



PIANO TRIENNALE DI **ATTIVITÀ**

2026 - 2028

Approvato dal CdA il 27 febbraio 2026

Sommario

EXECUTIVE SUMMARY	4
1 – DESCRIZIONE DELL'ENTE	10
1.1 – GLI ORGANI DI GOVERNO E LA STRUTTURA ORGANIZZATIVA	10
1.2 - L'ARTICOLAZIONE TERRITORIALE E LE INFRASTRUTTURE	12
2 – MISSIONE E STRATEGIE DI SVILUPPO	15
2.1 MISSIONE, STORIA E RUOLO DELL'ENTE NEL SISTEMA DI RICERCA NAZIONALE E INTERNAZIONALE	15
2.2 OBIETTIVI E STRATEGIE DI SVILUPPO PREVISTE PER IL PROSSIMO TRIENNIO ALLA LUCE DELLE NUOVE SFIDE SCIENTIFICHE, TECNOLOGICHE E SOCIALI	16
3 – ADERENZA VERSO IL PNR 2021-2027	19
3.1 ALLINEAMENTO STRATEGICO DEL PTA CON IL PNR 2021-2027	19
Tabella 1 - Adesione dell'INRiM agli ambiti e sotto-ambiti PNR	19
Tabella 2 - Partecipazione dell'INRiM alle infrastrutture PNR/PNIR	19
Tabella 3 – Le proposte PNR per le Infrastrutture e l'azione dell'INRiM	20
3.2 STIMA DELLA QUOTA DI ATTIVITÀ DEL PTA RICONDUCIBILE AL PNR 2021-2027	20
Tabella 4 - Percentuali di aderenza/scostamento al PNR	21
4 – POSIZIONAMENTO DELL'ENTE	22
4.1 AFFINITÀ CON ALTRI ENTI MONO- O MULTI-TEMATICI	22
4.2 POSIZIONE RISPETTO AD ENTI ATTIVI NELLO STESSO AMBITO O AMBITI AFFINI, COME RISULTA DA VARI INDICATORI, NAZIONALI ED INTERNAZIONALI	22
Tabella 5 – L'INRiM e gli altri NMI: Prodotto Interno Lordo a Parità di Potere di Acquisto (PIL PPA)	23
Tabella 6 – L'INRiM e gli altri NMI; prodotti della ricerca e finanziamenti esterni	23
4.3 PRODUZIONE SCIENTIFICA E SUO ANDAMENTO NEGLI ULTIMI 4 ANNI	24
Tabella 7 – Percentuali di distribuzione degli IF nel periodo 2022-2025	26
Tabella 8 – Calibration and Measurement Capabilities (CMC) dell'INRiM	28
Tabella 9 – Documenti emessi nel periodo 2022-2025	29
5 – COLLABORAZIONI NAZIONALI E INTERNAZIONALIZZAZIONE	32
5.1 ACCORDI, COLLABORAZIONI, CONTRATTI, PARTECIPAZIONI A GRANDI PROGETTI, RETI, CONSORZI, ASSOCIAZIONI CON ENTI, UNIVERSITÀ, ISTITUZIONI, INDUSTRIE NAZIONALI	32
5.2 ACCORDI, COLLABORAZIONI, CONTRATTI CON ISTITUZIONI ESTERE, PARTECIPAZIONI A PROGETTI, NETWORK E ROADMAP EUROPEI ED INTERNAZIONALI	37
6 – PERSONALE RICERCATORE, TECNOLOGO, TECNICO, AMMINISTRATIVO	43
6.1 PERSONALE IN SERVIZIO AL 31 DICEMBRE 2025: DIPENDENTI A TEMPO INDETERMINATO E DETERMINATO	43
Tabella 10 – Personale in servizio al 31 dicembre 2025 (TI e TD)	43
Tabella 11 – Percentuali per profilo del personale TI e TD in servizio al 31 dicembre 2025	44
6.2 ALTRE TIPOLOGIE DI PERSONALE PRESENTI AL 31 DICEMBRE 2025	44
Tabella 12 – Altro personale della Direzione Scientifica al 31 dicembre 2025	44
7 – INFRASTRUTTURE, LABORATORI DI RICERCA, STRUMENTAZIONE	46
7.1 INFRASTRUTTURE DELL'ENTE (SOFT-TYPE E HARD-TYPE)	46
7.2 COINVOLGIMENTO IN INFRASTRUTTURE NAZIONALI E INTERNAZIONALI	51
7.3 TIPI DI LABORATORI E GRANDI STRUMENTAZIONI	53

8 – ATTIVITÀ SCIENTIFICA E PROGETTUALE	59
8.1 - BREVE DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI LINEE DI RICERCA E DELLE LORO FINALITÀ	59
8.2 - RISULTATI OTTENUTI E OBIETTIVI FUTURI	62
8.3 - ELENCO DEI PRINCIPALI PROGETTI DI RICERCA PREVISTI PER IL TRIENNIO, CON BREVE DESCRIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEI RISULTATI ATTESI	74
Tabella 13 – Principali progetti previsti per il triennio 2026-2028	74
8.4 - TABELLE RIASSUNTIVE: I) BUDGET; II) FONTI DI FINANZIAMENTO; III) RICERCATORI COINVOLTI (%)	81
Tabella 14 – Sintesi dell'attività progettuale dell'INRiM	81
9 – ATTIVITA' DI TERZA MISSIONE / IMPATTO SOCIALE	90
9.1 - AZIONI DI SUPPORTO ALLA ALTA FORMAZIONE	90
Tabella 15 – I numeri dell'Alta Formazione universitaria nel 2025	91
9.2 - FORMAZIONE PROFESSIONALE CONTINUA E PERMANENTE	91
9.3 - NUOVE METODOLOGIE DI COMUNICAZIONE E DIFFUSIONE DELLA CONOSCENZA	92
9.4 - ATTIVITÀ DI PUBLIC ENGAGEMENT: CONFERENZE, MOSTRE, CANALI SOCIAL	94
9.5 - INDICAZIONE DEL BUDGET E DEL PERSONALE (%) COINVOLTO NELLE VARIE ATTIVITÀ	95
9.6 - SERVIZI CONTO-TERZI: INDICAZIONE RICAVI OTTENUTI E PERSONALE IMPEGNATO (%), PREVISIONE PER IL TRIENNIO	95
Tabella 16 – Servizi conto-terzi: previsione per il triennio	95
9.7 - PARTECIPAZIONI A SPIN-OFF, SOCIETÀ E FONDAZIONI	96
9.8 - BREVETTI DEPOSITATI: TITOLO, ANNO PUBBLICAZIONE, ENTRATE, ETC..	97
10 – AZIONI PER GENDER EQUALITY	98
10.1 - DESCRIZIONE DELLE INIZIATIVE IN ATTO E PREVISTE VOLTE A PROMUOVERE INCLUSIVITÀ E PIANI DI “GENERE”	98
10.2 - INDICAZIONE DEL BUDGET E DEL PERSONALE (%) COINVOLTO	99
11 – RISORSE	101
Tabella 17 – Disponibilità da Bilancio di previsione 2026	102
Tabella 18 – Costi da Bilancio di previsione 2026	102
12 – FABBISOGNO DI PERSONALE E DOTAZIONE ORGANICA	103
12.1 - INDICATORE DI SOSTENIBILITÀ, PUNTI ORGANICO	103
Tabella 19 – Indicatore di sostenibilità 2025 (art. 9, secondo comma, D.Lgs. 218/2016 aggiornato dall'art. 1 comma 826, L. 207/2024)	103
Tabella 20 - Punti organico INRiM (DFP, nota n.72298-P del 13.12.2017)	103
12.2 - PIANO DI RECLUTAMENTO NEL TRIENNIO, CON TABELLA RIASSUNTIVA: NUOVE ASSUNZIONI E PASSAGGI INTERNI	104
Tabella 21 – Facoltà assunzionali Piano del Fabbisogno 2025-2027 in un'ottica di mandato	105
Tabella 22 – Facoltà assunzionali residue Piano del Fabbisogno vigente, per il biennio 2026-2027	106
12.3 - PIANIFICAZIONE DI BORSE (RICERCA E DOTTORATO), ASSEGNI, INCARICHI DI RICERCA	106
Tabella 23 – Pianificazione assegni/incarichi e borse di ricerca - triennio 2026-2028	106
Tabella 24 – Pianificazione borse di dottorato - triennio 2026-2028	106
13 – MONITORAGGIO E AUTOVALUTAZIONE	107
13.1 - DESCRIZIONE DEI MECCANISMI PER IL MONITORAGGIO INTERNO DELL'AVANZAMENTO DELLE ATTIVITÀ E DEI PROGETTI	107
13.2 - AUTOVALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA A LIVELLO SCIENTIFICO, ECONOMICO E SOCIALE	108

EXECUTIVE SUMMARY

PREMESSA

Ai sensi del d.lgs. 218/2016, l'INRiM adotta un Piano Triennale di Attività (PTA), aggiornato annualmente e approvato dal MUR, in coerenza con il Programma Nazionale della Ricerca, che definisce la programmazione strategica dell'Ente, valorizzando la ricerca, il ruolo di Istituto Metrologico Nazionale e le attività di terza missione a supporto di società e industria. Il PTA 2026–2028 introduce importanti novità. Adotta un **nuovo format ministeriale** (introdotto dal MUR nel marzo 2025), che lo ha reso più focalizzato sugli aspetti strategici, riducendo la frammentazione descrittiva. Cambiano le **tempistiche di redazione e approvazione**: trasmesso entro il 31 marzo di ciascun anno e non più a dicembre; questo slittamento consente una più solida raccolta dei dati di consuntivo a gennaio. Infine, il nuovo PTA introduce **metriche di misurazione dell'azione scientifica**, applicate a pubblicazioni, progetti, finanziamenti e servizi erogati, al fine di valutarne portata e sviluppi. Si evidenzia il ruolo del **supporto offerto dall'azione amministrativa** nel rendere operative le strategie di ricerca. Il ruolo funzionale e complementare dell'area amministrativa è delineato nel **PIAO 2026–2028**, che garantisce continuità strategica e orienta lo sviluppo organizzativo.

1 - DESCRIZIONE DELL'ENTE E ASSETTO ORGANIZZATIVO

L'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) è un ente pubblico di ricerca non strumentale che opera come unico presidio della metrologia primaria in Italia. La sua missione è la ricerca, la realizzazione, il mantenimento e la disseminazione dei campioni nazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale (SI). Il governo dell'Ente è affidato ad **organi di indirizzo politico-amministrativo e scientifico** (Presidente, Consiglio di Amministrazione, Consiglio Scientifico, Direttore Scientifico, Direzione Scientifica), affiancati da **organismi di valutazione, controllo e garanzia** (Collegio dei Revisori dei Conti, Magistrato della Corte dei Conti, Direttore Generale, OIV, CUG, CIQ).

La **struttura organizzativa** è costituita da:

- Un'Area Scientifica con tre Divisioni: Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML); Metrologia applicata e ingegneria (AE); Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN)
- Un'Area Tecnico-Amministrativa con 18 sezioni, tra Unità Organizzative e Servizi

L'INRiM opera su diverse sedi distribuite a livello nazionale:

- Sede Nord (Torino): sede in Strada delle Cacce 91, sede storica in Corso Massimo d'Azeglio 42)
- Sede Centro (Sesto Fiorentino): presso il Polo dell'Università degli Studi di Firenze
- Sede Sud (Matera): presso il Centro di Geodesia Spaziale dell'ASI e la Casa delle tecnologie Emergenti (Matera)
- Laboratorio di Pavia: presso il Dipartimento di Chimica dell'Università di Pavia

2 - MISSIONE E STRATEGIE DI SVILUPPO

L'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) è un ente pubblico nazionale di ricerca nato nel 2006 dalla fusione di due storici istituti metrologici (IEN e IMGC). È istituto metrologico primario ai sensi della legge 11 agosto 1991, n. 273, svolgendo ricerca nell'ambito della metrologia. In qualità di firmatario del Mutual Recognition Arrangement, nel quadro della Convenzione del Metro, realizza e mantiene i campioni nazionali delle unità di misura per la riferibilità e il valore legale delle misure nei settori economici, della ricerca scientifica, della salute e dell'ambiente, nonché negli altri settori in cui la metrologia trova applicazioni. La ricerca dell'Ente è dunque finalizzata all'innovazione applicata, in particolare per il ruolo di Ente Metrologico.

Strategia 2026-2028: Obiettivi e Sfide

Per il prossimo triennio, l'ente ha delineato una strategia focalizzata su:

- Temi Prioritari: la ricerca sui campioni primari, la transizione industriale e le tecnologie quantistiche, l'aerospazio, la transizione energetica, i materiali innovativi e le nanotecnologie, la miniaturizzazione della metrologia, il monitoraggio

ambientale, la trasformazione digitale.

- Consolidamento Territoriale della sede Centro a Sesto Fiorentino e della sede Sud a Matera per consolidare la propria presenza nazionale.
- Gestione delle Infrastrutture di Eccellenza come l'Italian Quantum Backbone (IQB), Piemonte Quantum Enabling Technologies (PiQuET), l'Infrastruttura per la sicurezza alimentare (IMPRESA) e l'infrastruttura di Measurement and Testing per le tecnologie quantistiche (QUAMT-ITA).
- Sicurezza e Integrità della Ricerca: recepimento delle direttive nazionali ed europee.
- Infrastruttura di Innovazione: certificazione metrologica e trasferimento tecnologico.

Indicatori di Performance

L'INRiM monitora la propria crescita attraverso le seguenti metriche (dati 2025):

- Produzione scientifica: 1,1 pubblicazioni/addetto di ricerca (176 persone), con una forte concentrazione (42%) su riviste ad alto impatto (IF > 5).
- Attrattività di fondi: eccellente capacità, pari a circa 150.000 euro/addetto (296 persone).
- Servizi metrologici: il valore ammonta a circa 5.500 euro/addetto (296 persone).

3 - ADERENZA VERSO IL PNR 2021-2027

Il PTA dell'INRiM è pienamente coerente con il Programma Nazionale della Ricerca 2021–2027, in particolare sulle Priorità di Sistema (Capitolo 4). L'Istituto è in linea con 4 dei 6 ambiti di ricerca del PNR e con il 65% delle aree di intervento nei 4 ambiti considerati. Partecipa a 5 delle 131 infrastrutture di ricerca nazionali (4%), secondo la classificazione dell'European Strategy Forum on Research Infrastructures, e promuove attivamente la Scienza. La valutazione della quota del PTA riconducibile al PNR si basa su criteri quantitativi, come i progetti finanziati (45,1 M€), le infrastrutture e i servizi metrologici. Tutti i progetti risultano pienamente coerenti con le 13 aree di intervento PNR in cui INRiM è attivo. Anche le Infrastrutture di Ricerca e l'Infrastruttura di Innovazione dei Servizi Metrologici aderiscono al 100% al PNR; unico scostamento è l'attività sui Campioni Primari, non mappata nel PNR ma centrale per l'identità dell'ente, che si valutano nel 15% dell'attività per risorse umane ed economiche. **Il computo totale di aderenza al PNR è pertanto dell'85% delle attività INRiM.**

4 - POSIZIONAMENTO DELL'ENTE E PRODUZIONE SCIENTIFICA

Le affinità con altri enti sono da ricercarsi con gli istituti internazionali che ricoprono il ruolo dell'INRiM. Nel PTA l'INRiM si confronta con gli Enti Nazionali di Metrologia di Paesi con economie industriali avanzate (Francia, Germania, UK, Spagna, Corea del Sud, Canada) sulla base di omogeneità economica (PIL PPA pro capite) e tipologia di sistema produttivo. Dall'analisi comparativa (pubblicazioni, budget, finanziamenti esterni e progetti per addetto) emerge che l'INRiM, nonostante personale e finanziamenti pubblici inferiori ai competitor, mostra un'elevata capacità di attrazione di fondi esterni e dai **dati di consuntivo 2022–2025** si registra un miglioramento della produzione scientifica:

- **Pubblicazioni:** nel 2025, 269 pubblicazioni internazionali indicizzate, di cui 197 riviste con peer review ed Impact Factor (IF), con IF medio 5,4; oltre 56.000 citazioni complessive (2010–2025), media di 15 citazioni per prodotto e 1,1 pubblicazioni per addetto nel 2025.
- **Servizi metrologici:** mantenute 462 Capacità di misura Certificata; nel 2025 emessi 1.889 certificati; valore dei servizi per addetto circa 5.500 euro.
- **Progetti e finanziamenti:** 49,1 M€ di finanziamenti competitivi ottenuti nel 2025, +22% sul 2024 (40,1 M€); 22 progetti di eccellenza; 0,07 grant per addetto di ricerca e circa 150.000 euro di finanziamenti esterni per addetto, che si conferma un valore di eccellenza.

5 - COLLABORAZIONI NAZIONALI E INTERNAZIONALIZZAZIONE

Collaborazioni nazionali: l'INRiM è attivo in **collaborazioni con 200 organismi e aziende nazionali, nell'ambito di progetti, reti/consorzi, convenzioni, associazioni e pubblicazioni di articoli scientifici**; sono coinvolti 91 enti di

ricerca / università, 15 enti / fondazioni ospedalieri, 54 tra fondazioni, associazioni, consorzi, ministeri ed enti pubblici, 40 aziende nazionali.

Collaborazioni internazionali: l'INRiM ha **collaborazioni attive con più di 700 organismi e aziende internazionali, maturate nei contesti delle convenzioni/contratti formalizzati, della partecipazione a comuni progetti di ricerca, reti/consorzi, dell'attività di pubblicazione e brevettuale e dei confronti internazionali** connessi alla missione dell'Istituto; sono coinvolti 71 enti metrologici, 542 organismi internazionali (480 tra enti di ricerca e università; 62 tra enti pubblici, fondazioni, ospedali, agenzie), 162 aziende internazionali; le collaborazioni internazionali in essere si sviluppano per un 76% sul fronte europeo, per un 22% si suddividono equamente tra America e Asia ed infine per il 2% coinvolgono organismi di Africa e Oceania.

6 – PERSONALE RICERCATORE, TECNOLOGO, TECNICO, AMMINISTRATIVO

Il quadro delle risorse umane dell'INRiM TI e TD, rilevato al 31 dicembre 2025, consiste in 317 unità di personale, di cui 296 a tempo indeterminato (93%) e 21 a tempo determinato (7%). Il personale a tempo indeterminato è assegnato per il 70% alla Direzione Scientifica, per il restante 30% alla Direzione Generale. Completano il quadro le altre tipologie di personale (in tutto 108 unità): 23 assegni di ricerca, 3 borse di avviamento alla ricerca, 28 borse di dottorato e 54 associati.

7 – INFRASTRUTTURE, LABORATORI di RICERCA, STRUMENTAZIONE

L'INRiM è fortemente impegnato nella progettazione, sviluppo e gestione di infrastrutture di ricerca di eccellenza, sia a livello nazionale sia internazionale.

Tra le infrastrutture coordinate direttamente dall'Istituto figurano:

- **Galileo Timing Research**, che supporta il sistema Galileo con competenze di metrologia del tempo e sviluppo di nuovi servizi di timing;
- **Italian Quantum Backbone**, rete in fibra ottica per la distribuzione di segnali di tempo e frequenza ad alta accuratezza e per la sperimentazione nelle tecnologie quantistiche;
- **IMPreSA**, dedicata alla metrologia per la sicurezza alimentare e alla conformità normativa;
- **PiQuET**, infrastruttura condivisa con PoliTO e UniTO per micro/nanofabbricazione e integrazione di dispositivi e materiali innovativi
- **QuaMT-ITA**, focalizzata su certificazione nelle tecnologie quantistiche e sul supporto all'industria.

INRiM partecipa inoltre a importanti iniziative e reti europee e nazionali, tra cui **EURAMET** per la cooperazione metrologica europea, **EuroQCI** per le comunicazioni quantistiche, **iENTRANCE** per la transizione energetica, e **Metrofood-RI/IT** per servizi metrologici avanzati nel settore agroalimentare.

L'INRiM dispone di un'articolata rete di laboratori, strumentazioni e altre risorse tecnico- scientifiche.

Di seguito sono elencate le risorse delle tre Divisioni:

Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML): 17 gruppi di laboratori, dedicati a micro e nanofabbricazione, nanofotonica, dispositivi neuromorfici e quantistici, materiali innovativi, alte tensioni, dispositivi EM e storage, tomografia a risonanza magnetica, campi elettromagnetici, ultrasuoni, microfoni MEMS, biometrologia, modellistica computazionale, materiali e campi magnetici.

Metrologia applicata e Ingegneria (AE): 18 gruppi di laboratori, dedicati ai campioni primari (lunghezza e angolo, massa e grandezze apparentate, tensione e resistenza, temperatura e umidità), servizi metrologici, tensioni e forti correnti, geofisica, sensori per lo spazio, interferometria ottica, proprietà meccaniche e topografiche delle superfici, metodi termometrici, proprietà termofisiche e metrologia dei vettori energetici, clima e ambiente, analisi di gas, matematica e machine learning.

Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN): 16 gruppi di laboratori dedicati a grandezze elettriche, radiometriche e di tempo e frequenza, chimica fisica, analisi chimiche e biologiche, spettroscopia vibrazionale, campioni quantistici ed elettrici, circuiti quantistici, sistemi di ottica e comunicazione quantistica, nanodiamanti, fotometria, campioni di frequenza atomici, sistemi satellitari.

8 – ATTIVITÀ SCIENTIFICA E PROGETTUALE

Le **principali linee di ricerca** per il triennio si sviluppano, in coerenza con il Documento di Vision e il PNR 2021-2027, all'interno delle tre Divisioni dell'INRiM.

Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML) sviluppa e mantiene campioni nazionali elettrici, magnetici e acustici, assicurando la riferibilità internazionale delle misure. Le sue attività riguardano la metrologia per la salute, l'energia e i materiali innovativi (incluse tecnologie quantistiche e memristive), con attenzione anche alla sostenibilità ambientale e ai materiali magnetici.

Metrologia applicata e ingegneria (AE) garantisce la riferibilità per grandezze meccaniche, termodinamiche ed elettriche, offrendo servizi di taratura e supporto all'industria, in particolare nel settore aerospaziale. È inoltre centro di riferimento WMO per il monitoraggio climatico e sviluppa ricerche su efficienza energetica, idrogeno e applicazioni di intelligenza artificiale e machine learning.

Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN) realizza e mantiene campioni primari elettrici, fotometrici e di tempo/frequenza, inclusa la scala UTC(IT), contribuendo anche al sistema Galileo. Gestisce infrastrutture strategiche e conduce ricerche che spaziano dall'elettronica e ottica quantistica agli orologi atomici, alla metrologia per la sicurezza alimentare e alle tecnologie per energia e ambiente.

A gennaio 2026 l'INRiM risulta coinvolto in **148 progetti** per un valore di **79,4 milioni di euro**.

I finanziamenti provengono da **bandi competitivi europei** (77 progetti, 25,8 M€), **ministeri ed enti nazionali** (37 progetti, 12,6 M€), **industrie** (19 progetti, 5,4 M€), **enti internazionali** (5 progetti, 920.000 €), **bandi regionali/Fondazioni** (6 progetti, 816.000 €), **MUR-FOE** (4 progetti, 33,9 M€).

Nel PTA sono descritti **42 progetti principali** (≥ 300.000 €), che coprono ambiti quali Ambiente, Digitale, Energia ed e-mobility, Food, Materiali innovativi, Nanotecnologie, NMI activities, Quantum, Salute, Space. Tra questi spiccano i progetti ERC Starting Grants, vinti da giovani ricercatori, le iniziative legate allo European Chips Act e le collaborazioni con ESA ed EUSPA per lo sviluppo del sistema Galileo.

9 – ATTIVITA' DI TERZA MISSIONE / IMPATTO SOCIALE

L'INRiM è attivo nell'**alta formazione**, finanziando borse di dottorato (presso Politecnico e Università di Torino), con docenze in corsi universitari, master e dottorati, scuole come la Quantum Timekeepers 2025 e la Summer School for Metrology. Offre tirocini curriculari per studenti triennali e magistrali.

Nell'ambito della **formazione professionale continua**, il personale svolge docenze in corsi, master, workshop e summer school di rilievo nazionale e internazionale, contribuendo all'aggiornamento di competenze professionali specialistiche (Summer School dell'ACCREDIA Academy, Master annuale "High Performance and Quantum Computing", Summer School METROFOOD-IT).

Le attività di **public engagement e comunicazione** comprendono divulgazione scientifica (visite ai laboratori, eventi, festival), comunicazione (media, social media e portale), comunicazione interna (e. g. la newsletter settimanale) e partecipazione alla rete APEnet per il Public Engagement.

Le attività di Terza Missione dedicate al trasferimento della conoscenza e alle attività di Public Engagement coinvolgono il **35% del personale** con un **budget dedicato** che corrisponde all'incirca all'**1,6% del FOE**. Nel 2025 i **ricavi da servizi conto terzi** ammontano a **1,7 M€**, con il 45% del personale scientifico coinvolto. Per il triennio 2026–2028 l'INRiM punta a rafforzare il **trasferimento tecnologico**, valorizzando circa 15 famiglie brevettuali, incrementando licenze e collaborazioni industriali e avviando il primo spin-off. Nel 2025 l'Istituto risulta titolare di 5 brevetti depositati e 2 concessi, con l'obiettivo di generare un impatto economico e sociale concreto.

10 – AZIONI PER GENDER EQUALITY

L'INRiM ha sviluppato un sistema integrato e preventivo per la tutela del benessere organizzativo e delle pari opportunità, che coinvolge Consigliera di Fiducia, Sportello di ascolto psicologico e Comitato Unico di Garanzia (CUG). Il monitoraggio sistematico dei dati di genere supporta la definizione e l'aggiornamento delle politiche dell'Ente. Attività di informazione

e formazione rafforzano la cultura inclusiva, contrastano stereotipi e promuovono la prospettiva di genere, in particolare nelle discipline STEM. Nel triennio 2026–2028 il CUG INRiM rafforzerà il coordinamento nazionale, promuovendo anche una rete dei CUG degli Enti Pubblici di Ricerca. Verrà consolidata la sinergia tra CUG, Consigliera, Sportello e Amministrazione, con un coinvolgimento diretto nel monitoraggio dello stress lavoro-correlato. Parallelamente saranno promosse iniziative per la parità e l'inclusione, integrando stabilmente la dimensione di genere nelle politiche organizzative dell'Ente.

11 – RISORSE

L'INRiM mantiene una **solida situazione finanziaria**. Le risorse finanziarie considerate sono pari ai ricavi inseriti nel bilancio di previsione approvato dal CdA dell'Ente a dicembre 2025. Il FOE risulta in crescita dal 2021, pur con una riduzione della quota per la valenza internazionale. I ricavi da servizi sono in aumento, le altre entrate restano stabili. Non sono inclusi i ricavi da progetti competitivi, in costante aumento, iscritti solo a finanziamento approvato. Le spese comprendono costi di personale e oneri fiscali. Gli investimenti 2026 riguarderanno ristrutturazioni, impianti e attrezzature scientifiche.

12 – FABBISOGNO DI PERSONALE E DOTAZIONE ORGANICA

Si riportano in questo PTA i dati del più recente Piano del fabbisogno disponibile, che fa riferimento al triennio 2025-2027. Lo sviluppo delle risorse umane è sottoposto ad un vincolo di sostenibilità finanziaria. Ai sensi dell'art. 9, comma 2, del Decreto legislativo 25 novembre 2016, n. 218, negli Enti Pubblici di Ricerca l'indicatore del limite massimo alle spese di personale, calcolato rapportando le spese complessive per il personale di competenza dell'anno di riferimento alla media delle entrate complessive dell'Ente come risultante dai bilanci consuntivi dell'ultimo triennio, non può superare l'ottanta per cento. Il calcolo dell'**indicatore di sostenibilità** di questo Piano è basato sui valori del triennio 2022-2024. Il valore economico del **punto organico** per INRiM risulta pari a **126.588 euro**.

Tra il 2018 e il 2024 l'Istituto ha attuato un incremento del personale a tempo indeterminato (da 191 a 266 unità), sostenendo lo sviluppo della metrologia italiana e la gestione di nuove infrastrutture. Tuttavia, il contesto di finanza pubblica richiede una riflessione sulla sostenibilità, sulla capacità di attrarre finanziamenti e sull'efficienza gestionale. **Il Piano 2025–2027 quindi rafforza la struttura dell'INRiM, potenziando il comparto scientifico, amministrativo, le infrastrutture e le sedi.**

13 – MONITORAGGIO E AUTOVALUTAZIONE

Nel triennio 2026-2028 il **monitoraggio interno dell'avanzamento dell'attività dei progetti** vedrà un progressivo potenziamento, sia qualitativo che quantitativo, grazie a:

- rafforzata collaborazione PI–amministrazione e project management più efficiente.
- controllo qualità deliverable, risultati scientifici e proprietà intellettuale.
- nuova formazione per PI su risorse umane e finanziarie.
- digitalizzazione dei processi e processi amministrativi efficaci anche attraverso la condivisione di metriche che valorizzano il lavoro del personale

L'INRiM ha identificato alcune **metriche che possono guidare l'autovalutazione dell'ente** e che saranno usate nel corso del triennio. Saranno misurati pubblicazioni (numero e IF), attrattività dei fondi (progetti e importi per addetto) e servizi metrologici (fatturato e fruizione). La terza missione culturale e sociale si valuta attraverso metriche sul numero di utenti coinvolti. I risultati saranno raccolti annualmente in un documento condiviso con l'Ente, in modo complementare al Consuntivo dell'Istituto.



1 – DESCRIZIONE DELL'ENTE

1.1 – GLI ORGANI DI GOVERNO E LA STRUTTURA ORGANIZZATIVA

Nella tabella seguente sono riportati gli organi di governo dell'INRiM, con indicato il ruolo da loro ricoperto. Secondo quanto previsto dall'art. 5 Statuto dell'INRiM, sono organi dell'Istituto:

- il Presidente
- il Consiglio di Amministrazione
- il Consiglio Scientifico
- il Direttore Scientifico
- la Direzione Scientifica
- il Collegio dei Revisori dei Conti

ORGANI DELL'ISTITUTO		
Organi di indirizzo politico amministrativo	Presidente	Rappresentante legale dell'ente: è responsabile delle relazioni istituzionali, rappresenta l'INRiM negli Organismi metrologici europei e internazionali, vigila, sovrintende e controlla il corretto svolgimento delle attività
	Consiglio di Amministrazione	Art. 7, co. 1 dello Statuto: Il Consiglio di Amministrazione è l'organo di indirizzo e programmazione generale dell'attività dell'ente
Organi di indirizzo scientifico	Consiglio Scientifico	Art. 8, co. 1 dello Statuto: Il Consiglio Scientifico è l'organo di consulenza relativo all'attività complessiva di ricerca dell'INRiM. Contribuisce alla definizione della strategia, della programmazione scientifica e della valorizzazione del suo ruolo
	Direttore Scientifico	Coordina le attività svolte nelle Divisioni: • definisce le richieste di risorse umane e finanziarie da sottoporre agli organi dell'ente preposti alla loro approvazione; • definisce le necessità di risorse strumentali e di servizi da sottoporre al Direttore generale o al Presidente; • propone al Presidente e al Consiglio di Amministrazione le iniziative di formazione dei ricercatori e dei tecnologi
	Direzione Scientifica	Art. 13, co. 1 e 2 dello Statuto: La Direzione scientifica è preposta alle attività tecnico scientifiche dell'Ente, e formula: • le proposte dei piani e dei rapporti periodici di attività; • le proposte di fabbisogno di risorse umane e finanziarie; • le necessità di risorse strumentali e di servizi; • le iniziative di formazione dei ricercatori e tecnologi, in base alle esigenze delle strutture di ricerca. E' composta dal Direttore scientifico e dal Consiglio di direzione.
Organo di controllo	Collegio dei Revisori dei Conti	Art. 9, co. 1 dello Statuto: Il Collegio dei Revisori dei conti è l'organo di controllo della regolarità amministrativa e contabile dell'ente e svolge i compiti previsti dall'articolo 2403 del codice civile, per quanto applicabile

Organismi di controllo, valutazione e garanzia	
Magistrato della Corte dei Conti	Delegato (titolare e sostituto) al controllo sulla gestione finanziaria dell'Ente a norma dell'art. 12 della legge 21 marzo 1958, n. 259
Organismo Indipendente di Valutazione (OIV)	Monitora il sistema di valutazione della performance, la trasparenza e l'integrità nelle amministrazioni pubbliche, secondo il Decreto Legislativo 150/2009
Comitato Unico di Garanzia per le pari opportunità, la valorizzazione del benessere di chi lavora e contro le discriminazioni dell'INRiM (CUG)	Promuove le pari opportunità di ogni persona in ambito lavorativo, con misure volte a prevenire e contrastare ogni forma di discriminazione fondata sul sesso e sull'orientamento sessuale, l'etnia, la religione, le convinzioni personali e politiche, le condizioni di disabilità, l'età.
Comitato di indirizzo per la Qualità (CIQ)	Il Comitato d'Indirizzo per la Qualità definisce le strategie e le politiche per la qualità dell'INRiM; effettua il riesame del Sistema di Gestione per la Qualità.
Direttore Generale	Art. 12 co. 1 dello Statuto: provvede alla gestione finanziaria e amministrativa dell'ente e ne ha la responsabilità; assicura l'attuazione delle delibere del Consiglio di Amministrazione e dei provvedimenti adottati dal Presidente; coordina e controlla i servizi generali e la struttura amministrativa dell'ente

Il modello strutturale di organizzazione e funzionamento si articola in:

- **Direzione generale**, per la gestione amministrativa, per l'organizzazione delle risorse umane dell'ente e per la gestione dei Servizi tecnici, ad esclusione di quanto di competenza della Direzione scientifica; la Direzione generale opera sotto la diretta responsabilità del Direttore generale;
- **Direzione scientifica**, per il coordinamento, la programmazione e lo svolgimento delle attività tecnico-scientifiche dell'Ente; composta dal Direttore scientifico (coordinamento delle attività svolte nelle Divisioni), e dal Consiglio di Direzione (ne fanno parte il Direttore Scientifico, i Responsabili delle Divisioni e un pari numero di membri eletti).

L'area tecnico-amministrativa è costituita dalla Direzione generale, articolata in due Direzioni di II livello, Direzione Supporto alla Ricerca e Innovazione e Direzione Tecnica; 9 unità organizzative (UO) e 1 servizio di diretta afferenza della Direzione; ogni U.O. opera su coordinamento di un Responsabile.

DIREZIONE GENERALE	Unità organizzative (UO)
Direzione	• Acquisti Tecnici e Lavori • Approvvigionamenti • Comunicazione • Gare e Contratti • Pianificazione e Controllo • Risorse Economiche • Risorse Umane • Segreteria Generale • Servizio Prevenzione e Protezione • Trattamento Economico del Personale
Direzione Supporto alla Ricerca e Innovazione	Knowledge Transfer Servizi Metrologici Supporto alla Ricerca
Direzione Tecnica	Coordinamento tecnologico Logistica e Manutenzione Servizi Tecnici Sistemi Informatici e Reti Cyber and Information Security

L'area scientifica è articolata in tre Divisioni, cui sono preposti i Responsabili di Divisione. Ciascuna Divisione contribuisce, con le proprie competenze, allo svolgimento dei programmi tecnico – scientifici e quindi alla mission dell'Istituto. Le Divisioni sono a loro volta strutturate in specifici Settori di ricerca.

DIREZIONE SCIENTIFICA	Settori Scientifici Omogenei (SSO)
Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML)	ML1: Scienza e tecnologia alla nanoscala ML2: Campi e sistemi elettromagnetici ML3: Acustica e ultrasuoni ML4: Scienze e tecnologie biomediche ML5: Magnetismo, materiali e spintronica
Metrologia applicata e ingegneria (AE)	AE1: Metrologia della massa e delle grandezze apparentate AE2: Metrologia della lunghezza AE3: Misure elettriche ed elettroniche AE4: Termodinamica fisica AE5: Termodinamica applicata
Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN)	QN1: Chimica fisica e nanotecnologie QN2: Elettronica quantistica QN3: Infrastrutture interdivisionali di ricerca QN4: Ottica quantistica e fotometria QN5: Tempo e frequenza

L'intera struttura organizzativa dell'INRiM è disponibile nella sezione "Organigramma" del portale www.inrim.it (alla pagina <https://www.inrim.it/it/chi-siamo/organizzazione/organigramma>).

Di seguito è riportata, per ciascuna Divisione, l'organizzazione delle strutture di ricerca per ambiti di competenza, infrastrutture di riferimento e laboratori.

1.2 - L'ARTICOLAZIONE TERRITORIALE E LE INFRASTRUTTURE

L'articolazione territoriale dell'INRiM è così distribuita:

Sede Nord: è la sede principale situata nella città di Torino.

Si trova in Strada delle Cacce 91 in un campus di 130 000 m², all'interno del parco Colonnetti che ospita gli uffici e i laboratori dell'Istituto. Il campus è composto da 13 edifici fuori terra e da una struttura completamente interrata (galleria), che sviluppano nel loro complesso una superficie utile di 37.000 m². I laboratori adibiti alle diverse attività di ricerca e ai servizi di taratura, misura, prova e certificazione coprono il 70% della superficie utile. Il restante 30% è destinato a uffici, biblioteca, amministrazione, officine, servizi e infrastrutture di supporto alle attività. A Torino è situata anche la sede storica dell'INRiM, in Corso Massimo D'Azeglio 42, 11.000 m² dedicati a numerosi uffici/laboratori e alla Biblioteca Storica. Qui svolge la propria attività, all'interno il Laboratorio alte tensioni e forti correnti (LATFC), mentre alcuni locali sono concessi all'Università di Torino e al Politecnico di Torino.

Sede Centro: l'Istituto ha una sede operativa a Sesto Fiorentino, dove collabora da anni con le principali realtà della ricerca fiorentina, come l'Università degli Studi di Firenze (UniFi), il Laboratorio Europeo di Spettroscopia Non Lineare (LENS) ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR); la sede è stata inaugurata il 24 febbraio 2025 e rafforza la presenza dell'Istituto sul territorio nazionale e a promuovere collaborazioni strategiche con il mondo della ricerca e dell'industria in Toscana.

Sede Sud: il 6 febbraio 2025 è stata inaugurata la nuova sede dell'INRiM a Matera, presso il Centro di Geodesia Spaziale dell'ASI e la Casa delle tecnologie Emergenti (Matera), allo scopo di favorire lo sviluppo di realtà virtuose ad alto contenuto

tecnologico in una regione del sud naturalmente connessa ad eccellenze accademiche e industriali nel settore spaziale e non solo.

Laboratorio presso l'Università di Pavia: presso il Dipartimento di Chimica, l'INRiM ha in concessione alcuni locali destinati ad attività scientifiche, presso i quali opera personale ricercatore dell'Istituto.

Struttura		Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML)			
SSO	Scienza e tecnologia alla nanoscala	Campi e sistemi elettromagnetici	Acustica e ultrasuoni	Scienze e tecnologie biomediche	Magnetismo, materiali e spintronica
Ambiti di ricerca	Digitale, industria, aerospazio / Bioeconomia, risorse naturali, ambiente / Clima, energia, mobilità sostenibile / Salute / Ricerca fondamentale	Salute / Digitale, industria, aerospazio / Clima, energia, mobilità sostenibile / Metrologia primaria	Salute / Metrologia primaria / Digitale, industria, aerospazio	Salute / Digitale, industria, aerospazio / Bioeconomia, risorse naturali, ambiente	Digitale, industria, aerospazio / Clima, energia, mobilità sostenibile / Ricerca fondamentale
Laboratori	Micro-nanofabbricazione e caratterizzazione di materiali innovativi e dispositivi per la nanofotonica, l'energia, la salute e la computazione neuromorfica	Laboratori per taratura e sperimentazione per alte tensioni e forti correnti / Laboratori campi magnetici ed elettrici ac e CEM di riferimento / Laboratori MRI, Phantom e modelli / Laboratorio dispositivi EM e storage / Servizi metrologici	Riferimenti primari di potenza ultrasonora e di pressione sonora / Servizi metrologici / Sistemi d'insonazione ultrasonora utilizzati in ambito BioMed sia in vitro che in vivo	Tecniche di misura e di microscopia, strumenti computazionali e sistemi di AI per applicazioni in ambito biomedicale e nelle scienze della vita	Preparativa e caratterizzazione materiali magnetici e dispositivi / Servizi metrologici
Infrastrutture INRiM *	QuaMT-ITA / PiQuET		PiQuET	IMPreSA	QuaMT-ITA / PiQuET
Infrastrutture nazionali e internazionali *	Euramet	Euramet / EURONANO-LAB iEntrance	Euramet	Euramet / ESFRI Metrofood / IR PNRR Metrofood	Euramet / EURONANO-LAB iEntrance
EMN	Advanced Manufacturing / Quantum Technologies / Clean Energy	Smart Electricity Grids / Mathematics and Statistics	Pollution Monitoring	Traceability in Laboratory Medicine	Mathematics and Statistics

Struttura		Metrologia applicata e ingegneria (AE)			
SSO	Metrologia della massa e delle grandezze apparentate	Metrologia della lunghezza	Misure elettriche ed elettroniche	Termodinamica fisica	Termodinamica applicata
Ambiti di ricerca	Metrologia primaria / Digitale, industria, aerospazio / Clima, energia, mobilità sostenibile	Digitale, industria, aerospazio / Metrologia primaria / Ricerca fondamentale	Metrologia primaria / Clima, energia, mobilità sostenibile / Digitale, industria, aerospazio	Metrologia primaria / Clima, energia, mobilità sostenibile / Ricerca fondamentale	Clima, energia, mobilità sostenibile, Bioeconomia, risorse naturali, ambiente

Laboratori	Campioni primari / Laboratorio metodi innovativi per la massa e grandezze / Metrologia per la geofisica e fenomeni nano-dinamici / Metrologia delle portate e vettori energetici / Servizi metrologici	Campioni primari / Analisi delle superfici / Metrologia per lo spazio / Interferometria ottica, X e neutroni / Servizi metrologici	Laboratorio alte tensioni e forti correnti / Servizi metrologici	Campioni primari di temperatura e umidità / Metodi termometrici innovativi / Proprietà termofisiche e metrologia dei vettori energetici / Servizi metrologici	Metrologia per il clima e l'ambiente e siti di riferimento / Interazioni radiative / Materiali di Riferimento Certificati gassosi e analisi di gas / Matematica e Machine Learning
Infrastrutture INRiM *		PiQuET		PiQuET	
Infrastrutture nazionali e internazionali*	Euramet	Euramet	EURONANOLAB iEntrance	EURONANOLAB iEntrance / Euramet	Euramet
EMN		Advanced Manufacturing		Climate and Ocean Observation / Energy Gases / Clean Energy	Climate and Ocean Observation / Mathematics and Statistics

Struttura Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN)					
SSO	Chimica fisica e nanotecnologie	Elettronica quantistica	Infrastrutture interdivisionali di ricerca	Ottica quantistica e fotometria	Tempo e frequenza
Ambiti di ricerca	Salute / Bioeconomia, industria, risorse naturali, ambiente / Metrologia primaria	Digitale, industria, aerospazio / Clima, energia, mobilità sostenibile / Metrologia primaria / Ricerca fondamentale	Digitale, industria, aerospazio / Bioeconomia, risorse naturali, ambiente / Salute / Metrologia primaria / Clima, energia, mobilità sostenibile	Digitale, industria, aerospazio / Metrologia primaria / Ricerca fondamentale	Digitale, industria, aerospazio / Metrologia primaria / Ricerca fondamentale
Laboratori	Analisi chimiche e biologiche / Spettroscopia vibrazionale per analisi di micro/nanon-contaminanti e caratterizzazione film sottili / Servizi metrologici	Campioni quantistici e campioni nazionali elettrici / Power and energy / Circuiti quantistici / Servizi metrologici	Laboratori micro e nanofabbricazione in camera pulita / Laboratori per la metrologia alimentare / Servizi metrologici	QKD / Ottica quantistica / Nanodiamanti. Radiometria/fotometria / Servizi metrologici	Scala di tempo / Campioni atomici di frequenza / IQB e sensing in fibra / Sistemi GNSS / Servizi metrologici
Infrastrutture INRiM *	IMPreSA	QuaMT-ITA / PiQuET	IMPreSA / PiQuET	IQB / QuaMT-ITA / PiQuET	IQB / Galileo / QuaMT-ITA / PiQuET
Infrastrutture nazionali e internazionali *	ESFRI Metrofood / IR PNRR Metrofood / Euramet	Euramet / EURONANOLAB iEntrance	EURONANOLAB iEntrance / Euramet	EuroQCI / Euramet / EURONANOLAB iEntrance	EuroQCI / Euramet / EURONANOLAB iEntrance
EMN	Safe and Sustainable Food	Quantum Technologies / Smart Electricity Grids	Quantum Technologies / Safe and Sustainable Food / Advanced Manufacturing	Quantum Technologies	Quantum Technologies

*Le infrastrutture dell'INRiM e quelle in cui l'Istituto è coinvolto sono descritte in dettaglio nel capitolo 7 di questo PTA.

2 – MISSIONE E STRATEGIE DI SVILUPPO

2.1 MISSIONE, STORIA E RUOLO DELL'ENTE NEL SISTEMA DI RICERCA NAZIONALE E INTERNAZIONALE

L'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) è un Ente pubblico nazionale istituito con D. Lgs. del 21 gennaio 2004 n. 38. L'INRiM nasce nel 2006, dalla fusione dell'Istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti del CNR (IMGC) e dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris (IEN), istituti di lunga tradizione (fondati rispettivamente nel 1968 e nel 1934) con consolidate e profonde competenze nei campi della metrologia e della scienza dei materiali. La missione, i compiti e le funzioni dell'Istituto sono definiti dal decreto istitutivo n. 38/2004 e dallo Statuto dell'ente, in vigore dal 1° marzo 2018.

L'INRiM svolge e promuove la ricerca nell'ambito della metrologia, sviluppa i campioni ed i metodi di misura più avanzati e le relative tecnologie, mediante i quali assolve alle funzioni di istituto metrologico primario ai sensi della legge 11 agosto 1991, n. 273. A tal fine, in qualità di firmatario degli accordi internazionali sulla metrologia, anche su delega delle Istituzioni competenti, e analogamente agli istituti metrologici degli altri Paesi, l'INRiM realizza e mantiene i campioni nazionali per le unità di misura necessari per la riferibilità e il valore legale delle misure nei settori dell'industria, del commercio, della ricerca scientifica, della salvaguardia della salute e dell'ambiente, nonché per le necessità di misura in campo giudiziario e per qualsiasi altro settore in cui gli alti contenuti scientifico-tecnologici propri della ricerca metrologica trovino ricadute applicative di interesse. L'INRiM inoltre valorizza, diffonde e trasferisce conoscenze e risultati nella scienza delle misure e nella ricerca sui materiali per favorire lo sviluppo tecnologico nazionale e il miglioramento della qualità della vita e dei servizi per il cittadino.

In quanto firmatario per l'Italia del Mutual Recognition Arrangement (MRA)¹, redatto dal Comité International des Poids et Mesures (CIPM) in virtù del mandato ricevuto dagli Stati Membri, tra cui l'Italia, firmatari della Convenzione del metro (trattato internazionale firmato a Parigi il 20 maggio 1875 da 17 paesi), l'INRiM partecipa come membro ai lavori degli organismi tecnici della Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) contribuendo a definire le strategie e i programmi di ricerca a lungo termine della metrologia internazionale; aderisce alla European Association of National Metrology Institutes (EURAMET e.V.), organizzazione costituita dagli Istituti metrologici nazionali d'Europa per la cooperazione nelle attività della metrologia. Svolge i compiti derivanti dalla firma dell'accordo internazionale di mutuo riconoscimento (CIPM-MRA), dei campioni nazionali di misura e della validità dei certificati di taratura, misura e prova emessi dagli Istituti metrologici primari nazionali. Attraverso accordi specifici, svolge anche la funzione di centro di studi e ricerche a sostegno della metrologia legale e in generale alle attività svolte dal sistema camerale.

L'INRiM promuove ricerche e infrastrutture di eccellenza con attenzione alle tecnologie abilitanti e/o emergenti per le sfide della società attuale che vengono proposte nei programmi europei, nazionali, delle regioni. L'INRiM inoltre trasferisce conoscenze e risultati della ricerca allo scopo di favorire lo sviluppo del Paese nelle sue varie componenti.

Oltre agli impegni derivanti dalla legge istitutiva, che chiamano INRiM a svolgere la missione di Istituto metrologico primario, garantendo la riferibilità nazionale al Sistema di Misura Internazionale (SI) e sostenendo lo sviluppo tecnologico del Paese, INRiM, quale ente di ricerca vigilato dal MUR, è chiamato a misurarsi con gli altri enti pubblici di ricerca sul piano dell'eccellenza scientifica, con ricerche di frontiera nei vari campi disciplinari della scienza delle misure.

¹All'accordo CIPM-MRA attualmente aderiscono 258 istituti, di cui 97 NMI, 4 organizzazioni internazionali e 157 Istituti Designati come detentori di specifici campioni nazionali.

2.2 OBIETTIVI E STRATEGIE DI SVILUPPO PREVISTE PER IL PROSSIMO TRIENNIO ALLA LUCE DELLE NUOVE SFIDE SCIENTIFICHE, TECNOLOGICHE E SOCIALI

LA STRATEGIA SCIENTIFICA E IL CONTESTO DI RIFERIMENTO 2026-2028

L'INRiM nel triennio 2026-2028 perseguirà gli obiettivi strategici richiesti dal proprio status di Ente di Ricerca vigilato dal MUR e di Ente Metrologico nell'ambito della Convenzione del Metro. Queste due appartenenze identificano al tempo stesso il metodo e il contesto in cui opera l'Ente.

Da un lato, in quanto ente vigilato dal Ministero della Ricerca e soggetto alla Valutazione della Qualità della Ricerca (VQR), è fondamentale curare la produzione scientifica dell'ente, sia per quantità che per qualità. Dall'altro lato, il ruolo di Ente Metrologico Primario implica di perseguire la realizzazione dei campioni delle unità di misura previsti dalla Convenzione del Metro di cui l'Italia è membro e paese cofondatore, oltre a curare la disseminazione della ricerca metrologica attraverso il Trasferimento Tecnologico e dei campioni delle unità attraverso la disseminazione delle grandezze. Per consentire lo sviluppo a piene potenzialità delle quattro aree, l'INRiM punta su qualità di eccellenza scientifica e tecnologica, sull'eccellenza metrologica, su infrastrutture all'avanguardia, sulla valorizzazione delle persone, sulla capacità di attrarre personale qualificato e fondi, sulla gestione efficace del quadro normativo e organizzativo, per quanto concerne in particolare laboratori, infrastrutture, risorse umane, strumentali ed economiche.

Per quanto riguarda gli interlocutori prioritari, appare evidente come INRiM abbia i maggiori portatori di interesse, stakeholder, nella Comunità scientifica nazionale e internazionale, la Comunità metrologica della Convenzione del Metro (in particolare BIPM – Bureau Internazionale dei Pesi e le Misure, CIPM - Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure, Euramet -l'Associazione Regionale di Metrologia), la Commissione Europea, il Ministero della Ricerca (ministero vigilante) e almeno anche il Ministero delle Imprese, oltre alle Regioni in cui INRiM ha sede, ossia Piemonte, Toscana, Basilicata e Lombardia.

Il ruolo di Ente Nazionale con sedi formali al Sud, al Centro e al Nord del paese è un'acquisizione recente e va consolidata. Lo sviluppo delle Sedi Centro e Sud, rispettivamente a Sesto Fiorentino e Matera sono un obiettivo strategico del triennio, da perseguire con un lavoro incessante di direzione scientifica e di coordinamento tra il personale delle tre sedi, con il MUR e con le realtà locali (Regioni, Comuni) e le realtà scientifiche coinvolte (Agenzia Spaziale Italiana, Università di Firenze, CNR e LENS in primis, ma non solo).

Il coordinamento dell'attività scientifica dovrà continuare la realizzazione delle linee programmatiche del documento di visione dell'ente², eventualmente seguendo le indicazioni di un suo aggiornamento. Nel triennio l'attività scientifica di INRiM svilupperà le scienze delle misure e il ruolo di ente primario di metrologia incardinandolo intorno ad alcuni temi fondamentali per l'Italia e l'Unione Europea, quali: il monitoraggio ambientale e il sostegno alle tecnologie pulite, la transizione energetica (Green Deal, in particolare per la produzione e l'immagazzinamento di energie in modo pulito e sostenibile), i materiali avanzati e le nanotecnologie con particolare attenzione ai temi della salute e della sicurezza alimentare, la trasformazione digitale e la transizione industriale, con particolare attenzione alle tecnologie quantistiche, la ricerca per l'aerospazio, a supporto dei segmenti di terra e in orbita, l'impatto sulla ricerca fondamentale (in particolar modo sugli strumenti ad alta precisione), la miniaturizzazione della metrologia e la ricerca costante sui campioni primari e sulla loro disseminazione. Il prossimo triennio sviluppa quanto raggiunto per mettere ancora di più la ricerca metrologica al servizio della società. Attraverso il focus sul documento di visione, l'Ente può al contempo valorizzare il ruolo nella società e coordinare al meglio le risorse, sia di personale che finanziarie, con l'obiettivo di ottenere la massa critica per area tematica necessaria a contribuire allo sviluppo scientifico nazionale e internazionale.

²INRiM, Documento di Vision, <https://www.inrim.it/it/chi-siamo/descrizione-dellente/documento-di-vision>

Il tema economico nella gestione scientifica evidenzia una capacità attrattiva crescente di fondi nazionali e internazionali, con un periodo di espansione dovuto ai nuovi fondi ministeriali ottenuti e ai successi nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Questi elementi assai positivi si dovranno confrontare con una congiuntura che vede la fine del PNRR stesso. Inoltre, nel 2027 finirà il settennio in corso della Horizon European Partnership on Metrology³, pertanto occorre sempre curare l'equilibrio delle fonti di finanziamento. I temi della riduzione della frammentazione e dell'aumento della massa critica delle risorse nelle aree di attività sono stati messi in evidenza nel Piano Triennale di Attività 2025-2027⁴, essendo un'occasione fondamentale di aumentare l'efficacia di azione scientifica del proprio personale di ricerca rispetto a infrastrutture e fondi disponibili, questi temi continueranno a essere al centro di un'azione continua e condivisa. Del resto, il migliore efficientamento della risorsa economica passa nel triennio attraverso un piano di investimenti scientifici coordinato in modo da identificare le priorità delle Divisioni e dei settori, evitare duplicazioni, creare sinergie intorno agli strumenti necessari per la ricerca, superare ogni grado di obsolescenza per aumentare qualità e attrattività.

Il mutato contesto internazionale, che dopo la pandemia e le nuove tensioni internazionali continua a incidere profondamente sulla società europea ed italiana, coinvolge anche la ricerca e la sua direzione scientifica. Ne è un esempio concreto la Direttiva Europea NIS2, ossia la direttiva (UE) 2022/2555, recepita in Italia dal Decreto Legislativo n. 138, entrata ufficialmente in vigore il 16 ottobre 2024⁵. In questo contesto, INRiM affronta le maggiori responsabilità rispetto al tema della Sicurezza e Integrità della Ricerca, sia nella gestione dei servizi essenziali (già previsti nella direttiva NIS1), che negli aspetti legati alla ricerca applicata su cui l'INRiM è largamente incardinato. Qui l'interlocuzione con il MUR e con l'agenzia Nazionale della Cybersicurezza saranno fondamentali, la capacità di organizzare i processi e aumentare la sensibilità del personale amministrativo, tecnico e di ricerca sarà un pilastro per portare l'INRiM a entrare nel nuovo contesto senza mai perdere la propria capacità creativa e la collaborazione internazionale da cui è caratterizzata, oltre a perseguire i valori di una Scienza Aperta e Responsabile.

Il triennio consolida la gestione di infrastrutture scientifiche complesse. In particolare, le infrastrutture di ricerca dell'Italian Quantum Backbone (IQB), del Piemonte Quantum Enabling Technologies (PiQuET), e dell'Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare (Impresa), tutte e tre ben descritte nei Piani Triennali di Attività dell'Ente.

Accanto alle Infrastrutture di Ricerca, occorre uno sviluppo eccellente delle Infrastrutture di Innovazione dell'Ente. In particolare, ci riferiamo all'Infrastruttura per la Certificazione Metrologica, che è un punto di incontro tra Ente di Ricerca e Ente Metrologico. Accanto all'attività più tradizionale di certificazione nel campo delle grandezze consolidate, l'INRiM persegue un percorso trasformativo finalizzato a sostenere la misura, la certificazione e la standardizzazione in settori innovativi ad alto valore aggiunto. È l'esempio dell'Infrastruttura di Innovazione Quantum Metrology and Testing Italia (Quamt-ita), al servizio delle realtà industriali nelle tecnologie Quantistiche.

L'attività del Trasferimento Tecnologico sarà potenziata, cercando di trasformare l'offerta di servizi dell'Ente in maniera funzionale alle richieste delle attività produttive, per settore e per modalità di erogazione (oltre la certificazione, il supporto allo sviluppo di prodotto e di processi di testing e nuova certificazione).

La misura dell'azione scientifica sarà improntata alle metriche che meglio colgono questi sviluppi. Innanzitutto la produzione scientifica, secondo le linee della Valutazione della Qualità della Ricerca, su cui si attende l'esito del periodo 2020-2024. Per avere una metrica sintetica e sempre disponibile sulle pubblicazioni si considerano il numero di pubblicazioni su riviste indicizzate con impact factor IF (quantità della produzione scientifica) e la percentuale di pubblicazioni per IF (impatto delle pubblicazioni per bacino di utenti). Considerando 176 tra ricercatori e tecnologi (a tempo determinato e indeterminato), e 197 pubblicazioni con IF, nel 2025 INRiM ha 1,1 pubblicazioni/addetto, il 42% di pubblicazioni con IF>5 e il 16% con IF>8.

³<https://www.euramet.org/research-innovation/metrology-partnership>

⁴Piano Triennale di attività INRiM, 2025-2027, <https://trasparenza.inrim.it/it/home/disposizioni-general/atti-general/documenti-programmatici-e-consuntivi/piani-triennali-di>

⁵<https://www.acn.gov.it/portale/w/nis2-al-via-la-nuova-direttiva-il-27-novembre-evento-informativo-alla-sapienza>

Anche in <https://www.mur.gov.it/it/g7-ministers-meeting-science-and-technology/documenti>

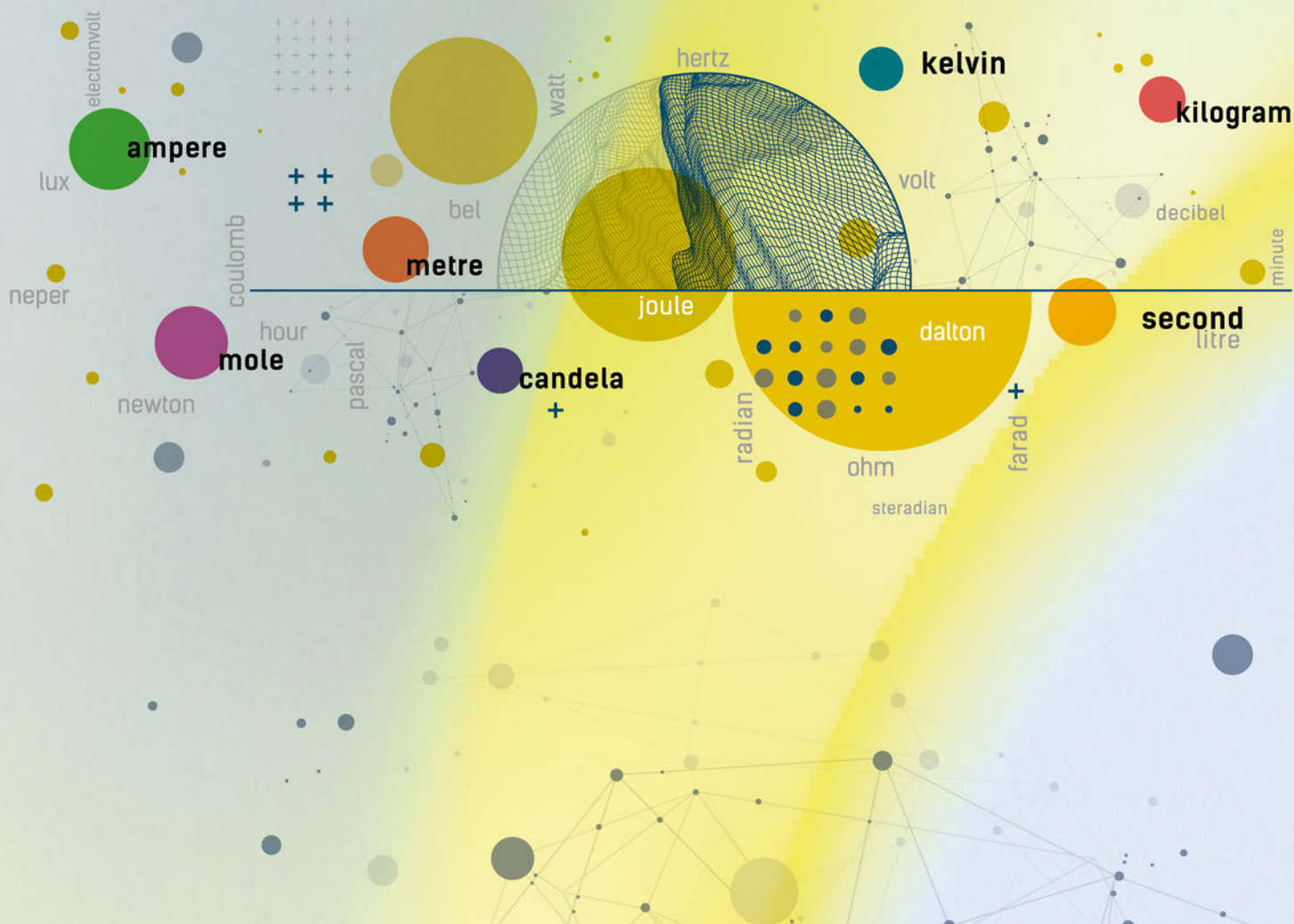
Accanto alle pubblicazioni saranno adottate metriche sul numero di progetti di eccellenza quali Coordinamenti di progetti europei, numero di grant dello European Research Council (ERC), dello European Innovation Council (EIC) e del Fondo Italiano per la Scienza (FIS). In particolare sarà considerato il numero di questi progetti in rapporto al numero di addetti: nel 2025, con 296 dipendenti a tempo indeterminato, questa metrica vale 0,07 grant/addetto.

Oltre ai Coordinamenti e ai Grant di Eccellenza, la capacità complessiva di attrarre fondi è una metrica di rilievo, per cui anche l'entità di finanziamento esterno per attività di ricerca per addetto, che nel 2025, da dati di bilancio, tocca ca 150.000 euro/addetto, un valore di eccellenza che vorremmo aumentare nel triennio.

Completa il set di metriche per la valutazione dell'ente il valore dei servizi erogati per addetto, che vale nel 2025 circa 5500 euro/addetto, metrica che programiamo di aumentare nel triennio.



WE DRIVE INNOVATION



3 – ADERENZA VERSO IL PNR 2021-2027

3.1 ALLINEAMENTO STRATEGICO DEL PTA CON IL PNR 2021-2027

Il Piano Triennale di Attività dell'INRiM evidenzia chiaramente l'adesione al Programma Nazionale della Ricerca (PNR) 2021-2027. Sulle Priorità di Sistema (Capitolo 4), si evidenzia la vicinanza del PTA in particolare nel Consolidare La Ricerca Fondamentale (4.2), Rafforzare La Ricerca Interdisciplinare (4.3), Valorizzare La Circolazione Di Conoscenza E Competenze Tra Il Mondo Della Ricerca E Il Sistema Produttivo (4.5), Promuovere La Dimensione Internazionale Dell'alta Formazione E Della Ricerca (4.7), partecipare Al Coordinamento Della Ricerca Nazionale, Europea, Internazionale (4.8). Considerando i **“Grandi Ambiti Di Ricerca E Innovazione E Le Relative Aree D'intervento” (Capitolo 5)**, il PTA di INRiM evidenzia sintonia con 4 ambiti tra i 6 individuati dal PNR (67%), non avendo attività strutturate negli ambiti “Cultura umanistica, creatività, trasformazioni sociali, società dell'inclusione” e indirette attività nella “Sicurezza per i sistemi sociali”, limitatamente al sotto-ambito “Sicurezza delle strutture, infrastrutture e reti”. Invece, la piena affinità delle attività di INRiM si rileva nei seguenti ambiti e sotto-ambiti, evidenziando un'adesione a 13 aree di intervento sulle 20 presenti (65%) nei 4 ambiti considerati.

Tabella 1 - Adesione dell'INRiM agli ambiti e sotto-ambiti PNR

AMBITI DI RICERCA E INNOVAZIONE	Aree di intervento	Divisioni INRiM Coinvolte
5.1 Salute	5.1.3 Biotecnologie 5.1.4 Tecnologie per la salute	ML/QN
5.4 Digitale, industria, aerospazio	5.4.1 Transizione digitale - i4.0 5.4.3 Intelligenza artificiale 5.4.2 Tecnologie quantistiche 5.4.3 Innovazione per l'industria manifatturiera 5.4.4 Aerospazio	AE /ML/QN
5.5 Clima, energia, mobilità sostenibile	5.5.1 Mobilità sostenibile 5.5.2 Cambiamento climatico, mitigazione e adattamento 5.5.3 Energetica industriale 5.5.4 Energetica ambientale	AE/ML/QN
5.6 Prodotti alimentari, bioeconomia, risorse naturali, agricoltura, ambiente	5.6.1 Green technologies 5.6.2 Tecnologie alimentari	AE/QN

Per quanto riguarda il **Piano Nazionale delle Infrastrutture di Ricerca (Capitolo 6.1)**, Il PNR richiama la definizione di Infrastruttura di Ricerca date dall'ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures). Nel PNR/PNIR, sono censite 131 IR. INRiM partecipa attivamente a 5 IR (4% del totale nazionale), così catalogate:

Tabella 2 - Partecipazione dell'INRiM alle infrastrutture PNR/PNIR

EuroNanoLab (ENL) , Physical Sciences and Engineering, Scala Europea IR-EU, Alta Priorità nel PNIR
LENS , Physical Sciences and Engineering, Scala Europea IR-EU, Alta Priorità nel PNIR
METROFOOD-RI , Health and Food, Scala Europea IR-EU, Alta Priorità nel PNIR, IR in ESFRI
DIANA (ora denominata IQB , Italian Quantum Backbone), Categoria Digitale, Scala Europea IR-EU
Piquet , Physical Sciences and Engineering, Scala Nazionale IR-N

Di queste, le prime 3 rientrano nella definizione delle 74 IR ad alta priorità, (4% del totale nazionale), mentre le ultime

due erano appena state costruite all'epoca della classificazione.

L'analisi PNR sui punti di forza e le criticità delle nostre IR porta alle **Proposte PNR per le IR (Paragrafo 6.1.2)**, che hanno guidato INRiM in questi termini:

Tabella 3 – Le proposte PNR per le Infrastrutture e l'azione dell'INRiM

Proposta PNR	Azione INRiM	IR INRiM coinvolte
creazione di una rete delle IR	1-Partecipazione a IT-Fab, rete delle IR legate a EuroNanoLab 2-IR PNRR iEntrance@ENL	1,2 EuroNanoLab; Piquet
rafforzamento delle politiche per l'accesso	1-Tariffario Pubblico per l'utilizzo della IR	Piquet
partecipazione ai partenariati europei	1-Partecipazione all'iniziativa EuroQCI 2-Percorso Fase A e Fase B di ESFRI	1-DIANA (IQB) 2-Metrofood-RI
il ruolo delle IR nell'innovazione e nei rapporti con l'industria e lo sviluppo di Infrastrutture Tecnologiche (IT)	1-Erogazione di Servizi di sperimentazione Metrologica 2-Tech Transfer	1 - DIANA (IQB) 2 - Piquet
l'utilizzo delle IR nell'alta formazione	1-Erogazione formazione Laurea Quantum Engineering del Politecnico di Torino	Piquet
modalità di finanziamento non solo FOE	1-Fondi POR-FESR 2-Fondi Europei	1, 2 Metrofood-RI; DIANA (IQB); Piquet

Il PNR tratta anche il **Piano Nazionale Per La Scienza Aperta (Capitolo 6.2)**, che all'INRiM è declinato con un Gruppo di Lavoro permanente sull'Open Science, il mantenimento di un repository per l'open science, l'organizzazione di regolari momenti di informazione e formazione per il personale di ricerca.

3.2 STIMA DELLA QUOTA DI ATTIVITÀ DEL PTA RICONDUCIBILE AL PNR 2021-2027

Il metodo per valutare la **quota del PTA riconducibile al PNR** è il più quantitativo possibile. Come metriche, si usano i progetti finanziati (un'ingente risorsa per l'INRiM con circa 45,1 Meuro), considerati rappresentativi dell'attività scientifica dell'ente. Si valutano altresì le Infrastrutture di Ricerca, l'Infrastruttura di Innovazione Servizi Metrologici (1,6 Meuro/anno di ricavi) e l'attività di ricerca sui Campioni Primari come Istituto Nazionale di Metrologia. L'aderenza è valutata rispetto alle 13 aree di intervento PNR in cui INRiM è attivo.

Sulla base dei progetti riportati al Capitolo 8.3 e 8.4 del PTA, possiamo riscontrare **che tutti i progetti finanziati aderiscono al PNR al 100%**, e precisamente:

- al capitolo 8.3, Tabella 13, i progetti dell'INRiM di valore >300.000 euro, sono aderenti al 100% al PNR, perché rientrano tutti nelle aree di intervento PNR descritte sopra.
- al paragrafo 8.4.2, i progetti di valore <300.000 euro del programma EPM (European Partnership on Metrology), sono ascrivibili al 100% agli ambiti PNR.
- al paragrafo 8.4.2, sono ascrivibili al 100% agli ambiti PNR i progetti di valore <300.000 euro in programmi quadro dell'Unione Europea Horizon 2020 e Horizon Europe; con organizzazioni, agenzie e università internazionali (e.g. European Space Agency – ESA); nazionali (Ministeri, Enti Nazionali); regionali/con fondazioni; industriali.
- al paragrafo 8.4.3, sono ascrivibili al 100% i progetti di istituto.

Le infrastrutture di ricerca di INRiM aderiscono al 100% al PNR: accanto a quelle citate nel paragrafo precedente, anche l'infrastruttura QUAMT-ITA (Quantum Measuring and Testing – Italy) rientra nell'area 5.4.2 Tecnologie Quantisti-

che, mentre l'infrastruttura per il Sistema di navigazione Galileo rientra in 5.4.4 Aerospazio.

L'Infrastruttura di Innovazione dei Servizi Metrologici rientra pienamente nelle aree di intervento, in particolare la 5.4.3 Innovazione per l'industria manifatturiera.

Infine, le attività di ricerca, realizzazione e mantenimento dei Campioni Primari per la funzione di Istituto Nazionale di Metrologia non è mappata nel PNR, e resta l'unico scostamento significativo, anche perché è un'attività identitaria per INRiM.

In totale possiamo valutare che le attività rivolte ai campioni primarie per risorse umane ed economiche occupano circa il 15% del totale di attività.

Il computo totale di aderenza al PNR è pertanto dell'85% delle attività INRiM.

Tabella 4 - Percentuali di aderenza/scostamento al PNR

Tipologia di attività	Aderenza al PNR	Scostamento dal PNR
Progetti di ricerca finanziati (peso 70%)	100% (Capitolo 8.3 e 8.4)	0%
Infrastrutture di Ricerca (peso 10%)	100% (tutte mappate PNIR)	0%
Infrastruttura di Innovazione di Servizi Metrologici (peso 5%)	100% (Area dominante 5.4.3)	0%
Attività Metrologia Primaria (peso 15%)	0%	100% (non mappata nel PNR)
Totale Attività INRiM (100%)	85%	15%

4 – POSIZIONAMENTO DELL'ENTE

4.1 AFFINITÀ CON ALTRI ENTI MONO- O MULTI-TEMATICI

Le caratteristiche dell'INRiM come ente di ricerca metrologico hanno sempre indirizzato le scelte di strategia scientifica dell'INRiM dal 2006, e ancor prima quelle dell'Istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti del CNR (IMGC, 1968-2006) e dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris (IEN, 1934-2006). In quest'ottica, la ricerca scientifica è sempre considerata come pre-condizione necessaria a una metrologia internazionale di eccellenza nella cornice della Convenzione del Metro. La ricerca garantisce per esempio la capacità di realizzare campioni primari accurati e servizi di metrologia, entrambi necessari all'Italia in quanto nazione eccellente nella manifattura industriale e nelle scienze applicate e di base. Le affinità maggiori quindi sono da ricercarsi con gli istituti che negli altri paesi ricoprono il ruolo dell'INRiM, e che si confrontano dunque con richieste omogenee da parte delle proprie comunità scientifiche ed economiche.

A tal ragione, gli enti affini sono gli Enti Nazionali di Metrologia, che si confrontano con una comune strutturazione internazionale, quella della Convenzione, che comporta prassi comuni nella ricerca metrologica. Tra queste, a titolo di esempio, la validazione dei campioni primari attraverso la pubblicazione scientifica, la pratica di peer review internazionali e di sistemi di qualità certificati all'interno delle organizzazioni continentali di metrologia, la capacità di interagire con l'accademia da un lato, con lo stakeholder industriale dall'altro. Le riviste di elezione per le pubblicazioni sono spesso comuni ai vari istituti, creando sottocomunità tematiche, e i servizi erogati trovano un minimo comun denominatore nelle Capacità di Taratura e Misura (Calibration and Measurement Capabilities) che sono definite a livello internazionale.

Dovendo mettere a confronto l'INRiM con altri istituti metrologici, il confronto ideale dovrebbe affiancare Enti di dimensione simile (per numero di dipendenti, oppure per bilancio annuale), oppure enti di paesi che esprimono un Prodotto Interno Lordo omogeneo all'Italia, o ancora che esprimono un sistema industriale ed economico-scientifico simile.

Una sorgente di inomogeneità può poi cogliersi nell'afferenza ai Ministeri del Commercio o della Ricerca, per cui le metriche di valutazione possono spostarsi tra l'offerta di servizi metrologici ai privati e la pubblicazione su riviste specializzate.

4.2 POSIZIONE RISPETTO AD ENTI ATTIVI NELLO STESSO AMBITO O AMBITI AFFINI, COME RISULTA DA VARI INDICATORI, NAZIONALI ED INTERNAZIONALI

Dall'impostazione di metodo descritta nel precedente paragrafo ne deriva che gli Istituti Metrologici con cui confrontare l'INRiM in modo significativo possono essere i seguenti, scelti con un criterio di sintesi (8 istituti in tutto, INRiM incluso), su base geografica (5 europei, 1 asiatico, 2 americani), cercando omogeneità nel Prodotto Interno Lordo a Parità di Potere di Acquisto (PIL PPA) pro capite e omogeneità nel tipo di economia; si tratta di NMI di paesi, spesso in ambito G7, ad economia industriale e sviluppati, il cui peso politico, economico, industriale è ritenuto di centrale importanza su scala globale. Considerando il criterio dell'omogeneità, fa eccezione il NIST statunitense, che rappresenta l'economia più sviluppata a livello globale per PIL PPA procapite, quasi 1,5 volte l'Italia, ma che resta un riferimento assoluto sia per eccellenza scientifica (avendo espresso 5 premi Nobel) che per servizi che lo stato affida all'istituto, come il recente "CHIPS for America Initiative", <https://www.nist.gov/chips>, oppure gli studi richiesti in ambito cybersecurity, che hanno prodotto uno standard a cui fa riferimento anche la recente regolamentazione europea nota come NIS2, nell'applicazione italiana (<https://www.acn.gov.it>).

Tabella 5 – L'INRiM e gli altri NMIs: Prodotto Interno Lordo a Parità di Potere di Acquisto (PIL PPA)

Nazione	PIL / Mld di Dollari (*)	PIL (PPA) pro capite (**) / Migliaia di Dollari	Tipo di economia	Ente Nazionale di Metrologia
Italia	2.701,544	53.115	Industriale, G7	INRiM
Francia	3.558,562	54.465	Industriale, G7	LNE
Germania	5.328,184	62.830	Industriale, G7	PTB
UK	4.225,639	52.518	Industriale, G7	NPL
Spagna	2.040,833	48.373	Industriale,	CEM
Sud Corea	1.936,617	49.995	Industriale	KRISS
Canada	2.420,837	56.692	Industriale, G7	NRC
Stati Uniti	31.821,293	75.492	Industriale, G7	NIST

(*) Fonte: World Economic Outlook Database, su imf.org. URL consultato il 1º marzo 2025.

(**) World Economic Outlook Database, April 2022, su [IMF.org](https://imf.org), Fondo Monetario Internazionale, 19 aprile 2022.

Tabella 6 – L'INRiM e gli altri NMIs; prodotti della ricerca e finanziamenti esterni

Nazione	Ente	Addetti	Pubblicazioni /addetto (*)	Budget pubblico /addetto (keuro)	Finanziamenti esterni/addetto (keuro)	Progetti /addetto	Premi Nobel / ultimi 40anni
Italia	INRiM	296	0,52(**)	103	150	0,59 (**)	0
Francia	LNE	1.000	0,89	N/A	N/A	0,17	0
Germania	PTB	2.100	0,17	135	11,4	n/a	0
UK	NPL	1.403	0,18	94,6	n/a	n/a	0
Spagna	CEM	106	0,16	150	n/a	0,23	0
Sud Corea	KRISS	498	0,78	231	115	n/a	0
Canada	NRC	4.505	0,33	231	87	0,14	1
Stati Uniti	NIST	3.400	0,31	150	211	n/a	5

N/A si riferisce all'assenza di dati reperibili pubblicamente

(*) Fonte: Web of Science, Core Collection, Articles 2025 (dati estratti a dicembre 2025)

(**) confronto basato su numero di pubblicazioni su rivista indicizzata - progetti/n. totale addetti: sono presi in considerazione tutti gli addetti (non solo di parte scientifica) per un confronto omogeneo con gli altri istituti)

Dati per anno (ref 2024 o 2023 o 2021 secondo le fonti)

Fonti: 2, www.lne.fr; 3 <https://www.ptb.de/cms/en.html>; 4 <https://www.npl.co.uk/>; 5, <https://www.cem.es/es/cem/informacion-transparencia>; 6 <https://www.kriss.re.kr/menu.es?mid=a20106000000>; 7, <https://nrc.canada.ca/en/corporate/planning-reporting/2024-2025-annual-report/nrc-glance-2024-2025-annual-report>; 8 <https://www.nist.gov/congressional-and-legislative-affairs/nist-appropriations-summary-1/fy-2025-presidential-budget> e "NIST General Information". NIST. National Institute of Standards and Technology. December 24, 2008. Archived from the original on August 1, 2021. Retrieved July 18, 2021

Le tabelle sopra riportate mostrano un quadro differenziato ma si evince che:

1. INRiM, a parte la Spagna, ha un numero di addetti basso rispetto al gruppo di enti omogenei. Il livello degli addetti è

- INSUFFICIENTE a sostenere per l'Italia un quadro competitivo elevato.
- il numero di pubblicazioni per addetto (0,52) è quasi mediano tra il massimo francese (0,89) e il valore medio di Spagna, UK e Germania (0,17), paesi dove evidentemente il ruolo nei servizi metrologici è molto più rilevante della ricerca. Il NIST preso come riferimento assoluto mostra un valore di 0,3, come il Canada. Il livello del numero di pubblicazioni è MEDIANO e si confronta con metriche diverse da nazione a nazione per quanto riguarda gli enti metrologici.
 - il budget pubblico per addetto è tra i più bassi nel gruppo di benchmark, insieme (con sorpresa) a UK. Gli altri paesi vedono oscillare l'investimento per addetto tra 1,3 e 2,3 volte l'Italia. L'investimento per addetto è SOTTO MEDIA a sostenere per l'Italia un quadro competitivo elevato.
 - i finanziamenti esterni raccolti da INRiM (150 keuro/addetto) sono di confronto complesso, perché non sono sempre esplicitati nei dati pubblici del benchmark (solo in 4 casi su 8, Italia esclusa). Tra questi 4 si oscilla da 11 keuro per la Germania (un dato che sorprende, ma ben esplicitato sul sito pubblico) e i 211 degli Stati Uniti. Il finanziamento esterno per addetto è IN MEDIA con il benchmark, escluso il PTB tedesco per cui si ipotizza un modello diverso di finanziamento della ricerca. Questo risultato appare IDONEO a sostenere per l'Italia un quadro competitivo elevato.
 - il numero di progetti finanziati per addetto (0,59) sconta una carenza dei dati pubblici, essendo presente in modo esplicito solo per altri 3 paesi (Francia, Spagna e Canada), con una situazione che oscilla tra 0,14 e 0,23: appare dunque che l'INRiM partecipa a un numero maggiore di progetti per addetto.

4.3 PRODUZIONE SCIENTIFICA E SUO ANDAMENTO NEGLI ULTIMI 4 ANNI

Si riportano i principali risultati dell'INRiM, con un confronto sul consuntivo del periodo 2022-2025.

- PUBBLICAZIONI, SERVIZI METROLOGICI, PROGETTI

4.3.1 LE PUBBLICAZIONI

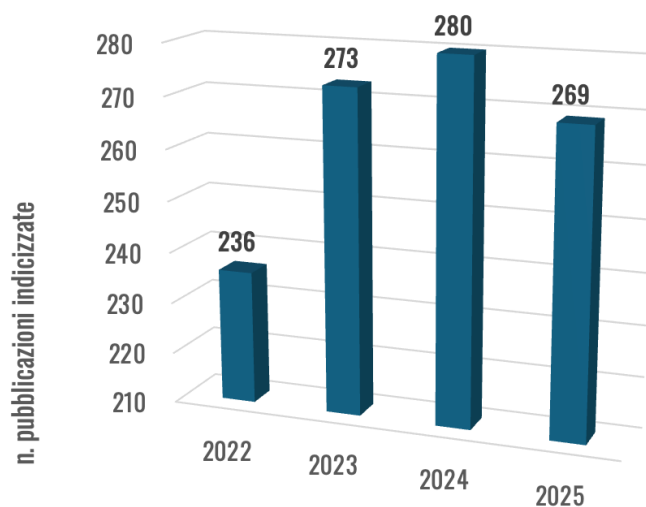
A partire dal 2015, l'INRiM ha adottato il sistema IRIS del Consorzio Interuniversitario Cineca come archivio istituzionale per la raccolta dei prodotti della ricerca dell'Istituto, al fine di conservarli nel tempo e renderli disponibili in rete alla comunità scientifica mondiale. IRIS dialoga con i sistemi centrali nazionali (sito ministeriale Loginmiur) ed internazionali (Orcid, OpenAire) per la gestione e la disseminazione delle pubblicazioni; infine, è conforme ai requisiti del MUR e della Commissione Europea per l'Open Access, ed è un sistema integrato con i più importanti provider di metadati editoriali e informazioni bibliometriche internazionali (Web Of Science, Scopus, CrossRef, PubMed...). Il deposito nell'archivio dell'INRiM, archivio denominato METRICA, permette di disseminare i prodotti della ricerca dell'INRiM tramite la buona pratica dell'open access, adempiere agli obblighi riguardanti i progetti europei (Horizon Europe), selezionare i migliori prodotti da fornire ad Anvur per la Valutazione della Qualità della Ricerca (VQR).

Oltre a METRICA, l'INRiM utilizza, per il censimento delle pubblicazioni su rivista e atti di congresso, anche le banche dati Scopus (Elsevier) e Web of Science (Clarivate), che forniscono utili elementi di analisi e comparazione dei risultati scientifici.

a) Numerosità delle pubblicazioni

Il grafico seguente mostra i dati sulla **numerosità delle pubblicazioni indicizzate** dell'INRiM nel periodo 2022-2025. Sono stati presi in considerazione gli articoli su rivista, i capitoli di libro e gli articoli su atti di congresso. Non sono stati presi in esame i prodotti non indicizzati, disponibili a consuntivo per gli anni 2022-2024 ma non ancora per l'anno 2025; la raccolta dei dati sulle pubblicazioni non indicizzate verrà effettuata a marzo tramite il repository istituzionale, in vista della raccolta dati per la Relazione consuntiva 2025 dell'INRiM.

Considerando la totalità dei prodotti, si rileva un aumento costante del numero di pubblicazioni tra il 2022 e il 2024, mentre i dati del 2025 mostrano una sostanziale continuità con la tendenza del periodo 2023-2024.



Pubblicazioni INRiM indicizzate periodo 2022-2025

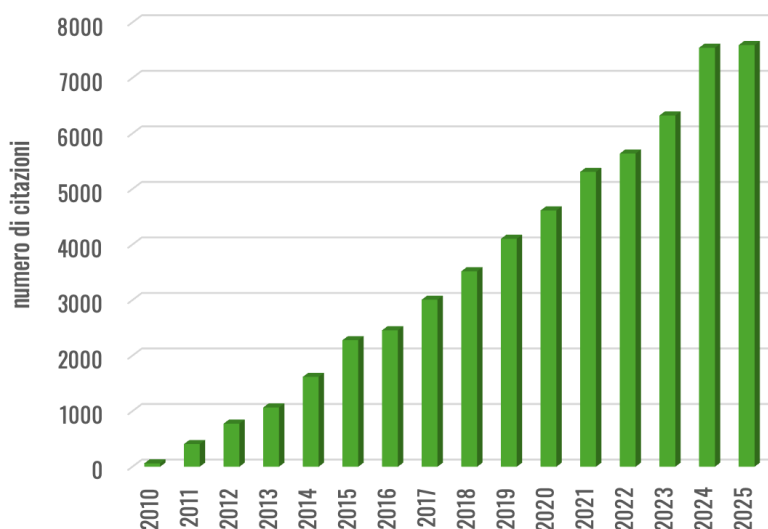
b) Citazioni

I dati sulle citazioni sono stati ricavati dalla banca dati Scopus a metà dicembre 2025.

Nel grafico seguente viene riportato l'andamento delle **citazioni ricevute dalle pubblicazioni dell'INRiM a partire dal 2010**, prendendo in considerazione un totale di 3.800 pubblicazioni indicizzate (periodo 2010-2025). Il numero di citazioni mostra un incremento costante.

La banca dati rileva un totale di 56.312 citazioni, per una **media di circa 15 citazioni a prodotto**.

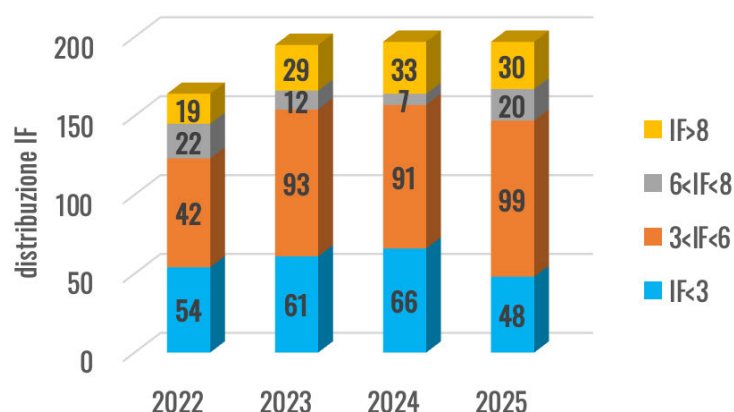
Il tasso di crescita negli ultimi 5 anni (2021-2025) è del 43%.



Numero citazioni ricevute dalle pubblicazioni INRiM nel periodo 2010-2025 (fonte: banca dati Scopus)

c) Impact Factors e quartili delle riviste

L'Impact Factor (IF) è uno degli indicatori bibliometrici più utilizzati per valutare la produzione scientifica di un ente, pur non essendo un indicatore sufficiente per conoscere il valore di una pubblicazione scientifica (è espressione della performance della rivista su cui è pubblicato l'articolo e non del valore dell'articolo stesso; inoltre, varia in maniera significativa a seconda dello specifico ambito disciplinare). **Il grafico seguente mostra la distribuzione numerica delle pubblicazioni su rivista indicizzata dell'INRiM (anni 2022-2025) nelle classi di IF.**



Distribuzione valori di IF pubblicazioni 2022-2025

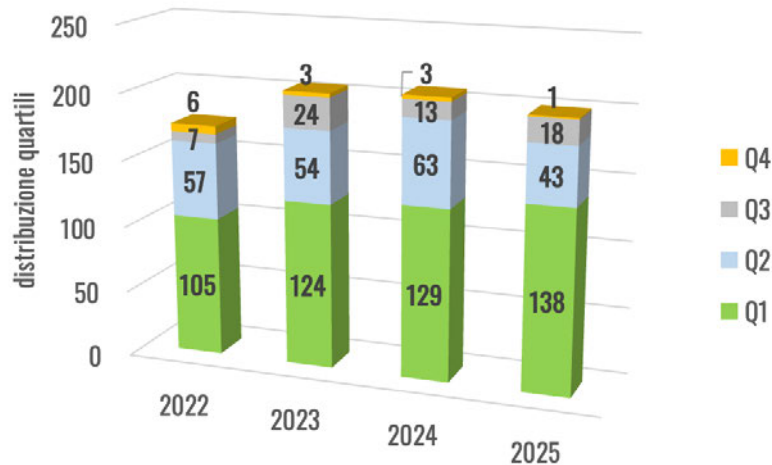
Nella tabella seguente sono riportate le **percentuali di distribuzione degli IF**:

Tabella 7 – Percentuali di distribuzione degli IF nel periodo 2022-2025

CLASSI DI IF	PAPERS 2022	PAPERS 2023	PAPERS 2024	PAPERS 2025
IF<3	33%	31%	33%	25%
3<IF<6	42%	48%	46%	50%
6<IF<8	13%	6%	4%	10%
IF>8	12%	15%	17%	15%

La tabella mostra come i valori di Impact factor $3 < IF < 6$ siano rimasti sostanzialmente costanti, mentre si evidenziano una diminuzione dei valori di $IF < 3$, un moderato aumento nel tempo dei valori di $IF > 8$ e una risalita dei valori $6 < IF < 8$ tra il 2024 e il 2025.

Il grafico a seguire mostra invece la distribuzione degli articoli dell'INRiM nei quartili di rivista.



Distribuzione degli articoli su rivista indicizzata 2022-2025 nei quartili di rivista.

La maggioranza degli articoli del **quadriennio 2022-2025** è pubblicata su riviste Q1. Mentre, nel periodo 2022-2024, la percentuale di pubblicazioni Q1 oscilla tra il 60% e il 62%, **nel 2025 la percentuale delle pubblicazioni Q1 tocca il 70%.**

d) Pubblicazioni 2025

A fine febbraio 2026, nelle banche dati Scopus e WOS, risultano all'attivo dell'INRiM **269 pubblicazioni indicizzate 2025**, di cui:

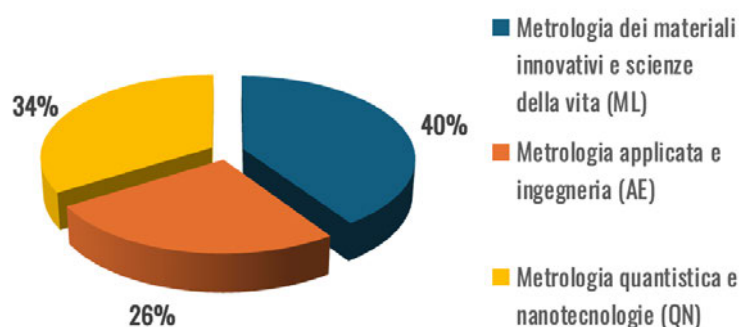
- articoli su rivista: 202 (di cui 197 con Impact Factor)
- articoli su atti di congresso: 65
- capitoli di libro: 2

L'Impact Factor medio delle pubblicazioni su rivista indicizzata è 5,4, in aumento rispetto alla media di IF 5,2 calcolata sulle pubblicazioni del 2024.

Considerando 176 tra ricercatori e tecnologi (a tempo determinato e indeterminato), e 197 pubblicazioni con IF, nel 2025 l'INRiM ha **1,1 pubblicazioni/addetto**.

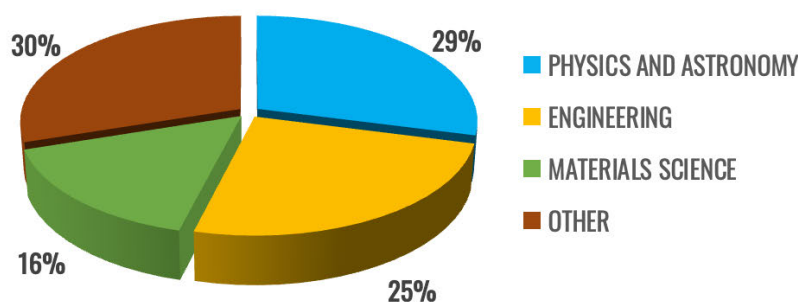
Si può quindi affermare che le pubblicazioni su rivista dell'INRiM sono in linea con la dimensione dell'ente; inoltre, l'aumento dell'IF medio e la tendenza a pubblicare su riviste con IF più elevato nel 1° quartile, sono un segnale di miglioramento qualitativo delle pubblicazioni di Istituto e del diverso approccio del personale a questo tema.

Di seguito, la distribuzione nelle tre Divisioni scientifiche dell'INRiM degli articoli su rivista indicizzata 2025.



e) Aree tematiche dell'INRiM

Il grafico seguente mostra infine la distribuzione delle pubblicazioni dell'INRiM nelle principali aree tematiche. L'analisi è disponibile in Scopus e prende in considerazione la produzione scientifica dell'INRiM presente nella banca dati relativamente al periodo 2010-2025, per un totale di 3.807 articoli.



4.3.2 I SERVIZI METROLOGICI

Nel suo ruolo di Istituto Metrologico Nazionale, mette a disposizione del Sistema Paese un'articolata attività di **servizi di taratura e misura** nel campo della meccanica, della termodinamica, del tempo e della frequenza, dell'elettricità e magnetismo, della fotometria e dell'acustica.

Le oltre 460 Calibration and Measurement Capability (CMC) mantenute dall'INRiM all'interno del CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA) sono un patrimonio consolidato e in crescita, a supporto dell'esportazione e del libero scambio delle merci (<https://www.bipm.org/kcdb/>) insieme ai servizi di taratura e misura erogati dall'istituto nell'ambito delle funzioni di Istituto Metrologico Primario italiano (L. 273/91).

Le CMC, la cui evoluzione è riportata nella tabella seguente, sono consultabili sul KCDB del BIPM (<https://www.bipm.org/kcdb/>) ed i certificati di taratura e misura emessi sono contraddistinti dal logo CIPM MRA.

Tabella 8 – Calibration and Measurement Capabilities (CMC) dell'INRiM

Aree metrologiche	2022	2023	2024	2025
Acustica, Ultrasuoni e Vibrazioni	42	41	41	41
Chimica	10	10	12	13
Elettricità e Magnetismo	140	135	135	137
Lunghezza	51	51	51	51
Massa e grandezze apparentate	63	64	71	84
Fotometria e radiometria	17	17	17	15
Termometria	111	111	111	111
Tempo e frequenza	10	10	10	10
Totali	444	439	448	462

La tabella seguente mette a confronto la numerosità dei documenti emessi nel periodo 2022-2025. Considerando che il valore del fatturato da attività di certificazione per il 2025 è di € 1.700.000, **il valore dei servizi erogati per addetto è di circa 5.500 euro/addetto.**

Tabella 9 – Documenti emessi nel periodo 2022-2025

ANNO	CERTIFICATI DI TARATURA E MISURA	RELAZIONI ILC	RAPPORTI DI PROVA E RELAZIONI
2022	1.767	172	41
2023	1.910	84	48
2024	1.659	81	84
2025	1.889	128	43

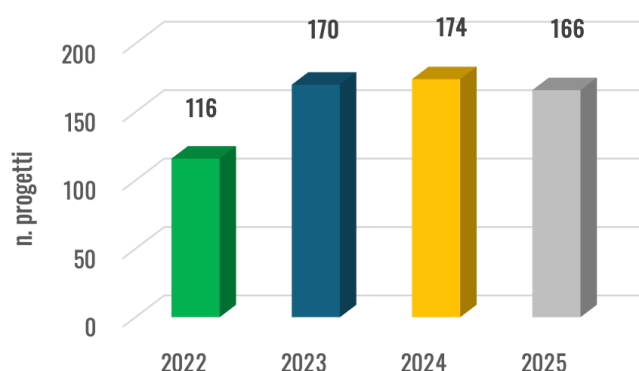
Tra le cause del significativo calo dei certificati di taratura nel 2024, ci sono i prolungati lavori di ristrutturazione che hanno coinvolto alcuni laboratori; nel 2025, nonostante il proseguimento dei lavori, l'attività di certificazione ha registrato una netta ripresa riportando il numero dei documenti emessi ai valori degli anni precedenti.

4.3.3 I PROGETTI FINANZIATI

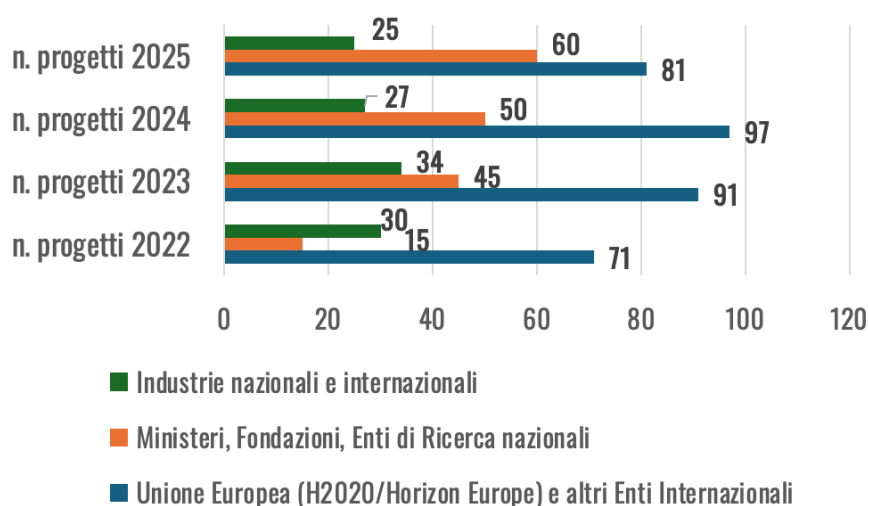
I grafici seguenti mostrano il **panorama dei progetti delle Divisioni scientifiche**, il cui finanziamento va ad integrare le risorse del FOE; i progetti sono suddivisi in base alla tipologia dell'ente finanziatore, vengono messi in evidenza la numerosità dei progetti e i finanziamenti ottenuti dall'INRiM.

I grafici riportano rispettivamente:

- la numerosità dei progetti attivi nell'anno, evidenziando un consistente aumento tra il 2022 e il 2023 (si passa da 116 a 170 progetti attivi) e una sostanziale stabilità nel triennio 2023-2025;



- la numerosità dei progetti attivi nell'anno, suddivisi per tipologia di finanziamento; si evince un costante aumento e significativo dei progetti a finanziamento nazionale (da 15 del 2022 a 60 del 2025), mentre sono in leggera flessione i progetti europei (si passa da 97 del 2024 a 81 del 2025); risultano invece costanti i progetti industriali.

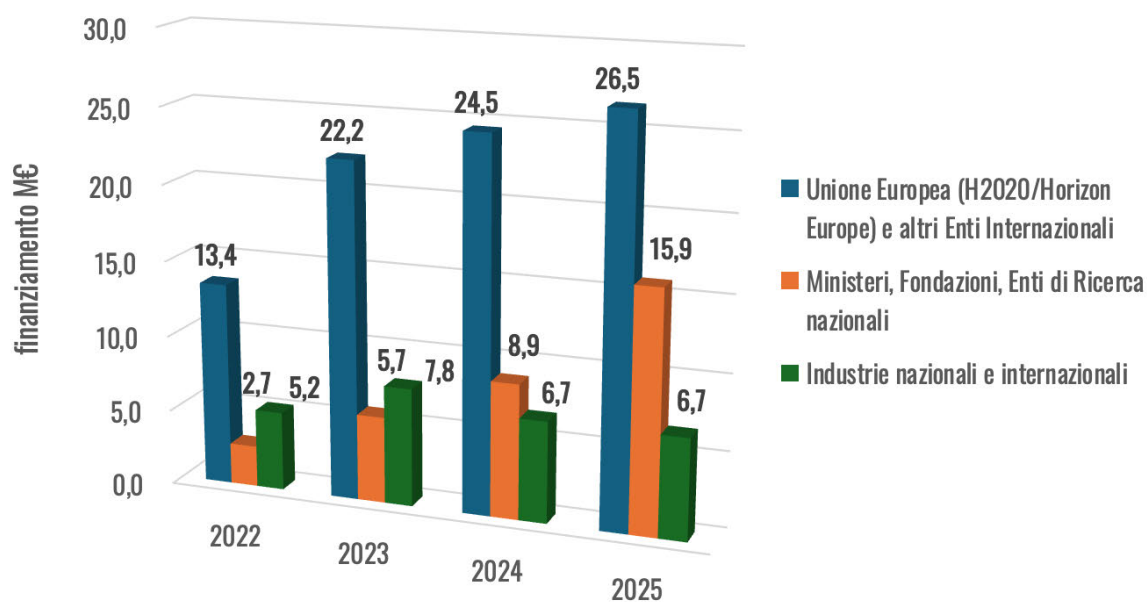
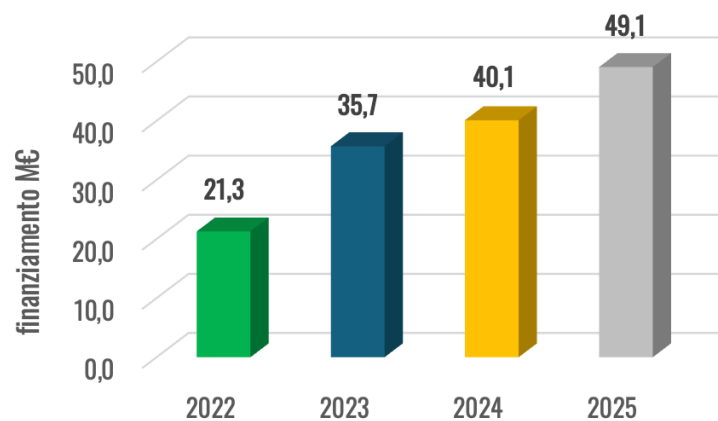


Nella tabella a seguire si riporta la suddivisione in percentuale dei progetti del quadriennio per tipologia:

TIPOLOGIA	PROGETTI 2022	PROGETTI 2023	PROGETTI 2024	PROGETTI 2025
Unione Europea (H2020/Horizon Europe) e altri Enti Internazionali	61%	53%	56%	49%
Ministeri, Fondazioni, Enti di Ricerca nazionali	13%	27%	29%	36%
Industrie nazionali e internazionali	26%	20%	15%	15%

Particolare rilievo rivestono i **progetti di eccellenza** quali Coordinamenti di progetti europei, numero di grant dello European Research Council (ERC), dello European Innovation Council (EIC) e del Fondo Italiano per la Scienza (FIS). Nel 2025 INRiM conta 22 progetti di eccellenza che, in rapporto al numero di addetti (296 dipendenti a tempo indeterminato), valgono **0,07 grant/addetto**.

I dati riguardanti il finanziamento, riportati nei grafici successivi, non si riferiscono alle quote incassate da bilancio ma sono stati ricavati sommando le quote di finanziamento complessive indicate nei singoli contratti dei progetti attivi nell'anno. I grafici mostrano un costante incremento dei **finanziamenti ottenuti (M€)**, che passano, tra il 2024 e il 2025, da 40,1 a 49,1 M€, grazie soprattutto all'apporto dei progetti nazionali. L'entità di **finanziamento esterno per attività di ricerca per addetto**, nel 2025, da dati di bilancio, tocca ca **150.000 euro/addetto**, un valore di eccellenza che si intende aumentare nel triennio a venire.



5 – COLLABORAZIONI NAZIONALI E INTERNAZIONALIZZAZIONE

Consapevole dell'importanza del confronto quale ingrediente fondamentale per lo sviluppo e la qualità della ricerca scientifica, l'INRiM promuove, tramite la firma di protocolli d'intesa, convenzioni, accordi quadro e memorandum of understanding, collaborazioni scientifiche con istituzioni nazionali e internazionali.

Nel prossimo triennio, l'Istituto vuole consolidare ulteriormente la propria rete di collaborazioni con università, enti di ricerca e industria, promuovendo rapporti sinergici con centri di eccellenza a livello globale.

5.1 ACCORDI, COLLABORAZIONI, CONTRATTI, PARTECIPAZIONI A GRANDI PROGETTI, RETI, CONSORZI, ASSOCIAZIONI CON ENTI, UNIVERSITÀ, ISTITUZIONI, INDUSTRIE NAZIONALI ATTIVI NEL PROSSIMO TRIENNIO

L'INRiM è attivo in **collaborazioni con 200 organismi e aziende nazionali, sviluppate nell'ambito di progetti, convenzioni, associazioni e pubblicazioni di articoli scientifici**; gli organismi coinvolti sono:

- 91 enti di ricerca / università
- 15 enti / fondazioni ospedalieri
- 54 tra fondazioni, associazioni, consorzi, ministeri ed enti pubblici
- 40 aziende nazionali

Si riporta di seguito il dettaglio delle collaborazioni in essere, prendendo in esame in particolare quelle riguardanti le convenzioni, i progetti, i consorzi e le associazioni.

5.1.1 ACCORDI, COLLABORAZIONI E CONTRATTI CON UNIVERSITÀ, ENTI E INDUSTRIE NAZIONALI

L'INRiM ha stipulato **convenzioni e accordi quadro con università italiane**, allo scopo di promuovere collaborazioni per attività di ricerca scientifica congiunta (per la realizzazione di progetti e/o la condivisione di laboratori), attività di trasferimento tecnologico e formazione di laureandi e dottorandi in ambito KT, mobilità accademica (tirocini) e sostegno all'alta formazione tramite il cofinanziamento di borse di studio e la partecipazione attiva a corsi di dottorato.

L'Istituto è attualmente impegnato in collaborazioni strategiche con università attraverso la sottoscrizione di **30 convenzioni**, che coinvolgono le seguenti istituzioni accademiche:

- Politecnico di Torino, Università degli Studi di Torino, Alma Mater Studiorum-Università degli Studi di Bologna, Università degli Studi dell'Aquila, Università degli Studi del Molise, Università degli Studi di Bari, Università degli Studi di Firenze, Università degli Studi di Genova, Università degli Studi di Milano, Università degli Studi di Napoli, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Università degli Studi di Parma, Università degli Studi di Pavia, Università degli Studi di Pisa, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Università degli Studi Roma Tre, Università degli Studi di Siena, Università della Calabria

L'INRiM ha stipulato **22 convenzioni/accordi quadro/accordi di partenariato con enti e istituti di ricerca nazionali** al fine di incentivare la cooperazione su materie di comune interesse, realizzare infrastrutture/iniziative/programmi, erogare formazione professionale, gestire la partecipazione di personale dell'Istituto alle attività di normazione nell'ambito di Commissioni Tecniche, costituire Associazioni Temporanee di Scopo (ATS) per la realizzazione di progetti, e fornire servizi di metrologia:

- ACAE - Associazione per la Certificazione delle Apparecchiature Elettriche, Bergamo, Accademia Europea di Bolzano (EURAC Research), ACCREDIA - Organismo Italiano di Accreditamento, AIFM Associazione Italiana di Fisica Medica, ASI - Agenzia Spaziale Italiana, Comune di Matera, Consiglio Nazionale delle Ricerche - CNR (Roma), CREF - Museo Storico della Fisica e Centro studi e ricerche Enrico Fermi, CRF - Centro Ricerche FIAT, Distretto Aerospaziale Piemon-

te, ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Ente di gestione delle aree protette dei Parchi Reali (EGAP) - Venaria Reale (TO) e Società Meteorologica Italiana (SMI) – Moncalieri (TO), Fondazione IRCCS Istituto Neurologico Carlo Besta (FINCB) di Milano, Fondazione Istituto Italiano di tecnologia (IIT) di Genova, Fondazione LINKS, Fondazione Poliambulanza – Istituto Ospedaliero - Centro di Ricerca Eugenia Menni (CREM), GARR - Gruppo per l'Armonizzazione della Rete Ricerche, I3P Scpa – Incubatore Imprese Innovative del Politecnico di Torino (Incubatore I3P), INAF – Istituto Nazionale di Astrofisica, INFN – Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Istituto di Candiolo - Fondazione del Piemonte per l'Oncologia-IRCCS, LENS - European Laboratory for Non-linear Spectroscopy (Firenze), MIMIT – Ministero delle Imprese e del Made in Italy, OGS - Istituto nazionale di oceanografia e di geofisica sperimentale, Polo MESAP “Smart Products and Manufacturing”, UNI – Ente Italiano di Normazione

L'attività progettuale su contratto dell'INRiM è piuttosto consistente e si sviluppa sia sul fronte degli enti di ricerca/ università che sul fronte industriale. L'Istituto è coinvolto in **collaborazioni con 75 organismi nazionali**, di cui:

- 53 enti di ricerca / università
- 22 tra fondazioni, enti ospedalieri, enti pubblici e consorzi

Per quanto riguarda le **collaborazioni con l'industria nazionale**, l'Istituto è impegnato in progetti congiunti di ricerca e innovazione, iniziative di trasferimento tecnologico e attività di servizi di taratura e misura rivolti ad aziende ed enti di diversa natura. Nell'ambito dell'**attività progettuale e del trasferimento tecnologico**, le **collaborazioni in essere**, che proseguiranno nel triennio, **coinvolgono 31 aziende italiane**:

- Aerospace Logistics Technology Engineering Company (ALTEC) S.p.A, Argotec S.r.l., SITAEL S.p.A., Mapsat – Telerilevamento Euromediterraneo S.r.l. e Tyvak International S.r.l.: potenziamento della tecnologia spaziale italiana per l'esplorazione e lo sfruttamento dello spazio.
- ASG Superconductors S.p.A.: prove speciali su interruttori di protezione in presenza di condizioni di campo.
- Autostrade del Brennero: realizzazione di una rete di monitoraggio acustico ambientale lungo l'Autostrada del Brennero mediante l'impiego di microfoni MEMS.
- Brevetti C.E.A. S.p.A.: sistemi di visione artificiale tracciabili per applicazioni industriali digitali.
- Carl Zeiss S.p.A.: attività di trasferimento tecnologico in ambito metrologico.
- EASYDUR S.r.l.: metodologia di misura per le scale di durezza Brinell, Vickers e Knoop.
- ENEL X: ricerca metrologica applicata all'illuminazione pubblica
- Exprivia S.p.A. e Ivert Srl: applicazioni di quantum communication e quantum sensing.
- GE Avio S.r.l.: sistemi di visione artificiale tracciabili per applicazioni industriali digitali.
- Hal Service S.p.A.: tecnologie metrologiche avanzate per le osservazioni e la navigazione nello spazio profondo.
- INRETE Distribuzione Energia S.p.A. e SNAM S.p.A.: sorgenti laser innovative per tecnologie quantistiche basate su atomi neutri e ioni intrappolati.
- Kayser Italia S.r.l.: supporto industriale per la caratterizzazione di sistemi di imaging per missioni spaziali.
- Leonardo Finmeccanica S.p.A.: orologi atomici e spazio.
- LTF S.p.A.: trasferimento tecnologico nel settore delle misure di durezza.
- Marcegaglia Holding S.p.A. e Tetrapak: ricerche su acciaio, materiali e composti magnetici.
- Novac S.r.l.: validazione di modelli elettrici circuitali anche basati su tecniche di machine learning.
- Nuovo Pignone S.r.l.: realizzazione di due equazioni di stato per miscele di CO₂ ad alta temperatura.
- Open Fiber S.p.A. e SM OPTICS S.r.l.: tecnologie fotoniche per il sensing sulle reti ottiche di trasmissione dati.
- Rocksoil S.p.A.: studio e analisi di fattibilità per il controllo delle vibrazioni meccaniche in grande infrastruttura di ricerca per la rivelazione di onde gravitazionali.

- SPEA S.p.A.: sviluppo di circuiti fotonici integrati (PIC) e tecnologie integrate su chip.
- TELESPIAZIO S.p.A. e Thales Alenia Space Italia S.p.A.: esplorazione e sfruttamento dello spazio, sistema satellitare Galileo.
- UNARETI S.p.A.: caratterizzazione di trasformatori di misura MT AC e DC.

Per quanto riguarda i **servizi di taratura e misura**, nel 2025 l'INRiM ha collaborato, per un fatturato di circa 1,7 M€, con **315 organismi prevalentemente nazionali**, così distribuiti:

- 304 aziende/centri Laboratori di Taratura Accreditati (centri LAT) (tra cui si riportano, come partner principali, Leonardo S.p.A., Thales Alenia Space Italia, Mitutoyo Italiana S.r.l., ASIT Instruments S.r.l., Aviatronik Trescal S.p.A., Delo Instruments S.r.l., Eurofins Product Testing Italy S.r.l., Gamma Misure S.r.l., Kiwa Cermet Italia S.p.A., Narda Safety Test Solutions S.r.l., Nemko S.p.A., Nuovo Pignone Tecnologie Srl, Rheinmetall Italia S.p.A., Siram Veolia I&B S.p.A., Società Cooperativa Bilanciai S.r.l., SPEA S.p.A., Techno Sky S.r.l., TESI S.r.l., TUV ITALIA S.r.l.)
- 11 enti (tra cui Ministero Imprese e del Made in Italy, IMQ, Università e Politecnici)

5.1.2 PARTECIPAZIONI A GRANDI PROGETTI, RETI, CONSORZI, ASSOCIAZIONI NAZIONALI

Il 9 luglio 2025 il **Comitato Interministeriale per la Transizione Digitale**, del MUR ha approvato la Strategia italiana per le tecnologie quantistiche, il documento che definisce la roadmap nazionale per rafforzare il ruolo del Paese in un settore chiave della ricerca e dell'innovazione. Il documento è il risultato di un lavoro corale promosso dal Ministero dell'Università e della Ricerca con la collaborazione di altri dicasteri e agenzie nazionali, coordinato dal Professor Tommaso Calarco. Tra gli esperti coinvolti anche Davide Calonico, Direttore scientifico dell'INRiM, a conferma del ruolo centrale della metrologia e dell'Istituto nel futuro delle tecnologie quantistiche. La Strategia punta a rafforzare la ricerca di base e applicata, a stimolare investimenti privati, a creare reti di collaborazione tra pubblico e privato e a formare nuove competenze altamente specializzate. Un passo fondamentale che si inserisce nella **Quantum Europe Strategy**, che porterà al futuro Quantum Act.

Partecipazione a reti e consorzi

L'INRiM è socio dei seguenti **cluster tecnologici nazionali**, promossi dal MUR e costituiti allo scopo di favorire la creazione di reti di soggetti pubblici e privati che operano sul territorio nazionale in settori quali la ricerca industriale, la formazione e il trasferimento tecnologico, con i quali condivide ambiti di comune interesse:

- Cluster "Energia", per la partecipazione di tutti gli attori nazionali interessati ai temi dell'energia, con la finalità di creare un'unica realtà aggregativa di valenza nazionale (community), capace di essere efficacemente rappresentativa del settore di riferimento.
- Cluster "Fabbrica Intelligente", che riunisce imprese di grandi e medio-piccole dimensioni, università e centri di ricerca, associazioni imprenditoriali e stakeholder attivi nel manufacturing avanzato.

Storica è l'adesione dell'INRiM, in qualità di membro, ai **Poli di Innovazione della Regione Piemonte**, raggruppamenti di PMI, grandi imprese, start up innovative, organismi di ricerca, ecc. attivi in un particolare ambito tecnologico o applicativo, al fine di promuovere il trasferimento di tecnologie, la condivisione di strutture e lo scambio di conoscenze e competenze.

- Polo di Innovazione BIOPMED, che associa imprese, centri di ricerca, università, fondazioni, ASL, ospedali e associazioni attivi nei campi della salute umana e delle scienze della vita.
- Polo MESAP "Smart Products and Manufacturing", che si occupa di prodotti, di processi intelligenti e dei loro produttori, promuovendo e sostenendo collaborazioni tra aziende, università e centri di ricerca.

- Polo ICT, rete di eccellenza coordinata dalla Fondazione Piemonte Innova, che mette in rete gli attori dell'innovazione – PMI, grandi imprese, enti di ricerca pubblici e privati, end user – per sviluppare progetti di ricerca e nuove opportunità di business.
- Polo Clever, che opera nelle aree tecnologiche e operative dell'energia ed efficienza energetica, delle risorse idriche, dell'economia circolare, delle infrastrutture e reti di distribuzione, della mobilità sostenibile e delle clean solutions.

L'INRiM aderisce ai seguenti **consorzi**:

- Alleanza Quantistica Italiana – AQI, consorzio fondato dall'Università degli Studi di Padova e da Alma Mater Studiorum - Università di Bologna; opera nel campo delle principali tecnologie quantistiche e si propone di realizzare un ecosistema unificato e coeso, capace di competere a livello internazionale e di valorizzare le eccellenze italiane nel settore delle tecnologie quantistiche.
- SPACE IT UP S.C.ar.L., Società Consortile per l'Eccellenza Spaziale Italiana che promuove la collaborazione nell'ambito della filiera spaziale italiana, coordinando iniziative congiunte che sviluppino tecnologie, servizi e applicazioni abilitanti nell'esplorazione umana e robotica, nell'osservazione della Terra e nella protezione planetaria.
- NQSTI S.c. a r.l. - National Quantum Science and Technology Institute, Società Consortile che riunisce 20 enti italiani impegnati nella ricerca competitiva e innovativa nel campo della Scienza e Tecnologia Quantistica (QST). Il consorzio facilita l'interfaccia con le esigenze industriali grazie a solidi programmi di outreach e formazione continua; supporta la creazione e l'incubazione di spin-off e start-up.
- Consorzio Top-IX – Torino, che ha l'obiettivo di creare e gestire un Internet Exchange per lo scambio del traffico internet nell'area del Nord Ovest, promuovendo e supportando progetti di innovazione tecnologica e/o di business basati sull'utilizzo di Internet a banda larga; l'INRiM ha sviluppato una proficua collaborazione nel campo della diffusione di segnali di riferimento di frequenza e di tempo.
- Consorzio CINECA, un Consorzio Interuniversitario formato da 70 università italiane, 8 enti di ricerca nazionali (tra cui CNR, INAF, INFN, OGS) e il MUR; è attualmente considerato il maggiore centro di calcolo in Italia e uno dei più importanti a livello mondiale.
- DAP - Distretto Aerospaziale Piemonte, consorzio per lo sviluppo e il consolidamento di un distretto tecnologico aerospaziale del Piemonte e la promozione delle eccellenze del settore aerospaziale presenti sul territorio piemontese.

Infine, l'Istituto partecipa attivamente alla Consulta dei presidenti degli enti pubblici di ricerca (CoPER), contribuendo anche alle attività dei gruppi di lavoro istituiti sulla scienza aperta e sulla valutazione della ricerca, e alla Conferenza Permanente dei Direttori Generali degli Enti Pubblici di Ricerca Italiani (CODIGER) e ai relativi tavoli tecnici.

Partecipazione ad associazioni

L'INRiM aderisce, in qualità di membro, a diversi organismi che gravitano in aree di interesse dell'Istituto:

- ACCREDIA – L'Ente Italiano di Accreditamento, l'Ente Unico nazionale di accreditamento designato dal governo italiano, in applicazione del Regolamento europeo 765/2008, ad attestare la competenza e l'imparzialità degli organismi di certificazione, ispezione, verifica e validazione, e dei laboratori di prova e taratura.
- AIA – Associazione Italiana di Acustica, dedicata a favorire gli scambi di informazioni scientifiche e tecniche e i rapporti di collaborazione tra i propri Soci ed altre Associazioni/Enti italiani e internazionali, sui temi dell'acustica.
- AICQ – Associazione Italiana Controllo Qualità, federazione di associazioni territoriali la cui finalità è di promuovere, favorire e realizzare lo studio, lo sviluppo e l'applicazione delle metodologie e dei sistemi per il miglioramento della cultura della qualità.
- AIDI – Associazione Italiana di Illuminazione, dedicata alla diffusione della conoscenza delle tematiche legate all'illuminazione, con l'obiettivo di divulgare e promuovere la “cultura della luce”.

- APEnet - Associazione degli Atenei ed Enti di Ricerca per il Public Engagement, per la diffusione, promozione e valorizzazione della cultura e delle esperienze di Public Engagement.
- APRE - Agenzia Promozione Ricerca Europea, che fornisce ai propri associati (imprese, enti pubblici e privati) informazioni supporto e assistenza per la partecipazione ai programmi e alle iniziative di collaborazione nazionale ed europee nel campo della ricerca.
- Bio Industry Park, Parco Scientifico Tecnologico che ha l'obiettivo di favorire la nascita e la crescita di aziende innovative e di collegare il mondo delle imprese ai centri di ricerca e all'università.
- CMM Club Italia, associazione che opera sotto la direzione ed il patrocinio dell'INRiM, i cui obiettivi sono sviluppare e diffondere la cultura tecnica e scientifica e fare rete nel settore della metrologia dimensionale e di quella a coordinate in particolare.
- CODIGER, che coordina l'azione degli Enti Pubblici di Ricerca, proponendosi come concreto strumento operativo a servizio dell'intero settore e quale supporto tecnico della Consulta dei Presidenti degli enti pubblici di ricerca ConPER.
- CUNA - Commissione Tecnica di Unificazione nell'Autoveicolo, che intende contribuire alla soluzione di argomenti di unificazione tecnica nel campo delle macchine mobili, loro componentistica e prodotti affini o connessi.
- FPI - Fondazione Piemonte Innova (ex Torino Wireless), network di grandi, medie e piccole aziende, centri di ricerca pubblici e privati che sviluppano innovazione in settori dall'energia alla mobilità, dal building al turismo, dal monitoraggio ambientale all'agroalimentare, dalla sanità al banking.
- IMQ – Istituto Italiano del Marchio di Qualità, ente di certificazione italiano che opera nel campo della valutazione della conformità (sicurezza, qualità, sostenibilità) per l'Italia e per l'estero.
- NETVAL - Network per la valorizzazione della ricerca, che intende valorizzare la ricerca universitaria nei confronti del sistema economico ed imprenditoriale, enti ed istituzioni pubbliche, associazioni imprenditoriali e aziende, venture capitalist e istituzioni finanziarie.
- SCI – Società Chimica Italiana, che promuove lo studio, il progresso e la ricerca scientifica nel campo della Chimica, incentivandone la divulgazione e lo sviluppo nelle Università ed in tutte le Scuole di ogni ordine e grado.
- SIF – Società Italiana di Fisica, che intende promuovere, favorire e tutelare lo studio e il progresso della Fisica in Italia; la Società organizza la Scuola Internazionale di Fisica "E. Fermi", nell'ambito della quale l'INRiM contribuisce attivamente con un corso dedicato alla Metrologia.

Gli organismi a seguire, in quanto organismi normativi, fruiscono anche della competenza del personale dell'INRiM, che partecipa attivamente ai Comitati tecnici per la definizione e l'aggiornamento delle norme:

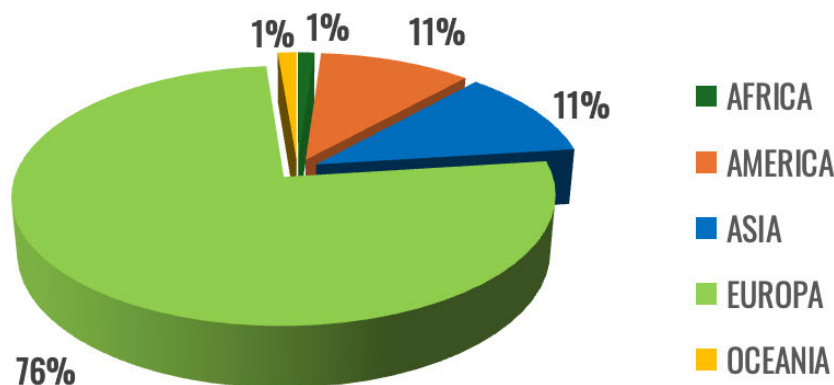
- CEI – Comitato Elettrotecnico Italiano, associazione responsabile in ambito nazionale della normazione tecnica in campo elettrotecnico, elettronico e delle telecomunicazioni; propone, elabora, pubblica e divulga norme tecniche che costituiscono il riferimento per la presunzione di conformità alla "regola dell'arte" di prodotti, processi, sistemi e impianti elettrici.
- UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione, associazione che studia, elabora, approva e pubblica le norme tecniche volontarie - le cosiddette "norme UNI" - in tutti i settori industriali, commerciali e del terziario (tranne in quelli elettrico ed elettrotecnico); rappresenta l'Italia presso le organizzazioni di normazione europea (CEN) e mondiale (ISO).
- UNINFO - Ente di normazione tecnica federato all'UNI, associazione a carattere tecnico-scientifico e divulgativo che si prefigge di promuovere, realizzare e diffondere la normazione tecnica nel settore delle tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni e delle loro applicazioni.
- UNIMET, ente federato UNI che si occupa della normativa nell'ambito dei metalli non ferrosi.

5.2 ACCORDI, COLLABORAZIONI, CONTRATTI CON ISTITUZIONI ESTERE, PARTECIPAZIONI A PROGETTI, NETWORK E ROADMAP EUROPEI ED INTERNAZIONALI ATTIVI NEL PROSSIMO TRIENNIO

Il grafico a seguire mostra il **panorama delle collaborazioni internazionali dell'INRiM**, distribuite sui 5 continenti. Sono state prese in considerazione tutte le **collaborazioni maturate nei contesti delle convenzioni/contratti formalizzati, della partecipazione a comuni progetti di ricerca, dell'attività di pubblicazione e brevettuale, e dei confronti internazionali** connessi alla missione dell'Istituto.

L'INRiM collabora con più di **700 organismi e aziende internazionali** così distribuiti:

- 71 enti metrologici, sia NMIs (National Measurement Institutes) che DIs (Designed Institutes)
- 542 organismi internazionali (480 tra enti di ricerca e università; 62 tra enti pubblici, fondazioni, ospedali, agenzie)
- 162 aziende internazionali



5.2.1 ACCORDI, COLLABORAZIONI E CONTRATTI CON UNIVERSITÀ, ENTI E INDUSTRIE INTERNAZIONALI

L'INRiM è coinvolto in collaborazioni strutturate con enti di ricerca, **organismi e università internazionali** tramite **10 accordi di collaborazione e Memorandum of Understanding (MoU)**. Oggetto di questi accordi sono la cooperazione scientifica e tecnologica in specifici ambiti di ricerca comuni, la partecipazione a programmi europei/progetti e lo sviluppo di infrastrutture condivise. Le collaborazioni internazionali con istituzioni a livello globale consentono all'INRiM di avere accesso a infrastrutture innovative e di poter sviluppare nuove tecnologie e metodologie condivise, in un'ottica di continuo confronto al fine di garantire la qualità della ricerca scientifica.

Tra gli accordi più significativi, si segnala il MoU per la partecipazione al progetto FOREST - Fiber-based Optical network for European Science and Technology, nell'ambito della Call of Proposal ESFRI roadmap 2026. Il MoU rappresenta il primo passo per l'avvio del progetto, che porterà l'emergente infrastruttura di rete di Tempo e Frequenza europea a un livello superiore, a partire dalle reti nazionali in fibra ottica dedicate alla distribuzione di segnali di tempo e frequenza ultra-precisi realizzati dagli NMI. INRiM, con l'infrastruttura Italian Quantum Backbone, collaborerà con i maggiori enti metrologici europei per sviluppare un'infrastruttura in fibra ottica che dissemini il riferimento di tempo e frequenza a vari istituti di ricerca e clienti industriali. Il MoU è stato siglato da 52 enti (NMI, enti di ricerca, Università e aziende) di 17 paesi (nella tabella a seguire sono riportati gli organismi esteri).

PAESI	ENTI
Austria	ACONET (Association for the Promotion of an Austrian NREN); BEV (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen); TUW (Technische Universität Wien)
Belgium	BELNET (Belgian national research and education network); ROB (Royal Observatory of Belgium)
Czech Republic	CESNET (Czech Education and Scientific NETwork); ISI (Institute of Scientific Instruments of the CAS)
France	CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique); LNE (Laboratoire National de Métrologie et d'Essai); USPN (Université Sorbonne Paris-Nord); SU (Sorbonne Université); UGA (Université Grenoble Alpes); UNICA (Université de la Côte d'Azur); OCA (Observatoire de la Côte d'Azur); AMU (Aix-Marseille Université); UL (Université de Lille); OP (Observatoire de Paris); UPSaclay (Université Paris-Saclay)
Germany	DFN (Association for the Promotion of a German Research Network); PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt)
Ireland	HEAnet (National Education and Research Network); NSAI (National Standards Authority of Ireland); DIAS (Dublin Institute for Advanced Studies); Trinity College Dublin (The Provost, Fellows, Foundation Scholars...)
Lithuania	FTMC (Center for Physical Sciences and Technology)
Luxembourg	RESTENA (Foundation RESTENA); ILNAS (Institut luxembourgeois de la normalisation, accréditation, sécurité...)
Malta	University of Malta
Poland	PSNC (Poznan Supercomputing and Networking Center); GUM (Central Office of Measures); UMK (Università Niccolò Copernico di Toruń); CBK PAN (Space Research Centre PAS)
Portugal	IPQ (Portuguese Institute for Quality)
Slovakia	IPSAS (Institute of Physics, Slovak Academy of Sciences); QUTE (Slovak National Center for Quantum Technologies)
Spain	RED.ES (Public Business Entity Red.es)
The Netherlands	GÉANT (Gigabit European Academic Network); SURF (ICT cooperative of Dutch institutions); VSL (National Metrology Institute); UvA (Universiteit van Amsterdam); VU Amsterdam (Vrije Universiteit Amsterdam)
United Kingdom	JISC (Joint Information Systems Committee); NPL (National Physical Laboratory)

Nel 2026 partirà il progetto Horizon Europe “Accelerated Multi-Physical and Virtual Testing of EV Batteries”; gli enti partecipanti hanno siglato un proposal submission agreement funzionale alla preparazione e presentazione del progetto. L’agreement ha coinvolto i seguenti enti internazionali:

- CIC energiGUNE (Spagna)
- CRM Group (Belgio)
- FRAUNHOFER ISIT - Fraunhofer Institute for Silicon Technology (Germania)
- KAIST - Korea Advanced Institute of Science & Technology (Corea del Sud)
- VITO - Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (Belgio)

Nel triennio 2026-2028 saranno attive anche altre 8 collaborazioni siglate con i seguenti organismi:

- NIST - The National Institute of Standards and Technology (USA): 2 MoU per attività nell’ambito di digitalization, artificial intelligence, materiali e hardness measurements.
- BIPM - Bureau international des poids et mesures (Francia), NMIA – National Measurement Institute (Australia), NMIJ/AIST - National Metrology Institute of Japan (Giappone), PTB - Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Germania): MoU per la cooperazione nell’ambito dei campioni di massa e dell’interferometria a raggi X

- Centre for Research and Technology-Hellas (CERTH)/Chemical Process and Energy Resources Institute (CPERI), Grecia: accordo di collaborazione nel campo delle proprietà delle ferriti sintetizzate.
- GEOSTM - Georgian National Agency For Standards And Metrology (Georgia): MoU per lo sviluppo di un'infrastruttura di misurazione integrata a livello internazionale per l'Europa.
- NMIA – National Measurement Institute (Australia), NRC - National Research Council (Canada), NPL - National Physical Laboratory (UK), NMIJ - National Metrology Institute (Giappone), PTB - Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Germania), NIST - The National Institute of Standards and Technology (USA), LNE - Laboratoire national de Métrologie et d'Essais (Francia): il Mou, denominato NMI-Q, prevede la sinergia tra i partecipanti allo scopo di sviluppare le basi scientifiche delle misurazioni su cui basare gli standard internazionali per l'istituzione di un mercato globale equo e aperto per le tecnologie quantistiche.
- NIM - National Institute of Metrology (Cina): MoU per la cooperazione in aree di ricerca di interesse comune, in particolare length metrology, mass metrology, thermal metrology ed electrical metrology.
- TU Wien - Technische Universität Wien (Austria) e ILL - Institute Laue-Langevin (Francia): MoU per la cooperazione nelle attività di ricerca di comune interesse in ambito metrologico, e per la presentazione di proposte congiunte di progetti in risposta a bandi nell'ambito dei programmi nazionali, Horizon Europe, ERC ed EURAMET.

Per quanto riguarda i **progetti su contratto**, l'INRiM è coinvolto in **collaborazioni internazionali con 270 organismi** in tutto il mondo, di cui:

- 63 enti metrologici, sia primari (NIMs - National Measurement Institutes) che designati (DIs – Designed Institutes)
- 181 enti di ricerca / università
- 26 tra enti pubblici, fondazioni, ospedali, agenzie

Per quanto riguarda le **collaborazioni con l'industria internazionale**, l'Istituto è impegnato in contratti per progetti congiunti di ricerca e innovazione, iniziative di trasferimento tecnologico e attività di servizi di taratura e misura rivolti ad aziende ed enti di diversa natura. **Le aziende coinvolte nell'attività progettuale e nelle iniziative di trasferimento tecnologico svolte dall'Istituto sono 133**, ma si riportano qui di seguito solo le 65 aziende coinvolte nei progetti principali (con finanziamento dai 300 K€ in su):

- Autosilicon (Repubblica di Corea), InnoEnergy (Europa), THT (USA), Holoss (Portogallo), Zelestium Tech (Spagna), Serma Energy (Francia), EDF (Francia), Arkema France (Francia), EURICE - European Research and Project Office GmbH (Germania): valutazione dell'invecchiamento, dell'affidabilità e della sicurezza delle batterie, tema nell'ambito energia e e-mobility.
- Airbus Defence and Space GmbH (Germania), Amires The Business Innovation Management Institute Zu (Repubblica Ceca), Diatope (Germany), Graphenea Semiconductor (Spagna), Magnetfab (Francia): applicazione di centri azoto-vacanza in diamante nelle tecnologie quantistiche per l'imaging.
- Alea Quantum Technologies (Danimarca), Alice & Bob (Francia), Amires The Business Innovation Management Institute Zu (Repubblica Ceca), Aurea Technology (Francia), CryoConcept (Francia), Infineon Technologies Austria AG (Austria), Quantware B.V. (Netherlands), Silent Waves (Francia), Quandela (Francia), Single Quantum BV (Netherlands), Exail (Francia), Quantum Optics Jena GmbH (Germania), Sener Aeroespacial Sociedad Anonima (Spagna): sviluppo, collaudo e validazione di tecnologie quantum di nuova generazione attraverso metodologie di test solide, scalabili e affidabili.
- Exmet AB (Sweden), Heraeus Amloy Technologies GmbH (Germania), Amazemet SP. Z O.O. (Polonia): sviluppo di materiali magnetici dolci mediante additive manufacturing.
- Axel Semrau GmbH (Germany), Chiron AS (Norway), Gerstel GmbH & Co. KG (Germany), Kantonales Labor Zürich (Swi-

- tzerland), KB Folie Polska Spolka z Ograniczona Odpowiedzialnoscia (Poland), Migros-Genossenschafts-Bund (Switzerland), Nestlé Waters Management and Technology SA (France), Realcycle GmbH (Switzerland), Sciensano (Belgium), Tovarna olja GEA d.o.o. (Slovenia), Yiotis Anonimos Emporiki & Viomixaniki Etaireia (Greece): metodi e materiali di riferimento per la sicurezza alimentare, per rilevare contaminanti come MOAH e PFAS in alimenti e packaging.
- Bio-Rad Laboratories, Inc. (United States): miglioramento della qualità e della riproducibilità delle tecniche di sequenziamento del genoma umano per identificare e quantificare i principali geni responsabili del cancro.
 - Silentsys SAS (Francia), Idil Fibres Optiques (Francia) e Acceler8 (Malta): sviluppo di sorgenti laser innovative per tecnologie quantistiche basate su atomi neutri e ioni intrappolati.
 - Genauigkeits Maschinenbau Nurnberg GmbH (Germania), Freiberg Instruments GmbH (Germania), Ignis Photonix A/S (Danimarca), Neoplas Control GmbH (Germania), Corial SAS (Francia), Swiss PIC (Svizzera): sviluppo di circuiti fotonici integrati (PIC); all'interno del progetto verranno formati 16 ricercatori presso i diversi partner integrandone le competenze ed il know-how.
 - Nokia Networks France (Francia), Exail (Francia), Coriant R&D GmbH (Germania): sviluppo di tecnologie fotoniche per il sensing sulle reti ottiche di trasmissione dati.
 - Thales Alenia Space (Francia), Vanguard Automation GmbH (Germania), Top-Gan SP ZOO (Polonia), Deeplight SA (Svizzera): creazione di laser integrati pionieristici con elevata potenza e precisione.
 - Optigraph GmbH (Germany), Electrosiences Limited (United Kingdom): sviluppo di una piattaforma di metrologia ibrida per la caratterizzazione ex situ e operando di materiali per batterie sostenibili.
 - Keysight Technologies GmbH (Austria), Pleione Energy GmbH (Germany): contesto metrologico per la caratterizzazione riferibile dei supercondensatori (SC) e dei moduli di SC, e tecniche di machine learning.
 - Orange Quantum Systems Operational B.V. (The Netherlands): sviluppo di strumenti e protocolli di misura per la caratterizzazione metrologica dei qubit superconduttivi, a supporto del calcolo quantistico.
 - Semiqon Technologies oy (Finland): metrologia quantistica per la realizzazione di standard primari per la misura delle correnti elettriche.
 - Spaceopal (Germania): contributo metrologico dell'INRiM al design, sviluppo e test del Galileo Time Service Provider operante presso i Centri di Controllo di Galileo, dedicato alla sincronizzazione della scala di tempo Galileo con il riferimento internazionale UTC.
 - Sparrow Quantum A/S (Denmark), Thales Alenia Space (Francia): sviluppo di tecniche standard per la caratterizzazione di dispositivi di sensing basati su centri azoto-vacanza in diamante.
 - Silent Waves (France): sviluppo tecnologico e metrologia per realizzare prototipi di quantum sensing distribuito applicati alla caratterizzazione di materiali.
 - KAR BioTech s.r.o. (Czechia): tecniche di tomografia a risonanza magnetica quantitativa (qMRI) per immagini diagnostiche al fine di valutare l'affidabilità dei biomarcatori.

Per quanto riguarda i **servizi di taratura e misura**, nel 2025 l'INRiM ha collaborato, con le seguenti aziende internazionali:

- Foundrax Engineering Products Ltd (Regno Unito)
- Logalkor Solutions (Spagna)
- Metrocal (Grecia)
- Schwarzbeck Mess-Elektronik oHG (Germania)
- Sushma Calibration and Test Labs Private Limited (India)
- SustChem Consulting S.A. (Grecia)

5.2.2 PARTECIPAZIONI A PROGETTI, NETWORK E ROADMAP EUROPEI ED INTERNAZIONALI

Partecipazione a reti e consorzi

L'INRiM, in quanto firmatario per l'Italia del Mutual Recognition Arrangement (MRA), redatto dal Comité International des Poids et Mesures (CIPM) in virtù del mandato ricevuto dagli Stati Membri che hanno aderito alla Convenzione del metro, partecipa come membro ai lavori degli organismi tecnici della Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) contribuendo a definire le strategie e i programmi di ricerca a lungo termine della metrologia internazionale.

L'INRiM, in qualità di NMI, è dunque inserito nel contesto del **network metrologico internazionale** e partecipa alle attività del Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure (CIPM / BIPM) e dell'**Associazione Europea degli Istituti Nazionali di Metrologia - EURAMET**, che coordinano la cooperazione nella ricerca metrologica, nella riferibilità delle misurazioni alle unità SI, nel riconoscimento internazionale dei campioni e delle CMC dei propri membri. La partecipazione alla rete metrologica di EURAMET ha consentito all'Istituto di aderire ai programmi di ricerca metrologica **EMRP** (VII Programma Quadro), **EMPIR** (Horizon 2020) e, allo stato attuale, **EPM - European Partnership on Metrology** (Horizon Europe), sviluppando progetti di ricerca di eccellenza.

L'Assemblea Generale di EURAMET ha inoltre costituito, a partire dal 2018, le **European Metrology Networks (EMN)**, allo scopo di formulare strategie comuni in ambiti quali la ricerca, le infrastrutture, il trasferimento di conoscenze e lo sviluppo di servizi.

European Metrology Networks di EURAMET	EMNs coordinate da INRiM	EMNs a cui l'INRiM partecipa
	Mathematics and Statistics	Traceability in Laboratory Medicine
	Quantum Technologies	Advanced Manufacturing
	Safe and Sustainable Food	Clean Energy
		Climate and Ocean Observation
		Energy Gases
		Pollution Monitoring
		Smart Electricity Grids

L'Istituto inoltre aderisce ai seguenti network e consorzi internazionali:

- **Consorzio EUROPRACTICE**, iniziativa della Commissione Europea che fornisce alle Università ed Enti di Ricerca un accesso facilitato, a basso rischio ed a basso costo, alle ultime avanzate tecnologie elettroniche; si tratta di un consorzio di cinque rinomate organizzazioni di ricerca europee (imec, UKRI-STFC, Fraunhofer IIS, CIME-P e Tyndall).
- **EURACHEM**, network europeo di enti che si pone l'obiettivo di stabilire un sistema per la tracciabilità internazionale delle misure chimiche.
- **FLUXONICS - The European Foundry for Superconductive Electronics**, network europeo di enti di ricerca e università che opera nell'ambito della realizzazione di circuiti superconduttivi per applicazioni elettroniche dalla metrologia al calcolo quantistico.
- **IMEKO – International Measurement Confederation**, network mondiale degli enti metrologici che promuove scambi internazionali di informazioni scientifiche e tecniche nell'ambito della metrologia, favorendo anche la cooperazione tra ricerca e industria.
- **QuIC - European Quantum Industries Consortium**, consorzio europeo che si propone di stimolare la competitività e la crescita economica del settore europeo della tecnologia quantistica e sostenere la creazione di valore in tutto il continente. QuIC opera come un hub collaborativo in tutta Europa per costruire un ecosistema forte e vivace tra PMI,

grandi aziende, investitori e ricercatori leader.

Partecipazione ad associazioni

L'INRiM aderisce, in qualità di membro, ai seguenti organismi internazionali:

- CIRP - College International pour la recherche en productique, organizzazione internazionale che promuove la ricerca scientifica nel settore manifatturiero, creando opportunità di collaborazione e di scambio con le industrie.
- CITAC - Cooperation in International Traceability of Analytical Chemistry, network internazionale di enti con l'obiettivo di promuovere la riferibilità metrologica delle misure chimiche a livello internazionale.
- ETSI - The European Telecommunications Standards institute, organizzazione europea che opera nel campo delle norme riguardanti le telecomunicazioni.
- EUSPEN - European Society for Precision Engineering and Nanotechnology, ente che promuove la collaborazione tra ricerca e industria nei campi delle Nanotecnologie e dell'Ingegneria di Precisione.
- IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers, organizzazione internazionale nell'ambito dell'ingegneria elettrica ed elettronica e delle tecnologie dell'informazione.
- ISMRM, associazione che promuove la risonanza magnetica in medicina attraverso la collaborazione interdisciplinare, la ricerca innovativa e la formazione.
- UNESCO - Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura, agenzia specializzata delle Nazioni Unite che lavora per promuovere la pace, la sicurezza e la comprensione reciproca tra le nazioni attraverso la cooperazione internazionale in educazione, scienza, cultura e comunicazione.

6 – PERSONALE RICERCATORE, TECNOLOGO, TECNICO, AMMINISTRATIVO

6.1 PERSONALE IN SERVIZIO AL 31 DICEMBRE 2025: DIPENDENTI A TEMPO INDETERMINATO E DETERMINATO

La tabella di seguito riassume il quadro delle risorse umane della Direzione Scientifica e della Direzione Generale dell'IN-RiM. I numeri fanno riferimento alla situazione del personale rilevata al 31 dicembre 2025, con un organico totale di 317 unità di personale, di cui 296 a tempo indeterminato e 21 a tempo determinato.

Tabella 10 – Personale in servizio al 31 dicembre 2025 (TI e TD)

PROFILO	DIREZIONE SCIENTIFICA			DIREZIONE GENERALE	TOT
	ML	AE	QN		
Personale TI					
Dirigente di ricerca	2	4	5		11
Primo ricercatore	23	13	23		59
Ricercatore	18	15	20		53
Dirigente tecnologo	2	1	1	2	6
Primo tecnologo	1	6	1	3	11
Tecnologo	4	10	11	6	31
Collaboratore tecnico enti di ricerca	10	19	14	23	66
Operatore tecnico	1	2		6	9
Dirigente amministrativo II fascia				1	1
Funzionario di amministrazione				16	16
Collaboratore di amministrazione				30	30
Operatore di amministrazione				3	3
Tot.	61	70	75	90	296
Personale TD					
Ricercatore	5	3	8		16
Collaboratore tecnico enti di ricerca		4	1		5
Tot.	5	7	9	-	21
TOTALE COMPLESSIVO	66	77	84	90	317

Nella tabella seguente si riportano le percentuali dei diversi profili di personale:

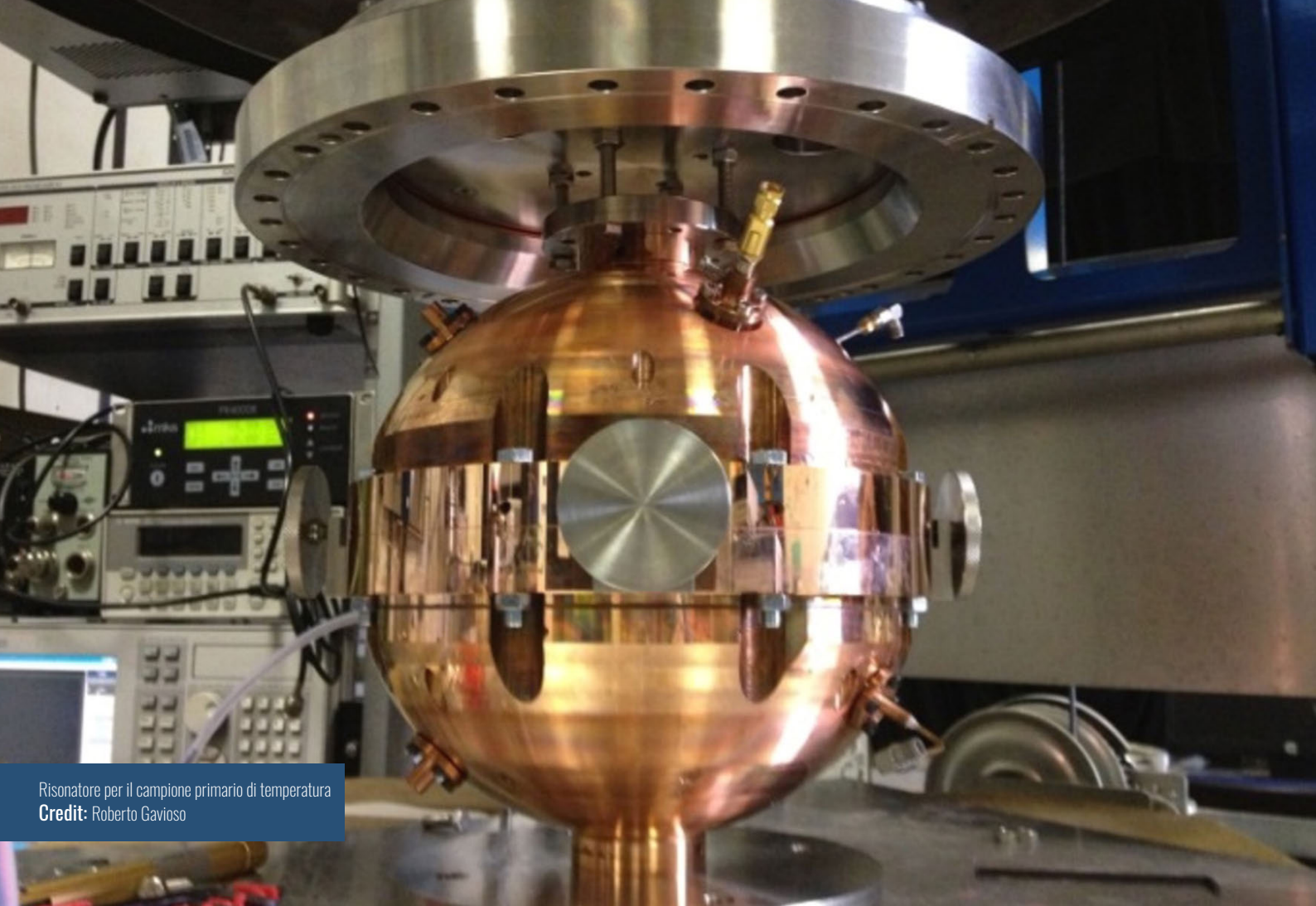
Tabella 11 – Percentuali per profilo del personale TI e TD in servizio al 31 dicembre 2025

PROFILI	PERCENTUALI
PERSONALE TI, di cui	100%
Direzione Generale	30%
Direzione Scientifica	70%
Personale TI Direzione Scientifica, di cui	100%
I liv	7%
II liv	33%
III liv	38%
Cter	21%
Oper. Tecnici	1%
TOTALE PERSONALE	100%
TI	93%
TD	7%

6.2 ALTRE TIPOLOGIE DI PERSONALE PRESENTI AL 31 DICEMBRE 2025: TITOLARI DI BORSE DI AVVIAMENTO ALLA RICERCA E DI DOTTORATO, TITOLARI DI ASSEGNI, ASSOCIATI

Tabella 12 – Altro personale della Direzione Scientifica al 31 dicembre 2025

PROFILO	ML	AE	QN	Direzione Scientifica	TOT
Assegni	10	5	8	-	23
Borse di avviamento alla ricerca	-	-	3	-	3
Borse di dottorato	12	2	12	2	28
Associati	9	3	10	32	54
TOTALE	31	10	33	34	108



Risonatore per il campione primario di temperatura
Credit: Roberto Gavioso



Campione primario di frequenza a fontana atomica
Credit: Filippo Levi, foto di Fabio Bucciarelli

7 – INFRASTRUTTURE, LABORATORI DI RICERCA, STRUMENTAZIONE

7.1 INFRASTRUTTURE DELL'ENTE (SOFT-TYPE E HARD-TYPE)

Infrastruttura Galileo Timing Research (soft-type)

Obiettivi

L'infrastruttura Galileo promuove le capacità di ricerca e formazione sia per lo sviluppo del sistema europeo di navigazione satellitare, sia per lo sviluppo di applicazioni industriali e nuove tecnologie, in linea con i Focal Points individuati nel documento decennale di Visione Strategica dell'INRiM – Metrology towards 2030. In particolare, l'infrastruttura contribuisce allo sviluppo del sistema Galileo fornendo le competenze di metrologia del tempo necessarie per la validazione del timing del sistema e per lo studio e la sperimentazione di nuovi servizi di timing che possano sostenere lo sviluppo e dei servizi offerti da sistema Galileo.

Strumentazione e attività

L'infrastruttura si basa su un centro di elaborazione dati con 8 server (50 TB, 128 GB RAM ciascuno), ridondati per continuità operative e dimensionati per un eventuale incremento delle attività previsto da nuovi contratti. Essa integra sistemi di misura e monitoraggio in tempo reale dei segnali GNSS e una Galileo Experimental Sensor Station, operativa dal 2006, che contribuisce alla gestione di Galileo con prodotti real-time inviati regolarmente a ESA/EUSPA. Le attività previste nel triennio 2026–2028 comprendono: supporto scientifico e operativo al Galileo Time Service Provider (TSP) e coordinamento degli istituti europei che contribuiscono alla generazione e al monitoraggio del tempo di Galileo; supporto alla validazione degli aspetti di timing di Galileo (progetto GEMOP – Galileo and EGNOS Monitoring Performance by Member States); sviluppo di algoritmi per la seconda generazione di Galileo per la generazione della scala di tempo di riferimento del Sistema e per il rilevamento automatico di anomalie negli orologi spaziali tramite tecniche di Machine Learning (in collaborazione con l'Università ed il Politecnico di Torino); partecipazione al Centro Nazionale di Competenze GNSS (ASI – Horizon Europe) per attività di monitoraggio, taratura stazioni di riferimento e formazione specialistica; supporto metrologico al progetto ESA “Moonlight”, dedicato alla definizione del tempo di sistema per la futura rete di navigazione e comunicazione Terra–Luna; sperimentazione e sviluppo di servizi avanzati di disseminazione del tempo, basati principalmente sui satelliti del sistema Galileo.

Ruolo dell'INRiM

L'INRiM partecipa da oltre 20 anni allo sviluppo del sistema di navigazione satellitare europeo Galileo, fornendo competenze di metrologia del tempo. Le competenze sviluppate in questo ambito, insieme a quelle maturate nella realizzazione della scala di tempo nazionale italiana, fanno di INRiM uno dei laboratori di riferimento in Europa per le attività metrologiche per i sistemi di navigazione spaziali. L'Istituto svolge un ruolo chiave all'interno del programma Galileo, contribuendo in modo determinante allo sviluppo e alla validazione degli aspetti di tempo del sistema. Parallelamente, l'INRiM guida iniziative di ricerca, sperimentazione e trasferimento tecnologico volte all'introduzione di servizi di timing innovativi, rafforzando il collegamento tra metrologia, industria e settore spaziale.

Infrastruttura Italian Quantum Backbone – Dorsale Quantistica Italiana (hard-type)

L'Italian Quantum Backbone (IQB) è una infrastruttura in fibra ottica nata per la distribuzione di segnali metrologici di tempo e frequenza ad alta accuratezza, che oggi è collegata ai maggiori istituti metrologici europei e supporta la sperimentazione nell'ambito delle tecnologie quantistiche e del sensing distribuito.

Obiettivi

- Distribuire stabilmente i segnali di tempo e frequenza dei campioni nazionali INRiM ai centri di ricerca e innovazione italiani ed europei con accuratezza e stabilità superiori a quelli delle tecniche GNSS
- Consentire diramazioni dalla dorsale principale verso siti secondari, per realizzare una piattaforma articolata per la distribuzione di tempo/frequenza e la sperimentazione scientifica.
- Collegare stabilmente l'INRiM con gli Istituti Nazionali di Metrologia europei per consentire partecipare a confronti internazionali di orologi ottici, e contribuire attivamente alla roadmap per la ridefinizione del secondo nel Sistema Internazionale.
- Offrire un'infrastruttura per la ricerca di eccellenza e la sperimentazione di nuove tecniche e dispositivi per la metrologia, l'informazione quantistica e il sensing distribuito in campo reale.
- Favorire sinergie e applicazioni innovative di tecnologie metrologiche quali laser ad alta coerenza, sincronizzazione ad alta precisione, tecniche di interferometria laser coerente in altri ambiti, come la distribuzione quantistica di chiavi crittografiche (QKD), la sismologia e il monitoraggio ambientale
- Contribuire attivamente alle iniziative collegate alla realizzazione della European Quantum Communication Infrastructure

Strumentazione e attività

IQB collega le sedi dell'INRiM di Torino, di Sesto F.no (presso il polo scientifico dell'Università di Firenze) e di Matera (presso ASI) per una lunghezza di circa 2000 km e offre 30 punti di accesso, alcuni dei quali già sfruttati da utenti scientifici e industriali; IQB è collegata, attraverso il nodo di Modane (tunnel Frejus), alla analoga rete francese REFIMEVE per permettere confronti internazionali. Le attività sono inquadrare in tre linee principali:

- Distribuzione di segnali di tempo e frequenza, mediante tecniche White Rabbit e/o PTP per utenti industriali e tecniche coerenti per sperimentazioni scientifiche, quali ad esempio la radioastronomia interferometrica in collaborazione con il radiotelescopio INAF di Medicina (BO) e i confronti internazionali di orologi atomici, a cui INRiM parteciperà regolarmente nel prossimo triennio.
- Sperimentazioni in ambito di sensing distribuito: INRiM ha dimostrato l'utilizzo di innovative tecniche metrologiche per il sensing distribuito in coesistenza con il traffico dati. INRiM coordina il progetto SENSEI (5 M€) che prevede l'utilizzo di IQB per la ricerca sperimentale in quest'ambito.
- Sperimentazioni nell'ambito delle tecnologie quantistiche e realizzazione nazionale di EuroQCI. INRiM ha coordinato il progetto QUID (10 M€) che ha permesso di realizzare la QKD su fibra IQB in casi d'uso critici, che hanno coinvolto 9 partner pubblici e 9 industriali in varie aree d'Italia. Grazie alle connessioni attivate, tali attività potranno proseguire per il prossimo triennio.

Ruolo dell'INRiM

IQB è un'infrastruttura concepita, realizzata e gestita da INRiM. Nel prossimo triennio INRiM consoliderà la dorsale, potenziando le collaborazioni in essere e coinvolgendo nuovi stakeholder, anche di concerto con gli altri istituti metrologici europei, inoltre IQB è un elemento di sviluppo fondamentale della proposta ESFRI denominata FOREST a coordinamento francese, attualmente in fase di valutazione.

Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare (IMPreSA) (hard-type)

Obiettivi

L'infrastruttura metrologica IMPreSA (Infrastruttura Metrologica per la Sicurezza Alimentare) mira a supportare le imprese e gli enti di ricerca nel garantire la conformità alle normative internazionali in materia di sicurezza alimentare. Gli obiettivi principali comprendono lo sviluppo e la validazione di metodologie analitiche innovative per l'identificazione di

contaminanti organici e inorganici nel settore agroalimentare e contribuire al miglioramento dei processi produttivi ed alla promozione della tracciabilità e autenticità dei prodotti alimentari. IMPreSA aspira a diventare un centro di riferimento per il supporto tecnico e metrologico alle imprese e agli enti di controllo, rafforzando il collegamento tra ricerca e applicazioni industriali.

Strumentazione e attività

L'infrastruttura dispone di strumentazione avanzata per analisi chimiche e isotopiche (es. ICP-MS, IRMS, NMR) e supporta attività in tre macroaree:

1. Controllo e sicurezza: identificazione di contaminanti (POPs, metalli pesanti, allergeni, NIAS) e studio della migrazione di sostanze dai materiali di imballaggio agli alimenti.
2. Tracciabilità e frodi alimentari: analisi isotopiche e determinazione di elementi rari per la certificazione dell'origine dei prodotti e la prevenzione delle frodi.
3. Sviluppo di nuovi materiali: progettazione di imballaggi attivi e sostenibili per prolungare la shelf-life degli alimenti.

Le attività si svolgono in collaborazione con partner scientifici: IZSPLV (ricerca sui materiali a contatto con alimenti), CREA (studi di metabolomica e tracciabilità), IPSP (composti naturali antimicrobici e antiossidanti), ISPA (analisi proteomiche e supporto a progetti metrologici sulle proteine).

Ruolo dell'INRiM

L'INRiM coordina e integra le attività di IMPreSA, fornendo supporto metrologico e validazione dei metodi analitici, con l'obiettivo di migliorare la qualità e la comparabilità delle misurazioni nel settore alimentare. INRiM svolge servizi metrologici per le aziende del settore agroalimentare, contribuisce allo sviluppo di un quadro metrologico per la caratterizzazione proteica (progetto 23FUND06 PROMET) e collabora con enti di ricerca e aziende agroalimentari per la realizzazione di progetti di innovazione e trasferimento tecnologico. Nel triennio 2026–2028, INRiM intende consolidare la rete di partnership scientifiche e industriali, rendendo IMPreSA un centro regionale di riferimento per la sicurezza alimentare, capace di offrire servizi qualificati, formazione e ricerca applicata a sostegno della competitività e sostenibilità del settore.

Infrastruttura Piemonte Quantum Enabling Technology (PiQuET) (hard-type)

PiQuET è un'infrastruttura di ricerca (IR) condivisa tra INRiM, Politecnico di Torino (PoliTO) e Università degli Studi di Torino (UniTO), nata da un progetto coordinato da INRiM e co-finanziato dal Programma Operativo Regionale Piemonte FESR 2014/2020 dell'ambito del Bando "INFRA-P Sostegno a progetti per la realizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento di IR pubbliche".

Obiettivi

PiQuET si propone come riferimento sul territorio per l'abilitazione di nuovi processi di micro e nanofabbricazione e per l'integrazione di sensori, dispositivi quantistici e materiali avanzati. L'obiettivo è quello di offrire un **OpenLab accessibile, competitivo e affidabile**, a supporto di progetti di ricerca e di trasferimento tecnologico, in particolare nei settori della **metrologia** e delle **tecnologie quantistiche**.

Strumentazione e attività

Per perseguire questi obiettivi, PiQuET mette a disposizione macchinari tecnologicamente molto avanzati e si avvale della collaborazione sinergica con altri centri di ricerca e imprese. Elemento centrale dell'infrastruttura è una camera pulita di 600 m² realizzata secondo i più moderni standard (ISO 14644-1), completata a fine 2020. La cleanroom comprende laboratori con elevato controllo dei parametri ambientali - temperatura, sovrappressione e umidità- e della contaminazione particellare, articolati in 33 m² ISO5, 280 m² ISO6, 100 m² ISO7, oltre a circa 200 m² di aree tecniche non classificate, dedicate alla strumentazione tecnica, agli impianti a servizio dell'area bianca e alle attività di manutenzione.

L'ambiente in controllo particellare è organizzato in aree funzionali dedicate a: Tecnologie Quantistiche, Litografia Ottica, Litografia Elettronica, Caratterizzazione superficiale, Deposizione, Etching, Packaging, Processi Chimici. PiQuET conta oltre 40 large equipments per un investimento complessivo di circa 20 milioni di euro. Grazie alle sue specifiche e competenze, PiQuET è parte del cluster IT-Fab, rete nazionale di coordinamento delle migliori realtà italiane di nanofabbricazione, ed è inserita nel Piano Nazionale delle Infrastrutture di Ricerca, sia come IR autonoma sia, all'interno di IT-Fab, nella sua vocazione europea come infrastruttura diffusa (EuroNanoLab). Attualmente PiQuET supporta principalmente le attività di ricerca nel campo dell'elettronica quantistica e della metrologia di tempo e frequenza. All'interno dell'infrastruttura vengono fabbricati, tra gli altri: amplificatori parametrici e qubit basati su giunzioni Josephson; riferimenti di frequenza ottici e a microonde miniaturizzati basati su vapori di atomi neutri; risonatori ottici per frequency comb e per la stabilizzazione di sorgenti laser; sensori quantistici.

A partire dal 2023, grazie al programma ministeriale NEXT-GENeration Metrology, in PiQuET sono stati avviati inoltre 14 progetti di ricerca interni che mirano allo sviluppo di nuova sensoristica metrologica basata su tecnologie Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) e orientata anche alla transizione energetica.

Ruolo dell'INRiM

INRiM svolge un ruolo centrale nella gestione dell'Infrastruttura, dalla definizione delle sue strategie e dei bisogni tecnologici fino alla gestione operativa e manutentiva quotidiana.

Nel prossimo triennio, PiQuET intende consolidare ulteriormente il parco strumentale, completando l'offerta di processi e apparecchiature nell'area di deposizione e potenziando le aree di litografia e caratterizzazione con strumentazione allo stato dell'arte.

L'obiettivo rimane quello di abilitare e supportare nuove linee di ricerca in ambito metrologico e di supportare **processi innovativi per il sistema industriale**, contribuendo anche alla crescita dell'ecosistema quantistico regionale e nazionale.

Infrastruttura Quantum Metrology and Testing for Italy (QuaMT-ITA) (hard-type)

Obiettivi

Uno dei presupposti fondamentali per lo sviluppo e l'affermazione di una nuova tecnologia in ambito industriale è che se ne possa garantire l'affidabilità e la riferibilità. Le peculiarità fisica delle tecnologie quantistiche richiede lo sviluppo di nuovi protocolli di misura e test che permettano una caratterizzazione metrologica avanzata di nuovi prodotti e sistemi. QuaMT-ITA è un'infrastruttura strategica dell'INRiM nata per rispondere a questa esigenza e contribuire allo sviluppo delle tecnologie quantistiche in Italia ed in Europa, fornendo servizi innovativi all'industria ed agli utilizzatori di queste tecnologie.

QuaMT-ITA offre:

- Servizi di misura e test personalizzati specificatamente dedicati alle tecnologie quantistiche.
- Riferibilità metrologica per i sistemi di sensing e metrologia quantistici.
- Supporto collaborativo alla ricerca e allo sviluppo, contributo alla standardizzazione ed alla certificazione delle tecnologie quantistiche.

Strumentazione e attività

Le attività di QuaMT-ITA sono suddivise in tre settori tecnologici:

- Elettronica Quantistica Fotonica Quantistica
- Orologi Atomici & Sensori Quantistici

Le attività QuaMT-ITA in **Elettronica Quantistica** si concentrano sulla metrologia quantistica per la riferibilità delle

misurazioni elettromagnetiche e sulla metrologia a supporto del sensing e del calcolo quantistico.

Esempi specifici di attività in Elettronica Quantistica includono:

- Sviluppo di standard quantistici per le unità elettromagnetiche sfruttando l'effetto Josephson, l'effetto Hall quantistico, e la manipolazione di singoli elettroni, con nuovi dispositivi e materiali;
- Sviluppo di amplificatori superconduttori a limite quantistico e sensori potenziati quantisticamente;
- Metrologia di qubit superconduttori, sviluppo di schemi di test, taratura e validazione per hardware di computer quantistici a bassa temperatura;
- Fabbricazione e caratterizzazione avanzata di dispositivi memristivi;
- Fabbricazione e caratterizzazione avanzata di NanoSQUID superconduttori scolpiti con FIB 3D;
- Metrologia per la spintronica e sviluppo di dispositivi spintronici.

Le attività di QuaMT-ITA nel settore della **Fotonica Quantistica** si focalizzano sui fenomeni ottici a livello di singolo/pochi fotoni, per sviluppare nuovi metodi di misura, di imaging e sensing quantistici.

Esempi specifici di attività nel settore Quantum Photonics includono:

- Riferibilità metrologica delle misure a livello di singolo fotone. Realizzazione di nuove sorgenti e rivelatori di luce quantistica. Metrologia per le comunicazioni quantistiche (in fibra e nello spazio).
- Nuove tecniche di misura che superano i limiti classici di misura sfruttando il vantaggio quantistico.
- Imaging quantistico.
- Sensori quantistici (ad esempio di campo magnetico, di pressione e di temperatura) e nuove sorgenti di singolo fotone basate su centri di colore in matrici cristalline.
- Studio e realizzazione di strutture nanofotoniche e metamateriali.
- Realizzazione e caratterizzazione di rivelatori a singolo fotone di tipo TES

Le attività di QuaMT-ITA nel settore **Orologi Atomici & Sensori Quantistici** si concentrano sulla ricerca e sullo sviluppo di orologi atomici e ottici e di sensori atomici di incomparabile precisione.

Esempi specifici di attività nel settore Orologi Atomici & Sensori Quantistici includono:

- Nuovi orologi ottici che sfruttano il vantaggio quantistico (entanglement o di tecniche di misura “quantum non-demolition”), sistemi atomici e ionici per la metrologia e la ricerca
- Realizzazione della disseminazione del segnale di tempo e di frequenza, sviluppo delle reti di comunicazione quantistica. Distribuzione del tempo e “time-stamping” certificati
- Realizzazione di nuovi orologi, sensori e sorgenti luminose su chip
- Riferimenti metrologici di frequenza ad alta accuratezza nel dominio ottico e delle microonde
- Misure di campo magnetico ad alta accuratezza per orologi atomici e sensori quantistici

Ruolo dell'INRiM

QuaMT-ITA ha una posizione rilevante nel panorama della ricerca quantistica europea, grazie alle sue attività di ricerca quantistica ed ai servizi di misura e test dedicati a dispositivi e sistemi quantistici.

QuaMT-ITA, inoltre, opera in stretta collaborazione con gli altri istituti metrologici europei nell'ambito della rete EURAMET's European Metrology Network for Quantum Technologies ed all'interno del Framework Partnership Agreement europeo “Qu-Test”.

7.2 COINVOLGIMENTO IN INFRASTRUTTURE NAZIONALI E INTERNAZIONALI

The European Association of National Metrology Institutes (EURAMET)

EURAMET è la rete europea che promuove la collaborazione per la ricerca e lo sviluppo tecnologico nel campo della metrologia. Attraverso le attività di trasferimento tecnologico e di cooperazione tra i suoi membri, promuove e coordina l'utilizzo comune e sinergico delle infrastrutture metrologiche nazionali e lo sviluppo di una infrastruttura europea bilanciata e inclusiva. Nel suo ruolo di organizzazione metrologica regionale (RMO), ha un compito istituzionale nell'implementazione a livello europeo dell'Accordo di Mutuo Riconoscimento in ambito CIPM (CIPM MRA), coordinando la cooperazione tra gli NMI e i DI in Europa in settori quali la ricerca metrologica, la riferibilità dei risultati delle misurazioni alle unità SI, il riconoscimento a livello internazionale dei campioni di misura e delle CMC ad essi collegate ed è responsabile di larga parte dei confronti metrologici internazionali organizzati a livello regionale. Le attività tecnico-scientifiche vengono sviluppate all'interno di dieci Comitati Tecnici (TC) con focus su specifiche aree metrologiche. L'INRiM partecipa attivamente ai lavori di tutti i TC, ad eccezione del TC sulle Radiazioni Ionizzanti in cui l'Italia è rappresentata dall'ENEA-INMRI. EURAMET inoltre coordina le attività delle reti metrologiche interdisciplinari (EMN), che hanno lo scopo di favorire l'interazione tra gli stakeholder e gli NMI su specifiche tematiche interdisciplinari che rappresentano la frontiera più avanzata della metrologia. L'INRiM ha un ruolo attivo in nove delle dodici EMN e ne coordina tre. INRiM inoltre ha un rappresentante nel Board of Director di EURAMET.

Gli obiettivi di EURAMET si declinano in cinque punti chiave: coinvolgere i principali stakeholder, aumentare l'influenza sui responsabili politici europei e sui governi nazionali, sviluppare ulteriormente la cooperazione in ricerca e sviluppo, fornire un alto valore ai membri e agli associati, supportare l'infrastruttura di qualità in Europa e a livello internazionale. Nel corso del triennio, verranno mantenute le attività a carattere RMO, con coordinamento ed esecuzione di confronti internazionali di misura, presentazione e revisioni delle CMC e valutazione dei sistemi di gestione della qualità degli NMI e DI. Proseguiranno inoltre i lavori all'interno delle varie EMN per rispondere alle esigenze degli stakeholder e elaborare strategie di cooperazione e ricerca, anche alla luce delle linee prioritarie definite dalla EC nell'ambito dei nuovi programmi di ricerca.

A partire dal settimo programma quadro, EURAMET è stata partner della Commissione per la gestione di programmi di ricerca dedicati alla metrologia, sulla base dell'art 185 del trattato di Lisbona. Dopo i programmi IMERA, EMRP ed EMPIR, nell'ambito di Horizon Europe è stata attivata la European Partnership on Metrology. Questo programma vede un finanziamento complessivo di oltre 700M€, dei quali 300 M€ provenienti da fondi comunitari e oltre 400M€ di cofinanziamento da parte dei paesi aderenti all'iniziativa. Il programma, seguendo una rotazione tematica, annualmente tiene della call per progetti di ricerca sui seguenti macro temi: **Green Deal, Health, Digital Transformation, Integrated European Metrology, Fundamental Metrology, Industry, Normative e Research Potential** (dedicato prevalentemente a sviluppare capacità di ricerca in piccoli NMI). Lo scopo del programma, come si può capire dagli argomenti indicati, è di stabilire solide basi metrologiche per affrontare le sfide globali del presente nelle quali la società e l'industria europea si trovano a giocare un ruolo guida fondamentale nel panorama mondiale. La transizione verso un'economia sostenibile, climaticamente neutrale ed in cui la salute ed il benessere dei cittadini vengono a trovarsi al centro dell'attenzione politica necessita di una solida base scientifica e tecnologica, e la metrologia è parte del patrimonio di conoscenza da mettere in campo per il raggiungimento di questi obiettivi.

La Partnership identifica i partner appartenenti agli enti metrologici come interni, definendo delle precise regole per la partecipazione ai progetti, limitando le risorse di bidding in funzione del cofinanziamento nazionale all'iniziativa. I partner esterni (industriali, accademici od altro) possono partecipare liberamente ai progetti, avendo a disposizione oltre il 30% dei fondi europei. Questo serve per stimolare l'integrazione della metrologia con la ricerca accademica e industriale, e contemporaneamente per fare sì che le industrie e l'accademia integrino al loro interno capacità metrologiche.

L'Italia in considerazione degli ottimi risultati ottenuti nei programmi metrologici precedenti, con uno sforzo significativo ha deciso di cofinanziare la partnership con 49 M€, dei quali l'8,2% viene corrisposto cash da INRIM ad EURAMET, la parte rimanente viene rendicontata in-kind. Il contributo nazionale è quindi quasi raddoppiato rispetto alla partecipazione in EMPIR, aumentando pertanto le possibilità di partecipazione ai progetti, sia quantitativamente che qualitativamente. La dimensione della partecipazione nazionale implica un importante impegno economico ed amministrativo per l'ente. D'altro canto la partnership rappresenta un'opportunità fondamentale per fare avanzare la ricerca verso gli obiettivi espressi in Horizon Europe nonché nel Piano Nazionale della Ricerca e nel documento di Vision decennale dell'INRiM. L'EPM rappresenta una fonte di finanziamento rilevante che, attraverso un processo di selezione competitivo europeo, permette di portare avanti la ricerca metrologica nazionale in maniera integrata a livello europeo, sviluppando sinergie con gli altri NMI ed al contempo favorendo il trasferimento tecnologico e scientifico con e verso le altre realtà di ricerca e le industrie. Nel corso del 2024 la Gran Bretagna si è aggregata ad Horizon Europe ed alla Partnership e nel 2025 anche la confederazione Elvetica ha aderito formalmente all'iniziativa, portando a 30 i paesi che aderiscono alla Partnership. Nel 2026 si terranno le call sulle tematiche Fundamental Metrology, Industry, Normative e Research Potential. Nel 2027 si terrà l'ultima serie di call sulle tematiche del Green Deal e verrà emanata una call speciale sull' tecnologie emergenti identificate dalla Commissione come strategiche.

European Quantum Communication Infrastructure (EuroQCI)

EuroQCI è un'iniziativa dell'Unione Europea che mira a creare una rete paneuropea di comunicazione quantistica sicura. Il suo obiettivo è garantire comunicazioni altamente protette per governi, istituzioni e infrastrutture critiche, sfruttando in questa prima fase la tecnologia della distribuzione quantistica di chiavi crittografiche (QKD, Quantum Key Distribution). L'Italia partecipa ad EuroQCI con il progetto QUID (Quantum Italy Deployment), coordinato da Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM). QUID ha l'obiettivo di avviare la realizzazione il segmento italiano dell'infrastruttura per la comunicazione quantistica EuroQCI. QUID realizza reti metropolitane di comunicazione quantistica (QMAN), e link di comunicazione quantistica inter-regionali sfruttando anche l'Italian Quantum Backbone (l'infrastruttura di ricerca INRiM su fibra ottica che collega l'Italia da nord a sud) e contribuisce al collegamento con il segmento spaziale di EuroQCI.

Infrastructure for ENergy TRAnsition and Circular Economy (iENTRANCE)

INRiM è uno dei tredici partner costituenti il consorzio iENTRANCE, che nell'ultimo triennio ha creato una nuova infrastruttura di ricerca aperta e diffusa, dislocata su sei nodi geografici distribuiti nel territorio italiano. Il progetto che ha dato vita a iENTRANCE ha visto la formazione di una rete di laboratori, strumentazioni e competenze specialistiche finanziata dal PNRR Next Generation EU, con l'obiettivo di dar vita ad un corpo solido che sostenga la ricerca italiana nello sviluppo di materiali e tecniche per la transizione energetica verso l'obiettivo di zero emissioni di CO₂, nell'ottica dell'economia circolare.

Nel 2026 iENTRANCE passerà alla sua fase pienamente operativa, che è programmata per i 10 anni successivi. Dopo la costituzione di un single entry point che metta direttamente in rete tutti i laboratori e le risorse costituenti l'infrastruttura di ricerca, l'accesso verrà garantito a enti accademici e industriali attraverso call for access basate sulla valutazione del merito o la stesura di contratti che soddisfino gli obiettivi di ricerca del consorzio. In questo modo l'infrastruttura favorisce la collaborazione tra istituzioni, imprese e ricercatori, promuovendo in maniera integrata innovazione, formazione e trasferimento tecnologico. INRiM mette a disposizione della rete iENTRANCE più di 50 strumentazioni che spaziano dalle caratterizzazioni fisiche di proprietà fondamentali fino a macchine d'avanguardia per le micro e nanofabbricazioni inserite in un ambiente di clean room di ultima generazione.

Metrofood-RI / Metrofood-IT Infrastructures

L'INRiM partecipa all'Infrastruttura di Ricerca Europea **METROFOOD-RI** (Infrastructure for promoting metrology in food and nutrition) coordinata da ENEA e inserita nella Roadmap ESFRI (European Strategy Forum for Research Infrastructures) per il dominio Health and Food.

METROFOOD-RI si propone come infrastruttura di ricerca distribuita che fornisce servizi metrologici di alto livello nel settore agroalimentare e della nutrizione, con l'obiettivo di migliorare qualità, sicurezza, tracciabilità e sostenibilità dei sistemi agroalimentari e alimentari.

L'infrastruttura combina componenti fisiche e elettroniche distribuite in numerosi paesi europei: laboratori, impianti sperimentali, piattaforme digitali per gestione dati e servizi. Le attività includono l'armonizzazione delle metodologie di misura, la creazione di servizi metrologici, la digitalizzazione dei dati in conformità ai principi FAIR, e la definizione del quadro organizzativo e operativo per l'accesso agli utenti.

L'INRiM, come Istituto Metrologico Nazionale, partecipa al rafforzamento dell'infrastruttura italiana interfacciata con METROFOOD-RI, contribuendo all'allineamento metrologico, alla qualità delle misurazioni e alla cooperazione europea. Supporta lo sviluppo di standard e la promozione di metodologie di misura armonizzate in ambito alimentare e nutrizionale. L'infrastruttura italiana **METROFOOD-IT** ((Strengthening of the Italian Research Infrastructure for Metrology and Open Access Data in support to the Agrifood)) è stata costituita allo scopo di rafforzare il fronte nazionale del Food e per favorire una maggiore integrazione a livello europeo.

Il progetto mira a rafforzare l'eccellenza scientifica italiana nel settore della sicurezza alimentare, attraverso lo sviluppo di piattaforme e servizi volti alla qualità, autenticità e tracciabilità delle materie prime e dei prodotti agroalimentari, e alla digitalizzazione del sistema agroalimentare.

Le azioni includono l'upgrading e l'integrazione delle infrastrutture fisiche ed elettroniche, la creazione di una open data platform, la definizione del sistema per l'erogazione di servizi mediante Accesso Transnazionale (TNA) e Accesso Virtuale (VA), e la realizzazione di "Living Labs" dedicati alla bioeconomia circolare e alla sostenibilità dei sistemi agroalimentari. Le facilities coinvolte comprendono laboratori di spettrometria di massa ad alta risoluzione, metabolomica, sensori intelligenti (IoT) e piattaforme cloud per il monitoraggio digitale.

L'INRiM partecipa attivamente al progetto METROFOOD-IT con il ruolo di partner scientifico all'interno del consorzio nazionale coordinato dall'ENEA. Contribuisce allo sviluppo di servizi metrologici, all'analisi e strumentazione per la qualità e sicurezza alimentare e all'integrazione delle componenti digitali e fisiche dell'infrastruttura.

7.3 TIPI DI LABORATORI E GRANDI STRUMENTAZIONI

Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML)

Nel seguito sono elencati i laboratori afferenti alla divisione ML e sono brevemente illustrate le attività scientifiche e di servizio che vengono svolte al loro interno.

- **Laboratorio QR:** laboratori di micro e nanofabbricazione per la realizzazione e la caratterizzazione di dispositivi e materiali innovativi per la ricerca fondamentale e applicata nell'ambito della nanofotonica, energia, salute e computazione neuromorfica. Il laboratorio combina approcci di nanolitografia convenzionale a fascio ionico ed elettronico con quelli per self-assembly e di microscopia a scansione di sonda, ed è dotato di sistemi di deposizione in ultra alto vuoto per film sottili metallici e isolanti, magnetici e superconduttivi.
- **Laboratorio di nanofotonica:** dotato di sorgenti laser a varie lunghezze d'onda e potenze, con set up dedicati alla birifrangenza, alla fotoluminescenza e alle perdite di guide d'onda, spettroscopia Raman, AFM a controllo di umidità e temperatura, SEM e preparative per l'analisi del DNA.
- **Laboratorio di caratterizzazione elettrica di dispositivi neuromorfici e quantistici** che ospita due probe sta-

tion, due criostati all'elio liquido e un analizzatore di parametri di ultima generazione.

- **Laboratorio per i Materiali Innovativi, IMLab:** dedicato alla micro e nanofabbricazione di materiali innovativi soffici e loro compositi, micro e nano strutturati per applicazioni in metrologia, fotonica, microrobotica, crittografia, magnetismo, sensoristica, ingegneria biomedica.
- **Laboratorio alte tensioni, forti correnti e potenza:** si effettua attività di servizio e ricerca su trasduttori e sistemi di misura in presenza di distorsioni tipiche di reti elettriche AC e DC con elevata integrazione di rinnovabili e mobilità elettrica.
- **Laboratorio Dispositivi EM e storage:** dedicato allo studio, alla modellizzazione e alla sperimentazione su supercondensatori nell'ambito di progetti europei.
- **Laboratorio MRI:** dedicato allo sviluppo della tomografia a risonanza magnetica con attenzione agli aspetti di sicurezza, di ingegnerizzazione e di imaging quantitativo.
- **Laboratorio EMC:** dedicato alla taratura della strumentazione usata per prove di immunità a disturbi EM e per la tutela della salute, con facilities di misura di campi EM a bassa e radio frequenza.
- **Laboratorio Ultrasuoni:** lo sviluppo e la caratterizzazione di sistemi di insonazione basati su trasduttori a onda piana e configurazioni HIFU e test in vitro e in vivo per valutare l'efficacia dei campi ultrasonori nell'apertura controllata della barriera emato-encefalica, e l'impiego di campi ultrasonori per il rilascio controllato di farmaci.
- **Laboratorio Microfoni:** dedicato alla caratterizzazione metrologica di microfoni MEMS per garantire la riferibilità delle misure acustiche e migliorare l'accuratezza degli array di localizzazione sonora.
- **Laboratorio di Biometrologia:** orientato allo sviluppo di materiali e metodi, standardizzati o metrologicamente riferiti, per analisi cellulari e molecolari in soluzioni pure, in colture 2D e in matrici complesse 3D.
- **Laboratorio Imaging di campioni biologici e materiali artificiali innovativi:** dedicato alle analisi dinamiche su cellule vive e tessuti, analisi topografica nanometrica e la misura delle proprietà meccaniche locali.
- **Laboratorio per analisi elementale:** dedicato allo sviluppo di metodi per la caratterizzazione elementale di superficie e massa di materiali solidi mediante analisi per attivazione neutronica e micro-fluorescenza X, con applicazioni nella certificazione di materiali di riferimento e nell'imaging elementale in 2D.
- **Laboratorio di modellistica computazionale:** finalizzato allo sviluppo di modelli in silico ad alta risoluzione, digital twin e modelli di AI per diverse applicazioni, che comprendono la diagnostica per immagini, la quantificazione di contaminanti, il design di nanomateriali per la teranostica e lo studio della loro interazione con i sistemi biologici.
- **Laboratori di preparazione di materiali magnetici e dispositivi:** preparativa, mediante tecniche metallurgiche e di deposizione fisica, di materiali magnetici innovativi in termini di composizione, microstruttura, confinamento (film sottili, nanofili, nanoparticelle), che possono successivamente essere integrati in micro- e nano-dispositivi ottenuti mediante differenti tecniche di litografia.
- **Laboratorio di caratterizzazione di materiali magnetici e dispositivi:** tecniche avanzate di misura delle proprietà magnetiche ed elettriche dei materiali, basate su microscopia (ad effetto Kerr e a scansione di sonda), magnetometria ad alta sensibilità (VSM, SQUID), spettroscopia elettromagnetica (microonde), resistività elettrica, tecniche di caratterizzazione microstrutturale (diffrazione di raggi X).
- **Laboratorio di Metrologia dei flussi e dei campi magnetici:** il laboratorio mantiene e sviluppa i campioni nazionali di campo magnetico e flusso di induzione magnetica, integrando capacità di misura e taratura di grandezze ad essi legate, per la certificazione di sensori di campo magnetico e la misura, secondo le norme internazionali IEC, delle proprietà di materiali magnetici dolci utilizzati per applicazioni elettriche ed elettroniche nell'ambito della produzione e trasformazione di energia elettrica di potenza, per l'automotive e l'ICT.

Metrologia applicata e Ingegneria (AE)

Nel seguito sono elencati i laboratori afferenti alla divisione AE e sono brevemente illustrate le attività scientifiche e di servizio che vengono svolte al loro interno. Riguardo ai laboratori dei **campioni primari** e quelli dei **servizi metrologici** essi operano nell'ambito del "CIPM Mutual Recognition Arrangement" (CIPM MRA) a supporto della ricerca e delle applicazioni industriali e partecipano a confronti di misura nazionali ed internazionali ed attività di disseminazione e trasferimento tecnologico e partecipano attivamente nei comitati e nei gruppi di lavoro del BIPM e di EURAMET.

- **Laboratorio campioni primari di lunghezza e angolo:** realizzazione, mantenimento e sviluppo dei campioni di riferimento relativi alla lunghezza. La realizzazione del metro avviene tramite i campioni laser He-Ne/I2 a 633 nm, Nd:YAG/I2 a 532 nm e 1064 nm, pettine ottico di frequenza. Il campione nazionale d'angolo si basa su una tavola girevole dotata di encoder angolare rotante (brevetto INRIM).
- **Laboratorio campioni primari di massa e grandezze apparentate:** realizzazione, mantenimento e sviluppo di campioni delle grandezze di competenza del settore (Massa, Densità, Durezza, Forza, Gravità, Portata, Pressione, Vibrazioni, Viscosità, Volume)
- **Laboratorio campioni nazionali di tensione e resistenza:** mantenimento dei Campioni Nazionali di resistenza elettrica e tensione continua per la riferibilità delle grandezze elettriche al SI
- **Laboratorio campioni primari di temperatura e umidità:** sviluppo metodi primari acustici e a microonde per disseminazione diretta temperatura termodinamica. Realizzazione, mantenimento e sviluppo di campioni di temperatura primari per disseminazione della ITS-90 fra 4 K e 2500 °C; di generatori campione di umidità, multi-gas e multi-pressione, nel campo di temperatura di rugiada/brina compreso tra -105 °C e +95 °C.
- **Laboratori servizi metrologici:** attività di tarature e prove al servizio del sistema metrologico Nazionale nelle seguenti aree: massa e le grandezze apparentate, per massa, pressione, forza, durezza, vibrazioni; grandezze dimensionali, per lunghezza, angolo, topografia e forme libere; grandezze elettriche: per la tensione continua e resistenza elettrica; grandezze termiche: per temperatura e umidità.
- **Laboratorio alte tensioni e forti correnti (LATFC):** facility dedicata alle tarature e alle prove di conformità nel campo delle alte tensioni e delle forti correnti, per l'industria e i laboratori di prova. Consente la caratterizzazione e la validazione di componenti, sistemi e apparati elettrici in condizioni operative, supportando la sicurezza e la resilienza delle reti elettriche e sviluppo di nuove tecnologie.
- **Laboratorio metodi innovativi per la metrologia della massa e delle grandezze apparentate (MIMM):** Sviluppo di metodi di misura innovativi finalizzati all'avanzamento della ricerca di base ed industriale ed alla implementazione del kilogrammo e del Pascal secondo il nuovo SI.
- **Laboratorio metrologia per la geofisica e fenomeni nano-dinamici (MeGeDin):** realizzazione, sviluppo e messa in pratica di sistemi per la misurazione accurata di onde sismiche (di volume e superficie). Realizzazione e sviluppo di un nuovo metodo di misurazione per fenomeni oscillatori su componenti e strutture alla micro e nano scala. Supporto e riferibilità alle reti gravimetriche nazionali in collaborazione con INGV.
- **Laboratorio metrologia della portata e vettori energetici (MeFloV):** realizzazione di sistemi di misura di portata di gas e di liquidi, sviluppo di campioni e di metodologie per la disseminazione della riferibilità con particolare attenzione alle applicazioni emergenti nel campo dei fluidi utilizzati come vettori energetici (es. idrogeno, biocombustibili) ed alle applicazioni spaziali.
- **Laboratorio sensori innovativi per lo spazio:** realizzazione di sensori per applicazioni aerospaziali e collaborazione con le industrie aerospaziali nazionali e europee. I laboratori sono dotati di infrastrutture per progettare, sviluppare e caratterizzare strumenti di volo.
- **Laboratorio di Interferometria ottica, X e neutroni:** sviluppo di tecnologie combinate di interferometria ottica, a raggi X e neutroni, X e ottica ad alta risoluzione a supporto della per la realizzazione del kg attraverso il metodo XRCD (X-Ray Crystal Density) tramite la misura assoluta del parametro reticolare del silicio. Realizzazione di esperimenti di

fisica quantistica fondamentale presso ILL-Grenoble e realizzazione di cristalli curvi su substrato per la realizzazione di una lente di Laue per la focalizzazione dei raggi X.

- **Laboratorio proprietà meccaniche e topografiche delle superfici:** analisi delle superfici alla micro e nanoscala tramite l'uso di strumenti ottici e a contatto. Alla microscala si studiano superfici provenienti da industrie automotive, farmaceutica, energetica, mentre alla nanoscala vengono studiati nanoparticelle, virus, nanowires e materiali 2D. Sviluppo di nuovi algoritmi per il processing di topografie 3D e algoritmi per analisi di incertezza.
- **Laboratorio metodi termometrici innovativi:** sviluppo di sensori, riferimenti e metodi di misura di temperatura e umidità innovativi, anche miniaturizzati, per applicazioni di ricerca di base, industriali, medicali e a supporto della transizione energetica, dell'economia circolare e dell'aerospazio.
- **Laboratorio proprietà termofisiche e metrologia dei vettori energetici:** misura di proprietà termofisiche (velocità del suono, densità, calori specifici) di fluidi puri e miscele di particolare interesse scientifico o industriale. Sviluppo di sensori e metodi di misura innovativi per l'ottimizzazione dei processi di trasporto e conversione di vettori energetici alternativi (p.e. idrogeno), e a supporto dei processi di decarbonizzazione della rete gas, di conversione power-to-gas e di cattura, trasporto e stoccaggio della CO₂.
- **Laboratorio di metrologia per il clima e l'ambiente e siti di riferimento:** equipaggiato con un tunnel a vento a controllo di temperatura, umidità e pressione con simulatore solare "EDDIE", camere climatiche, bagni termostatici per la caratterizzazione di sensori on site. Il laboratorio dispone inoltre di una stazione di riferimento climatologica presso il Parco Stupinigi, di un sito di ricerca strumentazione Meteo-Clima-Suolo (Area Ricerca CNR Torino) e di una stazione di test strumentale in alta montagna in via di installazione (Usseaux -TO). Questa infrastruttura di metrologia termodinamica per clima e ambiente e i siti esterni sono stati riconosciuti come WMO Measurement Lead Center "Traceability and field Metrology".
- **Laboratorio Interazioni radiative:** analisi degli effetti della radiazione solare su materiali e strumenti come fattore di influenza sulle misure ambientali. Valutazione della percezione visiva e caratterizzazione dei materiali (appearance) anche nel settore dell'illuminazione pubblica.
- **Laboratorio per Materiali di Riferimento Certificati gassosi e analisi di gas:** caratterizzazione e produzione di materiali certificati di composti da miscele gassose (CRM) per la frazione molare CO₂ e composizione isotopica per la riferibilità dei sensori in particolare per il monitoraggio dell'effetto serra.
- **Matematica e Machine Learning:** studio della valutazione di incertezza in Artificial Intelligence e Machine Learning. Metrologia per le reti di sensori. Metodi di taratura e valutazione di conformità.

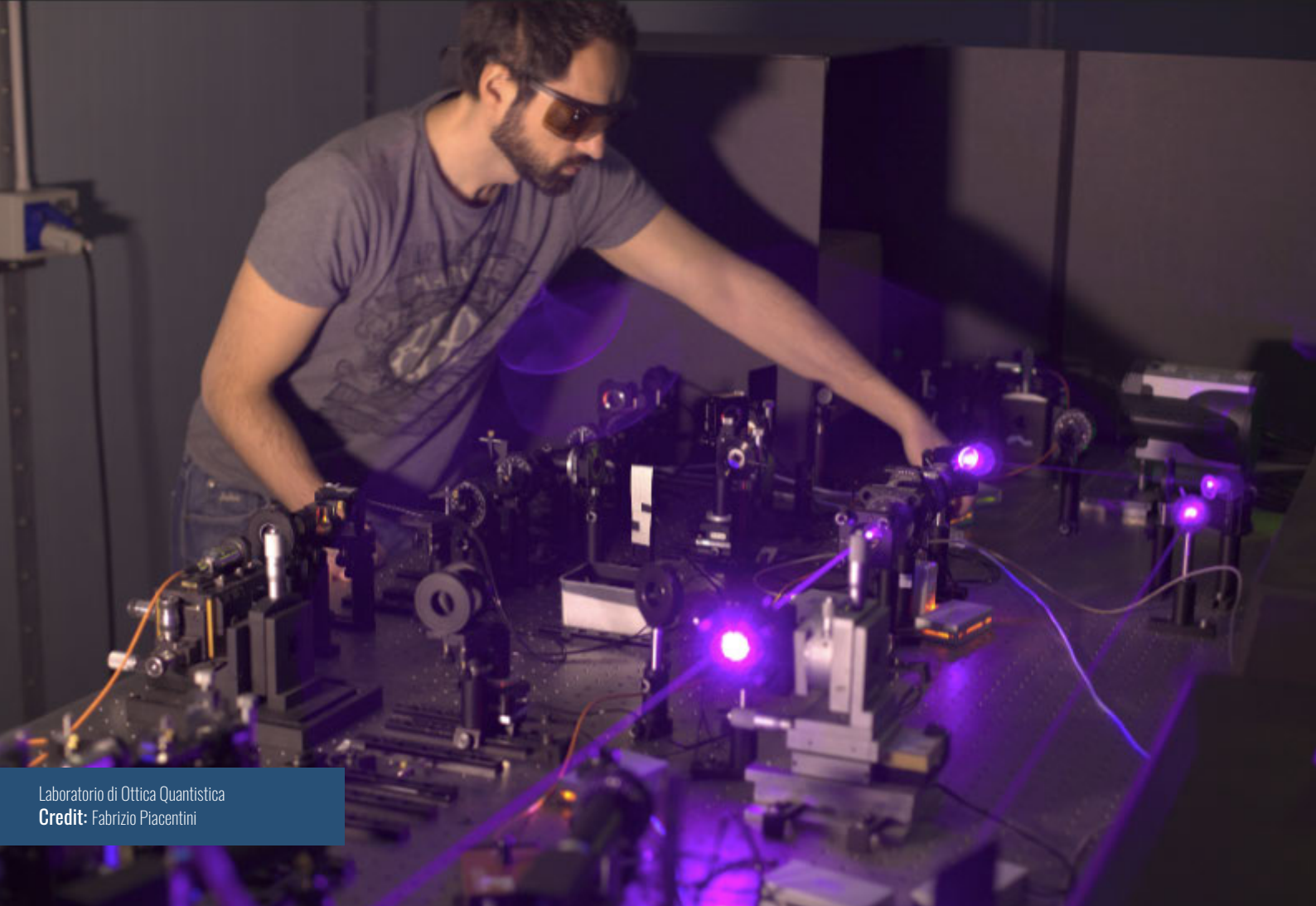
Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN)

Nel seguito sono elencati i laboratori afferenti alla divisione QN e sono brevemente illustrate le attività scientifiche e di servizio che vengono svolte al loro interno. Siccome alcune delle infrastrutture dell'ente sono incluse nella divisione, viene data una descrizione anche di queste ultime.

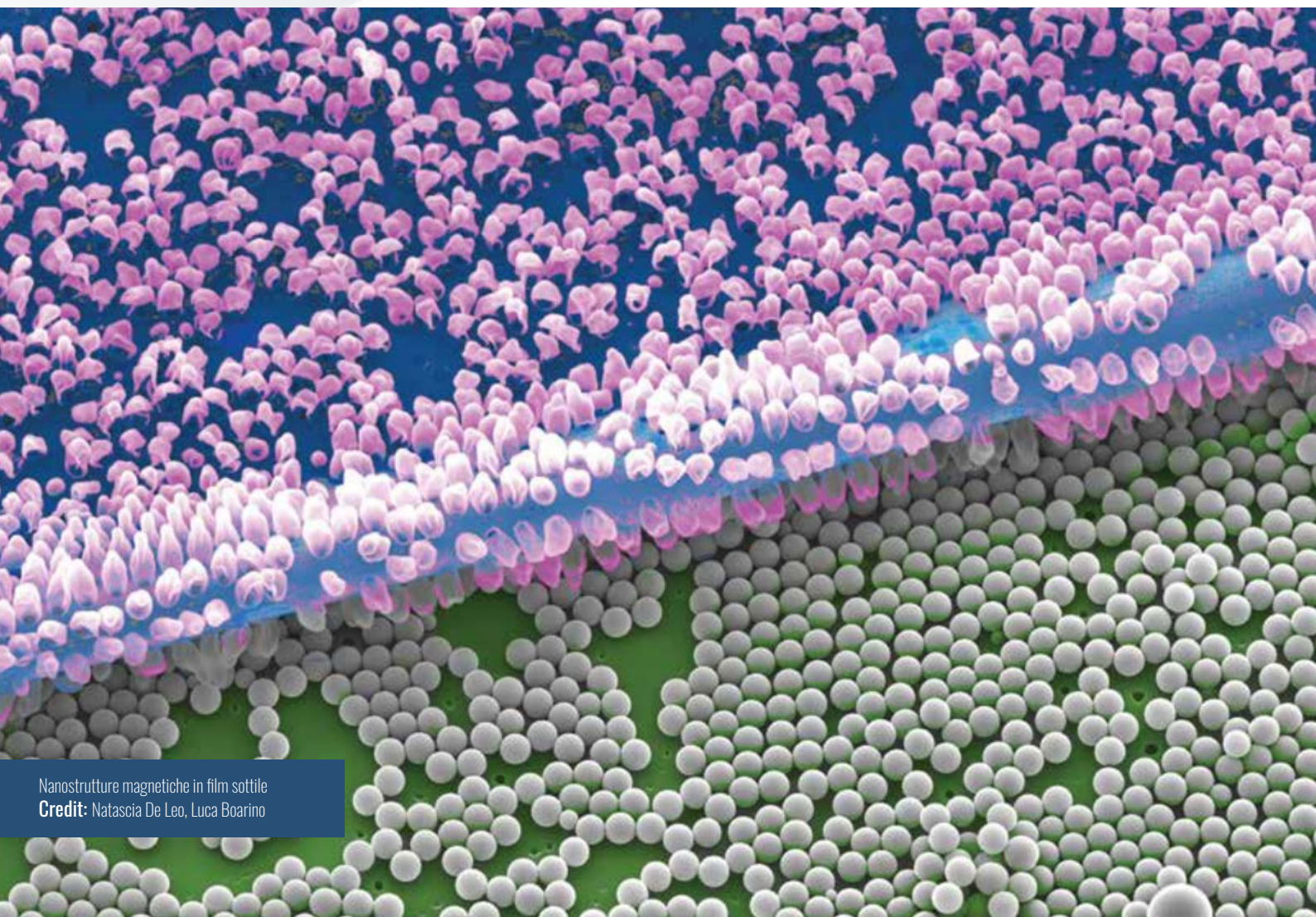
- **Laboratorio servizi metrologici per le grandezze elettriche:** tarature primarie di tensione e corrente elettrica, resistenza e impedenza, potenza ed energia, radiofrequenza;
- **Laboratorio servizi metrologici in chimica fisica:** sviluppo di processi di fabbricazione e caratterizzazione metrologica di sensori e dispositivi miniaturizzati a base silicio; servizi di misura di chimica analitica per aziende alimentari e acquedotti.
- **Laboratorio servizi metrologici per le grandezze radiometriche:** taratura primaria delle grandezze fotometriche e radiometriche (intensità luminosa, luminanza, sensibilità spettrale di fotorivelatori) e caratterizzazione ottica dei materiali (trasmissione/riflessione regolare e diffusa)
- **Laboratorio servizi metrologici per le grandezze di tempo e frequenza:** taratura remota e in laboratorio di

oscillatori, ricevitori GNSS e orologi commerciali. Distribuzione di riferimenti primari di tempo e frequenza.

- **Laboratorio di analisi chimiche e biologiche** svolge attività di ricerca e controllo su composti ambientali e alimentari, con particolare attenzione ai PFAS, per i quali sviluppa e applica metodi avanzati di rilevazione. Si occupa inoltre della produzione e caratterizzazione di materiali di riferimento per garantire qualità e tracciabilità delle misure analitiche. Un'ulteriore linea di lavoro riguarda lo studio della provenienza e dell'origine degli alimenti, attraverso approcci chimici, isotopici e biologici utili alla certificazione e alla tutela delle filiere agroalimentari.
- **Laboratorio di Spettroscopia Vibrazionale** è specializzato nell'uso di tecniche come Fourier Transform-Infrared spectroscopy (FT-IR) e Raman per l'identificazione di micro e nano-contaminanti, in particolare microplastiche, nei campioni ambientali e alimentari. Inoltre sviluppa tecniche vibrazionali per l'identificazione in campo di patologie delle piante, della provenienza di origine e per monitoraggio di processi di trasformazione degli alimenti. Il laboratorio svolge inoltre attività di caratterizzazione di film sottili, analizzandone composizione chimica, struttura e proprietà superficiali, a supporto di studi su materiali avanzati e processi tecnologici.
- **Laboratori campioni quantistici e campioni nazionali elettrici:** I laboratori includono gli esperimenti per la realizzazione del volt per effetto Josephson e dell'ohm per effetto Hall quantistico; i campioni nazionali di tensione resistenza e corrente elettrica in regime continuo e alternato, capacità e induttanza elettrica, grandezze radiofrequenza.
- **Laboratori power and energy** includono i campioni nazionali di potenza ed energia elettrica in regime continuo e alternato, i laboratori dedicati a power quality e dispositivi e sistemi per energy storage (batterie e supercondensatori).
- **Laboratorio circuiti quantistici:** dotato di sistemi criogenici sino a 10 mK, è finalizzato allo sviluppo e caratterizzazione di dispositivi quantistici innovativi, il sensing quantistico a microonde, la caratterizzazione di dispositivi per la computazione quantistica, anche come servizio per l'industria.
- **Laboratorio di caratterizzazione di sistemi di quantum Key Distribution (QKD)** sviluppa nuovi metodi per la taratura e la standardizzazione degli apparati in uso nella QKD, collabora alla realizzazione della dorsale quantistica ed all'ideazione di schemi QKD innovativi.
- **Laboratorio di ottica quantistica** sviluppa nuovi metodi di misura basati sulle proprietà quantistiche della luce sia in termini di imaging (super-risoluzione, riduzione del rumore) sia basati sull'entanglement e sulle misure deboli.
- **Laboratorio di nanodiamanti** utilizza centri colore in diamante per sviluppare sorgenti a singolo fotone per le tecnologie quantistiche e centri NV per produrre nuovi (nano)sensori di magnetometria e temperatura con specifiche applicazioni ai sistemi biologici.
- **Laboratorio di fotometria** sviluppa e mantiene le unità fotometriche e radiometriche e sviluppa nuovi sensori ottici a singolo fotone quali i TES (transition edge sensors).
- **Laboratorio della scala di tempo** realizza la scala di tempo nazionale UTC(IT) mediante un insieme di orologi commerciali e primari, sviluppa gli algoritmi di generazione della scala, ne garantisce la disseminazione e contribuisce alla realizzazione della scala di tempo internazionale UTC, trasmettendo al BIPM i dati dei propri orologi.
- **Laboratorio campioni di frequenza atomici molecolari e ioni** sviluppa e realizza orologi primari e secondari, sviluppando innovativi campioni di frequenza nella regione ottica e delle microonde. Il laboratorio studia sistemi atomici, molecolari e a ioni. Oltre ai campioni primari a fontana di Cesio, all'Yb ed allo Sr, sviluppa orologi compatti basati su celle di Rubidio nell'ottico e nella regione delle microonde. Presso la Sede Centro, sviluppa sistemi per il raffreddamento e la spettroscopia molecolare e per lo studio di sistemi ultrafreddi ibridi composti da ioni e condensati atomici.
- **Laboratorio per i sistemi satellitari e GNSS** è dotato di un'ampia gamma di ricevitori GNSS ed è impiegato nelle più avanzate aree di sviluppo dei sistemi di timing per applicazioni satellitari, con particolare attenzione al sistema di navigazione europea Galileo. Il laboratorio genera inoltre prodotti automatici per la caratterizzazione degli aspetti di tempo del sistema, e svolge campagne di taratura per confronti satellitari di tempo ad elevata accuratezza.



Laboratorio di Ottica Quantistica
Credit: Fabrizio Piacentini



Nanostrutture magnetiche in film sottile
Credit: Natascia De Leo, Luca Boarino

8 – ATTIVITÀ SCIENTIFICA E PROGETTUALE

8.1 - BREVE DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI LINEE DI RICERCA E DELLE LORO FINALITÀ

Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML)

La Divisione “Metrologia dei Materiali Innovativi e Scienze della Vita” svolge attività di ricerca avanzata, sviluppo tecnologico e supporto metrologico in ambiti strategici per la società e l'industria, contribuendo al rafforzamento del ruolo dell'INRiM quale Istituto Metrologico Nazionale. La missione scientifica della Divisione integra competenze che spaziano dalla fisica dei materiali alla biomedicina, dall'elettromagnetismo alla fotonica, fino ai sistemi quantistici, offrendo soluzioni riferibili e certificate ai settori della salute, dell'energia, dell'industria sostenibile e dell'innovazione digitale.

La divisione realizza e mantiene i seguenti campioni:

- Campione di intensità di campo elettrico
- Campione nazionale di induzione e di flusso di induzione magnetica
- Campione nazionale di potenza ultrasonora e di pressione sonora
- Sistema di generazione di campi magnetici campione (sino a 300 kHz)
- Campione di rapporto di alta tensione continua e alternata fino a 100 kV e di forti correnti alternate fino a 10 kA
- Sistema campione per strumenti di misura di scariche parziali

Le principali linee scientifiche di ricerca attive in Divisione si possono così sintetizzare:

Salute e delle scienze della vita: la Divisione sviluppa tecniche di misura avanzate per la biomedicina, in particolare sistemi per l'imaging, la diagnostica molecolare e la medicina personalizzata. Le attività includono lo sviluppo di modelli computazionali e digital twin di tessuti e organi, tecniche di microscopia ottica non-lineare, modelli di AI per la classificazione e la segmentazione di immagini mediche, e per la generazione di dati sintetici che emulano quelli clinici, e metodi per la misura di biomarcatori molecolari e cellulari di malattie e stati patologici. Sono in corso ricerche su biomateriali per la medicina rigenerativa, nanomateriali per terapie mirate, e sistemi ultrasonori per il rilascio controllato di farmaci e per l'apertura della barriera emato-encefalica. Lo sviluppo della tomografia a risonanza magnetica è approfondito sia sugli aspetti di sicurezza, che di ingegnerizzazione a basso campo e di imaging quantitativo. La Divisione contribuisce inoltre alle reti europee Mathmet, dedicata alla matematica e alla statistica per la metrologia e TraceLabMed, dedicata alla metrologia per la medicina di laboratorio; partecipa allo sviluppo di standard e linee guida in ambito IVDR (European In-Vitro Diagnostic Device Regulation), garantendo riferibilità, qualità e sicurezza nelle misure biomediche.

Energia e della transizione energetica: le attività riguardano la misura, la modellizzazione e l'ottimizzazione dei sistemi elettrici ed elettromagnetici. La Divisione sviluppa metodi riferibili per la misura di campi elettrici e magnetici, sistemi per l'alta tensione, convertitori di potenza e reti per la mobilità elettrica. Particolare attenzione è rivolta alle tecnologie per lo stoccaggio dell'energia, come i supercondensatori, ai sistemi per il monitoraggio dei contatti linea-pantografo e alle reti elettriche intelligenti, nell'ambito delle European Metrology Network sulle Smart Grid e sulla Clean Energy. Nel campo della magnetizzazione dei materiali e della conversione elettro-meccanica, sono in corso studi su materiali magnetici avanzati, perdite per isteresi, materiali prodotti per additive-manufacturing per motori ad alta efficienza e fenomeni termomagnetici. L'obiettivo è fornire strumenti e riferibilità metrologica per l'efficienza energetica, la sicurezza delle infrastrutture e lo sviluppo di tecnologie industriali sostenibili.

Materiali innovativi, nanoscienze e tecnologie quantistiche: la Divisione realizza e caratterizza materiali funzionali, nanostrutture e metamateriali per applicazioni fotoniche, elettroniche, magnetiche e sensoriali. Tra le attività più significative vi sono lo sviluppo di standard innovativi di resistenza basati su dispositivi memristivi, sistemi plasmonici per la sensoristica, materiali ad alta riflettanza solare e metasuperfici bio-ispirate per l'efficienza energetica. Si studiano anche

funzioni fisiche non clonabili per la crittografia, basate su polimeri disordinati con proprietà ottiche riconfigurabili, e materiali multifunzionali con proprietà magneto-fotoniche. Sono state realizzate metasuperfici polimeriche per la nanofotonica, tra cui il primo “Memitter” bidimensionale, emettitore di luce dotato di memoria integrata. Inoltre, dispositivi memristivi e reti neuromorfiche basate su materiali nanostrutturati sono impiegati per lo sviluppo di nuove architetture computazionali, con risultati riconosciuti a livello europeo, tra cui il recente finanziamento di un ERC Starting Grant dedicato a sistemi memristivi auto-organizzati.

Ambiente e sostenibilità: la Divisione sviluppa materiali e tecniche per la riduzione dell'impatto ambientale e per il monitoraggio di inquinanti e risorse naturali. Attività specifiche includono la progettazione di idrogel nanoporosi per la rimozione di metalli pesanti da acque industriali, tecniche per la caratterizzazione e la riduzione dell'inquinamento acustico, modelli di trasporto radiativo per lo sviluppo di materiali riflettenti e sistemi di misura per microplastiche, materiali critici e contaminanti in ambito alimentare e ambientale. Inoltre, si sviluppano digital twin per lo studio di ecosistemi marini, integrando dati fisici, chimici e biologici.

Infine, la Divisione sostiene il ruolo istituzionale dell'INRiM attraverso lo sviluppo e il mantenimento dei campioni nazionali di misura in ambito elettrico, magnetico, acustico e ultrasonoro. Assicura partecipazione a confronti internazionali, emissione di certificati di taratura e supporto a organismi normativi e reti europee. L'attività comprende anche formazione avanzata, tutoring di studenti e dottorandi, trasferimento tecnologico verso imprese e pubbliche amministrazioni e iniziative di divulgazione scientifica rivolte alla società.

Metrologia applicata e ingegneria (AE)

Le principali linee di attività della Divisione riguardano lo sviluppo della scienza metrologica e delle tecnologie con attenzione all'ingegneria e alle necessità industriali. Nel quadro del Sistema Internazionale delle unità di misura, e secondo il ruolo di Istituto Metrologico Primario, la Divisione cura la ricerca metrologica per le grandezze meccaniche termodinamiche e elettriche, la realizzazione pratica e la disseminazione delle relative unità di misura, anche in risposta alle nuove opportunità offerte dalla ridefinizione delle unità del SI. In particolare, la Divisione svolge attività di ricerca inerenti il monitoraggio ambientale e il **clima**, l'impiego razionale dell'**energia**, lo sviluppo di tecniche metrologiche per l'industria dell'**aerospazio**. La Divisione affronta anche le tematiche legate all'utilizzo dell'intelligenza artificiale e del machine learning alla metrologia applicata, quali lo studio della valutazione di incertezza in AI/ML e l'applicazione a reti di sensori. La Divisione svolge il ruolo di **Istituto Metrologico Primario** realizzando e mantenendo i seguenti campioni:

- Campioni primari di Massa e Portata,
- Campioni primari di Forza, Pressione (e grandezze derivate),
- Campioni primari di Lunghezza e Angolo,
- Campioni primari di Temperatura
- Campioni Nazionali di Tensione e Resistenza in regime continuo

In questi settori garantisce la riferibilità delle misure eseguendo confronti internazionali (Key Comparison), tarature di campioni di prima linea per i laboratori accreditati, e gestendo confronti interlaboratorio. Agisce inoltre come supporto al sistema metrologico nazionale favorendo l'accreditamento di nuovi laboratori e l'avanzamento della tecnologia della misura in ambiti industriali. L'attività è prevalentemente supportata da finanziamenti interni e da contratti industriali. Come obiettivo strategico, al fine di ottimizzare le risorse e di mantenere la qualità del servizio, la Divisione opererà una azione di razionalizzazione dei servizi e dei contratti, e di investimento per l'automatizzazione delle operazioni di taratura.

Le principali linee scientifiche di ricerca attive in Divisione si possono così sintetizzare:

Aerospazio: la Divisione è attiva nella progettazione e prototipazione di sensori per missioni spaziali scientifiche per l'osservazione della Terra, esplorazione interplanetaria e scienza fondamentale. Sviluppa inoltre soluzioni metrologiche a supporto della manifattura di oggetti di grandi dimensioni (industria aerospaziale). In questo contesto propone soluzioni per problemi metrologici nel campo delle misure dimensionali (distanze, angoli, assetto), delle accelerazioni, forze e temperature ed esegue caratterizzazioni di strumenti e dispositivi sviluppati da terzi. L'attività è finanziata dalle agenzie spaziali e da contratti industriali. Come obiettivo strategico, la Divisione mira a incrementare i rapporti con le agenzie, le realtà accademiche e industriali nazionali e europee (ASI, ESA, UniTN, Thales, Argotec); realizzare nuove facility di test; aumentare il TRL dei dimostratori INRIM (da 2/3 a 4/5).

Cambiamento climatico: la Divisione sviluppa metodologie di analisi di incertezza e procedure di taratura per le grandezze rilevanti, incluso lo studio delle interazioni termodinamiche e radiative a cui i sensori sono soggetti. A tal fine dispone di facility per la caratterizzazione di sensori in ambienti estremi (velocità, temperatura, umidità e pressione dell'aria, e radiazione solare), dispone di un laboratorio mobile per la caratterizzazione di stazioni in situ e di una stazione di riferimento climatologica. Per la riferibilità delle misure in traccia di CO₂ e NO_x in atmosfera e nei mari e per la determinazione delle relative composizioni isotopiche la Divisione produce e verifica Materiali di Riferimento Certificati (CRM). L'attività è prevalentemente finanziata da contratti di ricerca nazionali ed europei. Come obiettivo strategico, la Divisione punta al rafforzamento del proprio status di WMO Measurement Lead Center anche attraverso la promozione di nuove stazioni di riferimento climatologiche sul territorio nazionale; all'approfondimento dello studio delle interazioni radiative dall'ultravioletto al medio infrarosso; all'attivazione di un servizio di taratura sui materiali certificati.

Settore energetico: la Divisione opera a supporto dell'innovazione nel settore, allo scopo di migliorare l'efficienza della produzione, di studiare nuovi vettori (gassosi e liquidi) dal punto di vista termodinamico e di garantire la riferibilità della relativa contabilizzazione. A tale scopo sono attivi laboratori per lo studio delle proprietà termodinamiche di combustibili e di refrigeranti, misuratori di portate e di densità di gas e liquidi. L'attività è prevalentemente finanziata da contratti di ricerca europei e da contratti industriali. L'esigenza di ridurre l'impatto ambientale e incrementare l'indipendenza energetica porta a una continua proposta di nuovi composti per la produzione e la trasformazione dell'energia. In questo contesto sono di particolare interesse gli studi per l'abbattimento della produzione di CO₂ e l'introduzione dell'idrogeno nella filiera di produzione, stoccaggio, trasporto e combustione. Su questi fronti la Divisione soddisferà e anticiperà le esigenze del settore realizzando nuovi laboratori e sviluppando nuove capacità di misura.

Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN)

La Divisione di Metrologia Quantistica e Nanotecnologie ha il compito di sviluppare i campioni primari di misura nei settori delle grandezze elettriche, della fotometria e della radiometria e nel campo del tempo e della frequenza.

La Divisione realizza e mantiene i seguenti campioni primari:

- Campioni quantistici di tensione e resistenza elettrica;
- Campioni nazionali di: intensità di corrente elettrica, potenza ed energia elettrica, tensione, corrente e resistenza elettrica in regime alternato sinusoidale, capacità e induttanza elettrica e radiofrequenza.
- Campione di radianza
- Campioni di frequenza basati sulla fontana di cesio e sull'orologio ottico all'itterbio
- Scala di tempo nazionale UTC(IT)

Oltre alla realizzazione dei riferimenti primari di misura la Divisione si occupa dello sviluppo della scienza delle misure primarie nei campi delle misure elettriche, dell'elettronica quantistica, dell'ottica quantistica, della chimica-fisica, della fisica atomica e molecolare e degli algoritmi per la realizzazione delle scale di tempo. La Divisione è inoltre attiva da oltre

venti anni nello sviluppo dei sistemi di timing di Galileo, sistema di navigazione satellitare europeo.

La Divisione QN, inoltre, vede collocate al proprio alcune delle principali infrastrutture dell'Ente quali la Cleanroom **PiQuET** (Piemonte Quantum Enabling Technology), centro di micro e nanofabbricazione per lo sviluppo di processi, la miniaturizzazione di dispositivi e sensori a supporto degli ambiti metrologici sviluppati dall'Ente e a supporto dello sviluppo tecnologico di aziende e imprese del territorio; **IMPreSA** (Infrastruttura Metrologica per la Sicurezza Alimentare), dedicata allo sviluppo ed all'offerta verso utilizzatori esterni di avanzati protocolli e innovative tecniche di misura per la caratterizzazione chimico fisica degli alimenti, così come alla misura di possibili contaminanti in essi contenuti; **IQB** (Italian Quantum Backbone), infrastruttura in fibra estesa sul territorio nazionale per oltre 2000 km per la disseminazione di riferimenti di tempo e frequenza, la comunicazione quantistica ed il sensing ambientale in fibra. QN partecipa attivamente a **Quant-I-TA**, infrastruttura nata per fornire un supporto metrologico alle attività industriali e di ricerca nel settore quantistico.

Le principali linee scientifiche di ricerca si possono così sintetizzare:

Metrologia per la salute, il cibo e l'ambiente: attività dedicata allo sviluppo e al perfezionamento di tecniche spettroscopiche e analitiche avanzate, capaci di rilevare e identificare composti chimici presenti anche a concentrazioni estremamente basse. L'obiettivo è quello di supportare la certificazione dell'origine e dell'autenticità dei prodotti alimentari, garantendo qualità e tracciabilità lungo l'intera filiera. Allo stesso tempo, queste metodologie permettono il monitoraggio accurato della presenza di contaminanti emergenti come micro e nanoplastiche, PFAS e altre sostanze potenzialmente dannose, contribuendo alla tutela della salute pubblica e alla protezione dell'ambiente.

Elettronica Quantistica: sviluppo della realizzazione quantistica delle unità elettriche dell'SI e nuovi sistemi di misura primari per i campioni nazionali e la disseminazione, dal regime continuo alla radiofrequenza e microonde. Dispositivi quantistici superconduttori per la metrologia primaria e il quantum sensing. Materiali, dispositivi e sistemi per l'energy storage.

Ottica Quantistica: in questo ambito disciplinare vengono applicati, nell'ambito della fotonica, i principi fondamentali della misura quantistica per superare i limiti classici della misura (in termini di rumore, risoluzione, sensibilità ...), per lo sviluppo della QKD e per lo sviluppo e la caratterizzazione dei rivelatori a singolo fotone. Inoltre vengono studiate sorgenti capaci di emettere singoli fotoni, ad esempio in nanodiamanti.

Tempo e frequenza: in questo ambito disciplinare vengono studiati differenti sistemi atomici, a ioni e molecolari di interesse per la metrologia e per le varie applicazioni tecnologiche degli orologi. Vengono sviluppati prototipi di orologi compatti e miniaturizzati nella regione ottica e microonda, per applicazioni terrestri e spaziali. Si conducono campagne di misura per la taratura di TAI e confronti internazionali di orologi ottici. Si sviluppano inoltre algoritmi avanzati per la realizzazione di scale di tempo, insieme a metodi per la loro disseminazione e per garantire una sincronizzazione remota con elevata accuratezza e stabilità. Si sviluppa e opera inoltre la dorsale quantistica italiana in fibra ottica (IQB) per timing, sensing e quantum communication.

Sintesi di materiali e tecnologie innovative per l'energia e l'ambiente: sintesi di materiali e sviluppo di tecnologie innovative a supporto di tematiche quali: recupero di contaminanti dalle acque reflue, energy storage, energy harvesting da fonti rinnovabili, sviluppo di batterie con materiali avanzati, sviluppo e caratterizzazione chimico-fisica di materiali porosi come catalizzatori per la produzione di e-fuels, filtri per la cattura di CO₂, sensori di carica.

8.2 - RISULTATI OTTENUTI E OBIETTIVI FUTURI

Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML)

Risultati ottenuti

Le attività di ricerca svolte hanno prodotto risultati di rilievo scientifico, tecnologico e metrologico, con un impatto signi-

ficativo sia sul progresso delle conoscenze fondamentali sia sullo sviluppo di applicazioni avanzate in ambito industriale, biomedicale ed energetico. Le ricerche si collocano in un quadro fortemente interdisciplinare e contribuiscono al posizionamento dell'Istituto come riferimento nazionale e internazionale nei settori della metrologia dei materiali innovativi e delle scienze della vita.

Nell'ambito della **computazione neuromorfica e memristori** è stato dimostrato che la dinamica molecolare indotta otticamente negli azopolimeri può essere sfruttata per l'elaborazione neuromorfica dei dati nel dominio analogico e per la computazione in materia. Tali materiali consentono l'implementazione di funzionalità sinaptiche avanzate, comprendenti memoria a breve e lungo termine e memoria visiva, oltre alle funzioni di archiviazione. In questo ambito si colloca l'avvio di un progetto ERC Starting Grant, "MEMBRAIN", focalizzato su dispositivi memristivi per applicazioni di computazione neuromorfica. È stato inoltre dimostrato uno standard intrinseco di resistenza basato su celle memristive nanoioniche, operanti in aria e a temperatura ambiente, direttamente utilizzabili dagli utenti. Portando tali dispositivi nel regime di conduzione quantistica, sono stati ottenuti livelli stabili di conduttanza quantizzata impiegabili come valori di riferimento SI. La validità metrologica è stata confermata tramite un confronto interlaboratorio, aprendo prospettive concrete per lo sviluppo di servizi metrologici su chip e di sistemi di misura autotarati, svincolati dalle tradizionali catene di riferibilità.

Nel corso delle attività inerenti alla **Fotonica e ai materiali intelligenti**, è stata realizzata la prima misura quantitativa del grado di anisotropia nel trasporto della luce in mezzi anisotropi complessi, includendo film polimerici, carta, materiali compressi e tessuti biologici. Il risultato fornisce nuovi strumenti per la caratterizzazione ottica di materiali disordinati e anisotropi, con ricadute in ambito biomedicale e dei materiali avanzati. In questo ambito si colloca l'avvio di un progetto ERC Starting Grant, "3DNanoGiant", dedicato allo sviluppo di componenti fotonici ad elevata non linearità.

Nel campo dell'**Energia e dell'efficienza dei sistemi**, è stata pubblicata la piattaforma FRESCO-board, basata su software e hardware open-source, per la caratterizzazione simultanea della temperatura minima raggiungibile e della potenza di raffreddamento di materiali radiativi. Sono inoltre state condotte campagne di misura su sistemi di trasporto pubblico (metropolitana di Madrid e tranvia di Hannover) finalizzate alla valutazione dell'efficienza energetica dei sistemi di conversione e recupero dell'energia di frenatura, mediante misure distribuite e sincronizzate. È stato sviluppato un metodo matematico per la valutazione dell'incertezza dei parametri di un modello circuitale equivalente a tre rami per supercondensatori a doppio strato, accompagnato dalla definizione di un test plan strutturato per la loro caratterizzazione metrologica.

In riferimento ai **materiali per l'ambiente e al recupero di risorse**, sono stati sviluppati e caratterizzati cryogel a base di acido acrilico per il recupero di metalli preziosi da acque di scarto industriali. I materiali mostrano un'elevata selettività per il recupero dell'oro da soluzioni metalliche miste, con potenziali applicazioni nel trattamento sostenibile dei rifiuti industriali.

Su tematiche relative a **imaging e biometrologia**, è stata sviluppata una nuova tecnica di tomografia delle proprietà elettriche basata su risonanza magnetica (MRI) e allestito un nuovo laboratorio dedicato alla caratterizzazione delle proprietà di rilassometria di materiali simulatori tissutali per applicazioni MRI. È stato inoltre sviluppato un modello in silico per la generazione di immagini mammografiche sintetiche ad elevato realismo, destinate all'addestramento e alla validazione di algoritmi di intelligenza artificiale per la diagnostica per immagini. Nel settore della biometrologia, sono stati pubblicati i risultati di un confronto interlaboratorio CCQM (Cell Analysis), focalizzato sulla quantificazione di proprietà chiave di colture in vitro di cellule umane come potenziali biomarcatori di patologie.

Nel settore **Acustica e ultrasuoni**, sono stati realizzati trasduttori microfonici MEMS piezoelettrici e condotti test in vivo dell'efficacia dei campi ultrasonori per l'apertura della barriera emato-encefalica, in collaborazione con l'IRCCS Istituto Neurologico Carlo Besta, con potenziali ricadute in ambito terapeutico.

Infine, con riferimento alle tematiche inerenti al **magnetismo, alla spintronica e ai materiali magnetici**, sono stati

ottenuti risultati di rilievo nello studio delle pareti di dominio magnetiche in sistemi con interazioni chirali, dimostrando teoricamente e sperimentalmente l'influenza critica della curvatura e del raggio delle bolle magnetiche sulla dinamica di creep e sulla riproducibilità delle misure di Dzyaloshinskii-Moriya. Sono stati inoltre sviluppati array di microdot di FeGa per applicazioni di Magnetic Unclonable Function, capaci di generare chiavi crittografiche ad elevata sicurezza; vetri metallici a base ferro prodotti tramite additive manufacturing, evidenziando il legame tra parametri di stampa e proprietà magnetiche; un modello teorico per il potenziamento dell'effetto magnetoelettrico in compositi magneto-polimerici. Infine, la misura dell'effetto Nernst in bismuto monocristallino ha evidenziato una marcata anisotropia legata alla struttura elettronica del materiale, fornendo indicazioni fondamentali per la progettazione di dispositivi termomagnetici.

Obiettivi futuri

Nel triennio di riferimento, la Divisione svilupperà e consoliderà attività di ricerca avanzata nel campo della metrologia dei materiali innovativi e delle scienze della vita, con un approccio fortemente interdisciplinare e orientato alla riferibilità metrologica, all'innovazione tecnologica e all'impatto su ambiti strategici quali energia, salute, ambiente e industria. Le attività si articoleranno lungo più assi tematici, integrando sviluppo di materiali, dispositivi, infrastrutture di misura, modelli teorici e computazionali, nonché metodi avanzati di analisi dei dati basati su intelligenza artificiale.

Nel settore della **metrologia elettrica**, energetica e quantistica, verrà realizzato un campione quantistico di resistenza su chip operante a temperatura ambiente, finalizzato alla realizzazione di sistemi di misura autocalibranti con riferibilità di tipo zero chain. Parallelamente, verrà progettata e allestita una nuova infrastruttura metrologica per la taratura degli energy meter delle stazioni di ricarica in corrente continua per veicoli elettrici. Si svilupperanno inoltre sistemi di misura e software dedicati all'identificazione di modelli equivalenti a tre rami (3 branch-ECM) per una vasta gamma di capacità di supercondensatori, includendo la valutazione della loro risposta dinamica e il confronto con approcci alternativi basati sulla Electrical Impedance Spectroscopy, al fine di correlare e validare le diverse metodologie.

Nel campo della **fotonica e dei materiali ottici avanzati**, verranno studiati sistemi fotosensibili adattivi e intelligenti a base di azopolimeri che, ispirandosi a meccanismi di elaborazione tipici dei sistemi biologici, consentiranno il rilevamento di eventi, la percezione del movimento e l'analisi in tempo reale di input spazio-temporali. Nell'ambito dei materiali non lineari verranno realizzate strutture fotoniche bidimensionali, quali porte logiche ottiche, e tridimensionali, quali cristalli fotonici auto-oscillanti, per applicazioni di modulazione ottica del segnale. Proseguirà inoltre l'ottimizzazione di prototipi di microcavità contenenti complessi antenna bio-ispirati, finalizzata all'ottenimento di microlaser a bassa soglia, con particolare attenzione al pompaggio mediante luce solare non concentrata.

Per quanto riguarda i **materiali innovativi per energia e sostenibilità**, si svilupperà un nuovo materiale per il raffreddamento passivo radiativo basato su legno delignificato compresso. Saranno inoltre potenziate le attività di studio di materiali magnetici compositi e multifunzionali, inclusi materiali realizzati con tecniche di Additive Manufacturing, per esplorarne le proprietà fisiche e le applicazioni industriali ed energetiche.

Nel settore della **metrologia acustica ed elettroacustica**, saranno implementati sistemi e metodi di misura per la verifica elettroacustica di fonometri e analizzatori di livello sonoro di nuova generazione, basati sull'utilizzo di microfoni MEMS analogici e digitali. Parallelamente, verrà progettato e realizzato un sistema di insonazione mediante ultrasuoni focalizzati per studi di neuromodulazione transcranica, con attenzione agli aspetti di caratterizzazione del campo e di sicurezza.

Nell'ambito dell'**imaging, della tomografia e della risonanza magnetica**, si svilupperanno algoritmi avanzati di Electrical Properties Tomography capaci di fornire una stima autonoma della propria incertezza a livello del singolo pixel, includendo gli effetti delle interfacce tra tessuti, con l'obiettivo di migliorare le prestazioni in condizioni in vivo. Si completerà la realizzazione e la caratterizzazione di un tomografo a basso campo e se ne promuoverà l'applicazione all'ottenimento di immagini su phantom di riferimento. Contestualmente, sarà ottimizzata la riferibilità delle misure dei tempi di rilassamento T1 e T2 e del coefficiente di diffusione apparente ADC di materiali simulatori tissutali, finalizzata alla realizzazione

di phantom standardizzati in applicazioni MRI.

Nel campo delle **scienze della vita, della diagnostica e delle terapie avanzate**, saranno ottimizzati metodi per la quantificazione di biomarcatori molecolari e cellulari mediante tecniche di RT e digital PCR, con particolare riferimento al sequenziamento genico di biomarcatori tumorali. Si svilupperanno e caratterizzeranno, in vitro, ex vivo, in phantom e in silico, materiali innovativi per applicazioni terapeutiche e diagnostiche, quali ipertermia magnetica, trasporto di farmaci, bio-imaging e medicina rigenerativa. Proseguiranno le attività di quantificazione di contaminanti in campioni biologici, ambientali e alimentari, con tecniche di microscopia ottica non lineare integrate con algoritmi di machine learning, nonché lo studio degli effetti biofisici mediante modelli in vitro e in silico. Saranno ottimizzate le misure elementali di elementi tecnologicamente critici e contaminanti con tecniche di attivazione neutronica e micro-fluorescenza X.

Per quanto riguarda lo **sviluppo di modelli computazionali, digital twin e intelligenza artificiale**, si svilupperanno modelli in silico, algoritmi di AI e database open-access di dati clinici sintetici a supporto di metodi di diagnostica per immagini, includendo applicazioni alla mammografia. Saranno inoltre potenziate le capacità di calcolo e sviluppati modelli di machine learning e deep learning per l'analisi avanzata di dati sperimentali complessi.

Nel settore del **magnetismo applicato e della metrologia dei campi magnetici**, si analizzerà la risposta magnetica di lamierini Fe-Si non orientati di diverso spessore sottoposti a sforzi tensili e compressivi, con particolare attenzione al ruolo dello skin-effect in funzione dell'induzione e della frequenza. Si estenderà lo studio di materiali debolmente magnetici per la geologia, i beni culturali e la sensoristica per applicazioni mediche e industriali. Verrà allestito un laboratorio dedicato alla metrologia di campi magnetici di debole intensità, nell'intervallo 10 μT – 10 mT, che consentirà la partecipazione a confronti internazionali di misura.

Si procederà all'aggiornamento della strumentazione per la misura delle proprietà magnetiche e delle perdite di energia, includendo sistemi DC e AC, con aggiornamento software, verifica degli algoritmi di controreazione su piattaforma Python ed estensione per i wattmetri a frequenze superiori a 1 MHz, ad alta potenza e in condizioni di forma d'onda non convenzionale o con bias additivo. Si effettueranno verifiche di confronto e valutazione dell'incertezza tra misure di permeabilità complessa mediante wattmetri, RLC meter e VNA.

Infine, nel campo del **nanomagnetismo e della spintronica**, si valideranno modelli accurati per la determinazione dell'interazione di Dzyaloshinskii–Moriya in film sottili magnetici mediante microscopia Kerr, potenziando le capacità di analisi quantitativa attraverso l'uso di algoritmi di machine learning. Si studieranno correnti di spin in dispositivi spintronici per applicazioni in sensoristica, memorie magnetiche, logica e computing innovativo, in condizioni DC e RF e in un ampio intervallo di temperatura. Si svilupperanno inoltre misure di campo magnetico basso a nanoscala utilizzando centri NV, includendo attività di round robin su metodi di misura e materiali di riferimento.

Metrologia applicata e Ingegneria (AE)

Risultati ottenuti

Le attività di ricerca svolte hanno prodotto risultati di rilievo scientifico, tecnologico e metrologico, con un impatto significativo sia sul progresso delle conoscenze fondamentali sia sullo sviluppo di applicazioni avanzate in ambito industriale, aerospaziale, energetico e ambientale.

Nell'ambito della **ricerca metrologica**, uno studio condotto dall'INRiM ha permesso di fare luce sul fenomeno della **sovrafusione nel gallio** evidenziando come questo sia dipendente dalla "storia-termica" del materiale. I risultati ottenuti aprono la strada all'utilizzo di celle del gallio come riferimento di temperatura in un numero più ampio di applicazioni, precedentemente precluse dall'impossibilità di raggiungere le temperature criogeniche necessarie a riportare il gallio allo stato solido. Sempre nel campo della termometria, una ricerca condotta all'INRiM ha permesso di ridurre di oltre un ordine di grandezza l'incertezza del **modello termodinamico della velocità del suono** in aria umida. Il modello è stato verificato mediante il confronto con due diversi metodi sperimentali mostrando un eccellente accordo tra i risultati sperimentali e le previsioni teoriche. Il modello permetterà di effettuare misure accurate della temperatura termodinamica dell'aria con metodi acustici. Sempre in campo termometrico, il laboratorio di Proprietà Termofisiche dell'INRiM ha misurato, per la prima volta, la velocità del suono in **stati metastabili dell'acqua** con tecnica double pulse-echo. I risultati ottenuti, nell'intervallo di temperatura (254.65 - 273.15) K, per pressioni fino a 190 MPa, hanno permesso l'osservazione di fenomeni di pre-congelamento, contribuendo alla comprensione dei processi di transizione di fase a livello molecolare, oltre che all'aggiornamento dell'equazione di stato fondamentale dedicata all'acqua sottoraffreddata.

Sono stati testati in via preliminare, **campioni innovativi di pressione** basati sulla costante di Boltzmann, tuttora in fase di sviluppo, dimostrando, allo stato attuale, di coprire un ampio range di pressione da 100 Pa a 3 MPa con incertezze minori di 100 ppm.

Nel campo della velocimetria applicata a micro sistemi per applicazioni biologiche è stato realizzato un sistema per la determinazione di **fenomeni oscillatori micro e nano-dinamici**, basato su un Laser-Doppler (μ -LDV), che consente di misurare vibrazioni fino a 24 MHz, ed è applicato per la determinazione delle costanti elastiche μ effettive flessionale e torsionale di cantilever utilizzati nella Microscopia a Forza Atomica

Per quanto riguarda l'attività sul miglioramento dei **servizi metrologici e campioni**, nell'ambito dei campioni primari di **temperatura e umidità** sono state completate misure temperatura termodinamica con metodo acustico nell'intervallo tra 10 K e 160 K, (progetto DireK-T); commissioning del nuovo campione primario per l'umidità in traccia nel campo da 4 nmol/mol a 1 mmol/mol (progetto PROMETH20). È stato migliorato ed esteso il campo di misura delle CMC sui volumi di solidi e attivate nuove CMC sulle **misure di densità**. Sono stati riattivati e messi in servizio i servizi metrologici riferiti ai campioni secondari temperatura e umidità in seguito a interruzione per ristrutturazione laboratori; concluso confronto Euramet T-S7 "Comparison of measurement parameters required in radiance temperature scale realisation from 156 °C to 1100 °C"; realizzato nuovo campione primario per l'umidità in traccia nel campo fra -105 °C e -20 °C. Il **Laboratorio Campioni Primari** di Igrometria dell'INRiM ha consolidato il proprio ruolo nel panorama metrologico internazionale grazie all'ottimo risultato ottenuto nel confronto chiave CCT-K8 nel campo temperatura di rugiada (30; 95) °C, evidenziando prestazioni significativamente migliori rispetto alle CMC attualmente pubblicate nel range di temperatura di rugiada tra 30 °C e 95 °C, ponendo le basi sperimentali per future estensioni e miglioramenti delle capacità di misura.

Nell'ambito del Sistema Qualità le grandezze Durezza, Pressione e Vibrazioni sono state sottoposte a peer review internazionale (Euramet project 1123). I risultati hanno confermato l'adeguatezza del Sistema Qualità e delle capacità di misura nei laboratori relativi a tali grandezze, in conformità ai requisiti del CIPM MRA.

Riguardo alla **metrologia a supporto dell'industria aerospaziale e della geodesia**, si è concluso il progetto dell'ESA "LIG-on-a-chip" che riguarda la progettazione, realizzazione e caratterizzazione in collaborazione con la Fondazione Bruno Kessler di un interferometro costruito su chip con la tecnica della fotonica integrata. I chip prodotti hanno dimostrato la

possibilità di ottenere un segnale da interferometro a eterodina con una risoluzione sullo spostamento di 300 pm/VHz per una banda di Fourier superiore a 1 Hz.

È stato inoltre realizzato un prototipo di sensore ottico di assetto commissionato da ESA per satelliti di telecomunicazione di nuova generazione (Progetto ESA-ATOM)

È stato effettuato, finanziato da ESA-ESTEC, uno studio su diverse tipologie di misuratori che verranno implementati nella **propulsione dei satelliti** per futura missione ESA-NGGM, al fine di valutare la risposta di tali strumenti in funzione delle condizioni di utilizzo. È stata istituita la **rete gravimetrica nazionale** di ordine zero (progetto PRIN ItaGraph2022-2025) in collaborazione con INGV, PoliMi e La Sapienza di Roma; è stato sviluppato un **sistema di riferimento per la sismologia** che consente di realizzare e misurare oscillazioni meccaniche ortogonali e parallele al campo gravitazionale, nel range di frequenza compreso tra 0.01 Hz e 10 Hz; è stato dato supporto metrologico al progetto ERC MEGANTE dell'INFN per la misura della costante gravitazionale con interferometria atomica.

Riguardo alla **metrologia a supporto della transizione energetica** è stato realizzato un dispositivo di misura del flusso netto radiativo per materiali raffrescanti di tipo Passive Radiative Cooling (PRC); sono state realizzate celle del punto fisso del Gallio miniaturizzate per tarature in-situ di sensori di temperatura in regioni remote o su satellite. È stato realizzato un setup di misura e confronto per caratterizzazione ottico-elettrica combinata di micro/nano termometri (progetti QUANTIFY e PhoQuS-T). Per la caratterizzazione delle **proprietà termofisiche dei vettori energetici** sono state completate misure di velocità del suono e modello termodinamico per miscele acquose di ammine e CO₂ ed è stato sviluppato un generatore di riferimento per l'idrogeno umido nel campo (0.2-50) mmol/mol fino a 6 MPa validato con un confronto internazionale. È stato infine sviluppato un metodo e realizzata una stazione per la generazione di **profili dinamici di portate** rapidamente variabili nel tempo per colmare una lacuna di riferibilità nei misuratori di portata.

Tra i risultati rilevanti nell'ambito dell'**attività per il clima e per l'ambiente**, la stazione climatologica CRS di Stupinigi è stata inclusa nel WIGOS (WMO Integrated Global Observing System) e nel database ORCAR. WIGOS coordina le osservazioni meteo-climatiche globali per garantirne la qualità. La stazione fa parte del **WMO Measurement Lead Center "Traceability and Field Metrology"** dell'INRiM, che nel 2025 ha ampliato le sue capacità con il completamento del tunnel "EDDIE", aggiungendo un simulatore solare per testare l'effetto delle radiazioni sulle misure termiche-ambientali. Sempre nell'ambito delle misure per l'ambiente la **riferibilità delle misure di inquinanti gassosi**, è stata pubblicata una nuova CMC sull'ozono sul BIPM KCDB (ricependo la nuova sezione d'urto). Inoltre, è stato sviluppato basato sulla tecnica CRDS per l'assegnazione del valore di composizione isotopica del carbonio della CO₂ ($\delta^{13}\text{C-CO}_2$) in miscele di CO₂ a concentrazione atmosferica in matrice di aria.

Infine, la Divisione è attiva nella **normazione e nel trasferimento tecnologico**, in particolare: nell'ambito delle misure di durezza sono stati depositati due brevetti, uno su un sistema di misura primario ottico-interferometrico per la caratterizzazione geometrica dei penetratori di diamante e uno su un nuovo microdurometro campione che è stato inserito come nuovo campione.

La collaborazione in progetti IUPAC/CITAC sui **metodi statistici per la metrologia in chimica** ha prodotto una Guida sui confronti interlaboratorio di misurandi qualitativi, offrendo metodi statistici avanzati per la progettazione e l'elaborazione dei dati. La metodologia è stata anche applicata alla valutazione del rischio di errori umani nelle analisi chimiche.

Sono stati sviluppati strumenti software avanzati (INRiM Progetto EURAMET "RealMass Calibration") per la disseminazione della scala e svolto studi sulla determinazione degli errori di posizione nei comparatori di massa automatici.

Come risultato chiave del progetto INRiM "INCIPIT" 18NRM03, è stata pubblicata la **norma europea EN 18097:2025 - Hydrometry on Non-Catching Rain Gauges Calibration**. Inoltre, è stata pubblicata la WMO Guide to Instruments and Methods of Observation Volume II – Measurement of Cryospheric Variables – Ch.4 Permafrost, con co-presidenza del gruppo di lavoro che ha redatto la guida <https://wmo.int/media/news/wmo-issues-new-guidance-cryosphere-measurements>

Obiettivi futuri

Nell'ambito della **ricerca metrologica e sviluppo di campioni** saranno svolte le seguenti attività.

Campioni ottici di pressione basati sulla costante di Boltzmann: sarà esteso il limite inferiore di misura fino a 1 Pa, diminuita l'incertezza (target: 30 ppm) e realizzati sistemi semplificati e per la misura in gauge.

Interferometria combinata ottica, X e neutroni: sarà realizzato un interferometro a raggi X con cristalli separati 30 cm come precursore di un interferometro che sarà realizzato al ILL (Grenoble) per interferometria a neutroni per esperimenti di fisica fondamentale.

Saranno implementati **sensori primari basati su tecnologia MEMS** per applicazioni metrologiche critiche. In particolare sarà realizzato un generatore/misuratore di micro e nano-forze e un prototipo di sensore di tipo Coriolis per la misura di micro portate.

Campioni primari di temperatura e umidità: sarà ridotta l'incertezza ed esteso intervallo di lavoro di campioni primari e secondari di temperatura e umidità. In particolare, l'intervallo di realizzazione della ITS-90 sarà esteso fino a temperatura minima di 1 K; sarà condotto un confronto internazionale temperatura termodinamica (a conclusione progetto DireK-T; sarà determinata ($T-T_{90}$) nell'intervallo fra 300 K e 700 K con termometria acustica; sarà realizzato un nuovo generatore campione per la disseminazione della scala di temperatura di brina/rugiada.

Verranno migliorati i campioni nazionali di **resistenza elettrica e tensione continua**, con l'obiettivo di arrivare a misure di resistenza fino a 10 P Ω e basse tensioni fino ai nanovolt. Saranno sviluppati e validati nuovi campioni per la tensione continua a 10 V, inclusi divisori decadici e sorgenti riconfigurabili, finalizzati a migliorare stabilità, trasferibilità e uso come campioni viaggiatori per confronti e disseminazione.

Sarà realizzata la versione VB2 della **bilancia elettrostatica** INRIM (Volta Balance) come campione primario di piccole forze (<1 mN) attraverso la costante di Planck secondo la definizione del nuovo SI: target di incertezza relativa 10^{-5} @ 1 mN.

Per la **metrologia delle superfici**, sarà equipaggiato l'AFM wafer-size con interferometri laser per garantire la riferibilità al Sistema Internazionale alla nanoscala.

Nell'ambito dei **Servizi Metrologici e Knowledge Transfer** saranno svolte le seguenti attività.

Nel campo della riferibilità elettrica saranno rinnovate e **automatizzate le stazioni di misura** per la taratura di strumentazione multifunzione in continua e in alternata, comprensive di sistemi per la caratterizzazione della linearità dei multimetri; saranno realizzati **campioni multifunzione trasportabili** per confronti interlaboratorio nazionali, per semplificare le procedure e ottimizzare l'impiego delle risorse INRIM e dei laboratori LAT.

Sarà potenziata la facility LATFC mediante lo sviluppo di nuovi sistemi di misura e di prova anche trasportabili per applicazioni in media e alta tensione, con riferimento alla **resilienza e sicurezza delle reti elettriche**.

Verrà caratterizzato il nuovo sistema di misura primario ottico-interferometrico per i penetratori di diamante utilizzati nelle misure di durezza, sarà implementata la prova di durezza strumentata (IIT) nel nuovo micro-durometro campione con sfruttamento dei relativi brevetti.

Sotto la guida INRIM del Working Group sulla metrologia a coordinate CCL-WG-CM, sarà affrontato il problema della scarsa copertura fornita dagli attuali confronti internazionali, e della valutazione dell'incertezza a livello primario, nella **metrologia a coordinate**. Un metodo per la valutazione automatica, benché approssimata, dell'incertezza nelle misure industriali a coordinate è stato sviluppato grazie a una ricerca dell'INRIM; su questa base è previsto il trasferimento tecnologico di questo metodo a un gruppo industriale di rilievo internazionale. Lo sviluppo mira a concretizzare un prodotto che possa fornire un contributo significativo alla risoluzione del problema di riferibilità nel settore.

Sarà messo in esercizio di un Microscopio a Forza Atomica **AFM metrologico**, (con riferibilità a SI per forza sulla micro e nano-scala), basato sulla definizione della costante elastica dei cantilever (anche funzionalizzati) e validato attraverso confronti internazionali.

Sarà realizzata una nuova macchina campione di forza nel range 0.1-100 kN a pesi diretti e progettata presso INRIM con un sistema innovativo di controllo dei carichi, dell'applicazione delle masse e della controbilanciatura da brevettare nel breve termine e di cui si cederà il know-how all'azienda partner responsabile della realizzazione.

Sarà realizzato un nuovo campione di **micro-portate** di gas (a partire da $1 \mu\text{L/min}$), per la misura di fughe di idrogeno e sviluppo di un transfer standard di micro-portate di gas.

Sarà completata la ripresa di tutte le **attività di servizio metrologico** delle grandezze termiche e igrometriche precedentemente interrotte per la ristrutturazione dei laboratori. Verrà migliorata la capacità di disseminazione della scala di temperatura di brina/rugiada e ampliato del campo di misura con pubblicazione di nuove CMC per l'umidità in traccia.

Saranno condotti i confronti internazionali CCT-K11 sulla termometria a infrarossi per misura della temperatura corporea e sulla temperatura di brina/rugiada T-K6 nel campo $(-50; 20) ^\circ\text{C}$.

Si estenderà lo studio dell'impatto delle attività cromogeniche su elementi dentali passando da elementi sintetici (resine) a elementi biologici in vitro, sfruttando i brevetti su Reference Material a stampa 3D su analisi di immagini digitali.

Nel campo della **metrologia per lo spazio e la geodesia** proseguiranno le attività per incrementare il TRL dei sensori ottici di assetto (progetto ATOM, brevetto in corso), dell'accelerometro interferometrico (progetto LIG-A), dell'interferometro integrato (progetto LIG-A-CHIP) e sarà realizzato un emulatore meccanico/elettrostatico per il test dei satelliti della missione ESA/NASA LISA (progetto GRS-TME). Saranno realizzati dei **termometri acustici** per la misura delle isole di calore urbano (UHI) da montare su rete di droni, per affinare i modelli climatici basati sui dati provenienti dalle reti di satelliti per l'osservazione della terra (progetto PNRR Space It Up). Sarà inoltre allestito un nuovo laboratorio interamente dedicato alla sensoristica spaziale. Supporto metrologico al progetto ESA LISA per la determinazione della densità e del baricentro delle masse di prova (Test Masses) e supporto all'industria per l'ottimizzazione di thrusters per l'assetto dei satelliti. Sarà ampliata la **rete gravimetrica nazionale** di ordine zero in collaborazione con INGV e supporto alla rete gravimetrica fiduciale mantenuta dal Centro Servizio Gravimetrico Nazionale (CSGN) dell'INGV di nuova costituzione per il monitoraggio del territorio. Infine sarà realizzato un campione primario per la sismologia (obiettivo 5 mHz), di riferimento per la **rete sismologica nazionale** e di supporto per Global Seismographic Network. Attuazione di confronti internazionali (ambito BIPM e EURAMET) per sismometri e geofoni.

Nell'ambito della metrologia a supporto della **transizione energetica** le principali attività saranno: nel campo dei **metodi termometrici innovativi** si mirerà a garantire riferibilità metrologica per termometria a luminescenza (progetto Lumeth) e a caratterizzare vernici raffrescanti (progetto FreeCool). Si svilupperanno celle ai punti fissi miniaturizzate con diverse composizioni e dimensioni (fino alla microscala). Si implementeranno setup di misura riferibili a ITS-90 per valutazione auto-taratura di micro/nano termometri (progetto QUANTIFY) e si realizzeranno blocchi di confronto su intervalli sovrapposti di temperature criogeniche (progetti QUANTIFY: 4–25 K, 20–300 K, PhoQuS-T: 4–300 K). Nel campo delle **proprietà termofisiche e metrologia dei vettori energetici** si progetterà e realizzerà l'infrastruttura metrologica Novel Energy carriers for a Sustainable Transition (NEST) a supporto della catena di produzione e distribuzione dell'idrogeno e di nuovi vettori energetici. Si affineranno le misure di proprietà termofisiche di miscele contenenti CO_2 , per lo sviluppo nuove tecnologie pulite per la cattura, l'immagazzinamento e il riutilizzo dell'anidride carbonica e si svilupperanno metodi di misura e materiali di riferimento per la qualità dell'idrogeno, per favorire la mobilità sostenibile. Sarà inoltre migliorato il sistema per la verifica dei distributori di idrogeno.

Nell'ambito della **metrologia per il clima e per l'ambiente** saranno ampliati i servizi del **WMO Measurement Lead Center** "Traceability and Field Metrology" con nuove stazioni di riferimento in diversi climi (dall'alta montagna al Mediterraneo). Una stazione sarà a Matera, gestita dalla sede INRiM/CTE, con un nuovo laboratorio per tarature e controlli di strumentazione ambientale/climatica. Il sito di Torino e Campus INRiM ospiterà l'intercomparazione (termometri, schermi solari, datalogger) per il GCOS Surface Reference Network (GSRN). L'INRiM gestirà strumentazione e fasi di lavoro per le stazioni GSRN (prove di laboratorio ed esposizioni stagionali in sito). Saranno migliorate la riferibilità e ampliate le capacità di misura di **Materiali di Riferimento Certificati** (CRM) per ambiente e clima, in particolare CO₂ in aria con caratterizzazione isotopica ($\delta^{13}\text{C-CO}_2$), con partecipazione a confronti BIPM e avvio di collaborazioni con INGV e IAEA. Si svilupperà inoltre una procedura per la caratterizzazione di sensori e un protocollo per rilevazioni in campo per il monitoraggio ambientale.

Infine si lavorerà allo sviluppo e disseminazione di pratiche per la valutazione dell'incertezza in modelli di Machine Learning per le misure ambientali, ma generalizzabili ad altri ambiti, su impulso del JCGM e dell'EMN Mathmet.

Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN)

Risultati ottenuti

Nel campo della **metrologia** legata al **settore agroalimentare**, si è contribuito principalmente allo sviluppo di tecniche per la caratterizzazione delle acque. Si è contribuito allo sviluppo norma ISO 16094-2:2025 Qualità dell'acqua: "Analisi delle microplastiche nell'acqua Parte 2: Metodi di spettroscopia vibrazionale per acque con basso contenuto di solidi sospesi, incluse le acque potabili".

Nell'ambito della **metrologia dei sistemi elettrici ed elettronici** particolare rilievo hanno avuto le misure volte al consolidamento metrologico necessario per l'energy storage e per la corretta gestione delle energie alternative. Per quanto riguarda i riferimenti primari elettrici si sono estesi i margini operativi del campione quantistico di potenza elettrica fino a 100 kHz; si è realizzato un campione quantistico di capacità elettrica con ponti di impedenza digitale; sono stati caratterizzati alcuni dispositivi basati sull'effetto Hall quantistico in grafene. Inoltre sono stati caratterizzati materiali e dispositivi per l'energy storage (batterie, supercondensatori) con tomografia elettrica a resistenza (electrical resistance tomography) e spettroscopia di impedenza (electrical impedance spectroscopy).

Nel settore delle **tecnologie quantistiche** sono stati portati avanti esperimenti volti al consolidamento di nuove tecnologie sia nella regione ottica che nella regione delle microonde. Nel campo dei **sensori superconduttivi a microonda** sono state condotte misure preliminari su dispositivi per la generazione di correnti quantizzate per effetto Josephson quantistico duale. Sono stati sviluppati e caratterizzati travelling-wave parametric amplifiers per il sensing quantistico. È stato implementato un sistema di misura dei parametri di scattering per la caratterizzazione di dispositivi a microonda criogenici nonlineari.

Nel campo dell'**ottica quantistica** si è realizzato uno schema di super-risoluzione basato sulle caratteristiche specifiche degli statici ottici quantistici (non-poissonianità) coniugata alla luce strutturata. Inoltre sono stati investigati nuovi centri di colore in diamante (ad esempio Sn) come promettenti emettitori di singolo fotone e si è studiata la compatibilità della misura ODMR con centri NV per campioni biologici.

Per quanto riguarda lo sviluppo delle capacità di **nanofabbricazione** è stata completata la strumentazione della clean-room Piquet, installando nuova strumentazione in grado di abilitare processi di fabbricazione di dispositivi e sensori con caratteristiche dimensionali fino ai 20 nm e abilitare processi di deposizione di film sottili anche eterogenei. (Electron Beam Lithography, Laser Writer, Low Pressure Chemical Vapour Deposition, Co-Sputtering).

Infine per quanto riguarda la **metrologia di tempo e frequenza** sono proseguite sia le attività legate al ruolo NMI di realizzazione dei riferimenti primari della scala di tempo UTC(It) e frequenza (campioni primari all'Yb e al Cs). Inoltre sono stati investigati nuovi sistemi di molecole e ioni per esperimenti e misure di fisica fondamentale. Nel campo degli orologi ottici si è partecipato a un confronto internazionale mediante un orologio trasportabile del PTB ospitato in INRIM e la rete in fibra ottica europea. È stato completato il primo budget di accuratezza per l'orologio a ^{88}Sr , comprensivo di uno studio delle interazioni in atomi bosonici interspecie; sono state realizzate nuove tecniche di stabilizzazione di una sorgente laser agganciata a un riferimento interferometrico in fibra ed è proseguito lo sviluppo di una sorgente ultrastabile a bassissimo rumore di fase per orologi ottici. Nel settore della spettroscopia molecolare è stata sviluppata una sorgente a buffer gas per CaF con primo rallentamento laser; sono stati realizzati esperimenti con cristalli bidimensionali di ioni di Ba per l'emulazione della isomerizzazione di molecole; è stata inoltre realizzata una cavità ad alta finezza allineata con un cristallo di ioni. Il laboratorio per la generazione della scala di tempo è stato rafforzato grazie all'acquisizione di quattro nuovi orologi atomici commerciali ad elevate prestazioni. Si è avviato il potenziamento dell'infrastruttura Italian Quantum Backbone (IQB) per la disseminazione della scala di tempo italiana UTC(IT), con stabilità inferiore al nanosecondo, a supporto delle infrastrutture critiche sul territorio nazionale. Sono proseguite le attività a supporto metrologico dello sviluppo dei sistemi di timing del sistema di navigazione satellitare Galileo, nell'ambito di numerosi contratti con le principali Agenzie europee. In stretta cooperazione con la cleanroom Piquet è proseguito lo sviluppo e la caratterizzazione di componenti microstrutturati per orologi spaziali e applicazioni quantistiche.

Obiettivi futuri

Nel campo della **metrologia** legata al **settore agroalimentare** volte alla tutela del consumatore e per la certificazione della filiera alimentare, si svilupperanno nuove analisi chimiche e modelli di data fusion, integrati con l'uso di tecniche spettroscopiche in ambito alimentare, per ottenere analisi accurate, rapide e non distruttive dei prodotti, finalizzate alla valutazione della loro qualità, composizione e autenticità. Inoltre si avvierà la produzione di materiali di riferimento in matrici alimentari e ambientali per garantire accuratezza, tracciabilità e qualità delle misure analitiche nei controlli e nella ricerca.

Nel campo delle **tecnologie quantistiche** si proseguirà l'attività di ricerca sia per lo sviluppo dei riferimenti metrologici che per lo sviluppo del sensing. Si intende sviluppare un voltmetro quantistico in ac con tecniche di campionamento avanzato e applicazione al campione quantistico di potenza elettrica. Si prevede un'applicazione alla caratterizzazione di sincrofasori elettrici e power quality. Si prevede di sviluppare e caratterizzare dispositivi per la generazione di correnti elettriche quantizzate con pompaggio a microonda e dispositivi basati su isolanti topologici per la resistenza elettrica quantizzata anche in assenza di campo magnetico applicato. Sempre nella regione a microonde si svilupperanno sperimentalmente protocolli di entanglement quantistico multimodale alla microonda, e di quantum illumination (quantum radar). Nella regione ottica invece si procederà ad estendere ulteriormente i vantaggi che l'imaging quantistico offre per aumentare la risoluzione e la riduzione del rumore. Verranno studiate le potenzialità dei nanodiamanti quali emettitori di singolo fotone nella banda telecom e come sensori di temperatura e di campi magnetici in sistemi biologici. Si svilupperanno rivelatori a singolo fotone di tipo TES sia ad alta efficienza nell'ottico sia ottimizzati per misure di fisica delle particelle elementari. Si svilupperanno nuovi metodi di misura basati sull'entanglement e sul regime di accoppiamento debole tra misurando e pointer. Si completerà lo sviluppo di nuovi metodi di taratura e di standardizzazione per le tecnologie quantistiche ottiche, ed in particolare per la QKD, per la quale proseguirà il lavoro sulla creazione di collegamenti a lunga distanza.

Nel campo della **metrologia elettrica** prosegue il programma di estensione delle capacità metrologiche in nuove bande di frequenza. Si persegue l'estensione della spettroscopia di impedenza al dominio di frequenza inferiore all'Hz (100 mHz), di rilevanza per l'energy storage e le applicazioni biomedicali, e della riferibilità della misura di rumore finalizzata alla

caratterizzazione di dispositivi, anche a temperature inferiori al kelvin. Si parteciperà ai seguenti confronti internazionali, al fine di validare la qualità dei campioni nazionali delle unità elettromagnetiche: BIPM.EM-K10 onsite Josephson comparison, EURAMET-EM-K4 Capacitance, CCEM-K12 AC-DC current transfer, EURAMET.EM-K6ac/K9 AC-DC voltage transfer.

Si prevede di consolidare il ruolo di INRiM come istituto affidabile sul panorama europeo per la **fabbricazione** e la **miniaturizzazione** di sensori e dispositivi, attraverso la predisposizione di una libreria di processi di fabbricazione stabili e riproducibili, attraverso il miglioramento continuo del modello organizzativo dell'infrastruttura in camera pulita e lo sviluppo di processi di fabbricazione allo stato dell'arte che incontrino i bisogni della comunità di ricerca, migliorando e diversificando il portfolio delle tecnologie disponibili.

Nel campo della **metrologia di tempo e frequenza**, che include attività sia di metrologia primaria che decisamente più volta alla ricerca di base in fisica atomica e molecolare, sono in programma varie linee di ricerca. Sono previsti lo sviluppo di un orologio ottico trasportabile e di un nuovo orologio stazionario all'Yb, oltre all'esecuzione di nuovi confronti internazionali e ulteriori contributi a TAI mediane l'orologio attualmente operante, in vista della futura ridefinizione del secondo. Sono inoltre previste l'installazione e la caratterizzazione di una nuova camera di spettroscopia quantum-enhanced per l'orologio allo Sr. Proseguiranno le attività di miniaturizzazione del campione ottico a Rb in cella. È prevista l'integrazione progressiva degli orologi ottici nella generazione della scala, per migliorarne ulteriormente le prestazioni, e l'erogazione di nuovi servizi di sincronizzazione in fibra ottica e tramite tecniche GNSS e soluzioni alternative, per garantire resilienza e tracciabilità alle infrastrutture critiche. Proseguirà il potenziamento dell'infrastruttura IQB, per la disseminazione di UTC(IT) e per la sperimentazione di tecniche interferometriche per attività di sensing ambientale.

Si prevede il proseguimento delle **attività di knowledge transfer** con le principali aziende aerospaziali e le Agenzie europee, a supporto dello sviluppo dei sistemi di timing di Galileo, dei relativi servizi e della seconda generazione del sistema. È inoltre previsto il completamento delle attività di technology transfer verso Leonardo (Nerviano) per la realizzazione di un prototipo ingegnerizzato di orologio atomico al Rb basato sul pompaggio ottico impulsato e, sperabilmente, un test di volo. Presso la sede di Torino sarà inoltre realizzato un nuovo laboratorio dedicato alla generazione e al monitoraggio della scala di tempo nazionale UTC(IT).

Nella sede di **Sesto Fiorentino** sono attestate le attività di spettroscopia molecolare e di sistemi ibridi atomo-ione. Nel campo della spettroscopia molecolare è previsto di arrivare all'intrappolamento di molecole ultrafredde di CaF; inoltre è previsto l'avvio di una nuova attività sperimentale conseguente all'aggiudicazione del grant ERC COMPASS: "An ultraCOLD Molecule Platform for fundamental Asymmetry Searches". Per quanto riguarda i sistemi a ioni si avvierà il design della trappola per ioni su chip e la realizzazione del setup per il raffreddamento di ioni di Ba.

Presso la sede di **Matera** è prevista la creazione in un nuovo laboratorio per sviluppare servizi, materiali di riferimento e soluzioni innovative per il settore degli imballaggi alimentari. Il laboratorio supporterà la qualità e la sicurezza dei prodotti **Made in Italy**, in un contesto di forte crescita dell'export agroalimentare, attraverso attività di ricerca avanzata su contaminanti, materiali a contatto con gli alimenti, packaging sostenibile e intelligente. Il progetto prevede investimenti in infrastrutture, strumentazioni e database dedicati, configurando il laboratorio come polo di riferimento nazionale e punto di incontro tra ricerca e industria. Sempre a Matera è prevista la realizzazione di un **laboratorio di tempo**, collegato a Torino tramite link GNSS e fibra ottica con tecnologia White Rabbit.



Microscopio a scansione elettronica
Credit: Andrea Piazzolla



Sfera di silicio per l'unità di massa
Credit: Enrico Massa

8.3 - ELENCO DEI PRINCIPALI PROGETTI DI RICERCA PREVISTI PER IL TRIENNIO, CON BREVE DESCRIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEI RISULTATI ATTESI

L'INRiM finanzia la propria attività di ricerca partecipando ai programmi di finanziamento di ricerca internazionali, europei, nazionali e regionali, ma anche sottoscrivendo convenzioni e accordi con industrie nell'ambito dell'attività di ricerca commissionata.

Per il triennio a venire, l'Istituto conferma il proprio ruolo di riferimento come ente metrologico, puntando ad una continua espansione sul fronte dei progetti internazionali e nazionali in ambiti di ricerca interdisciplinari e di impatto, grazie alla partecipazione a programmi scientifici ad alta competitività.

Nella tabella a seguire sono elencati gli ambiti di ricerca dell'ente e i principali progetti di riferimento che si svilupperanno nel prossimo triennio. I progetti, che in alcuni casi sono interdisciplinari e quindi toccano più ambiti, sono stati selezionati sulla base della quota di finanziamento per INRiM, che va da un minimo di 300.000 euro fino ad un massimo di 3 milioni di euro. Si tratta di 42 progetti che si sviluppano in contesti competitivi internazionali, nazionali e industriali, in linea con le tendenze europee e le traiettorie indicate dal PNR 2021-2027 e da Horizon Europe.

Sono da segnalare tre **progetti ERC**, vinti da giovani ricercatori dell'INRiM nell'ambito dei bandi starting grants promossi dall'European Research Council (ERC). I bandi dello European Research Council sono tra i più competitivi a livello europeo e supportano la ricerca di frontiera, finanziando progetti altamente innovativi, proposti da ricercatrici e ricercatori di elevato profilo internazionale. Il risultato eccezionale raggiunto dai tre ricercatori li pone nella cerchia di eccellenze tra i giovani scienziati/i d'Europa e dà prestigio e visibilità all'Ente, contribuendo ad aumentarne l'attrattività per giovani ricercatrici e ricercatori.

Inoltre, l'INRiM avvierà nel 2026 tre **progetti nell'ambito dell'iniziativa europea Chips Act**, una roadmap che punta a rafforzare l'ecosistema dei semiconduttori nell'Unione europea, garantendo la resilienza delle catene di approvvigionamento e riducendo le dipendenze esterne.

Particolarmente significativa è la collaborazione con la **European Space Agency (ESA)** e l'**Agenzia dell'Unione Europea per il programma spaziale (EUSPA)**, iniziata nel 1998 contribuendo alla definizione, sviluppo e sperimentazione degli aspetti di tempo del sistema di navigazione satellitare europeo Galileo. Negli ultimi 20 anni l'INRiM ha preso parte, come laboratorio di metrologia del tempo, a tutte le diverse fasi sperimentali del progetto Galileo, diventando uno dei laboratori di riferimento in Europa per le attività legate a Galileo e allo spazio. Come contributo degli Stati Membri dell'UE, l'INRiM invia regolarmente al Galileo Reference Center i prodotti per la valutazione delle prestazioni degli orologi spaziali e della scala di tempo di Galileo, e contribuisce inoltre alla validazione degli aspetti di timing di EGNOS - il sistema europeo di completamento al GPS - nell'ambito del progetto "GEMOP" con l'Agenzia Spaziale Francese e con l'Agenzia Europea per i Sistemi di Navigazione Satellitare.

Tabella 13 – Principali progetti previsti per il triennio 2026-2028

PROGETTO/FINANZIAMENTO (€)	AMBITO/I DI RICERCA	DESCRIZIONE OBIETTIVI E RISULTATI ATTESI
3DnanoGiant (3D integrated photonic nanostructures with Giant optical nonlinearity) Finanziamento: 1.500.000 (HORIZON EUROPE - ERC)	Materiali innovativi Nanotecnologie	Il progetto svilupperà nuovi materiali fotonici non lineari per la manipolazione della luce tramite la luce che li attraversa. Combinando nuovi materiali polimerici nanoporosi stampabili in 3D alla nanoscala e cristalli liquidi, si studieranno dispositivi fotonici ibridi non lineari in più dimensioni.

AgiLight (Sorgenti luminose fotoniche integrate agili in frequenza attraverso lo spettro visibile e vicino all'infrarosso) Finanziamento: 343.000 (HORIZON EUROPE)	Nanotecnologie	Il progetto mira a creare laser integrati pionieristici che coprano lo spettro dal blu all'infrarosso. Utilizzando piattaforme ibride all'avanguardia e la stampa 3D, promettono elevata potenza, precisione e una versatilità senza precedenti. Insieme a partner del mondo accademico e industriale, il team di AgiLight mira a rivoluzionare campi come la fisica nucleare e la misurazione delle distanze.
AM2SoftMag (Additive Manufacturing of Amorphous Metals for Soft Magnetics) Finanziamento: 566.000 (HORIZON EUROPE)	Materiali innovativi Energia e e-mobility	Il progetto è finalizzato allo sviluppo di materiali magnetici dolci mediante additive manufacturing. La sfida scientifica consiste nella realizzazione e stampa di componenti base ferro completamente amorfi per motori elettrici, in grado di riprodurre le eccellenti proprietà magnetiche dei nastri ferromagnetici e quindi ridurre le perdite di energia nel processo di magnetizzazione.
APULEIO (Trustworthy and quality-assured quantitative magnetic resonance imaging) Finanziamento: 550.000 (EURAMET – EPM)	Salute	Il progetto mira a dotare di incertezza, a livello di ogni singolo pixel, le immagini diagnostiche prodotte da tecniche di tomografia a risonanza magnetica quantitativa (qMRI), per valutare l'affidabilità dei corrispondenti biomarcatori. Il progetto produrrà algoritmi qMRI open source capaci di stimare la propria incertezza e database di riferimento FAIR comprensivi di dati acquisiti in vivo.
AQuanTEC (Advanced quantum technology for metrology of electrical currents) Finanziamento: 350.000 (EURAMET – EPM)	Quantum	Il progetto è focalizzato sulla realizzazione di standard primari per la misura delle correnti elettriche. Attraverso tecniche di pompaggio di singoli elettroni e la combinazione degli effetti Josephson e Hall quantistico, il progetto punta a ottenere sorgenti di corrente quantizzate, continue e direttamente tracciabili al SI.
AQLAS (Advanced Lasers for Quantum Technologies) Finanziamento: 780.000 (HORIZON EUROPE)	Quantum	Si tratta di un progetto EIC transition, in collaborazione con due aziende francesi (Silentsys SAS e Idil Fibres Optiques) e una maltese (Acceler8), per lo sviluppo di sorgenti laser innovative per tecnologie quantistiche basate su atomi neutri e ioni intrappolati.
ARCSECOND Finanziamento: 450.000 (EURAMET – EPM)	NMI	Il progetto contribuisce all'attuazione del piano per la ridefinizione del secondo del Sistema Internazionale, attraverso lo sviluppo e la validazione di orologi atomici ottici ad alta accuratezza, il rafforzamento dei confronti metrologici europei tramite reti in fibra ottica e il supporto al contributo regolare degli orologi ottici al Tempo Atomico Internazionale.
CHAMP-ION (Championing a European advanced manufacturing pilot line of ion-traps) Finanziamento: 1.041.000 (HORIZON EUROPE – CHIPS ACT)	Quantum	Il progetto intende realizzare una pilot line per la produzione di trappole per ioni su chip. Sono state individuate alcune applicazioni strategiche che saranno dimostrate con le trappole prodotte nella pilot line. Il ruolo di IN-RIM è quello di disegnare e testare delle trappole per il quantum computing distribuito insieme a Infineon e Università di Padova.

ChipScale (Chip Scale Optical Clock) Finanziamento: 2.986.000 (AGENZIA SPAZIALE ITALIANA)	Quantum Space	Il progetto è incentrato sul know-how e le tecnologie necessarie all'intrappolamento e al raffreddamento di atomi su una piattaforma miniaturizzata, e sullo sviluppo di un optical frequency comb su chip. Questi due elementi sono i componenti essenziali per arrivare ad una sostanziale miniaturizzazione degli orologi ottici. La miniaturizzazione degli orologi ottici è condizione necessaria per un loro utilizzo pratico in applicazioni dove dimensioni e consumi ridotti sono richiesti (in particolare per l'industria spaziale).
CoCoRICO (Controlled confinement to reduce the inaccuracy of clocks based on optical lattices) Finanziamento: 320.000 (EURAMET – EPM)	Quantum NMI	Il progetto intende esplorare i limiti fondamentali dell'accuratezza degli orologi a reticolo ottico (OLC) implementando strategie di intrappolamento innovative, al fine di sfruttare la variabilità di tali strategie, validare la valutazione sistematica degli OLC e confrontare i risultati tra i diversi Istituti Nazionali di Metrologia (NMI) europei attraverso il confronto tra orologi via collegamenti in fibra ottica.
COMOMET (Fundamental physical metrology with cold molecules) Finanziamento: 400.000 (EURAMET – EPM)	Quantum	Il progetto unisce 15 istituti europei con esperienza nelle aree spettroscopia ionica e molecolare, preparazione e manipolazione di molecole fredde e ultrafredde, realizzazione di laser dall'infrarosso al terahertz. Tra gli obiettivi del progetto ci sono il miglioramento nella misura delle costanti fondamentali, lo sviluppo di nuove sorgenti luminose, la realizzazione del primo orologio molecolare.
COMPASS (An ultracold Molecule Platform for fundamental Asymmetry Searches) Finanziamento: 1.785.000 (HORIZON EUROPE - ERC)	Quantum	Il progetto affronta il tema dell'asimmetria materia-antimateria, uno dei grandi misteri della fisica moderna. Una risposta potrebbe venire da potenziali violazioni di simmetrie fondamentali oltre il Modello Standard. Il progetto si pone l'obiettivo di realizzare una piattaforma di nuova generazione basata su molecole YbCr ultrafredde, unendo l'estrema sensibilità con grandi numeri e lunghi tempi di osservazione.
DiGiMiQ (Digital Microelectronic Design, Quantum & Photonic Systems) Finanziamento: 500.000 (POR-FESR)	Quantum	Il progetto è orientato alla progettazione, integrazione e collaudo di sistemi elettronici (ASIC, chiplet e system-in-package), fotonici e quantistici. Il progetto offrirà alle realtà produttive del territorio un supporto tecnologico e microelettronico avanzato, fondamentale e trasversale a diversi ambiti strategici dall'aerospazio alla salute, dalla mobilità al food.
DireK-T (Dissemination of the redefined kelvin) Finanziamento: 400.000 (EURAMET – EPM)	NMI	Il progetto intende dimostrare la possibilità di una disseminazione diretta della temperatura termodinamica, resa possibile dalla ridefinizione del kelvin. A tale scopo, è stato organizzato un confronto internazionale di misure di termometria primaria a gas, principalmente con metodo acustico, usando termometri a capsula come campioni di riferimento. Il confronto, svolto nell'intervallo fra 4 K e 300 K, è il primo nel suo genere.

DIREQ-T Finanziamento: 502.000 (HORIZON EUROPE – CHIPS ACT)	Quantum	Il progetto è indirizzato allo sviluppo ed all'utilizzo dei centri di colore in diamante per applicazione alle tecnologie quantistiche. In particolare INRIM collaborerà allo sviluppo di tecniche ODMR, sia migliorandone la sensibilità che sviluppando applicazioni specifiche in ambito biologico, ed allo studio di nuovi emettitori di singolo fotone.
GEMOP (Galileo and EGNOS Monitoring Of Performances) Finanziamento: 538.000 (Centre national d'études spatiales/EU Agency for the Space Programme)	Space	Si tratta di un progetto EUSPA, sviluppato da un consorzio di Istituti di Ricerca Europei coordinato da CNES, per la validazione indipendente delle prestazioni di Galileo ed EGNOS come supporto degli Stati Membri. INRIM contribuisce per la validazione degli aspetti di tempo di Galileo.
GenomeMET (Metrology for genomic profiling to support early cancer detection and precision medicine) Finanziamento: 480.000 (EURAMET – EPM)	Salute	Il progetto punta a migliorare la qualità e la riproducibilità delle tecniche di sequenziamento del genoma umano per identificare e quantificare i principali geni responsabili del cancro, creare sistemi di misurazione di riferimento e migliorare la comparabilità dei risultati dei test, come richiesto dal regolamento UE 2017/746 sui dispositivi medici diagnostici in vitro.
GenomeMET2 Finanziamento: 380.000 (EURAMET – EPM)	Salute	Il progetto mira a rendere più attendibili i test di malattia minima residua (MRD) per i tumori del sangue e quelli solidi, ottimizzando i metodi e i materiali di riferimento per garantire la qualità, migliorare l'accuratezza, la sensibilità e l'affidabilità dei test. Le ricadute sono attese sull'implementazione clinica, sull'allineamento normativo e sul miglioramento dei risultati per i pazienti.
HyMetBat (Hybrid metrology for sustainable and low-carbon footprint battery materials) Finanziamento: 310.000 (EURAMET - EPM)	Materiali innovativi Energia e e-mobility	Il progetto punta a sviluppare una piattaforma di metrologia ibrida per la caratterizzazione ex situ e operando di materiali per batterie sostenibili. A questo scopo verranno integrate tecniche analitiche tracciabili, nuova strumentazione e modelli computazionali per supportare chimiche a basso impatto, processi a basse emissioni e il riciclo dei materiali.
ISPRA (Quantum Communications and UTC(IT) Time Test-beds over Fibre at the EC Joint Research Centre Ispra Site) Finanziamento: 600.000 (HORIZON EUROPE)	Digitale Quantum	Il progetto prevede la fornitura di un banco di prova per comunicazioni quantistiche e tempo UTC(IT) su fibra presso il sito di Ispra del Centro comune di ricerca della CE.
LISAB2/C (Laser Interferometer Space Antenna) Finanziamento: 621.000 (AGENZIA SPAZIALE ITALIANA)	Space	Il progetto, nell'ambito della missione ESA Laser Interferometric Space Antenna (LISA) che metterà in orbita un'antenna per onde gravitazionali, realizzerà un emulatore della Test Mass (TM) per testare l'elettronica del sistema di controllo elettrostatico. Verranno fornite 6 coppie di capacità variabili in una camera a vuoto per emulare i segnali attesi dall'elettronica di controllo.

MADELEN (Materials and Design for Electrical Engines) Finanziamento: 642.000 (MUR – FISA)	Materiali innovativi Energia e e-mobility	Il progetto unisce misure, modelli e analisi di feedback sull'intera catena di produzione, dagli acciai magnetici forniti da Marcegaglia per la progettazione di nuclei induttivi, fino alla realizzazione di motori elettrici, per garantire maggiore efficienza e controllo dei processi produttivi.
MAESTRI (Metodologie per la definizione di Standard e normative per l'Idrogeno) Finanziamento: 1.435.000 (MASE – PNRR)	Ambiente Energia e e-mobility	Il progetto vuole contribuire all'adeguamento tecnologico italiano nell'ambito dei nuovi scenari generati dai processi di transizione energetica, attraverso la creazione di un sistema metrologico a supporto della certificazione di sistemi di produzione, utilizzo e trasporto dell'idrogeno nonché del necessario aggiornamento della normativa vigente in fatto di nuovi vettori energetici sostenibili.
MAIBAI (Developing a metrological framework for assessment of image-based Artificial Intelligence systems for disease detection) Finanziamento: 372.000 (EURAMET – EPM)	Salute Digitale	Il progetto intende sviluppare una metodologia standardizzata per valutare l'affidabilità dell'AI nella diagnostica per immagini, e garantirne l'interpretabilità. Focalizzandosi sullo screening mammografico, vengono sviluppati, addestrati e testati modelli predittivi su immagini radiografiche (reali e sintetiche), al fine di individuare le strategie ottimali per la traslazione dell'AI in ambito clinico.
MEMBRAIN (Memristive self-organizing dendrite networks for brain-inspired computing) Finanziamento: 1.488.000 (HORIZON EUROPE - ERC)	Materiali innovativi Digitale Nanotecnologie	Il progetto supporta lo sviluppo dell'intelligenza artificiale, attraverso una rivoluzione hardware per sostenere la crescente domanda di calcolo in modo sostenibile. Svilupperà nanoreti memristive bio-ispirate e auto-organizzanti che elaborano e memorizzano informazioni nello stesso substrato fisico, emulando i circuiti neurali biologici e superando l'architettura di von Neumann.
METROFOOD-IT (Strengthening of the Italian Research Infrastructure for Metrology and Open AccessData in support to the Agrifood) Finanziamento: 820.000 (MUR – PNRR)	Food	Il progetto promuove la ricerca e l'innovazione nel settore agroalimentare offrendo servizi integrati per la rintracciabilità, la sostenibilità e la digitalizzazione. Risultati attesi: sviluppo di una piattaforma open data per l'integrazione e l'analisi dei dati su micro e nano contaminanti e di soluzioni ICT con accesso a dati FAIR.
MetSuperCap (Metrology for static and dynamic characterisation of supercapacitors) Finanziamento: 530.000 (EURAMET – EPM)	Energia e e-mobility	Il progetto sviluppa il contesto metrologico per la caratterizzazione riferibile dei supercondensatori (SC) e dei moduli di SC, includendo le tecniche di misura e la relativa valutazione di incertezza e lo sviluppo di tecniche rapide per la determinazione dello SoC e SoH. Il progetto mira alla validazione di modelli elettrici circuitali anche basati su tecniche di machine learning.
MetSuperQ (Metrology for superconducting qubits) Finanziamento: 300.000 (EURAMET – EPM)	Energia e e-mobility	Il progetto fornisce strumenti e protocolli di misura per la caratterizzazione metrologica dei qubit superconduttivi. L'attività riguarda materiali, dispositivi di controllo e lettura e metriche di prestazione, con particolare attenzione all'armonizzazione delle misure e ai confronti interlaboratorio, a supporto dello sviluppo del calcolo quantistico.

MiSS (Microwave Squeezing with Superconducting (meta) materials) Finanziamento: 480.000 (HORIZON EUROPE)	Quantum	Il progetto affronta il tema della generazione di radiazione microonde non classica mediante squeezing, utilizzando amplificatori parametrici a onda viaggiante basati su (meta)materiali superconduttivi. Il progetto combina sviluppo tecnologico e metrologia per realizzare prototipi di quantum sensing distribuito applicati alla caratterizzazione di materiali
MODO (Multichannel Optical/Ocso Disciplined Oscillator) Finanziamento: 810.000 (European Space Agency - NAVISP)	Space	Si tratta di un progetto ESA che mira a sviluppare tecnologie metrologiche avanzate (come orologi atomici e sensori di posizione) per migliorare la precisione di osservazioni e navigazione nello spazio profondo, con applicazioni che vanno dalle future missioni su Marte alle osservazioni astronomiche.
NoQTeS (Normating colour-centre-based quantum sensing technology towards industrial application and standards) Finanziamento: 310.000 (EURAMET – EPM)	Quantum	Il progetto sviluppa tecniche standard per la caratterizzazione di dispositivi di sensing basati su centri azoto-vacanza in diamante. Vengono prodotte inoltre procedure validate per sensori non NV ed emettitori di singoli fotoni. Sulla base di queste ricerche, verranno redatti documenti di standardizzazione tramite la partecipazione del consorzio agli enti rilevanti (CEN/CLC JTC-22).
Piquet+ (Piemonte Quantum Enabling Technologies Plus) Finanziamento: 1.500.000 (FinPiemonte)	Quantum Nanotecnologie	Il progetto nasce per ampliare e potenziare ulteriormente l'infrastruttura di micro e nanofabbricazione PiQuET, già realizzata con il sostegno del POR FESR 2014-2020 della Regione Piemonte, con un focus privilegiato sulle tecnologie quantistiche abilitanti. L'infrastruttura è dedicata alla ricerca applicata e al trasferimento tecnologico in collaborazione con aziende ed enti del territorio. Il progetto prevede il potenziamento della cleanroom da 400 m ² e dei laboratori dedicati a metrologia e comunicazione quantistica, microfluidica, additive manufacturing e nanobiofotonica.
PROMISE (PROtotypes of Magnetic Imaging Systems for Europe) Finanziamento: 540.000 (HORIZON EUROPE)	Quantum	Il progetto è incentrato sull'applicazione di centri azoto-vacanza in diamante nelle tecnologie quantistiche per l'imaging. L'obiettivo è portare lo sviluppo di questa tecnologia ad un livello più avanzato, realizzando prototipi di magnetometri wide field per misurare campioni rilevanti in ambienti operativi (TRL7) e promuoverne l'adozione sul mercato.
QUANTIFY (QUantum enhANced phoTonic Integrated sensors For metrology) Finanziamento: 779.000 (HORIZON EUROPE)	Quantum Nanotecnologie NMI	Il progetto intende sviluppare sensori quantistici miniaturizzati on-chip, sfruttando elementi di fotonica integrata, tecnologia MEMS, tecniche di integrazione avanzata e sorgenti di luce squeezed miniaturizzate. I sensori, le cui performance saranno confrontate con gli attuali standard metrologici, sono: un orologio ottico, un magnetometro, un sensore di temperatura e memorie quantistiche.

QUANTNET Finanziamento: 1.202.000 (MUR – FIS)	Quantum	Il progetto sviluppa una piattaforma biocompatibile e non invasiva di quantum sensing per misurare in tempo reale la temperatura a livello subcellulare in neuroni. Utilizzando centri NV in nanodiamanti opportunamente ottimizzati, mira a rilevare gradienti termici ma anche campi elettrici e magnetici, combinandosi con metodi di misura già esistenti; offre un approccio multimodale ed apre nuove prospettive sul funzionamento cerebrale.
QU-TEST (Qu-Test Framework Partnership Agreement for open testing and experimentation for quantum technologies) Finanziamento: 1.233.000 (HORIZON EUROPE)	Quantum	Il progetto mira a promuovere lo sviluppo, il collaudo e la validazione di tecnologie di nuova generazione attraverso metodologie di test solide, scalabili e affidabili. Il progetto affronta la crescente esigenza di quadri di valutazione affidabili in grado di tenere il passo con sistemi digitali e cibernetici sempre più complessi.
ScreenFood (Metrology for food safety in the circular economy: targeted and screening methods for contaminants in food and recycled packaging) Finanziamento: 340.000 (EURAMET – EPM)	Food	Il progetto sviluppa metodi e materiali di riferimento per la sicurezza alimentare. L'obiettivo è armonizzare gli standard per rilevare contaminanti (come MOAH e PFAS) in alimenti e packaging. I risultati attesi includono protocolli di screening rapidi e materiali certificati per garantire la conformità normativa, supportare l'industria e prevenire perdite economiche.
SENSEI (Smart European Networks for Sensing the Environment and Internet quality) Finanziamento: 600.000 (HORIZON EUROPE)	Ambiente Digitale	Il progetto sviluppa tecnologie fotoniche per il sensing sulle reti ottiche di trasmissione dati. Gli obiettivi specifici sono: la dimostrazione di prototipi in campo reale, lo sviluppo di tecniche di gestione e interpretazione dei dati raccolti, la progettazione di un'architettura adatta a integrare il sensing nella telemetria convenzionale, e la dimostrazione di casi d'uso (es. monitoraggio sismico).
SICPIC (Silicon carbide photonic integrated circuit training network) Finanziamento: 564.000 (HORIZON EUROPE)	Materiali innovativi Quantum	Il progetto si pone l'obiettivo di sviluppare circuiti fotonici integrati (PIC) utilizzando il carburo di silicio (SiC) come piattaforma. Sfruttando la compatibilità CMOS e l'ottica non lineare del SiC, mira a sostituire i frequency comb in fibra con tecnologie integrate su chip.
SPACE IT UP! Finanziamento: 874.000 (MUR – PNRR, ASI)	Space	Il progetto nasce all'interno di un consorzio coordinato dal Politecnico di Torino. Finanziato complessivamente per 80 milioni di euro, mira a potenziare la tecnologia spaziale italiana da utilizzare per l'esplorazione e lo sfruttamento dello spazio a beneficio del pianeta Terra e dell'intera umanità. Affrontando le sfide legate all'esplorazione spaziale, vorrebbe espandere la tecnologia e creare nuove industrie.
TASIG2G (Contribution to the Galileo Second Generation System Test Bed) Finanziamento: 322.000 (Thales Alenia Space Italia/European Space Agency)	Space NMI	Si tratta di un progetto ESA, sviluppato dal consorzio GMV/Thales Alenia Space/INRIM, che intende supportare la validazione e il monitoraggio delle capacità della seconda generazione dei satelliti Galileo (G2G). INRIM contribuisce allo sviluppo e test di algoritmi di clock anomaly detection e Composite Clock e alla validazione degli aspetti di tempo del sistema.

TSP2 (TSP-TIME SERVICE PROVIDER) Finanziamento: 3.051.000 (Spaceopal/EU Agency for the Space Programme)	Space NMI	Si tratta di un progetto EUSPA, sviluppato da un consorzio di industrie aerospaziali e istituti metrologici europei, coordinato da INRIM e Thales Alenia Space. Fornisce il supporto metrologico al design, sviluppo e test del Galileo Time Service Provider operante presso i Centri di Controllo di Galileo, dedicato alla sincronizzazione della scala di tempo Galileo con il riferimento internazionale UTC.
---	--------------	--

8.4 - TABELLE RIASSUNTIVE: I) BUDGET; II) FONTI DI FINANZIAMENTO; III) RICERCATORI COINVOLTI (%)

8.4.1 - SINTESI DELL'ATTIVITÀ PROGETTUALE DELL'INRiM

A gennaio 2026 l'INRiM risulta coinvolto in 148 progetti per un totale di 79,4 milioni di euro.

Le principali fonti di finanziamento sono:

- **Bandi competitivi europei:** 77 progetti per un budget complessivo di 25,8 milioni di euro
- **Ministeri ed enti nazionali:** 37 progetti per un budget complessivo di 12,6 milioni di euro
- **Industrie:** 19 progetti per un budget complessivo di 5,4 milioni di euro
- **Enti internazionali:** 5 progetti per un budget complessivo di 920.000 euro
- **Bandi regionali e Fondazioni:** 6 progetti per un budget complessivo di 816.000 euro
- **MUR-FOE:** 4 progetti per un budget complessivo di 33,9 milioni di euro

% Ricercatori e tecnologi coinvolti: 90%

I progetti, suddivisi per fonte di finanziamento e per struttura, sono riassunti nella tabella seguente:

Tabella 14 – Sintesi dell'attività progettuale dell'INRiM

TIPOLOGIA	Divisioni						INRiM	
	ML		AE		QN		N. tot.	Totale finanziamento (€)
PROGETTI DELLE DIVISIONI SCIENTIFICHE								
Progetti europei								
Euramet	18	4.525.750	15	2.622.220	22	4.878.380	55	12.026.340
H2020			1	186.000			1	186.000
Horizon Europe	7	4.730.650			14	8.878.470	21	13.609.110
Tot. europei	25	9.256.400	16	2.808.220	36	13.756.850	77	25.821.470

Progetti industriali (industria, conto terzi e trasferimento tecnologico)	2	155.200	8	249.600	9	4.982.990	19	5.387.790
Tot. industriali	2	155.200	8	249.600	9	4.982.990	19	5.387.790
Progetti internazionali			1	178.000	4	741.780	5	919.780
Tot. internazionali			1	178.000	4	741.780	5	919.780
Progetti nazionali								
MUR-PRIN	10	712.000	3	217.000	8	782.000	21	1.711.000
MUR-PNRR	1	270.000	1	1.435.000	4	1.830.110	6	3.535.110
MUR-FIS					1	1.202.000	1	1.202.000
Altri Ministeri/programmi (MIMIT, MAECI, MSAL, progr. MUR-FISA e POR FESR)	4	987.970					4	987.970
Altri nazionali			2	658.770	3	4.503.350	5	5.162.120
Tot. nazionali	15	1.969.970	6	2.310.770	16	8.317.460	37	12.598.200
Regionali e Fondazioni	2	106.000			4	710.000	6	816.000
Tot. Reg e fondaz.	2	106.000			4	710.000	6	816.000
TOTALE PROGETTI FINANZIATI	44	11.487.570	31	5.546.590	69	28.509.080	144	45.543.230
TOTALE PROGETTI DI ISTITUTO (MUR-FOE)							4	33.866.743
TOTALE COMPLESSIVO							148	79.409.973

I dati riguardanti il finanziamento non si riferiscono alle cifre incassate o da incassare nel triennio, ma sono stati ricavati sommando le quote di finanziamento complessive indicate nei singoli contratti dei progetti che saranno attivi nel triennio; considerando la diversa durata di vita di ciascun progetto, il periodo coperto dai 148 progetti va dal 2017 al 2035.

8.4.2 DETTAGLIO DEI PROGETTI IN CORSO

Sono qui riportati in dettaglio, suddivisi per tipologia, i restanti progetti INRiM con importo di finanziamento inferiore a 300.000 euro.

I progetti europei

Questi progetti rappresentano la quota più cospicua dei finanziamenti da bando competitivo e sono un segnale di forte partecipazione dei ricercatori INRiM alle attività di ricerca scientifica internazionali.

La maggior parte del finanziamento deriva dai **progetti EURAMET** (nell'alveo dei programmi Horizon 2020 e Horizon Europe) dedicati alla metrologia. I progetti descritti nella tabella seguente fanno parte del **programma EPM (European Partnership on Metrology)** inaugurato con l'avvio della call 2021.

CODICE PROGETTO	ACRONIMO	ANNO DI INIZIO	ANNO DI FINE	CONTRIBUTO PER INRiM (€)
22IEM04	MQB-Pascal	2023	2026	250.000
22RPT01	TracInd BVK-H	2023	2026	129.000
22NRM06	ADMIT	2023	2026	80.000
22NRM04	e-TRENY	2023	2026	169.000
22HLT02	A4IM	2023	2026	285.000
22HLT04	MetrINO	2023	2026	270.000
22RPT02	True8Digit	2023	2026	85.000
22IEM06	S-CALe Up	2023	2026	200.000
22IEM01	TOCK	2023	2026	299.000
23IND08	DI-Vision	2024	2027	190.000
23FUN01	PhoQuS-T	2024	2027	140.000
23RPT03	GrainMet	2024	2027	100.000
23IND01	ENSURE	2024	2027	191.000
23IND02	COMET	2024	2027	100.000
23FUN06	ProMET	2024	2027	170.000
23NRM02	SMURFnano	2024	2027	80.000
23IND03	RF46G	2024	2027	136.000
23RPT01	WAC	2024	2027	88.000
23FUN07	QuAHMET	2024	2027	240.000
23RPT02	ETraceAbs	2024	2027	90.000
23FUN03	HIOC	2024	2027	295.000
24NRM03	MFMET II	2025	2028	50.000
24GRD05	ELITE	2025	2027	200.000
24GRD06	MetCTG	2025	2029	220.000
24GRD11	MetroHyVe3	2025	2028	175.000
24RPT03	A2TM	2025	2029	95.000
24GRD03	MethHIR	2025	2027	100.000
24DIT02	DINAMO	2025	2028	250.000
24GRD08	GridForm	2025	2027	100.000
24RPT02	MetroMag	2025	2028	109.000
24DIT05	GridData	2025	2028	130.000

25HLT05	QuanTheriac	2026	2029	65.000
25HLT06	LUMETH	2026	2029	120.000
25HLT08	Met4Med	2026	2029	143.000
25IEM01	S-CALe lit	2026	2029	143.000
25IEM03	EQB-Pascal	2026	2029	237.500
25IEM04	Q-EnaMa	2026	2029	190.000
25IEM05	AIM-EF	2026	2029	190.000
25IEM07	ERlgMEA	2026	2029	193.500
25REG04	LEG4EVSE	2026	2029	95.000
25RPT02	SETUP-T	2026	2029	142.500

L'INRiM è attivo anche sui progetti europei nell'ambito dei programmi quadro dell'Unione Europea **Horizon 2020** (2014-2020) e **Horizon Europe** (il programma che copre il periodo 2021-2027).

FINANZIATORE	NOME PROGETTO	ANNO DI INIZIO	ANNO DI FINE	CONTRIBUTO PER INRiM (€)
H2020	MINKE (Metrology for Integrated Marine Management and Knowledge-Transfer Network)	2021	2026	186.000
Horizon Europe	QuantERA MOCA (Integrated Microwave-to-Optical Conversion by Atoms on a superconducting chip)	2023	2026	150.000
Horizon Europe	APACE (Towards a bio-mimetic sunlight pumped laser based on photosynthetic antenna complexes)	2024	2028	182.000
Horizon Europe	MAGNIFY (Advancing Energy Conversion Technologies: High-Frequency Magnetics in Modern Power Electronics)	2024	2029	282.000
Horizon Europe	QURIOUS (Quantum Research and Innovation in Optical clocks for Upcoming Scientists)	2025	2028	255.000
Horizon Europe	QCIMED (Mediterranean Quantum Connectivity)	2025	2030	250.000
CHIPS ACT (Horizon Europe)	Q-PLANET (Quantum Photonic-Link and Atom-based NETworked Technologies)	2026	2029	211.000

I progetti internazionali

Una fetta più ridotta dell'impegno dei ricercatori dell'INRiM è rappresentata dai progetti con organizzazioni, agenzie e università internazionali. Il minor numero di progetti è compensato dal prestigio degli organismi con cui l'INRiM interagisce, alcuni dei quali, per motivazioni diverse, sono interlocutori di eccellenza nel panorama mondiale. Significative le collaborazioni con l'Agenzia Spaziale Francese – CNES, l'Agenzia Europea per i Sistemi di Navigazione Satellitare – EUSPA e la European Space Agency – ESA.

FINANZIATORE	NOME PROGETTO	ANNO DI INIZIO	ANNO DI FINE	CONTRIBUTO PER INRiM (€)
Austrian Federal Ministry of Education, Science and Research (BMBWF)	NextPi	2023	2026	178.000
CAL State L.A. University Auxiliary Services INC.	NATO IV-QKD	2023	2027	120.000
Università di Tokyo	CTS2 - Cosmic Time Synchronizer	2025	2028	5.000
ESA	Moonlight	2024	2026	79.000

I progetti nazionali

I progetti si sviluppano su diversi fronti:

- **Ministeri:** MUR (programmi PRIN, PNRR, FISA e FIS), Ministero della Salute, Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale, Ministero delle Imprese e del Made in Italy e Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica;
- **Enti nazionali:** Agenzia Spaziale Italiana (ASI), Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte/Liguria/Valle d'Aosta, FinPiemonte, Università degli Studi di Milano.

FINANZIATORE	NOME PROGETTO	ANNO DI INIZIO	ANNO DI FINE	CONTRIBUTO PER INRiM (€)
MUR (PRIN)	DOMANI (Dynamic Observation and Machine learning-assisted profiling for fast Assessment of submicroplastics and native ecocorona in exposure media)	2023	2026	56.000
MUR (PRIN)	CalQuStates (Calibration of microwave chains for Quantum States preparation and readout at millikelvin temperatures)	2023	2026	101.000
MUR (PRIN)	TRACGRIDS (Next quantum-based traceability and new accuracy description for synchronized multifrequency phasor measurements in modern distribution grids)	2023	2026	118.000
MUR (PRIN)	EXTRASTRONG (Resilience Evaluation by Experimental and Theoretical Approaches in Electrical Distribution Systems with Underground Cables)	2023	2026	65.000
MUR (PRIN)	AQuTE (Advanced Quantum Time Experiment)	2023	2026	130.000
MUR (PRIN)	PHOTAG (Multi-step optical encoding in anti-counterfeiting photonic tags based on liquid crystals)	2023	2026	112.000
MUR (PRIN)	TEEPHANY (ThreEE-dimensional Processing technique of mAgNetic crYstals for magnonics and nanomagnetism)	2023	2026	19.000
MUR (PRIN)	U-MagFinger (Fast readable label by Unique Magnetic Fingerprints on Industry 4.0: polymeric nanocomposites for a global exchange of information with a high level of security)	2023	2026	68.000
MUR (PRIN)	MetroSpin (Metrology for spintronics: A machine learning approach for the reliable determination of the Dzyaloshinskii-Moriya interaction)	2023	2026	79.000

MUR (PRIN)	Xvers (Transverse thermoelectric energy conversion)	2023	2026	123.000
MUR (PRIN)	DAREDEVIL (DARk-mattEr-DEVlces-for-Low-energy-de- tection)	2023	2026	50.000
MUR (PRIN)	EMPEROR (Engineering two-dimensional Materials-based Photonics and Electronics platfoRms by directed self-as- sembly of bIOck copolymeRs)	2023	2026	105.000
MUR (PRIN)	Heusler (Modelling and process engineering of Heusler al- loys for thermoelectric waste heat harvesting and spintro- nic applications)	2023	2026	64.000
MUR (PRIN)	CONTRABASS (Efficient simulation and design of quantum CONTRol sTRategies for mAny-Body quAntum SystemS)	2023	2026	81.000
MUR (PRIN)	ISOTOP (Precision isotopic shift measurements to test phy- sics beyond the Standard Model)	2023	2026	85.000
MUR (PRIN)	ROCKFALL (Rockfall risk mitigation in the Alps)	2023	2026	73.000
MUR (PRIN)	NEURONE (Extremely efficient NEUromorphic Reservoir cOmputing in Nanowire network hardware)	2023	2026	50.000
MUR (PRIN)	MIRABLE (Measurement Infrastructure for Research on heAlthy and zero energy Buildings in novel Living lab Ecosy- stems)	2023	2026	79.000
MUR (PRIN)	MICROWAVE (Absolute microwave radiometers for primary thermometry, astrophysics and fundamental physics)	2024	2027	115.000
MUR (PRIN)	TES4 (Low temperature TES microcalorimeters for high energy resolution spectroscopy of low energy electrons)	2024	2027	96.000
MUR (PRIN)	NET-S (DC Smart grids for Next generation Transportation Systems)	2025	2027	42.000
MUR (PNRR)	AGRITECH PNRR OLIVINITALY	2024	2026	87.000
MUR (PNRR)	BioSurfMetLab (Laboratorio metrologico di fabbricazione, caratterizzazione e validazione biologica di superfici nano- strutturate per applicazioni biomediche)	2025	2026	270.000
MUR (PNRR)	QCS_AppLab (Laboratorio per applicazioni di quantum com- munication e quantum sensing)	2025	2027	49.000
Ministero della Salute tramite UniCal	RADIO AMICA	2022	2026	196.000
Ministero degli Affari Esteri e della Coopera- zione Internazio- nale (MAECI)	INTERMIXING (Effetto di intermixing interfacciale sulla cop- pia spin-orbita nelle interfacce quantistiche)	2025	2026	35.000
Ministero delle Imprese e del Made in Italy (MIMIT)	POTEMI (Potenziamento Terza Missione)	2025	2028	115.000

Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte, Liguria e Valle D'aosta	MarineLitter	2024	2026	17.000
Preclab (UniMI)	PRECLAB	2025	2026	38.000

I progetti regionali/fondazioni

L'INRiM partecipa a progetti finanziati nell'ambito del programma regionale **POR FESR** (in collaborazione con il Politecnico di Torino) e da Fondazioni locali (San Paolo e CRT).

FINANZIATORE	NOME PROGETTO	ANNO DI INIZIO	ANNO DI FINE	CONTRIBUTO PER INRiM (€)
Fondazione Compagnia di S. Paolo	ACoAF (Progetto Analytical contaminants assessment in food)	2023	2026	80.000
Fondazione CRT	CRATE	2024	2026	40.000
Fondazione Compagnia di S. Paolo	QUTENOISE	2024	2026	90.000
Fondazione CRT	SmartTwin (Oxygen digital twin della smart bay s. Teresa)	2025	2026	65.000
Fondazione CRT	"Vecchie" molecole per nuove applicazioni: porfirinati metallici biocompatibili per applicazioni multi-teranostiche in ambito oncologico	2026	2027	41.000

I progetti industriali

L'INRiM collabora con industrie nazionali e internazionali, disseminando le proprie competenze e tecnologie nell'ambito di progetti di servizio e progetti di ricerca congiunti.

Da segnalare i progetti siglati con Spaceopal GmbH (Germania), Thales Alenia Space (Italia) e GMV Innovating Solutions (Spagna), sviluppati nell'ambito di **Galileo (il sistema di navigazione satellitare europeo)** all'interno di una collaborazione più ampia che coinvolge la **European Space Agency (ESA)**.

COMMITTENTE	NOME PROGETTO	ANNO DI INIZIO	ANNO DI FINE	CONTRIBUTO PER INRiM (€)
LTF S.p.A.	Concessione di una licenza di sfruttamento del know-how nel settore delle misure di durezza per le scale rockwell, brinell, vickers e marten (LTF Cessione Know-how)	2017	2027	13.000
Measurements International Ltd	Concessione licenza know-how per Measurements International Ltd (Canada)	2019	2034	10.000

KAYSER Italia Srl	PROSPECT (Sviluppo e caratterizzazione di sistemi di imaging e fotometria per le sorgenti luminose a stato solido)	2021	2026	200.000
GMV Madrid/ESA	GMVG2G (GESS Hosting services and provision of timing products as part of the Galileo G2 System Test Bed)	2023	2027	125.000
Autostrade del Brennero	Studio e realizzazione di una rete di monitoraggio acustico ambientale lungo l'Autostrada del Brennero mediante l'impiego di microfoni MEMS	2024	2027	40.000
ESA	New Atomic Clock – EQM/QMs and first experimental flight model	2024	2027	100.000
ESA	Centro Nazionale di Competenze GNSS	2024	2028	220.000
ASG Superconductors	ASG	2024	2026	53.000
Commissione europea	NOSTRADAMUS DTGBS	2025	2029	55.000
Leonardo S.p.A.	LEONARDO 1	2025	2030	60.000
Carl Zeiss S.p.A	FEMB2 (Feasibility of EUCom's Method B2)	2025	2035	16.000
Nuovo Pignone Srl	CO2 (Realizzazione di due equazioni di stato per miscele di CO2 ad alta temperatura)	2025	2028	30.000
Leonardo S.p.A.	GROUND (Next generation ground reference clocks for egnss)	2025	2026	100.000
Tetra Pak	Ferriti e composti magnetici per packaging saldatura induttiva	2025	2026	115.000
Rocksoil Spa	ROCKSOIL	2025	2026	14.000
ENEL X	LUMINA	2025	2026	40.000

8.4.3 I PROGETTI DI ISTITUTO

I progetti elencati nella tabella seguente sono progetti trasversali che coinvolgono più strutture dell'Istituto e sono finanziati tramite fondi FOE.

NOME PROGETTO	ENTE FINANZIATORE	CONTRIBUTO PER INRim (€)	INIZIO	FINE
ITALIAN QUANTUM BACKBONE	MUR-FOE	14.737.000	2025	2028
METRO-INN	MUR-FOE	5.000.000	2022	2028
Next-Generation Metrology (NEXT-GEN)	MUR-FOE (progetto ministeriale continuativo)	970.000 euro/anno	2022	2030
Better measurements for energy storage (STORAGE)	MUR-FOE (progetto ministeriale continuativo)	600.000 euro/anno	2022	2030

Progetto ITALIAN QUANTUM BACKBONE

Si propone lo sviluppo di un'infrastruttura che collega l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica con diversi centri di ricerca e laboratori del paese, attraverso oltre 1800 km di fibra ottica; la rete copre l'intero territorio nazionale (da Torino a Matera e al confine con la Francia) e dal 2021 è collegata agli Istituti Metrologici di Francia, Regno Unito e Germania. Il segnale ufficiale dell'ora italiana UTC(IT), generato e distribuito dall'INRiM, viaggiando lungo una connessione in fibra ottica altamente stabile e accurata, abiliterà applicazioni avanzate nel campo della comunicazione quantistica, della Quantum Key Distribution (QKD) e della metrologia del tempo. L'INRiM abilita la trasmissione di segnali di tempo con accuratezza di alcuni nanosecondi e una stabilità inferiore al nanosecondo, necessari per esperimenti in campo quantistico e per garantire la riferibilità metrologica delle misure di tempo a livello europeo.

Progetto METRO-INN

Si propone di sviluppare un'infrastruttura nazionale per la qualità delle misure a garanzia dell'innovazione sostenibile, infrastruttura per la quale l'Istituto fornirà competenze scientifiche, strumentazione analitica e supporto metrologico.

Le tematiche del progetto riguardano:

- Economia Circolare: in particolare, sprechi alimentari e soluzioni di imballaggio innovative;
- Risparmio Energetico: in particolare, reti elettriche smart e ricarica degli autoveicoli;
- Sostenibilità Ambientale: in particolare, reti estese di sensori e siti di riferimento metrologico.

I due seguenti progetti sono stati finanziati dal **MUR**, per la prima volta nella storia dell'Istituto, mediante il **fondo per la "Progettualità di carattere continuativo"**.

NEXT - GENERATION METROLOGY

Si sviluppa lungo 14 linee di attività, per un totale di 17 sotto-progetti; l'obiettivo di NEXT - GEN è lo sviluppo di nuova metrologia e nuovi sensori per la transizione energetica e l'economia circolare, basati sulle tecnologie micro-nano e quantistiche.

BETTER MEASUREMENTS FOR ENERGY STORAGE

Si prefigge il rafforzamento della presenza INRiM in un ambito strategico per la transizione energetica, incrementando le competenze e sviluppando nuove attività di ricerca sul tema dell'immagazzinamento e del riutilizzo dell'energia elettrica, in relazione alle tecnologie attuali per l'accumulo di energia elettrica e a quelle più innovative. Il progetto prevede l'integrazione con il Politecnico di Torino e l'Università di Torino per l'integrazione e il rafforzamento delle competenze.

9 – ATTIVITA' DI TERZA MISSIONE / IMPATTO SOCIALE

9.1 - AZIONI DI SUPPORTO ALLA ALTA FORMAZIONE

L'INRiM svolge diverse attività di formazione, sia partecipando attivamente a programmi di alta formazione offerti da università e altre istituzioni accademiche italiane e straniere, che organizzando percorsi di perfezionamento e di specializzazione post laurea.

Borse di dottorato

L'INRiM e il Politecnico di Torino hanno avviato un Programma congiunto di collaborazione denominato **Scienza e Tecnologia per le Misure**, che consiste, a partire dal XXXIX ciclo di dottorato, nell'allargare la visibilità del dottorato estendendo la collaborazione con tutti i corsi di dottorato attivi, promuovendo quindi un approccio interdisciplinare e innovativo e consentendo al contempo l'applicazione della scienza e tecnologia della misura.

Il Politecnico di Torino si è impegnato, per i tre cicli 39°, 40° e 41°, a bandire le borse di studio finanziate dall'INRiM, finalizzate allo svolgimento delle attività di ricerca dei Dottorati di Ricerca individuati da un apposito Comitato tecnico istituito dai due contraenti.

Nel 2025, per il 41° ciclo di dottorato, il Politecnico di Torino ha approvato la proposta INRiM per 9 borse nell'ambito dei seguenti collegi:

- Fisica: 3 borse sul tema “Advanced Metrology in Physics”
- Ingegneria Elettrica, Elettronica e delle Comunicazioni: 4 borse sul tema “Advanced Metrology for Electrical, Electronics and Communications Engineering”
- Ingegneria Gestionale e della Produzione: 2 borse sul tema “Advanced Metrology for Mechanical Engineering”

L'INRiM ha stipulato convenzioni con il Politecnico di Torino relativamente al finanziamento di altre tre borse di studio per i corsi di dottorato in Scienza e Tecnologia dei Materiali, Fisica e per il corso di dottorato di interesse nazionale in Materiali, processi e tecnologie sostenibili per fotovoltaico e stoccaggio nella transizione energetica. L'INRiM collabora anche con l'Università di Torino, finanziando borse di studio per il corso di dottorato in “Scienze chimiche e dei materiali”.

Docenze universitarie

L'Alta Formazione in collaborazione con il mondo accademico coinvolge parte del personale dell'ente, che svolge attività di docenza sia a livello locale, presso il Politecnico di Torino (12 corsi con titolari INRiM) e l'Università degli Studi di Torino, che presso altre realtà accademiche nazionali e internazionali.

Scuole di perfezionamento

Ad ottobre 2025 l'INRiM ha organizzato a Matera, presso la Casa delle Tecnologie Emergenti, la prima edizione della **Scuola Internazionale “Quantum Timekeepers 2025”: Emerging Systems and Architectures for Atomic Clocks**. La scuola ha rappresentato un'occasione di alta formazione e confronto scientifico internazionale, rivolta a studenti magistrali, dottorande/i e giovani ricercatrici e ricercatori interessati ai fondamenti e agli sviluppi più recenti degli orologi atomici ottici. Quest'iniziativa ha confermato il ruolo dell'INRiM nella promozione della ricerca metrologica avanzata e della formazione delle nuove generazioni di scienziati, consolidando al contempo Matera come luogo privilegiato per iniziative scientifiche di alto profilo.

A luglio 2025 si è tenuta a Varenna la **Summer School for Metrology**, uno dei corsi estivi della **International School of Physics “Enrico Fermi”**, organizzata dalla Società Italiana di Fisica (SIF) in collaborazione con l'INRiM, il Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), il Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) e il Centro Español de Metrología (CEM). La scuola, dedicata a dottorandi e post doc, si pone l'obiettivo di formare le future generazioni di scienziati, approfondendo temi specifici e all'avanguardia della fisica. La Summer School for Metrology, sul tema “Future needs for

metrology: climate science, quantum technologies and the digital transformation”, ha proposto una serie di lezioni tenute da esperti della metrologia operanti nei settori di climate science, quantum technologies e digital transformation.

Tirocini e formazione

L'INRiM offre anche attività di sostegno e formazione per studenti laureandi, che possono seguire tirocini curricolari (in convenzione con il Politecnico e l'Università di Torino) per laurea triennale/ tesi magistrale (circa 50/anno), ed inoltre fruire di laboratori, attrezzature e infrastrutture di ricerca. Altri tirocini sono richiesti ed attivati con università e centri di ricerca italiani e stranieri, attraverso la stipula di apposite convenzioni. L'istituto supporta su richiesta anche tirocini extracurricolari per neodiplomati e neolaureati.

Nella tabella a seguire sono riportati i dettagli riguardanti l'Alta Formazione dell'INRiM nel 2025.

Tabella 15 – I numeri dell'Alta Formazione universitaria nel 2025

Tipologia	N.
Corsi universitari erogati (corsi di laurea, master e dottorati di ricerca)	52
Ore di didattica universitaria erogate	1.060
Ricercatori e tecnologi coinvolti nelle attività di docenza	39
Studenti di dottorato (borse in convenzione)	28
Tirocinanti/tesisti	49

9.2 - FORMAZIONE PROFESSIONALE CONTINUA E PERMANENTE

L'INRiM contribuisce ad ampliare conoscenze, capacità e competenze - in ambito personale, sociale e professionale - tramite attività di formazione permanente che comprendono corsi, seminari e workshop finalizzati all'acquisizione, allo sviluppo ed all'aggiornamento di specifiche competenze professionali.

Il personale dell'Istituto svolge docenze in corsi di formazione di argomento metrologico, e non solo, che coinvolgono il personale di imprese, enti di certificazione, enti di ricerca nazionali/internazionali e associazioni, nonché i docenti di scuole di ogni ordine e grado. Un'altra fetta di attività di docenza è invece dedicata alla formazione di studenti e giovani ricercatori, tramite seminari o lezioni tenute presso scuole nate nell'ambito di convegni o workshop, per approfondire determinate tematiche al di fuori dei percorsi universitari istituzionali.

Dal 4 giugno al 3 luglio 2025, si è svolta la **Summer School dell'ACCREDIA Academy**, organizzata in collaborazione con l'INRiM e l'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI) dell' ENEA, al fine di formare competenze tecniche nel settore della taratura. Tra le principali novità dell'offerta formativa, il percorso destinato a chi opera nell'ambito delle radiazioni ionizzanti, mentre al tradizionale focus dedicato alla taratura si è affiancato il tema delle verificazioni periodiche, disciplinate in Italia dal DM 93/2017 in applicazione della Direttiva 2014/32/UE Measuring Instruments Directive (MID). Il corso è dedicato al personale di laboratori e organismi accreditati, ai dipendenti di Pubbliche Amministrazioni, agli ispettori ed esperti qualificati da ACCREDIA e ai laureati in discipline STEM.

L'INRiM ha confermato il proprio sostegno al **Master annuale “High Performance and Quantum Computing” (HPQC)**, coordinato dal Dipartimento di Fisica e Astronomia “Augusto Righi” dell'Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, iniziato a gennaio 2026. Il Master prevede che i partecipanti effettuino un periodo di tirocinio di 575 ore presso istituti di ricerca, enti pubblici e aziende private attive nel settore dell'informatica scientifica e industriale, partner ufficiali del

programma. Il Master è rivolto a neolaureati (laurea triennale o magistrale) che desiderano specializzarsi nello sviluppo e nell'uso di tecnologie computazionali avanzate, inclusi calcolo ad alte prestazioni (HPC) e computer quantistici, e a professionisti che cercano una specializzazione nelle tecnologie emergenti e di avanguardia.

Nel corso del 2025 il personale dell'INRiM ha tenuto inoltre i seguenti corsi di formazione/workshop/seminari, per un totale di 60 ore, in collaborazione con:

- **CMM Club Italia:** seminari di argomento metrologico (storia della metrologia, sistemi di riferimento e loro incertezza).
- **Elettronica S.p.A.:** corso di formazione su sistemi di generazione e misura per alte tensioni.
- **ePIXFab:** cross-fertilization workshop (CFW) su nozioni riguardanti piattaforme fotoniche integrate per applicazioni quantistiche, sorgenti quantistiche, algoritmi, comunicazioni, elaborazione e applicazioni di rilevamento quantistico.
- **School on Nanotechnologies (NanoInnovation 2025, Roma):** seminario su litografia basata su copolimeri a blocchi e tecnologie di base; il corso è dedicato a studenti di laurea magistrale e dottorato, nonché a scienziati che lavorano nell'ampio campo della micro e nanotecnologia, con attenzione sia alle tecnologie planari che a quelle 3D.
- **Summer School METROFOOD-IT,** in collaborazione con Sapienza Università di Roma ed ENEA: corsi dedicati alle aziende della filiera agroalimentare, con un focus sulle soluzioni innovative per il controllo qualità e la certificazione dei prodotti.

9.3 - NUOVE METODOLOGIE DI COMUNICAZIONE E DIFFUSIONE DELLA CONOSCENZA

La comunicazione e la diffusione della conoscenza rappresentano per l'INRiM un ambito strategico, funzionale al rafforzamento del dialogo con la comunità scientifica, le istituzioni, le imprese e la cittadinanza. In quanto Istituto Metrologico Primario nazionale, l'INRiM garantisce affidabilità, trasparenza e trasferimento delle conoscenze nel campo della scienza delle misure, contribuendo allo sviluppo scientifico, tecnologico ed economico del Paese.

La comunicazione di INRiM si inserisce nel contesto di crescente domanda di apertura e accessibilità dei risultati della ricerca finanziata con risorse pubbliche. L'INRiM adotta un approccio integrato, in cui la comunicazione rappresenta sia uno strumento di visibilità, sia una leva di servizio pubblico, valorizzazione delle competenze scientifiche e costruzione di relazioni con stakeholder istituzionali, scientifici e cittadini.

9.3.1 OBIETTIVI DELLA COMUNICAZIONE

- Le metodologie di comunicazione perseguono i seguenti obiettivi strategici:
- promuovere l'identità istituzionale dell'INRiM a livello nazionale e internazionale;
- valorizzare i risultati della ricerca scientifica e tecnologica;
- rafforzare il posizionamento dell'Ente presso istituzioni, imprese e comunità scientifica;
- favorire il dialogo con la cittadinanza e la diffusione della cultura scientifica;
- sostenere la coesione interna e la condivisione delle scelte strategiche.

9.3.2 STAKEHOLDER

I destinatari della comunicazione sono articolati in gruppi differenziati per ruolo, interessi, competenza scientifica e ambito geografico:

- Ministero dell'Università e della Ricerca e altre istituzioni nazionali;
- Centri di ricerca, università e consorzi pubblici e privati;
- Imprese locali, nazionali e internazionali;

- Enti e istituzioni locali, associazioni culturali e scientifiche;
- Comunità scientifica senior (docenti, ricercatori, PhD);
- Pubblico specializzato junior (studentesse e studenti universitari);
- Pubblico non specializzato e cittadinanza interessata alla scienza;
- Personale interno dell'INRiM (dipendenti, assegnisti, dottorandi, tirocinanti).

9.3.3 CONTENUTI DELLA COMUNICAZIONE

I contenuti sono organizzati in cinque macro-aree:

1. **Comunicazione scientifica:** Valorizza la ricerca dell'Ente, i progetti nazionali e internazionali, i prodotti della ricerca (pubblicazioni, brevetti, spin-off), eventi scientifici e riconoscimenti;
2. **Comunicazione istituzionale:** Promuove valori, identità e funzioni dell'INRiM, opportunità di lavoro e formazione, e servizi offerti a istituzioni e imprese;
3. **Comunicazione organizzativa:** Include la condivisione dei risultati scientifici, delle scelte strategiche, delle attività dell'Ente, informazioni di pubblica utilità, celebrazioni e policy interne;
4. **Comunicazione degli eventi:** Coinvolge conferenze, workshop, fiere, meeting, school, corsi universitari, visite didattiche e istituzionali;
5. **Divulgazione scientifica:** Diffonde la cultura scientifica presso il pubblico non specializzato, utilizzando linguaggi accessibili e strumenti visuali.

9.3.4 COMUNICAZIONE ESTERNA

La comunicazione esterna è orientata alla promozione della cultura scientifica, alla trasparenza e al rafforzamento del posizionamento istituzionale.

Il Portale Istituzionale

Il portale istituzionale dell'INRiM (<https://www.inrim.it/>) costituisce la presenza ufficiale dell'Ente sul web. Completamente rinnovato nel 2022, il sito è concepito secondo logiche user-centric, privilegiando la presentazione dei contenuti attraverso i grandi temi della ricerca, dei servizi e delle infrastrutture scientifiche. Il portale funge da hub centrale dell'ecosistema comunicativo, integrandosi con social media e newsletter, e supporta trasparenza, valorizzazione scientifica e rafforzamento dell'identità istituzionale.

Social media

I social media rappresentano strumenti fondamentali per promuovere le attività e i valori dell'INRiM, favorendo una comunicazione diretta e interattiva.

Ogni piattaforma è utilizzata secondo target specifici:

- **Facebook:** pubblico ampio e diversificato; linguaggio informale e immediato;
- **YouTube:** video su attività di ricerca, iniziative e dirette streaming di eventi;
- **LinkedIn:** promozione scientifica e culturale, networking con enti e aziende, diffusione opportunità di lavoro;
- **Instagram:** pubblico giovane; contenuti divulgativi e visuali.

La gestione dei canali è regolata da una **Social Media Policy**, che garantisce coerenza, professionalità e tutela dei dati personali.

Rapporti con i media

Le relazioni con media tradizionali e specializzati mirano a garantire tempestività, affidabilità e copertura delle attività scientifiche e istituzionali.

9.3.5 COMUNICAZIONE INTERNA

La comunicazione interna rafforza coesione e partecipazione del personale. Gli strumenti principali sono:

- **Intranet:** spazio web interno per informazioni operative e logistiche;
- **Posta elettronica e newsletter settimanale:** rinnovata nel 2024 con Mailchimp, permette invii strutturati, monitorabili e conformi al GDPR, rafforzando la circolazione delle informazioni e il senso di appartenenza.

9.4 - ATTIVITÀ DI PUBLIC ENGAGEMENT: CONFERENZE, MOSTRE, CANALI SOCIAL

Il Public Engagement dell'INRiM si concretizza in attività finalizzate a promuovere la cultura scientifica, avvicinare cittadini e studenti alla metrologia e rafforzare la partecipazione della società alla ricerca scientifica.

9.4.1 DIVULGAZIONE VERSO L'AMPIO PUBBLICO

L'INRiM realizza un'ampia gamma di iniziative divulgative, rivolte a pubblici diversificati e caratterizzate da linguaggi accessibili:

- **Pubblico generico e famiglie:** realizzazione dell'evento "Domenica in Scienza: un viaggio nel mondo delle misure", evento nel quale l'Ente apre le porte dei propri laboratori e del Campus di ricerca alla cittadinanza con visite guidate, attività ludico scientifiche, di divulgazione e talk; partecipazione a UNIGHT – Notte delle Ricercatrici e dei Ricercatori di Torino; partecipazione al Festival della Scienza di Genova; partecipazione alla "Strada delle Scoperte", l'iniziativa dell'Università degli Studi di Torino che per due settimane ha animato via Pietro Giuria con installazioni, percorsi interattivi e attività scientifiche aperte a tutte e a tutti;
- **Studenti e scuole di ogni ordine e grado:** visite ai laboratori, workshop didattici, esperimenti divulgativi, partecipazione con attività educative e formative a progetti tra i quali "Crescere in città" della città di Torino e laboratori tematici presso scuole superiori e primarie;
- **Pubblico specializzato e giovani ricercatori:** seminari, lezioni formative nell'ambito di progetti nazionali e internazionali.

9.4.2 ORGANIZZAZIONE DI EVENTI SCIENTIFICI

L'INRiM promuove, coordina e partecipa a conferenze, workshop e meeting internazionali, tra cui:

- Conferenze nazionali e internazionali;
- Eventi tematici e sessioni speciali, co-organizzate nell'ambito di progetti internazionali e consorzi scientifici;
- Workshop e seminari per giovani ricercatori e studenti universitari, finalizzati a stimolare l'interdisciplinarietà e il confronto scientifico;
- Stakeholder e project meetings per la disseminazione dei risultati di ricerca, con presentazioni pubbliche, poster e materiali multimediali.

Questi eventi rappresentano momenti strategici per la **diffusione della conoscenza scientifica**, il networking internazionale, il coinvolgimento delle nuove generazioni e il rafforzamento della reputazione dell'Ente nel contesto nazionale e internazionale.

9.4.3 COMUNICAZIONE DIGITALE E MEDIA

Le attività di public engagement sono supportate da strumenti digitali e media:

- **Web communication e social media:** interviste, aggiornamenti dei progetti, newsletter, video descrittivi, Project Posters e aggiornamento continuo dei contenuti online;

- **Collaborazioni con media specializzati** e pubblicazione di articoli divulgativi.

9.4.4 - PARTECIPAZIONE AD APENET, “RETE ITALIANA DEGLI ATENEI ED ENTI DI RICERCA PER IL PUBLIC ENGAGEMENT” (PE)

L'associazione, di cui l'INRiM è socio fondatore, si propone come supporto a tutti i membri aderenti per migliorare le politiche di PE e la Terza Missione, puntando a diventare un interlocutore qualificato verso ANVUR nei processi della VQR. L'INRiM contribuisce alla rete anche tramite il coordinamento di un gruppo di lavoro sulla Letteratura sul PE.

9.4.5 - IDEAZIONE DI UN LABORATORIO DIDATTICO MULTIDISCIPLINARE

E' in cantiere la realizzazione di un laboratorio didattico multidisciplinare, in cui sia possibile non solo accogliere gli studenti delle scuole in visita ai laboratori INRiM, ma anche svolgere attività didattiche di livello universitario, da sviluppare in concomitanza con la costruzione del nuovo padiglione per congressi e il Public Engagement.

9.5 - INDICAZIONE DEL BUDGET E DEL PERSONALE (%) COINVOLTO NELLE VARIE ATTIVITÀ

Le attività di terza missione, dedicate al trasferimento della conoscenza e alle attività di Public Engagement, coinvolgono il **35% degli addetti**, impegnati per una quantità di tempo variabile; il **budget dedicato** rappresenta circa l'**1,6% del FOE**.

9.6 - SERVIZI CONTO-TERZI: INDICAZIONE RICAVI OTTENUTI E PERSONALE IMPEGNATO (%), PREVISIONE PER IL TRIENNIO

Nel 2025 i **ricavi ottenuti** per servizi conto terzi ammontano a 1,7 M€ (dati da “Bilancio di previsione Annuale autorizzatorio 2026 - Triennale 2026 – 2028”, approvato dal CdA INRiM il 22 dicembre 2025).

Il **personale impegnato** in Servizi Conto terzi risulta essere il 45% del totale del personale scientifico (soprattutto tecnici, ma anche ricercatori e tecnologi).

La tabella seguente riporta la previsione degli introiti da servizi conto terzi per il triennio, come riportati nella tabella di budget economico triennale 2026-2027-2028 del “Bilancio di previsione Annuale autorizzatorio 2026”.

Tabella 16 – Servizi conto-terzi: previsione per il triennio

SERVIZI CONTO TERZI	2026	2027	2028
Entrate per prestazioni a tariffario	1.700.000	1.700.000	1.700.000

9.7 - PARTECIPAZIONI A SPIN-OFF, SOCIETÀ E FONDAZIONI

Nel triennio 2026–2028 l'INRiM intende consolidare e potenziare il proprio ruolo nel panorama nazionale del trasferimento tecnologico e della valorizzazione della ricerca, rafforzando il collegamento tra produzione scientifica e applicazioni industriali. L'Ufficio di Trasferimento Tecnologico (UTT) e l'Unità Operativa Knowledge Transfer (UO KTr) rappresentano oggi il fulcro delle attività legate alla Terza Missione dell'Istituto. A partire dalle esperienze maturate con i progetti finanziati dal MIMIT: RiTeM (Rilancio della Terza Missione) e ConTeMi (Consolidamento della Terza Missione), l'INRiM ha sviluppato una struttura organizzativa solida e un approccio sistematico alla gestione della proprietà intellettuale, alla collaborazione con le imprese e alla diffusione della conoscenza scientifica.

Nel triennio precedente l'Istituto ha gestito un portafoglio stabile di 15 famiglie brevettuali attive, di cui 4 concesse in licenza esclusiva e temporanea ($\approx 27\%$) e 2 oggetto di trasferimento di know-how verso imprese private. Sulla base di tali risultati, per il triennio 2026–2028 si prevede il mantenimento del portafoglio intorno alle 15 famiglie, con un turn-over programmato di 4–5 famiglie nel triennio ($\approx 30\%$). Le famiglie brevettuali in licenza potranno aumentare da 4 a 5 ($\approx 33\%$). Parallelamente, l'Istituto consoliderà il proprio posizionamento all'interno della rete NETVAL attraverso una partecipazione continuativa alle attività di confronto, formazione e condivisione delle buone pratiche nazionali in materia di valorizzazione della ricerca pubblica. È inoltre previsto il completamento del percorso di costituzione del primo spin-off dell'Istituto e il suo avvio operativo, quale strumento complementare alle licenze per la valorizzazione dei risultati della ricerca, con l'obiettivo di favorire la maturazione industriale delle tecnologie e la loro immissione sul mercato.

Su queste basi, il nuovo triennio prevede un ulteriore salto di qualità attraverso l'attuazione del progetto PoTeMi (Potenziamento Terza Missione), che mira a rafforzare ulteriormente la capacità dell'Istituto di generare impatti economici e sociali dalla ricerca pubblica. L'obiettivo è consolidare un modello operativo stabile e integrato, in grado di accompagnare l'intero ciclo della valorizzazione: dall'individuazione dei risultati della ricerca con potenziale applicativo, alla loro protezione tramite strumenti di proprietà intellettuale, fino al trasferimento verso il sistema produttivo mediante licenze, partnership e spin-off.

L'INRiM dispone oggi di un portafoglio brevettuale di 15 famiglie attive, di cui quattro con licenza esclusiva e due licenze per concessione di know-how. Tale patrimonio rappresenta una risorsa strategica non solo per la valorizzazione economica, ma anche per il riconoscimento dell'Istituto come attore chiave nell'ecosistema dell'innovazione pubblica. Le recenti misure di semplificazione interna, che verranno introdotte con il regolamento per la gestione della proprietà intellettuale (in fase di approvazione), renderanno più rapidi ed efficienti i processi di valutazione, deposito e mantenimento dei brevetti. Nel corso del triennio 2026–2028 si prevede un incremento graduale del numero di domande di deposito e un ampliamento delle licenze attive, con l'obiettivo di consolidare il ruolo dell'UTT come centro di competenza per la valorizzazione tecnologica a livello nazionale. Un elemento di particolare rilievo sarà rappresentato dall'avvio di uno spin-off INRiM, attualmente in fase di costituzione. Queste iniziative segnano un passaggio importante nel percorso di maturazione dell'Istituto verso una gestione integrata della conoscenza, in cui la ricerca scientifica si traduce in soluzioni applicabili e in opportunità imprenditoriali sostenibili.

Parallelamente, l'INRiM continuerà a investire nel rafforzamento delle attività di collaborazione con le imprese e con i principali attori del territorio. La partecipazione a fiere e manifestazioni internazionali – come A&T, CIM – sarà affiancata da una presenza costante nei poli di innovazione e nei cluster regionali, tra cui BioPmed e il Distretto Aerospaziale Piemontese (DAP). Le attività di scouting tecnologico si concentreranno sui progetti finanziati nell'ambito del PNRR, con l'obiettivo di individuare tecnologie emergenti ad alto potenziale di trasferimento. Il rafforzamento delle relazioni con il mondo industriale sarà sostenuto da accordi di riservatezza (NDA), licenze di know-how e contratti di collaborazione tecnico-scientifica, promuovendo un dialogo continuo tra ricerca pubblica e sistema produttivo.

La visibilità delle competenze e delle tecnologie dell'Istituto sarà potenziata attraverso la pubblicazione dei brevetti e delle soluzioni innovative su piattaforme digitali come Knowledge Share, con l'obiettivo di ampliare le opportunità di incontro

tra offerta scientifica e domanda industriale.

Nel complesso, il Piano Triennale 2026–2028 mira a consolidare la capacità dell'INRiM di tradurre la propria eccellenza scientifica in impatti tangibili per il Paese. Attraverso una gestione strategica della proprietà intellettuale, il rafforzamento dei meccanismi di trasferimento tecnologico, la promozione di spin-off e un approccio sempre più aperto verso la società, l'Istituto si propone di diventare un modello nazionale di Terza Missione per gli enti pubblici di ricerca. Il progetto PoTeMi costituirà in questo senso la cornice abilitante per l'evoluzione organizzativa dell'UTT, rendendo strutturale la sinergia tra competenze scientifiche, strumenti giuridici e capacità di innovazione.

L'impatto atteso è quello di una maggiore integrazione tra ricerca e industria, un incremento delle licenze e collaborazioni attive, e la nascita di nuove realtà imprenditoriali capaci di valorizzare le tecnologie sviluppate dall'INRiM. Attraverso un'azione coerente e sostenibile, l'Istituto continuerà a contribuire al rafforzamento del sistema nazionale dell'innovazione e alla diffusione della cultura scientifica come motore di progresso economico e sociale.

9.8 - BREVETTI DEPOSITATI: TITOLO, ANNO PUBBLICAZIONE, ENTRATE, ETC..

Nel 2025 l'INRiM è titolare di:

- 5 brevetti depositati
- 2 brevetti che hanno ottenuto la concessione

I brevetti depositati sono descritti in dettaglio qui di seguito.

1) “Piezoelectric chitosan nanoparticles and their use in biomedical applications” Inventore: Bruno Torre – 28/02/2025 Deposito domanda, in cotitolarità con Istituto Italiano di Tecnologia - IIT, presso Ufficio italiano Brevetti e Marchi (UIBM-MIMIT).

2) “A magneto-ionic device for data security, authentication and advanced computing” Inventori: Tiberto Paola Maria, Federica Celegato, Alessandro Magni - 01/07/2025 deposito domanda presso European Patent Office (EPO), in cotitolarità con Università Autonoma di Barcellona (UAB) e Istituto Catalano di ricerca e Studi Avanzati (ICREA).

3) “Metodo di lettura, autenticazione o identificazione Fisica ad alta informazione e facile rilevabilità e Relativo sistema” Inventori: Gianluca Milano, Federici Ferrarese Lupi, Irdi Murataj, Chiara Magosso – 11/11/2025 deposito domanda presso Ufficio italiano Brevetti e Marchi (UIBM-MIMIT), in cotitolarità con Politecnico di Torino.

4) “Tecnologia Rilevamento Arco Elettrico AC – T.R.A.E. AC” Inventori: Domenico Giordano, Davide Signorino e Sara Letizia Palma – 13/11/2025, Ufficio italiano Brevetti e Marchi (UIBM-MIMIT).

5) “Nanotubi di polidopamina con proprietà piezoelettriche e loro usi” Inventore: Bruno Torre – 03/12/2025 Deposito domanda, in cotitolarità con Istituto Italiano di Tecnologia - IIT, presso Ufficio italiano Brevetti e Marchi (UIBM-MIMIT).

Hanno invece ottenuto la concessione (una italiana e una cinese) i due seguenti brevetti:

1) “Sistema ottico per la misura dell'assetto relativo di due corpi” Inventori: Marco Pisani, Massimo Zucco, Carlo Paolo Sasso – 23/07/2025 Concessione Ufficio italiano Brevetti e Marchi (UIBM-MIMIT), in cotitolarità con azienda Thales Alenia Space Italia.

2) “An external-cavity laser device, corresponding system and method” Inventori: Carlo Sias, Lucia Duca, Elia Perego - Brevetto in cotitolarità con LENS – 15/08/2025 Concessione China Patent Office

Non risultano entrate da brevetti.

10 – AZIONI PER GENDER EQUALITY

Le azioni volte a garantire la parità di genere e l'inclusività non sono intese come interventi isolati, bensì come elementi strutturali della strategia complessiva dell'INRiM per il triennio 2026–2028. Esse sono pienamente integrate nel Piano Triennale di Attività e concorrono in modo trasversale al raggiungimento di obiettivi cruciali quali la creazione di valore pubblico, la promozione del benessere organizzativo e il miglioramento della qualità degli ambienti di lavoro, in coerenza con quanto definito nel Piano Integrato di Attività e Organizzazione (PIAO) e nel Gender Equality Plan (GEP) dell'Istituto. In questo quadro istituzionale, il **Comitato Unico di Garanzia (CUG)** esercita compiti propositivi, consultivi e di verifica, operando nel rigoroso rispetto delle Direttive ministeriali vigenti: quelle del 4 marzo 2011, del 2 febbraio 2019 e la più recente del 29 novembre 2023, specifica per il superamento del divario di genere e il contrasto alla violenza.

Il CUG svolge un ruolo fondamentale di impulso e raccordo a supporto dell'Amministrazione, agendo in sinergia strutturata con la **Consigliera di Fiducia** (quale presidio istituzionale indipendente per la tutela delle persone e la prevenzione delle discriminazioni), lo **Sportello di ascolto psicologico** (strumento di supporto specialistico) e le **Unità Organizzative (UO)** competenti sui temi delle risorse umane, della formazione e dell'organizzazione del lavoro. Le azioni descritte sono pertanto azioni dell'intero Ente, realizzate attraverso la collaborazione tra questi attori.

10.1 - DESCRIZIONE DELLE INIZIATIVE IN ATTO E PREVISTE VOLTE A PROMUOVERE INCLUSIVITÀ E PIANI DI "GENERE"

Sistema integrato di prevenzione, tutela e benessere organizzativo

L'INRiM ha attivato un sistema articolato di strumenti per affrontare le tematiche di genere e benessere superando una logica puramente reattiva a favore di un approccio preventivo e sistemico:

- la **Consigliera di Fiducia** rappresenta **presidio indipendente e qualificato dell'Ente per la prevenzione, la gestione riservata e l'orientamento nei casi di discriminazioni, molestie, conflitti e situazioni di disagio lavorativo**, nonché una funzione di raccordo istituzionale tra le istanze individuali e le politiche organizzative dell'Ente.
- Lo **Sportello di ascolto psicologico** integra il sistema di tutela fornendo un **supporto professionale specialistico** per la gestione del disagio psicosociale e il rafforzamento delle risorse individuali.
- Il **CUG**, in raccordo con l'Amministrazione, analizza le informazioni emergenti in forma aggregata e anonima, al fine di individuare trend collettivi e proporre azioni di miglioramento.

Monitoraggio e analisi dei dati di genere a supporto delle politiche dell'Ente

Viene realizzato un monitoraggio periodico dei dati relativi al personale, analizzando la distribuzione di genere, le progressioni di carriera, la partecipazione alla formazione e la presenza nei ruoli di responsabilità. Il CUG fornisce una lettura trasversale di tali dati attraverso la **Relazione Annuale** inviata al Ministero competente. Le valutazioni contenute nella relazione supportano la Dirigenza e le Risorse Umane nella definizione e nell'eventuale rimodulazione delle politiche di pari opportunità.

Informazione e formazione

Le iniziative formative, progettate congiuntamente da CUG, Consigliera e Amministrazione, mirano a garantire coerenza tra tutela individuale e politiche organizzative. Gli obiettivi sono: rafforzare la cultura delle pari opportunità, aumentare la consapevolezza sui meccanismi di stereotipo e bias (anche inconsapevoli), promuovere comportamenti inclusivi e valorizzare la prospettiva di genere nella ricerca, con particolare riguardo alle discipline STEM.

Iniziative previste nel triennio 2026–2028

Inserimento nelle reti nazionali e rafforzamento del coordinamento tra EPR

Il CUG INRiM opera nella Rete nazionale dei CUG e partecipa ai cicli annuali di raccolta dati previsti dalla normativa (validazione e inserimento nel Portale dei CUG del MUR), permettendo di collocare le politiche dell'Ente in un quadro comparativo nazionale.

Inoltre, nel 2026, il CUG si farà promotore della creazione di una **rete specifica dei CUG degli Enti Pubblici di Ricerca (EPR)**. L'obiettivo di questa iniziativa è rafforzare il coordinamento tra enti che condividono specificità scientifiche, organizzative e normative, favorendo lo scambio di buone pratiche nel comparto della ricerca pubblica.

Rafforzamento della sinergia tra gli attori coinvolti

Nel prossimo triennio, l'INRiM consoliderà ulteriormente il modello collaborativo formalizzando modalità di confronto periodico tra CUG, Consigliera, Sportello e Amministrazione.

Un passaggio centrale sarà la partecipazione diretta di alcuni membri del CUG al Gruppo di Gestione della Valutazione per la terza indagine sullo Stress Lavoro Correlato (anni 2025 e 2026). Questo approccio consentirà di intercettare precocemente segnali di criticità organizzativa e di valutare l'efficacia reale delle politiche di benessere adottate.

Promozione della cultura della parità e dell'inclusione

Saranno realizzate iniziative di sensibilizzazione rivolte all'intera comunità (seminari, incontri tematici) e confermata l'adesione a campagne internazionali come il Women Global Breakfast e le giornate contro la violenza sulle donne o contro l'omofobia.

Parallelamente, grazie alla spinta propositiva del CUG, l'Ente porrà particolare attenzione alla valorizzazione delle carriere femminili, promuovendo una presenza più equilibrata nei ruoli apicali e negli organi decisionali.

Integrazione della dimensione di genere nelle politiche organizzative

Il CUG continuerà a svolgere la propria funzione consultiva per integrare la dimensione di genere in tutti gli strumenti dell'Ente, con riferimento a: organizzazione del lavoro e lavoro agile (smart working), misure di conciliazione dei tempi di vita e di lavoro, iniziative di welfare e benessere, nonché progettazione inclusiva di spazi e servizi.

10.2 - INDICAZIONE DEL BUDGET E DEL PERSONALE (%) COINVOLTO

Risorse dedicate

Budget

Le azioni per la gender equality rientrano nella programmazione generale dell'Ente e non prevedono un budget strutturalmente autonomo per il CUG. Esse sono sostenute dalle risorse stanziare nel PIAO e nel bilancio (per formazione, welfare, comunicazione, ecc.).

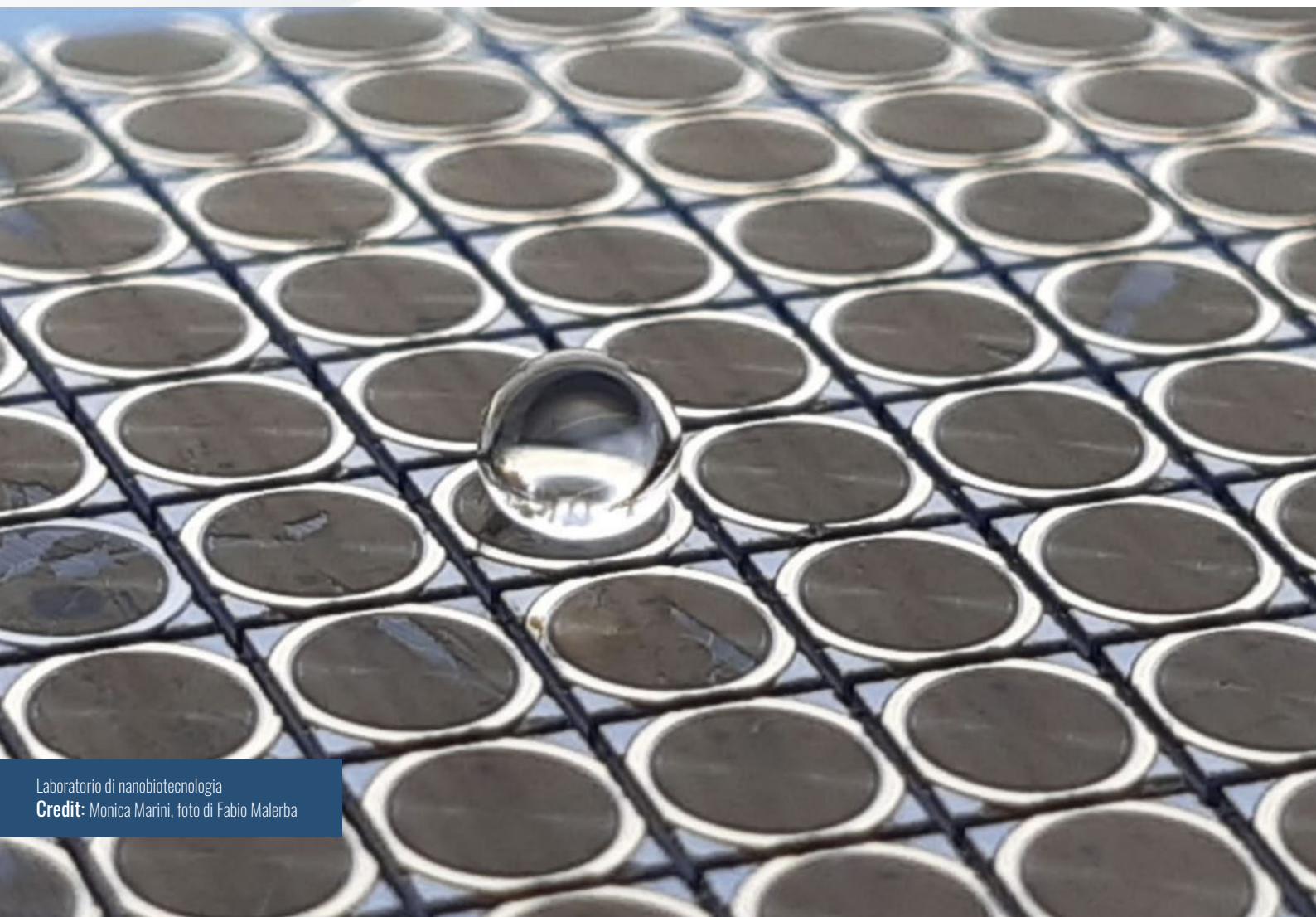
Tuttavia, esiste un meccanismo di flessibilità: per attività specifiche e mirate (es. eventi, campagne o progetti pilota), il CUG può proporre all'Amministrazione richieste di **budget dedicato**, motivate in relazione agli obiettivi del GEP. Tali richieste, se approvate, vengono gestite dalle Unità Organizzative competenti.

Personale coinvolto

L'attuazione delle azioni coinvolge una pluralità di soggetti: i componenti del CUG (con un impegno stimato del **5–10% del tempo lavorativo**), la Consigliera di Fiducia, i professionisti dello Sportello e il personale delle Unità Amministrative. Questo coinvolgimento diffuso riflette l'approccio integrato dell'INRiM, che considera la parità di genere un elemento strutturale per la creazione di valore.



Infrastruttura Piquet, evaporatore per film sottili
Credit: Giulia Aprile, Elena Losero

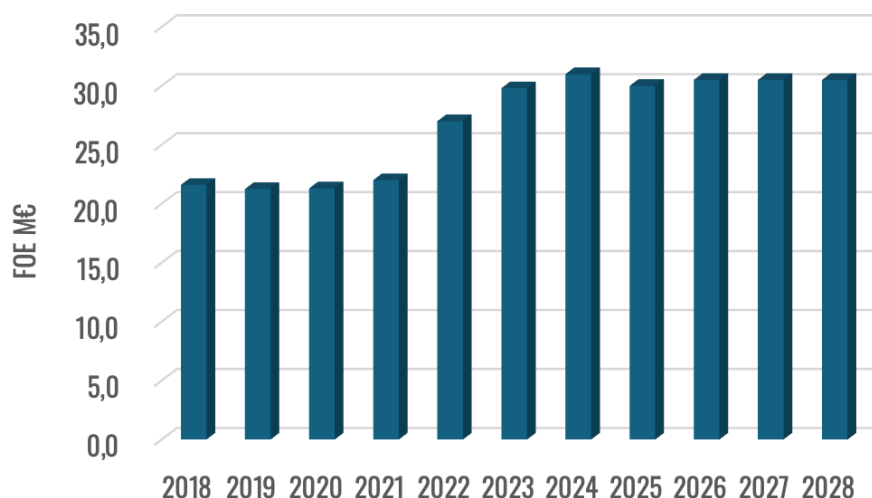


Laboratorio di nanobiotechnologia
Credit: Monica Marini, foto di Fabio Malerba

11 – RISORSE

Le risorse finanziarie considerate sono pari ai ricavi inseriti nel bilancio di previsione approvato dal Consiglio di Amministrazione dell'Ente, sulla base delle seguenti ipotesi:

- l'entità del fondo ordinario è calcolata sulla base delle assegnazioni previste dal decreto MUR di riparto del Fondo Ordinario per gli Enti e le Istituzioni di n. 437 del 27/06/2025. Per l'esercizio 2026, viene considerato quale riferimento il 100% dell'ammontare dell'assegnazione complessiva indicata per l'esercizio 2025. L'assegnazione del FOE di cui al citato decreto comprende, come per lo scorso esercizio, anche una quota dedicata alla progettualità di carattere continuativo, per complessivi 1.570.000 euro, destinati in modo specifico alla realizzazione di due progetti: "Next generation metrology" (970.000 euro) e "Better measurements for energy storage" (600.000 euro). Si prevede inoltre che l'Istituto beneficerà, come nello scorso esercizio, di un'assegnazione ad hoc per la valorizzazione del personale ricercatore e tecnologo per un importo pari a 839.336 euro. Di contro, già nello scorso esercizio sono confluite nell'assegnazione ordinaria del FOE le risorse per la valorizzazione del personale tecnico amministrativo (457.166 euro) di cui alla lettera b. dello stesso articolo di legge e quelle di cui al DM 250.2022 (263.158 euro per le stabilizzazioni e 965.509 euro come quota aggiuntiva in proporzione all'assegnazione ordinaria). Come illustrato nel grafico sottostante, a partire dal 2021 il FOE in favore dell'Istituto è aumentato, soprattutto grazie alla quota di valenza internazionale destinata alla nuova partnership metrologica EMP, alle risorse per le stabilizzazioni e le assunzioni straordinarie e, a partire dal 2022 alla progettualità di carattere continuativo, mentre già nel corso del 2024 (con la seconda variazione di bilancio preventivo) e conseguentemente nel 2025 ed esercizi seguenti, è stata ridotta di 1 mln di euro la quota di FOE per la valenza internazionale destinata alla realizzazione delle attività generali in ambito EURAMET.



- i ricavi commerciali da servizi metrologici sono calcolati sulla base del trend storico e delle variazioni attese. La previsione di questi ricavi per gli esercizi 2026 e seguenti ammonta a 1.700.000 euro, con un aumento di 100.000 euro rispetto agli esercizi precedenti, in ragione di un atteso incremento del lavoro di certificazione.
- la voce "altre entrate" comprende i ricavi derivanti dalla gestione del patrimonio. Non si registrano incrementi per il 2026 rispetto alle previsioni 2025.
- non sono inseriti, invece, i ricavi legati ai progetti competitivi e alle commesse industriali.

Il mancato inserimento dei ricavi legati ai progetti competitivi e alle commesse industriali è dovuto al valore autorizzato del budget, che non consente l'iscrizione di valori solo presunti. I contributi sono quindi oggetto di variazioni in corso d'anno, in corrispondenza all'approvazione del finanziamento.

Pertanto, i valori di seguito indicati non sono immediatamente confrontabili con il valore complessivo dei ricavi, utilizzato per l'indicatore di sostenibilità finanziaria del costo del personale riportato nell'ultimo Piano del Fabbisogno del Personale approvato. A puro scopo indicativo, si evidenzia che per il 2024 il valore dei progetti di ricerca e delle commesse industriali, contabilizzato in corrispondenza all'effettiva realizzazione delle attività finanziate, ammonta a 15,6 milioni di euro, contro gli 11,7 mil. dell'anno precedente. Questo valore, indicativo, andrebbe aggiunto al totale ricavi indicato nella tabella 14 per ottenere un valore maggiormente comparabile a quelli indicati nel sopracitato Piano.

Ciò premesso, le disponibilità sono di seguito riportate (i valori sono quelli di previsione).

Tabella 17 – Disponibilità da Bilancio di previsione 2026

Disponibilità	Esercizio 2026	Esercizio 2027	Esercizio 2028
Contributo ordinario dello Stato	30.527.455	30.527.455	30.527.455
Entrate per prestazioni di servizi	1.700.000	1.700.000	1.700.000
Altre entrate	469.281	477.000	477.000
TOTALE	32.696.736	32.704.455	32.704.455

La previsione dei costi è riportata nella tabella seguente.

Tabella 18 – Costi da Bilancio di previsione 2026

Costi	Esercizio 2026	Esercizio 2027	Esercizio 2028
Per il personale dipendente (TI e TD)	21.218.416	21.642.784	22.075.640
Costi di funzionamento (diretti e indiretti)	17.718.936	17.060.693	16.920.871
Oneri tributari	1.391.449	1.475.465	1.564.864
Trasferimenti allo Stato dovuti per legge ed altri oneri	347.505	349.905	349.905
TOTALE BUDGET ECONOMICO	40.676.306	40.528.847	40.911.280

Acquisto strumentazione e altre immobilizzazioni materiali e manutenzione straordinaria	11.402.162	3.245.000	2.475.000
TOTALE BUDGET INVESTIMENTI	11.402.162	3.245.000	2.475.000

Le spese di personale sono comprensive degli oneri, dei benefici assistenziali e sociali e dell'accantonamento ai fondi TFR e TFS. Gli oneri tributari comprendono l'IRAP.

Il budget degli investimenti 2026 include principalmente la ristrutturazione di palazzine all'interno del campus di strada delle Cacce 91, l'aggiornamento di impianti e l'acquisto di attrezzature scientifiche.

12 – FABBISOGNO DI PERSONALE E DOTAZIONE ORGANICA

12.1 - INDICATORE DI SOSTENIBILITÀ, PUNTI ORGANICO

Lo sviluppo delle risorse umane è sottoposto ad un vincolo di sostenibilità finanziaria. Ai sensi dell'art. 9, comma 2, del Decreto legislativo 25 novembre 2016, n. 218, attuativo della legge 124/2015, negli Enti Pubblici di Ricerca l'indicatore del limite massimo alle spese di personale, calcolato rapportando le spese complessive per il personale di competenza dell'anno di riferimento alla media delle entrate complessive dell'Ente come risultante dai bilanci consuntivi dell'ultimo triennio, non può superare l'ottanta per cento.

Il calcolo dell'indicatore di sostenibilità di questo Piano è basato sui valori del triennio 2022-2024.

Tabella 19 – Indicatore di sostenibilità 2025 (art. 9, secondo comma, D.Lgs. 218/2016 aggiornato dall'art. 1 comma 826, L. 207/2024)

	2022	2023	2024
Totale Ricavi	38.923.643	42.651.841	47.639.793
Media Ricavi nel triennio	43.071.759		
Costo del personale a carico del contributo ordinario 2024	19.119.193		
Costo del personale 2024/ Media Ricavi nel triennio	44,39%		

Secondo quanto previsto dalla lettera c), sesto comma, del citato art. 9, che introduce il concetto di punto organico nel comparto degli EPR, il dipartimento della Funzione Pubblica, con nota 13 dicembre 2017, n.72298-P, ha definito il costo medio annuo di riferimento per ciascuna qualifica di personale, esprimendola in relazione al costo del Dirigente di ricerca. Di seguito, tabella 20, la corrispondenza tra ciascun profilo-livello e il valore del punto organico (PO). A differenza di quanto accade per il comparto universitario, il valore dei PO viene definito sulla base dei valori storici specifici per ciascun Ente e pertanto è differenziato per singola Amministrazione.

Tabella 20 - Punti organico INRiM (DFP, nota n.72298-P del 13.12.2017)

Profilo	Livello	PO
Dirigente Amministrativo	II	1,1786
Ricercatore	I	1
	II	0,682
	III	0,438
Tecnologo	I	0,832
	II	0,529
	III	0,46

Personale Tecnico - Amministrativo	IV	0,472
	V	0,434
	VI	0,384
	VII	0,357
	VIII	0,331

Il valore economico del punto organico per INRiM, comprensivo dell'accantonamento annuo al Fondo TFR, risulta pari a 126.588 euro, ottenuto sommando l'accantonamento al TFR, pari a 6.257 euro, ai 120.331 euro indicati dalla tabella MIUR.

12.2 - PIANO DI RECLUTAMENTO NEL TRIENNIO, CON TABELLA RIASSUNTIVA: NUOVE ASSUNZIONI E PASSAGGI INTERNI

Il D.lgs. 218/2016, recante “Semplificazione delle attività degli enti pubblici di ricerca ai sensi dell’articolo 13 della legge 7 agosto 2015, n. 124”, ha stabilito che ogni EPR adotti, in conformità con le linee guida enunciate nel Programma nazionale della ricerca (PNR), il Piano Triennale di Attività (PTA), soggetto ad aggiornamento annuale e ad approvazione del Ministero vigilante, con il quale determina autonomamente anche la consistenza e le variazioni dell’organico e la programmazione per il reclutamento, nel rispetto dei soli limiti in materia di spesa per il personale.

L’art. 12 del D.Lgs. 218/2016 esclude gli enti di ricerca dalle procedure autorizzative previste dall’art. 35 del D.lgs. 165/2001, sostituite invece dal regime di autonomia vigilata prevista dall’art. 9 del D.lgs. 218/2016, tramite lo strumento principale di programmazione costituito proprio dal PTA, nel cui ambito sono inclusi la determinazione del fabbisogno di personale e i relativi piani di reclutamento, come ancor meglio precisato dall’art. 7 dello stesso D.lgs. 218/2016, nel rispetto delle linee guida del PNR e dei ministeri vigilanti.

La programmazione del fabbisogno dell’Istituto ha accompagnato il programma strategico di crescita della metrologia italiana, coerente con l’evoluzione del contesto macroeconomico nazionale. Lo sviluppo delle attività si è progressivamente rafforzato, confermando la validità delle scelte compiute e rendendo necessari - in un circolo virtuoso - ulteriori investimenti, in primo luogo sulle persone. Ne è derivato così un rilevante incremento del personale che, tra il 2018 e il 2024, ha visto le unità a tempo indeterminato passare da 191 a 266. Tutti i Piani del periodo hanno contribuito a questa impostazione espansiva, adattandola alle esigenze emergenti, in particolare legate alla gestione delle nuove infrastrutture di ricerca, anch’esse in forte incremento e ora distribuite su un’articolazione territoriale che, accanto alla sede centrale di Torino, vede le due nuove sedi nel Centro e nel Sud Italia. La situazione attuale consente di valutare i risultati di un percorso strategico avviato quasi dieci anni fa e consolidato in un progetto ambizioso di riposizionamento dell’INRiM, che ha trasformato profondamente l’Istituto.

La definizione della Vision ha favorito l’adozione di un approccio strategico più maturo, la riflessione critica sulle attività svolte – anche attraverso l’introduzione, non semplice, di KPI – e la capacità di anticipare il cambiamento. Fondamentale è stata anche la capacità realizzativa dell’Istituto, sostenuta dagli investimenti nell’Area Management & Service, che hanno reso possibile l’assunzione di responsabilità crescenti. Questo percorso si colloca però in un contesto di finanza pubblica complesso, caratterizzato dalla riduzione delle risorse disponibili e dai vincoli sul turnover, che impongono una riflessione sulla sostenibilità delle attività, sulla capacità di attrarre finanziamenti e sull’efficienza gestionale.

Il 2025 ha visto un sostanziale rinnovo del vertice dell’Istituto, a partire dalla Presidenza, insieme alla Direzione Scientifica e ai Responsabili di Divisione. **Il Piano del fabbisogno 2025-2027 si è inserito in questo quadro con l’obiettivo di definire un piano di mandato, volto all’ulteriore rafforzamento della struttura dell’Istituto, potenziando il com-**

parto scientifico, consolidando infrastrutture e sedi e rendendo più matura l'organizzazione amministrativa. La tabella seguente riporta le nuove facoltà assunzionali consolidate nell'ambito del Piano del Fabbisogno 2025-2027 che, come detto, assume una valenza di mandato. La tabella include, a titolo informativo, anche 8 posizioni destinate alle assunzioni obbligatorie. Nel secondo semestre 2025 l'Istituto ha realizzato circa il 50% del Piano.

Tabella 21 – Facoltà assunzionali “di mandato”: Piano del Fabbisogno 2025-2027

Profilo	Livello	Posizioni autorizzate	Valore standard unitario	PO	Valore economico (€)
Dirigente amministrativo	II	1	1,1786	1,1786	149.196,62
Dirigente di ricerca	I	2	1	2	253.176,00
Primo ricercatore	II	2	0,682	1,364	172.666,03
Ricercatore	III	24	0,438	10,512	1.330.693,06
Dirigente tecnologo	I	3	0,832	2,496	315.963,65
Primo tecnologo	II	1	0,529	0,529	66.965,05
Tecnologo	III	6	0,46	2,76	349.382,88
Collaboratore tecnico E.R.	VI	18	0,384	6,912	874.976,26
Operatore tecnico	VIII	6	0,331	1,986	251.403,77
Funzionario di amministrazione	V	3	0,434	1,302	164.817,58
Collaboratore di amministrazione	VII	4	0,357	1,428	180.767,66
Operatore di amministrazione	VIII	4	0,331	1,324	167.602,51
Totale		74		33,7916	4.277.611,06

Le facoltà assunzionali residue, dopo il massiccio reclutamento della seconda parte del 2025, sono rappresentate nella tabella seguente (aggiornata al 27 febbraio 2026), comprensiva di 7 posizioni destinate al collocamento obbligatorio:

Tabella 22 – Facoltà assunzionali residue Piano del Fabbisogno vigente, per il biennio 2026-2027

Profilo	Livello	Posizioni autorizzate	Valore standard unitario	PO	Valore economico (€)
Dirigente amministrativo	II	1	1,1786	1,1786	149.196,62
Dirigente di ricerca	I	2	1	2	253.176,00
Primo ricercatore	II	1	0,682	0,682	86.333,015
Ricercatore	III	14	0,438	6,132	776.237,61
Dirigente tecnologo	I	1	0,832	0,832	105.321,21
Primo tecnologo	II	1	0,529	0,529	66.965,05
Tecnologo	III	3	0,46	1,38	174.691,44
Collaboratore tecnico E.R.	VI	3	0,384	1,152	145.829,37
Operatore tecnico	VIII	6	0,331	1,986	251.403,77
Funzionario di amministrazione	V	1	0,434	0,434	54.939,19
Collaboratore di amministrazione	VII	0	0,357	0	0,00
Operatore di amministrazione	VIII	3	0,331	0,993	125.701,88
Totale		36		17.2986	2.189.795,18

12.3 - PIANIFICAZIONE DI BORSE (RICERCA E DOTTORATO), ASSEGNI, INCARICHI DI RICERCA

Tabella 23 – Pianificazione assegni/incarichi e borse di ricerca - triennio 2026-2028

ANNO	Assegni di ricerca	Incarichi di ricerca	Borse di addestramento alla ricerca	TOTALE
2026	23	13	3	39
2027	23	13	3	39
2028	23	13	3	39

Tabella 24 – Pianificazione borse di dottorato - triennio 2026-2028

ANNO	Borse di dottorato
2026	30
2027	32
2028	32

13 – MONITORAGGIO E AUTOVALUTAZIONE

13.1 - DESCRIZIONE DEI MECCANISMI PER IL MONITORAGGIO INTERNO DELL'AVANZAMENTO DELLE ATTIVITÀ E DEI PROGETTI

Nel triennio 2026-2028 il monitoraggio interno dell'avanzamento dell'attività dei progetti vedrà un progressivo potenziamento sia qualitativo che quantitativo.

Da un punto di vista quantitativo, continua il meccanismo di verifica improntato alla diretta collaborazione tra il Principal Investigator (PI) di progetto e il gruppo di supporto alla ricerca presente nell'amministrazione. La metodologia è ispirata alle buone pratiche di project management, che nel triennio saranno rafforzate per seguire un piano finanziario più coerente, con una programmazione di spesa più consapevole, che permetta anche una migliore gestione sia delle ore persona (soprattutto nella rendicontazione) che una migliore organizzazione degli acquisti sottosoglia. Saranno adottate le migliori pratiche già presenti nell'istituto ed esercitate nei progetti PNRR e in quelli ministeriali (ad es. METROINN) o il Quantum Programme del passato triennio. A questo scopo, sarà varata una nuova offerta formativa per i PI e gli aspiranti tali, sulle basi del project management, al fine di strutturare consapevolmente la vita del progetto dal lato delle risorse umane e finanziarie. Dal punto di vista qualitativo, nel triennio sarà maggiormente monitorata la qualità dei cosiddetti "deliverable" dei progetti, per garantire al PI il massimo raggiungimento degli obiettivi di progetto, considerando in particolare la realizzazione di hardware, la realizzazione di misure specifiche, la pubblicazione dei risultati, la comunicazione dei risultati, la tutela della proprietà intellettuale generata. A tal fine, saranno raccolti i dati per progetto in modo da garantire al PI una facilitata programmazione delle attività e la concreta valorizzazione del proprio lavoro. Le attività di servizio sono monitorate attraverso indicatori economici e di emissione di certificati e report per i soggetti richiedenti, insieme alla verifica della correttezza ed efficacia dei processi. Il metodo principale consiste nella piena attuazione del modello di gestione della qualità di cui si è dotato l'INRiM, che segue le migliori pratiche internazionali e il rispetto della standardizzazione vigente. Il miglioramento che l'ente vuole apportare nel triennio è la digitalizzazione dei processi, in modo da garantire il più attento monitoraggio dei flussi di attività, così da sostenere al meglio il personale tecnico e di ricerca coinvolto in queste aree tematiche.

Infine sarà cruciale, nel meccanismo di monitoraggio delle attività e dei progetti, condividere le metriche relative ai processi amministrativi. E' indubbio che un processo amministrativo efficace sia un fattore abilitante della ricerca e dei servizi. Le metriche più appropriate saranno evidenziate e condivise internamente, e potranno variare sui tempi medi di gestione degli ordini in affidamento diretto o tramite gara, i tempi tra richiesta di una posizione a tempo determinato e la conclusione del relativo concorso, il tempo medio di gestione di pratiche come la stipula di una convenzione a partire dalla richiesta fino al primo scambio delle bozze tra le parti. Questa lista, non esaustiva, potrà aumentare la consapevolezza del personale di ricerca da un lato, dall'altro valorizzare la condivisione del proprio lavoro dalla parte amministrativa dell'Ente.

13.2 - AUTOVALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA A LIVELLO SCIENTIFICO, ECONOMICO E SOCIALE

L'INRiM ha identificato alcune metriche che possono guidare l'autovalutazione dell'ente e che saranno usate nel corso del triennio. Le metriche per essere efficaci devono per natura essere semplici, al prezzo di un'analisi più profonda e raffinata, in modo però da garantire un monitoraggio realistico e con tempi utili a evidenziare processi che funzionano e altri da migliorare.

Sul piano delle pubblicazioni, il numero per addetto di ricerca e la curva dell'IF delle pubblicazioni viene ora verificato semestralmente e confrontato con gli anni precedenti.

Sul piano dell'attrattività dei fondi, il numero di progetti per addetto e l'importo da progetto per addetto sono metriche verificabili regolarmente durante l'anno, almeno a giugno e a fine anno, evidenziando le tendenze e la tipologia dei contratti. L'attività di servizio metrologico è valutata rispetto al fatturato complessivo e al numero di servizi attivi sul numero totale dei servizi offerti, in modo da permettere un monitoraggio della quantità di erogazione ma anche della reale fruizione da parte della platea degli stakeholder.

Sul piano della terza missione culturale e sociale, grazie all'ufficio per la comunicazione saranno maggiormente monitorate le metriche di impatto relativo all'erogazione di momenti di divulgazione, organizzazione di convegni e incontri con la cittadinanza, in termini di numero di persone coinvolte e per quanto riguarda il mondo dei cosiddetti social network digitali, le metriche di visualizzazione per post.

L'autovalutazione dell'ente sarà raccolta in un documento di lavoro annuale e condivisa con l'Ente, in modo complementare al Consuntivo di Ente. L'esercizio di autovalutazione sarà correlato anche all'attività dell'Organismo Indipendente di Valutazione (OIV) e al Sistema di Misurazione e Valutazione della Performance (SMVP) di cui si è dotato l'Ente.