

## **Convenzione Quadro ENEA-INFN**

**Ricognizione sulle collaborazioni in atto nell'ambito specifico delle**  
**“Tecniche sperimentali innovative”**

Referenti:

INFN (Paolo Valente)

ENEA (Pierino De Felice)

## **Premessa**

Nell'ambito delle attività promosse dal Comitato d'indirizzo della Convenzione Quadro tra ENEA ed INFN è stata effettuata una prima ricognizione delle collaborazioni in atto tra i due enti con l'obiettivo di individuare le opportunità di potenziamento della collaborazione stessa. Il Comitato ha ritenuto opportuno organizzare una giornata di lavoro (orientativamente il 2 dicembre 2020) con lo scopo di pubblicizzare l'insieme delle collaborazioni, con particolare attenzione agli sviluppi possibili.

All'interno della collaborazione, sono stati individuati i seguenti ambiti specifici:

- Acceleratori
- Aerospazio
- Ambito
- Applicazioni mediche
- Beni culturali
- Calcolo ad alte prestazioni, Big Data, intelligenza artificiale, ecc.
- Economia della conoscenza
- Fisica ambientale
- Fissione
- Fusione
- Sorveglianza e gestione rifiuti radioattivi, ispezioni, ecc.
- Tecniche sperimentali innovative

Per ciascuno di essi, sono stati designati un referente per ENEA e uno per INFN. Ad essi è stato assegnato il compito di raccogliere le collaborazioni in atto e presentarle in forma organica durante la giornata di lavoro.

Il presente rapporto presenta il risultato di tale ricognizione nell'ambito specifico delle “**Tecniche sperimentali innovative**”.

Le collaborazioni censite sono riportate nella Tabella 1.

Nel seguito, per ciascuna tematica censita, è riportata una breve descrizione, come fornita dai rispettivi referenti specifici nei due Enti.

## Tematica N 1

### Attivazione di radionuclidi a breve emivita per medicina nucleare, generazione e caratterizzazione di campi neutronici termici ed epitermici

Nell'ambito dell'utilizzo di fasci e campi neutronici sia veloci (fusione) e termalizzati (pile termiche e reattori) si possono individuare diverse attività di sviluppo di rivelatori e di sistemi di collimazione e moderazione, come elencati di seguito (insieme alle strutture di riferimento):

1. Sviluppo di rivelatori di neutroni termici a stato solido e a gas per le applicazioni anche alle Large Scale Facilities internazionali (ENEA CR Frascati - INFN LNF).
2. Sviluppo di rivelatori a superconduttore a effetto bolometrico in sistemi BCS. (ENEA CR Frascati – INFN Sezione di Lecce)
3. Sviluppo di spettrometri ad ampio spettro per la caratterizzazioni di campi neutronici dai meV ai GeV (ENEA CR Frascati - INFN LNF).
4. Sviluppo di dispositivi per la moderazione di campi neutronici monocromatici a 2.5 e 14 MeV per applicazioni all'imaging a allo scattering di neutroni termalizzati (ENEA CR Frascati - INFN LNF).
5. Sviluppo di sistemi di collimazione di fasci di neutroni sia termici che da fusione per la radiografia neutronica standard e ad alta energia (ENEA CR Frascati - INFN LNF).
6. Sviluppo di tecniche di produzione di radioisotopi diagnostici ENEA CR Frascati – ENEA INMRI - LNF) attraverso fasci di elettroni di alta energia e teranostici per la medicina nucleare (ENEA CR Frascati – ENEA INMRI - INFN Roma 1).
7. Progettazione e realizzazione di dispositivi per la generazione di campi neutronici termici ed epitermici ad alta omogeneità spaziale, larga area basate sulla termalizzazione dei campi neutronici generati da sorgenti sigillate tipo Am-Be e/o Am-B (ENEA CR Frascati – ENEA INMRI - INFN LNF).

Con particolare riferimento al punto 6 si riporta il seguente dettaglio:

Il progetto mira allo studio di attivazione di radionuclidi a breve emivita per uso diagnostico e/o terapeutico di interesse, in particolare, della medicina nucleare utilizzando il fascio di neutroni veloci (1010 n/s) della facility ENEA FNG di Frascati e l'effettuazione di misure di attività ad alto standard metrologico presso gli impianti ENEA-INMRI di Casaccia. Tre tesi di laurea in collaborazione tra le due Unità ENEA (INMRI e FNG) e con il Dipartimento di Fisica della Sapienza di Roma sono state assegnate nel corso dell'ultimo triennio 2018-2020. Un progetto ENEA per la realizzazione della nuova facility Sorgentina-RF, per produrre radioisotopi medicali, al C.R. del Brasimone è stato di recente avviato con finanziamenti della Regione Emilia Romagna.

Attività svolta di pubblicazioni/comunicazioni a congressi:

- $^{64}\text{Cu}$  production by 14 MeV neutron beam Journal: Journal of Neutron Research, vol. Pre-press, no. Pre-press, pp. 1-8, **2020**, DOI: 10.3233/JNR-190140
- $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  production: Experiments, simulations and perspectives. Molecules **2018**, 23, 1872.
- Radionuclidi in Medicina Nucleare da neutroni a 14 MeV. Comunicazione SIF (**2018**), Sezione Biofisica e Fisica Medica, 104° Congresso Nazionale presso Università della Calabria.

Con riferimento agli altri punti citati, negli anni sono state attivate diverse collaborazioni nell'ambito dello sviluppo di rivelatori neutronici, sia a gas che a stato solido, nonché di dispositivi per la collimazione e moderazione di neutroni, prevalentemente nell'ambito di progetti della Commissione Scientifica Nazionale 5 dell'INFN.

## **Tematica N 2**

### **Partecipazione dell'INFN a confronti nazionali organizzati dall'INMRI per i laboratori delle reti di sorveglianza della radioattività ambientale**

In base alla Legge 273/91, l'ENEA svolge la funzione di Istituto Metrologico Primario nel settore delle Radiazioni Ionizzanti (RI). Analoga funzione è svolta dall'Istituto di Ricerca Metrologica (INRiM, Torino) per tutti gli altri settori.

In base a tale ruolo l'ENEA provvede alla realizzazione pratica delle Unità di Misura per le grandezze relative alle RI e ne cura la disseminazione nel Paese attraverso il Servizio di Taratura.

Al fine di verificare le procedure di misura delle RI utilizzate da soggetti pubblici e privati l'INMRI svolge anche un'importante attività di organizzazione e svolgimento di Confronti Interlaboratorio (ILC). Questi sono riconosciuti da ACCREDIA come parte essenziale delle attività di accreditamento.

Sin dagli anni 80, l'INFN ha partecipato attivamente a tali ILC, in particolare nel settore delle misure di radioattività ambientale, contribuendo alla definizione delle condizioni operative dei confronti, effettuando le opportune misurazioni sui campioni ricevuti e riportando i risultati all'INMRI. In tal modo entrambi gli Istituti hanno partecipato (seppur con ruoli diversi) alla definizione del quadro nazionale della qualità delle misure nel settore specifico.

La collaborazione proposta vuole potenziare tale attività, sia aumentando la frequenza degli ILC, che estendendone il campo di applicazione. A tal fine attrezzature e personale ENEA ed INFN potranno essere coinvolti in attive collaborazioni.

## **Tematica N 3**

### **Esperimento SiCILIA (attività di R&D neutron detectors in SiC)**

SiCILIA è una collaborazione nata da un progetto della Commissione Scientifica Nazionale 5 dell'INFN, avente come obiettivo lo sviluppo di tecnologie necessarie alla fabbricazione di rivelatori in SiC, nata da una stretta sinergia tra INFN e IMM - Istituto di Microelettronica e Microsistemi del CNR che ha un importante know-how su processi di fabbricazione e caratterizzazione del materiale SiC. In questi anni la collaborazione ha ideato e realizzato diverse tipologie di rivelatori, principalmente per le attività di NUMEN (esperimento di GRIII). Ha sviluppato diverse tecniche di fabbricazione (giunzione p-n, Schottky, etc) e ha prodotto prototipi di dispositivi anche di grandi dimensioni (ordine dei cm<sup>2</sup> di area attiva), capaci di lavorare in trasparenza (senza substrati) con spessori da 100-500  $\mu\text{m}$ . La collaborazione conduce anche tutta l'attività di caratterizzazione e studio dei dispositivi al variare della tipologia di radiazione, dalle condizioni di flusso e dell'ambiente d'utilizzo.

In questo contesto si colloca l'attività di collaborazione con ENEA volta allo studio delle performance dei dispositivi nell'ambito della rivelazione di neutroni. Negli scorsi anni sono state effettuate diverse campagne di misura alla facility FNG-ENEA di Frascati per la rivelazione dei neutroni veloci, queste attività sono tutt'ora finalizzate allo studio del danno da radiazione sui dispositivi.

In particolare, l'attività riguarda lo sviluppo e la caratterizzazione di rivelatori di neutroni realizzati con il materiale SiC (Silicon Carbaide). Il SiC viene principalmente fornito dai LNS, Catania tramite una loro collaborazione con STMicroelectronics a diversi laboratori come ad esempio Milano Bicocca. I laboratori ci costruiscono dei rivelatori di radiazione ionizzante e non. I rivelatori in SiC per neutroni vengono anche provati con l'irraggiamento dei neutroni prodotti dal Frascati Neutron Generator (FNG) del C.R. ENEA Frascati.

Questa attività viene condotta già da diversi anni; si sono individuati i punti deboli ed i punti di forza di questo materiale come ad esempio una certa difficoltà ad usare il SiC per fare spettrometria neutronica, ma anche le sue buone caratteristiche di resistenza alle radiazioni e la possibilità di operare ad altre temperature, che in qualche caso sorpassa anche i rivelatori al diamante.

## **Tematica N 4**

### **AIDAInnova**

Il progetto AIDAInnova, a cui partecipano 38 istituti e laboratori di ricerca in tutta Europa, proseguirà nell'ambito di Horizon Europe le attività svolte e finanziate nei precedenti Programmi Quadro della Commissione Europea (AIDA, AIDA-2020); scopo delle attività è lo sviluppo di infrastrutture di ricerca per i test di rivelatori, per le future generazioni di esperimenti di fisica fondamentale su fasci di particelle e sorgenti. Il coinvolgimento di partner industriali nello sviluppo degli strumenti di ricerca e delle tecnologie utilizzate nei rivelatori di futura generazione crea un mutuo scambio di conoscenze tra il mondo della ricerca e dell'industria, sfruttando le sinergie tra le reciproche competenze.

In particolare, nell'ambito di AIDAInnova, CERN, INFN ed ENEA, insieme alla CAEN, collaborano allo sviluppo di un sistema di tracciamento dei prototipi testati su fasci e sorgenti di particelle per la ottimale gestione dell'attivazione residua dei prototipi irraggiati.

I test su fascio o sorgente, volti a verificare la radiation hardness di componenti e sistemi per le future generazioni di esperimenti ai collider, necessitano di raggiungere elevate fluenze e dosi integrate sui componenti testati. Questo può comportare l'attivazione dei componenti stessi, o anche delle schede o dei supporti utilizzati per i test, in funzione degli elementi costitutivi e delle loro sezioni d'urto.

Allo scopo di tenere traccia dell'attivazione residua dei setup, ed anche della loro collocazione all'interno delle facility durante il workflow dall'ingresso alla restituzione ai gruppi di ricerca, CERN, INFN, ENEA e CAEN svilupperanno un sistema integrato di misura dell'attivazione residua, e di identificazione dei campioni tramite tag RFID dei componenti e setup sperimentali. Questo sistema si baserà sull'hardware sviluppato da CAEN e pensato per l'ambito Radioactive Waste Disposal, modificandolo ed integrandolo con i sistemi di misura e database presenti in alcune facilities del consorzio. I dati provenienti da un rivelatore portatile, che integra la misura di attivazione e la lettura dei tag RFID, verranno integrati con il sistema di gestione dei campioni sviluppato dal CERN presso la facility IRRAD. I test sul campo del nuovo sistema verranno effettuati presso la facility FNG dell'ENEA di Frascati e presso IRRAD, su campioni e prototipi realizzati dall'INFN per i test di radiation hardness.

Una possibile ulteriore collaborazione su questa attività potrebbe essere l'adozione del sistema integrato presso le facility INFN che effettuano test su fascio, e lo sviluppo di rivelatori con un range di sensibilità ancor più specifico per la misura dell'attivazione dei prototipi di rivelatori.

## **Tematica N 5**

### **Ottimizzazione e taratura di sistemi di misura di Radon e Toron**

Il progetto, inserito nel progetto europeo traceRadon finanziato da EMPIR e nelle attività di taratura in corso tra l'Università/INFN di Napoli e l'ENEA-INMRI per sistema di misura di gas radioattivi, riguarda lo sviluppo di un sistema di misura campione per Radon e Toron per taratura di strumenti di misura dell'attività dei suddetti radionuclidi gassosi. In particolare il nuovo standard di Radon e Toron sarà basato su una cella di Lucas in dotazione dell'ENEA-INMRI che consentirà, attraverso un confronto bilaterale, di tarare un apparato di misura dei due radionuclidi utilizzato presso l'Università/INFN di Napoli. Con il gruppo di Napoli si sta portando avanti una collaborazione su tecniche di simulazione basate sul codice Fluka su cui è impegnata anche una laureanda dell'Università della Sapienza – Dipartimento di Ingegneria - di Roma che sta svolgendo la propria tesi di laurea presso l'ENEA-INMRI su tale argomento.

Attività svolta di pubblicazioni/comunicazioni a congressi:

da Workshop “2° interconfronto internazionale radon in campo per sistemi di misura passivi: ambienti lavorativi e abitativi”, organizzato da AIRP (2017) in collaborazione con altre Istituzioni.



## **Tematica N 6**

### **Sviluppo di materiali di riferimento (e sorgenti di taratura) per misure di attività dei radionuclidi a livelli bassi e ultra-bassi**

Nelle misurazioni di attività dei radionuclidi in condizioni di bassissimo fondo radioattivo, in particolare nel campo della ricerca di eventi rari, si richiede l'applicazione di strumentazione e metodi adattati alla particolare situazione sperimentale di basso fondo.

In tale contesto, le Sorgenti di Taratura (ST) e i Materiali di Riferimento Certificati (MRC) da utilizzarsi per definire e verificare la riferibilità delle misure ai campioni delle Unità del SI devono essere opportunamente definiti e realizzati.

A livello internazionale non si dispone di tali ST e MRC. Lo scopo della collaborazione è di colmare, almeno in parte tale lacuna.

Grazie alle competenze teoriche e sperimentali disponibili presso l'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti dell'ENEA e nel Laboratorio di misura di attività a basso fondo dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, si propone una collaborazione con le seguenti fasi:

- a) Definizione di materiali e radionuclidi da utilizzare per le ST;
- b) Definizione di materiali e radionuclidi da utilizzare per lo sviluppo di un MRC;
- c) Raccolta, preparazione e confezionamento del materiale da utilizzare per il MRC;
- d) Definizione dello schema da utilizzare per la certificazione delle ST e del MRC.
- e) Coinvolgimento di Laboratori esteri ed effettuazione delle misure di caratterizzazione del MRC;
- f) Raccolta ed analisi dei dati;
- g) Certificazione delle ST e del MRC.

## **Tematica N 7**

### **Partecipazione nelle attività dell'International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM) con particolare riferimento al Working Group Gamma-Ray Spectrometry, con confronti di metodi teorici e sperimentali per correzioni avanzate (effetto somma, autoassorbimento)**

Da molti anni l'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti dell'ENEA e il Laboratorio di misura di attività a basso fondo dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN collaborano, nell'ambito delle attività promosse dall'International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM), per lo sviluppo e la validazione di metodi teorici e sperimentali per la determinazione delle correzioni avanzate (autoassorbimento ed effetto somma) da applicare in misure di spettrometria gamma con incertezze inferiori a pochi percento.

La collaborazione si propone di intensificare lo scambio di informazioni tra i due laboratori puntando sui rispettivi punti di forza ed individuando i punti di maggiore criticità da affrontare con impegno congiunto.

In particolare si segnalano le possibili collaborazioni sui seguenti temi:

- a) Scambio di programmi specialistici per il calcolo delle correzioni in spettrometria gamma;
- b) Scambio di codici Monte Carlo sviluppati nei due laboratori e confronto con i risultati di cui al punto a);
- c) Confronto dei metodi utilizzati nei due laboratori per la modellazione e determinazione dei parametri caratteristici di rivelatori per spettrometria gamma ad elevata risoluzione;
- d) Partecipazione congiunta alle attività del WG Gamma-Ray Spectrometry dell'ICRM e proposta di un'attività a coordinamento congiunto ENEA-INFN.

## Tematica N 8

### **Svolgimento di prove di caratterizzazione di strumenti di misura in condizioni di fondo ambientale ultra-basso**

Nelle attività di caratterizzazione di strumentazione prototipale per misure di attività si pone spesso l'esigenza di un'accurata determinazione del fondo intrinseco (bianco strumentale). Il bianco strumentale è definito come il valore della lettura strumentale in condizioni di misurando (es. attività dei radionuclidi) uguale a zero. Tale condizione non è facilmente realizzabile nei normali laboratori, in presenza di radiazioni e radioattività ambientale di fondo.

Esempi particolari sono:

- a) Strumenti di misura del radon per i quali l'avvelenamento da Pb-210 causa un aumento della lettura di bianco;
- b) Strumenti prototipi (vedi TAWARA, collaborazione ENEA-CAEN) realizzati per la misura della concentrazione di radionuclidi in acque potabili, per i quali la radiazione di fondo ambientale produce un livello di bianco non facilmente determinabile;
- c) Strumenti prototipi (vedi CORSAIR, collaborazione ENEA-CAEN) realizzati per la misura della concentrazione di radionuclidi in rocce, per i quali la radiazione di fondo ambientale produce un livello di bianco non facilmente determinabile.

Il bianco strumentale deve essere corretto sia in fase di taratura che di misura per le tipologie di strumenti su descritte.

La collaborazione si propone di studiare le situazioni di bianco strumentale più significative e di cogliere l'opportunità offerta dal Laboratorio di misura di attività a basso fondo dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN di poter effettuare misure e caratterizzazioni in condizioni di fondo ambientale notevolmente ridotto.

## Tematica N 9

### **Progetto UE SANDA, valutazione delle conseguenze astrofisiche derivanti dalla misura sperimentale della sezione di cattura neutronica degli isotopi del molibdeno**

Il progetto UE SANDA è incentrato sulla valutazione delle conseguenze astrofisiche derivanti dalla misura sperimentale della sezione di cattura neutronica degli isotopi del molibdeno.

La sinergia fra INFN-PG e ENEA-BO nelle attività di ricerca con fasci di neutroni, di interesse per l'astrofisica, è solida e sicuramente continuerà nei prossimi anni (verosimilmente ulteriormente rafforzata). Il progetto conta su un rapporto di collaborazione molto stretto anche con la sezione INFN di Bologna, in particolare tra gli afferenti all'esperimento n\_TOF. Recentemente si è aggiunto alla collaborazione un dottorando (Università di Perugia), la cui tesi tratta la misura di alcune sezioni d'urto per cattura neutronica (e sulla valutazione delle conseguenze astrofisiche) che rientrano nel progetto SANDA, il cui PI italiano è Alberto Mengoni (ENEA-Bologna).

Nel corso del 2020 sono stati selezionati gli isotopi del molibdeno di cui misurare la sezione d'urto per cattura neutronica. Tale scelta si è basata sulla concomitante rilevanza sia per gli studi di nucleosintesi stellare, sia per applicazioni alle tecnologie nucleari avanzate. E' stata inoltre effettuata un'attenta valutazione degli obiettivi scientifici, identificando il corretto setup sperimentale, ed infine avviata un'indagine conoscitiva per una stima del costo per l'acquisto e la preparazione dei campioni. Tutti questi elementi sono confluiti nella proposta di misura delle sezioni d'urto di cattura radiativa per il  $94,95,96\text{Mo}$ , presentata alla collaborazione n\_TOF (CERN). Tale proposta è stata sottomessa al comitato scientifico del CERN INTC (ISOLDE and n\_TOF Experiments Committee), che la valuterà nella sessione di Novembre 2020. Sono quindi stati avviati i preparativi per la misura, che verrà effettuata alla ripartenza degli acceleratori del CERN e dopo il commissioning del nuovo target di spallazione di n\_TOF, nel corso del 2021.

In prospettiva, la collaborazione potrebbe estendersi all'esperimento PANDORA, il quale mira a misurare, per la prima volta, i tassi di decadimento nucleare beta in condizioni simili a quelle stellari. Lo studio si concentrerà principalmente sui radionuclidi coinvolti nei processi nucleari-astrofisici, tramite trappole magnetiche e compatte di plasma, nelle quali misurare i tassi di decadimento in funzione della distribuzione di carica degli ioni del plasma.

## **Tematica N 10**

### **Programma Dark Side - Progetto ARIA**

Programma coordinato da INFN e finanziato anche dalla Regione Autonoma Sardegna.

Il progetto prevede la progettazione e la realizzazione di una colonna di distillazione criogenica per la produzione isotopi stabili da installare presso la miniera CarboSulcis S.p.A. in Sardegna.

Per questo progetto il coinvolgimento del dipartimento FSN dell'ENEA è stato richiesto per quanto concerne le attività progettuali relative, innanzi tutto, alle analisi di rischio, nonché agli studi di fattibilità e progettazione del sistema di pre- e post-processing di CO ed NO.

Per quanto riguarda le analisi di rischio, è stato richiesto ad ENEA di effettuare uno studio HAZOP (Hazard and Operability). Sono previsti nel futuro, l'esecuzione di altre analisi di rischio tipo FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), alberi di guasto (Fault Tree analysis) ed alberi degli eventi (Event Tree analysis).

La partecipazione dell'ENEA a questo progetto, era prevista nel corso del 2018 e primi mesi del 2019, solo a titolo di semplice collaborazione scientifica tra enti di ricerca. Per queste attività erano a carico dell'INFN le eventuali spese di missione del personale ENEA coinvolto nello svolgimento delle analisi di rischio. Nel futuro, la collaborazione potrà vedere una co-partecipazione di ENEA, con INFN ed altri istituti coinvolti, a bandi di ricerca nazionali ed internazionali. Nel 2020, al momento non ci sono state attività fatte in collaborazione.

La partecipazione al progetto permette di dare notevole visibilità all'ENEA e di valorizzare le competenze sviluppate nell'ambito della progettazione e realizzazione di impianti speciali ad alto contenuto tecnologico.

## **Tematica N 11**

### **Collaborazione nell'ambito dell'esperimento n\_TOF sullo sviluppo di rivelatori self-powered per alti flussi di particelle.**

Nell'ambito di task EUROfusion WPENS di cui sono responsabile, sono state effettuate campagne di misura sul target di spallazione dell'esperimento al CERN per studiare la risposta di rivelatori Self Powered SPND, inizialmente pensati per neutroni termici, con un flusso di particelle misto e comprendente neutroni dalle decine di MeV al termico. Questo studio ha verificato la buona risposta in termini di tempi e linearità, di alcuni materiali sensibili utilizzati nei SPND, con l'obiettivo di utilizzarli nei moduli di irraggiamento intenso dei materiali nella futura facility DONES. Questi risultati hanno consolidato l'interesse della collaborazione n\_TOF e della componente INFN della stessa, progettando un nuovo setup dove installare stabilmente un set di SPND sul nuovo target di spallazione. In prossimità del target verrà creata anche una nuova stazione di test ad alto flusso, nella cui caratterizzazione verranno utilizzati questi nuovi SPND in collaborazione con i colleghi INFN che utilizzeranno tecniche ad essi complementari.

Le attività utilizzano da parte nostra fondi EUROfusion, ed hanno anche avuto un finanziamento da parte INFN per il 2020 ed il 2021.

Possibili sviluppi in collaborazione con INFN sono la prosecuzione delle misure sui SPND e studi di radiation hardness di materiali sulla nuova target station.

## **Tematica N 12**

### **Prosecuzione delle misure di efficienza su un prototipo di rivelatore per neutroni veloci.**

Attività non ancora formalizzata ma già ampiamente discussa a livello scientifico, riguarda la prosecuzione delle misure di efficienza su un prototipo di rivelatore per neutroni veloci, derivato dal calorimetro elettromagnetico dell'esperimento KLOE dei LNF. La disponibilità di un prototipo di questo calorimetro, su cui sono state fatte e pubblicate misure di efficienza per neutroni, e la possibilità di misure a FNG, hanno dato l'idea di ampliare le misure con valori in energia allora non esplorati. Avevamo accennato la cosa a Ripani (INFN-E) sia io che un collega INFN nei mesi passati.

Tabella I – Collaborazioni in essere nell’ambito specifico delle “Tecniche sperimentali innovative”.

N.	Titolo o tematica tecnico-scientifica	Sedi INFN coinvolte	Contatto INFN	Email contatto INFN	Sedi ENEA coinvolte	Contatto ENEA	Email contatto ENEA
1	Attivazione di radionuclidi a breve emivita per uso diagnostico e/o terapeutico di interesse, in particolare, della medicina nucleare	Roma 1	Università/INFN Roma 1 (R. Faccini)	riccardo.faccini@roma1.infn.it	Casaccia (INMRI) e Frascati (FNG)	M. Capogni, A. Pietropaolo	marco.capogni@enea.it
2	Partecipazione dell’INFN a confronti nazionali organizzati dall’INMRI per i laboratori delle reti di sorveglianza della radioattività ambientale	LNGS	M. Laubenstein	matthias.laubenstein@lngs.infn.it	Casaccia (INMRI)	P. De Felice	pierino.defelice@enea.it
3	Esperimento SiCILIA (attività di R&D neutron detectors in SiC)	LNS, Catania, Firenze, Milano, Milano Bicocca, Pisa, TIFPA	S. Tudisco	tudisco@lns.infn.it	Frascati	M. Pillon	mario.pillon@enea.it
4	AIDAinnova	Torino	N. Pastrone	nadia.pastrone@cern.ch	Casaccia	S. Fiore	salvatore.fiore@enea.it
5	Ottimizzazione e taratura di sistemi di misura di Radon e Toron	Napoli	C. Sabbarese	carlo.sabbarese@na.infn.it	Casaccia (INMRI)	M. Capogni, F. Cardellini	marco.capogni@enea.it
6	Sviluppo di materiali di riferimento (sorgenti di taratura) per misure di attività dei radionuclidi a livelli bassi e ultra-bassi	LNGS	M. Laubenstein	matthias.laubenstein@lngs.infn.it	Casaccia (INMRI)	P. De Felice	pierino.defelice@enea.it
7	Partecipazione nelle attività dell’International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM) con particolare riferimento al Working Group Gamma-Ray Spectrometry, con confronti di metodi teorici e sperimentali per correzioni avanzate (effetto somma, autoassorbimento)	LNGS	M. Laubenstein	matthias.laubenstein@lngs.infn.it	Casaccia (INMRI)	P. De Felice	pierino.defelice@enea.it
8	Svolgimento di prove di caratterizzazione di strumenti di misura in condizioni di fondo ambientale ultra-basso	LNGS	M. Laubenstein	matthias.laubenstein@lngs.infn.it	Casaccia (INMRI)	P. De Felice	pierino.defelice@enea.it
9	Progetto UE SANDA, valutazione delle conseguenze astrofisiche derivanti dalla misura sperimentale della sezione di cattura neutronica degli isotopi del molibdeno	Perugia	S. Cristallo, M. Busso	sergio.cristallo@pg.infn.it, maurizio.busso@pg.infn.it	Bologna	A. Mengoni, F. Rocchi	alberto.mengoni@enea.it
10	Programma Dark Side - Progetto ARIA	INFN Cagliari	F. Gabriele, W. Bonivento	federico.gabriele@lngs.infn.it, walter.bonivento@ca.infn.it	Frascati	T. Pinna	tonio.pinna@enea.it
11	Collaborazione nell’ambito dell’esperimento n_TOF sullo sviluppo di rivelatori self-powered per alti flussi di particelle	INFN Bologna	C. Massimi	massimi@bo.infn.it	Casaccia	S. Fiore	salvatore.fiore@enea.it
12	Prosecuzione delle misure di efficienza su un prototipo di rivelatore per neutroni veloci	INFN Frascati	S. Miscetti	stefano.miscetti@lnf.infn.it	Casaccia	S. Fiore	salvatore.fiore@enea.it