

Consorzio RFX

Il laboratorio di Padova per ricerche
sulla fusione

IL NOSTRO IMPEGNO PER UN FUTURO SOSTENIBILE

Cos'è la fusione?

E' ciò che accade naturalmente nelle stelle e nel sole, dove nuclei di Idrogeno si fondono in nuclei di Elio liberando enormi quantità di energia che irradiata sostiene la vita sulla Terra.

L'obiettivo della ricerca sulla fusione è riprodurre, in maniera controllata, processi analoghi a quelli che si verificano nelle stelle, per ottenere una fonte praticamente inesauribile di energia, sicura, e compatibile con l'ambiente. Perché ciò accada è necessario affrontare grandi sfide scientifiche e tecnologiche per costruire il primo reattore sperimentale a fusione.



Perchè la fusione?

Quando sarà realizzata, la fusione potrà essere risolutiva verso un futuro sostenibile. Produrrà energia primaria su larga scala, in maniera sicura e senza emissioni di gas serra.

La ricerca verso la produzione di elettricità da fusione prevede la realizzazione del primo reattore in grado di immettere energia elettrica in rete per la metà del secolo.

Scienziati di tutto il mondo stanno lavorando a questo obiettivo da molto tempo. Le recenti conferme sperimentali hanno convinto nuovi investitori e attirato l'interesse di privati accelerando la corsa verso la fusione come fonte di approvvigionamento energetico sostenibile.

La fusione è la tecnologia del futuro, oggi volano di impresa.



La ricerca sulla fusione è correre
verso un unico obiettivo

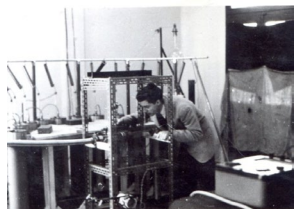
Il Consorzio RFX partecipa
alla corsa con propri
impianti di ricerca e con una
forte rete di collaborazioni
sia di ricerca che industriali



La nostra storia

1959 - '60

Primi esperimenti su dispositivi lineari avviati nei laboratori di ingegneria dell'Università degli Studi di Padova



in collaborazione con l'Istituto di Fisica.

'70 – '80

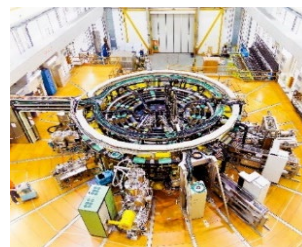
In una collaborazione UniPD e CNR nascono Eta Beta I ed Eta Beta II che portano alla scoperta fondamentale della "*fase quiescente*" del plasma in configurazione RFP.



Eta Beta II è ora esposta al Museo della Tecnica Elettrica di Pavia.

1991

La linea RFP evolve con RFX "Reversed Field eXperiment", per lo studio sul confinamento del plasma nella



configurazione RFP e Tokamak.

La macchina RFX è stata successivamente modificata in RFX-mod.

1996

Nasce il CONSORZIO RFX, la struttura operativa del laboratorio di Padova per ricerche sulla fusione.

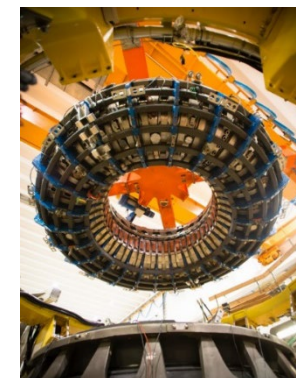


ENEA – CNR
UNIVERSITA' DI
PADOVA – INFN
ACCIAIERIE
VENETE

Ha il compito di gestire le risorse finanziarie e di personale messe a disposizione dagli Enti di Ricerca.

2004

RFX-mod riprende le operazioni dopo una profonda modifica sia dei sistemi di alimentazione che dell'interfaccia plasma-parete.

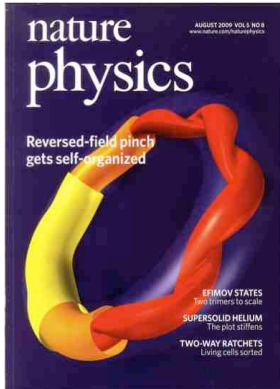


RFX-mod opera dal 2004 al 2015 raggiungendo i parametri nominali di progetto.

La nostra storia

2007

RFX-mod dimostra sperimentalmente l'autorganizzazione elicoidale nella configurazione RFP.



La scoperta viene pubblicata su Nature Physics nel 2009.

2010

Avvio del Progetto NBTF, per la prova e sviluppo del sistema di iniezione di fasci di particelle neutre ad alta energia per il riscaldamento del plasma di ITER, il futuro reattore sperimentale a fusione.



2018

Avvio della sperimentazione su SPIDER, la sorgente di ioni negative più potente al mondo, con la cerimonia di inaugurazione del 18 giugno 2018.



2024

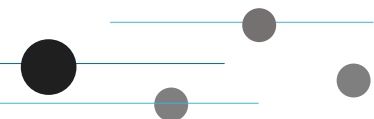
Inizia la sperimentazione verso il raggiungimento della tensione di accelerazione a 1 MV in vuoto su MITICA, il prototipo dell'iniettore di particelle neutre di ITER.



OGGI

Il Consorzio RFX è oggi un centro di eccellenza in prima linea nella ricerca mondiale sulla fusione.





I nostri punti di forza

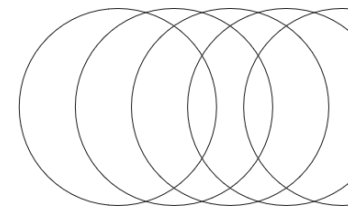
Il Consorzio RFX è costituito dalle maggiori istituzioni di ricerca italiane nell'ambito della fisica e della tecnologia e dall'Università di Padova, insieme alle Acciaierie Venete Spa con lo scopo di:

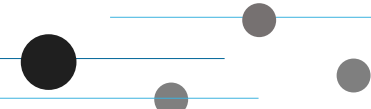
- avanzare nella conoscenza della fisica del Plasma e del suo controllo
- realizzare grandi infrastrutture di ricerca
- contribuire a sviluppare la filiera industriale italiana della fusione.

Il Consorzio RFX è ampiamente inserito nelle ricerche fusionistiche con importanti impegni assunti per conto del Governo.

La ricerca sulla fusione termonucleare vive una fase di forte evoluzione in un contesto, quello energetico, in grande fermento e di rilievo strategico.

Il Consorzio RFX si trova in una situazione privilegiata per intercettare il cambiamento in atto, in virtù di una costitutiva vocazione all'innovazione, solide radici negli Enti nazionali di ricerca, una storica simbiosi con l'accademia, una robusta rete di collaborazioni sia di ricerca che industriali.





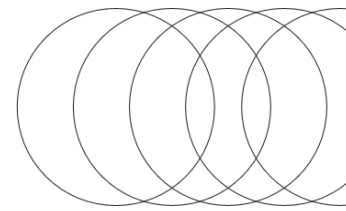
un obiettivo di ricerca a lungo termine

La realizzazione di un reattore a fusione richiede di approfondire ancora molti aspetti di fisica fondamentale dei plasmi e di individuare soluzioni tecnologiche innovative.

Il Consorzio è impegnato negli studi di frontiera dei meccanismi che regolano il confinamento del plasma con esperimenti locali, europei ed internazionali e analisi teorico modellistiche.

Il Consorzio è in prima linea per lo sviluppo innovativo di soluzioni per componenti complesse di un impianto fusionistico.

Lo sviluppo di un reattore o di una sua componente richiedono un approccio altamente multidisciplinare e un elevato grado di integrazione. La forte integrazione di fisici e ingegneri è uno degli punti di forza del Consorzio nello sviluppo di soluzioni scientifiche e tecnologiche innovative.





Accelerazione di fasci di particelle

ad alta energia per il riscaldamento del plasma di [ITER](#)



Sviluppi tecnologici

di componenti avanzati, sul reattore dimostrativo [DEMO](#) e su scenari energetici a lungo termine



Confinamento magnetico

con il progetto RFX, il progetto [DTT](#) e collaborazioni internazionali



Formazione

PhD – Doctorate in Fusion Science and Technology - e post-Doc



Portafoglio delle attività

Ricerca Formazione Innovazione



Progetto RFX

Reversed Field Pinch & Tokamak

ITER – F4E

Progetto NBTF

SPIDER
MITICA

Scenari e controlli, diagnostiche

EUROfusion

Physics Department
DEMO Department
DTT
JT-60SA
Facilities europee

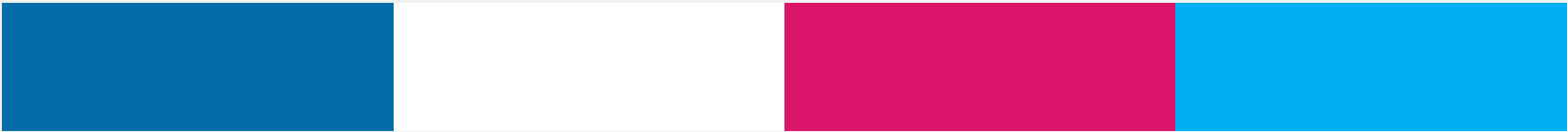
Formazione

Pubblicazioni scientifiche e
comunicazione

Iniziative private nella
fusione

Plasmi non fusionistici

Il Personale



| Personale di ricerca | | Personale tecnico-amministrativo | | Dottorandi | | Tesiisti in tirocinio e altro | |
|---------------------------|----|----------------------------------|----|---------------|----|-------------------------------|----|
| CNR | 30 | CNR | 15 | CNR | | CNR | |
| ENEA | 3 | ENEA | | ENEA | | ENEA | |
| UNIVERSITA' | 11 | UNIVERSITA' | 12 | UNIVERSITA' | 26 | UNIVERSITA' | 1 |
| INFN | | INFN | | INFN | | INFN | |
| CONSORZIO RFX | 54 | CONSORZIO RFX | 41 | CONSORZIO RFX | | CONSORZIO RFX | 11 |
| Laboratori internazionali | 11 | | | | | | |

AL CONSORZIO RFX LAVORANO
CIRCA 200 PERSONE

I nostri impianti di ricerca



RFX-mod2

L'esperimento toroidale per lo studio della fisica dei plasmi da fusione



SPIDER

La sorgente di ioni negativi di idrogeno e deuterio più potente al mondo



MITICA

Il prototipo dell'acceleratore di particelle neutre a 1 Mv, in scala 1:1

Progetto RFX



RFX '91-'99

Il più grande esperimento al mondo per lo studio dei plasmi da fusione nella [configurazione RFP](#)

RFX-mod '04-'15

RFX è dotato di un sofisticato sistema di controllo attivo delle instabilità magnetiche del plasma

RFX-mod2 dal '26

Consentirà proprietà di plasma migliorati, per [avanzare](#) nel confinamento magnetico

Progetto RFX i risultati ottenuti e attesi

Capacità dimostrate

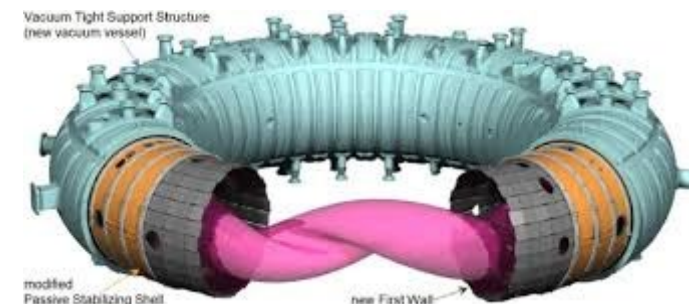
- Progettazione e costruzione di grandi impianti di ricerca
- Continuità e sfruttamento sperimentale dell'impianto

Risultati ottenuti

- **Dimostrata la fattibilità del controllo attivo della stabilità del plasma**
- **Raggiunti** livelli di corrente di plasma di progetto - **2 MA**
- **Scoperta: lo stato di Singola Elicità** nel quale il plasma assume spontaneamente una forma elicoidale, la temperatura elettronica sale oltre i 15 milioni di gradi e migliorano le prestazioni complessive
- Possibilità di operare in altre configurazioni: **tokamak**

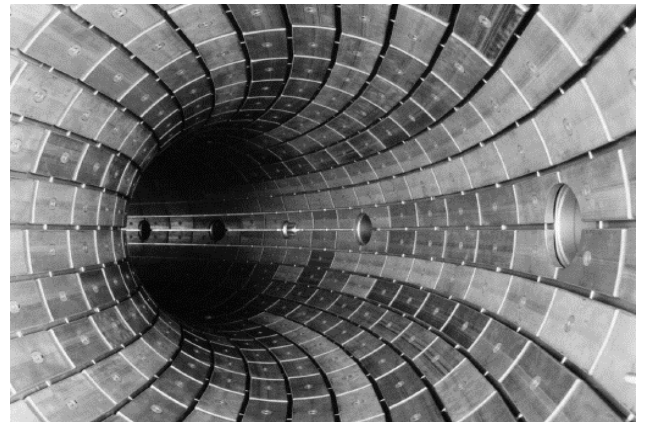
RFX-mod 2 Le modifiche in corso

- Rimozione della camera toroidale che assicurava la tenuta del vuoto, utilizzando invece la struttura esterna di supporto
- Il plasma aumenterà di volume e sarà più vicino al suo sistema di controllo

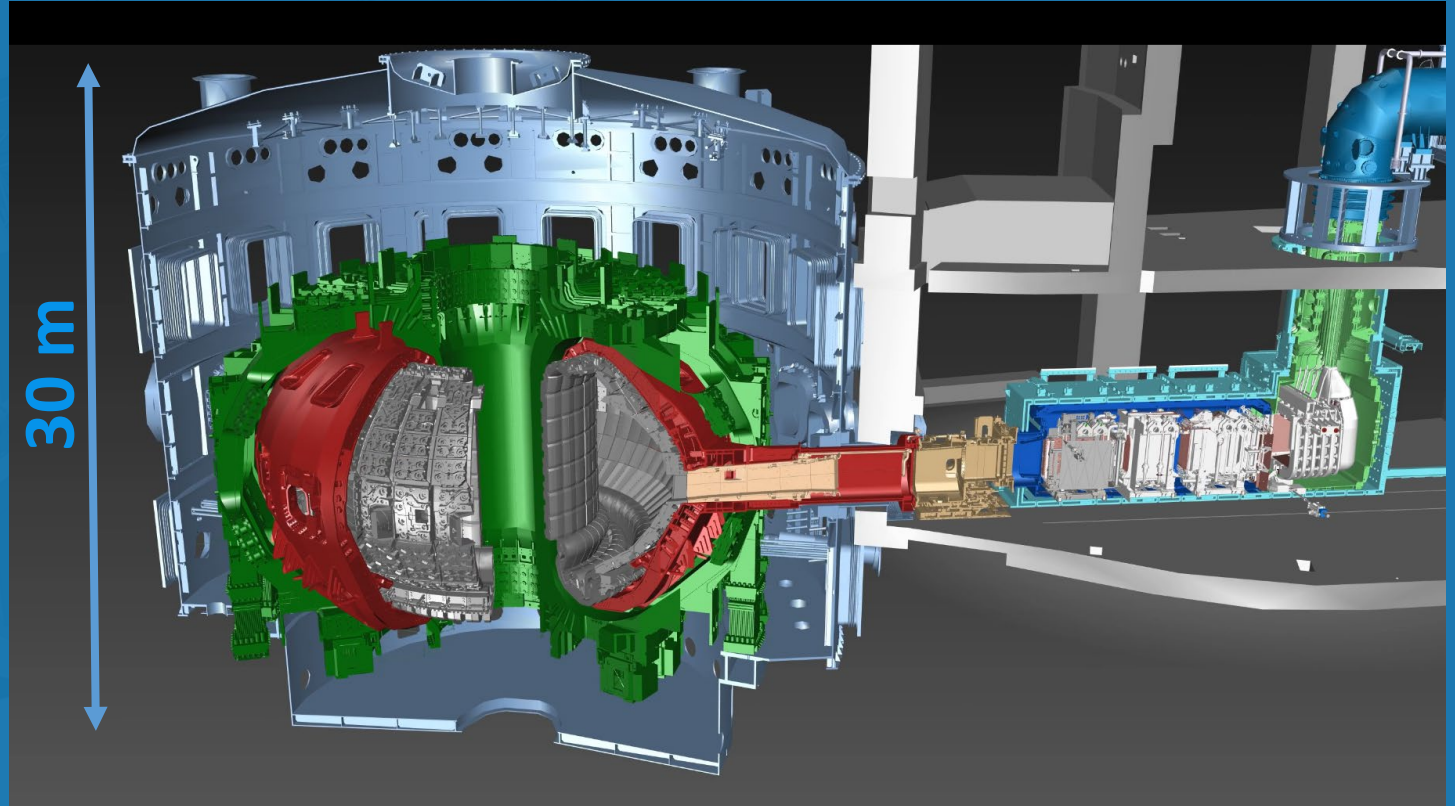


Risultati attesi sulla nuova macchina

- Controllo più efficace delle instabilità del plasma
- Raggiungimento di stati di Singola elicità più puri e stazionari, con plasmi più caldi e meglio confinati



Il sistema “Neutral Beam Injector”



2006

L'Italia si è offerta di ospitare l'infrastruttura per sviluppare il principale sistema di riscaldamento del plasma di ITER

Progetto
ITER-NBTF



china eu india japan korea russia usa

Progetto NBTF

Obiettivo: progettare, sviluppare e ottimizzare i due prototipi del principale sistema di riscaldamento del plasma di [ITER](#), il futuro reattore sperimentale a fusione in costruzione in Francia nell'ambito di una collaborazione mondiale.

La NBTF si è resa necessaria per le straordinarie prestazioni richieste da ITER: fasci di particelle a 16MW di potenza, accelerate a 1MeV per la durata di 1 ora .



PRIMA

Edifici e infrastrutture dell'impianto Neutral Beam Test Facility - NBTF di ITER

17,500 m² Costruzione: 2012-2015

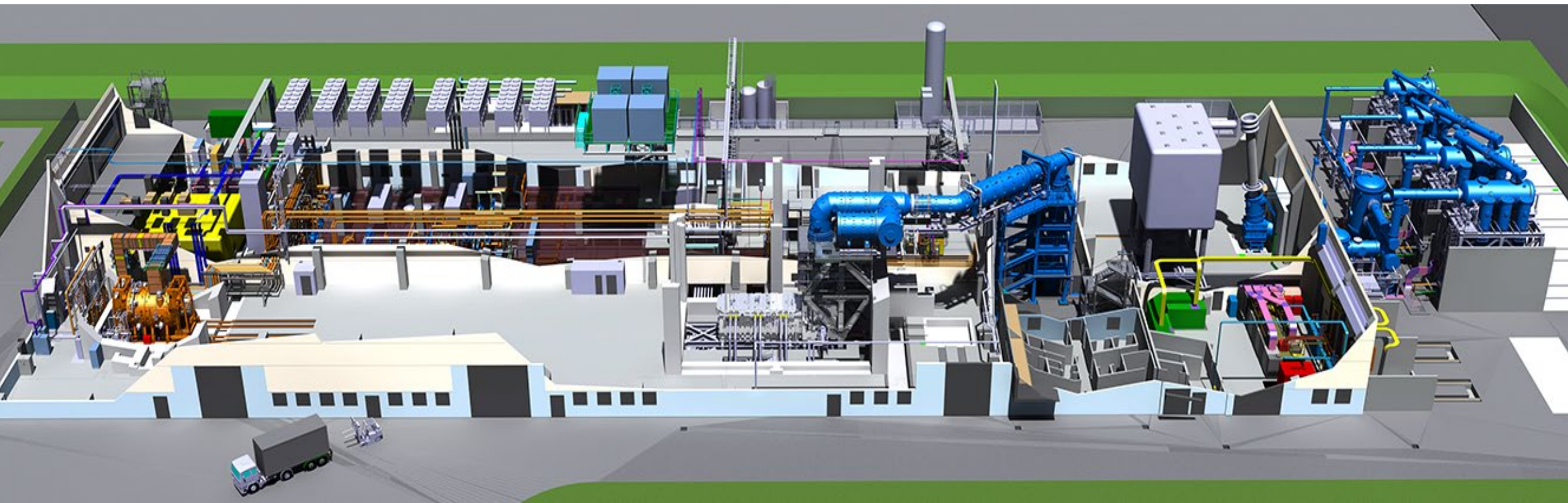
MITICA

L'iniettore di fasci di particelle neutre di ITER in grado di generare 16,5 MW di potenza, accelerati a 1MeV

SPIDER

Il prototipo a 100 kV della sorgente di ioni negativi di idrogeno e deuterio per ottimizzare l'efficacia del fascio (corrente ed energia) prima della fase di neutralizzazione

NBTF: una infrastruttura di ricerca internazionale



I partner NBTF

3 domestic agencies di ITER
Europa, Giappone, India

insieme all'Italia
attraverso CNR – INFN, che hanno affidato
il progetto NBTF al Consorzio RFX

Europa



FUSION
FOR
ENERGY



EUROfusion

Giappone



India



ITER-India

Italia



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



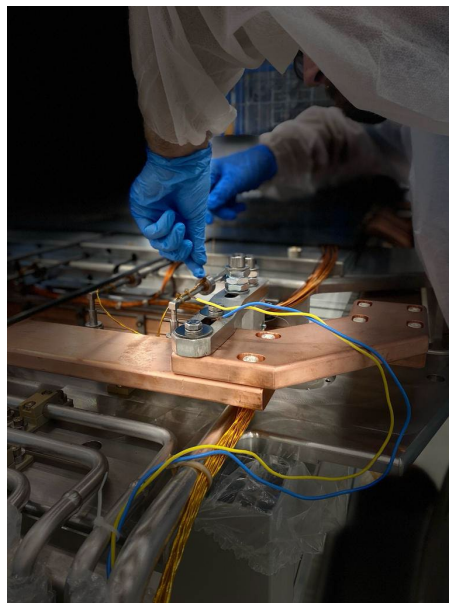
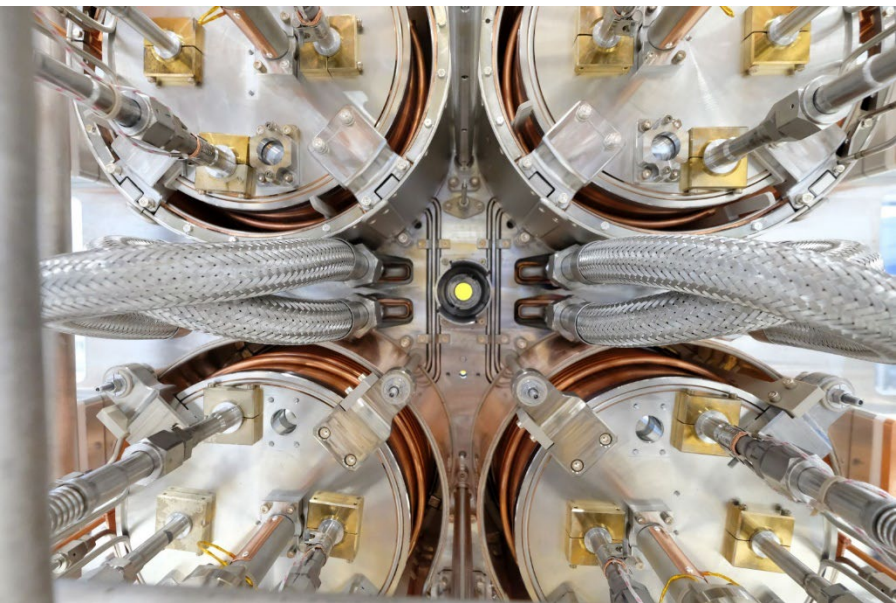
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



CONSORZIO RFX
Ricerca Formazione Innovazione

SPIDER

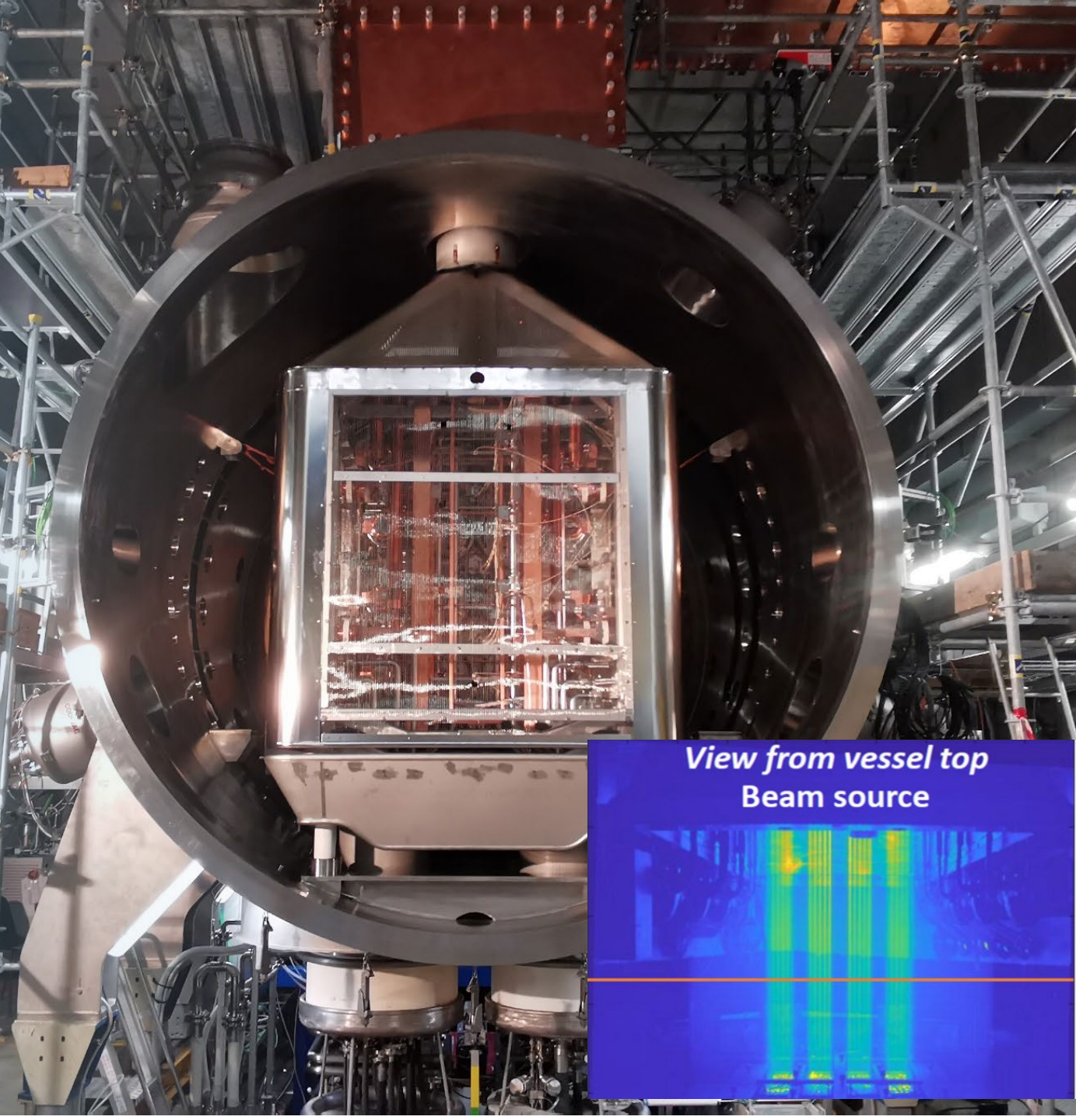
lavorazioni durante lo shutdown 2024



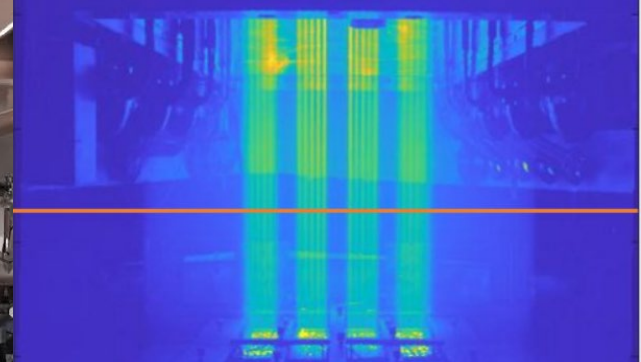
SPIDER 2025

oggi in operazione

le prove in corso riguardano lo studio sulla divergenza del fascio e l'ottimizzazione delle prestazioni



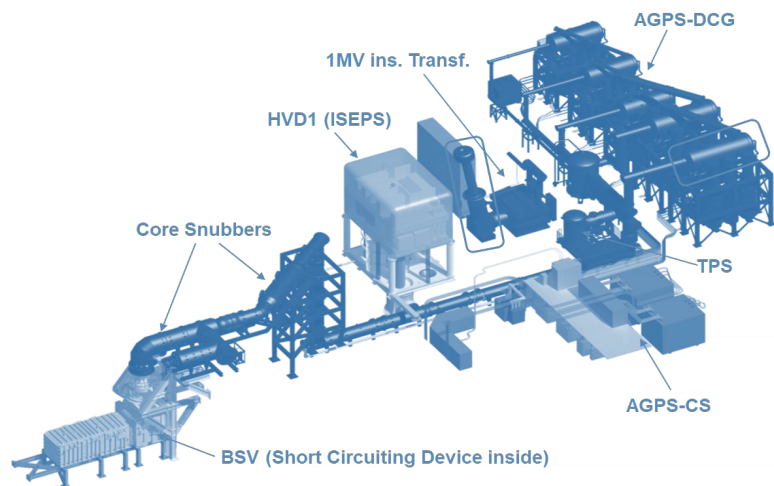
View from vessel top
Beam source



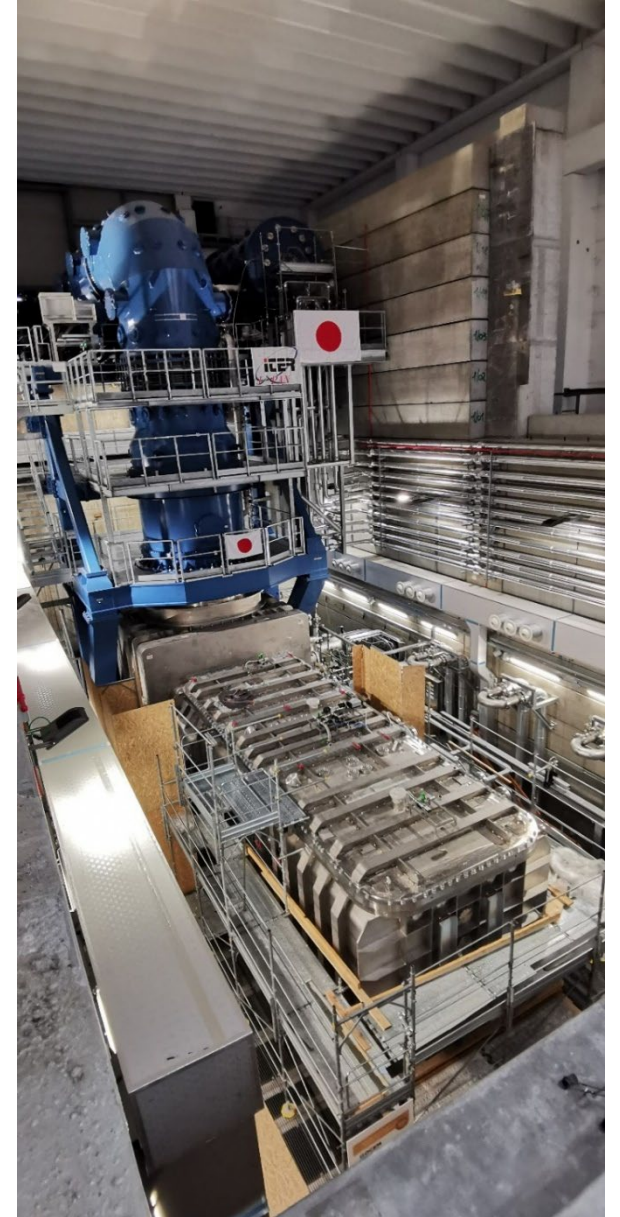
MITICA

La realizzazione dell'iniettore di particelle neutre per ITER è quasi ultimata.

E' stato completato il sistema di alimentazione a 1MV di fornitura giapponese; sono in corso le prove di tensione in vuoto verso il Megavolt.



I componenti del fascio - neutralizzatore, E-rid - e le pompe criogeniche sono già stati consegnati in sito. La sorgente di ioni negativi e il calorimetro saranno consegnati nel 2025.



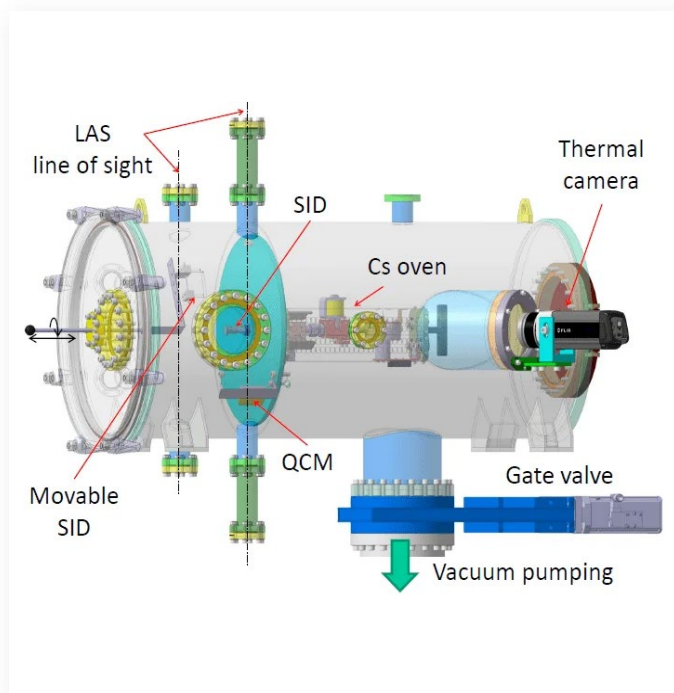
Impianti complementari



HVPTF

High Voltage Padova Test Facility

Per ottimizzare la tecnologia più adatta a raggiungere la differenza di potenziale di 1 milione di Volt



CATS

Cesium Test Stand

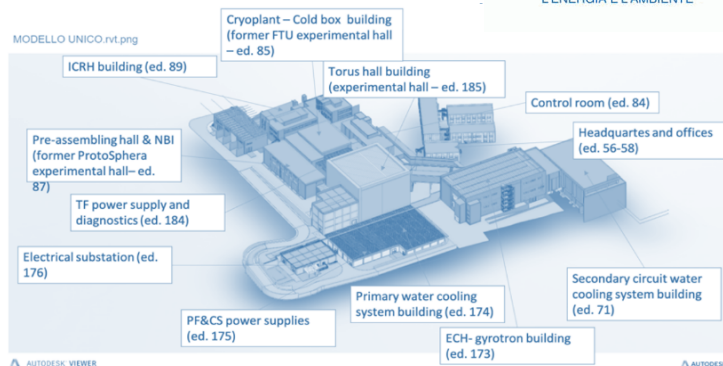
Per misure di corrente tra elettrodi separati da breve distanza



MINION

Impianto di prova satellite di SPIDER

un esperimento dedicato a testare le modifiche introdotte su SPIDER



DTT, Divertor Tokamak Test Facility è un esperimento in costruzione presso il centro di ricerca ENEA di Frascati.

Il Consorzio DTT è stato fondato il 1 settembre 2019 da ENEA e CREATE, si è poi unito ENI e infine ha incluso come Soci: CNR, Consorzio RFX, INFN, le Università di Milano Bicocca, Roma Tor Vergata e della Tuscia, il Politecnico di Torino e CETMA.

DTT



l'unico nuovo grande tokamak in costruzione in Europa

E' progettato per identificare soluzioni affidabili per l'estrazione delle particelle e del calore generato dai processi di fusione.

Consorzio RFX







Nuovi progetti e le iniziative private

Molte **start-up** manifestano **interesse** per le attività svolte dal Consorzio RFX, tra queste:

Per uso dei dati di RFX-mod e RFX-mod2 per training dei modelli basati su AI.

Disponibilità alla fornitura di sorgenti di ioni (negativi e positivi).

Per collaborazioni su diversi aspetti di fisica e progettuali da stabilire.

| | | |
|--|--|---|
| Tokamak Energy -UK Deutelio - Italia -Svizzera CFS - USA REALTA - USA THEA Energy Alpha Ring - USA Taiwan Next Step Fusion - Luxembourg Renaissance Fusion - F General Atomics -USA STEP - UK VNS - EU |       | Prestito di RFX PNBI NNBI 200-400 kV NNBI 1MV per DD Fusion AI applicate al controllo del plasma NNBI 500 kV PNBI 100 kV |
|--|--|---|



Il nostro impegno nella formazione

a supporto di UNIPD

2024 dottorandi n.26
2023 dottorandi n.20
2022 dottorandi n.20

Attività co-finanziate da



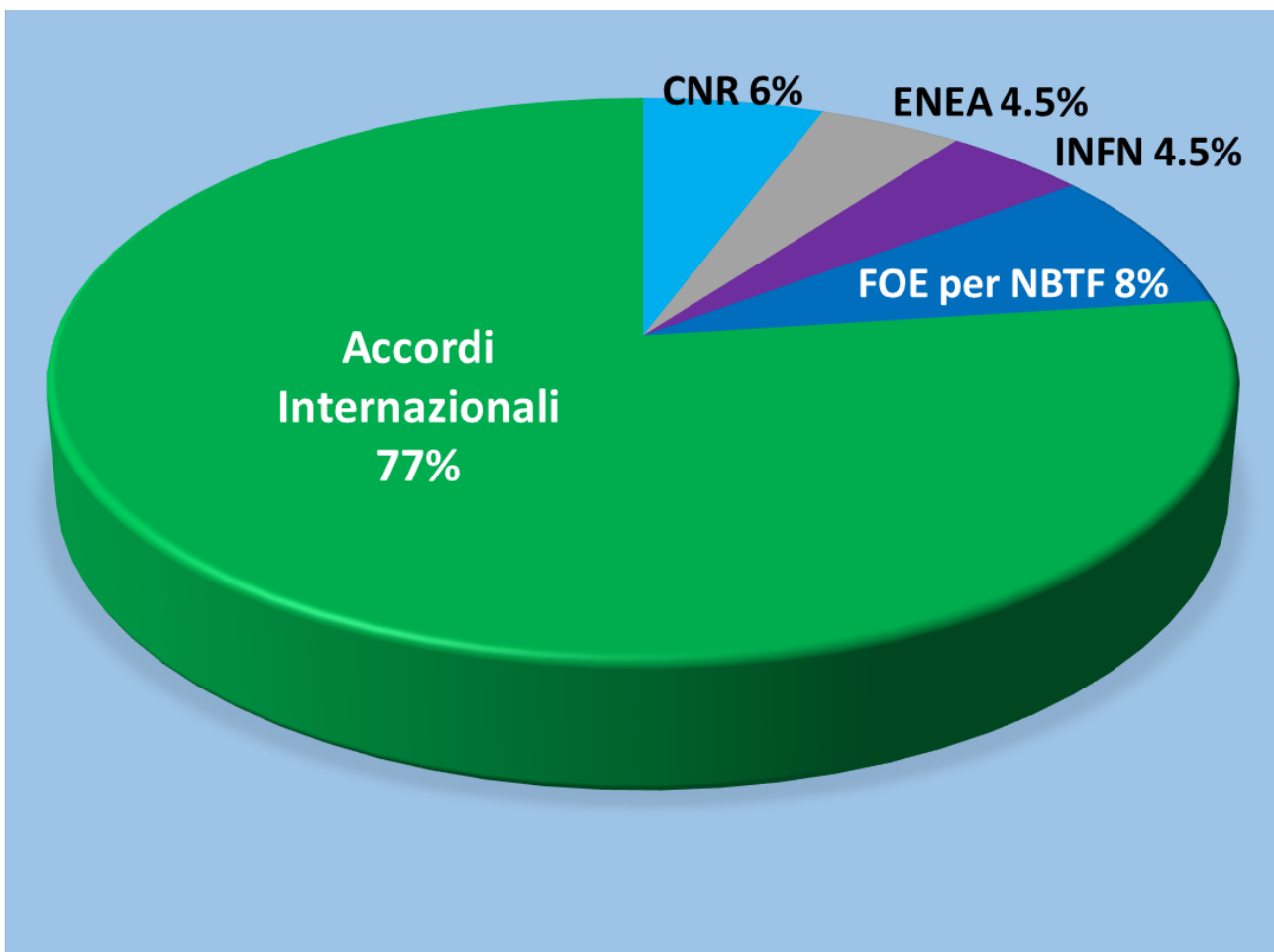
6 corsi in Lauree e Lauree Magistrali

Studenti in tesi di laurea e tirocinio

Dottorato in "Fusion Science and Engineering"

Post doc e giovani ricercatori in formazione - grant

Il bilancio del Consorzio RFX



Il bilancio annuale del Consorzio RFX negli ultimi 5 anni:

- Si attesta su valori medi dell'ordine di 21 M€/anno
- La quota dei contributi esteri si attesta su valori dell'ordine o superiori al 75%
- In questa torta non compare la quota di costo del personale a carico dei Soci e assegnato al Consorzio

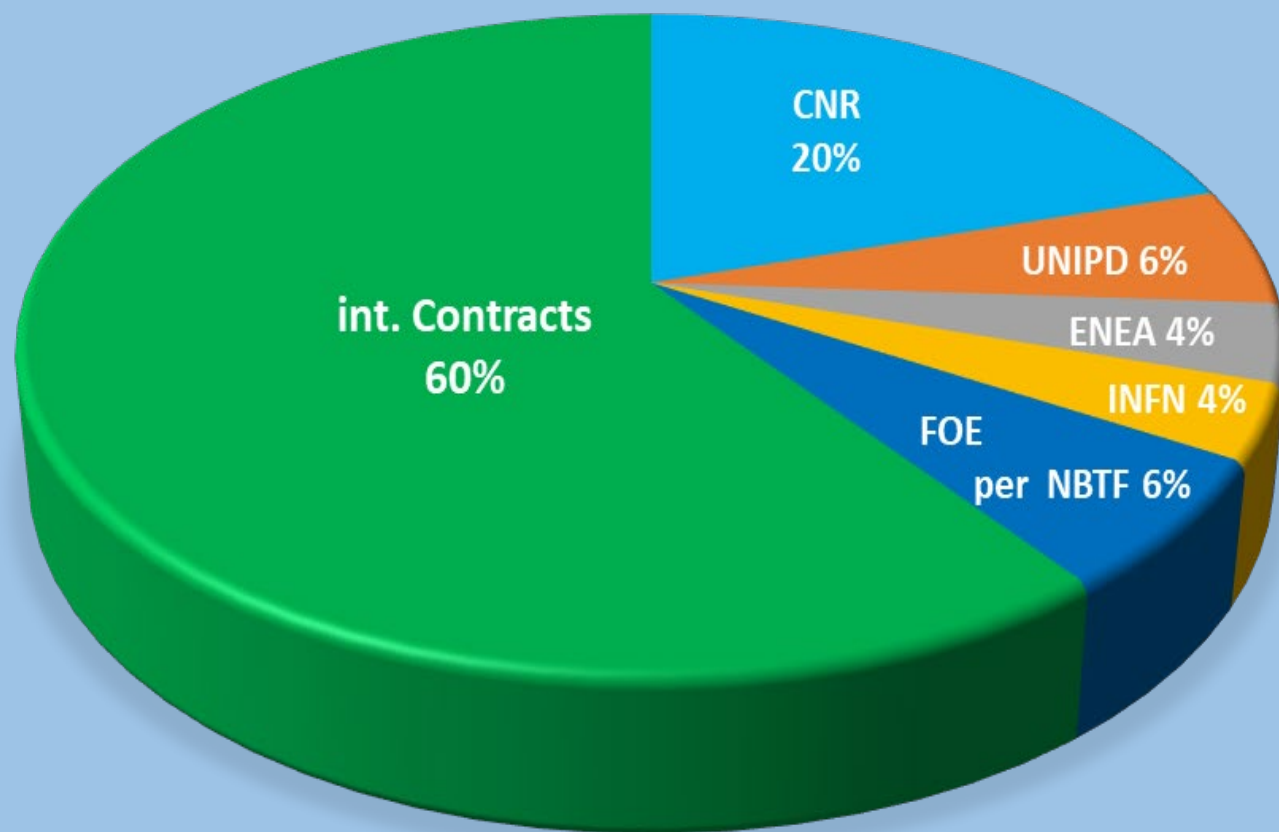
Finanziamenti pubblici italiani

— ≈25%

Contributi da accordi internazionali

— ≈75%

L'impegno italiano e il contributo internazionale



Budget complessivo

- Volume delle attività annuali e incluse del costo del personale sostenuto dai soci
- Volume totale dell'ordine di circa 30 M€/anno

Finanziamenti italiani da parte dei soci e del MUR

≈ 40%

Contributi da accordi internazionali

≈ 60%



Prodotto nel 2024
da Ufficio Comunicazione e Relazioni Esterne del Consorzio RFX

Per informazioni direzione.rfx@igi.cnr.it www.sevuoisapere.it

Seguici sui nostri social

