



***PIANO TRIENNALE DI ATTIVITA' 2018-2020***

***PARTE I: Executive Summary***

*Approvato dal CdA il 9 ottobre 2018*

## INDICE

<b>Premessa</b> .....	<b>3</b>
<b>1) Stato di attuazione delle attività relative al 2017</b> .....	<b>4</b>
1.1 - Organizzazione e gestione scientifica .....	4
1.2 - Attività e risultati di maggior rilievo conseguiti nel 2017 .....	6
1.3 - Risultati 2017 e confronto con anni precedenti .....	13
<b>2) Obiettivi generali e strategici da conseguire nel triennio</b> .....	<b>17</b>
<b>3) Quadro delle collaborazioni internazionali ed eventuali interazioni con le altre componenti della rete di ricerca e delle partecipazioni</b> .....	<b>28</b>
<b>4) Infrastrutture di ricerca Internazionali</b> .....	<b>29</b>
<b>5) Attività di terza missione</b> .....	<b>30</b>
<b>6) Capitale umano</b> .....	<b>31</b>
<b>7) Le risorse finanziarie</b> .....	<b>39</b>

## TABELLE

<b>Tabella 1 - INRIM CMC</b> .....	<b>6</b>
<b>Tabella 2 – Progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2017</b> .....	<b>10</b>
<b>Tabella 3 – Progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2017</b> .....	<b>11</b>
<b>Tabella 4 – Pubblicazioni nel periodo 2015-2017</b> .....	<b>14</b>
<b>Tabella 5 – Distribuzione delle pubblicazioni 2017</b> .....	<b>14</b>
<b>Tabella 6 – Knowledge transfer - altri prodotti di valorizzazione applicativa</b> .....	<b>15</b>
<b>Tabella 7 – Knowledge transfer - formazione</b> .....	<b>15</b>
<b>Tabella 8 – Personale TI (al 31/12/2017)</b> .....	<b>16</b>
<b>Tabella 9 – Altro personale</b> .....	<b>16</b>
<b>Tabella 10 – Personale in servizio al 31/12/2017</b> .....	<b>32</b>
<b>Tabella 11 – Calcolo dell'indicatore</b> .....	<b>33</b>
<b>Tabella 12 – Programmazione del capitale umano nel triennio 2018-2020- Anno 2018</b> .....	<b>35</b>
<b>Tabella 13 – Programmazione del capitale umano nel triennio 2018-2020- Anno 2019</b> .....	<b>36</b>
<b>Tabella 14 – Programmazione del capitale umano nel triennio 2018-2020- Anno 2020</b> .....	<b>37</b>
<b>Tabella 15 – Disponibilità</b> .....	<b>39</b>
<b>Tabella 16 – Spese</b> .....	<b>39</b>

## 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 struttura 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 istitutivo<sup>1</sup> 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. Il Consiglio di Direzione ha tenuto la sua prima riunione il 15 dicembre 2017.

### **INRIM - Organizzazione e infrastrutture**

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 m<sup>2</sup>. Nel corso del 2014 la superficie coperta di m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> 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.

### **1.1 - 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.*

---

<sup>1</sup> D.Lgs. n.38/2004

## **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

La maggior 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<sup>2</sup>)* 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>		<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
AUV	Acoustics, Ultrasounds and Vibrations	42	42	42	42	42
EM	Electricity and magnetism	108 <sup>3</sup>	108	119	119	119
L	Length	42	43	43	42	43
M	Mass	108	98	69 <sup>5</sup>	68	61
PR	Photometry and Radiometry	23	23	23	23	23
QM	Amount of substance	10	12	12	10 <sup>6</sup>	9
T	Thermometry	62 <sup>4</sup>	62	76	97	97
TF	Time and Frequency	14	14	14	14	12
<b>Totals</b>		<b>409</b>	<b>402</b>	<b>398</b>	<b>415</b>	<b>406</b>

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<sup>5</sup>** del Trattato europeo di Lisbona)

<sup>2</sup>Il 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.

<sup>3</sup> N. 3 CMC ritirate e numerosi accorpamenti di CMCs effettuati nell'Area Metrologica "*Electricity and Magnetism*"

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

<sup>5</sup> N. 29 CMC ritirate nell'Area Metrologica *Mass* relative alla Viscosità

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

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.

### **Consorzi e Convenzioni con Ministeri, Regioni, Università e altri enti**

Sono attive numerose associazioni con organismi internazionali, tra i quali il 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; e **UNI** - Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

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 associazioni con organismi nazionali, quali 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

---

<sup>5</sup>"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."

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 TiO<sub>2</sub> 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 2 – 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
<b>Totale</b>	<b>12</b>	<b>2.155</b>	<b>36</b>	<b>7.250</b>	<b>48</b>	<b>9.405</b>

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

**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€)
Nazionali (inclusi MIUR e fondazioni)	12	2.329	10	4.028	22	6.357
Industriali	6	2.630	7	575	13	3.205
<b>Totale</b>	<b>18</b>	<b>4.959</b>	<b>17</b>	<b>4.603</b>	<b>35</b>	<b>9.562</b>

### 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, e 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).

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.

Con il Decreto n. 462 del 13 settembre 2017 il MIUR ha predisposto il finanziamento Premiale complessivo di k€ 2.919,575, assegnando all'INRIM 2.072,872 k€ sulla base dei risultati della Valutazione della Qualità della Ricerca 2004-2010, e 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

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

### 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.

### **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

### **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 dal 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 sono 8,22 M€ a cui si aggiungono 0,61 M€ già previsti per l'anno 2018 sono indicati nella tabella seguente.

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](http://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.

### **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 4 – 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: <b>IF medio<sup>1</sup> = 4.1</b> )	158	134	19	5	143	131	11	1	<b>157</b>	<b>127</b>	<b>23</b>	<b>7</b>
Altri articoli su riviste e capitoli di libro	19	9	3	7	17	13	2	2	<b>21</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>11</b>
Articoli su atti di congresso	90	52	34	4	108	101	6	1	<b>36</b>	<b>23</b>	<b>9</b>	<b>4</b>
Rapporti tecnici	107	71	32	4	40	18	17	5	<b>29</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
<b>Totali</b>	<b>375</b>	266	89	20	<b>310</b>	263	38	9	<b>243</b>	<b>168</b>	<b>44</b>	<b>31</b>

<sup>1</sup> IF medio 2016: 3.06; IF medio 2015: 2.7

La successiva Tab. 5 riporta i dettagli di ripartizione delle pubblicazioni 2017.

**Tabella 5 – 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	<b>127</b>	<b>23</b>	<b>7</b>
Altri articoli e capitoli di libro	2	1	5	3	-	-	1	1	3	1	1	3	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>11</b>
Articoli su atti di congresso	3	1	2	7	-	-	7	4	-	6	4	2	<b>23</b>	<b>9</b>	<b>4</b>
Rapporti tecnici	1	1	3	5	2	-	4	1	1	1	5	5	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
<b>Totali</b>	<b>31</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>57</b>	<b>7</b>	-	<b>68</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>168</b>	<b>44</b>	<b>31</b>

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

**Tabella 6 – 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 <sup>6</sup> 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 <sup>7</sup>		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 7 – Knowledge transfer - formazione**

Descrizione	2015	2016	2017
	<i>KT</i>	<i>KT</i>	<i>KT</i>
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".

<sup>6</sup> 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".

<sup>7</sup>. 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 8 – Personale TI (al 31/12/2017)**

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

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

**Tabella 9 – 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
<b>Totale</b>			



## 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 Primario 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.

### **Realizzazione, 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.

#### **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.

## 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  $\mu$ 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 (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.

## 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.

## Metrologia per la chimica e la biologia

E' prevista la partecipazione a confronti internazionali organizzati da CCQM ed Euramet, in particolare: (i) confronto chiave CCQM, di cui INRIM sarà capofila, per la misura del numero di cellule e dell'area occupata da cellule in coltura su substrati solidi, (ii) CCQM P184, per la determinazione della concentrazione del numero di copie di DNA mutato (biomarker tumorale) in una miscela di DNA mutato e sano; (iii) CCQM-K131 sulla determinazione di microinquinanti organici in soluzione. Verranno messi in atto, in ambito VAMAS, ISO e CEN, politiche per lo sfruttamento delle nanoparticelle di TiO<sub>2</sub> e procedure operative standard (SOP) prodotte nel progetto SETNanoMetro.

## 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).

## **Excellent science - Metrologia Fisica**

Sviluppa conoscenze, tecnologie e metodi per la metrologia scientifica fondamentale.

### **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/ottica 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.

**Realizzazione del kilogrammo** –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  $^{30}\text{Si}$ . 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** –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.

### **Metrologia di tempo e frequenza**

**Campioni atomici di frequenza** Dopo aver completata la caratterizzazione del primo campione ottico all'ittrio, ed averne compiuta la misura assoluta di frequenza rispetto alla fontana di cesio, è iniziata la realizzazione di un secondo campione all'ittrio 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'ittrio 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.

**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.

**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.

**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 rivolti alle cosiddette "Societal Challenges", con particolare riferimento allo sviluppo della scienza metrologica in relazione alle applicazioni scientifiche, industriali e sociali nei campi della salute, dell'uso razionale dell'energia, dell'ambiente e dell'alimentazione.

### **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.

**Applicazioni degli ultrasuoni in biomedicina** - 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.

**Metrologia in biologia per la medicina di laboratorio** - La ricerca sarà 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**, i 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.

**Metodi matematici per le applicazioni nell'ambito dell'ingegneria biomedica** - Sul tema **sicurezza dei sistemi MR** (Magnetic Resonance), l'attenzione si concentrerà sui pazienti portatori di impianti metallici. 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).

**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**

Il contributo dell'INRIM 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. I contesti specifici sono la misura di inquinanti atmosferici e contaminanti e gli studi sulla meteorologia e il clima.

**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. 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). Si studieranno inoltre sistemi per la misura riferibile a bordo veicolo della potenza assorbita dalle batterie in regime continuo, in presenza di *ripple* con spettro sino a 150 kHz, e sistemi per la misura dell'efficienza dell'intero processo di ricarica *contactless*.

**Proprietà termofisiche dei combustibili** - un tema di ricerca riguarderà la misura delle proprietà dei gas naturale liquefatti (LNG) e dei biogas liquefatti (LBG). 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 a temperature criogeniche (fra 105 e 135) 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.

**Proprietà termofisiche dell'acqua pura** - Si svilupperanno nuovi metodi di misura della velocità del suono in stati stabili e metastabili dell'acqua pura sotto-raffreddata, nell'intervallo di temperatura compreso fra -30 e 0 °C e per pressioni da 100 MPa. Lo scopo ultimo è quello di rispondere alle nuove richieste, in ambito scientifico e industriale, di estensione della validità dell'equazione di stato (IAPWS-95) anche in condizioni termodinamiche estreme.

**Riferibilità e misura di inquinanti atmosferici e contaminanti**, si svilupperanno campioni primari di gas serra e loro precursori (CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>) mediante due metodi primari complementari in grado di garantire i valori di incertezza obiettivo richiesti dal WMO (1 ppm per CO<sub>2</sub>), con particolare riguardo alla composizione della matrice e alla identificazione e quantificazione delle impurezze. In relazione ai campioni di CO<sub>2</sub>, verranno inoltre condotti studi sulle abbondanze isotopiche <sup>13</sup>CO<sub>2</sub>/<sup>12</sup>CO<sub>2</sub>. 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/m<sup>3</sup> previsto dalla normativa Europea (Direttiva CE 2004/107/CE - D. Lgs. 155/2010). Nell'ambito della **valutazione di conformità per sistemi multicomponente**, si svilupperanno nuovi approcci statistici per la valutazione delle probabilità di falsi positivi e falsi negativi nelle misure in chimica. Infine, si studieranno metodologie idonee per la gestione dei confronti interlaboratorio per laboratori di taratura e prova nell'ambito delle emissioni.

**In relazione alla metrologia per la meteorologia e la climatologia**, si valuteranno le 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. 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 tra radiosonde tipo RS92 a RS41 quali standard di misura per il GCOS GRUAN, mediante caratterizzazione in tunnel a vento "EDDIE".

## Metrologia Alimentare

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". INRiM è inoltre partner della Joint Research Unit (JRU) del progetto ESFRI Metrofood ([www.metrofood.eu/](http://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.

**Contaminanti e biosicurezza** - 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. Per un controllo dell'utilizzo di fitofarmaci in campo ortofrutticolo, si svilupperanno metodiche analitiche innovative atte a individuare tracce di pesticidi nelle matrici alimentari integre. In ambito zooprofilattico, verrà 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. 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. Infine, sul tema biosicurezza, si valuterà qualitativamente e quantitativamente 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. Per quanto riguarda invece gli imballaggi per alimenti, si svilupperanno sistemi di misura per la caratterizzazione della superficie dei materiali per l'imballaggio alimentare a diretto contatto con gli alimenti stessi, e metodi di analisi per la quantificazione della migrazione di agenti attivi (nanoparticelle o molecole naturali) dal materiale di imballaggio alimentare al cibo.

**Sistema di misura primario per la conducibilità elettrolitica per il controllo dell'acqua e delle bevande**. 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. Tuttavia, i valori di conducibilità possono essere considerati affidabili solo se sono riferibili al Sistema Internazionale delle unità (SI).

**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 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.

## **Metrologia della temperatura**

**Nuova definizione del kelvin e della sua mise-en-pratique (MeP-K)** - l'INRIM intende sviluppare 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.

Le principali attività di ricerca in **termometria primaria** 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;
- La realizzazione di 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  $\alpha$ - $\beta$  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). T

Proseguirà lo sviluppo di **applicazioni scientifiche e tecnologiche di Metrologia Termica** anche attraverso la realizzazione di Gas-Controlled Heat Pipes, inclusa la realizzazione di dispositivi per la taratura accurata di termometri campione e termocoppie, e la misura in cavità a microonde della polarizzabilità e del momento di dipolo del vapor d'acqua (costanti di Debye)

## **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. 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 proposta ridefinizione del Sistema Internazionale di unità, come da documento CCEM WGS1 17-08:

**Conteggio delle cariche elettroniche per la ridefinizione dell'ampere** - Si implementeranno modelli, supportati dalla realizzazione e caratterizzazione di dispositivi a singolo elettrone turnstile a gate magnetico (SQUISSET), 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 i campioni nazionali.

**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**

**NanoSQUID** - Verranno studiati e realizzati nanoSQUID con risoluzione fondamentale, sia per le unità elettriche e fotometriche precedentemente citate che per applicazioni per applicazioni spaziali, mediche e di fisica fondamentale.

**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.

## **Materiali magnetici**

**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).

**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 dealligazione 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).

**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**

**"Mise en pratique" della candela** - Le linee di sviluppo saranno: a) Predictable Quantum Efficient Photodiodes (PQED), fotorivelatori predicibili basati sull'effetto fotoelettrico nel silicio con elevata efficienza e bassa incertezza. La ricerca proseguirà con la caratterizzazione di questi rivelatori con fasci divergenti (per la misura di potenza ottica in fibra oppure all'uscita da un monocromatore), l'estensione dinamica a potenze ottiche più elevate fabbricando nuovi fotorivelatori con giunzioni indotte che possano funzionare sia in normale regime fotoelettrico sia in regime bolometrico; b) Sorgenti di singoli fotoni in nano-diamanti per la radiometria singolo fotone. La ricerca riguarderà il miglioramento di sorgenti campione predicibili (on-demand) di singoli fotoni ad un rate e ad una lunghezza d'onda di emissione specifici. In particolare ci si pone l'obiettivo di aumentare significativamente il rate di emissione dei fotoni e ridurre la larghezza dell'emissione studiando nuovi centri attivi in diamante bulk. Tali sorgenti verranno applicate alla caratterizzazione della risposta retinica con tecniche di correlazione quantistica, sviluppando di tecniche non invasive per il miglioramento delle conoscenze della risposta dell'occhio in vista di future applicazioni fotometriche.

Per quanto riguarda i Materiali di riferimento per la surface analysis: saranno realizzati sistemi di riferimento per lo sviluppo della tecnica imaging 3D APT (Atom Probe Tomography), con lo sviluppo e la validazione di un nuovo metodo di fabbricazione di punte per APT con materiali eterogenei (inorganici e polimerici)

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

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.

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.

### **Metrologia elettromagnetica**

Sono in corso di studio e di realizzazione reti di resistenze per il trasferimento della riferibilità nel campo da 100 G $\Omega$  a 10 T $\Omega$ . 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.

### **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 essiccazione 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.

### **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).

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.

#### **Supporto all'industria e confronti interlaboratorio**

Impegno strategico dell'istituto è il mantenimento dei servizi di taratura e certificazione, con 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.

### **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 internazionali con **CIPM, BIPM, EURAMET** (8 nuovi progetti EMPIR avviati nel 2017) ed **ESA** (costruzione, a partire dal 2017, della facility Galileo Time Service Provider); a livello nazionale il triennio vedrà la continuazione delle collaborazioni con **ACCREDIA, CEI e UNI**.

Oltre ai consorzi già attivi, l'INRIM nel 2017 ha aderito all' **APRE (Agenzia per la Promozione della Ricerca Europea)** in qualità di socio ordinario; l'Agenzia è un'Associazione di Ricerca non profit che, in stretto collegamento con il Ministero Istruzione, Università e Ricerca (MIUR), fornisce ai propri associati come pure a imprese, enti pubblici, privati e persone fisiche, informazioni, supporto ed assistenza per la partecipazione ai programmi e alle iniziative di collaborazione nazionale ed europee (oggi, con particolare riferimento ad Horizon 2020) nel campo della Ricerca, Sviluppo Tecnologico e Innovazione (RSTI) e del trasferimento dei risultati delle ricerche.

Nel 2018 saranno stipulate sette nuove collaborazioni per il triennio:

- 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 nanolavorazioni 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.

#### 4) Infrastrutture di ricerca Internazionali

Le infrastrutture di ricerca che l'INRIM intende potenziare sono:

- **EURAMET**, rete europea per la promozione della collaborazione per la ricerca e lo sviluppo tecnologico nel campo della metrologia;
- **Galileo Timing Research Infrastructure**, nell'ambito del comune sforzo europeo per la costruzione di un sistema di navigazione satellitare;
- **LIFT - link italiano tempo e frequenza**, per la distribuzione innovativa di segnali di tempo campione usando fibre ottiche commerciali, portando i segnali campioni dell'INRIM nei principali centri (scientifici, industriali, finanziari) italiani senza degrado delle prestazioni;
- **MET-ITALIA Network nazionale delle misure**, Network nazionale delle misure che promuove la valorizzazione delle competenze, dei laboratori e delle infrastrutture nazionali nell'ambito della scienza delle misure, creando complementarità e integrazione;
- **Nanofacility Piemonte**, laboratorio di nanofabbricazione mediante microscopia elettronica e ionica, attivo dal 2010 grazie ad un contributo della Compagnia di San Paolo.

Le infrastrutture di ricerca che l'INRIM intende creare sono:

- **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 e crei una robusta filiera produttiva, per affermarsi come eccellenza nei prossimi 10 anni.
- **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.

## 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.

### **Formazione continua e permanente**

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.

### **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.

### **Attività di Public Engagement**

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

- la partecipazione a comitati per la definizione di standard e norme tecniche;
- le iniziative di orientamento e interazione con le scuole di ogni ordine e grado + cittadinanza;
- l'organizzazione di eventi pubblici;
- i cicli di conferenze, le interviste e i servizi radio-televisivi, le pubblicazioni divulgative, la rassegna stampa attraverso siti divulgativi;
- i siti web divulgativi.

### **Produzione e gestione di beni culturali**

L'INRIM intende valorizzare il proprio patrimonio di collezioni scientifiche, in particolare la loro fruizione da parte della comunità. Tra le attività proposte spicca la riqualificazione della sede storica dell'Istituto, con una collezione di strumenti scientifici legata alla storia della metrologia industriale.

### **Brevetti**

L'INRIM persegue la tutela e la valorizzazione dei risultati della ricerca, promuovendo il deposito e l'utilizzo dei brevetti nonché lo sviluppo della cooperazione con altre organizzazioni, pubbliche e private e la partecipazione a iniziative in materia di innovazione e di trasferimento della conoscenza, per stimolare l'interesse del sistema delle imprese all'applicazione dei risultati della ricerca.

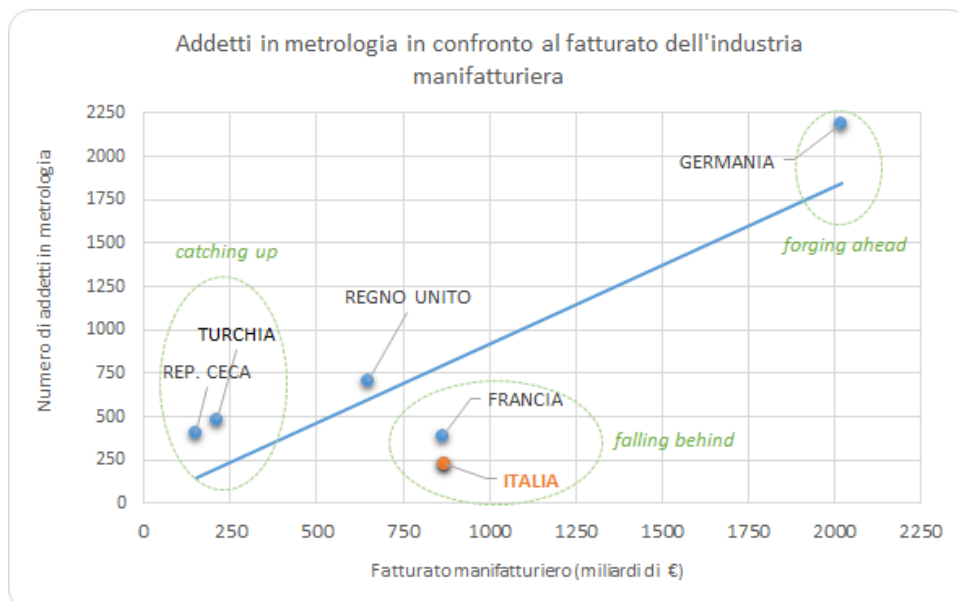
### **Spin off**

L'INRIM promuove la costituzione di imprese fondate sull'impiego di saperi e di tecnologie sviluppate prevalentemente al proprio interno. A tal riguardo, verranno predisposti documenti di studio per regolamentare modalità e percorsi per favorire la creazione di spin-off; rafforzare le capacità competitive e di supporto alla definizione delle strategie di sviluppo.

## 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.

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 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.

## 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 10 – 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	-	-	-	-	-
<b>Totale</b>		<b>217</b>	<b>191</b>	<b>-26</b>	<b>19</b>	<b>2</b>

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.

<b>Altre Tipologie</b>	<b>Risorse umane presenti al 31-12-2017</b>
Assegnisti	34
Borsisti	3
Co.Co.Co.	-
<b>Totale</b>	<b>37</b>

Al 31/12/2017 operavano inoltre presso l'INRiM 8 incarichi di ricerca a titolo gratuito, 23 associati, e 14 dottorandi da Università diverse e/o Politecnico di Torino (finanziati da INRiM).

Nel corso del 2017 si sono verificate 5 cessazioni di personale a tempo indeterminato, con un risparmio di spesa a regime, calcolato sulla base delle indicazioni pervenute da FP, pari a € 400.905, importo già comprensivo della quota di TFR.

Nell'ambito del PTA 2016-2018 (con autorizzazione MIUR) e nell'ambito del PTA 2017-2019, sono state autorizzate 10e assunzioni a tempo indeterminato, attualmente in corso di perfezionamento.

### **Programmazione del fabbisogno del personale nel triennio 2018-2020**

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. 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).

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.

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 11 – Calcolo dell'indicatore**

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

Le previsioni delle cessazioni dal servizio nel triennio 2018-2020 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.

### **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 i necessari requisiti.

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. 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.

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 possedga i requisiti previsti al comma 2:

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.

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. 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.

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.

### **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 12 – 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				
<b>Totale</b>		<b>18</b>	<b>7,878</b>	<b>51</b>	<b>20,894</b>

(\*) 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 13 – 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				
<b>Totale</b>		<b>15</b>	<b>6,388</b>	<b>9</b>	<b>3,423</b>

(\*) 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 14 – 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		
<b>Totale</b>		<b>11</b>	<b>4,455</b>

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 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 15 – Disponibilità**

<b>Disponibilità</b>	<b>Esercizio 2018</b>	<b>Esercizio 2019</b>	<b>Esercizio 2020</b>
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
<b>TOTALE</b>	<b>31.646.432</b>	<b>31.646.432</b>	<b>31.646.432</b>

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 16 – Spese**

<b>Spese</b>	<b>Esercizio 2018</b>	<b>Esercizio 2019</b>	<b>Esercizio 2020</b>
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
<b>TOTALE</b>	<b>39.077.583</b>	<b>39.077.583</b>	<b>39.077.583</b>

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.