1C1L1D1-F0
- shutdown
- - - restart

cestino senza fusti cestino con fusti

**<con> - <senza> ≈
160 s.d. (in 12 hrs)**

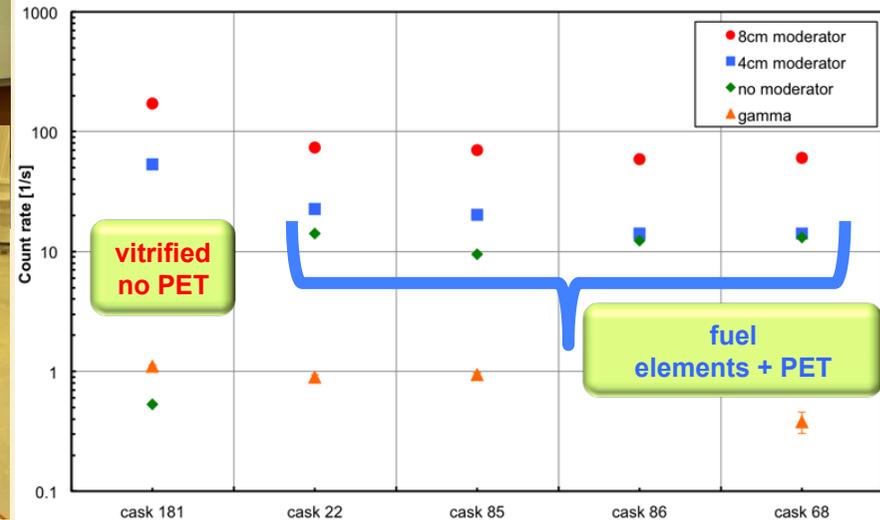
**contatore di neutroni termici
compatto a basso costo**



parzialmente supportato
dal JRC Ispra



test in collaborazione
con ZWILAG,
Svizzera



PROGETTO EURATOM MICADO

AL VIA MICADO, PROGETTO EUROPEO PER IL MONITORAGGIO DEI RIFIUTI RADIOATTIVI

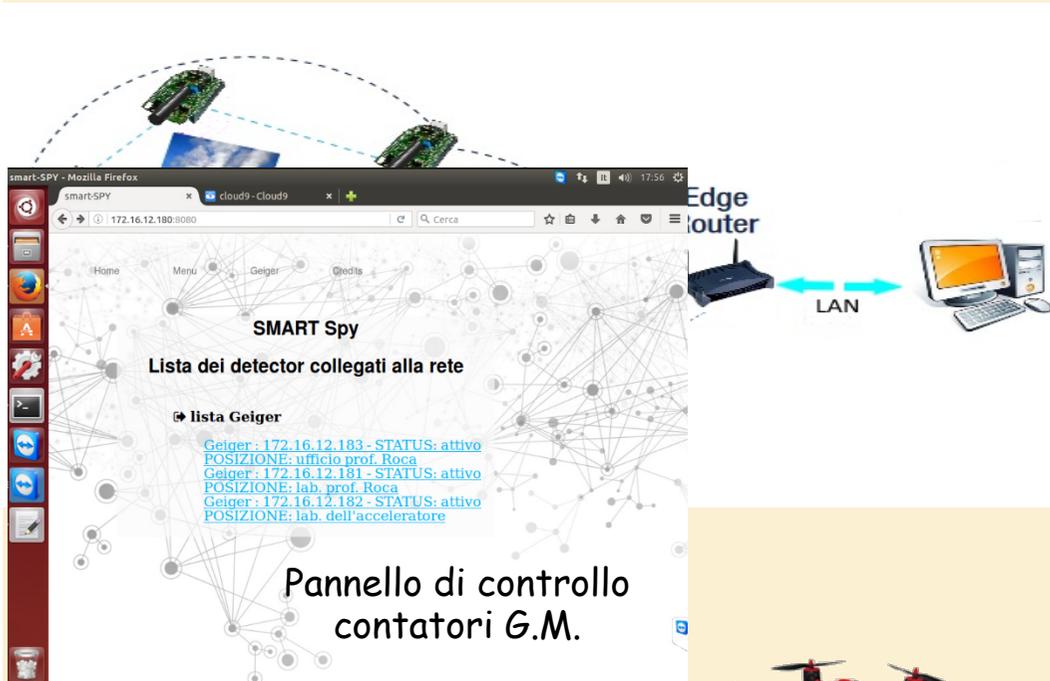


Standardizzare la gestione dei rifiuti radioattivi, a partire dalla loro caratterizzazione non distruttiva fino al trasporto, stoccaggio e monitoraggio in tempo reale. E' questo l'obiettivo del Progetto MICADO (Measurement and Instrumentation for Cleaning And Decommissioning Operations), partito il 3 giugno, grazie a un finanziamento Euratom, e alla sinergia tra 8 partner europei con solida esperienza nel campo dei rifiuti radioattivi, delle tecniche nucleari, dell'elettronica e dell'informatica. I partner italiani, oltre all'INFN che porta le

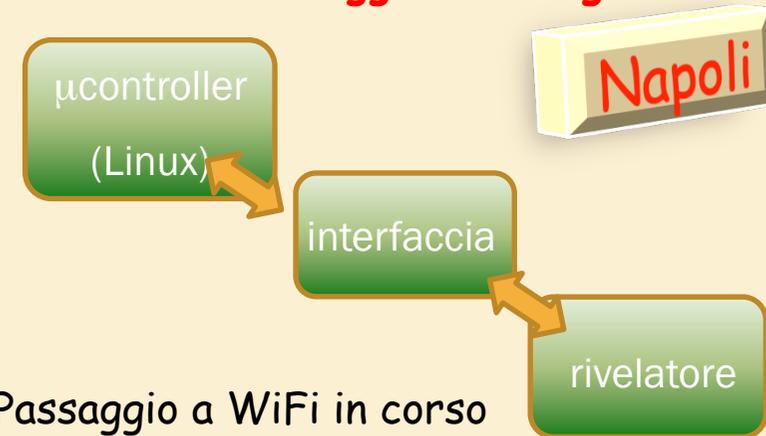
Nome progetto	Sezioni coinvolte	Titolo per esteso	Bando	Finanziamenti all'INFN (k€)
MICADO	LNS	Measurement and Instrumentation for Cleaning And Decommissioning Operations	Horizon 2020 WP: NFRP-2018 (Nuclear Fission, Fusion and Radiation Protection Research) Topic: NFRP-2018-10 - Encouraging innovation in nuclear safety for the benefit of European citizen Type of action: IA Grant Agreement n.847641 Durata: 3 anni Appena partito...	417

finanziato nell'ambito del progetto strategico INFN-Energy, e stata ulteriormente sviluppata grazie al fondamentale contributo della CAEN che ha coinvolto gli attuali partner per arrivare a questo importante risultato" commenta Paolo Finocchiaro, dirigente tecnologo dei LNS.

SENSORI INTELLIGENTI E COMUNICAZIONE SENZA FILI



Smart_spy: Rete di monitoraggio radiologico



Passaggio a WiFi in corso

DRAGoN: Drone for RAdiation detection of Gammas and Neutrons

Padova, TIFPA



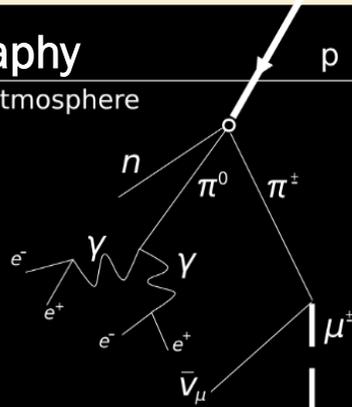
Obiettivi:

- ❑ Dragon's Unmanned Aerial Vehicle (UAV), custom design and construction @ UniTN
- ❑ Modular radiation detection mounting system
- ❑ **Simultaneous gamma and neutron** radiations detection and discrimination
- ❑ **Spectroscopic capabilities** for gamma radiation and radionuclide identification

ISPEZIONI COI RAGGI COSMICI

Radiography

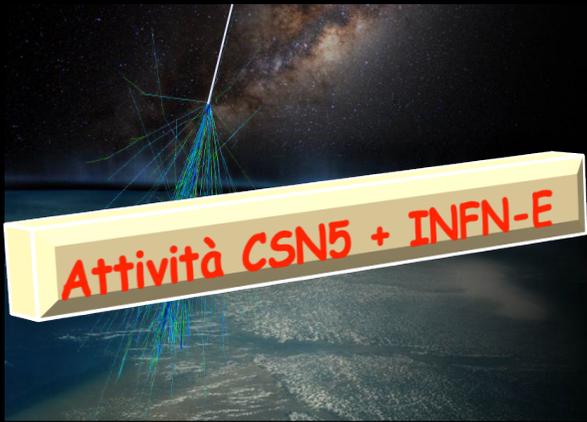
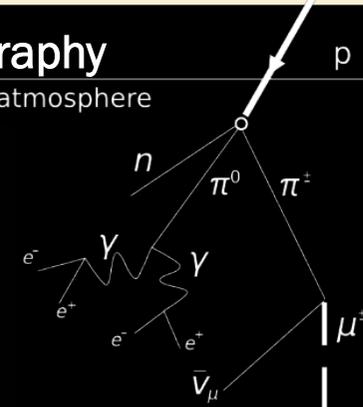
Top of the atmosphere



Firenze,
Napoli

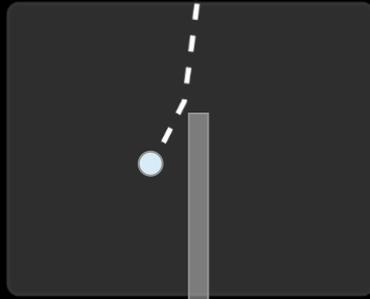
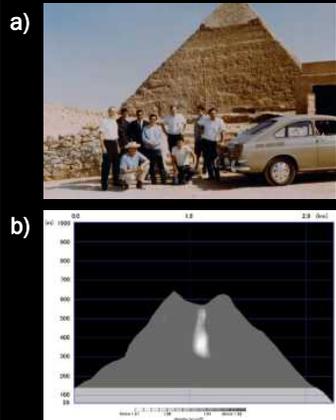
Tomography

Top of the atmosphere



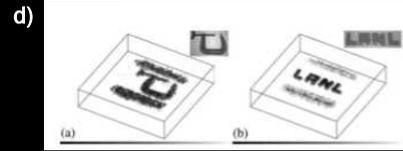
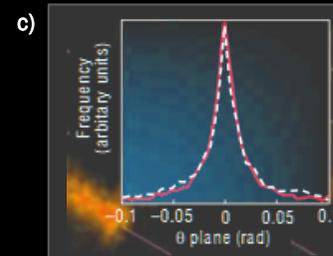
Multiple Coulomb scattering

μ_{in}



Multiple Coulomb scattering

μ_{in}



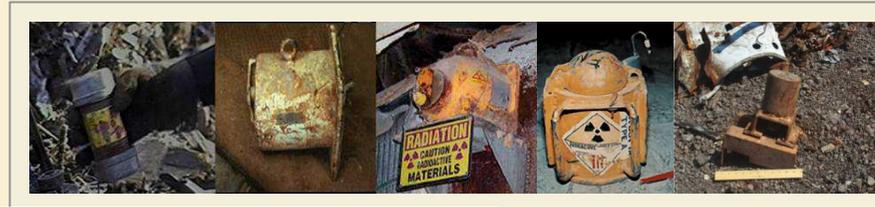
μ_{out}

Padova, Genova, Università di
Brescia, Università di Padova

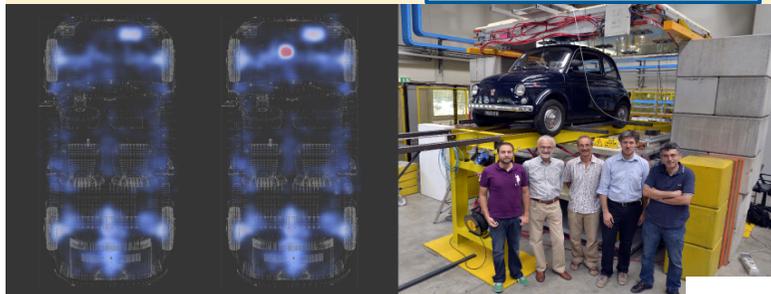
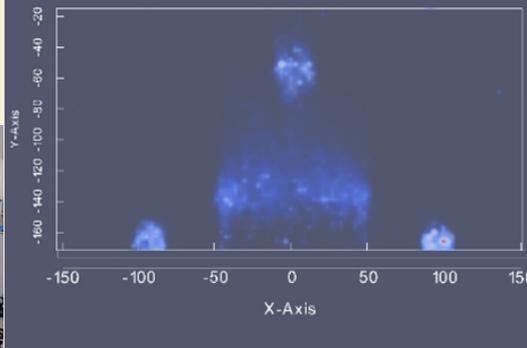
DALLE SORGENTI ORFANE AI CONTENITORI DI COMBUSTIBILE ESAUSTO

Rivelazione di sorgenti "orfane" (abbandonate nei rottami)

Test con blocco di piombo inserito in contenitore di rottami metallici

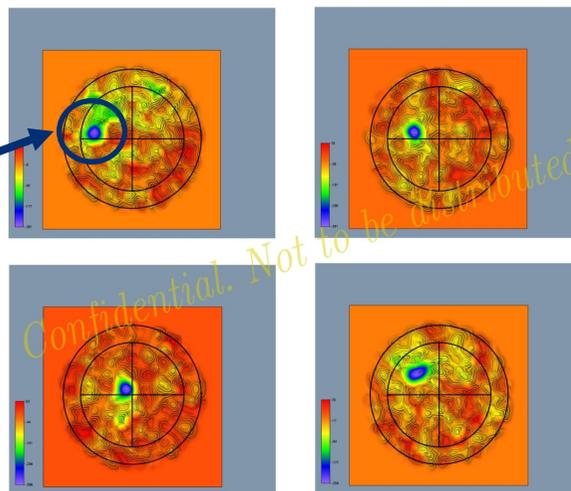


L'immagine rivela la struttura più densa in 5 min di presa dati



Simulazione di 1 hr di esposizione

Viene rivelata la sottrazione di un elemento di combustibile dal contenitore



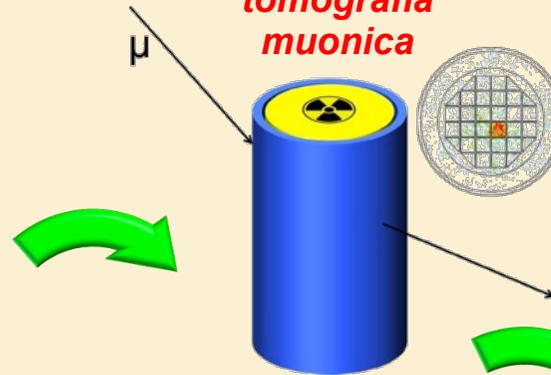
IN SINTESI: IMPRONTA RADIOLOGICA

neutroni e gamma forniscono informazioni dall'interno



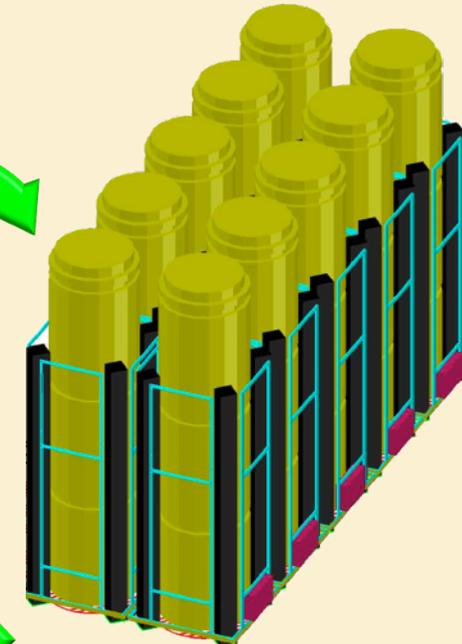
un cambiamento inatteso dei tassi di conteggio è un'indicazione di anomalia

tomografia muonica

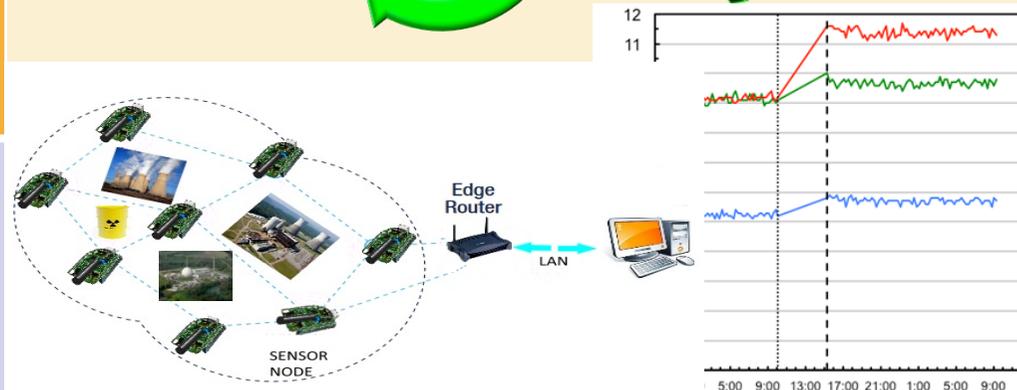


stoccaggio e monitoraggio con griglia di sensori = impronta radiologica

trasporto

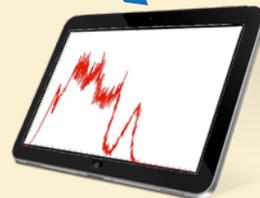
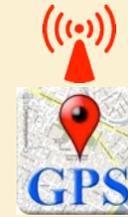
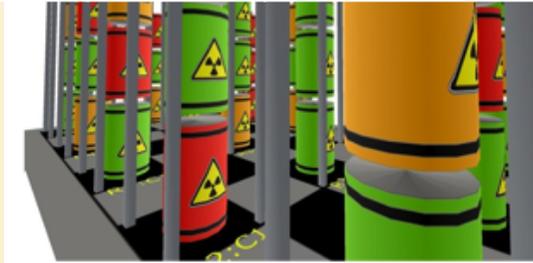


Nome proposta in corso di valutazione	Sezioni coinvolte	Bando
PreDisposal RadWaste	LNS, NA, PD	Horizon 2020, WP Euratom Topic: NFRP-2019-10 - Developing pre-disposal activities identified in the scope of the European Joint Programme in Radioactive Waste Management



IN PROSPETTIVA

Nome proposta in corso di valutazione	Sezioni coinvolte	Bando
CleanDem	GE,LNS,PD	Horizon 2020, Work Programme Euratom Topic: NFRP-2019-9 - Fostering innovation in decommissioning of nuclear facilities



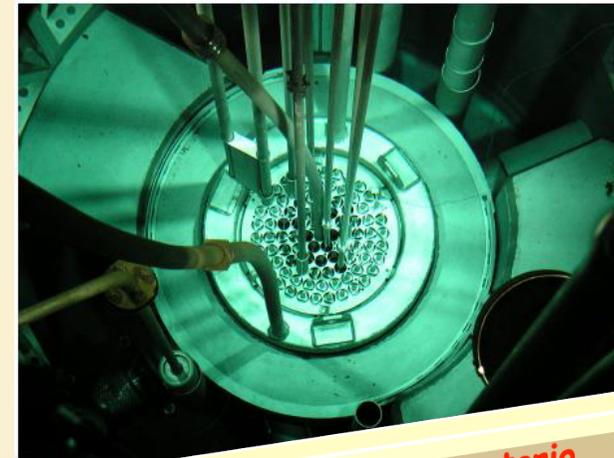
SUPPORTO AGLI STUDI SUI REATTORI VELOCI



ARCO_FAST

Implementation of
multiphysics model of the
reactor

Systematic study of fast
neutron components in
various locations



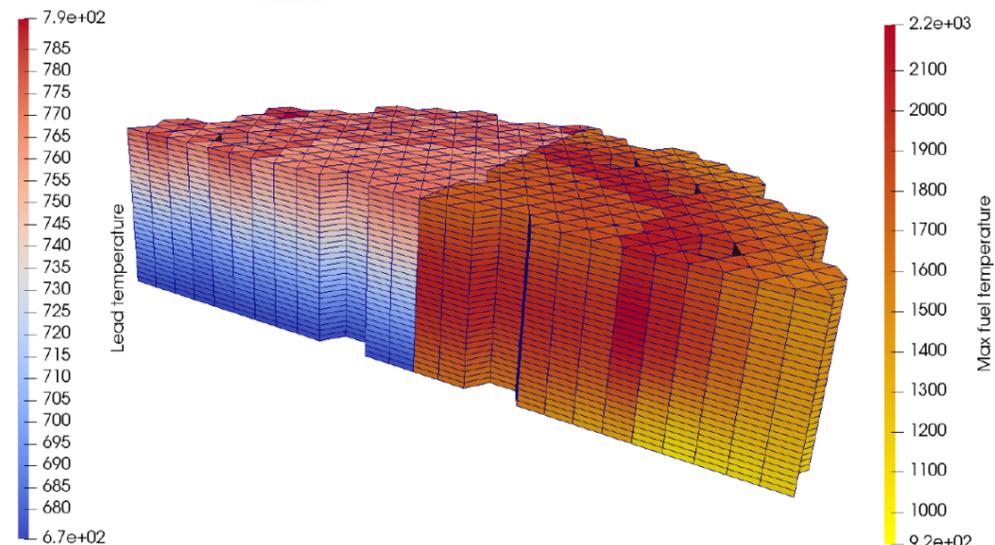
**Triga irradiation channel
refurbishment to exploit
fast component**

**Milano Bicocca, Pavia e Laboratorio
Energia Nucleare Applicata Università
di Pavia**

OCAPIE (progetto calcolo parallelo
finanziato da Compagnia San Paolo)

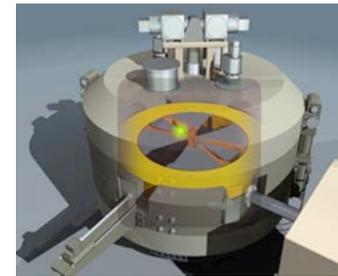
Coupled neutronic and thermal-hydraulic
simulations of ALFRED core (reattore veloce
raffreddato a Piombo liquido)

**Genova in collaborazione con Ansaldo
Nucleare e Milano Multiphysics**



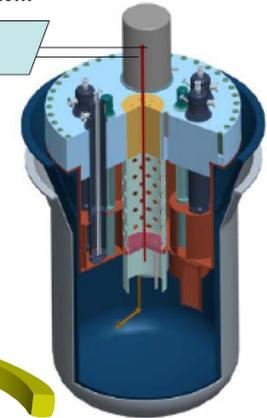
REATTORI PILOTATI DA ACCELERATORI E REATTORI A FUSIONE

- In the subcritical reactor, the chain reactor works only with an external neutron source
- Currently, **MYRRHA** (Multipurpose hybrid Research Reactor for High-tech Application) is the leading project in the EU
- Proposal for a research and training facility → continued within **EU-project Chanda** and extended to Fusion Driven Systems → Supported by **Centro Fermi**

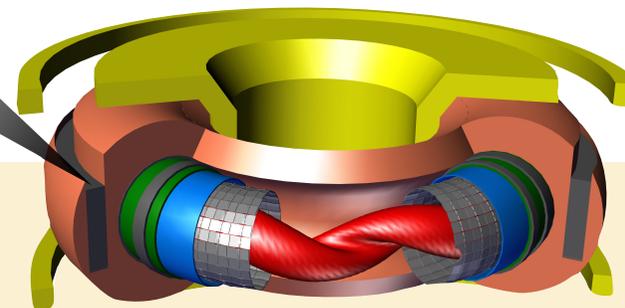
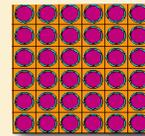


Proton accelerator

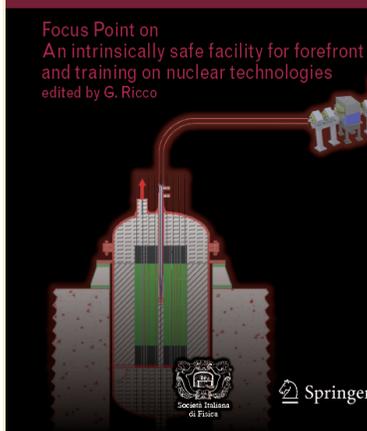
Beam transport system



Subcritical reactor



Inoltre, attività di Fisica Nucleare Teorica sui sistemi sottocritici, in collaborazione con Politecnico di Torino



Eur. Phys. J. Plus (2019) 134: 195 DOI 10.1140/epjp/12019-12551-0

An ADS irradiation facility for fast and slow neutrons

Fabio Panza et al.



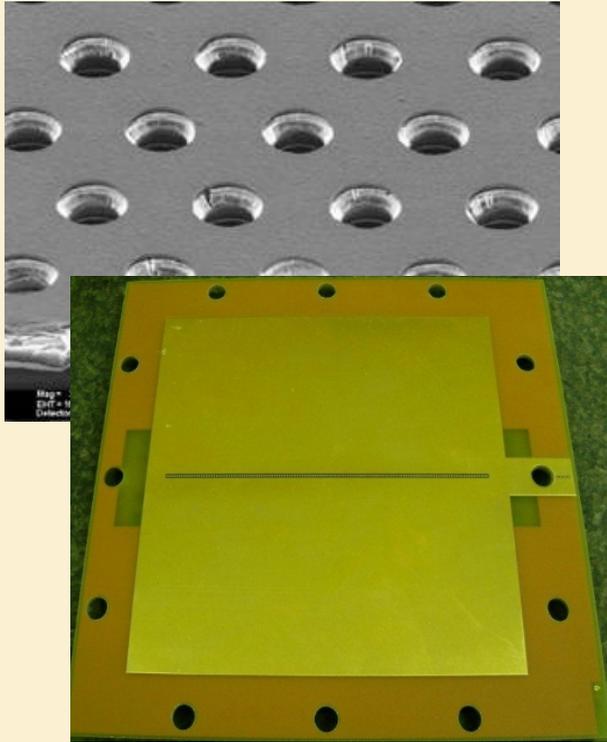
Nome proposta in corso di valutazione	Sezioni coinvolte	Bando
ADSMR <i>Capofila CERN</i>	GE, LNL, LNS	Horizon 2020, WP Euratom Topic: NFRP-2019-5 - Support for safety research of Small Modular Reactors

DIAGNOSTICHE INNOVATIVE: IMMAGINI DAI RAGGI X DEL PLASMA CON LE GEM

INFN also develops **innovative diagnostics** for fusion Example from **Korean Tokamak Kstar**

time resolution : 2ms

colormap is normalized by the max. value in the interval

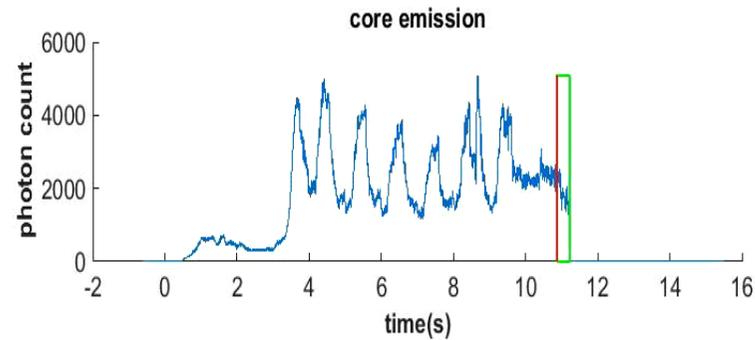
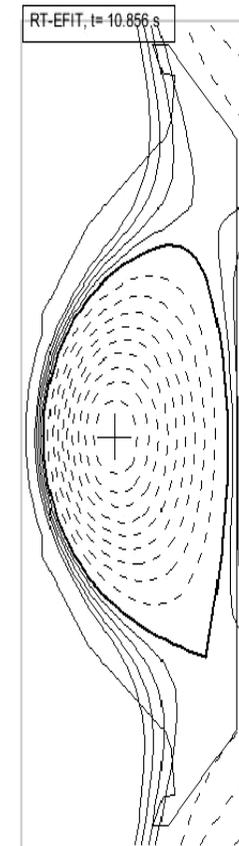
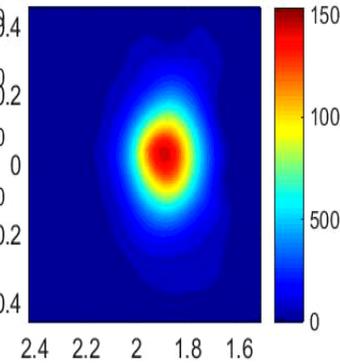
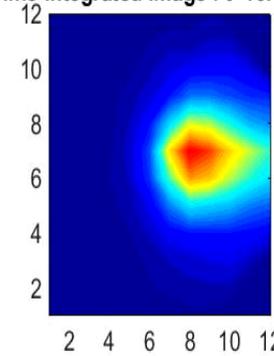


Line-integrated

Reconstructed

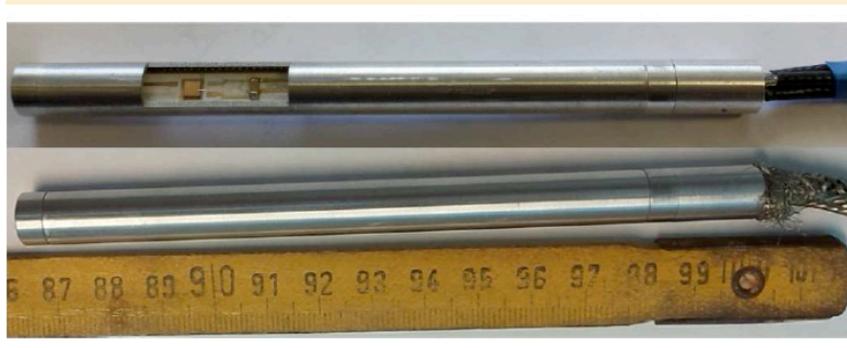
line-integrated image : t=10.857s

Reconstruction : t=10.857s



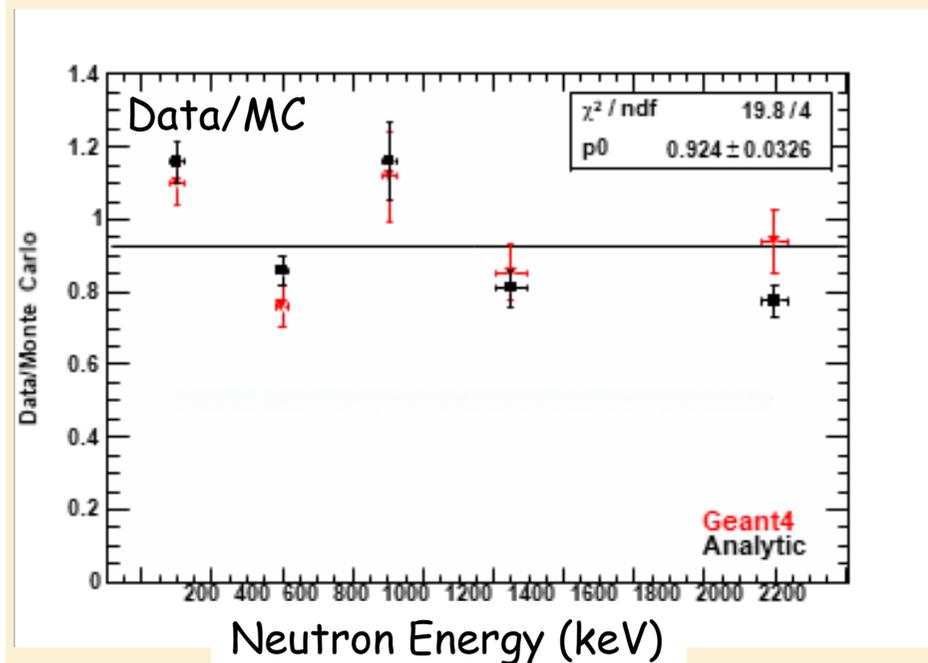
LNF
in collaborazione con
ENEA Frascati

DIAMANTI PER FISSIONE E FUSIONE



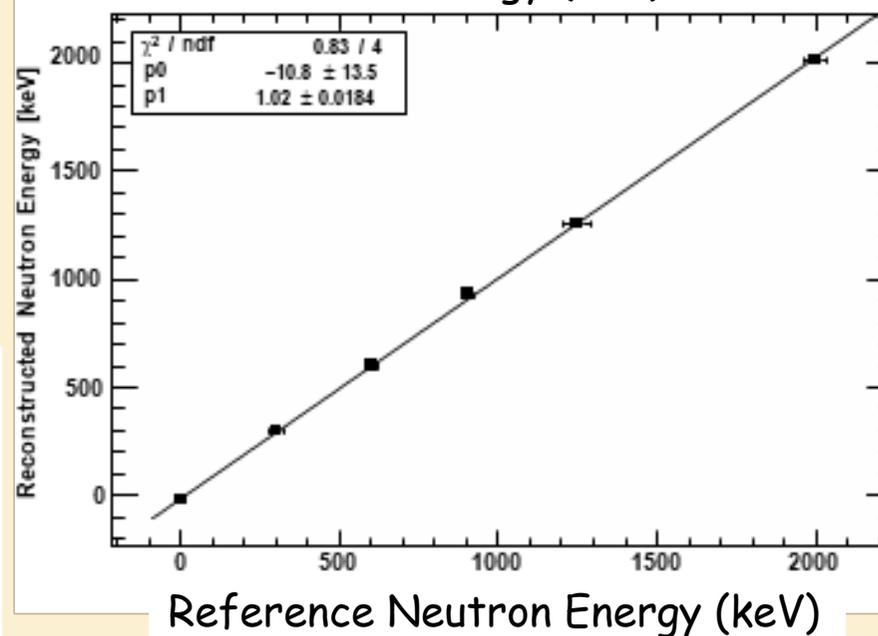
Misura l'energia dei neutroni senza tempo di volo (fino a 7-8 MeV)

E anche il flusso assoluto



Sandwich basato su diamanti artificiali e convertitore di ${}^6\text{Li}$

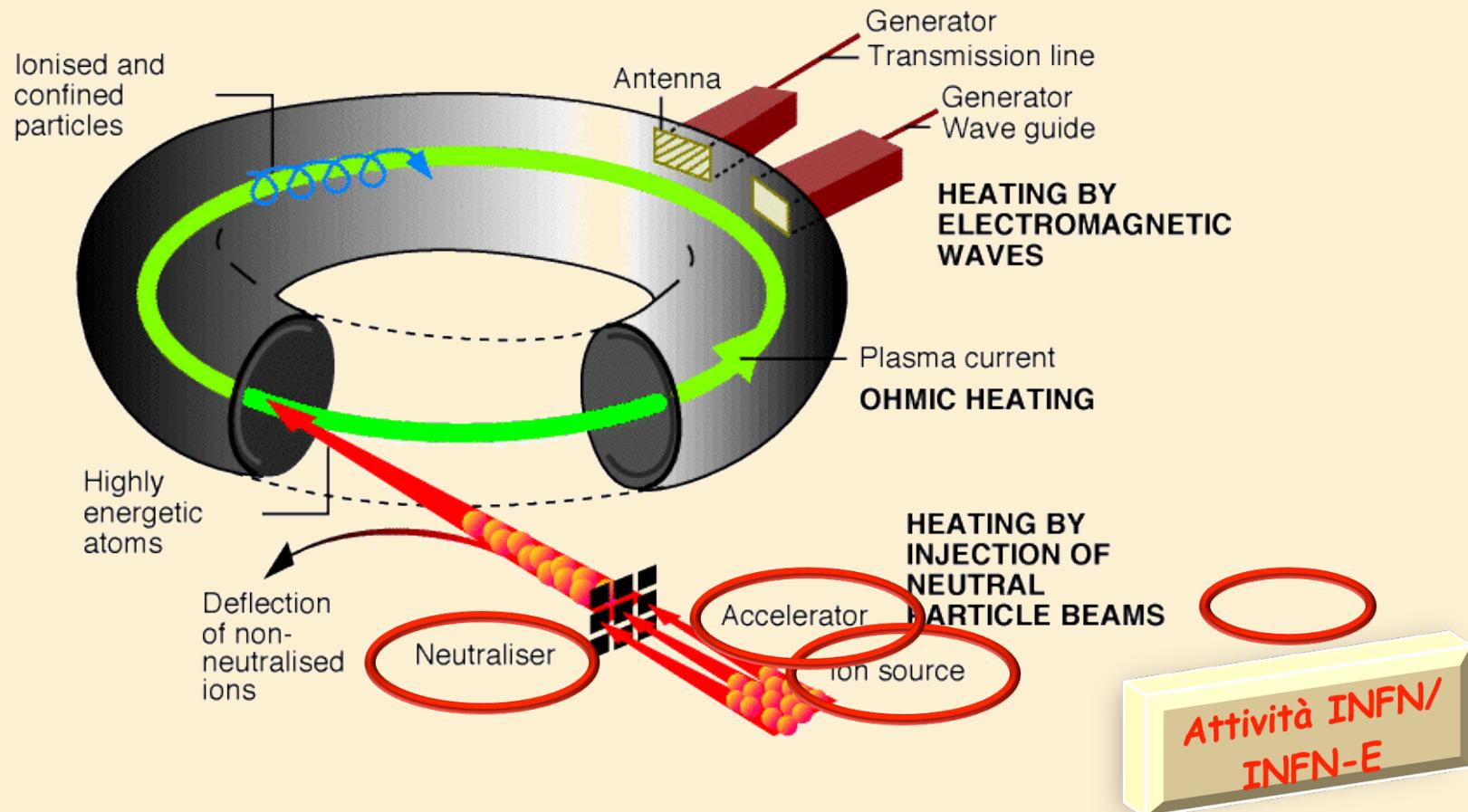
Measured Neutron Energy (keV)



Genova in collaborazione con
CNR-ISM, ENEA Frascati,
supporto Centro Fermi

I FASCI NEUTRI

- T_{plasma} nei tokamak per fusione: **$\sim 100-150 \times 10^6$ gradi** per innescare la reazione di fusione $D + T \rightarrow {}^4\text{He} + n$ (3.5 MeV + 14.1 MeV)
- riscaldamento del plasma si ottiene principalmente per **effetto Ohm, RF e iniezione di atomi neutri** (Neutral Beam Injectors, NBI)



FUSIONE: ATTIVITÀ SULLE SORGENTI

DEMO → step towards a commercial fusion power plant

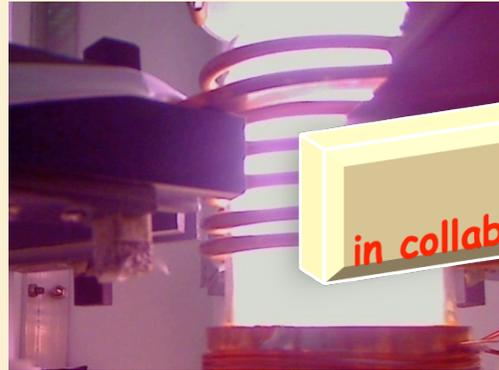
It needs more external power → more powerful neutral beams...

INFN built a dedicated **plasma negative ion source, NIO1**, to make experiments on this first component needed for neutral beams

It is used to study how to produce more powerful beams

Recupero energia dal neutralizzatore

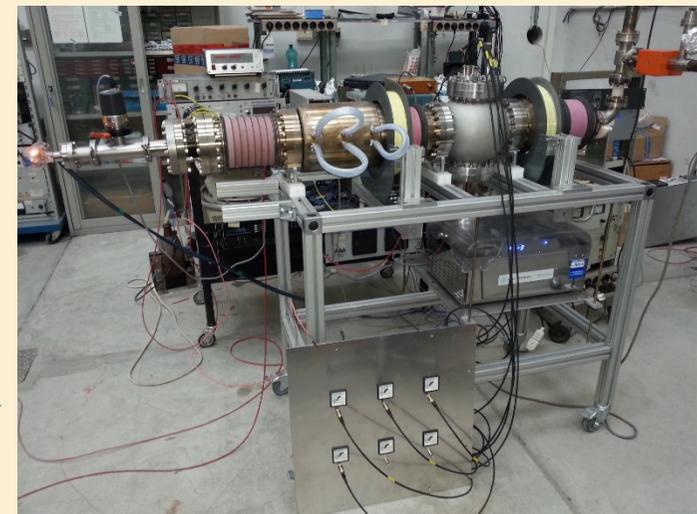
- Dal neutralizzatore emerge fascio neutro (60% del fascio originale) e ioni negativi e positivi (circa il 20% ciascuno)
- Gli ioni sono rimossi dal fascio neutro dal **Residual Ion Dump (RID)**, per mezzo di deflessione elettrostatica su un collettore
- Per **aumentare l'efficienza** necessario recuperare l'energia dagli ioni decelerandoli prima che siano raccolti sul collettore
- Montato apparato di test con fascio di elettroni a Bari



LNL e Bari
in collaborazione con consorzio RFX



INFN-E cofinanzia insieme
a CSN5 (Plasma4Beam)



FUSIONE POLARIZZATA ?

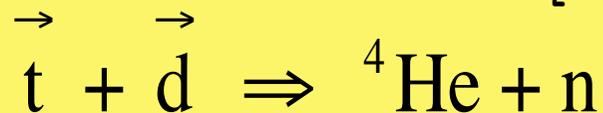
Fusion of polarized fuel: tested in $^3\text{He} + \text{d}$

Can the total cross section of the fusion reactions be increased by using polarized particles ?



Factor: ~ 1.5 at 430 keV

[Ch. Leemann *et al.*, *Helv. Phys. Acta* **44**, 141 (1971)]



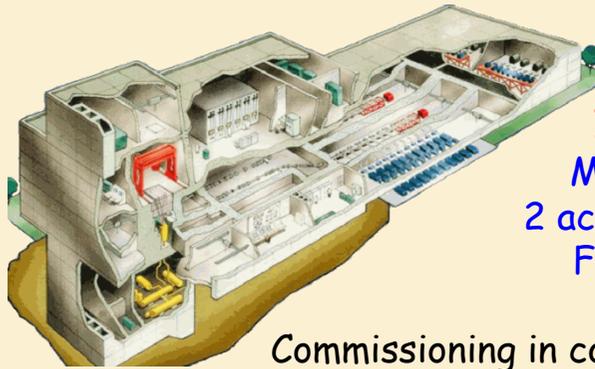
Factor: ~ 1.5 at 107 keV

Reactions through the spin channel
 $J^P = 3/2^+ \rightarrow s\text{-wave dominated } (\sim 96\%)$

Another interesting feature may be the suppression of D+D in polarized fusion: $\text{D} + ^3\text{He} \rightarrow \text{p} + ^4\text{He}$ would be almost free from neutrons created by D+D

Bari, Ferrara, Milano, LNF, Roma 2
Attività di networking internazionale

ATTIVITÀ DI INTERESSE PER INFN-E: IFMIF



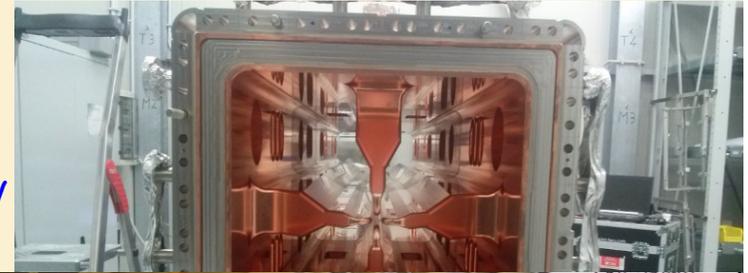
IFMIF: International Fusion
Materials Irradiation Facility →
2 acceleratori da 125 mA D a 40 MeV
Fase attuale → obiettivo 9 MeV

- Commissioning in corso a Rokkasho (Giappone)
→ 13 Giugno 2018 primo fascio di protoni da RFQ
(60 mA p, 2.5 MeV)
→ Notizia recente, accelerati 100 mA di deutoni a 5
MeV, 125 mA previsti a breve !

LNL, Bologna, Torino, Padova

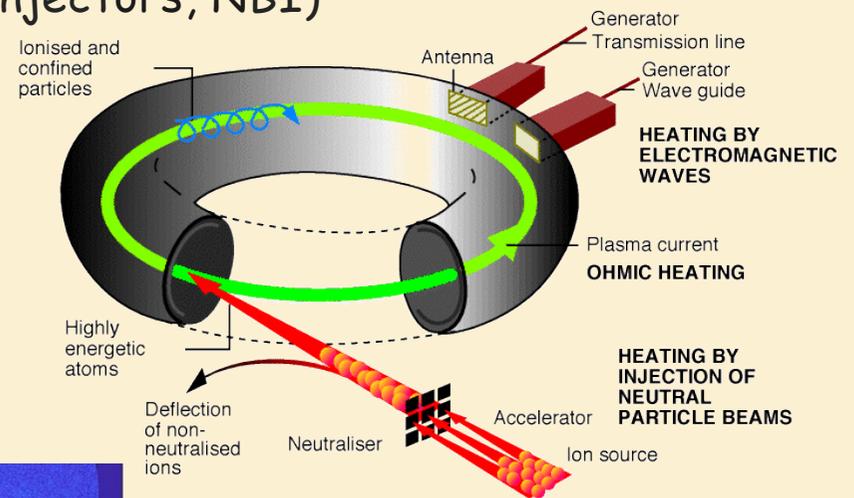
Una macchina completa da costruire in Europa proposta come
DONES: Demo Oriented NEutron Source

LNF → attività in consorzio Eurofusion + CALL dedicata
H2020-IBA-EURATOM-DONES-2019 (IFMIF-DONES
Preparatory Phase)
INFN partecipa con altri 16 partners

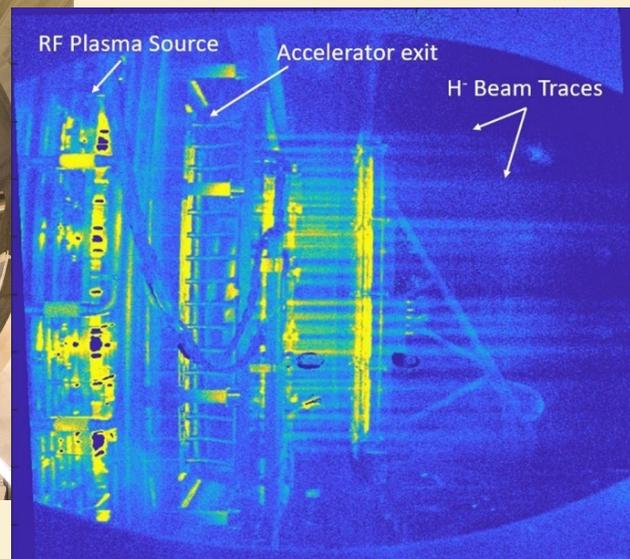


I FASCI NEUTRI

- T_{plasma} nei tokamak per fusione: **$\sim 100-150 \times 10^6$ gradi** per innescare la reazione di fusione $D + T \rightarrow {}^4\text{He} + n$ (3.5 MeV + 14.1 MeV)
- riscaldamento del plasma si ottiene principalmente per **effetto Ohm, RF e iniezione di atomi neutri** (Neutral Beam Injectors, NBI)
 - in ITER:
 - **50 MW** richiesti
 - NBIs: **2×16.5 MW**
 - energia degli ioni: **1 MeV** per penetrare il plasma di ITER



La Neutral Beam Test Facility (NBTF) presso RFX, Padova



La **sorgente di prova SPIDER** (Source for the Production of Ions of Deuterium Extracted from a Radio frequency plasma) da 100 kV **ha iniziato a funzionare lo scorso Maggio** con 30 keV di H⁻

MITICA, UN POTENTE INIETTORE DI ATOMI NEUTRI

ITER International Thermonuclear Experimental Reactor is the large-scale prototype of a fusion power plant, under construction in Cadarache (France). ITER will rely on two neutral beams that will work in concert to provide the input heating power of 33 MW required to bring the plasma to fusion temperature.

NBTf will host two independent test beds **SPIDER** and **MITICA**.

SPIDER for source prototype to test the full-scale ITER neutral beam ion source. The name of the project stands for: Source for the Production of ions of Deuterium. Extracted from an RF plasma, it will enter into operation in time to develop the ion source in MITICA.

MITICA Mirrors the Injector & Convent Advancement, full scale prototype of the ITER heating and current drive neutral beam source with a deuterium beam of 1 MeV and energy 16.5 MW power. Two neutral beam sources on ITER will supply MW of heating power to plasma, and a provision been made for a third. Experiments on MITICA are planned from 2022 on.

ACCELERATION OF THE NEUTRAL BEAM
Particle accelerators use high voltage to generate the intense electric fields necessary to accelerate charged particles. The design of the acceleration grids needed to provide about 40 MV of 300 kV for ions poses a very challenging task. The target beam power is of 16.5 MW for the duration up to 1 hour.

MITICA
to 1 MV

FIGURES
• 1m (2 x 9 m (D) x 5 m (W))

PARAMETERS
• 1 MeV ion energy
• 40 A ion current
• 3000 pulse length

ACCELERATION OF THE NEUTRAL BEAM
Particle accelerators use high voltage to generate the intense electric fields necessary to accelerate charged particles. The design of the acceleration grids needed to provide about 40 MV of 300 kV for ions poses a very challenging task. The target beam power is of 16.5 MW for the duration up to 1 hour.

MITICA

The MITICA test stand (Megavolt ITER Injector I Concept Advancement) is full-scale prototype of the R heating neutral beam source with a deuterium beam of 1 MeV and 16.5 MW power. Two neutral beam sources on ITER will supply MW of heating power to plasma, and a provision been made for a third. Experiments on MITICA are planned from 2022 on.



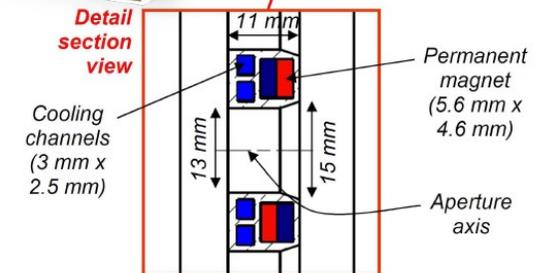
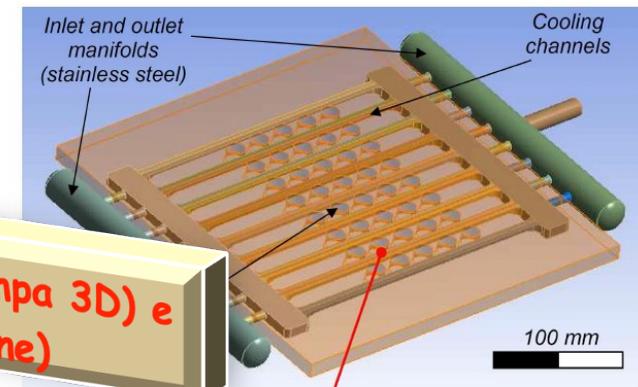
RFX e ITER hanno firmato il 25 luglio 2019 un **accordo** per la gestione congiunta dell'impianto per il 2020-2030. Costo totale in 10 anni di 154 M€, di cui 99 M€ a carico dell'ITER Organization e 55 M€ a carico dell'Italia (CRFX+MIUR).

Le griglie di accelerazione di Mitica

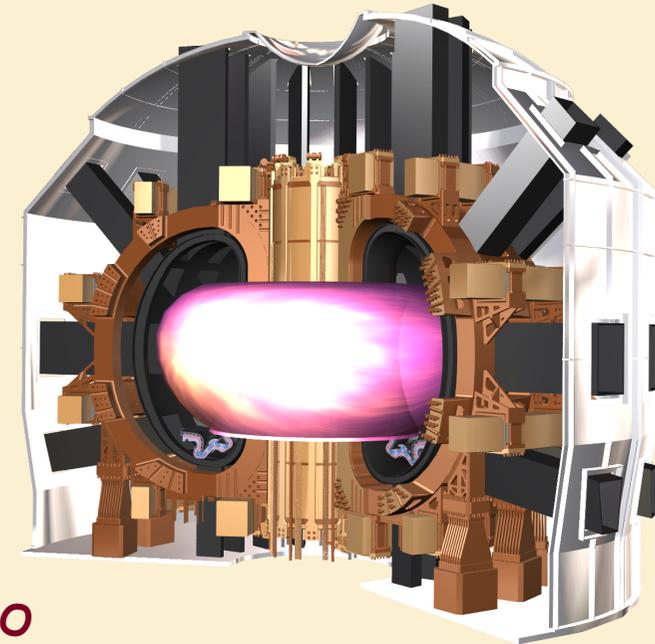
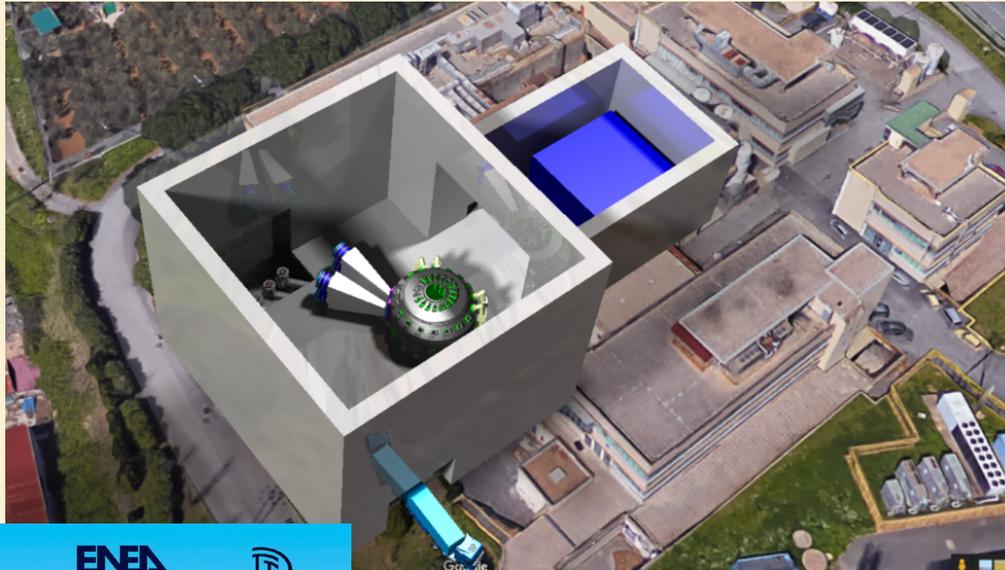
Dal punto di vista meccanico la complessità delle griglie deriva da presenza di:

- superfici non piane
- canali di raffreddamento
- alloggiamenti per magneti permanenti
- tolleranze spinte
- accoppiamenti rame-acciaio a tenuta di vuoto
- deformazioni dovute al carico termico da tenere sotto controllo

R&D in corso a Padova (stampa 3D) e Pisa (elettrodeposizione)



IL DIVERTOR TOKAMAK TEST (DTT) A FRASCATI

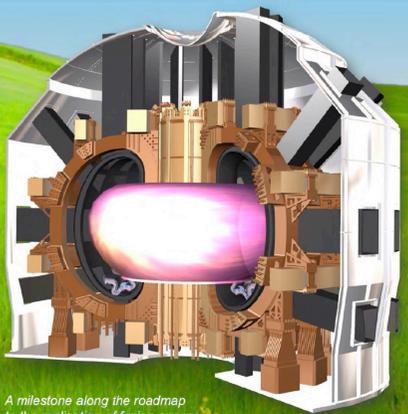


ENEA
Member of EUROfusion



DTT

Divertor Tokamak Test facility
Interim Design Report

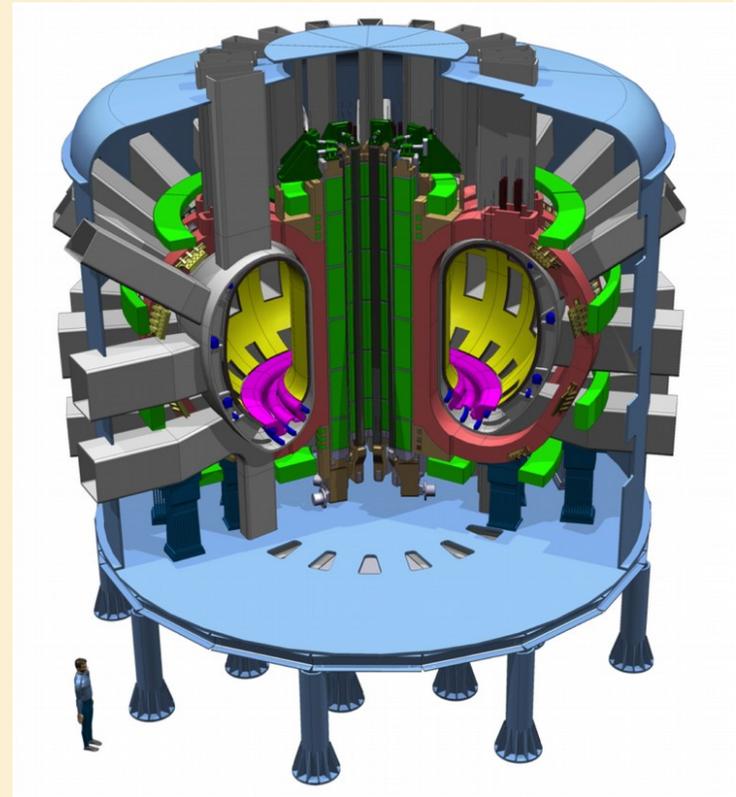


A milestone along the roadmap
to the realisation of fusion energy

- Sviluppo del **divertore** per **DEMO**
- Divertore: il «tubo di scappamento» della fusione, assorbe gas che sfuggono al confinamento e elementi contaminanti che si accumulano durante la fusione
- ITER userà un approccio "tradizionale" che potrebbe non funzionare a DEMO
- oltre al divertore, varie possibili evoluzioni adatte a DEMO potranno essere studiate a DTT
- Si prevede che DTT necessiterà di **due NBI**
il progetto di fatto incorpora già soluzioni che poi saranno sfruttate nel **NBI di DEMO**
- Inoltre, attività in corso sulle **diagnostiche** (rivelazione di radiazione, misure ottiche, magnetiche, ecc.)

POSSIBILI ATTIVITÀ DI INTERESSE IN DTT

- 13 giugno 2019 fondata la Scarl con 99 % ENEA e 1 % CREATE
- **Discussione in corso** su struttura organizzativa, partecipazione altri enti e possibili collaborazioni → proposta ingresso consorzio RFX
- si prevede che DTT necessiterà di **due NBI**, al cui progetto sta già contribuendo da tempo RFX
- RFX ha proposto di ampliare con un **programma di R&D per i NBI di DTT** (e CFETR, impianto proposto in Cina) la collaborazione già in essere con INFN sui NBI
- Altre collaborazioni possibili sui **sistemi RF (ECRH, ICRH) e sulle diagnostiche (neutroni, gamma, ottiche,...)**



ACCORDI CON L'INDUSTRIA, BREVETTI, ECC.

Tipologia	Partners /committente	Argomento	Informazioni aggiuntive
ACCORDO QUADRO	SOGIN	RICERCA COLLABORATIVA SU DECOMMISSIONING	2012-2019
ACCORDO ATTUATIVO (LNS)	SOGIN	SVOLGIMENTO DI ATTIVITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA TECNOLOGICO PER IL CONTROLLO E LO SMALTIMENTO DI MATERIALE RADIOATTIVO	2012-2015 SOGIN ha acquistato materiale o rimborsato missioni e personale all'INFN per il progetto per poco più di 200 k€
Brevetto (LNS)		Rivelatori di neutroni termici non facenti uso di ^3He	Brevetto depositato Iniziale interesse da parte di SCIONIX, firmato NDA ma nessun seguito
Brevetto congiunto (GE)	Ansaldo Nucleare	Rivelatore per gamma e neutroni da usare come portale innovativo per la rivelazione di traffico di materiale nucleare (<u>sviluppato in progetto UE SCINTILLA</u>)	Brevetto depositato, numerosi contatti con industrie ma nessun seguito
Conto terzi (NA)	SOGIN Garigliano	Realizzazione di prototipi rivelatori intelligenti	Utilizzato per cofinanziare il progetto per circa 24 k€
Conto terzi (PD)	Euratom	Test componenti base tomografia muonica presso deposito centrale Neckarwestheim	13.5 k€
Conto terzi (PD, attività collaterale a INFN-E)	Danieli	Prove su metodologia indagine densità rottami	8 k€
Possibile attività conto terzi	JRC EU - Ispra	Utilizzo tomografia muonica per ispezione «legacy waste»	Discussioni in corso sui termini della commessa
Possibile ricerca collaborativa	Euratom - gestori tedeschi di impianti nucleari	Utilizzo tomografia muonica per ispezione «dry casks»	Discussioni in corso sui termini degli accordi

FONDI ESTERNI

Nome progetto	Sezioni coinvolte	Titolo per esteso	Fonte	Finanziamenti all'INFN (k€)
MUSTEEL	PD (ampio consorzio con Industrie)	Muon scanner to detect radioactive sources hidden in scrap metal containers → "Tomografia muonica dei rottami"	Research Fund for Coal and Steel GRANT AGREEMENT No RFSR-CT-2010-00033 (01/07/2010 al 31/12/2012)	287
MUBLAST (attività collaterale a INFN-E)	PD (ampio consorzio con Industrie)	Study of the capability of muon tomography to map the material composition inside a blast furnace	RFSR-CT-2014-00027 (finito il 30-6-2016)	69
FREYA	TO-GE (ampia collaborazione europea che include ENEA, Ansaldo Nucleare)	Fast Reactor Experiments for hybrid Applications → Misure su reattore pilotato da acceleratore (ADS)	7 th Framework Programme Euratom (FP7/2007-2013) Grant Agreement n.269665 (01/03/2011 al 28/02/2015)	71
SCINTILLA	GE (ampio consorzio con Industrie)	Development of detection capabilities of difficult to detect radioactive sources and nuclear material → "Portali per varchi aeroportuali"	7 th Framework Programme Euratom (FP7/2007-2013) Grant Agreement n.285204 (01/01/2012 al 31/12/2014)	299 brevetto congiunto INFN-Ansaldo Nucleare

FONDI ESTERNI



European Consortium for the Development of Fusion Energy
REALISING FUSION ELECTRICITY BY 2050

INFN è entrato a far parte nel 2015 del Consorzio Eurofusion come **linked third party**, condizione necessaria per accedere a finanziamenti H2020 (tramite ENEA che è l'Ente beneficiario per l'Italia)

Accordo ENEA-INFN firmato a ottobre 2017 e rinnovato a gennaio 2019 per altri due anni

- ✓ Partita attività INFN-LNL per progetto DONES su Early Neutron Source (WPENS)
- ✓ Possibile attività Padova su riscaldamento plasma (WPHCD)



1.1. The project summary

Project Number ¹	633053	Project Acronym ²	EUROfusion
One form per project			
General information			
Project title ³	Implementation of activities described in the Roadmap to Fusion during Horizon 2020 through a Joint programme of the members of the EUROfusion consortium		
Starting date ⁴	01/01/2014		
Duration in months ⁵	60		
Call (part) identifier ⁶	EURATOM-Adhoc-2014-20		
Topic	EURATOM EURATOM		
Fixed EC Keywords			
Free keywords	Nuclear Fusion		
Abstract ⁷			

A Roadmap to the realization of fusion energy was adopted by the EFDA system at the end of 2012. The roadmap aims at achieving all the necessary know-how to start the construction of a demonstration power plant (DEMO) by 2030, in order to reach the goal of fusion electricity in the grid by 2050. The roadmap has been articulated in eight different Missions. The present proposal has the goal of implementing the activities described in the Roadmap during Horizon 2020 through a joint programme of the members of the EUROfusion Consortium.

ITER is the key facility in the roadmap. Thus, ITER success remains the most important overarching objective of the programme and, in the present proposal the vast majority of resources in Horizon 2020 are devoted to ensure that ITER is built within scope, time and budget; its operation is properly prepared; and a new generation of scientists and engineers is properly educated (at undergraduate and PhD level) and trained (at postdoctoral level) for its exploitation. DEMO is the only step between ITER and a commercial fusion power plant. To achieve the goal of fusion electricity demonstration by 2050, DEMO construction has to begin in the early 2030s at the latest, to allow the start of operation in the early 2040s. DEMO cannot be defined and designed by research laboratories alone, but requires the full involvement of industry in all technological and systems aspects of the design. Specific provisions for the involvement of industry in the Consortium activities are envisaged.

FONDI ESTERNI

Nome progetto	Sezioni coinvolte	Titolo per esteso	Fonte	Finanziamenti all'INFN (k€)
Studi su ADS (in collaborazione con Ansaldo Nucleare)	GE	Metodologie e strumentazione per il monitoraggio online della reattività di apparati per la trasmutazione e lo smaltimento di scorie radioattive	P.O. Ob. C.R.O. FSE 2007-2013 Asse IV - Capitale Umano della Regione Liguria, Obiettivo specifico I/6	50
CHANDA	GE (+ Bari per parte N-TOF)	SOLVING CHALLENGES IN NUCLEAR DATA FOR THE SAFETY OF EUROPEAN NUCLEAR FACILITIES	Fission-2013-4.1.2: Support to a pan-European Integrated Research Infrastructure Initiative for increased safety of nuclear systems at EU level Grant Agreement n.605203 2013-2017	72 (totale comprendente N-TOF = 330)
OCAPIE	GE	Ottimizzazione di tecnologie di Calcolo Parallelo Intensivo applicate a problematiche in ambito Energetico	Bando Compagnia di San Paolo 2014	180
 MICADO (in corso)	LNS	Measurement and Instrumentation for Cleaning And Decommissioning Operations	Horizon 2020, WP: NFRP-2018 (Nuclear Fission, Fusion and Radiation Protection Research) Topic: NFRP-2018-10 - Encouraging innovation in nuclear safety for the benefit of European citizen Type of action: IA Grant Agreement n.847641, durata: 3 anni Appena partito...	417

FONDI ESTERNI, NUOVE PROPOSTE

Nome proposta in corso di valutazione	Sezioni coinvolte	Titolo per esteso	Fonte
<i>CleanDem</i>	<i>GE,LNS,PD</i>	<i>Cyber physical Equipment for unmanned Nuclear DEcommissioning Measurements</i>	<i>Horizon 2020 Work Programme:NFRP-2019 (Nuclear Fission, Fusion and Radiation Protection Research) Topic: NFRP-2019-9 Fostering innovation in decommissioning of nuclear facilities Type of action: IA</i>
<i>Predis</i>	<i>LNS,NA,PD</i>	<i>Pre-disposal management of radioactive waste</i>	<i>Horizon 2020 WP:NFRP-2019 (Nuclear Fission, Fusion and Radiation Protection Research) Topic: NFRP-2019-10 - Developing pre-disposal activities identified in the scope of the European Joint Programme in Radioactive Waste Management Type of action: RIA</i>
<i>ADSMR</i>	<i>GE, LNL, LNS</i>	<i>Accelerator-Driven Small Modular Reactor</i>	<i>Horizon 2020 WP:NFRP-2019 (Nuclear Fission, Fusion and Radiation Protection Research) Topic: NFRP-2019-5 - Support for safety research of Small Modular Reactors Type of action: RIA</i>

CONCLUSIONI

- × **Il mondo ha bisogno di energia**, soprattutto i paesi in via di sviluppo
- × **L'energia nucleare** sarà ancora una delle fonti di «**baseload**» a **basse emissioni** in molti paesi (compresi diversi nuovi) per parecchi anni (e non solo baseload, vedi reattori di piccola taglia...)
- × **Gli impianti a fusione** sono al centro di un programma di ricerca sperimentale molto intenso e **potrebbero diventare una nuova fonte di energia intorno al 2050**
- × **La gestione dei rifiuti nucleari e la sicurezza** sono importanti anche per **settori diversi dall'energia** (per es. smaltimento di rifiuti dal passato e di rifiuti di origine medica e industriale)
- × **Le competenze INFN** negli acceleratori e rivelatori di radiazione vengono usate nel progetto INFN-E per fornire un contributo di **tecnologie innovative** con l'intento di portarle verso una **maggiore maturità**, possibilmente attraendo **finanziamenti esterni** (UE, fondi nazionali, ecc.) e attivando il **trasferimento tecnologico**