

PIANO TRIENNALE DI ATTIVITA' 2018-2020

***PARTE II: parte generale
e relazione complessiva***

Approvato dal CdA il 9 ottobre 2018

INDICE

Premessa.....	3
1) Stato di attuazione delle attività relative al 2017	4
1.1 - Organizzazione e gestione scientifica	5
1.2 - Attività e risultati di maggior rilievo conseguiti nel 2017	6
1.3 - Risultati 2017 e confronto con anni precedenti	23
2) Obiettivi generali e strategici da conseguire nel triennio	27
3) Quadro delle collaborazioni internazionali ed eventuali interazioni con le altre componenti della rete di ricerca e delle partecipazioni	44
4) Infrastrutture di ricerca Internazionali.....	46
5) Attività di terza missione	51
6) Capitale umano	53
7) Le risorse finanziarie.....	71

TABELLE

Tabella 1 - INRIM CMC	6
Tabella 2 - Mappatura dei settori metrologici INRIM	7
Tabella 3 – Progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2017	11
Tabella 4 – Progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2017	12
Tabella 5– Finanziamenti ricevuti nel quinquennio 2010-2016 e già acquisiti per i prossimi anni.....	18
Tabella 6 –Pubblicazioni nel periodo 2015-2017	24
Tabella 7 – Distribuzione delle pubblicazioni 2017	24
Tabella 8 - Knowledge transfer - altri prodotti di valorizzazione applicativa	25
Tabella 9 - Knowledge transfer - formazione	25
Tabella 10 - Personale TI (al 31/12/2017).....	26
Tabella 11 – Altro personale	26
Tabella 12 –Progetti EMPIR in avvio nel 2018	44
Tabella 13 – Attività di alta formazione	51
Tabella 14 – Formazione continua e permanente	51
Tabella 15 – Certificati di taratura e prova	52
Tabella 16 – Personale in servizio al 31/12/2017	54
Tabella 17 – Altre tipologie	55
Tabella 18 – Cessazioni anno 2017	55
Tabella 19 - Riepilogo assunzioni in corso di perfezionamento.....	56
Tabella 20 - Punti organico	57
Tabella 21 - Valore dotazione organica.....	58
Tabella 22 – Programmazione capitale umano	59
Tabella 23 – P.O. programmazione anno 2017	60
Tabella 24 – Cessazioni dal servizio 2017	61
Tabella 25 - Calcolo dell'indicatore	62
Tabella 26 - Cessazioni anno 2018 – previsionale	62
Tabella 27 - Cessazioni anno 2019 – previsionale	62
Tabella 28 - Cessazioni anno 2020 – previsionale	62
Tabella 29 - Cessazioni dal servizio 2018-2020	63
Tabella 30 – Programmazione del capitale umano nel triennio 2018-2020- Anno 2018	67
Tabella 31 – Programmazione del capitale umano nel triennio 2018-2020- Anno 2019	68
Tabella 32 – Programmazione del capitale umano nel triennio 2018-2020- Anno 2020	69
Tabella 33 – Disponibilità	71
Tabella 34 – Spese	71

Premessa

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 allo scopo di favorire lo sviluppo tecnologico nazionale e il miglioramento della qualità della vita e dei servizi per il cittadino.

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, tra le Nazioni firmatarie, 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 vara nel 2018 una profonda ristrutturazione della propria organizzazione scientifica, alla luce del nuovo Statuto (ai sensi del D.Lgs. 218 del 25/11/2016) - in vigore dal 1° marzo 2018.

Il confronto con le principali economie continentali mette in luce una carenza strutturale della dimensione metrologica italiana rispetto alle corrispondenti istituzioni nazionali europee, sia in rapporto al prodotto interno lordo del Paese, sia in rapporto al fatturato dell'industria manifatturiera.

L'INRIM ha una posizione peculiare rispetto agli istituti metrologici europei: in virtù della sua collocazione all'interno del Sistema nazionale della ricerca, è chiamato a misurarsi con gli altri enti pubblici di ricerca sul piano dell'eccellenza scientifica e, nel contempo, è chiamato dalla legge a svolgere la propria missione di Istituto metrologico primario, al fine di accompagnare e sostenere lo sviluppo tecnologico del Paese.

In un contesto altamente dinamico, l'Ente è chiamato a rafforzare il proprio ruolo, in un percorso di crescita strategica al servizio del Paese, ed intende farlo sia investendo in risorse umane altamente qualificate, sia consolidando l'elevata capacità di autofinanziamento che deriva dai servizi resi alle imprese e dai progetti di ricerca in partenariato con altre istituzioni europee.

Tale ristrutturazione sarà preceduta da una SWOT analysis nel febbraio 2018, seguita da una International Peer Evaluation nel giugno 2018, per concludersi entro la fine dell'anno con l'individuazione della nuova configurazione da parte del Consiglio di Amministrazione, su parere del Consiglio Scientifico

Il Piano di fabbisogno del personale 2018-2020, presentato in sintesi nelle pagine che seguono, risponde a questa logica; innanzitutto per riportare la consistenza del personale dell'ente ad un livello paragonabile a quanto previsto al momento della sua istituzione, ipotizzando nel triennio una ulteriore, ma contenuta, dinamica espansiva.

È ben chiara tuttavia la consapevolezza che solo un intervento forte e mirato delle Istituzioni e del Governo, che consentisse di allineare la dimensione della metrologia italiana a quella dei grandi Paesi europei, sarebbe in grado di creare le condizioni per sostenere la crescita tecnologica di un moderno Paese manifatturiero.

1) Stato di attuazione delle attività relative al 2017

INRIM - Compiti e missione

Ai sensi del decreto istitutivo¹ del 2004, ripresi più ampiamente nello statuto predisposto secondo il D.Lgs. n. 213/2009 e nel documento di visione decennale, l'INRIM:

- è ente pubblico nazionale con il compito di svolgere e promuovere attività di ricerca scientifica nei campi della metrologia;
- svolge le funzioni di istituto metrologico primario ai sensi della Legge n.273/1991;
- valorizza, diffonde e trasferisce le conoscenze acquisite nella scienza delle misure e nella ricerca sui materiali.

Con decreto del Presidente n. 071/2017, è stato istituito il Consiglio di Direzione, che risulta così composto:

- Maria Luisa Rastello (Direttore Scientifico)
- Giovanni Mana (Resp. di Divisione)
- Oriano Bottauscio (Resp. di Divisione)
- Luca Callegaro (Resp. di Divisione)
- Vittorio Basso (membro eletto)
- Ivo Pietro Degiovanni (membro eletto)
- Claudio Origlia (membro eletto)
- Marco Pisani (membro eletto)

Il Consiglio di Direzione ha tenuto la sua prima riunione il 15 dicembre 2017.

INRIM - Organizzazione e infrastrutture

La struttura organizzativa dell'INRIM è riassunta in Appendice 1.

L'INRIM ha la sede a Torino in Strada delle Cacce 91 e si distribuisce su un'area di circa 13 ettari, su cui, in fasi successive, sono stati realizzati un totale di 13 edifici fuori terra e una struttura completamente interrata (galleria) che sviluppano nel loro complesso una superficie utile di 37.000 m². Nel corso del 2014 la superficie coperta di m² 45.000 già utilizzata a seguito della fusione degli enti IEN e IMGC è stata trasferita da CNR a INRIM. Per il trasferimento del diritto di superficie relativo all'area su cui insistono i fabbricati ex CNR, si è provveduto a gennaio 2017 con la sottoscrizione del relativo atto. La proprietà dell'intera area è del Comune di Torino e il diritto di superficie scadrà nel 2077. A questa superficie sono da aggiungere 11.000 m² della sede di Corso M. D'Azeglio.

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.

Altre strutture sono dislocate a Pavia, a Firenze e, in prospettiva, a Matera.

Nel 2017 l'Istituto si è dotato di un nuovo portale, rinnovato nei contenuti e nella veste grafica, meglio organizzato e compatibile con le nuove tecnologie per essere più fruibile da ogni utente. La costituzione del nuovo sito INRIM ha comportato un lungo e paziente lavoro di organizzazione della nuova struttura, di raccolta dei dati e di redazione dei testi, prodotti e costantemente aggiornati da una redazione web costituita da personale dell'ente.

Per interessare alla scienza delle misure anche i non addetti ai lavori, l'INRIM ha dato avvio a *Simisura*, un sito di taglio divulgativo curato da esperti di comunicazione. I suoi contenuti spaziano dalla scienza delle misure a tutte le attività, discipline e vicende che si intersecano con essa.

¹ D.Lgs. n.38/2004

1.1 - Organizzazione e gestione scientifica

La struttura scientifica dell'INRIM è costituita da tre Divisioni, con i seguenti compiti:

Metrologia Fisica - MF

La Divisione sviluppa nuove conoscenze, tecnologie e metodi per la metrologia scientifica fondamentale.

In particolare la Divisione cura:

- *la realizzazione pratica del metro, del chilogrammo e del secondo*
- *la valorizzazione delle potenzialità metrologiche dell'interferometria, dell'ottica quantistica e dei sistemi quantistici*
- *la metrologia in ambito spaziale.*

A questo fine svolge e integra attività di ricerca teorica e sperimentale e attività di sviluppo tecnologico e conduce ricerche coordinate con l'industria mirando a raggiungere un livello di maturità tecnologica pari alla validazione in laboratorio.

Metrologia per la Qualità della Vita - MQV

La Divisione sviluppa la scienza metrologica associata alla qualità della vita in relazione all'alimentazione, all'ambiente, alla salute e all'uso razionale dell'energia.

In particolare la Divisione cura:

- *la realizzazione pratica del kelvin e della mole;*
- *la metrologia biomedicale a supporto delle applicazioni diagnostiche e terapeutiche,*
- *la metrologia per la sicurezza e sostenibilità alimentare,*
- *la metrologia a supporto degli studi climatici e il monitoraggio ambientale,*
- *la metrologia per lo sviluppo di sistemi energetici affidabili e sostenibili.*

In questi ambiti collabora con soggetti pubblici e privati a supporto delle necessità del Paese, per il benessere dei cittadini e la tutela dell'ambiente.

Nanoscienze e materiali - NM

La Divisione conduce ricerca di base e tecnologica nell'ambito delle nanoscienze e dei materiali, sia in relazione alla realizzazione di riferimenti metrologici, sia in risposta alle esigenze di innovazione tecnologica dell'industria e dei servizi.

In particolare, la divisione cura

- *la realizzazione pratica dell'ampere e della candela;*
- *lo sviluppo di tecnologie di preparazione di materiali, mezzi nanostrutturati e dispositivi e di tecnologie nanofotoniche;*
- *lo studio dei fenomeni fisici nella materia condensata.*

La Divisione promuove e valorizza l'originalità e le potenzialità dell'approccio metrologico alle nanoscienze ed ai materiali nelle sue relazioni con i soggetti operanti in ambito nazionale e internazionale.

Oltre alle tre Divisioni, è operativa la struttura di primo livello "Servizio Tecnico per le Attività rivolte ai Laboratori di Taratura" (STALT), con i seguenti compiti:

Servizio Tecnico per le Attività rivolte ai Laboratori di Taratura - STALT

La Struttura organizza le attività di supporto tecnico all'accreditamento di laboratori sulla base di specifiche convenzioni e nel rispetto dei requisiti della normativa nazionale e internazionale e degli organismi internazionali.

In particolare la Struttura:

- *mantiene, migliora e dissemina i campioni nazionali delle unità di misura e garantisce la qualità dei riferimenti metrologici;*
- *risponde, anche in collaborazione con le divisioni, a specifiche richieste su problemi di metrologia applicata provenienti da imprese o altri soggetti pubblici o privati;*

- sostiene iniziative di trasferimento tecnologico a livello nazionale e internazionale;
- promuove e partecipa ad iniziative di presentazione e diffusione dei risultati della ricerca, delle possibili applicazioni e dei servizi rivolti all'industria e alla società;
- è attiva nel campo della normazione nazionale e internazionale.

A tale fine, la Struttura sviluppa nuove tecnologie e metodi di misura d'interesse applicativo, anche mediante la ricerca a questo finalizzata, raggiungendo un livello di maturità tecnologica dei prodotti realizzati pari alla validazione nell'ambiente rilevante.

1.2 - Attività e risultati di maggior rilievo conseguiti nel 2017

Quadro di riferimento e interazioni con altre istituzioni

Gran parte delle attività INRIM sono integrate in iniziative e collaborazioni internazionali e nazionali, a testimoniare la valenza dinamica del modo di operare dell'Ente.

Collaborazioni internazionali

A livello internazionale, l'INRIM partecipa alle attività del CIPM (International Committee for Weights and Measures) e i relativi Consultative Committees (CC). In particolare, l'INRIM partecipa, attraverso propri rappresentanti designati, a 8 dei 10 Consultative Committees del CIPM. Dal 2016 il Direttore scientifico dell'INRIM è membro del CIPM.

In questo ambito, dal 1999 l'INRIM aderisce al *CIPM Mutual Recognition Arrangement (MRA)*² che regola il mutuo riconoscimento dei campioni nazionali e dei certificati di taratura e di misura emessi dagli NMI dei Paesi firmatari, ponendo le basi per l'equivalenza delle misure a livello internazionale.

L'adesione al CIPM-MRA coinvolge notevoli risorse umane, strumentali e finanziarie, allo scopo di mantenere e migliorare le *Calibration and Measurement Capabilities (CMC)* pubblicate nell'appendice C del *Key Comparison Data Base (KCDB)* del BIPM (<http://www.bipm.org/kcdb>). Nell'appendice sono registrati i risultati dei confronti chiave e supplementari e le capacità di misura degli NMI, riconosciuti e validati internazionalmente dal CIPM. A dicembre 2017, nel database del BIPM, l'INRIM risulta aver prodotto 406 CMC (397 in fisica e 9 in chimica).

Tabella 1 - INRIM CMC

<i>Field</i>		2013	2014	2015	2016	2017
AUV	Acoustics, Ultrasounds and Vibrations	42	42	42	42	42
EM	Electricity and magnetism	108 ³	108	119	119	119
L	Length	42	43	43	42	43
M	Mass	108	98	69 ⁵	68	61
PR	Photometry and Radiometry	23	23	23	23	23
QM	Amount of substance	10	12	12	10 ⁶	9
T	Thermometry	62 ⁴	62	76	97	97
TF	Time and Frequency	14	14	14	14	12
Totals		409	402	398	415	406

La tabella seguente è la mappatura dei settori metrologici coperti dall'Istituto in parziale riferimento ai settori individuati a livello internazionale (Comitati consultivi del CIPM):

²Il CIPM-MRA è stato finora firmato dai rappresentanti di 102 istituti - da 57 Stati Membri, 41 Associati alla Conferenza generale dei pesi e misure e 4 organizzazioni internazionali (IAEA, IRMM e WMO) - e copre altri 157 Istituti Designati come detentori di specifici campioni nazionali.

³ N. 3 CMC ritirate e numerosi accorpamenti di CMCs effettuati nell'Area Metrologica "Electricity and Magnetism"

⁴ N. 1 CMC nuova nell'Area Metrologica *Thermometry* relativa al *Triple point of Argon*

⁵ N. 29 CMC ritirate nell'Area Metrologica *Mass* relative alla Viscosità

⁶ N. 2 CMC ritirate nell'Area Metrologica *Amount of Substance* relative a Fluidi biologici

Tabella 2 - Mappatura dei settori metrologici INRIM

CC	Field	Sub-field	Struttura
EM	DC & Q. metrology	Josephson effect and DC voltage	NM, STALT
		Quantum Hall effect and DC resistance	NM, STALT
		Single electron tunnelling, Low DC current	NM
	Low frequency	AC/DC transfer, AC voltage and current, impedance	NM, STALT
	Radiofrequencies and Microwaves	RF power, scattering parameters, RF impedance	STALT
	Power and energy	AC power and energy	NM
		Electric and magnetic fields (incl. high voltage/high current tests)	STALT, MQV, NM
Magnetic measurements and properties		NM	
M	Mass&related quant.	Mass standards	STALT
		Density and volume	STALT
		Viscosity	STALT
		Fluid flow	STALT
		Force	STALT
		Pressure (high and low)	STALT
		Gravimetry	STALT
		Hardness	STALT
		Vibration	STALT
L	Length	Basic length	MF
		Dimensional metrology	STALT
TF	Time and Frequency	Frequency standards	MF
		Time scale	MF
PR	Photom&Radiometry	Photometry and radiometry	NM
T	Temperature	Contact temperature measurements	MQV, STALT
		Non-contact temperature measurements	MQV
		Thermo-physical properties	MQV, STALT
		Humidity and moisture	STALT
AUV	Acoustics	Physical acoustics	MQV
		Acoustic and ultrasound	STALT, MQV
QM	Amount of substance	Gas analysis	MQV
		Electrochemistry	MQV
		Inorganic analysis	MQV
		Organic analysis	MQV
		Bioanalysis	MQV
		Surface analysis	MQV

A livello Europeo, l'INRIM partecipa a **EURAMET** (<http://www.euramet.org/>), l'associazione europea degli istituti nazionali di metrologia nonché Organismo metrologico regionale (RMO) nell'ambito del CIPM-MRA. L'EURAMET coordina la cooperazione nella ricerca metrologica, nella riferibilità delle misurazioni alle unità SI, nel riconoscimento internazionale dei campioni e delle CMC dei propri membri. L'INRIM partecipa a 11 dei 12 Comitati tecnici EURAMET. Dal 2016, il Direttore Scientifico dell'ente ha assunto la carica di Vice – Presidente dell'EURAMET.

Dal 2007, l'EURAMET è responsabile dell'attuazione dello *European Metrology Research Programme*, **EMRP**, programma europeo volto a facilitare una più stretta integrazione tra i programmi nazionali di ricerca metrologica attraverso la collaborazione fra gli NMI europei con l'obiettivo di accelerare l'innovazione e la competitività in Europa.

L'EMRP è stata formalmente avviato con la decisione congiunta del Parlamento e del Consiglio Europeo (16 settembre 2009) sulla partecipazione della Comunità (in base all'**Art. 185**⁵ del Trattato europeo di Lisbona) al programma EMRP intrapreso da 23 stati membri attraverso EURAMET. L'impegno complessivo su 7 anni (*commitment*) dei paesi partecipanti è stato di 200 M€, cui l'Italia ha contribuito per circa il 7% con 14 M€.

La partecipazione degli istituti metrologici a questa fase di EMRP è stata scandita da *calls* a cadenza annuale, alle quali gli enti hanno risposto attraverso la proposta di progetti di durata triennale riguardanti le tematiche proposte di volta in volta dalle *call*. Il Programma è stato valutato nel 2017 con risultati lusinghieri.

A partire dal 2014 e fino al 2024, EURAMET è responsabile del nuovo programma di ricerca denominato *European Metrology Programme for Innovation and Research* (EMPIR), in cui l'INRIM, in qualità di Istituto Metrologico Nazionale, coordina la partecipazione italiana insieme a università e industrie.

⁵"Nell'attuazione del programma quadro pluriennale la Comunità può prevedere, d'intesa con gli Stati membri interessati, la partecipazione a programmi di ricerca e sviluppo avviati da più Stati membri, compresa la partecipazione alle strutture instaurate per l'esecuzione di detti programmi."

ConSORZI e ConVENZIONI con Ministeri, Regioni, Università e altri enti

Sono attive numerose associazioni con organismi internazionali, qui di seguito elencati:

- College International pour la recherche en productique (CIRP);
- The European Telecommunications Standards institute (ETSI);
- Eurachem;
- European Society for Precision Engineering and Nanotechnology (EUSPEN);
- Cooperation in International Traceability of Analytical Chemistry (CITAC).

L'INRIM collabora da lungo tempo con altri importanti organismi nazionali che gravitano nell'ambito della metrologia, tra i quali si segnalano:

- **CEI** – Comitato Elettrotecnico Italiano: è un ente riconosciuto dallo Stato Italiano e dall'Unione Europea per le attività normative e di divulgazione della cultura tecnico-scientifica; significativa è la partecipazione di parte del personale INRIM ai suoi Comitati;
- **UNI** - Ente Nazionale Italiano di Unificazione: è un'associazione privata, senza fine di lucro, riconosciuta dallo Stato e dall'Unione Europea; 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); parte del personale INRIM partecipa attivamente ai Working Groups e alle Commissioni dell'ente.

A livello nazionale, l'INRIM partecipa all'associazione *no profit* **ACCREDIA**, ente unico di accreditamento nazionale, riconosciuto dallo Stato e vigilato dal Ministero del Sviluppo Economico, fornendo supporto tecnico per l'espletamento delle attività di accreditamento dei laboratori di taratura.

Inoltre sono attive le seguenti associazioni con organismi nazionali

- Associazione Italiana di Acustica (AIA);
- Associazione Italiana Controllo Qualità (AICQ);
- Polo di Innovazione "Biotecnologie e Biomedicale" (BIOPMED) della Regione Piemonte;
- Polo di Innovazione "Meccatronica e Sistemi Avanzati di Produzione" (MESAP) della Regione Piemonte;
- Fondazione Torino Wireless;
- Unimet;
- Clever – Clean (Polo di Innovazione della Regione Piemonte operante nell'ambito tecnologico-applicativo per la protezione ambientale).

Nel 2017 l'INRIM ha stipulato le seguenti nuove associazioni:

- Agenzia Promozione Ricerca Europea (APRE): si tratta di un'associazione di ricerca no-profit 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 (con particolare riferimento a Horizon 2020) nel campo della ricerca e del trasferimento dei risultati delle ricerche;
- Cluster "Fabbrica intelligente" e Cluster "Energia": sono due dei Cluster tecnologici nazionali promossi dal Miur, 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; i Cluster funzionano da catalizzatori di risorse per rispondere alle esigenze del territorio e del mercato, nonché per coordinare e rafforzare il collegamento tra il mondo della ricerca e quello delle imprese.

L'INRIM ha confermato l'adesione al consorzio **TOP-IX**, costituito al fine di creare e gestire un NAP (Neutral Access Point, altrimenti denominato Internet Exchange – IX) per lo scambio del traffico Internet nell'area del Nord Ovest. Il consorzio TOP-IX è attivo su diversi fronti: dalla gestione delle infrastrutture per Internet Exchange (ragione per cui è stato costituito), al Development Program, con cui dal 2006 fornisce sostegno a progetti di innovazione tecnologica, fino alla piattaforma di Streaming. Dal 2017 un ricercatore INRIM è presidente del consorzio.

L'INRIM ha proseguito la sua partecipazione al consorzio **PROPLAST**, dedicato alla promozione della cultura della plastica e gestore del Polo di Innovazione "Nuovi Materiali" della Regione Piemonte.

E' inoltre attivo il consorzio **SOC** (Space Optical Clocks), consorzio a carattere scientifico con l'obiettivo di studiare la fattibilità di una missione per l'invio di un orologio ottico sulla ISS.

E' invece del 2017 l'adesione dell'INRIM all' European Centre for Mathematics and Statistics in Metrology (**MATHMET**), un network europeo costituito dagli Istituti metrologici europei attivi nell'ambito della matematica e della statistica in metrologia, avente l'obiettivo di promuovere la best practice nelle suddette materie e aumentare l'impatto della ricerca matematica e statistica fornendo un unico punto di riferimento per gli Istituti metrologici europei, l'industria e l'EURAMET.

E' stata avviata la procedura di adesione, a partire dal 2018, al **Consorzio Cineca**, un Consorzio Interuniversitario formato da 70 università italiane, 8 Enti di Ricerca Nazionali (tra cui CNR, INAF, INFN, OGS) e il MIUR. E' attualmente considerato il maggiore centro di calcolo in Italia e uno dei più importanti a livello mondiale.

Infine è da segnalare la collaborazione con l'associazione **CMM Club Italia**, associazione senza fini di lucro composta da utilizzatori, fornitori di servizi, studiosi di metrologia, laboratori metrologici, università, professionisti e costruttori di Macchine di Misura a Coordinate. L'obiettivo principale del CMM Club Italia è sviluppare e diffondere una cultura tecnica e scientifica nel settore della metrologia dimensionale in generale e di quella a coordinate in particolare, adeguata alle esigenze di qualità e competitività delle aziende italiane.

Sono vigenti nell'INRIM 41 convenzioni con altri Istituti e Università, nazionali e internazionali, 6 delle quali, descritte più in dettaglio qui di seguito, sono state stipulate nel 2017.

Particolarmente significativa la convenzione internazionale stipulata con il Centre for Research and Technology-Hellas/Chemical Process and Energy Resources Institute (CERTH/CPERI) - Thessaloniki (Grecia), volta a promuovere la collaborazione scientifica e tecnologica nel settore concernente lo studio dei materiali magnetici e, specificamente, dei magneti in ferrite sinterizzata.

A dicembre 2017 sono stati invece approvati dal Consiglio di Amministrazione due importanti accordi di collaborazione internazionale (che verranno formalizzati nel 2018) tra l'INRIM e i seguenti Istituti:

- DFM - Danish National Metrology Institute: si tratta di una collaborazione nell'ambito della spettroscopia Raman, che includerà scambio di personale, utilizzo di attrezzature, confronti interlaboratorio, pubblicazioni congiunte; inoltre, INRIM e DFM approfondiranno le possibilità di sottomettere proposte progettuali a livello UE che, presumibilmente, coinvolgeranno altri partners europei;
- IRA/INAF-NICT: si tratta di una collaborazione scientifica con l'Istituto di Radioastronomia di Bologna dell'INAF (IRA/INAF) e il National Institute of Information and Communications Technology (NICT) di Tokyo, finalizzata a installare presso il NICT e presso la sede di Medicina (BO) dell'IRA/INAF una coppia di antenne radioastronomiche innovative, con le quali studiare il confronto tra l'orologio ottico a Itterbio dell'INRiM e quello allo Stronzio del NICT, collegati entrambi alle antenne attraverso un link coerente in fibra ottica.

In ambito nazionale sono invece stati stipulati accordi con:

- Società Italiana di Fisica (SIF) – Bologna: convenzione quadro di collaborazione scientifica, nel sostegno e nel potenziamento dell'attività di formazione di laureandi, dottorandi e giovani ricercatori;
- Accademia Europea di Bolzano (Eurac Research): convenzione di collaborazione nell'ambito dello studio multidisciplinare di Beni Culturali, di origine sia antropica che naturale, con l'utilizzo di metodi non invasivi e di ultima generazione;
- Consorzio Torino Piemonte Internet eXchange (TOP-IX) –Torino: convenzione per la diffusione del segnale di tempo riferito a UTC attraverso la fibra ottica;
- Istituto d'Arte Applicata e Design (IAAD) di Torino : accordo di collaborazione per la realizzazione di un progetto didattico di ricerca e sviluppo in ambito metrologico;
- Politecnico di Torino: convenzione per l'attivazione e il funzionamento del Corso di Dottorato di Ricerca in Metrologia per un triennio a partire dall'anno accademico 2017/2018 (33°, 34° e 35° ciclo).

Per quanto riguarda la promozione della divulgazione scientifica, l'INRIM ha aderito anche nel 2017 all'**Associazione Festival della Scienza**: l'associazione nasce con l'obiettivo di avvicinare il pubblico ai grandi temi della scienza e della tecnologia, e ha come mission quella di promuovere, valorizzare e divulgare la cultura scientifica e tecnologica; il suo primo esperimento nel campo della comunicazione, produzione e promozione di eventi di divulgazione scientifica di rilievo internazionale è stato il Festival della Scienza, organizzato nel 2014 a Genova e riproposto per il 2015; l'associazione è aperta a nuove iniziative e

disponibile ad avviare collaborazioni con realtà pubbliche e private che condividano la stessa passione per la scienza, ed è proprio in quest'ottica che l'INRIM, a partire dal 2014, ha aderito ad essa e ha delegato un proprio rappresentante quale membro del Consiglio di Amministrazione dell'organismo genovese.

Finanziamenti da contratti nel 2017

A partire dal 2014 e fino al 2024, EURAMET è responsabile del nuovo programma di ricerca denominato *European Metrology Programme for Innovation and Research* (EMPIR), in cui l'INRIM, in qualità di Istituto Metrologico Nazionale, coordina la partecipazione italiana insieme a università e industrie.

L'INRIM ha partecipato alla prima call EMPIR (dedicata al tema Industry), avviando 9 progetti nel 2015 (di cui uno coordinato da ricercatori dell'Istituto), per un finanziamento totale di circa 1,5 M€ (Tab. 2 in Appendice 2).

Alla seconda call EMPIR (sviluppata sui temi Health, SI Broader Scope e Research Potential) l'Istituto ha contribuito con 9 progetti avviati nel 2016, per i quali ha ottenuto un finanziamento di 1,6 M€ (Tab. 3 in Appendice 2).

Nel 2017 l'INRIM ha invece avviato 8 nuovi progetti nell'ambito della terza call EMPIR, dedicata ai temi Energy, Environment, Normative, Research Potential e Support for Impact; l'Istituto coordina 4 di questi progetti ed ha ottenuto un finanziamento totale di circa 1,8 M€ (Tab. 4 in Appendice 2).

Sempre a livello europeo sono particolarmente significativi i progetti nell'ambito del *Seventh Framework Programme of the European Community for research and technological development* (FP7). Nel 2017 si sono conclusi i progetti "Future Atomic Clock Technology (ITN-FACT)", "Shape-engineered TiO₂ nanoparticles for metrology of functional properties: setting design rules from material synthesis to nanostructured devices (SETNANOMETRO)" e "Controlling domain wall dynamics for functional devices (WALL)".

Nell'ambito di *HORIZON 2020*, il Programma Quadro europeo per la ricerca e l'innovazione lanciato dalla Commissione Europea per il periodo 2014-2020, l'INRIM ha proseguito nel 2017 l'attività riguardante il progetto "Quantum sensors - from the lab to the field (Q-SENSE)", mentre si è concluso il progetto "Smart ELECTrodeposited Alloys for environmentally sustainable applications: from advanced protective coatings to micro/nano-robotic (ELECTA)".

E' proseguita l'attività riguardante il progetto ERC della *Commissione Europea* "An ultracold gas plus one ion: advancing Quantum Simulations of in-and-out-equilibrium many-body physics (PlusOne)", finanziato dalla CE per un valore complessivo di 1.496 k€ in 5 anni.

Sempre in ambito europeo, sono stati avviati nel 2017 il progetto "CLOCK NETWORK SERVICES: Strategy and innovation for clock services over optical-fibre networks (CLONETS)" e il progetto "Grant agreement n. 739568 PRO-METROFOOD".

In ambito internazionale è stato invece avviato il progetto "Analysis, design and implementation of an End-to-End QKD link over a 400 km Distance (QKD)", in collaborazione con la NATO e le Università della California.

Di particolare rilevanza è la collaborazione con l'**ESA (European Space Agency)** e l'**Agenzia Europea per la Navigazione (GSA)**, iniziata nel 1998 contribuendo alla definizione, sviluppo e sperimentazione del timing del sistema di navigazione europeo **Galileo**. L'INRIM ha preso parte, come laboratorio di metrologia del tempo, a tutte le fasi sperimentali del progetto Galileo.

Sono inoltre continuate le attività di validazione degli orologi di bordo e della disseminazione di UTC e GGTO (GPS to Galileo Time Offset) in collaborazione con Thales Alenia Space Italia, mentre con la società spagnola GMV è proseguita la collaborazione nella *Galileo Time Validation Facility* che mantiene la sincronizzazione tra la scala di tempo di Galileo e UTC.

In particolare nel Dicembre 2016, l'INRIM ha vinto la gara, insieme a Thales Alenia Space Francia, per la costruzione del Galileo Time Service Provider (TSP). Il 2017 è stato caratterizzato dalla realizzazione di tale facility, per la quale INRIM è coordinatore degli aspetti scientifici relativi allo sviluppo degli algoritmi che consentono il mantenimento della scala di tempo di Galileo in accordo con il riferimento internazionale, e la validazione di tutti gli orologi di terra e di bordo, inclusi quelli presenti al Centro di Controllo di Galileo. Grazie al supporto di INRIM, la facility è stata progettata, realizzata, testata e validata in un solo anno ed infine installata presso il centro di controllo di Galileo al Fucino a fine 2017. Da Dicembre 2017 il TSP fornisce al sistema Galileo tutte le correzioni necessarie per mantenere la propria scala di tempo sincronizzata con UTC e garantire un servizio di disseminazione del tempo al livello di decine di nanosecondi.

A partire dal 2018 e per i prossimi 10 anni INRIM contribuirà al TSP mediante l'invio di dati di confronto via satellite fra la scala di tempo italiana ed il tempo di Galileo, insieme ad altri laboratori metrologici europei; avrà inoltre il compito di coordinare i laboratori partecipanti al TSP.

Nell'ambito dei progetti finanziati dal MIUR (PRIN, SIR e FARE), nel 2017 sono proseguiti il progetto SIR "ULTRACOLD PLUS" (Ultracold atoms plus ions: new frontiers in hybrid quantum systems) e il progetto

PRIN “HG DOPPLER SPECTROSCOPY” (A new primary method of gas thermometry based upon Doppler-broadened mercury spectroscopy in the UV region), mentre si è concluso il progetto PRIN “AQUASIM”. Il 2017 ha invece visto l'avvio del progetto “ULTRACRYSTAL” (Ultracold ion crystals in a quantum), finanziato dal MIUR attraverso i bandi FARE (Framework per l'Attrazione e il Rafforzamento delle Eccellenze per la Ricerca in Italia).

L'INRIM ha inoltre avviato, con un finanziamento del Ministero della Salute, il progetto “Food authenticity: metodi analitici innovativi a tutela del consumatore”.

I tre seguenti nuovi progetti sono stati sviluppati nel 2017 con l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI):

- Distribuzione di segnali T/F campione in fibra ottica per applicazioni spaziali e a supporto del timing di Galileo (DTF-Galileo)
- Attività propedeutiche allo sviluppo della capacità PRS nazionale del Programma Galileo – attività a completamento della rete in fibra ottica per la distribuzione del segnale T/F (DTF-Matera)
- *Sviluppo delle competenze italiane per l'esperimento FORUM-Far-Infrared Outgoing Radiation Understanding and Monitoring (SCIEF)*

E' inoltre proseguito il progetto “STEMREF” (Materiali di riferimento per migliorare l'affidabilità delle terapie cellulari), finanziato dalla Fondazione CRT (Torino).

In ambito industriale si sono conclusi i progetti “RUBIDIUM POP ATOMIC CLOCK - Physics package” (commissionato da ESA LEONARDO SPA), “NOVASENS” (Nuova piattaforma sensoristica per sistemi di rilevamento smart di emissioni di gas inquinanti e tossici), “Studio ed eventuale revisione dei metodi e calcolo dell'incertezza per nuove norme EN” (finanziato da SNAM RETE GAS), “ASPI – GALLERIE” (commissionato da Autostrade per l'Italia) e il progetto dedicato alle “Attività di prova secondo specifica su termometri impiegati nel trattamento termico ht del legno per imballaggio” (commissionato dall'industria Conlegno). E' invece proseguita l'attività relativa al progetto “Ricerca e validazione di condotti sbarre e loro accessori” commissionato da IAM S.r.l.

Tra i nuovi progetti di natura industriale finanziati a partire dal 2017 si segnalano, in ambito europeo il progetto “*R&D collaboration for an extended characterization of magnetic steel sheets under rotational flux*” (commissionato dalla francese CNRS-SATIE), in ambito nazionale il progetto “Concessione di una licenza di sfruttamento del know-how nel settore delle misure di durezza per le scale rockwell, brinell, vickers e marten” (commissionato da LTF S.p.a.).

I progetti avviati nel 2017 e quelli iniziati precedentemente e ancora in corso nel 2017 sono descritti nell'Appendice 3.

Cofinanziamenti ottenuti su progetti di ricerca nazionali e internazionali

Le tabelle seguenti riassumono i dati relativi ai progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2017, distinguendoli per tipologia. Vengono riportati la quantità e il valore del cofinanziamento in riferimento all'intera durata del contratto.

La tabella 3 riporta la quota di **cofinanziamento** ottenuta dall'INRIM sui **programmi europei**.

Tabella 3 – Progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2017

Tipologia	Progetti avviati		Progetti in corso		Totale	
	No.	(k€)	No.	(k€)	No.	(k€)
Euramet (UE)	8	1.784	26	4.444	34	6.228
FP7, H2020, ERC (UE)	2	243	6	2.569	8	2.812
Altri internazionali	2	128	4	237	6	365
Totale	12	2.155	36	7.250	48	9.405

La tabella 4 riporta la quota di **cofinanziamento/finanziamento** ottenuta dall'INRIM sui **programmi nazionali e industriali**.

Tabella 4 – Progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2017

Tipologia	Progetti avviati		Progetti in corso		Totale	
	No.	(k€)	No.	(k€)	No.	(k€)
Nazionali (inclusi MIUR e fondazioni)	12	2.329	10	4.028	22	6.357
Industriali	6	2.630	7	575	13	3.205
Totale	18	4.959	17	4.603	35	9.562

Fondi premiali da MIUR per progetti di ricerca

Di particolare importanza sono i Fondi Premiali assegnati annualmente dal MIUR su progetti di ricerca selezionati per merito. Il MIUR, infatti, attraverso risorse accantonate sul Fondo Ordinario, promuove e sostiene l'incremento qualitativo dell'attività scientifica nell'ambito di una politica orientata a migliorare l'efficacia e l'efficienza nell'utilizzo delle risorse.

Con il Decreto MIUR n. 291 del 3 maggio 2016 il MIUR ha predisposto il finanziamento Premiale complessivo di k€ 4.833,959, assegnando all'INRIM:

- 2.154,861 k€ sulla base dei risultati della Valutazione della Qualità della Ricerca 2004-2010;
- 2.679,098 k€ destinati al finanziamento di specifici progetti di ricerca, anche in collaborazione con altri enti.

I due progetti (il primo concluso nel 2017, il secondo ancora in corso) di cui l'INRIM è coordinatore sono i seguenti:

- Metrologia di tempo e frequenza in fibra ottica per la geodesia e lo spazio (MeTGeSp)
- Intermodal secure quantum communication on ground and space (Q-SecGroundSpace)

L'INRIM ha potuto usufruire, complessivamente per i due progetti, di un finanziamento di k€ 1.140 circa; il resto della cifra disponibile è stata trasferita ai partner (INAF, ASI e CNR).

A seguire, una breve descrizione degli obiettivi dei progetti:

MeTGeSp

La misura accurata del tempo e della frequenza è alla base di molteplici applicazioni in diversi campi scientifici e tecnologici come la navigazione satellitare, la geodesia spaziale e la radioastronomia. Inoltre, la misura del tempo in ambito spaziale si lega in modo fondamentale agli effetti della fisica della gravitazione secondo le leggi della relatività generale.

Questo progetto intende portare alla ricerca spaziale e in particolare ai campi della geodesia spaziale, della radioastronomia e dei sistemi satellitari per la navigazione strumenti e metodi di misura innovativi che permettano un aumento significativo delle capacità osservative, una comprensione migliore dei fenomeni fisici coinvolti e un avanzamento tecnologico oltre lo stato dell'arte.

Q-SecGroundSpace

La sicurezza nelle comunicazioni è una risorsa strategica per molti aspetti della società moderna. Negli ultimi anni è emerso che gli standard attuali delle comunicazioni sicure non sono sufficienti, come mostrato dalle massicce violazioni della riservatezza dei contenuti e al controllo generalizzato dello scambio di dati e metadati. Il progetto Q-SecGroundSpace ha come obiettivo quello di sviluppare la sinergia italiana nelle nuove tecnologie per le comunicazioni sicure basate sui principi della Meccanica Quantistica e di fornire una piattaforma che permetta di collegare in modo sicuro utenti connessi da fibre ottiche con altri in grado di effettuare collegamenti satellitari. La prima macro-attività ambisce alla progettazione e realizzazione di una piattaforma QKD in fibra, di una spaziale e della loro connessione per garantire operatività intermodale. In questa prima macro-attività è anche compreso lo sviluppo dell'infrastruttura metrologica per la caratterizzazione dei dispositivi a singolo fotone dei sistemi per la QKD. Nella seconda macro-attività

figurano invece attività di investigazione, sviluppo di nuovi componenti e dispositivi a singolo fotone per la QKD di prossima generazione, con particolare riferimento a sorgenti e rivelatori di singolo fotone altamente innovativi e con prestazioni migliorate rispetto allo stato dell'arte.

L'INRIM partecipa anche, in qualità di partner, ai seguenti progetti avviati nel 2017:

- Laboratorio multidisciplinare del Mediterraneo (LABMED) (progetto INFN)
- Materiali innovativi e tecnologie efficienti per le energie rinnovabili (MATER) (progetto CNR)
- CIBO E SALUTE (progetto CNR)

Per la partecipazione a questi progetti l'Istituto ha ricevuto dall'INFN e dal CNR un finanziamento complessivo pari a k€ 518 circa.

A seguire, una breve descrizione degli obiettivi dei progetti:

LABMED

L'attività di ricerca in ambiente marino profondo assume sempre una maggiore rilevanza a livello internazionale non solo per ragioni puramente scientifiche ma anche per le opportunità tecnologiche ed energetiche che il mare è in grado di fornire. L'economia del mare, lo sfruttamento delle forme energetiche e delle risorse marine, soprattutto in ambiente profondo sono dei settori in forte sviluppo negli ultimi anni. L'INFN, insieme all'INGV, da anni conducono, per ragioni scientifiche, attività di ricerca in ambiente marino profondo che ha permesso di sviluppare delle infrastrutture cablate sottomarine uniche nel loro genere nel bacino del Mediterraneo. D'altra parte, l'INRIM da anni conduce nell'ambito della metrologia primaria internazionale ricerche sull'uso della fibra ottica per distribuire segnali campioni di tempo e frequenza e per ottenere nuovi sensori per parametri geofisici quali vibrazioni e temperatura. In particolare l'INFN ha implementato una stazione sottomarina al largo delle coste di Portopalo di Capo Passero costituita da un laboratorio di terra dal quale è possibile gestire le infrastrutture sottomarine (alimentazione ed acquisizione dati), un cavo elettro ottico sottomarino della lunghezza di circa 100 km, costituito da 20 fibre ottiche e un conduttore elettrico. Il cavo elettro ottico connette la stazione di terra con il nodo sottomarino di Portopalo di Capo Passero posizionato a 3.500 metri di profondità, ad una distanza dalla costa di circa 80 km. Il sito sottomarino attualmente sta vedendo l'installazione del primo blocco del telescopio sottomarino per la rivelazione di neutrini astrofisici di alta energia KM3NeT e rappresenterà il secondo nodo cablati del progetto EMSO (mediante l'installazione di un nodo di diramazione – Junction Box, connesso al cavo elettro ottico sottomarino). Il progetto LABMED prevede la realizzazione di una rete di laboratori e stazioni di monitoraggio sottomarino per potenziare la dotazione delle infrastrutture di ricerca del laboratorio distribuito per la ricerca sul mare localizzato in Sicilia e gestito da INFN ed INGV.

MATER

Il progetto MATER "Materiali innovativi e tecnologie efficienti per le energie rinnovabili", coordinato dal CNR e con la partecipazione di INRIM, OGS, INGV, Centro Fermi e AREA Science Park, intende dare impulso alla transizione del sistema energetico del nostro Paese verso una progressiva e continua decarbonizzazione delle fonti energetiche e una sempre più consistente produzione di energia distribuita. Il progetto si propone obiettivi coerenti con la programmazione Comunitaria e Nazionale in materia di "Energia, sicura, pulita ed efficiente". INRIM partecipa al WP3 (MATER-CO2), con riferimento metrologia della CO2, al WP5 (MATER-BIOMASSE), in relazione alla caratterizzazione termodinamica di biocarburanti liquidi, e al WP6 (MATER-SMART), per quanto concerne il monitoraggio dello stato delle reti elettriche e la trasmissione dei dati acquisiti per la gestione delle stesse.

Ci&Sa

Il progetto Cibo & Salute (Ci&Sa), coordinato dal CNR e con la partecipazione di INRIM, Stazione Zoologica 'Anton Dohrn' e OGS, intende contribuire a rafforzare e innovare il sistema agroalimentare italiano individuando soluzioni adeguate ed efficaci ai crescenti e nuovi bisogni alimentari della popolazione, e ai problemi di sicurezza alimentare e sostenibilità agroalimentare. Ci&Sa affronta in maniera interdisciplinare e innovativa i temi della food quality, food safety e food security, con l'obiettivo che il cibo, a qualsiasi scala (locale, globale), sia salutare, sicuro e di qualità, e sia prodotto in maniera sostenibile e accessibile, in particolare a quei segmenti di popolazione con disturbi alimentari e/o patologie connesse ad alimentazione scorretta. Nell'ambito del progetto, INRIM è responsabile del WP relativo allo sviluppo di nuove metodologie di tracciabilità nel settore agroalimentare.

Con il Decreto n. 462 del 13 settembre 2017 il MIUR ha predisposto il finanziamento Premiale complessivo di € 2.919,575, assegnando all'INRIM:

- 2.072,872 k€ sulla base dei risultati della Valutazione della Qualità della Ricerca 2004-2010;
- 846,704 k€ destinati al finanziamento di specifici progetti di ricerca, anche in collaborazione con altri enti.

I due progetti (in avvio nel 2018) di cui l'INRIM è coordinatore sono i seguenti:

- QUANTUMET - Novel quantum-based and spintronic sensors for a traceable metrology
- Volume Photography - Volume Photography: measuring three dimensional light distributions without opening the box

A seguire, una breve descrizione degli obiettivi dei progetti:

Volume Photography - Volume Photography: measuring three dimensional light distributions without opening the box

Il progetto si pone l'ambizioso obiettivo di sviluppare tecnologie complementari al fine di misurare la distribuzione della luce all'interno di strutture fotoniche mediante l'incorporazione di materiali fotoresponsivi. Ne risulterà un'immagine tridimensionale di tale distribuzione luminosa all'interno della struttura. Il concetto chiave, che rende innovativo e ambizioso questo progetto, è la possibilità di rappresentare ed estrapolare il complesso cammino della luce all'interno delle strutture fotoniche (come metamateriali, strutture plasmoniche e materiali disordinati), le cui proprietà ottiche sono determinate da locali effetti di interferenza e localizzazione del campo elettromagnetico. Misure di trasmissione o riflessione dei campioni potrebbero essere così completate da una comprensione più profonda del comportamento della luce al loro interno.

L'approccio proposto prevede l'uso di diverse strategie volte allo studio di materiali e fenomeni luminosi molto diversi tra loro. Tuttavia, tutte le metodologie proposte hanno in comune l'introduzione di piccole quantità di materiali otticamente sensibili (in modo che la loro presenza non modifichi però le stesse proprietà ottiche delle strutture in esame), la loro attivazione e visualizzazione. Il progetto si propone di coprire l'analisi completa della tematica: dalla preparazione dei campioni da studiare (sistemi disordinati ed ordinati con cavità ottiche e scatteratori di diversa natura e dimensione) alla misurazione vera e propria (mediante tecniche complementari) allo studio teorico del fenomeno (avvalendosi anche di programmi di simulazione).

QUANTUMET - Novel quantum-based and spintronic sensors for a traceable metrology

Il progetto si propone, attraverso ricerche nel campo della fisica quantistica dello stato solido e della spintronica, di far avanzare la metrologia quantistica delle grandezze elettriche e magnetiche a favore del loro utilizzo pratico nel mondo dell'industria. La metrologia quantistica delle grandezze elettriche è ormai matura per essere sfruttata e implementata nei laboratori di calibrazione e direttamente all'interno della strumentazione commerciale T&M. La sensoristica magnetica, fortemente utilizzata nelle applicazioni industriali, può fare un grande passo in avanti grazie all'impiego di nuovi sensori basati su effetti spintronici. Il presente progetto di ricerca si propone un piano di lavoro su tre interventi principali: 1) lo sviluppo di standard elettrici quantistici potenzialmente trasferibile a livello industriale; 2) lo sviluppo di sensori magnetici innovativi per l'industria; e 3) lo studio di nuovi effetti magnetici nello stato solido per la definizione di nuovi sensori per il nascente campo della spintronica.

L'INRIM partecipa anche, in qualità di partner, ai seguenti progetti, di cui è coordinatore il CNR, avviati nel 2018:

- SENSEI - New sensors based solutions for sustainable de-production
- Nano4Brain - Nanotechnology for the molecular and physiological fingerprinting of brain disease

A seguire, una breve descrizione degli obiettivi dei progetti:

SENSEI - New sensors based solutions for sustainable de-production

Il progetto si propone di sviluppare le tecnologie/metodologie abilitanti dianzi menzionate identificando un nuovo modello di Fabbrica Cyber-Fisica Intelligente e di applicare questo stesso modello alla gestione del fine vita dei prodotti – siano essi beni di consumo (per esempio Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche), prodotti industriali secondari o prodotti derivanti dall'attività di costruzione o demolizione. Il progetto

contribuirà in modo sinergico e sistemico allo sviluppo di un impianto pilota che integri in maniera automatica ed intelligente le strategie di End-of-Life (EoL) ottimali attraverso le fasi di: i) gestione delle informazioni inerenti provenienza, dati di prodotto e se del caso modalità di utilizzo lungo tutto il ciclo di vita dei prodotti a fine vita; ii) disassemblaggio dei prodotti (non affrontato nel contesto del presente progetto); iii) caratterizzazione in linea della matrice di prodotti/rifiuti tramite l'utilizzo di un'architettura multi-sensore distribuita e metrologicamente riferibile; iv) frantumazione della frazione coarse (affrontata nel contesto di questa attività progettuale solo in relazione a apparecchiature elettriche ed elettroniche); v) macro e micro sorting automatizzato; vi) recupero e valorizzazione degli scarti (non affrontato nell'ambito del presente progetto) per la stimolazione del mercato delle materie prime secondarie che possano concorrere a supportare la transizione verso un'economia circolare, in cui il valore dei prodotti, dei materiali e delle risorse è mantenuto quanto più a lungo possibile e la produzione degli scarti è ridotta al minimo.

Nano4Brain - Nanotechnology for the molecular and physiological fingerprinting of brain disease

La corteccia cerebrale è il più complesso stato della materia che sia accessibile alla nostra sperimentazione: 1 mm³ di corteccia cerebrale contiene approssimativamente 5x10⁴ neuroni. Ogni neurone supporta 10⁴ elementi computazionali elementari (le sinapsi), che sono uniti da 5 km di connessioni. Le proprietà macroscopiche della attività cerebrale, ed il comportamento degli organismi sono definiti dalla attività di questa rete, il cui sviluppo e funzione è determinato da effettori molecolari che presiedono al riconoscimento cellulare, al controllo strutturale, al controllo delle correnti ioniche e della trasmissione sinaptica. La rilevanza delle interazioni alla nanoscala sul mondo macroscopico sono esplicitate dal fatto che mutazioni puntiformi di singole proteine portano alla comparsa di gravi malattie che causano alterazioni della eccitabilità elettrica, delle funzioni cognitive, delle interazioni sociali. L'analisi di questa rete richiede il dispiegamento di tecnologie che operino ad una moltitudine di scale spaziali e che siano in grado di cogliere il divenire temporale dei processi biofisici sottostanti la funzione cerebrale. La profonda interdisciplinarietà delle neuroscienze collide con il modello classico della ricerca in ambito biologico che è appannaggio di laboratori piccoli con un limitato spettro di tecnologie. Questo progetto è nato dal desiderio di riunire sotto un tema comune laboratori attivi in campi molto diversi promuovendo l'interazione tra nanotecnologie, microelettronica, analisi computazionale informatica e ricerca in neuroscienze di base. Questa rete di ricercatori implementerà un approccio multidisciplinare per la identificazione di biomarkers molecolari e fisiologici di modelli genetici di malattie cerebrali e per la comprensione dei meccanismi cellulari alla base di queste patologie.

Progetti strategici

Nel 2017 sono proseguiti i **Progetti Strategici** nei quali l'INRIM ha deciso di investire parte del finanziamento ricevuto dal MIUR (tramite Decreto Ministeriale del giugno 2014) del valore complessivo di k€ 3.612.

Un'ulteriore fonte di finanziamento per i Progetti Strategici è arrivata dal finanziamento Premiale 2014 (Decreto MIUR n. 291 del 3 maggio 2016), attraverso la delibera del 19 luglio 2017 del CdA dell'INRIM che ha stabilito di destinare una quota del finanziamento, non superiore al 30%, al proseguimento dei progetti strategici già finanziati in precedenza.

Si riporta di seguito un breve descrizione dei contenuti dei Progetti Strategici:

PS1 – LIFT MATERA

Il progetto è l'estensione verso l'Italia centro-meridionale del progetto LIFT (disseminazione di riferimenti di tempo e frequenza di altissima qualità metrologica mediante fibra ottica). La nuova tratta sarà Firenze-Roma-Napoli-Matera, con uno sbraccio verso il centro di Telespazio presso il Fucino. Questa tratta permetterà di collegare nuovi centri di ricerca e fornirà al centro di geodesia spaziale di Matera un riferimento di frequenza primario, necessario per migliorare l'accuratezza della geo-localizzazione. Sarà possibile compiere ulteriori studi sulle nuove tecniche VLBI in common clock tra le antenne di Matera e Medicina. Il collegamento con il Fucino sarà rilevante nell'ambito del progetto Galileo, in quanto permetterà di confrontare la scala di tempo Galileo con UTC(IT), in maniera alternativa e con una risoluzione migliore rispetto alla tecnica satellitare a due vie. Nel 2015 è stato definito il contratto di noleggio della fibre; la tratta sarà attrezzata e resa operativa nel corso del 2016.

PS2 – DOSIMETRIA EM

Il progetto PS2 "Dosimetria elettromagnetica per applicazioni biomedicali", costituisce un'evoluzione del precedente Progetto Premiale P7 e ha come obiettivo di contribuire allo sviluppo e all'estensione delle metodiche diagnostiche e terapeutiche basate sull'impiego di campi elettromagnetici, con particolare riferimento alla tomografia a risonanza magnetica (MRI) e all'ipertermia magnetica indotta.

Il Progetto, rispondendo alle priorità delle "Society Challenges" identificate nel programma di ricerca metrologica europea EMPIR, intende stimolare l'innovazione fornendo strumenti e metodologie di analisi per ricercatori, comunità medica, organismi normativi e legislativi e produttori di apparecchiature medicali. Il progetto è articolato in due filoni principali di attività, il primo rivolto all'imaging a risonanza magnetica e il secondo allo studio e caratterizzazione di nanostrutture magnetiche per l'ipertermia indotta.

PS3 – KELVIN

Il progetto "Nuova definizione del kelvin e *mise-en-pratique*" persegue il rafforzamento di INRIM in ambito termometrico attraverso il suo contributo alla ridefinizione del kelvin, sulla base del valore della costante di Boltzmann k , e alla nuova *mise en pratique* (*MeP-K*). In particolare INRIM è impegnato nella determinazione di k con metodi acustici, a predisporre tecniche, procedure e sistemi di misura per poter soddisfare le prescrizioni della *MeP-K*, a individuare e implementare nuovi approcci di termometria primaria che possano progressivamente superare le scale quali base delle misure di temperatura.

PS4 – NANO EM

Il progetto si propone di contribuire a tre diverse linee di attività:

Sviluppo di nanotecnologie innovative per dispositivi in grado di fornire alti livelli di accuratezza di misura Superconducting devices

- (i) Quantized charge and resistance
- (ii) Spintronic structures
- (iii) Il progetto che ha una scala temporale di tre anni è stato finanziato a luglio del 2015 per un terzo della cifra richiesta e gli obiettivi sono stati riscattati opportunamente

Progetti SEED

La delibera del 19 luglio 2017 del CdA dell'INRIM ha stabilito inoltre di destinare una quota del finanziamento Premiale 2014 (non superiore al 10%) all'attivazione dei nuovi **progetti SEED**, progetti di breve durata che dovranno puntare su nuove idee di ricerca in ambito metrologico, da sviluppare eventualmente come proposte per soggetti finanziatori esterni all'Ente.

A partire dal 2017 sono stati avviati i seguenti progetti SEED, selezionati all'interno di una vasta rosa di proposte, per i quali sono stati stanziati nel complesso k€ 200:

- GeCum
- Test of a low pressure standard based on a superconducting microwave cavity
- Interference-based charge qubit for quantum metrology and sensing (IBC QuBit)
- Mise en pratique of an opto-acoustic primary calibration method for MEMS microphones

Si riporta di seguito un breve descrizione dei contenuti dei progetti:

GeCum - Genetic Quantum Measurement

Il Genetic Quantum Measurement (GQM) è un innovativo protocollo di misura in grado di emulare i meccanismi evolutivi di mutazione, ibridazione e selezione. In linea di principio, tale protocollo è in grado di superare le prestazioni delle tradizionali misure proiettive (anche nel caso in cui esse costituiscono la misura ottima, in grado di saturare il limite di Cramér-Rao quantistico).

Il GQM è composto da una sequenza di iterazioni in cui lo stato in esame subisce un'interazione-interferenza iniziale (mutazione+ibridazione) seguita da una misura selettiva (selezione); grazie al parallelismo quantistico, tutte le possibili "traiettorie evolutive" dello stato vengono esplorate simultaneamente.

Il fatto che il GQM possa battere, in termini di incertezza, anche la strategia ottima prepara-e-misura, rendono questo protocollo di estremo rilievo per tutte le tecnologie quantistiche, in particolare per la metrologia quantistica e le misure "quantum-enhanced."

Test of a low pressure standard based on a superconducting microwave cavity

L'obiettivo del progetto consiste nella realizzazione di un prototipo che permetta di realizzare un campione di pressione in fase gassosa nell'intervallo compreso fra 100 Pa e 10 kPa con accuratezza relativa di 20 ppm. Il campione sfrutta la possibilità di determinare con precisione estremamente elevata le frequenze di risonanza di una cavità a microonde riempita di elio e mantenuta in stato di superconduzione a temperature inferiori a 10 K.

Interference-based charge qubit for quantum metrology and sensing (IBC - QuBit)

Nell'ambito del progetto si intende investigare le applicazioni di una nuova tipologia di dispositivo a controllo di singole cariche che sfrutta il principio dell'interferenza quantistica delle funzioni d'onda superconduttive appositamente controllate ai capi di un nanofilo. In particolare verrà progettato, analizzato e realizzato in forma prototipale un nuovo circuito superconduttivo che realizza un qubit a stato di carica. Il peculiare controllo mediante campi magnetici rende la proposta di particolare interesse per la sua natura elettrostatica,

caratteristica di rilievo per un incremento dei tempi di coerenza degli stati quantistici in gioco, limitati fortemente dall'interazione con sistemi di cariche di background a due livelli.

Mise en pratique of an opto-acoustic primary calibration method for MEMS microphones

Il progetto si propone di sviluppare un metodo di taratura basato sulla misura della velocità delle particelle di aria in condizioni di campo libero (camera anecoica) mediante la misura della correlazione della dispersione di fotoni nella zona in cui interferiscono due raggi laser. Dalla misura della velocità si ricava la pressione acustica (l'impedenza dello spazio libero è calcolabile) che incide sul microfono in taratura, successivamente posto nella zona di interferenza. Il metodo è primario e direttamente riferibile a grandezze del SI.

Infrastrutture di ricerca

European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR)

INRIM coordina la partecipazione italiana al programma di ricerca 2014 – 2024 European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR), co-finanziato attraverso l'art.185 del trattato europeo di Lisbona.

Il valore di EMPIR è 600 M€: 300 M€ da risorse nazionali e 300 M€ dall'unione europea; il 30% del cofinanziamento comunitario, 90 M€, finanzia la partecipazione di industrie, università e istituti di ricerca. Il valore atteso della partecipazione italiana a EMPIR, 24 M€, è 7.6%.

Gli obiettivi del programma EMPIR sono: i) sviluppare conoscenze e soluzioni appropriate e integrate atte promuovere l'innovazione e la competitività; ii) sviluppare tecnologie di misura indirizzate alle sfide poste dai problemi energetici, della salute e dell'ambiente; iii) creare un sistema di ricerca integrato con adeguata massa critica e impegni a livello nazionale, europeo e internazionale; iv) realizzare infrastrutture metrologiche europee ove appropriato.

EMPIR è articolato in bandi annuali raggruppati in sei moduli:

- excellence science: ricerche di metrologia fondamentale e applicata;
- industrial leadership: attività indirizzate dall'industria e progetti di trasferimento tecnologico ritagliati sulle necessità industriali e che prefigurano un rapida applicazione;
- grand challenges (energy, health, environment): ricerche indirizzate alle sfide poste dai problemi energetici, della salute e dell'ambiente;
- prenormativa: attività di ricerca e sviluppo necessarie alla normazione e alla definizione della legislazione europea;
- research potential: attività indirizzate allo sviluppo delle risorse umane, in particolare nelle regioni della convergenza;
- impact: attività indirizzate a sviluppare l'impatto di specifici risultati ottenuti nei progetti di ricerca congiunti.

La tabella riporta il valore effettivo della partecipazione INRIM (la partecipazione italiana include l'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti dell'ENEA) alle call concluse del programma.

call	2014	2015	2016	2017
valore partecipazione	1.5 M€	1.6 M€	1.8 M€	2.6 M€
percentuale partecipazione	8.3%	5.4%	5.6%	8.2%

Galileo Timing Research Infrastructure

L'infrastruttura sperimentale sviluppata in INRIM, con il supporto di diversi progetti ESA e EC, rappresenta la base per la ricerca, la formazione e il supporto ai progetti spaziali internazionali, sia sviluppando nuove applicazioni, sia come fucina di sperimentazione e formazione per sviluppo nuove tecnologie spaziali pre-industriali.

Nel 2017 è continuata la sperimentazione del laboratorio DEMETRA per 3 dei 9 diversi servizi di timing basati sul segnale Galileo che erano stati sviluppati e validati nel 2015-2016, in particolare il servizio di disseminazione del tempo via fibra ottica, via satellite geo-stazionario e il servizio di Time Integrity. Sono inoltre continuate le attività, supportate da ESA e EC, sulla sperimentazione del segnale Galileo per il time transfer e sull'analisi del comportamento degli orologi di bordo e del Galileo System Time.

La facility, che usufruisce di diversi contratti ESA e GSA, contribuisce allo sviluppo del sistema Galileo fornendo le competenze di metrologia del tempo necessarie per la validazione del timing del sistema, ma anche per lo studio e la sperimentazione di altri servizi di timing che possano irrobustire e sostenere lo sviluppo e la penetrazione nel mercato dei servizi offerti da sistema Galileo.

L'attuale facility ha avuto finanziamenti sia su richieste dirette di ESA (senza bando di selezione), sia su proposte dei partner rispondendo a bandi ESA e CE/H2020. A fine 2016, grazie alle competenze sviluppate nella facility, INRIM si è aggiudicato la gara per lo sviluppo e supporto del Galileo Time Service Provider (TSP) con un contratto che coprirà 10 anni di attività. Tale contratto prevede, fra le varie attività, anche la consegna giornaliera dalla facility Galileo dell'INRIM al TSP di prodotti e dati di time transfer con modalità tali da soddisfare i livelli di servizio richiesti dai termini contrattuali.

I finanziamenti ricevuti nel periodo 2010-2017 e già previsti per l'anno 2018 sono indicati nella tabella seguente.

Tabella 5– Finanziamenti ricevuti nel quinquennio 2010-2016 e già acquisiti per i prossimi anni

Anno	k€
2010	1254
2011	150
2012	76
2013	940
2014	400
2015	2000
2016	2500
2017	900
2018	610

Per quanto riguarda le risorse umane, annualmente l'Ente dedica all' infrastruttura 16 mesi uomo all'anno di personale strutturato, più almeno 48 mesi uomo all'anno di personale non strutturato (PhD, Assegni, Borse, TD).

Nanofacility Piemonte

L'INRIM è, al momento, l'unico Istituto Nazionale di Metrologia in Europa, insieme al PTB, a possedere un centro di micro e nanofabbricazione. L'istituto vanta una pluriennale esperienza nel campo della litografia, sia ottica che laser, e nella nanolitografia a fascio elettronico, nella crescita e deposizione di film sottili e nell'attacco chimico liquido e gassoso dei materiali.

Grazie ad un contributo della Compagnia di San Paolo, dal gennaio 2010 è attivo il laboratorio Nanofacility Piemonte (www.nanofacility.it), dedicato alla nanofabbricazione mediante microscopia elettronica e ionica. La struttura tecnologica è aperta ai ricercatori di enti pubblici, accademici e del mondo industriale, e offre servizi avanzati per la nanofabbricazione sulla base di collaborazioni scientifiche e tecnologiche. Dallo stesso anno è anche attivo un servizio di prenotazione per l'accesso alla struttura tecnologica.

Nanofacility vanta oggi al suo attivo migliaia di ore di funzionamento per servizi alla ricerca sul territorio e in metrologia, e sviluppa, allo stato dell'arte, le seguenti tecnologie: Electron Beam Lithography per ogni tipo di geometrizzazione su scala nanometrica, Ion beam Sculpting per la fabbricazione di dispositivi nanoSQUIDs, dispositivi basati su whisker e nanowire, ottiche diffrattive e nanostrutture per la plasmonica e la fotonica, preparative per microscopia elettronica in trasmissione e per spettroscopie a raggi X (GISAX, NEXAFS, ecc.). Inoltre, mediante la combinazione di tecniche quali FIB, EBL e RIE, si eseguono anche lavorazioni sul diamante per la realizzazione di nanostrutture superficiali di estrazione di radiazione dai centri di luminescenza tramite nanolenti, lenti di Fresnel, nanopillars e guide d'onda. Queste tecniche, accoppiate alla litografia ottica e a quella per self-assembly di nano-oggetti su larga area, garantiscono una risoluzione che va da alcuni centimetri sino ai dieci nanometri.

In questi ultimi anni, l'impegno del personale INRIM e delle risorse di micro e nanofabbricazione di Nanofacility nei progetti EMRP e EMPIR ha ottenuto un impatto di alto livello sulla comunità metrologica europea. Da questo, ne è conseguita una forte richiesta da parte dei principali NMI europei nella fabbricazione di dispositivi, modelli e campioni di riferimento alla nanoscala.

Attività e risultati di maggior rilievo conseguiti nel 2017 in ricerca e sviluppo

Bartl, G (Bartl, G.); Becker, P (Becker, P.); Beckhoff, B (Beckhoff, B.); Bettin, H (Bettin, H.); Beyer, E (Beyer, E.); Borys, M (Borys, M.); Busch, I (Busch, I.); Cibik, L (Cibik, L.); D'Agostino, G (D'Agostino, G.); Darlatt, E (Darlatt, E.); Di Luzio, M (Di Luzio, M.); Fujii, K (Fujii, K.); Fujimoto, H (Fujimoto, H.); Fujita, K (Fujita, K.); Kolbe, M (Kolbe, M.); Krumrey, M (Krumrey, M.); Kuramoto, N (Kuramoto, N.); Massa, E (Massa, E.); Mecke, M (Mecke, M.); Mizushima, S (Mizushima, S.); Muller, M (Mueller, M.); Narukawa, T (Narukawa, T.); Nicolaus, A (Nicolaus, A.); Pramann, A (Pramann, A.); Rauch, D (Rauch, D.); Rienitz, O (Rienitz, O.); Sasso, CP (Sasso, C. P.); Stopic, A (Stopic, A.); Stosch, R (Stosch, R.); Waseda, A (Waseda, A.); Wundrack, S (Wundrack, S.); Zhang, L (Zhang, L.); Zhang, XW (Zhang, X. W.): *A new Si-28 single crystal: counting the atoms for the new kilogram definition*. METROLOGIA, Volume 54, Issue 5, pp. 693-715, OCT 2017 (IF 3.411).

La determinazione della costante di Avogadro con incertezza relativa di 12 parti per miliardo è stata utilizzata come dato di ingresso per definire i valori convenzionali delle costanti fondamentali necessari alla ridefinizione del sistema internazionale. Il lavoro evidenzia importanti avanzamenti sperimentali e tecnologici e conferma la possibilità di realizzare l'unità di massa contando atomi di silicio.

Piacentini, F (Piacentini, Fabrizio); Avella, A (Avella, Alessio); Rebufello, E (Rebufello, Enrico); Lussana, R (Lussana, Rudi); Villa, F (Villa, Federica); Tosi, A (Tosi, Alberto); Gramegna, M (Gramegna, Marco); Brida, G (Brida, Giorgio); Cohen, E (Cohen, Eliahu); Vaidman, L (Vaidman, Lev); Degiovanni, IP (Degiovanni, Ivo P.); Genovese, M (Genovese, Marco): *Determining the quantum expectation value by measuring a single photon*. NATURE PHYSICS, Volume 13, Issue 12, pp. 1191-1194, DEC 2017 (IF 22.806).

Le misure protettive rappresentano un nuovo paradigma della misura in meccanica quantistica ove, in presenza di un'informazione parziale iniziale, è possibile ottenere direttamente il valor medio di un'osservabile. Questo lavoro dimostra per la prima volta questa possibilità su singoli fotoni e discute applicazioni alla metrologia quantistica (quali la verifica efficiente del "conio" di stati da usarsi come risorse nelle tecnologie quantistiche).

Pizzocaro, M (Pizzocaro, Marco); Thoumany, P (Thoumany, Pierre); Rauf, B (Rauf, Benjamin); Bregolin, F (Bregolin, Filippo); Milani, G (Milani, Gianmaria); Clivati, C (Clivati, Cecilia); Costanzo, GA (Costanzo, Giovanni A.); Levi, F (Levi, Filippo); Calonico, D (Calonico, Davide): *Absolute frequency measurement of the S-1(0) - P-3(0) transition of Yb-171*. METROLOGIA, Volume 54, Issue 1, pp. 102-112, FEB 2017 (IF 3.411).

E' stato completato e caratterizzato dal punto di vista metrologico il nuovo orologio ottico basato sulla transizione $^1S_0 - ^3P_1$ dell'atomo di Yb 171. La frequenza assoluta dell'orologio è stata misurata rispetto al campione primario di frequenza a fontana di Cesio ITCsF2. L'orologio ottico ha dimostrato stabilità ed accuratezza migliori rispetto alla fontana di cesio che porta quindi il contributo principale all'incertezza della misura di frequenza.

U. Zanovello, L. Matekovits, L. Zilberti: *An ideal dielectric coat to avoid prosthesis RF-artefacts in Magnetic Resonance Imaging*. SCIENTIFIC REPORTS Volume: 7 Article Number: 326 DOI: 10.1038/s41598-017-00215-7 Published: MAR 23 2017 (IF 4.259)

Nell'ambito della dosimetria elettromagnetica rivolta alle problematiche di sicurezza della Risonanza Magnetica per Immagini usata come metodo diagnostico, in questo lavoro sono pubblicati i promettenti risultati di uno studio esplorativo volto a valutare gli effetti di potenziali tecniche di riduzione degli artefatti nelle immagini, che si determinano in prossimità di protesi metalliche impiantate in pazienti sottoposti a tomografia a risonanza magnetica. La riduzione potenziale degli effetti di interazione campi EM con protesi, permetterebbero anche di ridurre l'energia depositata nella protesi e nei tessuti umani circostanti, limitando l'innalzamento di temperatura.

I. Kuselman, F. R. Pennechi, R. J.N.B.da Silva, D.B. , *Hibbert Risk of false decision on conformity of a multicomponent material when test results of the components' content are correlated*. Talanta, Volume n. 174, 2017, Pages 789-796, 2017 (IF 4.162).

Lo studio illustra lo sviluppo di modelli statici e Bayesiani per la valutazione dei rischi totali di non conformità per materiali o oggetti multicomponente nelle misure in chimica, tenendo conto dell'incertezza di misura come possibile causa di non conformità e della possibile correlazione tra le diverse componenti del materiale sotto test. Si evidenzia come una significativa correlazione delle componenti possa influire pesantemente sul valore del rischio totale.

L. Mandrile, G. Amato, D. Marchis, G. Martra, AM Rossi: *Species-specific detection of processed animal proteins in feed by Raman spectroscopy*. FOOD CHEMISTRY Volume: 229 Pages: 268-275 DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.02.089 Published: AUG 15 2017 (IF 4.529)

Un innovativo processo per la determinazione dell'origine animale delle proteine trasformate in mangimi destinati al consumo animale mediante la spettroscopia Raman è stato presentato in questa pubblicazione. Usando il metodo chemiometrico basato sull'analisi del discriminante è possibile identificare le diverse specie presenti nelle proteine trasformate. Il metodo proposto raggiunge la sensibilità richiesta dai regolamenti europei (0.1% w/w) e rispetto al metodo ufficiale presenta una maggiore velocità dell'analisi e non è operatore dipendente, riducendo le fonti di incertezza.

L. Pitre, F. Sparasci, L. Risehari, C. Guianvarc'h, C. Martin, M.E. Himbert, M.D. Plimmer, A. Allard, B. Marty, P. A. Giuliano Albo, B. Gao, M. R. Moldover, J. B. Mehl: *New measurement of the Boltzmann constant k by acoustic thermometry of helium-4 gas*. METROLOGIA, Volume 54, Issue 6, pp. 856-873, DEC 2017 (IF 3.411).

Con un'incertezza complessiva di sole 0.6 ppm, questo lavoro illustra la più accurata determinazione sperimentale della costante di Boltzmann - ovvero della temperatura termodinamica - mai ottenuta e rappresenta quindi un risultato fondamentale in vista della prossima nuova definizione del kelvin. L'esperimento è stato sviluppato e realizzato, nel corso di uno sforzo decennale, presso i laboratori LNE/CNAM avvalendosi di una nutrita collaborazione internazionale che ha compreso un significativo contributo dell'INRiM.

Mino, L; Bonino, V; Agostino, A; Prestipino, C; Borfecchia, E; Lamberti, C; Operti, L; Fretto, M; De Leo, N; Truccato, M: *Maskless X-Ray Writing of Electrical Devices on a Superconducting Oxide with Nanometer Resolution and Online Process Monitoring*. SCIENTIFIC REPORTS, Volume 7 Article Number 9066 pp. 9, AUG 2017 (IF 4.259).

In questo lavoro viene dimostrato un approccio innovativo di nanopatterning a raggi X senza l'utilizzo di maschera ottica o hard-mask che consente di realizzare dei dispositivi con dimensioni nanometriche. In particolare, è stato fabbricato un dispositivo Josephson su un micro-cristallo di ossido superconduttore $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi-2212) disegnando due linee singole di soli 50 nm in larghezza usando un fascio nanometrico di luce di sincrotrone da 17,4 keV. Un controllo preciso del processo di fabbricazione è stato ottenuto monitorando *in situ* le variazioni della resistenza elettrica del dispositivo durante l'irradiazione a raggi X, senza perturbare significativamente la struttura cristallina.

G. Barrera, F. Celegato, M. Coisson, A. Manzin, F. Ferrarese Lupi, G. Seguini, L. Boarino, G. Aprile, M. Peregoc and P. Tiberto: *Magnetization switching in high-density magnetic nanodots by a fine-tune sputtering process on a large-area diblock copolymer mask*. Nanoscale 9 16981, 2017 (IF 7.367).

Questo studio riguarda l'utilizzo di processi nanolitografici per sintetizzare elementi su scala nanometrica di materiali con proprietà funzionali per applicazioni in sensoristica, magneto-elettronica e quali nanoattuatori. In questo lavoro viene descritto un processo innovativo per la fabbricazione di array ordinati di nanodots aventi composizione Co e $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ e dimensioni intorno a 17 nm. La sintesi di array di nanostrutture su larga area è infatti non di facile realizzazione. Lo studio prosegue quindi con lo studio sperimentale del processo di

magnetizzazione a diverse temperature. I risultati sono stati quindi interpretati con modelli micromagnetici allo scopo di studiare l'effetto delle interazioni dipolare sul processo di magnetizzazione.

M. Piazzi, C. Bennati and V. Basso: *Thermodynamics of the Heat-Flux Avalanches at the First-Order Magnetic Transition in Magnetocaloric Materials*. "Phys. Rev. Applied, 8, 044023, 2017 (IF 4.808).

La refrigerazione magnetica a temperatura ambiente, che utilizza l'effetto magnetocalorico di determinati solidi magnetici, può diventare una tecnica efficiente a patto di poter ottenere una risposta termica veloce in conseguenza della variazione del campo magnetico applicato. Tuttavia, il fatto che i principali materiali magnetocalorici (ad es il composto La(Fe-Si)₁₃) presentino transizioni magneto-strutturali, rende la risposta cinetica dipendente da specifiche caratteristiche del materiale e quindi richiede uno studio dettagliato della fisica della trasformazione di fase. Applicando i metodi della termodinamica di non equilibrio, questo articolo arriva a definire un coefficiente cinetico intrinseco per il materiale. Viene proposto un metodo per determinare il coefficiente attraverso l'analisi delle costanti di tempo delle variazioni di flusso di calore in misurate in condizioni pseudo isoterme e si presenta una stima del comportamento cinetico dei composti La(Fe-Si)₁₃ idrogenati.

Donsberg, T (Donsberg, Timo); Manoocheri, F (Manoocheri, Farshid); Sildoja, M (Sildoja, Meelis); Juntunen, M (Juntunen, Mikko); Savin, H (Savin, Hele); Tuovinen, E (Tuovinen, Esa); Ronkainen, H (Ronkainen, Hannu); Prunnila, M (Prunnila, Mika); Merimaa, M (Merimaa, Mikko); Tang, CK (Tang, Chi Kwong); Gran, J (Gran, Jarle); Muller, I (Mueller, Ingmar); Werner, L (Werner, Lutz); Rougie, B (Rougie, Bernard); Pons, A (Pons, Alicia); Smid, M (Smid, Marek); Gal, P (Gal, Peter); Lolli, L (Lolli, Lapo); Brida, G (Brida, Giorgio); Rastello, ML (Rastello, Maria Luisa); Ikonen, E (Ikonen, Erkki): *Predictable quantum efficient detector based on n-type silicon photodiodes*. METROLOGIA, Volume 54, Issue 6, pp. 821-836, DEC 2017 (IF 3.411).

La pubblicazione descrive la realizzazione e caratterizzazione di nuovi fotorivelatori predicibili basati su fotodiodi di silicio di tipo n. Nell'ambito del progetto Newstar - SIB57 sono stati progettati, realizzati e caratterizzati nuovi fotodiodi utilizzando substrati di silicio di tipo n e passivazione con uno strato di Al₂O₃ al posto di substrati di tipo p e passivazione in biossido di silicio utilizzati in tutti i precedenti fotorivelatori predicibili. Questo nuovo tipo di rivelatori realizzati con processi di fabbricazioni più economici e ripetibili, conferma quale campione primario i fotorivelatori predicibili.

Enrico, E (Enrico, Emanuele); Strambini, E (Strambini, Elia); Giazotto, F (Giazotto, Francesco): *Phase-driven charge manipulation in Hybrid Single-Electron Transistor*. SCIENTIFIC REPORTS, Volume 7, Article Number 13492, OCT 18 2017 (IF 4.259).

Il lavoro riporta i progressi sulla realizzazione e caratterizzazione di dispositivi a singolo elettrone a controllo magnetico dello stato di carica (SQUSET, Superconducting Quantum Interference Single Electron Transistor) finalizzati al conteggio di cariche per il campione di corrente elettrica.

Attività e risultati di maggior rilievo conseguiti nel 2017 nel ruolo NMI

Piquemal, F (Piquemal, F.); Jeckelmann, B (Jeckelmann, B.); Callegaro, L (Callegaro, L.); Hallstrom, J (Hallstrom, J.); Janssen, TJB (Janssen, T. J. B. M.); Melcher, J (Melcher, J.); Rietveld, G (Rietveld, G.); Siegner, U (Siegner, U.); Wright, P (Wright, P.); Zeier, M (Zeier, M.): *Metrology in electricity and magnetism: EURAMET activities today and tomorrow*. METROLOGIA, Volume 54, Issue 5, Pages R1-R24, OCT 2017 (IF 3.411).

La pubblicazione riassume lo stato presente, e propone gli sviluppi futuri più promettenti, per la metrologia elettromagnetica in ambito europeo e internazionale. L'INRIM partecipa alla definizione della strategia metrologica europea attraverso la partecipazione a EURAMET e il chairmanship del Technical Committee on Electricity and Magnetism (TC-EM).

Unità di massa: La misurazione del parametro reticolare del silicio ha posto INRIM tra i cinque laboratori metrologici i cui risultati e capacità di misura sono stati determinanti alla decisione del Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure di approvare la ridefinizione del sistema internazionale delle unità.

Unità di tensione Il chip Josephson programmabile a 1 V a 13 bit, in tecnologia SNIS (Superconduttore-metallo Normale Isolante-Superconduttore), fabbricato all'INRIM in collaborazione col PTB, è stato impiegato in un esperimento di realizzazione dell'unità e di confronto con il campione nazionale di tensione elettrica, mantenuto a livello di 1.018 V con un gruppo di sorgenti a stato solido. Il valore di gruppo del Campione nazionale è stato confrontato con la realizzazione quantistica, con uno scarto di poche parti in 10^8 rispetto alla previsione di deriva. la correzione applicata è consistente con la dichiarazione di incertezza di taratura dichiarata nelle CMC.

Confronto internazionale: Partecipazione al confronto CCQM-P165 "Quantification of CD34+ Cell Counts", avente come scopo dello di quantificare il numero di cellule staminali ematopoietiche, di interesse per garantire il successo di un trapianto. Dodici laboratori hanno partecipato al confronto usando due diversi metodi di riferimento relativi alla citofluorimetria (uno basato su *reference beads* e uno su misure volumetriche). I due metodi hanno mostrato ottima correlazione. La variazione tra i valori medi di concentrazione di CD34 ottenuti dai laboratori partecipanti è risultata entro il 30%.

Confronto internazionale: Partecipazione al confronto CCQM-K131 Low-Polarity Analytes in a Multicomponent Organic Solution: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Acetonitrile. Il confronto chiave di misura ha riguardato la misura di analiti a bassa polarità in soluzione organica multicomponente con specifico riferimento agli idrocarburi policiclici aromatici in acetonitrile. Il confronto di misura è stato condotto nell'ambito del Organic Analysis Working Group del CCQM, ed è attualmente in fase di report B. Il metodo di misura adottato dall'INRIM è la gascromatografia accoppiata alla spettrometria di massa.

Confronto internazionale: Le attività hanno riguardato lo sviluppo di procedure per la standardizzazione delle misure di spettroscopia Raman. La partecipazione al confronto VAMAS Raman metrology sulla calibrazione in frequenza ha avuto lo scopo di sviluppare, mediante confronti interlaboratorio tra i principali NMI, una metodologia per la taratura di spettrometri Raman (numero d'onda) riferibile al SI e la disseminazione mediante materiali di riferimento. Il lavoro è consistito in due confronti interlaboratorio nell'ambito della metrologia Raman confocale dedicata alla calibrazione in frequenza e alla misura del volume confocale. I risultati ottenuti sono stati presentati in 3 lavori orali alla conferenza internazionale sulla spettroscopia Raman.

Confronto internazionale: E' stato pubblicato sul key comparison database del BIPM (KCDB) e sulla rivista Metrologia l'esito del confronto Euramet.T-K1, organizzato dal PTB (G) sulle realizzazioni della ITS-90 da 2.6 K a 24.5561 K con l'utilizzo di termometri a resistenza di rodio-ferro. Tale risultato consentirebbe all'INRIM di estendere le CMC per la temperatura termodinamica dall'attuale limite inferiore di 24.56 K a 4 K.

Confronto internazionale: EURAMET key comparison no. EURAMET.T-K1: realisations of the ITS-90 from 2.6 K to 24.5561 K, using rhodium-iron resistance thermometers, Christof Gaiser, Bernd Fellmuth, Peter Steur, Anna Szymrka-Grzebyk, Henryk Manuszkiwicz, Leszek Lipinski, Andrea Peruzzi, Richard Rusby and David Head, 2017 Metrologia 54 03002 <https://doi.org/10.1088/0026-1394/54/1A/03002>.

Confronto internazionale: INRIM è laboratorio pilota del Confronto Internazionale EURAMET.EM-S35, *High DC Current Ratio*, che coinvolge 12 partecipanti internazionali. Il misurando è il rapporto tra correnti (valore nominale 1500:1) su valori di forte corrente continua sino a 600 A. Il campione viaggiatore è un Direct-Current Current transducer (DCCT). INRIM ha emesso il Draft A del confronto nell'Ottobre 2017.

Attività e risultati di maggior rilievo conseguiti nel 2017 nell'attività di Knowledge Transfer

Galileo Time Service Provider Assicura la sincronizzazione dell'ora di Galileo con la scala di tempo internazionale e contribuisce alla diffusione del segnale di Galileo con un'accuratezza di nanosecondi e a soddisfare le esigenze di localizzazione e di sincronizzazione delle telecomunicazioni, della finanza, delle reti di distribuzione dell'energia, dei trasporti, degli operatori per la sicurezza e il soccorso.

Trasferimento tecnologico: Supporto tecnico ad una compagnia operante nel campo del trasporto e dispacciamento del Gas (SNAM rete Gas). E' stato fornito Supporto statistico per l'individuazione delle procedure ottimali per la scelta del punto di campionamento nelle prove di analisi emissioni, la determinazione della curva di taratura degli analizzatori e la gestione delle prove valutative e dei confronti interlaboratorio.

Formazione per NMI estero: all'interno del progetto Twinning (*Twinning Reference: EG/13/ENP/TR/22, Building the Capacity of the Egyptian National Institute of Standards (NIS) In the Field of Metrology*), è stata svolta attività didattica (presso il NIS) con la finalità di realizzare le condizioni tecnico scientifiche mediante le quali sostenere un confronto interlaboratorio. Gli argomenti trattati durante il corso sono stati: bilancio di incertezza relativo alla misura della potenza emessa da un trasduttore ultrasonoro, realizzazione del programma semiautomatico per la misura del valore di conduttanza del trasduttore ultrasonoro.

Attività di formazione: In risposta al programma ministeriale che prevede l'istituzione di programmi di alternanza scuola-lavoro, il programma QV4 ha organizzato un ciclo settimanale di lezioni impegnando un gruppo di studenti della scuola superiore nella realizzazione di semplici dimostrazioni pratiche di acustica fisica. Tali esperienze sono state successivamente presentate al pubblico in occasione dell'evento "Notte dei ricercatori" organizzato in collaborazione con l'Università di Torino.

Attività di formazione: l'INRIM ha contribuito ad erogare i corsi di III Livello per il Dottorato di ricerca in Metrologia in convenzione con il Politecnico di Torino.

Divulgazione tecnico-scientifica: Organizzazione della prima conferenza Nazionale sugli oli dal titolo: *I metodi di controllo – il controllo dei metodi: dalla tecnica alla norma gli oli come sistema modello*. L'organizzazione ha avuto il supporto finanziario di Assitol e Federolio e ha visto l'iscrizione di oltre 100 partecipanti.

Divulgazione tecnico-scientifica: Servizio televisivo nel programma 'Memex - I luoghi della scienza' andato in onda su Rai Scuola il 31/10/2017 (4 ricercatori, 3 assegnisti, 1 CTER coinvolti nella progettazione e realizzazione di esperimenti, interviste, riprese televisive in laboratorio) <http://www.raiscuola.rai.it/articoli-programma-puntate/memex-i-luoghi-della-scienza-pt-20-torino/39110/default.aspx>

1.3 - Risultati 2017 e confronto con anni precedenti

Nelle tabelle successive sono presentati alcuni indicatori di produzione scientifica e tecnologica al 31/12/2017. Altre informazioni sono contenute in "Risultati e Dati 2017".

I prodotti INRIM sono stati suddivisi nelle tre seguenti categorie:

- Scientific Work (S)
- NMI Work (NMI)
- Knowledge Transfer Work (KT)

Tabella 6 –Pubblicazioni nel periodo 2015-2017

Descrizione	2015				2016				2017			
		S	NMI	KT		S	NMI	KT		S	NMI	KT
Volumi	1	-	1	-	2	-	2	-	-	-	-	-
Articoli su riviste ISI (per 2017: IF medio ¹ = 4.1)	158	134	19	5	143	131	11	1	157	127	23	7
Altri articoli su riviste e capitoli di libro	19	9	3	7	17	13	2	2	21	7	3	11
Articoli su atti di congresso	90	52	34	4	108	101	6	1	36	23	9	4
Rapporti tecnici	107	71	32	4	40	18	17	5	29	11	9	9
Totali	375	266	89	20	310	263	38	9	243	168	44	31

¹ IF medio 2016: 3.06; IF medio 2015: 2.7

La successiva Tab. 7 riporta i dettagli di ripartizione delle pubblicazioni 2017.

Tabella 7 – Distribuzione delle pubblicazioni 2017

Descrizione	MF			MQV			NM			STALT			TOT		
	S	NMI	KT	S	NMI	KT	S	NMI	KT	S	NMI	KT	S	NMI	KT
Volumi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Articoli su riviste ISI con IF	25	7	2	42	5	-	56	5	2	4	6	3	127	23	7
Altri articoli e capitoli di libro	2	1	5	3	-	-	1	1	3	1	1	3	7	3	11
Articoli su atti di congresso	3	1	2	7	-	-	7	4	-	6	4	2	23	9	4
Rapporti tecnici	1	1	3	5	2	-	4	1	1	1	5	5	11	9	9
Totali	31	10	12	57	7	-	68	11	6	12	16	13	168	44	31

Nelle tabelle seguenti sono invece riportati i principali prodotti di trasferimento delle conoscenze, suddivisi tra prodotti specifici e attività formative.

Tabella 8 - Knowledge transfer - altri prodotti di valorizzazione applicativa

Descrizione	2015			2016			2017		
	S	NMI	KT	S	NMI	KT	S	NMI	KT
Contratti di ricerca attivi nell'anno	64	22	22	56	19	16	55	10	18
di cui nuovi	11	5	8	12	2	10	22	1	7
Brevetti ⁶ depositati in Italia o all'estero	-	2	-			3	-	-	1
Estensioni di brevetto all'estero	-	-	-			-	-	-	-
Certificati di taratura e misura		1.802			2.056			1.842	
Rapporti di prova		73			65			33	
Relazione ILC/PT								102	
Altri certificati e rapporti		62			94			111	
CMC pubblicate sul KCDB del BIPM		425			415			406	
Laboratori accreditati ⁷		174			178			185	
Procedure di taratura		240			245			224	
Documenti e procedure del Sistema Qualità		97			25			23	
Confronti chiave e internazionali		78			52			46	
On site peer review visits (di NMI stranieri)		2			3			3	
Progetti di strumenti, apparati o impianti	7	6	1	4	3	-	11	2	-
Manufatti e realizzazioni di rilievo	20	4	4	11	5	1	10	2	1

Tabella 9 - Knowledge transfer - formazione

Descrizione	2015	2016	2017
	KT	KT	KT
Dottorati (triennali) attivati nell'anno	7	11	4
Tesi concluse nell'anno (dottorato)	5	8	7
Tesi concluse nell'anno (II livello)	14	6	8
Tesi concluse nell'anno (I livello)	23	15	14
Ricercatori stranieri presso INRIM (mesi-persona)	15	3,5	26
Ricercatori INRIM all'estero (mesi-persona)	3	1	16,5
Seminari INRIM di esperti interni	3	1	-
Seminari INRIM di esperti esterni	23	13	20
Corsi di formazione per esterni ed interni	11	7	2
Organizzazione congressi, convegni e riunioni tecniche	40	23	22
Altre iniziative (eventi, comunicazione)	101	130	133

I relativi dati analitici - con il dettaglio sui prodotti realizzati dalle Divisioni - sono riportati a parte nel fascicolo "Risultati e dati 2017".

⁶ Sono censiti sia i brevetti depositati da INRIM sia quelli di "inventori" dell'INRIM, ma depositati da altri organismi, in genere partner industriali. Sul basso numero di brevetti depositati, valgono le considerazioni già espresse sulla tendenza dei ricercatori a dare maggiore importanza alla pubblicazione che non al brevetto e sulle difficoltà/costi della gestione delle procedure brevettuali. Si continuerà a incoraggiare questa attività, operando per una sua maggiore valutazione rispetto ad altri "prodotti".

⁷ Laboratori accreditati dal Dipartimento ACCREDIA-DT con il supporto tecnico dell'INRIM.

1.4 – Risorse di personale per l'attività scientifica

I dati relativi al personale delle strutture tecnico-scientifiche dell'INRIM sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 10 - Personale TI (al 31/12/2017)

Div	Dir R&Tcnl	Primi R&Tcnl	R&Tcnl	Tecnici	Ammin.	TOT
DIREZIONE SCIENTIFICA	7	21	48	26	3	105
STALT	2	4	12	27	1	46
Tot 2017	9	25	60	53	4	151
Tot 2016	11	25	56	52	3	147
Tot 2015	9	26	52	54	3	144
Tot 2014	10	25	55	54	3	147

La tabella successiva presenta anche le altre tipologie di figure che collaborano alle attività INRIM: Assegni di ricerca e Borse di addestramento.

Tabella 11 – Altro personale

Altro Personale	Personale in servizio al 31-12-2017	Tipologia fonte di finanziamento	
		NON FOE	FOE
Assegnisti	34	34	
Borsisti	3	2	1
Totale			

2) Obiettivi generali e strategici da conseguire nel triennio

L'INRIM organizza gli obiettivi generali e strategici delle sue attività di ricerca per il triennio 2018-2020 secondo le linee individuate nell'ambito della programmazione comunitaria rappresentata da *European R&D Framework Programme Horizon 2020*.

Le quattro Linee Prioritarie individuate in Horizon 2020, *Excellent Science*, *Industrial Leadership*, *Societal Challenges* and *Key & Enabling Technologies*, trovano corrispondenza nei quattro Obiettivi Generali individuati da EMPIR, definiti nel presente piano di attività triennale come *Excellent science: developing basic scientific metrology*, *Industrial leadership: addressing the innovation gap*, *Meeting the societal challenges* e *Key & Enabling Technologies*. L'INRIM ha individuato oltre alle linee precedenti una quinta linea prioritaria, comune a tutte le strutture, che raccoglie i principali obiettivi strategici legati al ruolo di istituto metrologico nazionale.

Con riferimento a questi Obiettivi Generali, l'INRIM individua i propri obiettivi strategici in accordo con lo schema di seguito riportato. Nel grafico sono riportati i quattro principali pilastri già descritti, secondo i quali si sviluppano le attività delle tre Divisioni e della struttura di primo livello STALT in cui è organizzato l'Istituto dal punto di vista operativo.



Ruolo di Istituto Metrologico Nazionale (NMI)

Le finalità dell'INRIM, il ruolo e i compiti di Istituto Metrologico Nazionale sono attribuiti dalla legge n. 273/1991 "Istituzione del Sistema Nazionale di Taratura" che all'art.2, c.1 recita:

"Gli istituti metrologici primari effettuano studi e ricerche finalizzati alla realizzazione dei campioni primari delle unità di misura di base, supplementari e derivate del sistema internazionale delle unità di misura SI. Tali istituti confrontano a livello internazionale i campioni realizzati e li mettono a disposizione ai fini della disseminazione prevista dal sistema nazionale di taratura."

e dal decreto legislativo n. 38/2004 "Istituzione dell'Istituto nazionale di ricerca metrologica (I.N.R.I.M.), a norma dell'articolo 1 della legge 6 luglio 2002, n. 137" che art. 2, c. 1, recita:

"L'I.N.R.I.M. è ente pubblico nazionale con il compito di svolgere e promuovere attività di ricerca scientifica, nei campi della metrologia. L'I.N.R.I.M. svolge le funzioni di istituto metrologico primario, già di competenza dell'istituto «Gustavo Colonnetti» e dell'Istituto elettrotecnico nazionale «Galileo Ferraris» ai sensi della legge 11 agosto 1991, n. 273. L'I.N.R.I.M., valorizza, diffonde e trasferisce le conoscenze acquisite nella scienza delle misure e nella ricerca sui materiali, allo scopo di favorire lo sviluppo del sistema Italia nelle sue varie componenti."

L'INRIM è 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, tra cui l'Italia, firmatari della Convenzione del metro. Esso prevede il riconoscimento reciproco dei Campioni nazionali di misura e dei certificati di taratura emessi dagli Istituti Metrologici dei principali Paesi industrializzati. Ciò assicura al Paese

l'equivalenza internazionale degli standard metrologici e, alle imprese italiane, la libera circolazione dei certificati emessi dai laboratori accreditati.

I Campioni nazionali di misura sono individuati dal DM n. 591/1994 "Regolamento concernente la determinazione dei campioni nazionali di talune unità di misura del Sistema internazionale (SI) in attuazione dell'art. 3 della legge 11 agosto 1991, n. 273" e di successivi sviluppi tecnico-scientifici che hanno portato al loro riconoscimento internazionale nell'ambito del MRA come *Calibration and Measurement Capabilities* (CMC).

Il triennio 2018-2020 è caratterizzato dalla ridefinizione delle unità del Sistema Internazionale, come verrà sancito dalla 26° Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure che si terrà a Versailles dal 13 al 16 novembre 2018.

Mantenimento e disseminazione delle unità SI

Vengono mantenute ed incrementate le CMC; ad oggi INRIM possiede oltre 400 CMC, tutte di altissimo livello. Al fine di mantenere ai massimi livelli la riferibilità internazionale delle misure sono attivi oltre 40 confronti chiave internazionali del CIPM e dell'EURAMET con i laboratori metrologici nazionali degli altri Paesi.

INRIM contribuisce alla disseminazione delle unità SI e ad assicurare riferibilità ai campioni con la propria attività di taratura, misura e prova. L'attività di taratura e prova rivolta all'industria viene dettagliata nella Scheda 8. La presente scheda descrive l'attività istituzionale propria dell'INRIM, quale istituto metrologico primario, per garantire la riferibilità delle misure di competenza.

INRIM si occupa, inoltre, dello sviluppo della disseminazione in modo da soddisfare la richiesta di riferibilità in nuovi campi della scienza e tecnologia e quelle che scaturiscono dai laboratori di taratura, dal mondo industriale, dalle PPAA.

Per il triennio 2018-2020

Metrologia delle grandezze meccaniche

Realizzazione del metro – Il metro è realizzato e riferito alle unità SI a partire da frequenze note e tarate mediante pettini di frequenza, laser stabilizzati e transizioni atomiche. Proseguirà lo sviluppo di tecnologie ottiche, optomeccaniche e elettroottiche per la misurazione di distanze, spostamenti, angoli e rotazioni con risoluzioni limite del picometro e del nanoradiante. L

Realizzazione del kilogrammo – Per la metrologia della massa si collaborerà con il PTB alla realizzazione del kilogrammo mediante la misura dimensionale della distanza interatomica del silicio. In relazione alla futura ridefinizione e alla riferibilità alle future unità SI, evidenziando che sia il CIPM che il CCM hanno espresso parere favorevole alla ridefinizione dell'unità di massa, saranno avviate studi e ricerche per valutare la realizzazione del kilogrammo attraverso una bilancia del watt di nuova concezione per la disseminazione di masse inferiori al grammo.

Nel campo della metrologia dimensionale si intende sviluppare un interferometro "double-ended" per la taratura dei blocchetti pianparalleli corti; si realizzerà inoltre un campione per la taratura di encoder angolari. Nella metrologia a coordinate, sono di largo interesse due tipi di campioni: i blocchetti di riscontro pianparalleli lunghi e i calibri a passi. Il miglioramento delle accuratèzze dichiarate per i blocchetti di riscontro collocherà l'INRIM tra gli NMI più avanzati in questo campo. Per i calibri a passi, il campo di misura sarà esteso fino a 1020 mm per il significativo interesse delle CMM. Nel triennio si prevede di sviluppare due nuovi campioni d'angolo con un'incertezza dell'ordine di 50 nrad e partecipare ad un confronto di misura mediante un poligono ottico e un encoder angolare. Verrà consolidata la competenza nel settore degli ingranaggi e delle geometrie complesse anche attraverso la partecipazione ad un confronto per l'estensione delle capacità di misura ai campioni ad evolvente ed elica. Miglioramento delle caratteristiche, e quindi delle CMC, delle bilance di pressione che operano in mezzo liquido e del campione ad espansione statica. Partecipazione a confronti in differenti intervalli tra cui pressioni negative. Lo studio e la caratterizzazione metrologica di un nuovo sistema a build-up multicomponente permetterà di estendere la riferibilità della scala di forza fino a 5 MN. L'estensione della scala della forza fino a 5 MN permetterà la disseminazione a livello industriale delle misure di forza effettuate con macchine uniassiali di alta portata. E' in fase di progettazione un sistema di taratura di sismometri e di accelerometri in condizioni di impatto (shock): il sistema può generare livelli di shock tra 20 G e 10000 G e, a seconda della durata dell'impulso dell'impatto (nell'ordine dei millisecondi), è possibile effettuare tarature in un campo di frequenze comprese tra 5 Hz e 20 kHz.

Metrologia delle grandezze elettromagnetiche

Realizzazione pratica del volt in regime continuo - Saranno eseguiti periodicamente degli esperimenti di

realizzazione del volt con dispositivo Josephson a 1 V, e di assegnazione del campione nazionale di tensione. In particolare, saranno tarate le otto sorgenti del campione nazionale per confronto con la tensione Josephson generata da una schiera di giunzioni Josephson SNIS (tecnologia INRIM). Le procedure tecniche del sistema qualità corrispondenti verranno aggiornate.

Realizzazione pratica delle unità di resistenza e impedenza - Per quanto concerne la realizzazione dell'ohm tramite effetto Hall quantistico verranno studiati nuovi dispositivi Hall in GaAs (array Hall), finalizzati alla realizzazione di valori decadici di resistenza, e dispositivi in grafene, caratterizzati anche con tecniche di resistance tomography, in regime alternato e alle radiofrequenze, in grado di ottenere la quantizzazione a valori di campo magnetico e temperatura che consentono operatività in ambienti cryogen-free tabletop. Verranno implementati sistemi di scaling di resistenza intrinsecamente riferiti (comparatori di corrente criogenici). Sarà realizzata una scala di resistenza in regime continuo con comparatore criogenico di correnti.

Verrà realizzato un sistema di ponti di impedenza digitali per il trasferimento del valore della resistenza di Hall quantizzata in dispositivi in grafene, direttamente in regime alternato, verso i campioni di impedenza elettrica.

Le procedure tecniche del sistema qualità corrispondenti verranno aggiornate.

Nel campo delle correnti alternate sarà esteso il limite superiore di misura fino a 20 A, con una migliore incertezza e sarà proposta una nuova CMC. Verranno sviluppati sistemi di taratura per trasduttori e sistemi con uscita analogica e digitale, anche con la realizzazione di una facility di taratura di wattmetri, contatori e convertitori di potenza ed energia dedicata alla disseminazione. Verrà effettuato uno studio per l'estensione in frequenza (fino a 400 kHz) delle capacità di generazione di campi magnetici di riferimento per la taratura dei misuratori di campi magnetici ambientali. Saranno dichiarate nuove CMC per la taratura di picoamperometri con metodo resistenza-tensione.

Grandezze fotometriche e radiometriche

Le CMC vengono supportate dai confronti internazionali in ambito EURAMET e CCPR; in particolare nel prossimo triennio sono previsti i confronti di misura per i radiometri UV-A, e per i filtri neutri. Per quanto riguarda il regime di conteggio è prevista la partecipazione a confronti di misura pilota (CCPR WG SP) dell'efficienza di fotorivelazione di rivelatori singolo fotone (SPAD) nel visibile (850 nm, free space) e nel vicino infrarosso (1550 nm, fibre coupled); con l'obiettivo di estendere le capacità di misura, verranno sviluppate appropriate catene di riferibilità e protocolli di misura, a partire dal radiometro criogenico (100 μ W) a scendere (-100 dB) al regime di singolo fotone.

Metrologia di tempo e frequenza

Realizzazione del secondo – Il secondo è realizzato mediante un insieme di orologi atomici commerciali (Maser-H e fasci di Cs) la cui frequenza assoluta viene misurata dal campione primario di frequenza ITCsF2: un campione a fontana di cesio che opera in regime di criogenia. Il programma collabora stabilmente con il BIPM per la generazione della scala di tempo universale coordinato (UTC). Conduce ricerche volte al miglioramento dell'accuratezza dei campioni primari, allo sviluppo delle tecniche di sincronizzazione e di disseminazione dei segnali di tempo e frequenza campione, affiancando alle tradizionali tecniche satellitari nuove tecnologie di sincronizzazione in fibra ottica e via internet.

Metrologia della frequenza – Opera e migliora progressivamente un campione primario di frequenza (ITCs2) a fontana di Cs, operante in regime criogenico e capace di un'accuratezza relativa di frequenza pari a $1.7E-16$. Sviluppa algoritmi per realizzare e distribuire la scala di tempo nazionale, utilizzando il campione primario ITCs2, 4 Maser-H e 5 fasci di Cs commerciali. Il campione primario di frequenza ITCsF2 continuerà a partecipare alla rete di taratura dell'International Atomic Time. L'affidabilità della scala di tempo universale coordinata italiana UTC(IT) verrà migliorata mediante una completa doppia ridondanza. La scala sarà distribuita mediante servizi innovativi sviluppati nell'ambito progetto Demetra (v. Galileo Timing Research Infrastructure). Utilizzando nuovi sistemi di sincronizzazione verrà realizzata una scala di tempo diffusa mediante orologi di precisione distribuiti sul territorio nazionale e sincronizzati in tempo reale rispetto ai riferimenti assoluti in INRIM. Sarà inoltre approfondita la sperimentazione della disseminazione di tempo su satellite geostazionario in collaborazione con ANTARES.

In collaborazione con l'IRA-INAF e colleghi giapponesi del NICT, verrà condotta una sperimentazione per l'utilizzo di antenne VLBI quali sistemi per il confronto remoto di orologi ottici.

Metrologia della temperatura

L'attività di ricerca a supporto della **nuova definizione del kelvin e della sua mise-en-pratique (MeP-K)**, svolta nell'ambito del Progetto Strategico INRIM "Nuova definizione del kelvin e *mise-en-pratique*" e del Progetto EMPIR SI 2015 InK2 "Implementing the new kelvin 2", è volta a rafforzare il ruolo dell'INRIM a livello internazionale, con particolare riferimento allo sviluppo di tecniche di misura innovative per la determinazione di temperature termodinamiche T . In particolare, le attività previste riguardano la misura mediante metodi a microonde e/o acustici della temperatura termodinamica T nell'intervallo di temperatura

compreso fra 25 K e 273.16 K e la realizzazione di nuovi apparati sperimentali per estendere l'intervallo di temperatura coperto dalla termometria acustica primaria all'intervallo compreso fra temperatura ambiente e 1000 K.

L'attività di ricerca in **termometria primaria**, strettamente connessa con la nuova definizione del kelvin, sarà rivolta a predisporre tecniche e sistemi di misura a supporto della *MeP-K* per la realizzazione e la disseminazione del nuovo kelvin anche attraverso il miglioramento dell'attuale scala ITS-90 e ad individuare e implementare nuovi approcci di termometria primaria.

Verranno messi a punto nuovi sistemi di taratura per termocoppie ad alta temperatura con l'impiego di punti fissi eutettici e proposte nuove CMC per coprire le esigenze provenienti dai laboratori del Sistema nazionale di taratura (in linea con ILAC-P10 a supporto dei laboratori accreditati). E' prevista la partecipazione ad un confronto supplementare di termocoppie (EURAMET T-S3).

Metrologia acustica

Per quanto riguarda la metrologia acustica, INRIM realizzerà il campione primario di pressione acustica con un'incertezza associata pari a 0,5 dB nel campo di frequenza tra 50 Hz e 10 kHz.

Metrologia per la chimica e la biologia

E' prevista la partecipazione a confronti internazionali organizzati da CCQM ed Euramet, in particolare: (i) BIPM-K1, per il mantenimento del campione nazionale di frazione molare di ozono in aria ambiente tra 0 e 1000 nmol/mol con incertezza assoluta $Q [1.1, 0.022 \times(O_3)]$; (ii) CCQM-K131 sulla determinazione di microinquinanti organici in soluzione. Avvio della partecipazione al working group del CCQM sull'analisi delle proteine (PAWG), con lo scopo di studiare l'applicabilità di tecniche spettroscopiche (IR e Raman) ed elettrochimiche e della Neutron Activation Analysis per la misurazione qualitativa e/o quantitativa di proteine nei cibi o nella filiera alimentare. In ambito del Surface analysis WG del CCQM, INRIM contribuirà alle attività per la standardizzazione metrologica della spettroscopia Raman. Proseguirà l'attività sull'impiego di tecniche elettrochimiche selettive per la determinazione del contenuto di acqua in materiali solidi in condizioni di riferibilità metrologica. Verranno messi in atto, in ambito VAMAS, ISO e CEN, politiche per lo sfruttamento delle nanoparticelle di TiO₂ e procedure operative standard (SOP) prodotte nel progetto SETNanoMetro.

Inoltre si occupa dello sviluppo della disseminazione in modo da soddisfare le nuove richieste di riferibilità che scaturiscono da progetti dell'INRIM, dai laboratori di taratura e dal mondo scientifico e industriale.

Procedure di taratura e prova

Proseguirà lo sforzo complessivo dell'ente per la revisione e la redazione di nuove procedure di taratura, in accordo con il Sistema qualità, secondo la norma ISO/IEC 17025:2005. L'attività di prova, e le relative procedure, verranno ulteriormente sviluppate in virtù della crescente fiducia che le aziende verso l'istituto, come *tertium comparationis*, sebbene INRIM non sia accreditato secondo la ISO 17043 (ad es. nelle prove acustiche, alle alte tensioni e forti correnti). Verranno realizzati campioni di lavoro e trasportabili per la riferibilità ai campioni nazionali di grandezze di interesse climatologico e ambientale.

INRIM contribuisce sia all'attività di riferibilità che a quella vera e propria di misura e prova. Mentre l'attività di taratura rivolta all'industria viene dettagliata nella scheda 8, si descrive qui l'attività istituzionale propria dell'INRIM, quale istituto metrologico primario, per garantire la riferibilità delle misure di competenza.

Inoltre si occupa dello sviluppo della disseminazione in modo da soddisfare le nuove richieste di riferibilità che scaturiscono da progetti dell'INRIM, dai laboratori di taratura e dal mondo scientifico e industriale.

Excellent science - Metrologia Fisica

Sviluppa conoscenze, tecnologie e metodi per la metrologia scientifica fondamentale. In particolare cura:

- la realizzazione pratica del metro, del chilogrammo e del secondo;
- le potenzialità metrologiche dell'interferometria, dell'ottica quantistica e dei sistemi quantistici;
- la metrologia in ambito spaziale.

A questo fine svolge e integra attività di ricerca teorica e sperimentale e attività di sviluppo tecnologico e conduce ricerche coordinate con l'industria mirando a raggiungere un livello di maturità tecnologica pari alla validazione in laboratorio.

Interferometria e Metrologia Meccanica

Realizzazione del metro e interferometria ottica e X – L'attività di ricerca si estende dalla determinazione del parametro reticolare di cristalli di silicio, alla misura e controllo di spostamenti alla scala delle dimensioni atomiche, alla metrologia dimensionale e angolare, all'interferometria assoluta per la misura di lunga distanza, allo sviluppo di sistemi ottici per la misura della densità/pressione di un gas mediante rifrattometria

e scattering Rayleigh. La crescente domanda di accuratezza alla scala del micrometro consiglia di attuare riferimenti di lunghezza attraverso la spaziatura del reticolo cristallino del silicio. INRIM è firmatario di un documento tecnico (congiuntamente con NPL e PTB) che è stato ratificato dal CCL. Il nascente laboratorio di interferometria X/optica deve essere sviluppato ed orientato ad acquisire la leadership internazionale per la scala sub-nanometrica. La possibilità di utilizzare la spaziatura atomica come riferimento assoluto di lunghezza è una opportunità unica di sviluppo scientifico e tecnologico. I processi in atto e l'obsolescenza delle attuali strutture richiedono di aggiornare i laboratori operanti nell'ambito della interferometria X/optica per mantenere la leadership internazionale e per espandere le capacità di misura. Collaborazioni scientifiche sono in atto per trasferire le competenze INRIM nell'ambito della movimentazione alla scala della dimensione atomica all'interferometria a neutroni presso Institut Laue-Langevin (Francia - Grenoble) e Atom Institute (Austria - Vienna).

Realizzazione del kilogrammo – Per la metrologia della massa si collaborerà con il PTB alla realizzazione del kilogrammo mediante la misura dimensionale della distanza interatomica del silicio. Proseguirà lo studio sperimentale degli effetti dello stress superficiale in collaborazione con NMIJ e KEK-PF. In collaborazione con la divisione qualità della vita, detti cristalli verranno caratterizzati (mediante attivazione neutronica) in termini di purezza e frazione molare dell'isotopo ^{30}Si . Proseguirà lo studio sperimentale delle vacanze e voids nei cristalli attraverso la diffusione di rame e la quantificazione dei precipitati mediante attivazione neutronica. In relazione alla futura ridefinizione e alla riferibilità alle future unità SI, evidenziando che sia il CIPM che il CCM hanno espresso parere favorevole alla ridefinizione dell'unità di massa, saranno avviate studi e ricerche per valutare la realizzazione del kilogrammo attraverso una bilancia del watt di nuova concezione per la disseminazione di masse inferiori al grammo.

Metodi matematici per la metrologia – Proseguirà lo sviluppo di modelli numerici per l'analisi agli elementi finiti (ambiente COMSOL multiphysics) del comportamento elastico e termo-elastico di sfere di silicio e interferometri X. Proseguirà lo sviluppo di modelli matematici per l'analisi dell'accuratezza e della diffrazione nell'interferometria ottica.

Metrologia in ambito spaziale – Saranno sviluppate tecnologie, metodi e strumenti per la metrologia dimensionale di missioni scientifiche nello spazio (missioni gravimetriche di nuova generazione) e lo studio del comportamento di interferometri ottici per l'osservazione delle onde gravitazionali (LISA). Saranno sviluppati interferometri assoluti e incrementali per medie e grandi distanze – capaci di incertezze di 1 nm su distanze di 10 km – e sensori ottici e interferometrici per accelerometri di navigazione satellitare. In collaborazione con Leonardo-Finmeccanica sarà realizzato un prototipo industriale di una camera iperspettrale per applicazioni dall'osservazione della Terra dallo spazio, ai beni culturali, alla rivelazione remota di inquinanti in atmosfera.

Metrologia di tempo e frequenza

Realizzazione del secondo – Il secondo è realizzato mediante un insieme di orologi atomici commerciali (Maser-H e fasci di Cs) la cui frequenza assoluta viene misurata dal campione primario di frequenza ITCsF2: un campione a fontana di cesio che opera in regime di criogenia. Il programma collabora stabilmente con il BIPM per la generazione della scala di tempo universale coordinato (UTC). Conduce ricerche volte al miglioramento dell'accuratezza dei campioni primari, allo sviluppo delle tecniche di sincronizzazione e di disseminazione dei segnali di tempo e frequenza campione, affiancando alle tradizionali tecniche satellitari nuove tecnologie di sincronizzazione in fibra ottica e via internet.

Campioni atomici di frequenza – Campione Itterbio: il campione oggi è capace di un'"accuratezza" di 5×10^{-17} , che verrà migliorata per portarlo nella regione di 1×10^{-18} in vista della ridefinizione del secondo. Dopo aver completata la caratterizzazione del primo campione ottico all'Itterbio, ed averne compiuta la misura assoluta di frequenza rispetto alla fontana di cesio, è iniziata la realizzazione di un secondo campione all'Itterbio migliorandone stabilità ed accuratezza, anche mediante lo sviluppo di una nuova camera di spettroscopia per il controllo della radiazione di corpo nero. Verrà inoltre realizzato un nuovo campione ottico che utilizza atomi di Sr, volto sia ad impieghi prettamente metrologici che a sperimentazioni di tecniche quantistiche per la riduzione del rumore (squeezing a QND measurements).

I campioni atomici di frequenza (in virtù delle predizioni della relatività generale) sono anche sensori del potenziale gravitazionale e saranno utilizzati per esperimenti di geodesia relativistica. Un'altra applicazione sarà la verifica della stabilità di costanti fondamentali, laddove la misura ripetuta nel tempo del rapporto di frequenza tra transizioni di specie atomiche diverse ne verifica la stabilità. A tal fine si propone di confrontare la frequenza della fontana di cesio con quella dell'Itterbio e con quella di transizioni molecolari in campioni raffreddati. Quale contributo allo studio della materia ultra-fredda, verrà inoltre curata la disseminazione di portanti ottiche ultra-stabili e accurate in frequenza verso laboratori nazionali selezionati. Il campione ottico all'Yb verrà anche utilizzato per compiere tarature di TAI, similmente a quanto già avviene per la fontana di Cesio.

Secondo alcuni studi, una transizione nucleare del ^{209}Th potrebbe essere utilizzata come standard di frequenza ad altissima accuratezza. Seppure non sia ancora stata osservata, valutazioni teoriche la stimano nel vicino ultravioletto, una regione spettrale che pone interessanti problemi metrologici non ancora risolti. Si continuerà quindi l'attività di ricerca per lo sviluppo e la stabilizzazione di nuove sorgenti laser di tipo metrologico in questa regione spettrale.

La regione spettrale dell'UV ha interessi anche interdisciplinari, per la biologia e la chimica, dove le sorgenti metrologiche sono poco presenti. La possibilità di sviluppare un campione ottico nell'UV è presa seriamente in considerazione, per alcuni vantaggi nella sistematica di accuratezza di questi campioni, in particolare rispetto allo shift dovuto alla radiazione di corpo nero.

Le competenze sviluppate per lo sviluppo di algoritmi per la scala di tempo trovano applicazioni sia nella rilevazione di anomalie degli orologi a bordo di satelliti (contribuendo alla definizione del servizio di integrità del sistema Galileo), sia nello sviluppo di metodi di confronto di scale di tempo via satellite utilizzando multi sistemi GNSS e tecniche di geodesia come il Precise Point Positioning o TWSTFT a banda larga.

Orologio a pompaggio ottico impulsato – La ricerca ha un ruolo fondamentale nel garantire competitività al sistema produttivo del paese. Pertanto, viene perseguito e programmato il trasferimento delle conoscenze per lo sviluppo di orologi alle realtà industriali del paese: il programma collabora con Leonardo-Finmeccanica allo sviluppo industriale di un prototipo ingegnerizzato (per applicazioni spaziali) di orologio a pompaggio ottico impulsato basato su atomi di rubidio. L'attività applica i risultati di una ricerca decennale svolta presso INRIM sui campioni in cella.

Metrologia del tempo e della frequenza – Opera e migliora progressivamente un campione primario di frequenza (ITFCs2) a fontana di Cs, operante in regime criogenico e capace di un'accuratezza relativa di frequenza pari a $1.7E-16$. Sviluppa algoritmi per realizzare e distribuire la scala di tempo nazionale, utilizzando il campione primario ITFCs2, 4 Maser-H e 5 fasci di Cs commerciali. Il campione primario di frequenza ITCsF2 continuerà a partecipare alla rete di taratura dell'International Atomic Time. L'affidabilità della scala di tempo universale coordinata italiana UTC(IT) verrà migliorata mediante una completa doppia ridondanza. La scala sarà distribuita mediante servizi innovativi sviluppati nell'ambito progetto Demetra (v. Galileo Timing Research Infrastructure). Utilizzando nuovi sistemi di sincronizzazione verrà realizzata una scala di tempo diffusa mediante orologi di precisione distribuiti sul territorio nazionale e sincronizzati in tempo reale rispetto ai riferimenti assoluti in INRIM. Sarà inoltre approfondita la sperimentazione della disseminazione di tempo su satellite geostazionario in collaborazione con ANTARES.

In collaborazione con l'IRA-INAF e colleghi giapponesi del NICT, verrà condotta una sperimentazione per l'utilizzo di antenne VLBI quali sistemi per il confronto rempoto di orologi ottici.

Riferibilità alle unità SI – La riferibilità della datazione degli eventi e del valore assoluto di frequenza viene garantita attraverso il continuo confronto della scala di tempo nazionale UTC(IT) alla scala di tempo internazionale UTC, dato che viene fornito mensilmente dal BIPM. La conoscenza in tempo reale invece è necessariamente più approssimata e viene stimata mediante algoritmi predittivi e l'utilizzo del campione primario di frequenza. La certificazione e la datazione remota di eventi avviene mediante tecniche satellitari e ITC, di particolare rilevanza è in questo ambito la sperimentazione condotta per la datazione delle transazioni finanziarie che continuerà nei prossimi anni, fino alla definizione di servizi commerciali veri e propri.

Sistemi quantistici – Verrà realizzato un sistema ibrido composto da ioni intrappolati e atomi neutri ultrafreddi, che separatamente già realizzano i migliori orologi disponibili (l'orologio atomico con atomi neutri di stronzio e quello con un singolo ione intrappolato di alluminio). Lo scopo è realizzare una delle prime macchine al mondo in cui gli atomi neutri ultrafreddi e gli ioni intrappolati "vivono" nello stesso apparato sperimentale. Le motivazioni sono molteplici: da un lato costruire sistemi quantistici con un maggiore livello di controllo per studiare fenomeni fisici quali la creazione controllata di composti molecolari e la dinamica di sistemi quantistici fuori dall'equilibrio. Dall'altro costruire una nuova base per le tecnologie quantistiche, quali il calcolo e la metrologia atomica. Per eliminare il micromoto degli ioni (la sorgente maggiore di incertezza nella realizzazione di orologi basati su ioni intrappolati) si intende sviluppare una trappola innovativa basata su potenziali elettrici statici e di potenziali ottici. Verrà studiata la possibilità di utilizzare queste nuove trappole per la concezione di orologi ottici su cristalli di ioni intrappolati formati da più di uno ione (attualmente gli orologi ottici basati su ioni interrogano una sola particella alla volta). Inoltre, il sistema sarà utilizzato per misurare possibili shift collisionali in un orologio ottico di ioni dovuti al gas di background. Questi effetti, normalmente molto piccoli, saranno aumentati sfruttando l'alta densità del gas ultrafreddo in cui lo ione sarà immerso, permettendo dunque di studiare nel dettaglio il ruolo delle collisioni ione-neutro negli orologi basati su ione.

Fisica Molecolare – Le molecole hanno transizioni ottiche in tutto lo spettro, che si differenziano da quelle atomiche soprattutto nell'infrarosso dove sono particolarmente strette e intense. La fisica molecolare è ideale per indagare problematiche fondamentali quali la violazione delle simmetrie, la variazione delle costanti fondamentali, i limiti dell'elettrodinamica e la ricerca di nuove forze. I due ingredienti principali per ottenere misure sempre più accurate sono la preparazione di campioni puri di molecole fredde e la creazione e caratterizzazione delle sorgenti laser nel medio infrarosso. Gli esperimenti di spettroscopia vengono fatti sfruttando il link in fibra per la calibrazione delle frequenze.

Navigazione satellitare – Vedere infrastruttura "Galileo Timing Research Infrastructure".

Distribuzione in fibra ottica – Vedere infrastruttura "LIFT – link italiano tempo e frequenza".

Ottica quantistica

Generazione, applicazione e misura di luce sub-Poissoniana – Saranno sviluppate e ottimizzate sorgenti di singolo fotone, sia tramite heralding da sorgenti "parametric down conversion" sia tramite emissione da centri di colore in diamante. Le applicazioni riguarderanno protocolli e misure di conteggio di singolo fotone per la metrologia e l'informazione quantistica e l'imaging in fluorescenza a singolo fotone, in particolare in ambito biofisico. Saranno migliorate sorgenti di twin beams per applicazioni di quantum, ghost e sub-shot-noise imaging quantistico a livello microscopico. Verranno realizzati e studiati interferometri ottici con l'obiettivo di superare i limiti di sensibilità imposti dallo shot noise sia mediante tecniche di correlazione tra interferometri, sia operando con twin beams o stati squeezed.

Generazione e applicazione di stati ottici entangled – Stati ottici entangled verranno utilizzati per studio di misure quantomeccaniche "deboli", al fine di giungere a misure amplificate di osservabili, per la realizzazione di protocolli innovativi nel campo delle tecnologie quantistiche (con particolare attenzione al quantum sensing) e la quantificazione delle risorse necessarie.

Tecnologie quantistiche – Saranno sviluppati metodi di caratterizzazione di risorse e dispositivi utilizzati in tecnologie quantistiche quali l'informazione quantistica; in particolare, la distribuzione quantistica di chiavi crittografiche. Proseguirà la collaborazione con lo European Telecommunication Standard Institute per la definizione di uno standard europeo per la crittografia quantistica. Saranno studiati metodi quali la tomografia quantistica (di stati, canali e misuratori a valori operatoriali positivi), la quantificazione dell'entanglement (e misure di correlazioni quantistiche).

Societal challenges - Metrologia per la Qualità della Vita

L'attività di ricerca si sviluppa in linea con i programmi di ricerca europei per la metrologia e gli obiettivi del Piano Nazionale della Ricerca rivolti alle cosiddette "Societal Challenges", con particolare riferimento allo sviluppo della scienza metrologica nei campi della salute, dell'uso razionale dell'energia, dell'ambiente e dell'alimentazione. Nel corso del triennio sono programmate ricerche relative alla metrologia biomedicale e alla metrologia per la sicurezza e sostenibilità alimentare, e ricerche riguardanti la metrologia per lo sviluppo di sistemi energetici affidabili, la mobilità sostenibile e il monitoraggio ambientale.

L'INRIM, nell'ambito delle attività di ricerca sulla metrologia per la qualità della vita, partecipa attivamente alle seguenti European Metrology Networks (EMN) recentemente approvate in ambito Euramet:

- European Network for Traceability in Laboratory Medicine;
- European Metrology Network on Smart Electricity Grids;
- European Metrology Network on Climate and Ocean Observation;

- European Metrology Network for Mathematics and Statistics - MATHMET 2.0, evoluzione del Centro Europeo per la Matematica e la Statistica in Metrologia (MATHMET), di cui INRIM era già partner.

Metrologia Biomedicale

L'attività è rivolta a fornire il supporto metrologico nell'ambito della fisica medica e delle scienze biomediche e biologiche, sia sul piano delle tecniche di misura riferibili, sia su quello delle metodologie ausiliarie. In questo contesto vengono inoltre sviluppati metodi matematici e modelli numerici avanzati a integrazione e supporto delle indagini sperimentali.

Per quanto riguarda le applicazioni degli ultrasuoni in biomedicina, diverse sono le attività attualmente in corso. Le competenze acquisite nella realizzazione di **materiali simulatori tissutali**, modulabili nelle loro proprietà acustiche, meccaniche e termiche, rappresentano la base per studi relativi all'*imaging* diagnostico quantitativo ad ultrasuoni. Riguardo al tema **drug delivery**, sono attive collaborazioni con gruppi di ricerca che operano presso i dipartimenti di *Bioteologie Molecolari & Scienze per la Salute, Scienza & Tecnologia del Farmaco e Scienze della Sanità Pubblica & Pediatriche* (UNITO) nella sperimentazione (*in vitro* ed *in vivo*) di campi ultrasonori per il rilascio controllato di farmaci. In tale ambito, si proseguirà l'attività rivolta alla preparazione di nanofarmaci basati su *nanodroplet* in perfluorocarburi, per il rilascio prolungato, o indotto da ultrasuoni, di farmaci e/o ossigeno per terapie antibatteriche o correlate ai processi di cicatrizzazione (progetto Fondazione CRT in collaborazione con UNITO). Infine, relativamente al tema **dosimetria ultrasonora**, si effettueranno lo sviluppo, la caratterizzazione e l'applicazione di sistemi di insonazione operanti nel range di frequenza 1 MHz – 3 MHz e basati su trasduttori ad onda piana. In collaborazione con istituzioni attive nella ricerca contro il cancro (e.g. unità di *Fisica Sanitaria* dell'Ospedale San Raffaele di Milano) tali sistemi verranno utilizzati nella sperimentazione *in vitro* ed *in vivo*, finalizzata all'applicazione dei campi ultrasonori nelle tecniche terapeutiche basate sull'ipertermia ad ultrasuoni. Una proposta di progetto EMPIR relativo alla Call Health 2018, coordinata da INRIM, è in fase di preparazione (SRT-h13) sul tema della combinazione tra tecniche di ipertermia e radioterapia.

Un secondo ambito riguarderà la metrologia per la medicina di laboratorio volta allo sviluppo di metodi quantitativi per la misura di biomarcatori a livello molecolare, cellulare e tissutale e la caratterizzazione di tecniche terapeutiche basate sulla medicina rigenerativa. Relativamente al tema **medicina di precisione**, in cui il Programma partecipa alla *European Network for Traceability in Laboratory Medicine*, si svilupperanno metodi minimamente invasivi basati su *digital droplet PCR* (ddPCR) per l'analisi di biopsie liquide. In particolare, si impiegherà la tecnica ddPCR nell'analisi di microRNA estratti da biopsie liquide di una coorte di pazienti affetti da malattie neurodegenerative, come l'Alzheimer (progetto EMPIR NeuroMet), e in studi preliminari volti a identificare un set di biomarcatori cellulari e molecolari per la diagnosi precoce di specifici tumori. Parallelamente, si svilupperanno tecniche di analisi basate su attivazione neutronica strumentale (INAA) per la quantificazione di indicatori di stati patologici e per la rilevazioni di Co in tracce nei capelli di pazienti portatori di protesi metalliche (monitoraggio presso l'Istituto Ortopedico Rizzoli di Bologna). Riguardo al tema **medicina rigenerativa**, si proseguirà lo studio dei meccanismi di differenziamento di cellule staminali su membrane nano/microstrutturate in diversi materiali, focalizzandosi sul ruolo delle proprietà meccaniche e geometriche degli scaffold e utilizzando diverse tecniche di misura, dall'AFM alla microscopia multimodale CARS/TPEF/SHG. Nell'ambito del progetto ERC BIORECAR, coordinato dal DIMEAS (POLITO), verranno monitorati infine i processi di riprogrammazione, mediati da microRNA, di fibroblasti in cardiomiociti, allo scopo di attivare i processi di rigenerazione cardiaca.

Infine, un terzo ambito riguarderà lo sviluppo, la validazione e l'utilizzo di modelli matematico-numeric per le applicazioni nell'ambito dell'ingegneria biomedica, con particolare riferimento alle tecniche che fanno uso di campi elettromagnetici. In tale contesto, il Programma è inserito *European Metrology Network for Mathematics and Statistics*. Riguardo agli obiettivi scientifici delle attività modellistiche, sul tema **sistemi diagnostici basati su MRI** (*Magnetic Resonance Imaging*), l'attenzione si concentrerà sugli aspetti legati alla sicurezza dei pazienti portatori di impianti metallici (progetto EMPIR MIMAS). L'energia depositata e il relativo incremento di temperatura nei tessuti verranno stimati mediante modelli *in silico* ad alta risoluzione, validati sperimentalmente attraverso l'impiego di set-up riferibili, in grado di riprodurre le condizioni operative di tomografi clinici, in termini di campi sia a radiofrequenza che di gradiente. Parallelamente, attraverso lo sviluppo di algoritmi inversi e lo studio della propagazione del rumore di misura, si svilupperanno metodi di **imaging quantitativo** basati sulla tecnica *Electrical Properties Tomography* (EPT). Tali algoritmi verranno utilizzati nell'analisi di segnali ottenuti in tomografi MRI reali, per valutarne l'applicabilità *in vivo*. Su questa tematica è in fase di preparazione una proposta di progetto EMPIR relativo alla Call Health 2018 (SRT-h08), coordinata da INRIM.

In relazione al tema **sensoristica per applicazioni biomedicali**, si studieranno da un punto di vista teorico-modellistico sensori nanostrutturati per il rilevamento di nanoparticelle magnetiche (dispositivi magnetoresistivi, sensori basati su cristalli magnonici, dispositivi ad effetto Hall, ecc.). Tali attività sono connesse al progetto EMPIR NanoMag, nell'ambito del quale è previsto lo sviluppo di modelli numerici a supporto delle tecniche di imaging e caratterizzazione di materiali di riferimento e dispositivi, potenzialmente integrabili in sistemi *lab-on-chip*. Inoltre, si intende fornire supporto metrologico allo sviluppo di tecniche di **ipertermia magnetica** basate sull'impiego di nanostrutture magnetiche innovative, attraverso lo studio modellistico sia dei fenomeni di trasporto nei vasi sanguigni e *uptake* cellulare sia della deposizione di energia e del conseguente incremento di temperatura nei tessuti (attività incluse nella proposta SRT-h13 della Call Health EMPIR precedentemente citata).

Metrologia per l'energia e l'ambiente

I cambiamenti in atto nel nostro sistema energetico, in evoluzione verso un modello a ridotto impatto ambientale, comportano una trasformazione sia delle infrastrutture di trasporto e distribuzione dell'energia, sia delle modalità di utilizzo dell'energia in ambito civile e industriale. Il contributo dell'INRIM è finalizzato a fornire il supporto metrologico funzionale all'implementazione dei cambiamenti in atto ed è incentrato sullo sviluppo di riferimenti e metodologie di misura per la caratterizzazione, estrazione e trasporto di combustibili e bio-combustibili e per il monitoraggio e controllo dei sistemi di distribuzione e utilizzo dell'energia elettrica. Per quanto riguarda le tematiche ambientali, il contributo dell'INRIM è indirizzato alla realizzazione dell'infrastruttura metrologica in contesti specifici, quali la misura di inquinanti atmosferici e contaminanti e gli studi sulla meteorologia e il clima. Una significativa parte delle attività nel triennio 2018-2020 sarà incentrata sullo sviluppo dei temi di ricerca previsti dai progetti finanziati nell'ambito delle *Call EMPIR Energy and Environment* 2016, avviati nel 2017, e delle *Call EMPIR Industry e Normative* 2017, con inizio nel corso del 2018. L'INRIM parteciperà inoltre attivamente allo sviluppo delle *European Metrology Networks (EMN) Smart Electricity Grid e Climate and Ocean Observation*.

Sui temi relativi alla **metrologia per i sistemi energetici**, un primo aspetto riguarderà la **riferibilità delle misure di tensione e corrente** finalizzate alla determinazione delle caratteristiche dell'energia e della potenza trasmessa e utilizzata **in sistemi di trasporto a trazione elettrica**. Nell'ambito del progetto EMPIR *Metrology for smart energy management in electric Railway Systems (MyRails)*, coordinato dall'INRIM, si studieranno sistemi di alimentazione e misura per la taratura in laboratorio e a bordo treno di sistemi di

misura dell'energia in regime alternato e continuo, in presenza di sollecitazioni analoghe a quelle riscontrabili in campo. Si svilupperanno inoltre sistemi e procedure per la stima dell'efficienza energetica introdotta da strategie e interventi strutturali (*eco-driving* e sottostazioni reversibili). Per quanto attiene al progetto EMPIR *Metrology for Inductive Charging for Electrical Vehicles* (MICEV), anch'esso coordinato dall'INRIM, si studieranno e caratterizzeranno sistemi per la misura riferibile a bordo veicolo della potenza assorbita, della tensione e della corrente elettrica inerenti la ricarica delle batterie in regime continuo, in presenza di un'ondulazione periodica derivante dalla presenza dei convertitori con spettro sino a 150 kHz. Lo studio sarà realizzato utilizzando sistemi di misura e trasduttori recentemente progettati e coinvolgerà anche i sistemi per la misura dell'efficienza dell'intero processo di ricarica *contactless*, con l'uso di sistemi di sincronizzazione basati su GPS. Con riferimento alla **digitalizzazione delle sottostazioni elettriche** in media e alta tensione, si è avviato il progetto EMPIR 17IND06 *Future Grids 2*, nell'ambito del quale l'INRIM svilupperà i sistemi di riferimento per la taratura dei trasduttori digitali alimentati con forme d'onda distorte. In relazione ad **applicazioni nel campo della sensoristica e della generazione di microenergia**, si caratterizzeranno componenti *smart*, quali i sistemi magneto-elastici, e si analizzerà il loro comportamento in rapporto alla ricarica di batterie con elettrodi innovativi.

In relazione alla **determinazione delle proprietà termofisiche dei combustibili**, un tema di ricerca riguarderà la misura delle proprietà dei gas naturale liquefatti (LNG) e dei biogas liquefatti (LBG), sviluppato nell'ambito del progetto EMPIR *Metrological support for LNG and LBG as transport fuel* (LNG III). A questo scopo, mediante un trasduttore a ultrasuoni per la misura simultanea di densità e velocità del suono sviluppato presso l'INRIM, si effettueranno misure delle suddette grandezze a temperature criogeniche (fra 100 e 153) K e per pressioni fino a circa 10 MPa, al fine di monitorare il contenuto di additivi e contaminanti su impianti esistenti. I risultati delle misure verranno inclusi nella nuova formulazione dell'equazione di stato dei gas naturali, mantenuta dal GERG.

Per ciò che concerne la misura sperimentale delle **proprietà termofisiche dell'acqua pura e dell'acqua pesante**, si intendono effettuate misure di densità e di velocità del suono in stati stabili e metastabili, nell'intervallo di temperatura compreso fra -20 e 0 °C e per pressioni sino a 100 MPa. Lo scopo ultimo è quello di rispondere alle nuove richieste, in ambito scientifico e industriale, di estensione della validità delle equazioni di stato dedicate anche in condizioni termodinamiche estreme.

Sul tema della **riferibilità e misura di inquinanti atmosferici e contaminanti**, si svilupperanno campioni primari di gas serra e loro precursori (CO₂ e NO_x) mediante due metodi primari complementari in grado di garantire i valori di incertezza obiettivo richiesti dal WMO (1 ppm per CO₂), con particolare riguardo alla composizione della matrice e alla identificazione e quantificazione delle impurezze. In relazione ai campioni di CO₂, verranno inoltre condotti studi sulle abbondanze isotopiche ¹³CO₂/¹²CO₂ nell'ambito del progetto EMPIR *Metrology for Stable Isotope Reference Standards* (SIRS) con lo sviluppo di miscele gassose primarie ad abbondanze isotopiche variabili note e l'impiego della spettroscopia FTIR per la determinazione di tali rapporti. Per quanto concerne i microinquinanti organici, si intende dare riferibilità metrologica alle misure di alcuni Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), mettendo a punto metodi di estrazione da matrici ambientali reali, quali il particolato atmosferico, nell'intorno del valore obiettivo di 1 ng/m³ previsto dalla normativa Europea (Direttiva CE 2004/107/CE - D. Lgs. 155/2010), e metodi di caratterizzazione di materiali di riferimento di IPA in soluzione. Nell'ambito della **valutazione di conformità per sistemi multicomponente**, gli approcci statistici per la valutazione delle probabilità di falsi positivi e falsi negativi nelle misure in chimica, sviluppati nel progetto IUPAC/CITAC *Risks of conformity assessment of a multicomponent material or object in relation to measurement uncertainty of its test results*, verranno inclusi e rielaborati in nuova Guida IUAPAC/CITAC (progetto IUPAC/CITAC *Guide for evaluation of risks of conformity assessment of a multicomponent material or object due to measurement uncertainty*, iniziato nel 2018), Si studieranno inoltre metodologie idonee per l'analisi ed il trattamento metrologico dei **compositional data** e si proseguirà la collaborazione con ENEA (Centro Ricerche Ambiente Marino di S. Teresa) sulla valutazione dell'incertezza per parametri marini.

In relazione alla metrologia per la meteorologia e la climatologia, l'attività sarà focalizzata sulla valutazione delle incertezze in misure termiche e termo-energetiche per studi sull'evoluzione della criosfera e messa a punto di "*best practice*" per le misure in aree glaciali e periglaciali, anche in collaborazione con il programma "Global Cryosphere Watch" della World Meteorological Organisation (WMO). Si collaborerà alla realizzazione di un sito di riferimento metrologico per la caratterizzazione di strumenti per misurazione di parametri meteorologici quale primo passo verso la definizione di "climate reference networks", anche in vista della revisione della norma WMO *Sustained Performance Classification for Surface Observing Stations on Land* e per le ISO/TC 146/SC 5, ISO/FDIS 19289:2014(E). Si studieranno infine le caratteristiche e si valuteranno le incertezze nella transizione da radiosonde tipo RS92 a RS41 quali standard di misura per il GCOS GRUAN, mediante caratterizzazione in tunnel a vento "EDDIE".

Metrologia Alimentare

La Metrologia Alimentare é un'area di ricerca emergente nei settori scientifici, industriali e sociali, che risponde alle sfide di poter eseguire misure tracciabili al Sistema Internazionale di sostanze, costituenti e contaminanti presenti negli alimenti. Dati gli scambi sempre crescenti di merci e la complessità delle reti di approvvigionamento alimentare, i prodotti alimentari tendono a diventare più vulnerabili alle frodi, contaminazioni e contraffazioni. Rientra quindi nell'interesse di tutti gli operatori della filiera, dai produttori ai consumatori, proteggere e valorizzare le produzioni agroalimentari nazionali. Si devono quindi individuare metodi analitici, adatti a riconoscere l'effettiva provenienza d'origine dei prodotti alimentari, e sviluppare strumenti di analisi innovativi, affidabili e accurati che permettano di determinare concentrazioni anche in tracce di sostanze contaminanti o diverse da quelle specifiche del prodotto alimentare; infine, servono indicatori che siano in grado di individuare trattamenti effettuati sul prodotto alimentare, processi di produzione e di trasformazione della complessa filiera alimentare. La combinazione di questi elementi fornirebbe un alto valore aggiunto ai prodotti *Made in Italy*, che acquisirebbero un marchio di autenticità basato su dati sperimentali affidabili.

In questo contesto, INRiM è Coordinatore del progetto "*Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare*" IMPreSA nell'ambito dei progetti della regione piemonte INFRA-P "Sostegno a progetti per la realizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento di IR pubbliche", che vede coinvolti l'istituto Zooprofilattico di Torino, l'Istituto per la protezione delle piante ISPA-CNR, l'istituto per la produzione alimentare del CNR e il Centro di ricerca per l'agricoltura e l'enologia di Asti. INRiM è inoltre partner della Joint Research Unit (JRU) del progetto ESFRI Metrofood (www.metrofood.eu/), coordinato da ENEA. In tale contesto ci si occuperà di dare supporto metrologico per la preparazione di materiali di riferimento in ambito alimentare e si prenderà parte a confronti interlaboratorio per i test di stabilità dei materiali di riferimento. INRiM è infine promotore di una proposta per la costituzione di una *European Metrology Network* sulla metrologia alimentare.

Riguardo al tema **contaminanti e biosicurezza**, per rispondere all'esigenza di una maggiore accuratezza e precisione nella determinazione dei contaminanti e additivi presenti nel cibo, si svilupperanno nuove tecnologie per la quantificazione di micotossine nelle matrici alimentari maggiormente soggette alla contaminazione. Si utilizzeranno metodi di misura alternativi, quali la voltammetria e la spettroscopia vibrazionale, da confrontare con la spettroscopia a fluorescenza. Inoltre, si investigheranno metodologie di misura rapide e dirette basate sulla spettroscopia (IR) Raman e infrarossa per la determinazione dell'anidride solforosa presente nel vino. Per rispondere all'esigenza di un controllo affidabile dell'utilizzo di fitofarmaci in campo ortofrutticolo, si svilupperanno metodiche analitiche innovative atte a individuare tracce di pesticidi nelle matrici alimentari integre. Tecniche spettroscopiche avanzate, quali la *Surface Enhanced Raman Scattering* (SERS), garantiscono oltre alla specificità chimica un'elevata sensibilità della misura. Inoltre con queste tecniche è possibile effettuare analisi *non-contact* e non distruttive del campione alimentare.

Al fine di affiancare gli attuali sistemi di sicurezza in ambito zooprofilattico, verrà inoltre testata la possibilità di utilizzare l'*Imaging* Iperspettrale per verificare l'eventuale presenza di contaminanti di origine animale nei mangimi, principale causa della trasmissione e diffusione delle encefalopatie spongiformi. A questo scopo verranno utilizzati la spettroscopia Raman per il rilevamento di frammenti ossei e la spettroscopia nel vicino infrarosso (NIR) per un'analisi di *screening*. Verranno inoltre studiati potenziali metodi di analisi rapidi e efficaci per l'individuazione di farine di insetto in sfarinati per la mangimistica in vista della futura introduzione di tali prodotti nella lista degli ingredienti consentiti nei mangimi multicomponente. Le tecniche applicate saranno principalmente l'analisi per attivazione neutronica e il NIR.

Infine, sul tema biosicurezza, nell'ambito del progetto EMPIR METvsBadBugs (avviato nel 2016) si studierà la presenza di batteri nella catena alimentare. L'attività ha lo scopo di valutare sia dal punto di vista qualitativo sia quantitativo la penetrazione di farmaci specifici all'interno di batteri. In questo ambito, si svilupperanno tecniche di misura SERS e TERS per lo studio dell'interazione antibiotico-batterio e il monitoraggio della antibiotico-resistenza dei batteri.

Un secondo filone di ricerca è relativo allo studio degli **imballaggi per alimenti**; esso riguarderà lo sviluppo di sistemi di misura per la caratterizzazione della superficie dei materiali per l'imballaggio alimentare a diretto contatto con gli alimenti stessi e lo sviluppo di metodi e tecniche di analisi per la quantificazione della migrazione di agenti attivi (nanoparticelle o molecole naturali) dal materiale di imballaggio alimentare al cibo. Si intendono sviluppare sistemi modello e materiali di riferimento per gli imballaggi alimentari attivi e quantificare le loro proprietà antimicrobiche.

Per quanto concerne le **nanotecnologie per la metrologia alimentare**, l'utilizzo dei materiali nanostrutturati permette lo sviluppo di tecniche analitiche in grado di sfruttare le potenzialità per incrementarne sia la sensibilità che la specificità verso gli analiti. A tal fine, materiali nanostrutturati metallici verranno impiegati in combinazione con tecniche di spettroscopia Raman per sfruttare effetti di amplificazione del segnale, al fine di incrementare la sensibilità analitica delle metodiche. In particolare, sono in fase di sviluppo tecnologie di nanofotonica collegate alla spettroscopia Raman amplificata da effetti di

natura plasmonica mediante l'utilizzo di nanoparticelle metalliche e/o di substrati solidi nanostrutturati per applicazioni in ambito di Surface Enhanced Raman Spectroscopy (SERS). Inoltre è disponibile un apparato che, integrando la microscopia a scansione di sonda con la spettroscopia Raman (Tip-Enhanced Raman Spectroscopy - TERS), permette di ottenere immagini chimiche di substrati nanostrutturati e molecole con una risoluzione di pochi nanometri.

Infine, per quanto concerne lo sviluppo di sistemi di riferimento, sono previste le seguenti attività.

Sistema di misura di riferimento per la conducibilità elettrolitica per il controllo dell'acqua e delle bevande - L'acqua costituisce il componente principale di molte derrate alimentari. Inoltre, essa è utilizzata per il lavaggio e sanificazione di contenitori e strumenti per la conservazione del cibo. Un controllo inadeguato della qualità dell'acqua è una causa importante potenziale di contaminazione del cibo. Nel controllo di qualità dell'acqua, la conducibilità elettrolitica è un metodo di misura comunemente impiegato per determinare la purezza ionica complessiva dell'acqua. Questo parametro può essere facilmente determinato senza attrezzature costose e, per questo motivo, è usato diffusamente nel settore farmaceutico, ambientale e alimentare. Sono in corso attività di trasferimento tecnologico verso altri istituti metrologici primari delle competenze sviluppate in INRIM in riferimento alla conducibilità elettrolitica.

Sistema di misura primario basato sull'attivazione neutronica per l'individuazione di elementi in tracce negli alimenti - L'analisi per attivazione neutronica - NAA è utilizzata per la determinazione di elementi, anche in traccia, in diverse matrici alimentari. Essa si basa sul rendere radioattivi i nuclei di atomi stabili attraverso l'irradiazione con neutroni. La radioattività indotta produce l'emissione di raggi gamma. Dall'elaborazione dei dati ottenuti dall'emissione di raggi gamma, è possibile ottenere un'analisi qualitativa e quantitativa degli elementi investigati. Con la partecipazione a confronti internazionali e con la valutazione dell'incertezza dei dati ottenuti, la tecnica di misura basata sull'attivazione neutronica è considerata a livello internazionale un sistema di misura primario.

Riferibilità delle misure di spettroscopia Raman al S.I. - La spettroscopia Raman è una tecnica che utilizza la luce diffusa per identificare e mappare la distribuzione di sostanze chimiche e strutture a livello micro o nanometrico. Essa è utilizzata nei settori farmaceutico, sanitario, biotecnologico, delle nanotecnologie e delle scienze forensi ed è un metodo rapido e non distruttivo. INRIM in collaborazione con gli altri istituti metrologici affronterà le esigenze normative della spettroscopia Raman, migliorando l'affidabilità delle misurazioni, stabilendo la tracciabilità alla mole e al metro dell'unità SI e sviluppando campioni di riferimento. Fornirà inoltre standard di misurazione per la risoluzione spaziale, la risoluzione della profondità e la confocalità; una richiesta specifica dei produttori di dispositivi. I risultati del progetto contribuiranno alla tracciabilità metrologica della spettroscopia Raman per l'identificazione chimica e strutturale ad alta risoluzione, con applicazioni nelle scienze sperimentali, nell'industria e nella sanità.

Metrologia della temperatura

L'attività di ricerca a supporto della **nuova definizione del kelvin e della sua mise-en-pratique (MeP-K)**, svolta nell'ambito del Progetto Strategico INRIM "Nuova definizione del kelvin e *mise-en-pratique*" e del Progetto EMPIR SI 2015 InK2 "Implementing the new kelvin 2", è volta a rafforzare il ruolo dell'INRIM a livello internazionale, con particolare riferimento allo sviluppo di tecniche di misura innovative per la determinazione di temperature termodinamiche T . In particolare, le attività previste riguardano la misura mediante metodi a microonde e/o acustici della temperatura termodinamica T nell'intervallo di temperatura compreso fra 25 K e 273.16 K e la realizzazione di nuovi apparati sperimentali per estendere l'intervallo di temperatura coperto dalla termometria acustica primaria all'intervallo compreso fra temperatura ambiente e 1000 K.

L'attività di ricerca in **termometria primaria**, strettamente connessa con la nuova definizione del kelvin, sarà rivolta a predisporre tecniche e sistemi di misura a supporto della *MeP-K* per la realizzazione e la disseminazione del nuovo kelvin anche attraverso il miglioramento dell'attuale scala ITS-90 e ad individuare e implementare nuovi approcci di termometria primaria.

Le principali attività previste riguardano:

- lo sviluppo di un termometro acustico (AGT) per la misura della temperatura termodinamica nell'intervallo compreso fra 273.16 K e 1000 K per la determinazione della differenza ($T - T_{90}$) fra la temperatura termodinamica T e la temperatura T_{90} definita sulla scala pratica internazionale ITS-90;
- come previsto dal progetto InK2 "Implementing the new kelvin 2" si realizzerà un termometro primario basato sulla misura dell'indice di rifrazione (RIGT) di gas monoatomici mantenuti a temperature criogeniche in risonatori a microonde per la determinazione delle differenze ($T - T_{90}$) nell'intervallo fra 45 K e 273.16 K;
- il contributo all'evoluzione della ITS-90 nel campo di temperature inferiori a 200 K con il completamento degli studi su nuovi punti fissi: punto triplo dello Xenon e punto di transizione solido-solido α - β dell'Ossigeno;

- il miglioramento della ITS-90 ad alta temperatura (oltre il punto dell'Ag a 962 °C) attraverso lo studio e l'utilizzo di punti fissi eutettici metallo-carbonio (in particolare Pt-C, Ru-C, Ir-C, Re-C). Tale attività richiede la messa a punto e la caratterizzazione di un corpo nero, utile fino a 2500 °C, che consentirà (i) preparazione di celle punto fisso, (ii) realizzazione di punti fissi e (iii) realizzazione di scale termodinamiche. Si realizzeranno inoltre scale di temperatura per radiazione per interpolazione e/o estrapolazione a partire dal punto del Cu utilizzando termometri e lunghezze d'onda di lavoro diverse. L'utilizzo di uno o più punti fissi consentirà ampia flessibilità dei campi di temperatura coperti tra 1358 K e 2750 K. Proseguirà l'attività volta al miglioramento della caratterizzazione spettrale del termometro campione che risulta parametro fondamentale per la definizione del livello di incertezza nella realizzazione della scala stessa.
- sviluppo di procedure di taratura di termometri per misure in aria nell'ambito del coordinamento del progetto EURAMET ATM "Air Temperature Metrology".

Proseguirà lo sviluppo di **applicazioni scientifiche e tecnologiche di Metrologia Termica** anche attraverso:

- contributi di metrologia termica in supporto a tecniche spettroscopiche per misure termodinamiche (in collaborazione con l'Università della Campania);
- realizzazione di Gas-Controlled Heat Pipes, inclusa la realizzazione di dispositivi per la taratura accurata di termometri campione e termocoppie.
- caratterizzazione e valutazione dell'incertezza di misura di sensori termici in condizioni operative.
- la misura in cavità a microonde della polarizzabilità e del momento di dipolo del vapor d'acqua (costanti di Debye)
- nell'ambito del progetto SCIEF (Sviluppo Competenze Italiane Esperimento FORUM Far-Infrared Outgoing Radiation Understanding and Monitoring) finanziato da ASI, INRIM completerà la caratterizzazione termica e l'analisi spettrale della cavità di riferimento collaborando con INO-CNR allo sviluppo della cavità stessa.
- studio delle prestazioni di un prototipo di cavità a microonde, superconduttiva come campione primario di bassa pressione nell'intervallo fra 100 Pa e 10 kPa. Tale attività è svolta in collaborazione con STALT (Laboratorio Metrologia basse pressioni) e con LNE-CNAM;
- la conclusione, in collaborazione con STALT, delle attività nell'ambito del progetto EMPIR IND-2014 HiT "Metrology for Humidity at High Temperatures and Transient Conditions" che utilizzano di metodi a microonde per la misura di composizione di miscele umide in condizioni di alta pressione e temperatura.

La caratterizzazione, nell'ambito del progetto H2020 "MIDAS", di sensori innovativi di temperatura da installarsi su aerovelivoli, in collaborazione con SELT, Piaggio Aeronautica e Politecnico di Torino.

Key & enabling technologies - Nanoscienze e materiali

La Divisione conduce ricerca di base e tecnologica nell'ambito delle nanoscienze e dei materiali, sia in relazione alla realizzazione di riferimenti metrologici, sia in risposta alle esigenze di innovazione tecnologica dell'industria e dei servizi. Le tematiche principali della Divisione sono le seguenti:

Metrologia elettrica quantistica
Nanostrutture e dispositivi
Nanomagnetismo e spintronica
Materiali magnetici per l'energia
Fotonica

La Divisione promuove e valorizza l'originalità e le potenzialità dell'approccio metrologico alle nanoscienze ed ai materiali nelle sue relazioni con i soggetti operanti in ambito nazionale e internazionale.

Metrologia elettrica quantistica

L'attività prevede la ridefinizione dei campioni nazionali delle unità elettriche di base (ampere) e derivate, coerentemente con la ridefinizione del Sistema Internazionale di unità, come da documento CCEM WGS1 17-08:

Conteggio delle cariche elettroniche per la ridefinizione dell'ampere - La ricerca ha come obiettivo la messa a punto di dispositivi SET di design innovativo, garantendo caratteristiche metrologiche allineate con lo stato dell'arte nei dispositivi metallici ed introducendo un parametro di controllo addizionale, il flusso di campo magnetico. In particolare si implementeranno modelli, supportati dalla realizzazione e

caratterizzazione di dispositivi a singolo elettrone turnstile a gate magnetico (SQUISET), anche in collaborazione con NEST. Proseguirà l'ottimizzazione del setup criogenico integrandolo in una catena di misura riferita per basse correnti, volta a una validazione dell'accuratezza di pompaggio di elettroni nel range 50 fA - 10 pA. Con l'introduzione di amplificatori di corrente ultrastabili verrà effettuato il confronto tra le correnti generate mediante SET e il campione nazionale di corrente elettrica.

Realizzazione pratica del volt in regime continuo - Saranno eseguiti periodicamente degli esperimenti di realizzazione del volt con dispositivo Josephson a 1 V, e di assegnazione del campione nazionale di tensione. In particolare, saranno tarate le otto sorgenti del campione nazionale per confronto con la tensione Josephson generata da una schiera di giunzioni Josephson SNIS (tecnologia INRIM). Le procedure tecniche del sistema qualità corrispondenti verranno aggiornate.

Realizzazione pratica delle unità di resistenza e impedenza - Per quanto concerne la realizzazione dell'ohm tramite effetto Hall quantistico verranno studiati nuovi dispositivi Hall in GaAs (array Hall), finalizzati alla realizzazione di valori decadici di resistenza, e dispositivi in grafene, caratterizzati anche con tecniche di resistance tomography, in regime alternato e alle radiofrequenze, in grado di ottenere la quantizzazione a valori di campo magnetico e temperatura che consentono operatività in ambienti cryogen-free tabletop. Verranno implementati sistemi di scaling di resistenza intrinsecamente riferiti (comparatori di corrente criogenici). Sarà realizzata una scala di resistenza in regime continuo con comparatore criogenico di correnti.

Verrà realizzato un sistema di ponti di impedenza digitali per il trasferimento del valore della resistenza di Hall quantizzata in dispositivi in grafene, direttamente in regime alternato, verso i campioni di impedenza elettrica.

Le procedure tecniche del sistema qualità corrispondenti verranno aggiornate.

Campione quantistico di induzione magnetica - Si effettuerà uno studio per la realizzazione del campione quantistico di induzione magnetica attraverso fenomeni di risonanza magnetica nucleare.

Nanostrutture e dispositivi

Nanodispositivi e nanosistemi superconduttivi - Saranno studiati e realizzati dei sensori nanoSQUID con risoluzione fondamentale, sia per le unità elettriche e fotometriche che per applicazioni spaziali, mediche e di fisica fondamentale, oltre che circuiti per l'elettronica digitale superconduttiva. Saranno ottimizzati i processi di fabbricazione basati sul FIB per la realizzazione di nanoSQUID e circuiti più complessi, basati su giunzioni Josephson di tipo tunnel. Sarà effettuato uno studio di fattibilità per realizzare nanoSQUID basati su Dayem bridge (nanocostrizioni).

Saranno studiati e sviluppati dei sistemi superconduttivi in Nb e Al nanostrutturati mediante tecniche di litografia laser/elettronica, di self-assembly di copolimeri a blocchi in configurazione sia cilindrica che lamellare per la realizzazione di sistemi superconduttivi nanostrutturati per il quantum bit, per lo studio del quantum phase slip e per studi fondamentali di confinamento.

Saranno realizzati dei rivelatori TES per l'estensione della banda di utilizzo dai fotoni agli elettroni. I dispositivi realizzati avranno temperature di transizione sotto 100 mK. Sarà effettuato anche uno studio del meccanismo di rivelazione degli elettroni nel TES per la loro applicazione in fisica fondamentale. Inoltre, in collaborazione con INFN Trento e Milano, saranno realizzati dei rivelatori MKID per single photon detection.

Sorgenti a singolo fotone - Nell'ambito delle applicazioni per la fotonica verranno progettate e fabbricate sorgenti a singolo fotone, e le nano-strutture di accoppiamento e guida.

Nanofabbricazione su larga area - Verranno sviluppati materiali con proprietà ottiche progettabili a priori per il sensing ambientale e per la fotonica ed i metamateriali. Sempre con metodi di self-assembly verranno studiati gli effetti di interazione tra radiazione coerente e nanostrutture, con ricadute nella plasmonica e nelle nanolavorazioni. Saranno avviati studi sulla nanofotonica sulle micro e nanolavorazioni per le tecnologie dei fasci protonici, e la produzione e caratterizzazione di nanowires superconduttivi per lo studio del quantum phase slip.

Dispositivi superconduttori a microonda - Saranno sviluppati nanodispositivi TES e relative antenne per misure di piccole potenze a microonde (30-100 GHz) in guida d'onda in collaborazione con la sezione INFN di Trento.

Verranno sviluppati amplificatori di segnali alle microonde ad ampia banda basati sull'ingegnerizzazione di metamateriali Josephson con prestazioni limitate dai soli vincoli quantistici per applicazioni nella computazione e comunicazione quantistica.

Nanomagnetismo e spintronica

Competenze: Il gruppo possiede una consolidata esperienza nella ricerca di frontiera nel magnetismo e nei materiali magnetici ed è internazionalmente riconosciuto nei seguenti campi:

- Preparazione di materiali magnetici su varie scale spaziali dal bulk fino alla scala nanometrica;
- Progettazione, geometrizzazione e sviluppo di dispositivi magnetici innovativi;

- Capacità di misura di campi magnetici e caratterizzazione di materiali magnetici in un ampio spettro di condizioni;
- Analisi teoriche e modelli numerici applicati al magnetismo su diverse scale spaziali;
- Trasferimento tecnologico all'industria tramite consulenze e contratti;
- Addestramento di giovani ricercatori, insegnamento diretto alle scuole e divulgazione al grande pubblico.

Ambizioni future ed obiettivi:

- Estensione delle capacità di preparazione di dispositivi magnetici su scale micro e nanometriche anche utilizzando i nuovi laboratori INFRA-P in via di definizione;
- Consolidamento del ruolo primario a livello internazionale nelle misure magnetiche sui materiali e nella riferibilità delle unità magnetiche;
- Estensione delle capacità di misura a nuove aree collegate all'energia, salute, ambiente e beni culturali
- Anticipare i bisogni metrologici nei campi delle spintronica e nanomagnetismo in rapida evoluzione
- Rafforzare le collaborazioni con gruppi leader in questo ambito tramite le partecipazioni al consorzio "Spintronic Factory" ed alla proposta "Nano-Engineering Flagship"

In particolare verranno sviluppati i seguenti specifici temi di ricerca

Trasporto di spin e della dinamica di magnetizzazione in nanostrutture magnetiche - Si studieranno: a) la dinamica di magnetizzazione controllata da effetti di spin-torque e spin-orbita in diverse configurazioni (pareti di Bloch e Néel, vortici, skyrmion, spin waves); b) la termodinamica di non equilibrio per il trasporto di momento magnetico e calore nei solidi e nelle interfacce (spincaloritronica, effetto spin Seebeck).

Sensoristica magnetica e metodi di misura - Si progetteranno elementi sensibili di sensori spintronici con tecniche nanolitografiche allo scopo di sviluppare tecniche di misura adeguate (ad esempio quali magnetoresistenza anisotropica e a magnetoresistenza gigante).

Verranno sviluppate tecniche di: a) misurazione di effetti collegati all'esistenza di correnti di spin (spin-Hall, spin-Seebeck, spin-Peltier, spin-torque, etc.); b) misura della dinamica di magnetizzazione uniforme o non uniforme (spin wave, vortici, skyrmions, etc.) tramite microonde, magnetooptica, MFM, nell'ambito del Progetto TOPS.; c) misura per l'ipertermia da nanostrutture magnetiche; d) misura di parametri collegati all'interazione spin-orbita (es. anisotropia magnetocristallina, costante di interazione Dzyaloshinskii-Moriya, spin-Hall angle, etc.); e) sviluppo tecnica di misura per costante di magnetostriazione in film sottili tramite microscopia a scansione di sonda (AFM)

Imaging magnetico - Si svilupperanno tecniche di microscopia ad alta risoluzione con l'utilizzo di film indicatori magnetici ed MFM per la misura quantitativa riferibile di campi magnetici. Verranno effettuati confronti con risultati ottenuti mediante tecniche complementari (MFM calibrato, magneto-ottica con film indicatori).

Preparazione di materiali per la spintronica e per le applicazioni del nanomagnetismo - Si prepareranno nanostrutture da film sottili ottenuti da deposizione fisica da vapore e nanolitografia (convenzionale e self-assembly) o de-alligazione per applicazioni in catalisi, biomedicina, per studio di spin waves e per la magneto-meccanica. Si realizzerà la sintesi e la funzionalizzazione di nanoparticelle magnetiche core-shell in vista di possibili impieghi nel campo biomedico (agenti di contrasto per diagnostica tramite risonanza magnetica, per ipertermia magnetica o per somministrazione guidata di farmaci).

Materiali magnetici per l'energia

Comprensione dei processi di magnetizzazione nei materiali magnetici per l'energia - Si studieranno teorie e modelli per il processo di magnetizzazione scalare e vettoriale e per le trasformazioni di fase dei materiali funzionali.

Sviluppo di tecniche di misura per i materiali magnetici - Si svilupperanno metodi sperimentali di misura statica e dinamica: per i materiali magnetici per l'energia (in regime mono e bi-dimensionale), per l'archeologia ed i beni culturali, per la refrigerazione a stato solido (magnetocalorici ed elettrocalorici).

Preparazione di materiali magnetici innovativi - Si prepareranno leghe magnetiche in forma massiva, con differenti proprietà funzionali (dolci, dure, magnetocaloriche, magnetostrittive) tramite tecniche di solidificazione rapida (ad es. suction casting) e metallurgia delle polveri.

Fotonica

Il programma si occupa della realizzazione delle unità radiometriche e fotometriche per la caratterizzazione di rivelatori e materiali. Svolge attività di ricerca nell'ambito dei fotorivelatori innovativi (fotorivelatori predicibili; fotorivelatori singolo fotone), della nanofabbricazione per la fotonica, dei materiali per la visione e della fotometria quantistica.

Il programma si articola nelle seguenti attività di ricerca e sviluppo:

Fotorivelatori predicibili (PQED) - Modellizzazione rivelatori predicibili per fibra ottica e validazione con misure goniometriche di responsività a 850 nm;

Fotorivelatori singolo fotone - Realizzazione di dispositivi superconduttivi TES a bassa capacità termica con risoluzione energetica inferiore a 0.1 eV nell'IR;

Riferibilità di misure a singolo fotone - Sviluppo di strumenti e metodologie per la caratterizzazione di sorgenti e rivelatori a singolo fotone operanti nella prima e terza finestra (850 nm e 1550 nm) di interesse per le telecomunicazione e la QKD

Nanofabbricazione per la fotonica e la metrologia - Realizzazione di una guida d'onda slot con metamateriali. Implementazione dei metodi di infiltrazione selettiva in sistemi polimerici nanostrutturati basati su copolimeri a blocchi, e simulazioni delle risposte ottiche del sistema.

Fabbricazione di substrati plasmonici per tecnica SERS - Realizzazione e caratterizzazione di substrati nanostrutturati per l'enhancement plasmonico. Studio degli effetti dell'ordine delle nanostrutture sulla omogeneità della risposta SERS.

Materiali di riferimento per la surface analysis - Realizzazione di sistemi di riferimento per lo sviluppo della tecnica imaging 3D APT (Atom Probe Tomography). Sviluppo e validazione di un nuovo metodo di fabbricazione di punte per APT con materiali eterogenei (inorganici e polimerici)

Studio dei materiali per la visione - Studio dei materiali per la definizione delle qualità percepite e l'ottimizzazione delle condizioni di visione e illuminazione. Miglioramento delle conoscenze sulle grandezze caratterizzanti le interazioni materiale-luce e sistemi smart di controllo.

Fotometria quantistica - Caratterizzazione della risposta retinica con tecniche di correlazione quantistica. Sviluppo di tecniche non invasive per il miglioramento delle conoscenze della risposta dell'occhio in vista di future applicazioni fotometriche. Mappatura della risposta spaziale e spettrale retinica, tramite tecnica di ghost imaging plenottico da applicare ad un simulatore della retina

Industrial leadership - STALT: Innovazione e servizi per l'impresa

La Struttura organizza e svolge attività di ricerca applicata e il servizio metrologico a supporto dell'industria e della società; risponde a specifiche richieste su problemi di metrologia provenienti dalle imprese e dalla PPAA; sostiene iniziative di trasferimento tecnologico a livello nazionale e internazionale e partecipa all'attività di normazione nazionale e internazionale.

La Struttura sviluppa tecnologie e metodi di misura d'interesse applicativo, mediante attività di ricerca finalizzata, raggiungendo un livello di maturità tecnologica dei prodotti realizzati pari alla validazione nell'ambiente rilevante. Nel triennio verranno sviluppate attività di ricerca nei campi della metrologia meccanica, elettromagnetica, acustica e termica anche in collaborazione con i partner metrologici europei e l'industria.

Per il raggiungimento degli obiettivi e delle finalità indicate, la struttura è organizzata in aree tecnico-scientifiche; per l'assistenza ai clienti si è dotata di un ufficio di collegamento tra i clienti ed i servizi di metrologia erogati dall'ente (*customer care*).

Sono individuate aree tecnico-scientifiche per lo svolgimento delle attività nei settori della metrologia meccanica, elettromagnetica e termodinamica.

Metrologia meccanica

Per la metrologia della massa saranno migliorate le tecniche per la riferibilità delle misure di massa nel trasferimento dei campioni materiali dal vuoto all'aria e viceversa. Saranno studiati gli effetti causati dall'assorbimento superficiale dei campioni e sviluppati metodi per migliorare la loro stabilità nel lungo periodo.

Per la grandezza pressione si prevede la revisione delle CMC con l'estensione delle capacità di misurazione nel campo da circa 1 Pa a 15 kPa per applicazioni nel campo farmaceutico, delle nanotecnologie e dei semiconduttori. Caratterizzazione dell'impianto statico per la generazione del medio vuoto e confronto bilaterale con altro NMI.

S'indagherà la metrologia per macchine utensili di dimensioni medio-grandi ($> 50 \text{ m}^3$), in particolare per l'industria aeronautica, allo scopo di definire un metodo innovativo a basso costo e altamente automatizzabile, basato sulla tecnologia InPlanT (*Intersecting Plane Technique*) sviluppata negli anni precedenti, e riadattata per quest'applicazione.

Per la tessitura e morfologia dei campioni cilindrici verranno studiati i parametri ottimali di densità del campionamento e filtraggio delle forme così come le componenti caratteristiche (ondulazione e rugosità) delle superfici in gioco. Per il comparatore 1D delle righe ottiche viene implementato un sistema automatico

di controllo del fuoco. Proseguirà il lavoro di caratterizzazione della morfologia 3D delle griglie di contatti delle celle fotovoltaiche (collaborazione con AMAT).

Studio di nuovi parametri per la caratterizzazione di superfici funzionali, in particolare per la correlazione tra la topografia, le dimensioni critiche e le proprietà funzionali in gioco. Tra queste verranno prese in esame superfici funzionali quali le celle fotovoltaiche e superfici strutturate ottenute con tecniche di stampaggio 3D. INRIM realizzerà in collaborazione con NPL un sistema di posizionamento ad appoggi cinematici per campioni di larghezza fino a 150 mm.

Per la metrologia di superfici nanostrutturate, in particolare per campioni a larghezza di tratto, nano particelle, sferiche e a geometria varia, e campioni nano strutturati, verranno studiate metodologie ibride di misurazione basate sulla fusione di dati ottenuti da tecniche microscopiche diverse (AFM e SEM), tali da migliorare l'accuratezza delle misure delle dimensioni critiche. Una nuova configurazione del sistema ottico-interferometrico verrà implementata per gli assi z e x-y del microscopio a sonda (AFM).

Nel settore gravimetria è in fase di studio e progettazione un laboratorio come stazione di monitoraggio gravimetrica monitorata con un gravimetro relativo superconduttore e dotata di una grande piattaforma per il confronto e la taratura dei gravimetri assoluti.

Per la metrologia della durezza è iniziato lo studio di un microdurometro campione Vickers e Knoop (con la possibilità di effettuare anche prove di penetrazione strumentata) in collaborazione con una azienda italiana, leader del settore.

Per la metrologia della forza, è in fase di verifica di fattibilità la costruzione di una nuova macchina campione da 100 kN (già progettata e con disegni costruttivi realizzati).

Per il settore vibrazioni si sta realizzando un sistema di misura e taratura di accelerometri per lo shock (da 20 g a 10 000 g, da 5 Hz a 20 kHz).

Metrologia elettromagnetica

Sono in corso di studio e di realizzazione reti di resistenze per il trasferimento della riferibilità nel campo da 100 G Ω a 10 T Ω . Nell'ambito delle misure delle alte resistenze in corrente continua è attiva una collaborazione per la caratterizzazione elettrica di sensori per spirometria e qualità dell'aria. Sono in corso di sviluppo, caratterizzazione e ingegnerizzazione, nuovi campioni di grandezze elettriche, in particolare nel campo della tensione continua e della resistenza elettrica. Il lavoro viene svolto con collaborazioni esterne all'istituto. Il laboratorio di taratura di strumenti elettrici multifunzione sta studiando la messa in servizio di amplificatori in transconduttanza di recente acquisizione. Lo scopo consiste nell'estensione delle capacità di misura in ac e dc fino a 100 A con la prospettiva di operare fino a 10 kHz.

Contratto industriale per l'acquisizione dei parametri di saldatura con tecnologia LARER e TIG mediante sistemi ottici. Lo scopo è quello di ottimizzare i processi di saldatura in realtime e acquisire informazioni in linea con le direttive industria 4.0

Vi è un forte interesse dell'industria elettrica italiana per le prove sulle apparecchiature elettriche. Con il miglioramento dell'impianto di prova di cortocircuito con il raggiungimento del livello di 100 kA-s si valuta ora l'adeguamento dell'impianto di prova di cortocircuito per l'esecuzione di prove di tenuta dei quadri elettrici all'arco interno e la sostituzione delle apparecchiature che per aumentare l'affidabilità e la funzionalità dell'impianto. Verrà valutata la fattibilità dell'accreditamento per le attività di prova e la realizzazione di Proficiency Test per i laboratori di prova del settore elettrico, notoriamente privi di attività di questo tipo, con conseguenti problematiche in accreditamento. Verrà messo in funzione il nuovo laboratorio per prove termiche di lunga durata. Per ragioni tecniche del committente il precedente contratto industriale è stato sospeso, all'80% della sua esecuzione, e verrà riformulato in uno nuovo con durata pluriennale.

Metrologia termodinamica

E' in corso lo sviluppo di nuovi sistemi di riferimento per la misura della temperatura superficiale fino a 700 °C e di nuovi sensori basati su fosfori termosensibili per misure in situ nei processi di trattamento termico, forgiatura e saldatura di leghe speciali per applicazioni aeronautiche e navali, nell'ambito di un progetto europeo. Altro obiettivo sarà fornire strumenti per migliorare la metrologia delle superfici ingegnerizzate e nano strutturate, in particolare, per la misurazione della temperatura nel punto di contatto di usura tra superfici con lo sviluppo di un brevetto che copre tecniche di misura e sensori integrati in fibra ottica.

In campo termo-igrometrico verrà completata la validazione del campione nazionale di umidità relativa e l'estensione del campo di misura oltre i 100 °C. Nell'ambito di un progetto con industrie europee verrà sviluppato un nuovo approccio alla riferibilità in igrometria ad alta temperatura e alta pressione in vapore saturo, con applicazione nei processi di essiccamento e nelle produzioni alimentari. Verrà validato il nuovo campione d'umidità e definita la capacità di misura per estendere la scala di temperatura di brina fino a -100 °C (frazione molare 12 pbb) a pressione sub-atmosferica.

In ambito energetico, la disponibilità di un impianto di simulazione (*mock up*) di riscaldamento domestico, unico in Europa, permetterà sperimentazioni e campagne di validazione di sensori di nuova generazione per la contabilizzazione dei consumi di energia termica in ambiente domestico ed una più equa valutazione dei costi da attribuire alle singole utenze. L'attività verrà svolta in sinergia con industrie nazionali e straniere interessate ad una valutazione metrologica dell'efficienza di *soft e smart sensors* per la contabilizzazione energetica. Si completerà la validazione del campione d'energia termica e la realizzazione della catena metrologica che permetterà di assicurare la riferibilità ai laboratori e alle industrie accreditate secondo le normative EN ISO/IEC 17025. Verrà finalizzato un sistema di riferimento per la misura dei flussi termici per applicazioni collegate all'efficienza energetica degli edifici.

Al fine di ottenere la riferibilità della potenza sonora è in corso di messa a punto il campione primario in grado di generare bande strette di rumore o toni puri.

Ricerca pre-normativa e supporto alla normazione

L'INRIM collabora stabilmente con gli enti di normazione nazionali, quali UNI e CEI e internazionali, quali CEN, ISO e IEC, partecipando ai lavori e/o presiedendo numerosi organismi tecnici operanti nei campi delle misure e delle connesse apparecchiature.

Contribuisce allo sviluppo della nuova normativa tecnica per le specifiche geometriche di prodotto (ISO/TC213), che copre tutto il campo della progettazione e controllo dimensionale di componenti meccanici. In particolare è attivo nel WG10 *CMM (Coordinate Measuring Machine)* e presiede il WG4 *Uncertainty and decision rules*.

Il progetto EMPIR-17NRM03 EUCoM, coordinato dall'INRIM, sarà finalizzato alla messa a punto di due metodi per la valutazione dell'incertezza nelle misurazioni a coordinate, e loro validazione sperimentale, in forma e con caratteristiche tali da essere recepibili dal ISO/TC213/WG10 come progetti di norma (presumibilmente ISO 15530-2 e ISO 15530-5).

A supporto delle nuove esigenze industriali in campo manifatturiero, sono in corso numerose revisioni di norme tecniche sia in termini di incertezza e accuratezza di misura, sia per implementare nuove definizioni concordate a livello internazionale. In particolare, per il miglioramento del linguaggio dei simboli utilizzati (il cosiddetto G3) per individuare la cosiddetta *via minima alla riferibilità* nel caso di sistemi complessi e per le prove di durezza dei materiali.

I risultati attesi dal progetto 14IND03 Strength-ABLE forniranno il supporto tecnico per l'adeguamento e l'aggiornamento delle norme per le prove di proprietà meccaniche di materiali.

Seguendo la roadmap in acustica edilizia, nell'ambito EAA TC-RBA WG4 "Sound insulation requirements and sound classification", si stanno ridefinendo le procedure di misura in situ e in laboratorio per effettuare, tra l'altro, misure di comportamento modale a basse frequenze (da 50 Hz a 100 Hz). Ciò permetterebbe una riconsiderazione delle misure acustiche dal punto di vista sia teorico sia pratico. Utilizzando i risultati di un progetto europeo, verranno definite nuove procedure per un servizio di taratura di sorgenti sonore di riferimento con riferibilità diretta al campione di potenza sonora.

Sono in corso di stesura linee guida (Best Practice) per la caratterizzazione delle superfici funzionali e saranno studiati dei parametri ottimali di campionamento e filtraggio per le forme e finiture degli elementi e campioni nell'ambito di un progetto europeo.

Supporto all'industria e confronti interlaboratorio

Impegno strategico dell'istituto è il mantenimento dei servizi di taratura e certificazione, che richiedono importanti risorse per quanto riguarda l'impegno di personale, l'adeguamento dei laboratori e delle apparecchiature. Ciò avverrà mediante lo sviluppo di nuove *facilities* che consentano di avviare nuovi servizi, o migliorare quelli esistenti, e un modello organizzativo orientato ad un rapporto più stretto con l'industria ed i laboratori del Sistema nazionale di taratura.

In tale ottica, si prevede l'attivazione di un ufficio di "*Customer care*" per ricevere, esaminare e riscontrare le richieste dell'utenza e la lavorazione dei prodotti. Proseguono il servizio riguardante l'offerta, l'organizzazione e la valutazione tecnico-scientifica di confronti di misura interlaboratori (ILC), a supporto dei laboratori industriali accreditati o in fase di accreditamento; le attività di consulenza tecnico-scientifica per la realizzazione e l'avviamento di laboratori di taratura e prova.

L'INRIM collabora stabilmente con ACCREDIA - l'Ente italiano di accreditamento - mettendo a disposizione i propri esperti tecnici per l'attività di esame e/o valutazione di procedure e documentazione tecnica, l'esecuzione di visite ispettive presso i laboratori accreditati di taratura e prova, la realizzazione di guide tecniche specialistiche.

3) Quadro delle collaborazioni internazionali ed eventuali interazioni con le altre componenti della rete di ricerca e delle partecipazioni

Nel triennio 2018-2020 proseguiranno le collaborazioni con organismi quali **CIPM, BIPM, EURAMET** ed **ESA**. L'INRIM porterà avanti anche nuovi progetti in ambito Horizon 2020.

Tra le nuove collaborazioni in ambito Euramet sono da segnalare 16 progetti che hanno partecipato alla quarta *call* EMPIR lanciata nel 2017 e che verranno avviati a partire dal 2018. La tabella seguente li riporta in dettaglio.

Tabella 12 –Progetti EMPIR in avvio nel 2018

Call	Acronimo	Titolo
INDUSTRY	IND01 MIMAS	Procedures allowing medical implant manufacturers to demonstrate compliance with MRI safety regulations
	IND03 LaVA	Large Volume Metrology Applications
	IND04 EMPRESS2	Enhancing process efficiency through improved temperature measurement 2
	IND06 Future Grid II	Metrology for the next-generation digital substation
	IND12 Met4FoF	Metrology for the Factory of the Future
	IND14 WRITE	Precision Time for Industry
FUNDAMENTAL	FUN01 BeCOMe	Light-matter interplay for optical metrology beyond the classical spatial resolution limits
	FUN03 USOQS	Ultra-stable optical oscillators from quantum coherent and entangled systems
	FUN06 SIQUST	Single-photon sources as new quantum standards
	FUN07 CC4C	Coulomb Crystals for Clocks
	FUN08 TOPS	Metrology for topological spin structures
	FUN10 ParaWave	Josephson travelling wave parametric amplifier and its application for metrology
NORMATIVE	NRM03 EUCoM	Standards for the evaluation of the uncertainty of coordinate measurements in industry
	NRM05 EMUE	Advancing measurement uncertainty - comprehensive examples for key international standards
RESEARCH POTENTIAL	RPT03 DIG-AC	A digital traceability chain for AC voltage and current
	RPT04 VersICaL	A versatile electrical impedance calibration laboratory based on digital impedance bridges

Oltre ai progetti Euramet, l'INRIM avvierà nel 2018 altri importanti progetti.

In ambito internazionale:

- progetto SEQUEL (Secure Quantum Communication Undersea Link) commissionato dalla NATO, con un finanziamento all'Istituto di circa 100 k€;
- progetto MIDAS (Modular and Integrated Digital Probe for SAT Aircraft Air Data System), promosso dall'Unione Europea (95 k€).

Nell'ambito della Regione Piemonte:

- progetto IMPreSA (Infrastruttura Metrologica per la Sicurezza Alimentare), per un finanziamento di 840 k€;
- progetto PiQuET (Piemonte Quantum Enabling Technology), che porta all'INRIM circa 1.900 k€;
- progetto HOME (Hierarchical Open Manufacturing Europe), con un finanziamento di circa 100 k€.

E' invece promosso e finanziato dal MIUR (oltre ai Progetti Premiali già citati) il seguente progetto:

- Q-Clocks (Cavity Enhanced Quantum Optical Clocks) (214 k€).

Per quanto concerne le partecipazioni in società consortili, l'INRIM nel 2018 aderirà al **Consorzio Cineca**, un Consorzio Interuniversitario formato da 67 università italiane, 9 Enti di Ricerca Nazionali (tra cui CNR, INAF, INFN, OGS) e il MIUR. Cineca è attualmente considerato il maggiore centro di calcolo in Italia e uno dei più importanti a livello mondiale.

Saranno avviate nel 2018 anche le associazioni ai **Cluster "Fabbrica intelligente" ed "Energia"**: entrambi sono Cluster tecnologici nazionali promossi dal Miur, 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; importante è la loro funzione di collegamento e di coordinamento tra il mondo della ricerca e quello delle imprese.

Nel 2018 saranno stipulate sette nuove convenzioni di collaborazione:

- convenzione operativa avente come oggetto lo sviluppo della ricerca scientifica e tecnologica nell'ambito del calorimetro adiabatico modulato e proprietà termodinamiche di fluidi puri e miscele, stipulata con l'Istituto per le Tecnologie della Costruzione del CNR (ITC-CNR) - San Giuliano Milanese (MI);
- accordo di programma per lo sviluppo della ricerca scientifica e della formazione professionale nei settori di attività riguardanti la micro e nano-fabbricazione associata alla microscopia ionica ed elettronica, il self-assembly di copolimeri a blocchi e di nano-sfere, l'impiego di fasci ionici e nano-lavorazioni in dispositivi quantistici e rivelatori di radiazione, stipulato con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) – Roma;
- accordo di collaborazione scientifica finalizzato a progettare e realizzare la prima edizione di un Master universitario di II livello in lingua inglese denominato "Photonics for Data Networks and Metrology", da realizzare nell'a.a. 2018/2019; l'accordo è stato stipulato con il Politecnico di Torino;
- agreement con l'Istituto di Radioastronomia di Bologna dell'INAF (IRA/INAF) e il National Institute of Information and Communications Technology (NICT – Tokyo) per definire rapporti di collaborazione scientifica e per installare presso il NICT e presso la sede di Medicina dell'IRA/INAF una coppia di antenne radioastronomiche innovative, con le quali studiare il confronto tra l'orologio ottico a Itterbio dell'INRiM e quello allo Stronzio del NICT;
- accordo quadro, al fine di definire e perfezionare rapporti di collaborazione scientifica nel settore delle telecomunicazioni, con l'Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione (ISCTI) – Roma;
- convenzione operativa avente come oggetto lo sviluppo della ricerca scientifica e tecnologica nell'ambito degli orologi ottici e sistemi fisici ad alta precisione, spettroscopia ad alta precisione e comunicazioni quantistiche, stipulata con l'Istituto Nazionale di Ottica del CNR (INO-CNR) – Firenze;
- protocollo d'intesa di collaborazione scientifica con il Consortium GARR di Roma, al fine di definire e perfezionare rapporti di collaborazione scientifica negli ambiti dello sviluppo e dell'innovazione tecnologica, con particolare riguardo alla distribuzione di segnali di riferimento di tempo e frequenza su scala geografica attraverso infrastrutture di rete in fibra ottica.

Il triennio 2018-2020 vedrà anche la continuazione delle collaborazioni con i seguenti organismi:

- **ACCREDIA**: si tratta dell'ente unico di accreditamento nazionale, al quale l'INRIM fornisce supporto tecnico per l'espletamento delle attività di accreditamento dei laboratori di taratura;
- **CEI** – Comitato Elettrotecnico Italiano: è un ente riconosciuto dallo Stato Italiano e dall'Unione Europea per le attività normative e di divulgazione della cultura tecnico-scientifica; significativa è la partecipazione di parte del personale INRIM ai suoi Comitati;
- **UNI** - Ente Nazionale Italiano di Unificazione: è un'associazione privata, senza fine di lucro, riconosciuta dallo Stato e dall'Unione Europea; 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); parte del personale INRIM partecipa attivamente ai WorkingGroups e alle Commissioni dell'ente.

Nell'ambito delle collaborazioni con le **istituzioni accademiche**, l'INRIM prosegue nell'organizzazione di corsi di II e III livello nell'ambito delle proprie competenze, ed in particolare promuove un corso di dottorato di Metrologia.

4) Infrastrutture di ricerca Internazionali

EURAMET

E' la Rete europea per la promozione della collaborazione per la ricerca e lo sviluppo tecnologico nel campo della metrologia. Non dispone né realizza infrastrutture proprie, ma promuove l'utilizzo comune, coordinato e sinergico delle infrastrutture metrologiche nazionali. Nella prospettiva di convergenza della metrologia europea in una struttura integrata, l'obiettivo dell'INRIM è creare opportunità per la localizzazione di una sede scientificamente rilevante in Italia.

EURAMET gestisce programmi di ricerca e sviluppo nel campo della scienza delle misure (anche per applicazioni nei settori emergenti dell'energia, ambiente e salute) per l'integrazione dei laboratori nazionali e l'innovazione di prodotti e processi di produzione. Tali programmi sono cofinanziati (attraverso l'art. 185 del trattato comunitario) dagli stati nazionali e la comunità europea (European Metrology Research Programme, EMRP, 2009-2017, 400 M€ – European Metrology Programme for Innovation and Research, EMPIR, 2014-2025, 600 M€). Sono consorziati gli istituti metrologici e gli istituti delegati alla funzione di istituto metrologico di 37 stati europei (circa 120 istituti). L'Italia è il quarto partner con un impegno economico di circa l' 8%, ma il terzo per produzione scientifica; ricercatori INRIM sono ai primi posti per quantità e qualità delle pubblicazioni indicizzate prodotte dei programmi di ricerca EURAMET. INRIM rappresenta l'Italia nell'assemblea dei soci, nel consiglio di amministrazione e nel comitato di gestione dei programmi di ricerca. I costi di gestione dei programmi di ricerca EMRP (2009 – 2017) e EMPIR (2014 – 2025), sono definiti nella misura del 5% del costo totale dei programmi (400 M€ e 600 M€, rispettivamente). Essi sono interamente a carico dei membri di EURAMET.

La quota associativa a EURAMET (in carico a INRIM) è 20 k€/anno

Il contributo italiano per la gestione dei programmi di ricerca congiunti (in carico a INRIM) è

- 1.4 M€ per EMRP (2009-2017)
- 2.4 M€ per EMPIR (2014-2025)

I costi di partecipazione nazionale agli organismi di EURAMET (comitato di gestione dei programmi di ricerca, assemblea dei soci, consiglio direttivo, comitati tecnici) ammontano a 10 k€/anno.

Galileo Timing Research Infrastructure

L'Europa è impegnata nella costruzione di un sistema di navigazione satellitare per il quale sono necessarie competenze di metrologia attualmente sparse e non sempre formate. L'infrastruttura promuove le capacità di ricerca e formazione sia per lo sviluppo della navigazione europea, sia per lo sviluppo di applicazioni industriali e nuove tecnologie. Rappresenta la base per una rete di laboratori per l'applicazione della metrologia del tempo alle missioni spaziali europee valorizzando le competenze già presenti sul territorio italiano. L'infrastruttura si basa sulle competenze e le strutture costruite in INRIM a supporto del timing del sistema Galileo e su contratti ESA e della comunità europea. L'infrastruttura costituisce:

1. un incubatore e "test bed" per algoritmi, elementi di timing di terra e di bordo, servizi con dimostrazione e validazione end-to-end, l'aggiornamento tecnologico del sistema, lo sviluppo di applicazioni tecniche e scientifiche;
2. una struttura di riferimento metrologico per la validazione e monitoring in tempo reale del segnale di Galileo, degli orologi di bordo e di terra, del Galileo System Time, e della disseminazione del tempo universale coordinato del segnale Galileo;
3. un centro di formazione e addestramento sia a livello scientifico (con un programma di Dottorato), sia a livello industriale.

L'attività si articola in programmi.

1) Definizione, operazione e miglioramento del sistema di timing di Galileo

- a. Partecipazione alla Galileo Time Validation Facility FOC (congiuntamente a GMV di Madrid) utilizzando la scala di tempo nazionale UTC(IT) come riferimento per lo steering del Galileo System Time;
- b. Valutazione e simulazione di scenari per un sistema intelligente di bordo di monitoring degli orologi (ex contratto G2G di SELEX ES);
- c. Validazione e stima in tempo quasi reale sia degli orologi di bordo e della scala di tempo di Galileo, sia il monitoring della disseminazione di UTC e del GPS To Galileo Time Offset fatta da Galileo (contratto FOC exploitation: supporto al SETA team di THALES Italia);
- d. Monitoring del timing di EGNOS, il sistema di completamento europeo al GPS (Contratto EGNOS monitoring con CNES, progetto H2020 GSA – GNSS Supervising Agency)
- e. Coordinamento scientifico del Galileo Time Service Provider, infrastruttura dedicata alla sincronizzazione della scala Galileo con UTC con la collaborazione degli istituti metrologici europei coordinati da INRIM. INRIM ha coordinato lo sviluppo dell'infrastruttura avvenuto nel

2017, e da Dicembre 2017 il TSP è operativo presso i centri di controllo di Galileo. Da Gennaio 2018 INRIM partecipa inoltre al Galileo Time Service Provider inviando quotidianamente e su base oraria prodotti di riferimento basati sulla scala di tempo nazionale UTC(IT) utilizzati per lo steering del Galileo System Time e per la validazione delle performance di timing del Sistema

2) Studio e sperimentazione dei servizi di timing di Galileo

- a. Dimostrazione di servizi di timing di Galileo che aggiungano caratteristiche di accuratezza, disponibilità e certificazione al tempo trasmesso da Galileo con nuove possibilità di time transfer (contratto H2020 DEMETRA, 16 partners di 8 paesi coordinati da INRIM). Dopo la sperimentazione del progetto DEMETRA restano attivi il servizio di disseminazione in fibra ottica e di monitoring di scale di tempo con il Precise Point Positioning. Sarà inoltre approfondita la sperimentazione della disseminazione di tempo su satellite Geostazionario in collaborazione con ANTARES e la capacità di rilevare anomalie sugli orologi di bordo (contratto ESA RRAFS)
- b. INRIM partecipa inoltre al Galileo Reference Center creato dai Member States, dal 2018 al 2021, per la validazione dei servizi di timing di Galileo a livello utente (contratto GRC –MS)

LIFT - link italiano tempo e frequenza

L'infrastruttura di Tempo e Frequenza su Fibra (LIFT) distribuisce con stabilità e accuratezza senza precedenti segnali di tempo e frequenza campione usando fibre ottiche commerciali. LIFT porta i segnali campioni dell'INRIM in centri scientifici e industriali del paese senza degrado delle prestazioni, offrendo rispetto ad altri sistemi un sostanziale miglioramento dell'accuratezza, la stabilità, la velocità di misura e la sicurezza. Inoltre LIFT permette di realizzare sensoristica innovativa distribuita sul territorio (per es. per la sismologia) e applicare tecnologie quantistiche su fibra ottica in campo reale (per es. la QKD).

Gli obiettivi di LIFT sono: i) distribuire stabilmente i segnali campione INRIM in fibra a una decina di centri italiani e transfrontalieri per l'accesso alle reti europee; ii) creare un sistema che dalla dorsale irraggi in siti secondari, con la finalità di costruire una piattaforma tempo/frequenza di qualità superiore in Italia; iii) estendere e perfezionare la ricerca di eccellenza sulla sperimentazione di metrologia e crittografia quantistica in campo reale e sulle possibilità di una rete sismologica innovativa che utilizza la distribuzione di un laser ultrastabile e la tecnica interferometrica propria di LIFT; iv) obiettivo di metrologia primaria è nel prossimo triennio la costituzione della prima rete tra i quattro NMI europei principali (PTB, LNE-SYRTE, NPL e INRIM) per il confronto ripetuto di orologi ottici, nell'ottica della ridefinizione del secondo SI e della creazione di scale internazionali di tempo più accurate.

I segnali di riferimento per il tempo e la frequenza sono generati dall'INRIM mediante un insieme di orologi atomici, mantenuti costantemente allo stato dell'arte. Questi segnali sono attualmente distribuiti con varie tecniche (radiotelevisiva, internet, satelliti). L'uso di fibre ottiche commerciali permette la distribuzione senza degrado di precisione, consentendo all'utente remoto di ricevere segnali di qualità pari a quella presente nei laboratori INRIM. Questo si ottiene generando una radiazione laser a frequenza ultrastabile, idonea al trasporto su fibra ottica commerciale e riferita agli orologi dell'INRIM. L'infrastruttura in fibra si compone della fibra e degli apparati di amplificazione e rigenerazione. L'architettura deve essere completamente ottica e bidirezionale per compensare il rumore di fase introdotto dalla fibra stessa, che degraderebbe l'accuratezza del segnale. LIFT prevede sia l'uso di fibre dedicate sia la distribuzione sulla medesima fibra di traffico dati e segnali metrologici (attraverso multiplexing di frequenza).

Gli utenti di LIFT sono: gli osservatori radioastronomici con le antenne di Bologna, Noto e Cagliari; la geodesia spaziale di Matera (ASI); il centro di controllo di terra degli orologi del sistema satellitare Galileo al Fucino; aziende di aerospaziali di eccellenza in Lombardia e Lazio; sedi finanziarie (Torino e Milano); osservatori astronomici (Val d'Aosta); i centri di eccellenza scientifica (LENS, Università, CNR-INO – Firenze; CNR-IFN – Milano; CNR-INO – Napoli); i centri di sismologia e sensoristica in ambiente marino, a seguito della sperimentazione con successo di un link tra Sicilia e Malta che ha evidenziato come le tecniche di LIFT siano utilizzabili per ottenere monitor sismologico sottomarino laddove i dati sono estremamente carenti.

La distribuzione dei campioni atomici coesisterà con la distribuzione di tecnologie quantistiche per la *sensoristica e la crittografia, utilizzando reti ibride.

LIFT guarda all'Europa, per creare il ramo meridionale di una rete di link ottici che hanno i nodi principali nei maggiori Istituti Metrologici europei. Il raccordo europeo utilizzerà inizialmente il collegamento transfrontaliero italo-francese (Tunnel del Frejus, Lione, Strasburgo, Parigi) e successivamente anche quello italo-austriaco (Brennero).

MET-ITALIA Network nazionale delle misure

Il network nazionale delle misure MET-ITALIA promuove la valorizzazione delle competenze, dei laboratori e delle infrastrutture nazionali nell'ambito della scienza delle misure, creando complementarità e integrazione. MET-ITALIA ha la finalità di incrementare, attraverso specializzazione S3 e sinergie, la partecipazione del Sistema Italia ai programmi di ricerca comunitari in sintonia con i capisaldi di Horizon 2020.

Gli obiettivi riguardano le applicazioni metrologiche di importanza strategica nazionale, per offrire capacità di misura e riferibilità al sistema produttivo nazionale, a supporto della competitività delle imprese e delle tecnologie manifatturiere e a garanzia del controllo di qualità di prodotti e servizi.

Per esigenze funzionali, l'INRIM prevede la creazione di unità operative, collocati nel centro-sud Italia, al fine di rafforzare la sua vocazione nazionale.

L'INRIM ha avviato la costituzione di unità operative sul territorio nazionale, con l'obiettivo di

- allargare il raggio di azione a temi di interesse tecnologico e scientifico in campo ottico, della salute e delle comunicazioni; energetico, nano-tecnologico, agro-alimentare e delle comunicazioni
- contribuire alla valorizzazione delle competenze tecnico-scientifiche e diventare polo di attrazione e richiamo per giovani laureati;
- costituire un supporto tecnologico di valenza internazionale a favore delle realtà produttive e industriali e per lo sviluppo delle S3 regionali.

Con la creazione di unità operative sul territorio, l'INRIM rafforza la rete nazionale delle misure, valorizzando le eccellenze esistenti nell'ambito della scienza delle misure.

L'allargamento della "base metrologica" del Paese a nuovi soggetti e nuovi temi di importanza strategica nazionale permetterà di accrescere la competitività e l'efficacia nell'attrarre i consistenti finanziamenti europei in ricerca metrologica. Sono state considerate le competenze già presenti sul territorio nazionale in particolare, nella Regione Toscana per la metrologia della frequenza, per la metrologia delle radiazioni elettromagnetiche alle frequenze del Terahertz e per la metrologia biomedicale, e nella Regione Basilicata per quanto riguarda la metrologia per l'ambiente, il bioagroalimentare, le applicazioni energetiche, lo spazio e la geodesia.

Il piano prevede:

1. **Toscana** sui temi:

- **metrologia per le radiazioni elettromagnetiche nella regione del Terahertz** nell'ambito homeland-security;
- **metrologia biomedicale** per lo sviluppo dei riferimenti di misura per i biosegnali, l'ottica biomedica, la biomeccanica e la diagnostica MRI;
- **link ottico nazionale**, come nodo di collegamento tra LIFT e LIFT+ per la disseminazione di segnali di riferimento di frequenza e tempo ad alta accuratezza, e per la gestione dell'anello di monitoraggio del mare Tirreno LIFT-UNDERWATER.

2. **Basilicata** sui temi:

- **metrologia per l'ambiente** per assicurare la riferibilità delle misurazioni e la robustezza dei dati nel monitoraggio di parametri fisici atmosferici al suolo e nella troposfera;
- **nanotecnologie applicate alla biochimica e all'agroalimentare** per lo sviluppo di dispositivi e metodi di misura e loro applicazione al campo bioagroalimentare e dell'agricoltura di precisione;
- **Bio-economia** mediante la tracciabilità alimentare e le misure di contaminazioni da elementi tossici nelle acque e nei cibi;
- **metrologia per le applicazioni energetiche** per il supporto e la riferibilità delle misure nella filiera di produzione degli idrocarburi fossili e nella caratterizzazione delle proprietà chimico-fisiche ed energetiche;
- **link ottico nazionale**, come nodo di collegamento tra LIFT+ e LIFT-SUD per la disseminazione di segnali di riferimento di frequenza e tempo ad alta accuratezza, e la sincronizzazione in fase dei Radiotelescopi di Medicina, Noto e Matera.

3. **Sicilia** sui temi:

- nodo di collegamento tra LIFT+ e LIFT-SUD per la disseminazione di segnali di riferimento di frequenza e tempo ad alta accuratezza, e la sincronizzazione in fase dei Radiotelescopi di Medicina, Noto e Matera;
- nodo di collegamento tra LIFT-SUD e Malta per la disseminazione di segnali di riferimento di frequenza e tempo ad alta accuratezza con cross-border ITA-MALTA;
- nodo di collegamento tra LIFT-SUD e LIFT-UNDERWATER, da Noto a Firenze, via Trapani, Cagliari e Olbia;

Gli ambiti di intervento delineati nel progetto di costituzione di un Nodo Lucano della rete metrologica nazionale sono coerenti alla Strategia regionale di specializzazione intelligente (S3) individuata dalla mappatura di Invitalia, in particolare per i settori di energia e ambiente, chimica verde, micro/nano elettronica e agro-alimentare. La metrologia è una KET per la Regione Basilicata.

Lo sviluppo dei programmi di ricerca prevede un corrispondente sviluppo progressivo di occupazione knowledge-based di alto livello per laureati in discipline scientifiche e tecnologiche. Lo sviluppo dei temi scientifici richiederà una corrispondente azione di inserimento di ricercatori, tecnologi e tecnici qualificati nelle strutture di ricerca, nella convinzione che ricerca metrologica e le sue applicazioni richiedano, da un lato una solida preparazione di base ed una formazione di alto livello scientifico e tecnologico, dall'altro una continuità operativa per assicurare l'impiego efficiente e la funzionalità di strutture complesse.

Nanofacility Piemonte

Nanofacility Piemonte INRiM è un laboratorio di nanofabbricazione mediante microscopia elettronica e ionica. È attivo dal 2010 grazie ad un contributo della Compagnia di San Paolo, e vanta al suo attivo migliaia di ore di funzionamento per servizi alla ricerca sul territorio e in metrologia. L'impatto di tale struttura sulla produzione scientifica dell'INRiM e sul conseguimento di progetti EMRP e EMPIR non è stato trascurabile negli ultimi anni.

L'infrastruttura è dedicata alla ricerca nel campo della nanofabbricazione e al controllo della materia a livello nanoscopico, per la realizzazione di micro e nano-dispositivi di interesse fondamentale e applicato, fornendo un servizio a livello regionale, nazionale ed europeo. Vengono sviluppate allo stato dell'arte le seguenti tecnologie: Electron Beam Lithography per ogni tipo di geometrizzazione su scala nanometrica, Ion beam Sculpting per la fabbricazione di dispositivi nanoSQUID, SET e dispositivi basati su whiskers e nanowires, ottiche diffrattive e nanostrutture per la plasmonica e la fotonica, preparative per microscopia elettronica in trasmissione e per tecnologie X (GISAX, NEXAFS, etc.). E ancora lavorazione FIB ed EBL+RIE del diamante per la fabbricazione di nanostrutture superficiali di estrazione della radiazione dai centri di luminescenza tramite nanolenti, lenti di Fresnel, nanopillars e guide d'onda. Tali tecniche sono accoppiate a litografia ottica e a litografia per self-assembly, con una continuità di risoluzione che va dai centimetri ai 10 nanometri.

Piemonte Quantum Enabling Technologies

La Commissione Europea con la Quantum Technology Flagship finanzia la ricerca sulle tecnologie quantistiche (TQ): l'INRiM vuole cogliere questa occasione per uno sviluppo economico duraturo attraverso l'innovazione e la ricerca, con un investimento che potenzi il know-how già presente, induca un forte trasferimento tecnologico, attragga risorse nazionali/europee e crei una robusta filiera produttiva, per affermarsi come eccellenza nei prossimi 10 anni.

Nasce così l'iniziativa della nuova Infrastruttura di Ricerca Piemonte Quantum Enabling Technologies, PiQuET, coordinata da INRiM con la partecipazione di Politecnico (PoliTO) e Università (UniTO) di Torino, progetto co-finanziato dal Programma Operativo Regionale Piemonte Fesr 2014/2020 Attraverso il Bando "INFRA-P Sostegno a progetti per la realizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento di IR pubbliche".

INRiM, PoliTO e UniTO (in seguito Organismi di Ricerca, OdR) operano in due settori chiave delle TQ: (i) lo sviluppo di materiali, dispositivi e sensori micro/nanostrutturati (ii) le TQ legate ad orologi atomici e comunicazione quantistica, distribuite sul territorio tramite fibra ottica.

PiQuET ricerca l'eccellenza nel settore:

- con un'IR moderna, centralizzata e condivisa per la nanofabbricazione di sensori, dispositivi e materiali e la loro integrazione;
- con un'IR sul territorio per la metrologia e la comunicazione quantistica, che si avvale del polo di nano fabbricazione;
- con la collaborazione tra OdR e industria, favorendo nuova occupazione.

Lo sviluppo delle tecnologie quantistiche in PiQuET segue due linee fondamentali: l'applicazione sempre più estesa di principi fisici del mondo quantistico, dall'altro la miniaturizzazione dei dispositivi. Alcuni principi quantistici sono già presenti in alcuni dei nostri dispositivi (come i microscopi a effetto tunnel) mentre altri (sovrapposizione quantistica, entanglement) sono alla base dei camioni atomici di frequenza o della comunicazione quantistica, dove si hanno i primi sviluppi commerciali.

PiQuET offre i benefici della nanofabbricazione, con dispositivi integrati, prestazioni migliori e costi ridotti rispetto alle prime realizzazioni in tecnologie "bulk" non integrate.

D'altro canto, la nanofabbricazione potrà incorporare i principi quantistici più complessi, che possono potenziare e trasformare i materiali e i dispositivi finora prodotti.

Per loro natura, le TQ richiedono quindi un ecosistema di ricerca e industriale coeso e un ambiente di sviluppo dove la ricerca e la produzione siano più legati e sia possibile introdurre nel mondo industriale uno sviluppo di materiali e dispositivi quantistici "by design".

Elemento centrale di PiQuET è l'impianto di camera pulita da 500 m² (6 ambienti ISO7) ad alto controllo

della qualità ambientale e dei contaminanti, secondo i moderni criteri ISO 14644-1 (vedi par. 1.7), in cui PiQuET:

- Aggrega in un solo luogo macchine conferite dagli OdR, oggi sparse in 4 laboratori (Chivasso, INRIM Torino Sud, Torino Crocetta, PoliTO) che pur capaci di uso integrato, oggi lavorano disaggregate;
- Crea un'IR allo stato-dell'arte per la ricerca, in luogo di camere pulite non moderne e frammentate, che impediscono processi più moderni;
- Abilita nuove linee di ricerca per i dispositivi di comunicazione quantistica e di campioni atomici di frequenza miniaturizzati.

PiqueT si sviluppa a Torino Mirafiori in corso Settembrini, per opportunità strategica:

- Contesto aperto, che rafforza la nuova aggregazione tra gli OdR, prima con un'Associazione Temporanea di Scopo e poi in forme permanenti;
- Aggregazione: la palazzina presente da 7500 m2 del Politecnico garantisce una logistica idonea alle strategie di PiQuET, utili all'outreach e all'attrattività, come aule da >100 posti, punti ristoro, sale riunioni aggiuntive;
- Vicinanza agli OdR, con efficace operatività del personale afferente
- Vicinanza alle reti di trasporto, con accesso efficace alle aziende
- Scalabilità a dimensioni maggiori, offrendo a investitori privati la possibilità di proprie installazioni accanto alla IR.

Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare

IMPreSA ha l'obiettivo di garantire il rispetto delle normative internazionali e di essere di supporto alle aziende per le misure necessarie allo sviluppo di materiali innovativi per l'imballaggio alimentare. Essa fornirà un supporto ai soggetti attivi nel settore che devono rispondere sia alle richieste di verifica da parte delle autorità di controllo sia alla tutela del consumatore.

L'infrastruttura, al fine di garantire la sicurezza alimentare, fornirà competenze scientifiche, strumentazione analitica e supporto metrologico per il controllo e lo sviluppo di materiali destinati all'imballaggio alimentare.

Le due macro-aree d'interesse sono:

- controllo e sicurezza: determinazione di sostanze non intenzionalmente aggiunte nel materiale di imballaggio (NIAS, Non-Intentionally Added Substances) e della loro possibile migrazione negli alimenti;
- sviluppo di nuovi materiali: sviluppo di materiali di imballaggio attivi per aumentare la shelf-life dei prodotti e garantire la sicurezza alimentare.

INRIM come ente capofila del progetto metterà a disposizione spazi e impianti per realizzare l'infrastruttura, e darà il supporto metrologico. Coordinerà i diversi partecipanti del progetto sia dal punto di vista scientifico/tecnologico sia dal punto di vista finanziario, garantendo lo svolgimento del progetto e la verifica dei risultati ottenuti.

Il Laboratorio contaminanti ambientali e il Laboratorio Istopatologia dell'IZSTO collaborerà al progetto per la ricerca di MOCA (Materiali e Oggetti a contatto con Alimenti) negli alimenti, focalizzandosi sullo sviluppo di metodi analitici sensibili e specifici per la determinazione, nel food packaging, di nano particelle metalliche (NPs). Inoltre verranno sviluppate tecniche analitiche ufficiali per l'individuazione di MOSH (idrocarburi saturi, sia lineari che ramificati) e MOAH (idrocarburi aromatici, costituiti da uno o più anelli benzenici), olii minerali derivati dal petrolio. L'unità svilupperà inoltre sistemi biologici atti ad evidenziare interferenti endocrini presenti nel food packaging.

IL CREA metterà a disposizione le proprie conoscenze sul packaging in ambito enologico. In particolare studierà le problematiche relative alla determinazione in vino di contaminanti provenienti da tappi in materiale naturale (p.es tricloroanisolo da sughero) e sintetico. Apporterà competenze relative ai sistemi di chiusura delle bottiglie e l'Oxygen Transfer Rates (OTR) attraverso le stesse, finalizzate a studi di shelf life dei prodotti vitivinicoli.

L'IPSP contribuirà allo sviluppo di composti naturali in alternativa agli agenti chimici con proprietà antimicrobiche e antiossidanti e che sono riconosciuti come sicuri nelle concentrazioni utilizzate nei prodotti alimentari. Coinvolgerà personale tecnico per il mantenimento delle attrezzature riguardanti il progetto, con particolare riferimento alle biotecnologie microbiche e vegetali per la produzione di componenti utili allo sviluppo di nuovi packaging attivi con proprietà antimicrobiche.

L'ISPA ha competenze nell'ambito della proteomica, con consolidato background nell'ambito dell'applicazione della spettrometria di massa all'analisi delle proteine e dispone strumentazioni e competenze utili alla determinazione del profilo compositivo degli alimenti e della presenza di contaminanti quali micotossine.

IMPreSA ha l'ambizione di diventare un centro nazionale dedicato al food packaging di supporto alle aziende e agli enti di controllo. La nuova IR incentiverà la possibilità di finanziarsi sia a livello locale sia europeo. L'acquisizione di strumentazione all'avanguardia permetterà all'IR di raggiungere livelli di eccellenza.

5) Attività di terza missione

L'attività di terza missione comprende la valorizzazione e la promozione dei risultati della ricerca in metrologia, contestualizzando i risultati e i prodotti ottenuti per favorire l'avanzamento delle conoscenze sia a fini produttivi sia sociali.

Attività di alta formazione

L'INRIM promuove un corso di dottorato di Metrologia unico in Europa. Collabora inoltre alle attività formative istituzionali svolte dalle università. Tale collaborazione si esercita attraverso convenzioni e accordi quadro, o attraverso la assegnazione a ricercatori INRIM di incarichi di insegnamento in corsi di laurea, master e dottorati di ricerca.

L'INRIM collabora alle attività formative istituzionali svolte dalle università. Tale collaborazione si esercita attraverso convenzioni e accordi quadro, o attraverso la assegnazione a ricercatori INRIM di incarichi di insegnamento in corsi di laurea, master e dottorati di ricerca.

Tabella 13 – Attività di alta formazione

Numero totale di corsi di didattica universitaria (corsi di laurea, master) erogati	65
Numero totale di ore di didattica universitaria complessivamente erogate	1.500
Numero di ricercatori e tecnologi complessivamente coinvolti	42
Numero totale di corsi di dottorato in convenzione	10
Numero totale di studenti di dottorato attivi nell'anno	36
Numero di borse di dottorato erogate dall'ente nell'anno	5

Formazione continua e permanente

La formazione adulta è una componente fondamentale del lifelong learning. L'INRIM organizza attività formative rivolte a soggetti adulti, al fine di adeguare o di elevare il loro livello professionale, con interventi promossi dalle aziende in stretta connessione con l'innovazione tecnologica e organizzativa del processo produttivo.

Tabella 14 – Formazione continua e permanente

Numero totale di corsi erogati	25
Numero totale di ore di didattica assistita complessivamente erogate	500
Numero totale di partecipanti	300
Numero di ricercatori e tecnologi coinvolti complessivamente	20
Numero di organizzazioni esterne coinvolte come utilizzatrici dei programmi	6
di cui imprese	2
di cui enti pubblici	2
di cui istituzioni no profit	2

Servizi conto terzi

L'attività di taratura di strumenti è sviluppata riscontrando le richieste di riferibilità e di misure innovative, anche in nuove aree scientifiche, provenienti dai settori dell'industria e della pubblica amministrazione, e contestualizzando i risultati e i prodotti ottenuti per favorire l'avanzamento delle conoscenze sia a fini produttivi sia sociali. Per supportare l'utenza sul mercato internazionale, favorendo l'esportazione e il libero scambio delle merci, l'INRIM ha sviluppato e rende disponibili all'utenza oltre 400 capacità di taratura e misura, oltre a numerose e diversificate altre capacità erogate su richiesta dell'utenza, nell'ambito del ruolo nazionale ricoperto di Istituto Metrologico Italiano. Impegno strategico in tale contesto è il mantenimento di tali servizi, che richiedono importanti risorse per quanto riguarda l'impegno di personale, ambienti di laboratorio e apparecchiature, mediante lo sviluppo organizzativo e di nuove *facilities* che consentano di avviare nuovi e/o migliori servizi.

Impegno strategico in tale contesto è il mantenimento di tali servizi, che richiedono importanti risorse per quanto riguarda l'impegno di personale, l'adeguamento dei laboratori e delle apparecchiature, lo sviluppo di nuove *facilities*, oltre che un modello organizzativo che consenta di supportare e avviare nuovi e/o migliori servizi.

Nella tabella seguente sono riportati i dati dei certificati di taratura e prova previsti per il triennio 2018-2020:

Tabella 15 – Certificati di taratura e prova

Anno	Numero di documenti emessi			
	Certificati di taratura	Rapporti di prova	Altri certificati e rapporti	Totale
2018	1.650	70	30	1.750
2019	1.600	70	30	1.700
2020	1.600	70	30	1.700

Attività di Public Engagement

In questo ambito l'INRIM ritiene strategiche le seguenti attività:

- Partecipazione a comitati per la definizione di standard e norme tecniche: CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), CEN (Comitato Europeo di Normazione), IEC (International Electrotechnical Commission), UNI (Ente Italiano di Normazione);
- Iniziative di orientamento e interazione con le scuole di ogni ordine e grado + cittadinanza: “Bambini e bambine: un giorno all'università” (ITER-Comune To e Agorà scienza), “Le sfide della metrologia e l'evoluzione tecnologica” (Settimana della Scienza- Centroscienza), altre visite scuole + privati+ associazioni a richiesta, Mirafiori la scuola con una marcia in più (in collaborazione con Fondazione Mirafiori), La scienza della misura nell'insegnamento scientifico (per insegnanti e studenti con MIUR e CESEDI Città Metropolitana), organizzazione e tutoraggio di stage per studenti scuole superiori nell' ambito delle leggi sull'alternanza scuola/lavoro (L.197/96 e L.107/2015), 7) INFOSTAGE - Politecnico di Torino;
- Organizzazione di eventi pubblici: “Notte dei ricercatori” (evento promosso dalla CE attraverso i progetti di Horizon 2020 in molte città europee; collaborazione con Agorà Scienza e Centroscienza);
- Promozione e diffusione della cultura scientifica in ambito metrologico, custodia e fruibilità del patrimonio culturale dell'INRIM: Conference course “Il Tempo della Scienza – I Seminari”, apertura dei laboratori al pubblico, interviste e servizi radio-televisivi e online, pubblicazioni divulgative, *performance* teatrali divulgative, partecipazioni a congressi divulgativi, portale della metrologia “Simisura.it”, rassegna stampa sul portale INRIM, profilo Facebook dell'INRIM.

Produzione e gestione di beni culturali

Si tratta delle attività di valorizzazione del patrimonio culturale svolte dall'INRIM e, in particolare, la fruizione e l'accesso a strutture museali e collezioni scientifiche, attività che dimostrano la capacità da parte dell'ente di fornire un contributo alla comunità.

Tra queste attività spicca la riqualificazione della sede storica dell'Istituto, all'interno della quale sono presenti una Biblioteca storica e una collezione di strumenti scientifici legata alla storia della metrologia industriale; una novità è rappresentata dalla manifestazione Open House 2018, che ha promosso e realizzato (in collaborazione con l'INRIM), l'apertura straordinaria della sede storica al pubblico in date specifiche da definirsi annualmente.

Brevetti

L'INRIM persegue la tutela e la valorizzazione dei risultati della ricerca, promuovendo il deposito e l'utilizzo dei brevetti d'invenzione nonché azioni intese a favorire il trasferimento tecnologico e l'applicazione (*uptake*) di soluzioni innovative all'industria. A tal riguardo, sono in predisposizione documenti di policy riguardanti lo sviluppo della cooperazione con altre organizzazioni pubbliche e private e la partecipazione a iniziative in materia di innovazione e di trasferimento della conoscenza, anche in convenzione, per stimolare l'interesse del sistema delle imprese all'applicazione dei risultati della ricerca.

Numero totale di brevetti depositati nell'anno	2
Numero totale di brevetti per i quali nell'anno sia stata ottenuta la concessione	2

Spin off

L'INRIM promuove la costituzione di imprese fondate sull'impiego di saperi e di tecnologie sviluppate prevalentemente al proprio interno. A tal riguardo, sono in corso di preparazione documenti di policy per regolamentare modalità e percorsi atti a favorire la creazione di spin-off e rafforzarne le capacità competitive nell'offerta di tecnologia avanzata.

6) Capitale umano

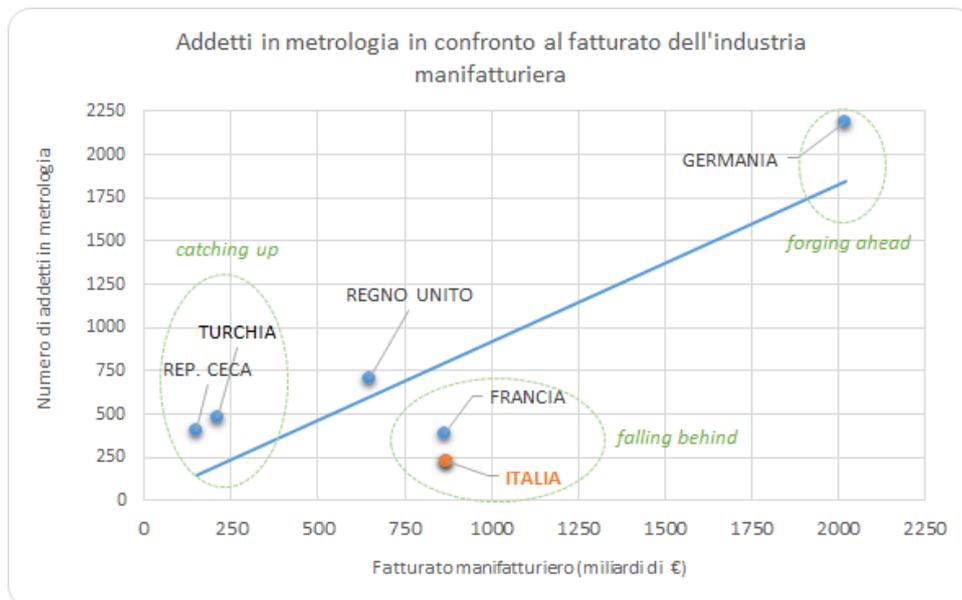
INRIM assolve al compito di Istituto metrologico primario italiano. Realizza e dissemina i campioni delle unità di misura del Sistema Internazionale per il Paese, ponendo le basi scientifiche e tecnologiche per rendere disponibili misurazioni precise, uniformi ed affidabili nella scienza, nella produzione, nel commercio e nei servizi. L'Istituto è impegnato nella ricerca scientifica e tecnologica in campi che spaziano dalle costanti fondamentali della fisica alla metrologia per le nanoscienze, alle applicazioni metrologiche al servizio della società, dell'ambiente e dell'energia.

L'Italia rappresenta la seconda economia industriale in Europa, dopo la Germania, per attivo manifatturiero con i Paesi extra-UE, in cui la maggior parte del surplus proviene dalla meccanica e dall'industria dei trasporti. Adottando il metro della bilancia commerciale dei prodotti, l'Italia è uno dei soli cinque Paesi del G-20 ad avere un surplus strutturale con l'estero nei prodotti manufatti, con oltre mille prodotti in cui è tra i primi tre posti al mondo per saldo commerciale attivo (Fortis, 2013).

Il settore manifatturiero europeo rappresenta il 60 % della crescita di produttività del continente con un potenziale di oltre 30 milioni di nuovi posti di lavoro, mentre in Italia le sole MPMI manifatturiere rappresentano l'80 % dell'occupazione nell'industria e il 70 % del valore aggiunto.

I Paesi europei più avanzati – già molto solidi dal punto di vista del sistema metrologico nazionale – stanno elaborando piani di sviluppo della cosiddetta “infrastruttura di qualità” identificata come elemento chiave per la manifattura del futuro, con particolare attenzione ad un rafforzamento mirato dell'infrastruttura metrologica.

Il confronto con le principali economie continentali mette in luce una carenza strutturale della dimensione metrologica italiana rispetto alle corrispondenti istituzioni nazionali europee, sia in rapporto al prodotto interno lordo del Paese, sia in rapporto al fatturato dell'industria manifatturiera come si evince dal seguente diagramma.



L'INRIM ha una posizione peculiare rispetto agli istituti metrologici europei: in virtù della sua collocazione all'interno del Sistema nazionale della ricerca, è chiamato a misurarsi con gli altri enti pubblici di ricerca sul piano dell'eccellenza scientifica e, nel contempo, è chiamato dalla legge a svolgere la propria missione di Istituto metrologico primario, al fine di accompagnare e sostenere lo sviluppo tecnologico del Paese.

In un contesto altamente dinamico, l'Ente è chiamato a rafforzare il proprio ruolo, in un percorso di crescita strategica al servizio del Paese, ed intende farlo sia investendo in risorse umane altamente qualificate, sia consolidando l'elevata capacità di autofinanziamento che deriva dai servizi resi alle imprese e dai progetti di ricerca in partenariato con altre istituzioni europee.

Il Piano di fabbisogno del personale 2018-2020, presentato in dettaglio nelle pagine che seguono, risponde a questa logica; innanzitutto per riportare la consistenza del personale dell'ente ad un livello paragonabile a quanto previsto al momento della sua istituzione, ipotizzando nel triennio una ulteriore, ma contenuta, dinamica espansiva.

È ben chiara tuttavia la consapevolezza che solo un intervento forte e mirato delle Istituzioni e del Governo, che consentisse di allineare la dimensione della metrologia italiana a quella dei grandi Paesi europei, sarebbe in grado di creare le condizioni per sostenere la crescita tecnologica di un moderno Paese manifatturiero.

Situazione di riferimento

L'INRiM, Ente nato nel 2006 con una dotazione organica di 241 unità, ha subito una riduzione a 217 unità a seguito delle successive manovre di contenimento della spesa pubblica, culminate nel 2012 con il DL 95/2012 convertito in Legge 135/2012.

La situazione del personale in servizio al 31 dicembre 2017, riportata nella tabella 1.1, evidenzia una grave carenza di personale, con appena 191 unità in ruolo a tempo indeterminato:

Tabella 16 – Personale in servizio al 31/12/2017

Profilo	Livello	Dotazione Organica det. ex art. 1 DL 95/2012	Personale in servizio a tempo indeterminato al 31-12-2017	Δ	Personale in servizio a tempo determinato al 31-12-2017	Personale in comando da altri Enti al 31/12/2017
Dirigente I fascia		-	-		-	-
Dirigente II fascia		1	-	-1	-	-
Dirigente di ricerca	I	10	7	-3	-	-
Primo ricercatore	II	23	19	-4	2	-
Ricercatore	III	52	52	0	6	-
Dirigente tecnologo	I	2	2	0	-	-
Primo tecnologo	II	8	8	0	-	-
Tecnologo	III	7	7	0	3	-
Collaboratore tecnico E.R.	IV	33	26	-7	-	-
Collaboratore tecnico E.R.	V	15	13	-2	-	-
Collaboratore tecnico E.R.	VI	19	20	+1	1	-
Operatore tecnico	VI	11	8	-3	-	-
Operatore tecnico	VII	5	5	0	-	-
Operatore tecnico	VIII	5	3	-2	-	-
Funzionario di amministrazione	IV	4	2	-2	5	1
Funzionario di amministrazione	V	1	1	0	-	-
Collaboratore di amministrazione	V	10	10	0	-	1
Collaboratore di amministrazione	VI	1	1	0	-	-
Collaboratore di amministrazione	VII	3	3	0	2	-
Operatore di amministrazione	VII	7	4	-3	-	-
Operatore di amministrazione	VIII	-	-	-	-	-
Totale		217	191	-26	19	2

Il personale in servizio a tempo indeterminato comprende n. 5 unità assunte ai sensi del DM 105 del 26/02/2016.

Per quanto riguarda le posizioni a tempo determinato, pari a 19 unità al 31/12/2017, esse sono costituite da assunzioni effettuate a valere su programmi di ricerca oggetto di finanziamento diverso dal fondo ordinario dello Stato, in conformità a quanto disposto dall'art. 1, comma 188, della Legge 266/2005, fatti salvi i rinnovi e le proroghe effettuati ai sensi del DL 75/2017. È, inoltre, da precisare che il reclutamento è avvenuto mediante procedure concorsuali ad evidenza pubblica. Fa eccezione una posizione di Primo Ricercatore Liv. II che risulta associata al responsabile scientifico di un progetto finanziato dal European Research Council.

Il quadro del capitale umano attivo presso l'INRiM comprende ulteriori tipologie di personale che si sostanziano, al 31 dicembre 2017, nei dati della tabella seguente.

Assunzioni effettuate negli anni 2017 e 2018 su budget 2017

1. 1 Primo Ricercatore – Liv. 2 Bando 02/2017, approvazione graduatoria con decreto 233/2017 del 22/12/2017, assunzione vincitore
2. 1 Primo Ricercatore – Liv. 2 Bando 03/2017, Approvazione graduatoria con decreto 229/2017 del 22/12/2017, assunzione vincitore
3. 1 Primo Ricercatore – Liv. 2 Bando 03/2017, scorrimento graduatoria concorso, primo idoneo (interno)
4. 1 Primo Ricercatore – Liv. 2 Bando 02/2017, scorrimento graduatoria concorso, primo idoneo (interno)
5. 1 Primo Ricercatore – Liv. 2 Bando 01/2017, scorrimento graduatoria concorso approvata con decreto 14/2018 del 24/01/2018, primo idoneo (interno)
6. 1 Primo Ricercatore – Liv. 2 Bando 02/2017, scorrimento graduatoria concorso, secondo idoneo (interno)
7. 1 Ricercatore – Liv. 3 Bando 08/2017, approvazione graduatoria con decreto 26/2018 del 12/02/2018, assunzione vincitore
8. 1 CTER – Liv. VI Bando 2/2009, scorrimento graduatoria approvata con decreto 204/2010 del 15/07/2010, terzo idoneo
9. 1 CTER – Liv. VI Bando 02/2009, scorrimento graduatoria approvata con decreto 199/2010 del 09/07/2010, quarto idoneo

Assunzioni in corso di perfezionamento su budget 2017

10. 1 Ricercatore – Liv. 3 Bando 08/2017, scorrimento graduatoria concorso, primo idoneo
11. 1 Ricercatore – Liv. 3 Bando 02/2018 G.U. IV Serie Speciale n. 18 del 2/03/2018, commissione nominata con decreto 93/2018 del 28/05/2018
12. 1 FAM – Liv. V Bando 04/2018 G.U. IV Serie Speciale n. 30 del 13/04/2018
13. 1 FAM – Liv. V Bando 05/2018 G.U. IV Serie Speciale n. 43 del 01/06/2018
14. 1 CTER – liv VI Reclutamento ordinario, scadenza procedura di mobilità 25/06/2018
15. 1 CTER – liv VI Reclutamento ordinario, scadenza procedura di mobilità 25/06/2018
16. 1 Operatore Tecnico – Liv. 8 Bando 03/2018 G.U. IV Serie Speciale n. 18 del 2/03/2018 commissione nominata con decreto 087/2018 del 16/05/2018

Tabella 19 - Riepilogo assunzioni in corso di perfezionamento

Profilo	Livello	Assunzioni su budget 2015-16	Assunzioni su budget 2017
Dirigente di ricerca	I	2	
Primo ricercatore	II	-	
Ricercatore	III	-	2
Dirigente tecnologo	I	-	
Primo Tecnologo	II	-	
Tecnologo	III	-	
Funzionario di amministrazione	IV		
	V		2
Collaboratore Tecnico	IV	1	
	V		
	VI		2
Collaboratore di Amministrazione	V		
	VI		
	VII		
Operatore Tecnico	VI		
	VII		
	VIII		1
Operatore di amministrazione	VII		
	VIII		
Totale		3	7

Programmazione del fabbisogno del personale nel triennio 2018-2020

Ciò premesso, per la **programmazione del fabbisogno del personale** nel triennio 2018-2020, va tenuto conto del vigente quadro normativo.

Il Punto organico

Il Dipartimento della Funzione Pubblica ha definito il costo medio annuo di riferimento per ciascuna qualifica di personale secondo quanto previsto dall'art. 9, comma 6, lettera c) del Decreto legislativo 25 novembre 2016, n. 218. In via transitoria, con l'intendimento di applicare il parametro ministeriale non appena esso fosse stato reso disponibile - l'INRiM aveva elaborato nel 2017 una propria tabella di calcolo del costo del cosiddetto punto organico pieno, sulla base della media del costo dei dirigenti di ricerca in servizio, arrotondata per eccesso, in modo da facilitare il controllo di cui all' articolo 9, comma 2 del Decreto legislativo 218/2016, da parte del Dipartimento della Funzione Pubblica e della Ragioneria generale dello Stato. Si riporta di seguito la corrispondenza tra i profili e livelli e il corrispondente valore del punto organico

Tabella 20 - Punti organico

Livello	P.O. INRIM	P.O. F.P per INRIM
I RIC	1,00	1,0000
II RIC	0,68	0,6820
III RIC	0,50	0,4380
I TEC	1,00	0,8320
II TEC	0,68	0,5290
III TEC	0,50	0,4600
II Dir Amm	1,00	1,1786
IV	0,38	0,4720
V	0,38	0,4340
VI	0,38	0,3840
VII	0,38	0,3570
VIII	0,38	0,3310

Il valore economico del punto organico, comprensivo della quota annua di TFR, risulta pari a 126.588 € (120.331 € Tabella Miur + 6.257 € quota annua TFR), mentre quello transitorio INRIM era di 117.000 €.

La pianta organica di 217 unità, che fino alla programmazione per il 2016-18 ha costituito la soglia di riferimento, nella sua articolazione risulta essere pari a 106,419 punti organico.

Tabella 21 - Valore dotazione organica

Profilo	Livello	A	B	C	B x C	
		P.Organico	Posizioni	Tot. P.O.	€	Valore finanziario Dot. Org.
Dirigente di ricerca	I	1	10	10	€	1.265.880,00
Primo ricercatore	II	0,682	23	15,686	€	1.985.659,37
Ricercatore	III	0,438	52	22,776	€	2.883.168,29
Dirigente tecnologo	I	0,832	2	1,664	€	210.642,43
Primo Tecnologo	II	0,529	8	4,232	€	535.720,42
Tecnologo	III	0,460	7	3,22	€	407.613,36
Dirigente II fascia		1,1786	1	1,1786	€	149.196,62
Funzionario di amministrazione	IV	0,472	4	1,888	€	238.998,14
	V	0,434	1	0,434	€	54.939,19
Collaboratore Tecnico	IV	0,472	33	15,576	€	1.971.734,69
	V	0,434	15	6,51	€	824.087,88
	VI	0,384	19	7,296	€	923.586,05
Collaboratore di Amministrazione	V	0,434	10	4,34	€	549.391,92
	VI	0,384	1	0,384	€	48.609,79
	VII	0,357	3	1,071	€	135.575,75
Operatore Tecnico	VI	0,384	11	4,224	€	534.707,71
	VII	0,357	5	1,785	€	225.959,58
	VIII	0,331	5	1,655	€	209.503,14
Operatore di amministrazione	VII	0,357	7	2,499	€	316.343,41
	VIII	0,331	0	0	€	-
Totale			217	106,4186	€	13.471.317,74

Il limite della pianta organica è tuttavia ormai sostituito dal rapporto finanziario di cui all'art. 9, comma 2, del Decreto legislativo 25 novembre 2016, n. 218, attuativo della legge 124/2015.

La programmazione del capitale umano nel triennio 2017-2019 va riscritta di conseguenza come segue:

Tabella 22 – Programmazione capitale umano

Profilo	Livello	2017		2018		2019	
		Num.	P.O	Num.	P.O	Num.	P.O
Dirigente di ricerca	I		0		0		0
Primo ricercatore	II	6	4,092	2	1,364	2	1,364
Ricercatore	III	3	1,314	6	2,628	6	2,628
Dirigente tecnologo	I		0		0		0
Primo Tecnologo	II		0		0	1	0,529
Tecnologo	III		0		0		0
Dirigente II fascia			0		0		0
Funzionario di amministrazione	IV		0		0		0
	V	2	0,868	2	0,868	1	0,434
	IV		0		0		0
Collaboratore Tecnico	V		0		0		0
	VI	4	1,536	6	2,304	4	1,536
Collaboratore di Amministrazione	V		0		0		0
	VI		0		0		0
	VII		0	2	0,714	1	0,357
Operatore Tecnico	VI		0		0		0
	VII		0		0		0
	VIII	1	0,331		0		0
Operatore di amministrazione	VII		0		0		0
	VIII		0		0		0
Totale		16	8,141	18	7,878	15	6,848

Per quanto riguarda la programmazione del capitale umano nel triennio 2017-2019, la spesa media prevista dal calcolo provvisorio risultava pari a € 964.080 per il 2017, € 954.720 per il 2018, e € 856.440 per il 2019. La spesa media prevista dal calcolo aggiornato risulta pari a € 1.030.553 per il 2017, € 997.260 per il 2018, e € 866.875 per il 2019.

Sulla base dei risultati concorsuali conseguenti alla programmazione 2017, il costo medio della programmazione del capitale umano nell'anno 2017 risulta essere di € 753.325, pari a 5,951 P.O., dettagliati come segue:

Tabella 23 – P.O. programmazione anno 2017

Profilo	Livello	2017 FP x INRIM		
			Num.	P.O
Dirigente di ricerca	I	1		0
Primo ricercatore	II	0,682	6	1,902
Ricercatore	III	0,438	3	1,314
Dirigente tecnologo	I	0,832		0
Primo Tecnologo	II	0,529		0
Tecnologo	III	0,46		0
Dirigente II fascia		1,179		0
Funzionario di amministrazione	IV	0,472		0
	V	0,434	2	0,868
Collaboratore Tecnico	IV	0,472		0
	V	0,434		0
	VI	0,384	4	1,536
Collaboratore di Amministrazione	V	0,434		0
	VI	0,384		0
	VII	0,357		0
Operatore Tecnico	VI	0,384		0
	VII	0,357		0
	VIII	0,331	1	0,331
Operatore di amministrazione	VII	0,357		0
	VIII	0,331		0
Totale			16	5,951

Il risparmio di spesa medio a regime, pari a € 277.228 ed equivalente a 2,19 P.O., è riconducibile alla ridotta spesa su 5 delle 6 posizioni di Primo Ricercatore, attribuite a personale già a tempo indeterminato e inquadrato nel profilo Ricercatore del livello III.

Inoltre, il risparmio di spesa a regime derivante dalle cessazioni di personale TI nel 2017, calcolato sulla base delle indicazioni pervenute da FP, risulta essere di € 400.905, come di seguito indicato:

Tabella 24 – Cessazioni dal servizio 2017

Profilo	Livello	2017	
		Num.	P.O.
Dirigente di ricerca	I	1	1
Primo ricercatore	II	2	1,364
Ricercatore	III		
Dirigente tecnologo	I		
Primo Tecnologo	II		
Tecnologo	III		
Dirigente II fascia			
Funzionario di amministrazione	IV		
	V		
Collaboratore Tecnico	IV	1	0,472
	V		
	VI		
Collaboratore di Amministrazione	V		
	VI		
	VII		
Operatore Tecnico	VI		
	VII		
	VIII	1	0,331
Operatore di amministrazione	VII		
	VIII		0
Totale		5	3,167

L'indicatore del limite massimo di spesa

L'indicatore del limite massimo di spesa per il personale di cui all'art. 9, comma 2, del Decreto legislativo 218/2016 per l'INRiM è attualmente (consuntivo 2017) inferiore al rapporto massimo previsto dalla norma citata; analoga situazione si prevede per il 2018.

Ai sensi dell'art. 9, comma 4, del Decreto legislativo 218/2016 il calcolo delle spese complessive del personale è dato dalla somma algebrica delle spese di competenza dell'anno di riferimento, comprensive degli oneri a carico dell'Amministrazione, al netto delle spese sostenute per personale con contratto a tempo determinato la cui copertura sia stata assicurata da finanziamenti esterni di soggetti pubblici o privati.

In considerazione di quanto previsto dall'art. 9, comma 2, del Decreto legislativo 218/2016, si espone, qui di seguito, l'indicatore del limite massimo delle 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 risultanti nell'ultimo triennio 2015, 2016 e 2017.

Tabella 25 - Calcolo dell'indicatore

	2015	2016	2017
Totale Entrate	30.376.904	32.651.109	31.754.473
Media entrate nel triennio	31.594.162		
Spese di personale a carico del contributo ordinario ANNO 2017	12.099.918		
Rapporto media entrate nel triennio/spesa di personale al 2017	38,30%		

Le previsioni delle cessazioni dal servizio 2018-2020

Nelle tabelle che seguono, vengono esposte le previsioni delle cessazioni dal servizio.

Tabella 26 - Cessazioni anno 2018 – previsionale

N. Unità	Profilo/Livello	Data cessazione	Motivo cessazione
1	Primo Ricercatore Liv. 2 Fascia 7	01/02/2018	Collocamento a riposo d'ufficio
1	Dirigente Ricerca Liv. 1 Fascia 5	01/03/2018	Dimissioni volontarie
1	Ricercatore Liv. 3 Fascia 7	01/07/2018	Pensione di vecchiaia
1	Primo Ricercatore Liv. 2 Fascia 6	01/08/2018	Pensione di vecchiaia
1	OPAm Liv. 7	01/09/2018	Pensione di vecchiaia
1	CAm Liv. 5	01/10/2018	Collocamento a riposo d'ufficio
1	Ricercatore Liv. 3 Fascia 6	01/12/2018	Collocamento a riposo d'ufficio

Tabella 27 - Cessazioni anno 2019 – previsionale

N. Unità	Profilo/Livello	Data cessazione	Motivo cessazione
1	Primo Ricercatore Liv. 2 Fascia 6	01/06/2019	Raggiunti requisiti contributivi a seguito trattenimento in servizio
1	Primo Ricercatore Liv. 2 Fascia 6	01/08/2019	Dimissioni volontarie o Collocamento a riposo d'ufficio
1	OPTec Liv. 6	01/09/2019	Dimissioni volontarie o Collocamento a riposo d'ufficio

Tabella 28 - Cessazioni anno 2020 – previsionale

N. Unità	Profilo/Livello	Data cessazione	Motivo cessazione
1	Dirigente Ricerca-Liv. 1 Fascia 7	01/03/2020	Raggiunti limiti di età
1	Ricercatore Liv. 3 Fascia 7	01/05/2020	Pensione di vecchiaia a seguito trattenimento in servizio per assenza requisiti contributivi
1	CTER Liv. 4	01/12/2020	Dimissioni volontarie o collocamento a riposo d'ufficio

Le previsioni delle cessazioni dal servizio nel triennio 2018-2020 sono espone in dettaglio nella tabella 2.3 che segue.

Tabella 29 - Cessazioni dal servizio 2018-2020

Profilo	Livello	2018		2019		2020	
		Num.	P.O.	Num.	P.O.	Num.	P.O.
Dirigente di ricerca	I	1	1			1	1
Primo ricercatore	II	2	1,364	2	1,364		
Ricercatore	III	2	0,876			1	0,438
Dirigente tecnologo	I						
Primo Tecnologo	II						
Tecnologo	III						
Dirigente II fascia							
Funzionario di amministrazione	IV						
	V						
Collaboratore Tecnico	IV					1	0,472
	V						
	VI						
Collaboratore di Amministrazione	V	1	0,434				
	VI						
	VII						
Operatore Tecnico	VI			1	0,384		
	VII						
	VIII						
Operatore di amministrazione	VII	1	0,357				
	VIII		0		0		
Totale		7	4,031	3	1,748	3	1,910

I risparmi medi a regime risultano pari a € 510.276 per l'anno 2018, € 221.276 per l'anno 2019 e € 241.783 per l'anno 2020.

Tutte le previsioni di cessazione sono state calcolate sulla base della normativa vigente; in quest'ambito una eventuale nuova definizione delle condizioni da parte del Governo potrebbe modificare i tempi necessari al raggiungimento dei requisiti pensionistici sia in termini di età che di contribuzione.

Si precisa inoltre che, le risorse derivanti dai risparmi per cessazioni potranno subire variazioni a seguito dell'eventuale applicazione di quanto disposto dal comma 11 dell'art. 72 del decreto-legge 25 giugno 2008, n. 112, convertito, con modificazioni dalla legge 6 agosto 2008, n. 133 e s.m.i. così come sostituito dall'art. 5 del decreto-legge 24 giugno 2014, n. 90 convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1, comma 1, della legge 11 agosto 2014, n. 114 in termini di collocamento a riposo d'ufficio.

Superamento del precariato nelle pubbliche amministrazioni

Ai sensi dell'art. 20, comma 1, del Decreto Legislativo 25 maggio 2017, n. 75 l'INRiM, al fine di superare il precariato, ridurre il ricorso ai contratti a termine e valorizzare la professionalità acquisita dal personale con rapporto di lavoro a tempo determinato, può, nel triennio 2018-2020, in coerenza con il piano triennale dei fabbisogni, e con l'indicazione della relativa copertura finanziaria, assumere a tempo indeterminato personale non dirigenziale che possieda tutti i seguenti requisiti:

- risulti in servizio successivamente alla data di entrata in vigore della legge n. 124 del 2015 con contratti a tempo determinato presso l'amministrazione che procede all'assunzione;
- sia stato reclutato a tempo determinato, in relazione alle medesime attività svolte, con procedure concorsuali anche espletate presso amministrazioni pubbliche diverse
- abbia maturato, al 31 dicembre 2017, alle dipendenze dell'INRiM o presso diversi enti e istituzioni di ricerca, almeno tre anni di servizio, anche non continuativi, negli ultimi otto anni.

Risultano in possesso dei suddetti requisiti 11 unità di personale, tra cui 1 Primo Ricercatore, 7 Ricercatori, 1 Tecnologo, 1 C.T.E.R liv. VI; e 1 F.Amm liv. IV.

Ai fini delle assunzioni, ha priorità il personale in servizio alla data di entrata in vigore del decreto legislativo (22/06/2017), cioè 1 Primo Ricercatore, 3 Ricercatori, 1 Tecnologo, 1 CTER, e 1 F.Amm.

L'applicazione del comma 1 dell'art. 20, comma 1, del Decreto Legislativo 25 maggio 2017, n. 75, dal 2019 comporta un costo medio a regime di € 641.043, dettagliato come segue:

Profilo	Livello	Punto	Unità	Valore in	Costo a
		Organico	Comma 1	P.O.	regime
Primo ricercatore	II	0,682	1	0,682	€ 86.333
Ricercatore	III	0,438	7	3,066	€ 388.119
Tecnologo	III	0,460	1	0,460	€ 58.230
Funzionario di amministrazione	IV	0,472	1	0,472	€ 59.750
	V	0,434			
Collaboratore Tecnico	IV	0,472			
	V	0,434			
	VI	0,384	1	0,384	€ 48.610
Totale			11	5,064	€ 641.042

Finanziamento	MIUR	€ 457.653
Finanziamento	INRIM	€ 228.827
Finanziamento	TOT	€ 686.480

Nello stesso triennio 2018-2020, ai sensi del comma 2, l'INRiM può bandire, in coerenza con il piano triennale dei fabbisogni, e ferma restando la garanzia dell'adeguato accesso dall'esterno, previa indicazione della relativa copertura finanziaria, procedure concorsuali riservate, in misura non superiore al cinquanta per cento dei posti disponibili, al personale non dirigenziale che possieda tutti i seguenti requisiti:

- risulti titolare, successivamente alla data di entrata in vigore della legge n. 124 del 2015, di un contratto di lavoro flessibile presso l'amministrazione che bandisce il concorso;
- abbia maturato, alla data del 31 dicembre 2017, almeno tre anni di contratto, anche non continuativi, negli ultimi otto anni, presso l'INRiM o presso diversi enti e istituzioni di ricerca.

I rapporti di lavoro flessibile già in corso con i soggetti coinvolti nelle procedure di cui ai commi 1 e 2 potranno essere prorogati ai sensi del comma 8.

L'INRiM si riserva di elevare gli ordinari limiti finanziari per le assunzioni a tempo indeterminato nei limiti e alle condizioni di cui al comma 3.

Al personale già censito nella categoria precedente, e limitatamente alle informazioni attualmente disponibili, si aggiungono 16 assegni di Ricerca e 1 unità attualmente a tempo determinato, per un totale di 28 unità di personale.

Nel dettaglio:

UNITA' DI PERSONALE ART. 20, COMMA 1	UNITA' DI PERSONALE ART. 20, COMMA 1 LETT. A e C SOLO PER CHIAMATA DIRETTA	UNITA' DI PERSONALE ART. 20, COMMA 2
11	0	28

Si evidenzia che è stata portata a termine l'indagine per il periodo eventualmente maturato presso diversi Enti di Ricerca di cui all'art. 20, comma 11 e pertanto i numeri indicati possono considerarsi definitivi.

La Presidenza del Consiglio dei Ministri, con decreto del 11/04/2018, ha assegnato a INRIM il fondo previsto ai sensi dell'art. 1, comma 668 della legge 205/2017 per un totale di € 104.377 per il 2018 e di € 457.653 a decorrere dal 2019. In quanto beneficiario del finanziamento, l'INRIM deve destinare alle assunzioni di cui al comma 668 risorse proprie aventi carattere di certezza e stabilità in misura pari ad almeno il 50% dei finanziamenti ricevuti, e quindi pari ad almeno € 52.189 per il 2018 e di € 228.827 a decorrere dal 2019.

Reclutamento per concorso speciale

Il decreto ministeriale n. 163/2018, emanato ai sensi del comma 633 dell'art.1 legge 27 dicembre 2017, n. 205 (legge di bilancio 2018) autorizza INRIM a utilizzare, anche in cofinanziamento, le risorse assegnate per l'assunzione a tempo indeterminato di ricercatori e tecnologi, nei tre livelli di profilo, dando priorità all'ingresso di giovani di elevato livello scientifico e tecnologico che non facciano già parte dei ruoli di ricercatore e tecnologo a tempo indeterminato degli Enti di ricerca, fatta salva la possibilità per i titolari di contratto a tempo determinato di accedere alle procedure di selezione. Per giovani si intende soggetti che abbiano conseguito un PhD da non più di 5 anni o che abbiano maturato esperienza e competenza tecnologica equivalente e documentata da non più di otto anni, dal diploma di laurea o laurea specialistica. Al fine di favorire la competitività del sistema della ricerca italiana a livello internazionale, i criteri di merito per la selezione dei candidati previsti nei bandi sono determinati valorizzando prioritariamente la qualità della produzione scientifica, l'aver ottenuto particolari riconoscimenti nazionali o internazionali, l'aver diretto, coordinato o partecipato con ruolo di responsabilità a progetti e programmi di ricerca e industriali competitivi, nazionali o internazionali, l'aver maturato almeno tre anni di esperienza, a qualsiasi titolo, in centri di ricerca, enti, organismi e istituzioni, nazionali o internazionali, pubblici o privati.

In particolare, INRIM è stato autorizzato a bandire 6 posizioni a tempo indeterminato di ricercatori e tecnologi, nei tre livelli di profilo, con un'assegnazione complessiva per 12 mensilità di € 267.368. Tale assegnazione non copre i costi a regime, pari a € 344.193. Nel dettaglio:

Profilo	Livello				
Ricercatore	III	0,438	5	2,19	€ 277.228
Primo Tecnologo	II	0,529	1	0,529	€ 66.965
Totale			6	2,719	€ 344.193
Finanziamento	MIUR				€ 267.368
Finanziamento	INRIM				€ 76.825

Nella programmazione 2018, INRIM deve pertanto destinare a queste assunzioni un finanziamento aggiuntivo di € 76.825, pari 0,607 P.O.

I criteri della programmazione

I criteri della programmazione 2018-2020 e, in particolare, quelli relativi alle assunzioni 2018, tengono conto della volontà del Consiglio di Amministrazione di tenersi significativamente al di sotto del limite massimo prescritto in modo da non precludere operazioni di assunzione nei prossimi anni e di garantire la sostenibilità complessiva e l'equilibrio del bilancio anche in presenza di eventuali riduzioni di entrate.

Va precisato altresì che, stando alle norme vigenti, il *turn over* di tutte le categorie di personale può essere completo, beninteso nei limiti del rapporto finanziario sopracitato. Allo stesso modo, non vi sono più vincoli rispetto alle varie categorie di personale. Compete all'Organo di indirizzo (il Consiglio di Amministrazione) la definizione libera del fabbisogno, nel rispetto dell'unico vincolo posto dal D.Lgs. 218/2016 e dall'esigenza di assicurare la sostenibilità della spesa di personale e gli equilibri di bilancio (art.9, comma 1, del più volte citato D.Lgs. 218/2016).

L'Istituto indica preliminarmente i criteri cui il Consiglio di Amministrazione intende attenersi:

- Adeguato presidio dei progetti strategici per l'Istituto;
- Potenziamento delle capacità e competitività scientifiche e tecniche attraverso un equilibrato ricorso al reclutamento esterno e all'offerta di opportunità di crescita per lo staff.
- Superamento delle carenze di personale tecnico e amministrativo assicurando l'ingresso stabile di nuove professionalità indispensabili al buon funzionamento dell'Istituto.
- Equilibrio tra il ringiovanimento del personale e la legittima aspettativa di opportunità di carriera per chi abbia conseguito risultati scientifici e tecnologici di pregio;
- Valorizzazione delle professionalità del personale tecnico e amministrativo mediante attivazione delle procedure di cui all'art. 54 CCNL 98/01 per la progressione di livello nei profili, compatibilmente con le risorse del fondo per il trattamento accessorio;
- Valorizzazione delle professionalità del personale ricercatore e tecnologo mediante attivazione delle procedure di cui all'art. 15 CCNL 2002-2005 per la progressione di livello nei profili.

Il Consiglio di Amministrazione esprime quale linea di indirizzo di procedere mediante assunzioni da graduatorie ovvero mediante concorsi, a seconda che esistano o meno graduatorie valide e coerenti con le specifiche esigenze di profili professionali. L'assunzione da graduatorie concorsuali può favorire la riduzione di personale a tempo determinato.

In base ai suddetti criteri l'Istituto intende procedere all'assunzione di personale come esplicitato nelle seguenti tabelle:

Tabella 30 – Programmazione del capitale umano nel triennio 2018-2020- Anno 2018

Profilo	Livello	2018 OLD		2018	
		Num.	P.O	Num.	P.O
Dirigente di ricerca	I				
Primo ricercatore	II	2	1,364		
Utilizzo graduatorie esistenti				3 (*)	0,732
Comma 1				1	0,682
Ricercatore	III	6	2,628	2	0,876
Concorso speciale				5	2,190
Comma 1				6	2,628
Comma 2				2	0,876
Dirigente tecnologo	I				
Primo Tecnologo	II				
Concorso speciale				1	0,529
Utilizzo graduatorie esistenti				1 (*)	0,069
Tecnologo	III			1	0,460
Utilizzo graduatorie esistenti				1 (*)	0,026
Comma 1				1	0,460
Dirigente II fascia				1	1,179
Funzionario di amministrazione	IV				
Comma 1				1	0,472
Funzionario di amministrazione	V	2	0,868	5	2,170
Collaboratore Tecnico	IV				
Collaboratore Tecnico	V				
Collaboratore Tecnico	VI	6	2,304	13	4,992
Comma 1				1	0,384
Collaboratore di Amministrazione	V				
Collaboratore di Amministrazione	VI			1	0,384
Collaboratore di Amministrazione	VII	2	0,714	5	1,785
Operatore Tecnico	VI				
Operatore Tecnico	VII				
Operatore Tecnico	VIII				
Operatore di amministrazione	VII				
Operatore di amministrazione	VIII				
Totale		18	7,878	51	20,894

(*) utilizzo di graduatorie in corso di validità – personale già assunto a TI nel livello immediatamente inferiore dei profili di ricercatore e tecnologo. Pertanto viene conteggiato il solo delta tra i punti organico dei due profili. A titolo di esempio:
 valore punto organico del Primo ricercatore del livello II 68,20
 valore del punto organico del Ricercatore del livello III 43,80
 delta conteggiato 24,40 cioè (68,20-43,20).

Tabella 31 – Programmazione del capitale umano nel triennio 2018-2020- Anno 2019

Profilo	Livello	2019 OLD		2019	
		Num.	P.O	Num.	P.O
Dirigente di ricerca	I		0		
Art. 15 CCNL 2002-2005					
Primo ricercatore	II	2	1,364		
Art. 15 CCNL 2002-2005				1	0,244
Ricercatore	III	6	2,628	2	0,876
Comma 1				1	0,438
Comma 2				2	0,876
Dirigente tecnologo	I				
Art. 15 CCNL 2002-2005					
Primo Tecnologo	II	1 (*)	0,069		
Art. 15 CCNL 2002-2005				1	0,069
Tecnologo	III			2	0,920
Dirigente II fascia					
Funzionario di amministrazione	IV				
Funzionario di amministrazione	V	1	0,434		
Collaboratore Tecnico	IV				
Collaboratore Tecnico	V				
Collaboratore Tecnico	VI	4	1,536		
Collaboratore di Amministrazione	V				
Collaboratore di Amministrazione	VI				
Collaboratore di Amministrazione	VII	1	0,357		
Operatore Tecnico	VI				
Operatore Tecnico	VII				
Operatore Tecnico	VIII				
Operatore di amministrazione	VII				
Operatore di amministrazione	VIII				
Totale		15	6,388	9	3,423

(*) utilizzo di graduatorie in corso di validità – personale già assunto a TI nel livello immediatamente inferiore dei profili di ricercatore e tecnologo. Pertanto viene conteggiato il solo delta tra i punti organico dei due profili. A titolo di esempio:
 valore punto organico del Primo ricercatore del livello II 68,20
 valore del punto organico del Ricercatore del livello III 43,80
 delta conteggiato 24,40 cioè (68,20-43,20).

Tabella 32 – Programmazione del capitale umano nel triennio 2018-2020- Anno 2020

Profilo	Livello	2020	
		Num.	P.O
Dirigente di ricerca	I		
Art. 15 CCNL 2002-2005		1	0,318
Primo ricercatore	II		
Ricercatore	III	4	1,752
Comma 2		2	0,876
Dirigente tecnologo	I		
Primo Tecnologo	II		
Tecnologo	III		
Dirigente II fascia			
Funzionario di amministrazione	IV		
Funzionario di amministrazione	V		
Collaboratore Tecnico	IV		
Collaboratore Tecnico	V		
Collaboratore Tecnico	VI	3	1,152
Collaboratore di Amministrazione	V		
Collaboratore di Amministrazione	VI		
Collaboratore di Amministrazione	VII	1	0,357
Operatore Tecnico	VI		
Operatore Tecnico	VII		
Operatore Tecnico	VIII		
Operatore di amministrazione	VII		
Operatore di amministrazione	VIII		
Totale		11	4,455

Il valore delle programmazione risulta pari a € 2.644.930 per il 2018, € 433.311 per il 2019, e € 563.950 per il 2020.

Tenendo conto delle cessazioni previste nel triennio e delle assunzioni già altrimenti autorizzate e non ricomprese nella attuale programmazione, e ipotizzando un valore costante della media delle entrate, a fine triennio l'indicatore INRIM passerebbe dal 38,3% al 52,24%.

Le modalità di reclutamento per gli anni 2019 e 2020, tenuto conto di quanto specificato nei criteri e in altri passaggi del presente Piano di Fabbisogno, verranno meglio esplicitate in sede di programmazione per il triennio 2019-2021.

L'INRIM intende inoltre procedere all'attivazione delle procedure di progressione di livello nei profili tecnici e amministrativi di cui all'art. 54 CCNL 98/01. Il numero delle posizioni attivabili di anno in anno è subordinato alle risorse disponibili da individuare, a decorrere dall'anno 2018, secondo i criteri di cui all'art. 90 del CCNL 2016-2018.

Per l'anno 2018, tali risorse vengono provvisoriamente individuate in € 67.479 a cui aggiungere € 22.943 per oneri riflessi; tale determinazione, effettuata tenendo conto del costo effettivo e non in base al costo

standard, sarà oggetto di ulteriori approfondimenti considerato che l'INRIM è nato il 01/01/2006 e il suddetto art. 90 del CCNL fa riferimento a parametri di calcolo riferiti ad anni precedenti la sua costituzione.

Per quanto riguarda il personale a tempo determinato, come già precedentemente esposto, al 31 dicembre 2017 si registra la presenza di 19 posizioni a tempo determinato (2 Primi Ricercatori di secondo livello, 6 ricercatori di terzo livello, 3 tecnologi di terzo livello, 1 collaboratore tecnico enti di ricerca di sesto livello, 5 funzionari di amministrazione di quarto livello, e 2 collaboratori di amministrazione di settimo livello) che costituiscono elemento essenziale per la crescita e il potenziamento dell'Ente.

Per quanto riguarda il personale a tempo determinato, la previsione di un potenziamento del finanziamento da fondi europei porta a ipotizzare un aumento a 12 Ricercatori e 6 CTER a tempo determinato.

Assunzioni obbligatorie

L'INRIM sta procedendo al reclutamento obbligatorio riservato ai soggetti disabili di cui all'art.1 della L. n. 68/1999, iscritti negli elenchi di cui all'art. 8 della medesima legge, per n. 10 unità. Tali procedure, già attivate in anni precedenti in riferimento anche alla convenzione tra l'INRIM e la Provincia di Torino – Servizio Programmazione Politiche per il Lavoro – Inserimento Lavorativo Disabili, si erano concluse senza esito.

La spesa prevista per le suddette 10 posizioni, 5 Collaboratori Tecnici E.R. liv. 6, 1 Operatore Tecnico E.R. Liv. 8, 2 Collaboratori di Amministrazione Liv. 7, 1 Operatore di Amministrazione Liv. 8, 1 Tecnologo Liv. 3, è quantificata, a regime, in € 475.465.

7) Le risorse finanziarie

Le risorse finanziarie sono costituite tenendo conto delle seguenti indicazioni:

- per il 2018 le entrate di riferimento quelle indicate nel bilancio di previsione approvato dal Consiglio di Amministrazione in data 19 dicembre 2017;
- l'entità del fondo ordinario statale è prevista in diminuzione per il 2017 e costante per il 2018;
- la prudenziale stima delle entrate per il 2017 per i contratti comunitari e per attività commerciali.

Ciò premesso, le disponibilità sono di seguito riportate (importi in migliaia di euro al netto delle partite di giro).

Tabella 33 – Disponibilità

Disponibilità	Esercizio 2018	Esercizio 2019	Esercizio 2020
Contributo ordinario del MIUR	20.321.000	20.321.000	20.321.000
Contributi MIUR per progetti di ricerca e attività di ricerca a valenza internazionale	1.250.000	1.250.000	1.250.000
Contributi per la ricerca con finanziamenti competitivi	2.290.000	2.290.000	2.290.000
Entrate per ricerca commissionata	996.000	996.000	996.000
Entrate per prestazioni di servizi	2.253.000	2.253.000	2.253.000
Altre entrate	4.536.432	4.536.432	4.536.432
TOTALE	31.646.432	31.646.432	31.646.432

Non considerando i contributi erogati dal MIUR (sia a titolo di FOE che di progetti premiali) l'autofinanziamento medio del triennio è previsto nel 32% circa delle disponibilità totali).

La previsione delle spese è riportata nella tabella seguente.

Tabella 34 – Spese

Spese	Esercizio 2018	Esercizio 2019	Esercizio 2020
Spese per il personale dipendente (TI e TD)	18.188.236	18.188.236	18.188.236
Spese di funzionamento (dirette e indirette)	11.937.328	11.937.328	11.937.328
Acquisto strumentazione e altre immobilizzazioni materiali e manutenzione straordinaria	7.431.151	7.431.151	7.431.151
Oneri tributari	1.234.618	1.234.618	1.234.618
Trasferimenti allo Stato dovuti per legge ed altri oneri	286.250	286.250	286.250
TOTALE	39.077.583	39.077.583	39.077.583

Le spese di personale sono comprensive degli oneri, dei benefici assistenziali e sociali, dell'IRAP per il personale dipendente e delle quote di indennità di anzianità al personale cessato al servizio.

Gli oneri tributari comprendono spese per imposte e tasse e IRAP per personale esterno (borse di addestramento alla ricerca) e altri collaboratori o esterni a vario titolo.