

RELAZIONE CONSUNTIVA DI ATTIVITÀ SCIENTIFICA 2018

ai sensi dell'art. 7, comma 4, lettera f. dello Statuto

Approvata dal Consiglio di Amministrazione
in data 2 maggio 2019

INDICE

PARTE 1 – Elementi generali e sintesi delle attività svolte	5
1 – INRIM - COMPITI E MISSIONE	7
2 – INRiM - ORGANIZZAZIONE E INFRASTRUTTURE	7
3 – QUADRO DI RIFERIMENTO E INTERAZIONI CON ALTRE ISTITUZIONI.....	8
3.1 – COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI.....	8
3.2 – CONSORZI E CONVENZIONI CON MINISTERI, REGIONI, UNIVERSITÀ E ALTRI ENTI.....	11
3.3 – FINANZIAMENTI DA CONTRATTI NEL 2018	12
3.4 – FONDI PREMIALI MIUR PER PROGETTI DI RICERCA	15
3.5 – INFRASTRUTTURE DI RICERCA	19
4 – STATO DI ATTUAZIONE DELLE ATTIVITÀ RELATIVE AL 2018	28
4.1 - RICERCA E SVILUPPO: ATTIVITÀ E RISULTATI DI MAGGIOR RILIEVO CONSEGUITI NEL 2018.....	28
4.2 - RUOLO ISTITUTO METROLOGICO PRIMARIO: ATTIVITÀ E RISULTATI DI MAGGIOR RILIEVO CONSEGUITI NEL 2018.....	31
4.3 - KNOWLEDGE TRANSFER: ATTIVITÀ E RISULTATI DI MAGGIOR RILIEVO CONSEGUITI NEL 2018	32
4.4 – RISULTATI 2018 E CONFRONTO CON ANNI PRECEDENTI.....	33
5 – RISORSE DI PERSONALE PER L'ATTIVITÀ SCIENTIFICA	36
PARTE 2 – Schede di attività.....	37
1 – Direzione scientifica.....	39
SEGRETERIA SCIENTIFICA	42
Divisione Metrologia Fisica.....	45
Divisione Metrologia per la Qualità della Vita.....	56
Divisione Nanoscienze e Materiali.....	73
2 – STALT - Innovazione e servizi metrologici	94
Appendice 1: Struttura organizzativa dell'INRiM	111
Appendice 2: Progetti EMPIR.....	113
Appendice 3: Altri progetti INRiM	116
Appendice 4: Convenzioni con altri Istituti e Università	122
Appendice 5: Laboratori principali	126
Appendice 6: Acronimi	127

TABELLE

Tabella 1 - Mappatura dei settori metrologici INRiM	9
Tabella 2 - INRiM – CMC	10
Tabella 3 – Progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2018	13
Tabella 4 – Progetti nazionali su contratto avviati e ancora in corso nel 2018	14
Tabella 5– Finanziamenti ricevuti nel quinquennio 2010-2016 e già acquisiti per i prossimi anni...	22
Tabella 6 –Pubblicazioni nel periodo 2016-2018	34
Tabella 7 – Distribuzione delle pubblicazioni 2018	34
Tabella 8 - Knowledge transfer - altri prodotti di valorizzazione applicativa	35
Tabella 9 - Knowledge transfer - formazione	35
Tabella 10 - Personale TI (al 31/12/2018).....	36
Tabella 11 – Altro personale	36
Tabella 12 - Personale TI distribuito nelle Divisioni (al 31/12/2018)	40
Tabella 13 – Divisioni: risorse umane (TPE) per tipologia di attività.....	41
Tabella 1 – Valore totale e finanziamento UE progetti EMPIR (1 ^a call) avviati nel 2015.....	113
Tabella 2 – Valore totale e finanziamento UE progetti EMPIR (2 ^a call) avviati nel 2016.....	113
Tabella 3 – Valore totale e finanziamento UE progetti EMPIR (3 ^a call) avviati nel 2017.....	114
Tabella 4 – Valore totale e finanziamento UE progetti EMPIR (4 ^a call) avviati nel 2018.....	115
Tabella 5 - Progetti di ricerca UE ed Internazionali (non Euramet) attivi nel 2018.....	116
Tabella 6 - Progetti di ricerca Nazionali attivi nel 2018	117
Tabella 7 - Progetti di ricerca Regionali e Fondazioni attivi nel 2018	119
Tabella 8 - Progetti di ricerca Industriali attivi nel 2018.....	120

PARTE 1 – Elementi generali e sintesi delle attività svolte

1 – INRIM - COMPITI E MISSIONE

Ai sensi del decreto istitutivo¹ e dello statuto predisposto secondo il D.Lgs n. 218/2016, l'INRiM svolge e promuove la ricerca nell'ambito della metrologia, sviluppa i campioni e 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, mantiene e diffonde i campioni nazionali per le unità di misura necessari per la riferibilità e il valore legale delle misure nei settori in cui gli alti contenuti scientifico-tecnologici propri della ricerca metrologica trovano ricadute applicative di interesse nazionale.

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

2 – INRiM - ORGANIZZAZIONE E INFRASTRUTTURE

La struttura organizzativa dell'INRiM nel 2018 è riassunta in Appendice 1.

L'INRiM ha sede a Torino in Strada delle Cacce 91 e si distribuisce su un'area di circa 13 ettari, su cui, in fasi successive, sono stati realizzati un totale di 13 edifici fuori terra e una struttura completamente interrata (galleria) che sviluppano nel loro complesso una superficie utile di 37.000 m². La proprietà dell'intera area è del Comune di Torino e il diritto di superficie scadrà nel 2077. A questa superficie sono da aggiungere 11.000 m² della sede di Corso M. D'Azeglio. Altre strutture sono dislocate a Pavia e a Firenze.

I laboratori adibiti alle diverse attività di ricerca e ai servizi di taratura, misura, prova e certificazione coprono il 70% della superficie utile. Il restante 30% è destinato a uffici, biblioteca, amministrazione, officine, servizi e infrastrutture di supporto alle attività.

A novembre 2018 è stata varata una nuova articolazione delle strutture tecnico-scientifiche dell'INRiM, operativa dal 1 gennaio 2019. Le tre Divisioni della nuova struttura dell'INRiM sono:

Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML)

La Divisione sviluppa la scienza delle misure e i materiali innovativi con attenzione alle ricerche e alle applicazioni nelle scienze della vita.

La Divisione cura temi quali la tutela della salute con riferimento alle applicazioni diagnostiche e terapeutiche, la qualità e sicurezza dell'alimentazione, le misurazioni biologiche e chimiche, i materiali funzionali e intelligenti, gli ultrasuoni e l'acustica.

Metrologia applicata e ingegneria (AE)

La Divisione sviluppa la scienza delle misure e le tecnologie con attenzione all'ingegneria e alle necessità industriali.

La Divisione ha il compito di realizzare e disseminare le unità di misura delle grandezze meccaniche e delle grandezze termodinamiche, nonché di disseminare le unità di misura delle grandezze elettriche.

La Divisione cura temi quali la mobilità sostenibile, il monitoraggio ambientale e il clima, l'impiego razionale dell'energia, e lo sviluppo di strumenti metrologici a supporto della crescente digitalizzazione del mondo contemporaneo.

1

Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN)

La Divisione sviluppa la scienza delle misure e le nanotecnologie con attenzione alle applicazioni quantistiche.

La Divisione ha il compito di realizzare e disseminare le unità di misura del tempo e della frequenza, delle grandezze fotometriche e delle grandezze radiometriche, nonché di realizzare le unità di misura delle grandezze elettriche.

La Divisione cura la mutua applicazione tra la metrologia e temi quali la fisica atomica e molecolare, la fotonica, l'elettronica quantistica, i dispositivi quantistici e le misurazioni quantistiche.

Ciascuna Divisione contribuirà, con le proprie specifiche competenze, alle tre missioni dell'Istituto.

Questa relazione annuale presenta i risultati conseguiti dall'INRiM nel 2018, in ottemperanza a quanto previsto dall'articolo 12, comma 2, lettera b dello Statuto.

3 – QUADRO DI RIFERIMENTO E INTERAZIONI CON ALTRE ISTITUZIONI

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

3.1 – COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

In quanto stato firmatario della Convenzione del metro (trattato internazionale firmato a Parigi il 20 maggio 1875 da 17 paesi, a cui ora aderiscono 59 stati), l'Italia ha partecipato alla 26^{ao} Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM), che si è tenuta a Versailles dal 13 al 16 novembre 2018.

La conferenza ha approvato la revisione del Sistema Internazionale (SI), ridefinendo quattro delle sette unità di misura fondamentali in termini di costanti della natura. Le quattro unità di misura ridefinite dalla Conferenza parigina sono il chilogrammo, l'ampere, il kelvin e la mole. Per l'entrata in vigore del nuovo SI è stata scelta una data simbolica: il 20 maggio 2019, Giornata Mondiale della Metrologia, celebrazione dell'anniversario della firma della Convenzione del Metro. L'INRiM ha organizzato a Roma, il 20 novembre 2018, una conferenza stampa per presentare a livello nazionale le importanti decisioni prese a Versailles durante la 26^{ao} Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM).

Nell'ambito della Convenzione del Metro, l'INRiM partecipa alle attività del Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure (CIPM) e i relativi Comitati Consultivi (CC). In particolare, l'INRiM partecipa, attraverso propri rappresentanti designati, a 8 dei 10 Comitati Consultivi del CIPM. Il Direttore scientifico dell'INRiM è un componente del CIPM e Presidente del Comitato Consultivo di Fotometria e Radiometria. La tabella seguente è la mappatura dei settori metrologici coperti dall'Istituto in parziale riferimento ai settori individuati a livello internazionale (Comitati consultivi del CIPM):

Tabella 1 - Mappatura dei settori metrologici INRiM

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

Dal 1999 l'INRiM aderisce al *CIPM Mutual Recognition Arrangement* (MRA²) 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 febbraio 2019, nel database del BIPM, l'INRiM risulta aver prodotto 402 CMC (393 in fisica e 9 in chimica).

Tabella 2 - INRiM – CMC

<i>Field</i>		2014	2015	2016	2017	2018
AUV	Acoustics, Ultrasounds and Vibrations	42	42	42	42	42
EM	Electricity and magnetism	108	119	119	119	115
L	Length	43	43	42	43	43
M	Mass	98	69	68	61	61
PR	Photometry and Radiometry	23	23	23	23	20
QM	Amount of substance	12	12	10	9	9
T	Thermometry	62	76	97	97	100
TF	Time and Frequency	14	14	14	12	12
Totals		402	398	415	406	402

A livello Europeo, 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 è Vice – Presidente dell'EURAMET.

Dopo il successo dell'*European Metrology Research Programme (EMRP)*, un programma ideato nell'ambito del VII Programma Quadro promosso dalla Comunità Europea allo scopo di sostenere la collaborazione fra gli NMI europei attraverso la condivisione di progetti di ricerca comuni, dal 2014 fino al 2020 EURAMET è responsabile di un nuovo programma di ricerca denominato *European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR)*. INRiM, in qualità di Istituto Metrologico Nazionale, coordina la partecipazione italiana insieme a università e industrie.

Nel corso del 2018, l'Assemblea Generale di EURAMET ha costituito sei European Metrology Networks (EMN), con il fine di rispondere alle esigenze della metrologia europea in modo coordinato, formulando strategie comuni in ambiti quali la ricerca, le infrastrutture, il trasferimento di conoscenze e lo sviluppo di servizi. INRiM partecipa a cinque dei sei EMN costituiti, coordinando uno: Maggiori dettagli al proposito sono forniti nella Sezione 3.5.

Secondo lo spirito dell'accordo CIPM MRA, al fine di dare alla comunità internazionale degli NMIs una chiara prova di trasparenza e adeguatezza ai requisiti dell'accordo, l'INRiM riferisce annualmente circa il funzionamento del proprio Sistema di Gestione della Qualità al Comitato direttivo dell'EURAMET TC-Q (Comitato tecnico per la qualità).

La riunione annuale del TC-Quality si è tenuta dal 17 al 19 aprile 2018 a Parigi (il 17 si è tenuto lo Steering committee meeting, il 18 ed il 19 si è tenuta la riunione plenaria del TC-Q). Nel corso del meeting, il Sistema di Gestione per la Qualità dell'INRiM ha ottenuto una valutazione positiva.

INRiM partecipa inoltre al progetto EURAMET 1123 “*On site peer review*”, dal 2009-10-01, in collaborazione con gli Istituti Metrologici Nazionali di Spagna (CEM – *Centro Español de Metrología*) e Portogallo (IPQ - *Instituto Português da Qualidade*) al fine di mettere in atto un piano di Peer visits annuali tra gli istituti partecipanti al progetto. Nel dicembre 2018 l'INRiM ha sostenuto con successo la sua *peer review* annuale, condotta dagli esperti degli istituti CEM e IPQ, che hanno esaminato le attività relative alle aree metrologiche della Portata (di liquidi e di gas), della Fotometria (materiali), dell'Acustica e degli ultrasuoni.

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

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

Particolarmente significativa, infine, la convenzione 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.

3.2 – CONSORZI E CONVENZIONI CON MINISTERI, REGIONI, UNIVERSITÀ E ALTRI ENTI

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

- **CEI** – Comitato Elettrotecnico Italiano: è un ente riconosciuto dallo Stato Italiano e dall'Unione Europea per le attività normative e di divulgazione della cultura tecnico-scientifica; significativa è la partecipazione di parte del personale INRiM ai suoi Comitati;
- **UNI** - Ente Nazionale Italiano di Unificazione: è un'associazione privata, senza fine di lucro, riconosciuta dallo Stato e dall'Unione Europea; studia, elabora, approva e pubblica le norme tecniche volontarie - le cosiddette "norme UNI" - in tutti i settori industriali, commerciali e del terziario (tranne in quelli elettrico ed elettrotecnico); rappresenta l'Italia presso le organizzazioni di normazione europea (CEN) e mondiale (ISO); parte del personale INRiM partecipa attivamente ai Working Groups e alle Commissioni dell'ente.

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

Inoltre sono attive le seguenti associazioni con organismi nazionali:

- APRE - Agenzia Promozione Ricerca Europea,
- AICQ - Associazione Italiana Controllo Qualità;
- Cluster "Fabbrica intelligente", promosso dal Miur;
- Cluster "Energia", promosso dal Miur;
- Polo di Innovazione "Biotecnologie e Biomedicale" (BIOPMED) della Regione Piemonte;
- Clever – Clean (Polo di Innovazione della Regione Piemonte operante nell'ambito tecnologico-applicativo per la protezione ambientale);
- Polo di Innovazione "Information & Communication Technology" (ICT) della Regione Piemonte;
- Polo di Innovazione "Meccatronica e Sistemi Avanzati di Produzione" (MESAP) della Regione Piemonte;
- Fondazione Torino Wireless;
- Unimet - Associazione Nazionale di Unificazione metalli non Ferrosi.

Per il 2018 l'INRiM ha riconfermato 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. Dal 2017 un ricercatore INRiM è presidente del consorzio.

L'INRiM ha inoltre 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' 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.

A partire dal 2018 l'INRiM ha aderito 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; è 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 attive all'INRiM 46 convenzioni con altri Istituti e Università, nazionali e internazionali, 12 delle quali, descritte più in dettaglio qui di seguito, sono state stipulate nel 2018.

- Università del Piemonte Orientale “Amedeo Avogadro” (UPO) – Vercelli: convenzione di collaborazione scientifica nei settori delle nanoscienze, della chimica dei polimeri e della metrologia;
- Associazione per la Certificazione delle Apparecchiature Elettriche (ACAE) - Bergamo: convenzione di collaborazione per l'esecuzione di prove su apparecchiature elettriche di bassa tensione industriali finalizzate alla certificazione; accordo per regolamentare le attività che il Laboratorio Alte Tensioni & Forti Correnti (LATFC) dell'INRiM svolgerà su incarico dell'ACAE;
- Laboratorio Europeo di Spettroscopie Non Lineari (LENS) - Sesto Fiorentino: addendum alla convenzione quadro di collaborazione scientifica del 2 ottobre 2014 tra l'INRiM e il LENS in cui sono disciplinati gli obblighi in materia di sicurezza sul lavoro e la tutela della proprietà intellettuale;
- Consortium GARR - Roma: protocollo d'intesa 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;
- Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione (ISCTI) – Roma: accordo quadro al fine di definire e perfezionare rapporti di collaborazione scientifica nel settore delle telecomunicazioni;
- Politecnico di Torino: 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;
- Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) – Roma: accordo di programma che ha per oggetto lo sviluppo della ricerca scientifica e della formazione professionale nei settori riguardanti la micro e nano-fabbricazione associata alla microscopia ionica ed elettronica, il self-assembly di copolimeri a blocchi e di nano-sfere, l'impiego di fasci ionici e nano-lavorazioni in dispositivi quantistici e rivelatori di radiazione;
- Istituto Nazionale di Ottica del CNR (INO-CNR) – Firenze: convenzione operativa per lo sviluppo della ricerca scientifica e tecnologica negli ambiti degli orologi ottici e sistemi fisici ad alta precisione, della spettroscopia ad alta precisione e delle comunicazioni quantistiche;
- Istituto per le Tecnologie della Costruzione del CNR (ITC-CNR) -San Giuliano Milanese (MI): convenzione operativa per lo sviluppo della ricerca scientifica e tecnologica riguardante il calorimetro adiabatico modulato e le proprietà termodinamiche di fluidi puri e miscele.

3.3 – FINANZIAMENTI DA CONTRATTI NEL 2018

I progetti avviati nel 2018 e quelli iniziati precedentemente e ancora in corso nel 2018 sono descritti nell'Appendice 3.

Le tabelle seguenti riassumono i dati relativi ai progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2018, 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 e internazionali**.

Tabella 3 – Progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2018

Tipologia	Progetti avviati		Progetti in corso		Totale
	No.	(k€)	No.	(k€)	No.
Euramet (UE): EMPIR	16	2.607	26	4.826	42
H2020 (UE)	2	95	3	1.759	5
Internazionali	1	99	5	297	6
Totale	19	2.801	34	6.882	53

La partecipazione italiana al programma *European Metrology Programme for Innovation and Research* (EMPIR) ha visto l'avvio di una serie di progetti in risposta alle *calls* di anno in anno proposte da Euramet.

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. 1 in Appendice 2); questi progetti si sono conclusi nel 2018.

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

Con la terza *call* EMPIR, dedicata ai temi Energy, Environment, Normative, Research Potential e Support for Impact, l'INRiM ha invece avviato 8 progetti nel 2017; l'Istituto ne coordina 4 ed ha ottenuto un finanziamento totale di circa 1,8 M€ (Tab. 3 in Appendice 2).

Nel 2018 sono stati avviati 16 nuovi progetti per la quarta *call* EMPIR, in riferimento ai temi Fundamental, Industry, Normative e Research Potential; il finanziamento Euramet dedicato a questi progetti è di circa 2,6 M€; 3 di questi progetti sono coordinati dall'Istituto (Tab. 4 in Appendice 2).

Nell'ambito di *HORIZON 2020*, il Programma Quadro europeo per la ricerca e l'innovazione lanciato dalla Commissione Europea per il periodo 2014-2020, nel 2018 sono proseguite le attività riguardanti il progetto "Quantum sensors - from the lab to the field (Q-SENSE)" e "CLOCK NETWORK Services: Strategy and innovation for clock services over optical-fibre networks (CLONETS)"

E' ancora in corso 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.

Sono invece stati avviati nel 2018 il progetto "*Modular and Integrated Digital Probe for SAT Aircraft Air Data System (MIDAS)*" e il progetto ERC "*Direct cell reprogramming therapy in myocardial regeneration through an engineered multifunctional platform integrating biochemical instructive cues (BIORECAR)*".

In ambito internazionale è proseguita l'attività relativa al 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. Sempre in ambito NATO è stato avviato il progetto "*Secure Quantum Communication Undersea Link (SEQUEL)*" che ha ottenuto un finanziamento di circa 100 k€.

Si è concluso invece nel 2018 il progetto "*Open-Source Modeling Environment and Benchmark for Magneto-Mechanical Problems (OSMAG)*" svolto per la TUT Foundation (Tampere University of Finland).

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 iniziata una nuova collaborazione nell'ambito della *Galileo Time and Geodetic Validation Facility (TGVF)* per la fase *Exploitation* di Galileo, che prevede un'evoluzione della precedente infrastruttura TGVF con l'obiettivo di adeguarsi alle esigenze del sistema Galileo nella fase di piena capacità operativa.

A partire dal 2018 INRiM contribuisce al *Galileo Time Service Provider (TSP)* mediante l'invio di dati di confronto via satellite fra la scala di tempo italiana ed il tempo di Galileo; tali dati sono utilizzati per mantenere la scala di tempo di Galileo in accordo con il riferimento internazionale UTC, e per la validazione di tutti gli orologi di bordo e di terra, inclusi quelli presenti presso i Centri di Controllo di Galileo.

INRiM partecipa inoltre, nell'ambito di contratti con la GSA, alla validazione degli aspetti di timing del sistema satellitare europeo **EGNOS** (European Geostationary Navigation Overlay Service) ed insieme ad altri laboratori metrologici europei, al *Galileo Reference Center (GRC- Member states support)*, altro elemento cruciale del sistema Galileo, a supporto della fornitura di servizi utili al sistema stesso oltre che ai suoi utenti.

Sempre in ambito ESA, si è concluso nel 2018 il progetto *"ISS Space Optical Clock (I-SOC)"*, mentre è ancora attivo il progetto *"Compact Optical Attitude Transfer System (COATS CCN 1)"*.

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

Tabella 4 – Progetti nazionali su contratto avviati e ancora in corso nel 2018

Tipologia	Progetti avviati		Progetti in corso		Totale
	No.	(k€)	No.	(k€)	No.
Nazionali (inclusi MIUR)	2	100	7	2.257	9
Premiali, SEED e Strategici	4	1.448	11	2.621	15
Regionali e Fondazioni	3	2.843	1	49	4
Industriali	9	406	6	2.704	15
Totale	18	4.797	25	7.631	43

Nell'ambito dei progetti finanziati dal MIUR (PRIN, SIR e FARE), nel 2018 sono proseguiti il progetto PRIN *"HG Doppler Spectroscopy" (A new primary method of gas thermometry based upon Doppler-broadened mercury spectroscopy in the UV region)* e il progetto *"ULTRACRYSTAL" (Ultracold ion crystals in a quantum)* finanziato dal MIUR con i bandi FARE (Framework per l'Attrazione e il Rafforzamento delle Eccellenze per la Ricerca in Italia); si è invece concluso il progetto SIR *"ULTRACOLD PLUS" (Ultracold atoms plus ions: new frontiers in hybrid quantum systems)*.

Sempre a livello nazionale, sono proseguiti il progetto *"Food authenticity: metodi analitici innovativi a tutela del consumatore"* (finanziato dal Ministero della Salute) e i progetti *"Distribuzione di segnali T/F campione in fibra ottica per applicazioni spaziali e a supporto del timing di Galileo (DTF-Galileo)"* e *"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)"* (finanziati dall'Agenzia Spaziale Italiana).

Si è invece concluso il progetto *"Sviluppo delle competenze italiane per l'esperimento FORUM-Far-Infrared Outgoing Radiation Understanding and Monitoring (SCIEF)" commissionato dall'ASI*.

Nel 2018 l'INRiM ha avviato due progetti, rispettivamente con la società Hal Service srl e con il Consorzio TOP-IX di Torino: i due progetti riguardano attività di ricerca nell'ambito del progetto POR FESR "Ottimizzazione del tempo" (OTTEMPO) promosso dalla Regione Piemonte, progetto di cui la società e il consorzio sono partner; il finanziamento ottenuto dall'INRiM è complessivamente di circa 100 k€.

Con la Regione Piemonte l'Istituto ha avviato nel 2018 tre nuovi progetti.

I seguenti due progetti sono co-finanziati per un totale di 2.740 k€ attraverso il Bando "INFRA-P "Sostegno a progetti per la realizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento di IR pubbliche" :

- *PIQUET - Piemonte Quantum Enabling Technology*, che ha come obiettivo la nascita di una nuova Infrastruttura di Ricerca (coordinata da INRiM, con la partecipazione di Politecnico di Torino e Università di Torino) dedicata a due ambiti fondamentali delle Tecnologie Quantistiche, ovvero lo sviluppo di materiali, dispositivi e sensori micro/nanostrutturati e gli orologi atomici e comunicazione quantistica (distribuite sul territorio tramite fibra ottica).

- *IMPreSA - Infrastruttura Metrologica per la Sicurezza Alimentare*, che si pone 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.

Il terzo progetto, *Hierarchical Open Manufacturing Europe (HOME)*, è stato finanziato dalla Regione Piemonte per un totale di 103 k€.

Si è invece concluso il progetto “*STEMREF*” (*Materiali di riferimento per migliorare l'affidabilità delle terapie cellulari*), finanziato dalla Fondazione CRT (Torino).

In ambito industriale, sono ancora in corso i progetti “*Time Service Provider (TSP GSOp)*” finanziato da GNSS tramite Spaceopal per la somma di 1.864 k€, “*Galileo Exploitation Phase System and Service Support Activities (FOC Exploitation)*” finanziato da ESA tramite Thales Alenia Space Italia per l'ammontare di 610 k€, “*Time Transfer Modem (TTM)*” con un finanziamento di 75 k€ da Thales Alenia Space Italia.

Sono attivi anche i progetti “*Ricerca e validazione di condotti sbarre e loro accessori*” commissionato da IAM S.r.l. (155 k€) e “*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.

Tra i nuovi progetti di natura industriale finanziati a partire dal 2018 si segnalano, in ambito europeo i progetti “*LISA*” (commissionato da European Space Agency e Thales Alenia Space Italia), “*Three-Cornered-Hat et phasemètre multicanal*” (commissionato dall' École nationale supérieure de mécanique et des microtechniques – Besançon, Francia), “*Galileo Time Geodetic Validation Facility-Full Operational Capability - Operation Extension 2018*” (finanziato dall'European Space Agency, tramite la società spagnola GMV) e il progetto “*R&D collaboration for an extended characterisation of magnetic steel sheets under alternating, rotational and distorted flux (VOITH)*” (commissionato dalla Voith Hydro Holding GmbH & Co.

Nel 2018 sono stati avviati i progetti “*Sviluppo di un sistema di monitoraggio per il processo di saldatura con il sistema ECOWELD+*” (commissionato da LASERLAM S.r.l.), “*Upgrade del sistema di misura TIREZIA e ripristino della funzionalità di misura della luminanza*” (commissionato da ANAS S.p.A) e “*Modellizzazione, analisi e realizzazione di uno smorzatore acustico innovativo per rubinetteria sanitaria (ZeroNoise)*” (commissionato da TecnoLab del Lago Maggiore S.r.l.); il finanziamento totale ricevuto dall'INRiM per questi progetti è di circa 400 k€.

3.4 – FONDI PREMIALI MIUR PER PROGETTI DI RICERCA

Fino al 2017 sono stati di particolare importanza i Fondi Premiali assegnati annualmente dal MIUR su progetti di ricerca selezionati per merito. Il MIUR, infatti, attraverso risorse accantonate sul Fondo Ordinario, ha promosso e sostenuto 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. In quest'ultimo ambito, INRiM è coordinatore di due progetti (il primo concluso nel 2017, il secondo ancora in corso) per un finanziamento complessivo di k€ 1.140 circa; il resto della cifra disponibile è stata trasferita ai partner (INAF, ASI e CNR). Segue una breve descrizione del progetto ancora in corso:

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

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

Sempre nell'ambito della Premialità 2016, INRiM partecipa anche, in qualità di partner, a 3 progetti avviati nel 2017, per un finanziamento complessivo pari a k€ 518 circa. Segue una breve descrizione degli obiettivi dei progetti:

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

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

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

Con il Decreto n. 462 del 13 settembre 2017 il MIUR ha predisposto il finanziamento Premiale complessivo di 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. In quest'ultimo ambito, INRiM è coordinatore di due progetti, avviati nel 2018, per un finanziamento complessivo di k€ 700 circa. Segue una breve descrizione degli obiettivi dei progetti:

Volume Photography - Volume Photography: measuring three dimensional light distributions without opening the box Il progetto si pone l'ambizioso obiettivo di sviluppare tecnologie complementari al fine di misurare la distribuzione della luce all'interno di strutture fotoniche mediante l'incorporazione di materiali fotoresponsivi. Ne risulterà un'immagine tridimensionale di tale distribuzione luminosa all'interno della struttura. Il concetto chiave, che rende innovativo e ambizioso questo progetto, è la possibilità di rappresentare ed estrapolare il complesso cammino della luce all'interno delle strutture fotoniche (come metamateriali, strutture plasmoniche e materiali disordinati), le cui proprietà ottiche sono determinate da locali effetti di interferenza e localizzazione del campo elettromagnetico. Misure di trasmissione o riflessione dei campioni potrebbero essere così completate da una comprensione più profonda del comportamento della luce al loro interno. L'approccio proposto prevede l'uso di diverse strategie volte allo studio di materiali e fenomeni luminosi molto diversi tra loro. Tuttavia, tutte le metodologie proposte hanno in comune l'introduzione di piccole quantità di materiali otticamente sensibili (in modo che la loro presenza non modifichi però le stesse proprietà ottiche delle strutture in esame), la loro attivazione e visualizzazione. Il progetto si propone di coprire l'analisi completa della tematica: dalla preparazione dei campioni da studiare (sistemi disordinati ed ordinati con cavità ottiche e scatteratori di diversa natura e dimensione) alla misurazione vera e propria (mediante tecniche complementari) allo studio teorico del fenomeno (avvalendosi anche di programmi di simulazione).

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

Sempre nell'ambito della Premialità 2017, INRiM partecipa anche, in qualità di partner, a 2 progetti avviati nel 2018, per un finanziamento complessivo pari a k€ 730 circa (al momento non ancora pervenuto). Segue una breve descrizione degli obiettivi dei progetti:

SENSEI - New sensors based solutions for sustainable de-production. Il progetto si propone di sviluppare le tecnologie/metodologie abilitanti dianzi menzionate identificando un nuovo modello di Fabbrica Cyber-Fisica Intelligente e di applicare questo stesso modello alla gestione del fine vita dei prodotti – siano essi beni di consumo (per esempio Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche), prodotti industriali secondari o prodotti derivanti dall'attività di costruzione o demolizione. Il progetto contribuirà in modo sinergico e sistemico allo sviluppo di un impianto pilota che integri in maniera automatica ed intelligente le strategie di End-of-Life (EoL) ottimali attraverso le fasi di: i) gestione delle informazioni inerenti provenienza, dati di prodotto e se del caso modalità di utilizzo lungo tutto il ciclo di vita dei prodotti a fine vita; ii) disassemblaggio dei prodotti (non affrontato nel contesto del presente progetto); iii) caratterizzazione in linea della matrice di prodotti/rifiuti tramite l'utilizzo di un'architettura multi-sensore distribuita e metrologicamente riferibile; iv) frantumazione della frazione coarse (affrontata nel contesto di questa attività progettuale solo in relazione a apparecchiature elettriche ed elettroniche); v) macro e micro sorting automatizzato; vi) recupero e valorizzazione degli scarti (non affrontato nell'ambito del presente progetto) per la stimolazione del mercato delle materie prime secondarie che possano concorrere a supportare la transizione verso un'economia circolare, in cui il valore dei prodotti, dei materiali e delle risorse è mantenuto quanto più a lungo possibile e la produzione degli scarti è ridotta al minimo.

Nano4Brain - Nanotechnology for the molecular and physiological fingerprinting of brain disease. La corteccia cerebrale è il più complesso stato della materia che sia accessibile alla nostra sperimentazione: 1 mm³ di corteccia cerebrale contiene approssimativamente 5x10⁴ neuroni. Ogni neurone supporta 10⁴ elementi computazionali elementari (le sinapsi), che sono uniti da 5 km di connessioni. Le proprietà macroscopiche della attività cerebrale, ed il comportamento degli organismi sono definiti dalla attività di questa rete, il cui

sviluppo e funzione è determinato da effettori molecolari che presiedono al riconoscimento cellulare, al controllo strutturale, al controllo delle correnti ioniche e della trasmissione sinaptica. La rilevanza delle interazioni alla nanoscala sul mondo macroscopico sono esplicitate dal fatto che mutazioni puntiformi di singole proteine portano alla comparsa di gravi malattie che causano alterazioni della eccitabilità elettrica, delle funzioni cognitive, delle interazioni sociali. L'analisi di questa rete richiede il dispiegamento di tecnologie che operino ad una moltitudine di scale spaziali e che siano in grado di cogliere il divenire temporale dei processi biofisici sottostanti la funzione cerebrale. La profonda interdisciplinarietà delle neuroscienze collide con il modello classico della ricerca in ambito biologico che è appannaggio di laboratori piccoli con un limitato spettro di tecnologie. Questo progetto è nato dal desiderio di riunire sotto un tema comune laboratori attivi in campi molto diversi promuovendo l'interazione tra nanotecnologie, microelettronica, analisi computazionale informatica e ricerca in neuroscienze di base. Questa rete di ricercatori implementerà un approccio multidisciplinare per la identificazione di biomarkers molecolari e fisiologici di modelli genetici di malattie cerebrali e per la comprensione dei meccanismi cellulari alla base di queste patologie.

Progetti strategici INRiM

Nel 2018 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.

PS2 – DOSIMETRIA EM. Il progetto PS2 “Dosimetria elettromagnetica per applicazioni biomedicali”, costituisce un'evoluzione del precedente Progetto Premiale P7 e ha come obiettivo di contribuire allo sviluppo e all'estensione delle metodiche diagnostiche e terapeutiche basate sull'impiego di campi elettromagnetici, con particolare riferimento alla tomografia a risonanza magnetica (MRI) e all'ipertermia magnetica indotta. Il Progetto, rispondendo alle priorità delle “Society Challenges” identificate nel programma di ricerca metrologica europea EMPIR, intende stimolare l'innovazione fornendo strumenti e metodologie di analisi per ricercatori, comunità medica, organismi normativi e legislativi e produttori di apparecchiature medicali. Il progetto è articolato in due filoni principali di attività, il primo rivolto all'imaging a risonanza magnetica e il secondo allo studio e caratterizzazione di nanostrutture magnetiche per l'ipertermia indotta.

PS3 – KELVIN Il progetto “Nuova definizione del kelvin e *mise-en-pratique*” persegue il rafforzamento di INRiM in ambito termometrico attraverso il suo contributo alla ridefinizione del kelvin, sulla base del valore della costante di Boltzmann k , e alla nuova *mise en pratique* (MeP-K). In particolare INRiM è impegnato nella determinazione di k con metodi acustici, a predisporre tecniche, procedure e sistemi di misura per poter soddisfare le prescrizioni della MeP-K, a individuare e implementare nuovi approcci di termometria primaria che possano progressivamente superare le scale quali base delle misure di temperatura.

PS4 – NANO EM. Il progetto si propone di sviluppare nanotecnologie innovative per dispositivi in grado di fornire alti livelli di accuratezza di misura, in particolare dispositivi superconduttivi, resistenza e carica quantizzate, e strutture spintroniche

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 di **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 4 progetti SEED, conclusi nel 2018, per i quali sono stati stanziati nel complesso k€ 200. Segue una breve descrizione dei contenuti dei progetti:

GeCum - Genetic Quantum Measurement. Il Genetic Quantum Measurement (GQM) è un innovativo protocollo di misura in grado di emulare i meccanismi evolutivi di mutazione, ibridazione e selezione. In linea di principio, tale protocollo è in grado di superare le prestazioni delle tradizionali misure proiettive (anche nel caso in cui esse costituiscano la misura ottima, in grado di saturare il limite di Cramér-Rao quantistico). Il GQM è composto da una sequenza di iterazioni in cui lo stato in esame subisce un'interazione-interferenza iniziale (mutazione+ibridazione) seguita da una misura selettiva (selezione); grazie al parallelismo quantistico, tutte le possibili "traiettorie evolutive" dello stato vengono esplorate simultaneamente. Il fatto che il GQM possa battere, in termini di incertezza, anche la strategia ottima prepara-e-misura, rendono questo protocollo di estremo rilievo per tutte le tecnologie quantistiche, in particolare per la metrologia quantistica e le misure "quantum-enhanced."

L-PRES - Test of a low pressure standard based on a superconducting microwave cavity. Il progetto realizza un prototipo che permette di realizzare un campione di pressione in fase gassosa nell'intervallo compreso fra 100 Pa e 10 kPa con accuratezza relativa di 20 ppm. Il campione sfrutta la possibilità di determinare con precisione estremamente elevata le frequenze di risonanza di una cavità a microonde riempita di elio e mantenuta in stato di superconduzione a temperature inferiori a 10 K.

IBC QuBit - Interference-based charge qubit for quantum metrology and sensing. Il progetto investiga le applicazioni di una nuova tipologia di dispositivo a controllo di singole cariche che sfrutta il principio dell'interferenza quantistica delle funzioni d'onda superconduttive appositamente controllate ai capi di un nanofilo. In particolare viene progettato, analizzato e realizzato in forma prototipale un nuovo circuito superconduttivo che realizza un qubit a stato di carica. Il peculiare controllo mediante campi magnetici rende la proposta di particolare interesse per la sua natura elettrostatica, caratteristica di rilievo per un incremento dei tempi di coerenza degli stati quantistici in gioco, limitati fortemente dall'interazione con sistemi di cariche di background a due livelli.

MES - Mise en pratique of an opto-acoustic primary calibration method for MEMS microphones. Il progetto sviluppa un metodo di taratura basato sulla misura della velocità delle particelle di aria in condizioni di campo libero (camera anecoica) mediante la misura della correlazione della dispersione di fotoni nella zona in cui interferiscono due raggi laser. Dalla misura della velocità si ricava la pressione acustica (l'impedenza dello spazio libero è calcolabile) che incide sul microfono in taratura, successivamente posto nella zona di interferenza. Il metodo è primario e direttamente riferibile a grandezze del SI.

3.5 – INFRASTRUTTURE DI RICERCA

European Metrology Networks (EMN)

Nel corso del 2018, l'INRiM ha partecipato alla messa a punto e all'avvio delle attività di kick-off relative alla costituzione di cinque European Metrology Networks (EMN), reti approvate alla General Assembly di EURAMET del 2018 che costituiscono lo strumento necessario per affrontare le sfide future nelle scienze della misurazione e fornire un valore aggiunto per l'Europa.

Le EMN infatti si propongono di analizzare i bisogni di metrologia europea e globale e di rispondere a tali esigenze in modo coordinato, formulando strategie comuni in ambiti quali la ricerca, le infrastrutture, il trasferimento di conoscenze e lo sviluppo di servizi. Le reti ambiscono ad essere strutture strategiche e sostenibili, che rappresenteranno il punto di riferimento per i rispettivi specifici ambiti metrologici fornendo informazioni, contribuendo ai processi di regolamentazione e standardizzazione, promuovendo la creazione e la diffusione della scienza delle misure.

Le European Metrology Networks in cui è coinvolto l'INRiM sono le seguenti:

EMN Quantum Technologies, coordinata dall'INRiM, ambisce a sviluppare la metrologia necessaria per favorire lo sviluppo delle tecnologie quantistiche (EMN-Q) e dei dispositivi quantistici. Le tecnologie quantistiche offrono opportunità e sfide per l'industria e l'innovazione europee. Alcune grandi aziende hanno già iniziato a sviluppare dispositivi quantistici o hanno iniziato a integrarli nei loro prodotti. L'industria europea necessita di avere un punto di riferimento univoco per le proprie necessità metrologiche relative alle nuove tecnologie quantistiche, in particolare verso le attività di standardizzazione. La rete soddisferà queste esigenze fornendo un coordinamento attivo delle attività di ricerca metrologica europee, contribuendo a mantenere la competitività europea nel campo delle tecnologie quantistiche. L'EMN-Q concentrerà i propri sforzi su attività

coerenti con gli obiettivi della Quantum Flagship europea e con le necessità industriali che si paleseranno, fornendo un efficace contributo allo sviluppo delle tecnologie quantistiche europee.

EMN on Smart Electricity Grid, coordinata da VSL, si propone come punto di contatto tra la comunità metrologica e gli stakeholder del sistema elettrico, in grado di massimizzare l'impatto delle attività di ricerca e sviluppo e di fornire risposte coerenti alle problematiche di misura relative al futuro delle reti elettriche e alla transizione energetica in corso. L'INRiM è inoltre coinvolto nel progetto EMPIR 18NET03 SEG-Net, finalizzato a favorire la rapida implementazione della EMN.

EMN on Climate and Ocean Observation, coordinata da NPL, si propone di costituire una rete collaborativa in grado di fornire competenza metrologica per i numerosi stakeholder che effettuano e utilizzano misure per le osservazioni in ambito climatologico e oceanico. La rete è suddivisa in tre sezioni tematiche: Atmosphere Observation, Ocean Observation, Land and Earth Observation, coordinate rispettivamente da METAS, LNE, NPL. Il progetto EMPIR 18NET04 ForClimateOcean, a supporto della EMN, vede come partner interni esclusivamente i coordinatori della EMN e delle tre sezioni (NPL, LNE, METAS).

EMN for Mathematics and Statistics, coordinata da PTB, si propone di costituire un punto di coordinamento per gli istituti metrologici, gli enti normatori, il mondo accademico e l'industria, sui temi della matematica e della statistica in metrologia, fornendo linee-guida, sviluppando codici di calcolo e favorendo la disseminazione della conoscenza attraverso pubblicazioni e convegni dedicati. La rete origina dal Centro Europeo per la Matematica e la Statistica in Metrologia (MATHMET) costituito nel 2014, di cui INRiM è membro. L'INRiM è inoltre coinvolto nel progetto EMPIR 18NET05 MATHMET, finalizzato a favorire la rapida implementazione della EMN.

EMN on Traceability in Laboratory Medicine, coordinata da PTB, si propone di costituire un punto di riferimento a livello europeo per i laboratori clinici che operano nel contesto della medicina di laboratorio e della diagnostica in vitro, con riferimento alla nuova Regolamentazione EU (European In-Vitro Diagnostic Device Regulation (IVDR) 2017/746), che richiede la riferibilità delle misure e dei materiali di riferimento. L'INRiM è inoltre coinvolto nel progetto 18NET02 TraceLabMed, finalizzato a favorire la rapida implementazione della EMN.

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 dall'Unione Europea 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.

A questi moduli si è aggiunto a partire dalla call 2018 un settimo modulo di supporto alla realizzazione “European Metrology Network”, strutture di coordinamento disciplinari europee che EURAMET sta promuovendo.

La tabella riporta il valore effettivo della partecipazione degli istituti metrologici (INRiM e l'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti dell'ENEA) alle call concluse del programma, e la partecipazione di altri partner industriali e scientifici italiani.

call	2014	2015	2016	2017	2018
valore partecipazione NMI	1.5 M€	1.6 M€	1.8 M€	2.6 M€	3.1 M€
percentuale partecipazione NMI	8.3%	5.6%	5.7%	8.0%	8.8%
valore partecipazione non NMI	0.6 M€	0.45 M€	1.4 M€	1.6 M€	1.0 M€
percentuale partecipazione non NMI	8.5%	4%	8.8%	10.5	8%

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 per quanto riguarda le nuove applicazioni, sia come fucina di sperimentazione e formazione per sviluppo nuove tecnologie spaziali pre-industriali.

Nel 2018 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, il servizio *All-in-one Time Synchronization Solution* (realizzato da Thales Alenia Space Italia) per la disseminazione del tempo via GNSSs (Global Navigation Satellite Systems) e il servizio di Time Integrity. Si sono inoltre avviate le attività per ripristinare i servizi di *Time Monitoring*, migliorato con nuovi algoritmi dalle prestazioni più elevate, e di *Time and Frequency Distribution via GEO Satellite* che consente la disseminazione del tempo via satellite geo-stazionario e per il quale è in via di definizione una collaborazione con il consorzio ANTARES responsabile per tale servizio.

Sono continuate le attività, supportate da ESA e EC, sulla sperimentazione del segnale Galileo per il time transfer e sull'analisi del comportamento degli orologi a bordo dei satelliti Galileo e sulla validazione del tempo di Galileo.

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. Al fine di aumentare la robustezza della facility, è recentemente iniziato un rinnovo dell'architettura dell'infrastruttura Galileo per migliorare ulteriormente il livello di affidabilità dei servizi offerti.

I finanziamenti ricevuti nel periodo 2010-2018 e già previsti per l'anno 2019 sono indicati nella tabella seguente.

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

Anno	k€
2010	1254
2011	150
2012	76
2013	940
2014	400
2015	2000
2016	2500
2017	900
2018	610
2019	750

Per quanto riguarda le risorse umane, annualmente l'Ente dedica all' infrastruttura 18 mesi uomo all'anno di personale strutturato, più almeno 32 mesi uomo all'anno di personale non strutturato (PhD, Assegni, Borse, TD).

Nanofacility Piemonte

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

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

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

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

LIFT - Link Italiano Frequenza e Tempo

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

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

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

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

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

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

Nel 2018, l'infrastruttura di ricerca è stata estesa a 1850 km dal confine francese a Matera, passando per Torino, Milano, Bologna, Firenze, Roma e Napoli. Dal novembre 2018 è completamente operativa, distribuisce segnali riferiti ai campioni nazionali con tecnica coerente e segnali di time-stamping con tecniche PTP e White Rabbit-PTP. Questi ultimi saranno progressivamente estesi: nel 2018 sono stati attivati circa 140 km tra Torino e Milano, con erogazione di un nuovo servizio al primo *early adopter*, mentre sono stati fatti passi significativi per estendere verso il sito aerospaziale del Fucino e verso l'INAF.

Nel 2018, i risultati della ricerca basati su LIFT e sulle competenze da esso maturate sono documentati in diverse pubblicazioni internazionali tra cui i recenti Science (2018), Nature Physics (2018), Optica (2018), e PNAS (2019).

Piemonte Quantum Enabling Technologies

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

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

Sostegno a progetti per la realizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento di IR pubbliche".

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

PiQuET ricerca l'eccellenza nel settore:

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

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

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

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

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

Elemento centrale di PiQuET è l'impianto di camera pulita da 500 m² (6 ambienti ISO7) ad alto controllo della qualità ambientale e dei contaminanti, secondo i moderni criteri ISO 14644-1 (vedi par. 1.7), in cui PiQuET:

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

INRiM come ente capofila del progetto acquisirà la camera pulita cuore dell'infrastruttura.

Inoltre, INRiM acquisisce due strumenti per la comunicazione quantistica: un sistema di Quantum Key Distribution Cerberis Blades della IDQuantique, progettato per l'integrazione della QKD su reti in fibra ottica e un sistema "trusted node" per test sull'Infrastruttura di Ricerca dell'estensione a lungo raggio delle tecniche di Quantum Communication e a crittografia ibrida classica/quantistica.

Infine, INRiM valuterà quali strumenti a propria disposizione ritiene sia opportuno trasferire nella nuova infrastruttura in una logica di razionalizzazione e abilitazione dei processi di lavorazione.

Il Politecnico di Torino acquisisce e insedia nella camera pulita quattro strumenti per la nanofabbricazione: un sistema di stampa polimerica sub-micrometrica a 2 fotoni; un sistema ICP-Reactive Ion Etcher con Helium Back-side cooling, end-point detector (dry etching di film sottili); un Dual-Beam FIB/E-beam Lithography (litografia avanzata); un 3D Measuring Laser Microscope (profilometria 3D non a contatto).

Inoltre, il Politecnico conferirà a Piquet una selezione delle proprie macchine già a disposizione, scelta in base all'utilità per lo sviluppo di filiere integrate di lavorazione.

L'università di Torino nel 2018 ha acquistato un Criostato Ottico che permette di porre i dispositivi micro/nanostrutturati per le comunicazioni quantistiche (per es. generatori o rivelatori di singolo fotone) in un

ambiente protetto a basso rumore ambientale. Attualmente, questo strumento è un'eccellenza in Italia ed è collocato all'INRiM in attesa della destinazione finale nella camera pulita.

In data 13 marzo 2018 Finpiemonte SpA ha comunicato che la domanda 321-12 – acronimo progetto: PiqueT presentata nell'ambito del bando di agevolazione finanziaria P.O.R FESR 2014/2020 – Asse I – azione I.1.a.1.5 – “INFRA-P Sostegno alle infrastrutture di ricerca considerate critiche/cruciali per i sistemi regionali” ha concesso il finanziamento richiesto, classificandosi con un punteggio di 111, superiore a quello minimo pari a 70 punti e posizionandosi terzo su un totale di 26 proposte, di cui 19 valutate ammissibili (primo classificato 113 punti, secondo 112).

Dettaglio progetto di investimento:

- Totale spesa presentata: € 6.000.000,00 (INRiM: € 3.800.000; POLITO: € 1.800.000; UNITO: € 400.000)
- Totale spesa ammessa: € 6.000.000,00 (INRiM: € 3.800.000; POLITO: € 1.800.000; UNITO: € 400.000)
- Contributo concedibile: € 3.000.000,00 (INRiM: € 1.900.000; POLITO: € 900.000; UNITO: € 200.000)

Per ottenere la concessione dell'agevolazione, è stato richiesto l'invio a mezzo PEC all'indirizzo finanziamenti.finpiemonte@legalmail.it il codice CUP rilasciato per il progetto e la nuova dichiarazione “Deggendorf” per il recupero degli aiuti illegali da parte della commissione europea.

La documentazione richiesta è stata inviata dall'amministrazione INRiM a Finpiemonte.

In data 28 marzo 2018 l'atto costitutivo dell'Associazione Temporanea di Scopo è stato sottoscritto davanti al notaio Andrea Ganelli dal Legale Rappresentante di ciascun Istituto: Diederik Sybolt Wiersma, presidente e legale rappresentante dell'INRiM; Guido Saracco, Rettore del Politecnico di Torino; GianMaria Ajani, Rettore dell'Università di Torino.

Il 29 Mar 2018 il Direttore Generale Dr. Moreno Tivan forma il Gruppo di Gestione Piquet (Ilaria Balbo - Project manager; Claudio Rolfo – STSA; Suele Zoppetti – Contratti; Davide Calonico – Coordinatore)

In data 10 aprile 2018 il progetto ha inizio formale.

Nel corso della primavera-estate 2018, INRiM sono state fatte opportune indagini di mercato per l'acquisizione della strumentazione scientifica prevista. In particolare, è stata richiesta la perizia di un professionista per la valutazione del costo dell'area di interesse e confermata con una Manifestazione di Interesse Revocabile le intenzioni dell'INRiM verso la proprietà dell'area, la società Torino Nuova Economia.

Il Gruppo di Gestione, in condivisione con il Direttore Generale e con la Dirigente Anna Galletti ha individuato i passi necessari delle diverse fasi dell'esecuzione del progetto (acquisizione strumenti, acquisizione area di intervento, lavori nell'area, stesura del capitolato della camera pulita, acquisizione della camera pulita) ed è stato proposto e condiviso la Gantt Chart.

Il Coordinatore di Progetto (D. Calonico) di concerto con il co-propennete (Luca Callegaro) costituisce un tavolo per l'elaborazione scientifica del progetto (formato da Giampiero Amato, Paola Tiberto, Luca Boarino, Ivo Pietro Degiovanni, Davide Calonico e Luca Callegaro) e uno tecnico per le questioni inerenti alla camera pulita e alle macchine da installare (formato da Natascia De Leo, Marco Coisson, Emanuele Enrico, Roberto Rocci, Giulia Aprile, Ivo Degiovanni, Davide Calonico) con il compito anche di confrontarsi con le controparti di Polito e Unito. Il tavolo tecnico elabora un primo layout della forma della camera pulita, e nell'estate-autunno 2018 chiede al Polito di indicare la lista di macchine che si possono mettere a disposizione per Piquet con relativa scheda tecnica per valutare le necessità tecniche delle medesime (carichi termici, assorbimento di energia, bisogno di gas e liquidi, ecc.) e procedere verso il capitolato della camera.

Il 9 novembre 2018 il Demanio esprime parere di congruità del prezzo stimato in perizia per l'acquisizione della sede di intervento.

Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare

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

di controllo sia alla tutela del consumatore.

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

Le due macro-aree d'interesse sono:

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

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

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

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

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

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

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

In data 12 febbraio 2018 Finpiemonte SpA ha comunicato che la domanda 321-32 – acronimo progetto: IMPreSA presentata nell'ambito del bando di agevolazione finanziaria P.O.R FESR 2014/2020 – Asse I – azione I.1.a.1.5 – “INFRA-P Sostegno alle infrastrutture di ricerca considerate critiche/cruciali per i sistemi regionali” è stata ammessa, avendo totalizzato un punteggio di 97, superiore a quello minimo pari a 70 punti e posizionandosi ottavo su un totale di 26 proposte, di cui 19 valutate ammissibili.

Dettaglio progetto di investimento:

- Totale spesa presentata: € 1.680.000,00
- Totale spesa ammessa: € 1.680.000,00
- Contributo concedibile: € 840.000,00

Per ottenere la concessione dell'agevolazione, è stato richiesto l'invio a mezzo PEC all'indirizzo finanziamenti.finpiemonte@legalmail.it il codice CUP rilasciato per il progetto e la nuova dichiarazione "Deggendorf" per il recupero degli aiuti illegali da parte della commissione europea. La documentazione richiesta è stata inviata dall'amministrazione INRiM a Finpiemonte.

Il codice Codice Unico di Progetto, che identifica un progetto d'investimento pubblico ai fini del funzionamento del Sistema di Monitoraggio degli Investimenti Pubblici (MIP) è E11I18000290005.

In data 19 Marzo 2018 l'atto costitutivo dell'ATS è stato sottoscritto davanti al notaio Andrea Ganelli dal Legale Rappresentante di ciascun Istituto: Diederik Sybolt Wiersma, presidente e legale rappresentante dell'INRiM; Maria Caramelli, direttore e legale rappresentante dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte; Riccardo Velasco, in qualità di direttore e legale rappresentante del Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'economia agraria – Centro di Ricerca Viticoltura-Enologia; Antonio Francesco Logrieco nella sua qualità di direttore e legale rappresentante del Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari; e Gian Paolo Accotto nella sua qualità di direttore e legale rappresentante del Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante.

In data 10 Aprile 2018 è stato concesso il contributo relativo alla realizzazione del progetto IMPreSA.

Come da comunicazione da parte del presidente di INRiM a Finpiemonte in data 26 Giugno 2018, è stato dato inizio al progetto IMPreSA in data 10/05/2018 e viene richiesto che venga erogata nella misura del 25% a titolo di anticipazione la somma di euro 210.000. La richiesta è approvata da Finpiemonte in data 27 Giugno 2018.

Nel corso della primavera 2018 sono state fatte opportune indagini di mercato per l'acquisizione della strumentazione scientifica prevista da IMPreSA e cioè

- Sistema ICP-MS (spettrometro di massa a quadruplo con sorgente di ioni al plasma accoppiato induttivamente) per l'analisi e quantificazione di metalli in matrici organiche, inorganiche e biologiche
- Sistema NMR (spettrometro a risonanza magnetica nucleare) con magnete a 600 MHz per la caratterizzazione strutturale di molecole organiche all'interno di materiali destinati all'imballaggio alimentare e in matrici alimentari e simulanti alimentari.
- Sistema HR-LC-MS (spettrometro di massa ad alta risoluzione accoppiato a cromatografia liquida) per analisi e quantificazione di molecole organiche con elevata risoluzione in massa
- Sistema GC-IRMS (spettrometro di massa con risoluzione isotopica accoppiato a un gascromatografo) per studi di provenienza di origine degli alimenti

Nell'autunno del 2018, dopo attenta valutazione delle prestazioni necessarie e dei costi della strumentazione, sono state avviate le prime due richieste di acquisto, per strumentazione protetta da diritti di esclusiva o considerata infungibile

In data 07/11/2018 è stata presentata la documentazione per la prima rendicontazione finanziaria.

In parallelo, sono stati avviati degli studi, in collaborazione fra le strutture tecniche, scientifiche e amministrativa e la dirigenza, per l'organizzazione degli spazi individuati per ospitare l'infrastruttura (2 piano della palazzina B, stanza 01b), in continuità con il laboratorio chimico, il laboratorio di spettroscopia vibrazionale e il laboratorio di biosicurezza classe II già sotto la responsabilità dell'SSO "Chimica-Fisica e nanotecnologie" (ex "Food Metrology") a cui afferisce IMPreSA.

La struttura tecnico –scientifica ha individuato i lavori necessari per rendere agibili i locali in funzione delle necessità di IMPreSA (linee gas, pareti mobili, pavimentazione, condizionamento aria, porte di sicurezza) e il project leader amministrativo sta organizzando la Gantt Chart.

4 – STATO DI ATTUAZIONE DELLE ATTIVITÀ RELATIVE AL 2018

4.1 - RICERCA E SVILUPPO: ATTIVITÀ E RISULTATI DI MAGGIOR RILIEVO CONSEGUITI NEL 2018

A supporto della ridefinizione del Sistema Internazionale delle unità, sono state riviste tutte le misurazioni del parametro reticolare, densità e composizione isotopica eseguite dall'International Avogadro Coordination utilizzando monocristalli di silicio altamente arricchiti dell'isotopo Si 28. La pubblicazione ha contribuito a formare la base di dati su cui ottimizzare i valori da attribuire (convenzionalmente) alle costanti di Avogadro e Planck per assicurare la continuità delle unità

Fujii, K. et al.: Avogadro constant measurements using enriched Si-28 monocrystals. Metrologia 55 (2018).

Fibre ottiche sottomarine sono state utilizzate per la prima volta per la disseminazione di segnali di riferimento di frequenza, evidenziando come sia possibile utilizzare questa tecnica anche per la rivelazione di terremoti. Questa ricerca seminale apre la strada ad un possibile utilizzo massiccio delle fibre per telecomunicazioni per realizzare una rete globale di monitoraggio dei terremoti sottomarini.

G Marra et al.: Ultrastable laser interferometry for earthquake detection with terrestrial and submarine cables Science, 03 Aug 2018, Vol. 61, Issue 6401, pp. 486-490.

Un orologio trasportabile è stato impiegato per misurare il potenziale gravitazionale di una località montana (un laboratorio situato all'interno del tunnel del Frejus) collegata all'INRiM attraverso una fibra ottica, dimostrando per la prima volta come orologi ottici possano venire utilizzati come strumenti geodetici.

J Grotti et al.: Geodesy and metrology with a transportable optical clock. Nature Physics 14, 437–441 (2018).

Le misure deboli rappresentano un paradigma della misura quantistica, con numerose possibili applicazioni, tra cui la determinazioni di parametri molto piccoli. In questo lavoro studiamo in dettaglio il caso in cui l'approssimazione di accoppiamento debole tra osservabile e pointer è valida.

F.Piacentini et al.: Investigating the effects of the interaction intensity in a weak measurement. Scientific Reports 8, 6959 (2018).

L'entanglement nel numero di fotoni dei twin beams è uno strumento fondamentale per la metrologia quantistica ottica. In questo lavoro si dimostra e discute tale vantaggio nel caso di misure di assorbimento, presentando una misura "ottimale".

E. Losero et al.: Unbiased estimation of an optical loss at the ultimate quantum limit with twin-beams. Scientific Reports 8, 7431 (2018).

I risultati di uno studio, pubblicato sulla rivista *Clinical Chemistry* (IF=8.6), che ha coinvolto diversi laboratori metrologici per dimostrare la riferibilità al Sistema Internazionale della tecnica digital PRC (dPCR) per la determinazione della concentrazione del numero di copie di DNA in una soluzione acquosa. L'impiego della tecnica dPCR riferibile permetterà l'implementazione e la standardizzazione delle procedure diagnostiche molecolari necessarie per i progressi nella medicina di precisione.

Whale, As; Jones, Gm; Pavšič, J; Dreio, T; Redshaw, N; Akyürek, S; Akgöz, M; Divieto, C; Sassi, Mp; He, Hj; Cole, Kd; Bae, Yk; Park, Sr; Deprez, L; Corbisier, P; Garrigou, S; Taly, V; Larios, R; Cowen, S; O'Sullivan, Dm; Bushell, Ca; Goenaga-Infante, H; Foy, Ca; Woolford, Aj; Parkes, H; Huggett, Jf; Devonshire, As, "Assessment of Digital PCR as a Primary Reference Measurement Procedure to Support Advances in Precision Medicine", CLINICAL CHEMISTRY, Volume: 64, Issue: 9, Pages: 1296 to 1307, 2018.

Lo studio, pubblicato sulla rivista *Free Radical Biology & Medicine* (IF=6), volto a studiare la reattività agli ultrasuoni (US) di una varietà di complessi metallo-porfirina, porfirina a base libera e Fe (III), Zn (II) e Pd (II) porfirina, analizzando la generazione di specie reattive dell'ossigeno (ROS) e i relativi effetti biologici. In particolare, i risultati di citotossicità qui riportati, che sono rispecchiati da dati ex-cellulo, confermano che il tipo di generazione di ROS ottenuto dall'attivazione mediante US di porfirine intracellulari è fondamentale per l'efficacia della distruzione di cellule tumorali.

Giuntini, Francesca; Foglietta, Federica; Marucco, Arianna M.; Troia, Adriano; Dezhkunov, Nikolai V.; Pozzoli, Alessandro; Durando, Gianni; Fenoglio, Ivana; Serpe, Loredana; Canaparo, Roberto, "Insight into ultrasound-mediated reactive oxygen species generation by various metal-porphyrin complexes", Volume: 121, Pages: 190 to 201, 2018.

Il lavoro di review, pubblicato sulla rivista *Cells* (IF=4.8), che discute il ruolo di biomateriali che integrano segnali istruttivi biochimici come strumento per la generazione efficace di cardiomiociti (CM) funzionali. Il lavoro descrive le principali popolazioni di cellule staminali e gli approcci di riprogrammazione indiretti e diretti per la medicina rigenerativa cardiaca. Inoltre, discute le principali tecniche per la caratterizzazione della

differenziazione delle cellule staminali e la riprogrammazione dei fibroblasti in CM. Un'altra sezione descrive i principali biomateriali studiati per la differenziazione delle cellule staminali e la riprogrammazione dei fibroblasti in CM.

Paoletti, Camilla; Divieto, Carla; Chiono, Valeria, "Impact of Biomaterials on Differentiation and Reprogramming Approaches for the Generation of Functional Cardiomyocytes", *Cells*, Volume 7, Issue 9, 2018.

L'analisi modellistica di dispositivi Hall miniaturizzati per la quantificazione di nanobead magnetici utilizzabili in applicazioni biomediche. Lo studio, pubblicato sulla rivista *IEEE Sensor Journal* (IF=2.6), è stato svolto mediante un modello fisico-numerico che fornisce la distribuzione spaziale del potenziale elettrico all'interno del dispositivo e dimostra l'esistenza di condizioni critiche per le quali il segnale di tensione Hall non è proporzionale al numero di particelle. In particolare, la risposta del sensore al numero di particelle risulta fortemente influenzata dalle interazioni dipolari magnetostatiche.

Manzin, Alessandra; Nabaei, Vahid; Ferrero, Riccardo, "Quantification of Magnetic Nanobeads With Micrometer Hall Sensors", *IEEE SENSORS JOURNAL*, Volume: 18, Issue: 24, Pages: 10058 to 10065, 2018.

Lo sviluppo di una nuova tecnica inversa per la ricostruzione in vivo delle proprietà elettriche di tessuti umani mediante misure di risonanza magnetica (MR-EPT), i cui risultati sono stati pubblicati sulla rivista *Inverse Problems* (IF=1.9). In particolare, viene proposta una variazione della tecnica di inversione della sorgente di contrasto che non necessita della misura della fase del segnale di B1+. L'algoritmo è stato testato su problemi realistici, verificando la sua robustezza rispetto al rumore di misura.

Arduino, Alessandro; Bottauscio, Oriano; Chiampi, Mario; Zilberti, Luca, "Magnetic resonance-based imaging of human electric properties with phaseless contrast source inversion", *INVERSE PROBLEMS*, Volume: 34, Issue: 8, Article Number: 084002, Published: AUG 2018.

L'analisi dei rischi di false decisioni causate dall'incertezza di dati di misura ambientali, relativamente alla determinazione di inquinanti ambientali è l'oggetto del lavoro pubblicato sulla rivista *Chemosphere* (IF=4.4). Lo studio dimostra che anche se la valutazione della conformità per ciascun inquinante ha successo, la probabilità totale di una decisione sbagliata riguardante l'insieme potrebbe essere ancora significativa.

Pennecchi, Francesca R; Kuselman, Ilya; da Silva, Ricardo J N B; Hibbert, D Brynn, "Risk of a false decision on conformity of an environmental compartment due to measurement uncertainty of concentrations of two or more pollutants", *CHEMOSPHERE*, Volume: 202, Pages: 165-176, 2018.

Lo studio del comportamento di energy harvesters a forza diretta basati su Fe-Ga, approfondendo la correlazione tra bias magnetico e meccanico. Sono state ricavate le equazioni della tensione e della potenza elettrica di uscita in funzione del bias magnetico. Si è scoperto che i punti di massima erogazione di potenza giacciono su rette nel piano bias magnetico – bias meccanico. Si è dimostrato inoltre che la massima potenza può essere estratta dall'harvester anche in presenza di un basso campo coercitivo. Infine i risultati sono stati validati sperimentalmente e pubblicati sulla rivista *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*.

Palumbo, S.; Rasilo, P.; Zucca, M., "Experimental investigation on a Fe-Ga close yoke vibrational harvester by matching magnetic and mechanical biases", *JOURNAL OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS*, Volume: 469, Pages: 354-363, JAN 1 2019.

Lo sviluppo di tecniche di misura e compensazione, volte a caratterizzare e migliorare le prestazioni metrologiche in presenza di armoniche dei trasformatori di corrente e tensione (CT e VT) impiegati nelle reti di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, è l'oggetto del lavoro pubblicato sulla rivista *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* (IF=2.8). I risultati sperimentali hanno mostrato che la tecnica impiegata assicura un miglioramento significativo delle prestazioni metrologiche di CT e VT.

Cataliotti, Antonio; Cosentino, Valentina; Crotti, Gabriella; Femine, Antonio Delle; Cara, Dario Di; Gallo, Daniele; Giordano, Domenico; Landi, Carmine; Luiso, Mario; Modarres, Mohammad; Tine, Giovanni, "Compensation of Nonlinearity of Voltage and Current Instrument Transformers", *IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT*, DOI: 10.1109/TIM.2018.2880060, Page(s): 1 – 11, 2018 (Early Access).

I risultati sperimentali riguardanti le misure di densità di ossido di deuterio ad alta pressione e in un ampio intervallo di temperature, mediante il metodo pseudo-isocoro, sono oggetto della pubblicazione comparsa sulla rivista *Journal of Chemical Physics Online* (IF=2.7). La densità dell'acqua pesante è stata misurata per temperature fino a 253 K e per pressioni fino a 163 MPa, quindi sia in stati stabili, sia in stati metastabili sovra-raffreddati, con un'incertezza relativa espansa pari a 0,04%.

Romeo, Raffaella; Lago, Simona; Albo, P. Alberto Giuliano, "Experimental densities of subcooled deuterium oxide at pressures up to 160 MPa", *JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS*, Volume: 149, Issue: 15, Article Number: 154503.

Lo studio pubblicato sulla rivista *Scientific Reports* (IF=4.5), volto a dimostrare come la scelta di un metodo adeguato per adattare le dimensioni e la posizione delle nanostrutture plasmoniche diventa fondamentale nella realizzazione di substrati per surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) impiegata in applicazioni bioanalitiche, al fine di incrementare sensibilmente il segnale, l'omogeneità e la riproducibilità.

Mandrile, L.; Giovannozzi, A. M.; Durbiano, F.; Martra, Gianmario; Rossi, Andrea Mario, "Rapid and sensitive detection of pyrimethanil residues on pome fruits by Surface Enhanced Raman Scattering", *FOOD CHEMISTRY*, Volume: 244, Pages: 16-24, Published: APR 1 2018.

Per quanto riguarda lo studio di *novel food*, è stato dimostrato come la tecnica *Fourier Transform Near Infrared spectroscopy imaging* (FT NIR) sia un metodo di screening rapido per il rilevamento e la quantificazione della presenza di farine prodotte a partire da insetti in alimenti per gli allevamenti animali. I risultati sono pubblicati sulla rivista *Food Chemistry* (IF=4.5).

Mandrile, Luisa; Fusaro, Ilaria; Amato, Giuseppina; Marchis, Daniela; Martra, Gianmario; Rossi, Andrea Mario, "Detection of insect's meal in compound feed by Near Infrared spectral imaging", *FOOD CHEMISTRY* Volume: 267, Special Issue: SI Pages: 240-245, Published: NOV 30 2018.

La realizzazione di un campione di riferimento potenzialmente, impiegabile come standard per la quantificazione della risoluzione spaziale nell'impiego della Tip-Enhanced Raman Spectroscopy (TERS) per analisi topografica e chimica con risoluzione su scala nanometrica, è descritta nella pubblicazione apparsa sulla rivista *RCS Advances* (IF=2.9).

Sacco, Alessio; Imbraguglio, Dario; Giovannozzi, Andrea M.; Portesi, Chiara; Rossi, Andrea Mario, "Development of a candidate reference sample for the characterization of tip-enhanced Raman spectroscopy spatial resolution", *RSC ADVANCES*, Volume: 8, Issue: 49, Pages: 27863-27869, Published: 2018.

Lo studio pubblicato sulla rivista *Metrologia* (IF=2.5) che riporta le misurazioni assolute della densità del vapore acqueo effettuate utilizzando un nuovo concetto di spettroscopia anulare della cavità con stabilizzazione della frequenza. Le frazioni molari di vapore acqueo sono state determinate con un'incertezza statistica di 0,6. Deviazioni sistematiche sono state identificate e attentamente quantificate, portando così a un'incertezza complessiva pari a 0,8.

Fasci, Eugenio; Dinesan, Hemanth; Moretti, Luigi; Merlone, Andrea; Castrillo, Antonio; Gianfrani, Livio, "Dual-laser frequency-stabilized cavity ring-down spectroscopy for water vapor density measurements", *METROLOGIA*, Volume: 55, Issue: 5, Pages: 662 to 669, 2018.

Lo studio, pubblicato sulla rivista *Metrologia* (IF=2.5) e frutto di una collaborazione con il National Research Council canadese (NRC), di un nuovo punto fisso (xenon), che si propone come alternativa al punto triplo del mercurio per la realizzazione della Scala Internazionale di temperatura ITS-90. Il confronto ha evidenziato una differenza tra la cella INRiM e NRC pari a (0.17 +/- 0.08) mK, con un'incertezza pari a 0.11 mK e 0.07 mK, rispettivamente per la cella INRiM e NRC.

Steuer, P. P. M.; Rourke, P. M. C.; Giraudi, D. "Comparison of xenon triple point realizations", *METROLOGIA*, Volume: 56, Issue: 1, Article Number: 015008, Published: FEB 2019.

Nel campo della nanofabbricazione per self-assembly di copolimeri a blocchi sono stati conseguiti interessanti risultati nella capacità di ordinare nanostrutture in modo direzionato mediante litografia laser e sfruttando strati di copolimeri a blocchi ultrasottili (2-15 nm) aumentando in questo modo sensibilmente le distanze di correlazione delle nanostrutture ordinate.

F. Ferrarese Lupi, T.J. Giammaria, A. Miti, G. Zuccheri, S. Carignano, K. Sparnacci, G. Seguini, N. De Leo, L. Boarino, M. Perego, M. Laus, *Hierarchical Order in Dewetted Block Copolymer Thin Films on Chemically Patterned Surfaces*. *ACS Nano* 12, 7076–7085 (2018).

Sono stati conseguiti risultati di rilievo nel campo dei memristor, dei dispositivi per memory switching e nell'emulazione di architetture di calcolo neuronale. La fabbricazione di un dispositivo di tipo memristivo a singolo nanofilo di ZnO cristallino con un contatto elettrico di composizione asimmetrica Platino-Argento, rappresenta un primo sistema modello per lo studio e l'emulazione delle sinapsi cerebrali, a cui seguiranno studi su reti di nanofili.

G. Milano, M. Luebben, Z. Ma, R. Dunin-Borkowski, L. Boarino, C. F. Pirri, R. Waser, C. Ricciardi and I. Valov, *Self-limited single nanowire systems combining all- in-one memristive and neuromorphic functionalities*, *Nature Communications*, 9, 5151 (2018) DOI: 10.1038/s41467-018-07330-7

I Quantum Hall array resistance standards (QHARSS) sono circuiti integrati composti di elementi Hall quantistici. Consentono la realizzazione dell'ohm per valori di resistenza qualsiasi. Gli autori hanno presentato

nel 2016 metodi di progetto efficienti per i QHARS; un problema aperto è una valutazione dell'accuratezza dei QHARS, il cui valore può essere alterato dalle resistenze di contatto e delle connessioni. Il lavoro affronta e risolve il problema con le moderne tecniche di analisi circuitale e espressione dell'incertezza con metodi Monte Carlo. Come esempio pratico, il metodo di analisi è applicato a un QHARS da 1 M Ω sviluppato dal National Metrology Institute of Japan.

M. Marzano, T. Oe, M. Ortolano, L. Callegaro, N.-H. Kaneko, "Error modelling of quantum Hall array resistance standards," Metrologia vol. 55, n. 2, p. 167 (2018).

I transistor realizzati con materiali 2D sono di grande interesse per l'elettronica per le loro potenzialità di integrazione, velocità di commutazione, ridotta potenza di esercizio. Nel lavoro viene caratterizzato un transistor in bisolfuro di molibdeno (MoS₂), con contatti in titanio che realizzano due giunzioni Schottky asimmetriche. Vengono studiate le caratteristiche elettriche e fotoelettriche del dispositivo, che mostra un'isteresi riconducibile alle peculiarità del MoS₂ impiegato come canale.

A. Di Bartolomeo, A. Grillo, F. Urban, L. Lemmo, F. Giubileo, G. Longo, G. Amato, L. Croin, L. Sun, S.-J. Liang, L. K. Ang, "Asymmetric Schottky Contacts in Bilayer MoS₂ Field Effect Transistors", Advanced Functional Materials vol. 28, n. 28 (2018).

La dinamica della magnetizzazione in fili sottili (1 nm) magnetici di larghezza variabile da 1-20 micron in presenza di una alta anisotropia perpendicolare rivela un comportamento complesso dovuto al pinning delle pareti originato dalla rugosità del bordo dei fili. Questo spiega le significative deviazioni dalle leggi universali del creep ottenibili in film estesi.

Liza Herrera Diez, Vincent Jeudy, Gianfranco Durin, Andrea Casiraghi, Yuting Liu, Michele Voto, Gillaume Agnus, David Bouville, Laurent Vila, Jürgen Langer, Berthold Ocker, Luis Lopez-Diaz, Dafiné Ravelosona, Phys. Rev. B, vol. 98, 054417 (2018)

I materiali magnetici dolci sono alla base dei sistemi di conversione dell'energia elettrica e per l'elettromeccanica. L'articolo di rassegna si concentra sulle proprietà dei materiali contemporanei e sulla possibilità di incrementare le future prestazioni, per una maggiore efficienza ed il risparmio energetico.

JM Silveyra, E Ferrara, DL Huber, TC Monson, "Soft magnetic materials for a sustainable and electrified world," Science 26 Oct 2018, Science vol. 362, Issue 6413, 2019.

Nel campo della fabbricazione di substrati per la spettroscopia Raman SERS, un tipo di spettroscopia ad altissima sensibilità per applicazioni bioanalitiche, è cruciale il controllo della posizione e la distribuzione degli hot spot ove il segnale viene aumentato dal contributo plasmonico. È quindi di fondamentale importanza scegliere un metodo di fabbricazione appropriato per adattare le dimensioni e la posizione delle nanostrutture plasmoniche, in modo da produrre substrati SERS con buona omogeneità, riproducibilità e un incremento significativo del segnale.

Influence of the long-range ordering of gold-coated Si nanowires on SERS, E. Cara, L. Mandrile, F. Ferrarese Lupi, A. Giovannozzi, M. Dialameh, C. Portesi, K. Sparnacci, N. De Leo, A. Mario Rossi, L. Boarino. Scientific Reports, 8, 11305 (2018)

4.2 - RUOLO ISTITUTO METROLOGICO PRIMARIO: ATTIVITÀ E RISULTATI DI MAGGIOR RILIEVO CONSEGUITI NEL 2018

Link in fibra ottica: messa in funzione del link in fibra ottica per la disseminazione di riferimenti primari ottici di tempo e frequenza. Il link collega Torino, Milano, Bologna, Firenze, Roma, Napoli e Matera.

Confronto internazionale: conclusione del confronto CCQM P184 "Copy number concentration and fractional abundance of a mutation (SNV or INDEL) mixed with wild-type DNA", dove si sono sviluppate le capacità di misura del numero di copie di DNA mediante tecnica ddPCR; analisi statistica dei dati del confronto CCQM P123 "Number and geometric property of cells adhered to a solid substrate". Avvio della messa in qualità, secondo normativa ISO 17025, delle procedure tecniche per la preparazione e l'analisi di campioni per misure di densità cellulare e confluenza (applicazioni nell'ambito IVD).

Confronto internazionale: conclusione del confronto chiave CCQM-K120b "Ambient CO₂" con la pubblicazione del rapporto finale. Il confronto ha richiesto la preparazione di miscele di CO₂ in aria, con requisiti stringenti sulla composizione della matrice e sull'incertezza nella determinazione della frazione molare di CO₂.

Confronto internazionale: uscita del rapporto finale del confronto chiave CCQM-K131 "Mass fraction of organic calibration solution". Il confronto è stato volto a dimostrare la capacità dei laboratori partecipanti nel determinare la frazione di massa di composti organici con massa molecolare da 100 Da a 500 Da in soluzioni

multicomponente da 100 µg/kg a 100 mg/kg.

Confronto internazionale: pubblicazione del Draft B del confronto EURAMET.EM-S37 "Comparison of Instrument Current Transformers". Il confronto è basato sulla misura dell'errore di rapporto e d'angolo di trasformatori di corrente operanti nel campo (4 - 10) kA/5 A, esplorando variazioni della corrente primaria nel campo (1 - 120) % del valore nominale.

Confronto internazionale: coordinamento di un confronto supplementare (bilaterale con Tubitak UME - TK) per la misura dei parametri richiesti per la realizzazione di scale temperatura di radianza tra 150 °C e 1100 °C. E' stato preparato e registrato al BIPM il protocollo del confronto ed è stata eseguita la caratterizzazione del termometro campione di trasferimento INRiM TS1.

Confronto internazionale: sono stati pubblicati sul key comparison database del BIPM (KCDB) e sulla rivista Metrologia gli esiti del confronto Euramet.T-K1, organizzato dal PTB (G) sulle realizzazioni della ITS-90 da 2.6 K a 24.5561 K con l'utilizzo di termometri a resistenza di rodio-ferro. Tale risultato consentirebbe all'INRiM di estendere le CMC dall'attuale limite inferiore di 24.56 K a 4 K.

Confronto internazionale: sono stati pubblicati sul key comparison database del BIPM (KCDB) e sulla rivista Metrologia gli esiti del confronto Euramet.T-S4, coordinato dall'NPL, per la misura dei parametri richiesti per l'approssimazione della ITS-90 con tecniche di termometria a radiazione nel campo di temperatura da 156 °C a 962 °C. I risultati ottenuti dall'INRiM sono in perfetto accordo con il valore medio di riferimento.

Confronto internazionale: pubblicazione dei risultati del confronto "An international comparison of phase angle standards between the novel impedance bridges of CMI, INRiM and METAS", M Ortolano, L Palafox, J Kučera, L Callegaro, V D'Elia, M Marzano, L. Palafox, J. Kučera, L. Callegaro, V. D'Elia, M. Marzano, F. Overney, G. Gülmez, Metrologia 55 (4), 499, svolto nell'ambito del progetto EMRP Aim QuTE.

Confronto internazionale: EMPIR 16NRM04 MagnASand: proprietà magnetiche di nanoparticelle magnetiche in soluzione liquida; è stata condotta un'attenta analisi dei metodi di misura esistenti e documentati in letteratura per la determinazione delle proprietà magnetiche più rilevanti di nanoparticelle in soluzione liquida. A seguito dell'analisi, tre grandezze principali sono state selezionate (momento magnetico ad alto campo, suscettività magnetica in alternata, potenza specifica dissipata). Si è quindi iniziato a lavorare ad una checklist, secondo l'impostazione richiesta dall'ISO/TC 229, con l'obiettivo di arrivare a stabilire se sia possibile trasferire in una norma tecnica la procedura di misura di tali grandezze per sistemi di nanoparticelle magnetiche in soluzione liquida.

Confronto internazionale EURAMET-COOMET. confronto sulle capacità di misura della perdita di energia in materiali ferromagnetici orientati e non orientati (lamierini Epstein e tori), in conformità con la norma IEC 60404-2, tra i seguenti istituti: UNIIM (Russia). PTB (Germania), CMI (Repubblica ceca), INRiM (Italia), NPL (UK). Il Rapporto finale è stato pubblicato su Metrologia 55 (1A), Technical Supplement, 01006 (2018): "1337 EURAMET.EM.M.S2 Supplementary comparison of national standard facilities in the field of measuring the polarization and specific total power loss in soft magnetic materials". M. Albrecht, M. A. Malygin, J. Kupec, M. Ulvr, C. Appino, M. Hall, S. Turner.

4.3 - KNOWLEDGE TRANSFER: ATTIVITÀ E RISULTATI DI MAGGIOR RILIEVO CONSEGUITI NEL 2018

Formazione per NMI estero: training di personale dell'ente metrologico georgiano (GeoSTM) nell'ambito del Twinning Contract "Support to Georgian National Agency for Standards and Metrology for further implementation of the EU - Georgia DCFTA requirements". Gli argomenti trattati durante il corso sono stati: bilancio di incertezza relativo alla misura della potenza emessa da un trasduttore ultrasonoro, realizzazione del programma semiautomatico per la misura del valore di conduttanza del trasduttore ultrasonoro.

Brevetti: deposito di una proposta di brevetto italiano, insieme a POLITO e UNITO, dal titolo "Agente sonosensibilizzante e suo metodo di attivazione".

Attività di servizio: Messa in funzione di un *gas-controlled heat pipe*, presso il laboratorio di taratura del politecnico di Torino, centro LAT 139.

Formazione per NMI esteri: nell'ambito del progetto EMPIR 17RPT04 VersiCaL, INRiM ha organizzato un evento di formazione e ospitato diversi ricercatori di NMI esteri (un ricercatore per un periodo di 2 mesi) nell'ambito della metrologia dell'impedenza elettrica con ponti digitali.

Eventi tenuti in occasione della 26^{ao} Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM), che si è tenuta a Versailles (13 - 16 novembre 2018) per la ridefinizione di quattro delle sette unità di misura fondamentali del Sistema Internazionale (SI).

- Intervista video, 6 marzo 2018: 2018, un anno... “smisurato” (in collaborazione con Triwù);
- “Linguaggi della Scienza”, incontri con le scolaresche presso la Casa delle Letterature di Roma, 10-11 aprile 2018 (in collaborazione con Triwù);
- INRiM Open Day “Vola chi misura” per la giornata mondiale della metrologia, 20 maggio 2018: apertura dei laboratori, 800 visitatori;
- Conferenza di Pier Giorgio Odifreddi “La misura delle cose, da Eratostene a Verne”, 20 maggio 2018;
- Trasmissione radiofonica “2 pesi 2 misure” di Radio 24, 25 puntate fra luglio e agosto 2018 (in collaborazione con Triwù);
- EURAMET Communications Workshop, 25-26 ottobre 2018;
- Conferenza-spettacolo “2019: un anno smisurato”, Festival della Scienza di Genova, 29 ottobre 2018” (in collaborazione con Triwù);
- Conference “Redefining the measurement units”, held by Luca Callegaro, Politecnico di Milano, 18 novembre 2018;
- Conferenza stampa di presentazione della ridefinizione delle unità SI, 20 novembre 2018, Roma;
- Conferenza “La revisione del Sistema Internazionale di unità di misura prevista nel 2019”, tenuta da Vittorio Basso, Politecnico di Milano, 5 dicembre 2018.

4.4 – RISULTATI 2018 E CONFRONTO CON ANNI PRECEDENTI

Nelle tabelle successive sono presentati alcuni indicatori di produzione scientifica e tecnologica al 31 dicembre 2018.

I relativi dati analitici - con il dettaglio sui prodotti realizzati dalle Divisioni - sono riportati a parte nel fascicolo “*Risultati e dati 2018*”.

I prodotti INRiM sono stati suddivisi nelle tre seguenti categorie:

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

Tabella 6 – Pubblicazioni nel periodo 2016-2018

Descrizione	2016				2017				2018			
		S	NMI	KT		S	NMI	KT		S	NMI	KT
Volumi	2	-	2	-	-	-	-	-	3	1	1	1
Articoli su riviste ISI (per 2018: IF medio¹= 4.1)	143	131	11	1	153	123	23	7	146	114	26	6
Altri articoli su riviste e capitoli di libro	17	13	2	2	21	7	3	11	30	14	7	9
Articoli su atti di congresso	108	101	6	1	35	22	9	4	42	24	15	3
Rapporti tecnici	40	18	17	5	30	12	9	9	23	8	13	2
Totali	310	263	38	9	239	164	44	31	244	161	62	21

¹ IF medio 2017: 4.1; IF medio 2016: 3.06.

La successiva Tab. 7 riporta i dettagli di ripartizione delle pubblicazioni 2018.

Tabella 7 – Distribuzione delle pubblicazioni 2018

Descrizione	MF			MQV			NM			STALT			OTHER	TOT		
	S	NMI	KT	S	NMI	KT	S	NMI	KT	S	NMI	KT		S	NMI	KT
Volumi	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1		1	1	1
Articoli su riviste ISI con IF	22	11	3	30	4	-	53	5	1	9	6	2		114	26	6
Altri articoli e capitoli di libro	1	1	2	8	-	-	2	1	3	3	5	2	2 (KT)	14	7	9
Articoli su atti di congresso	7	3	2	13	4	-	1	3	-	3	5	1		24	15	3
Rapporti tecnici	-	2	-	-	6	-	3	1	-	5	4	1	1	8	13	2
Totali	31	17	7	51	14	-	59	10	4	20	21	7	3	161	62	21

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

Tabella 8 - Knowledge transfer - altri prodotti di valorizzazione applicativa

Descrizione	2016			2017			2018		
	S	NMI	KT	S	NMI	KT	S	NMI	KT
Progetti di ricerca attivi nell'anno	56	19	16	56	10	18	61	11	24
di cui nuovi	12	2	10	23	1	7	21	3	14
Brevetti ³ depositati in Italia o all'estero			3	-	-	1			-
Estensioni di brevetto all'estero			-	-	-	-			1
Certificati di taratura e misura		2.056			1.842			1.882	
Rapporti di prova		65			33			27	
Relazioni ILC emesse (INRiM Proficiency Testing Provider)						102			145
Altri documenti tecnici		94			111			198	
CMC pubblicate sul KCDB del BIPM		415			406			402	
Laboratori accreditati ⁴		178			185			196	
Procedure di taratura		245			224			245	
Documenti e procedure del Sistema Qualità		25			23			33	
Confronti chiave e internazionali		52			46			33	
On site peer review visits (di NMI stranieri)		1			1			1	
Progetti di strumenti, apparati o impianti	4	3	-	11	2	-	10	5	-
Manufatti e realizzazioni di rilievo	11	5	1	10	2	1	6	7	3

Tabella 9 - Knowledge transfer - formazione

Descrizione	2016	2017	2018
	KT	KT	KT
Dottorati (triennali) attivati nell'anno	11	4	7
Tesi concluse nell'anno (dottorato)	8	10	14
Tesi concluse nell'anno (II livello)	6	9	20
Tesi concluse nell'anno (I livello)	15	15	17
Ricercatori stranieri presso INRiM (mesi-persona)	3,5	26,5	29
Ricercatori INRiM all'estero (mesi-persona)	1	16,5	30
Seminari INRiM di esperti interni	1	-	-
Seminari INRiM di esperti esterni	13	20	22
Corsi di formazione per esterni ed interni	7	2	8
Organizzazione congressi, convegni e riunioni tecniche	23	19	25
Eventi scientifico - divulgativi	130	135	26
Media communications			153
Eventi, comunicati stampa e interviste per ridefinizione SI			113

³ 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".

⁴ Laboratori accreditati dal Dipartimento ACCREDIA-DT con il supporto tecnico dell'INRiM.

5 – RISORSE DI PERSONALE PER L'ATTIVITÀ SCIENTIFICA

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

Tabella 10 - Personale TI (al 31/12/2018)

Div	Dir R&Tcnl	Primi R&Tcnl	R&Tcnl	Tecnici	Ammin.	TOT
DIREZIONE SCIENTIFICA	8	25	50	27	3	113
STALT	2	5	12	27	-	46
Tot 2018	10	30	62	54	3	159
Tot 2017	9	25	60	53	4	151
Tot 2016	11	25	56	52	3	147
Tot 2015	9	26	52	54	3	144

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

Tabella 11 – Altro personale

Altro Personale	Personale in servizio al 31-12-2018	Tipologia fonte di finanziamento	
		NON FOE	FOE
Assegnisti	33	33	-
Borsisti	2	2	-
Totale	35	35	-

PARTE 2 – Schede di attività

1 – Direzione scientifica

Direttore scientifico: Maria Luisa Rastello

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

<i>Personale</i>	<i>TPE</i>
Maria Luisa Rastello	0,80
Giovanni Mana	0,25
Luca Callegaro	0,40
Oriano Bottauscio	0,20

La Direzione Scientifica è composta dal Direttore Scientifico e dal Consiglio di Direzione, del quale fanno parte i Responsabili di Divisione e un pari numero di membri eletti dalla comunità scientifica e tecnica dell'ente (come da artt. 13 e 15 del nuovo Statuto dell'INRiM ai sensi del DLgs n. 218 del 25/11/2016).

La composizione del Consiglio di Direzione nel 2018 è stata la seguente:

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

Il responsabile di STALT è intervenuto alle riunioni come invitato permanente, prima nella persona di Vito Fernicola (fino a marzo 2018) e poi, a seguito dell'elezione del Dott. Fernicola nel Consiglio di Amministrazione, nella persona dell'Ing. Sandro Balsamo (nominato responsabile ad interim della struttura dal 27 marzo 2018 fino al 31 dicembre 2018).

Nel 2018 il Consiglio di Direzione ha tenuto 12 riunioni.

CAMPI DI ATTIVITÀ

Le Divisioni in cui si è strutturata la Direzione Scientifica nel 2018 sono 3:

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. La divisione si articola nei seguenti programmi:

- MF1: Interferometria
- MF2: Tempo e Frequenza
- MF3: Ottica Quantistica

Metrologia per la Qualità della Vita (QV) - 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 biomedica 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. La divisione si articola nei seguenti programmi:

- QV1: Metrologia Biomedica
- QV2: Metrologia per l'energia e l'ambiente
- QV3: Metrologia Alimentare
- QV4: Metrologia della temperatura

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. E' articolata nei seguenti programmi:

- NM1: Dispositivi superconduttivi e campione di tensione
- NM2: Metrologia dell'ampere
- NM3: Nanomagnetismo
- NM4: Materiali funzionali
- NM5: Fotonica

La presentazione dei risultati nelle schede di Divisione riportate di seguito si riferisce ai Programmi definiti nel Piano Triennale 2018-2020. In generale, i risultati raggiunti sono in buon accordo con i risultati attesi.

Distribuzione del personale per struttura

I dati relativi al personale delle Divisioni e della Segreteria Scientifica sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 12 - Personale TI distribuito nelle Divisioni (al 31/12/2018)

Div	Dir R&Tcnl	Primi R&Tcnl	R&Tcnl	Tecnici	Ammin.	TOT
MF	3	8	17	9		37
QV	2	9	16	7		34
NM	3	8	16	11		38
STALT	2	5	12	27		46
Segr. Sci.			1		3	4
Tot 2018	10	30	62	54	3	159
Tot 2017	7	21	48	26	3	105
Tot 2016	8	21	46	25	3	104

Hanno continuato ad operare le unità distaccate di Radiochimica e Spettroscopia presso il Dipartimento di Chimica Generale dell'Università di Pavia (che afferisce alla divisione Metrologia Qualità della Vita) e di "Intrappolamento laser di ioni e molecole" presso il Laboratorio Europeo di Spettroscopia Non Lineare (LENS) di Sesto Fiorentino (che afferisce alla divisione Metrologia Fisica).

Distribuzione delle risorse umane per tipologia di attività

Nelle tabelle in testa a ciascun programma è rappresentata la distribuzione del personale tra R&S (Scientific Work), NMI Work (mantenimento, *upgrading*, confronti internazionali e collaborazione in organismi metrologici internazionali, disseminazione e supporto a STALT), Terza Missione (Knowledge Transfer) e altre attività (gestionali e di supporto a qualità, sicurezza e normazione) specifiche di ogni programma. L'attività classificata come Scientific Work è in gran parte indirizzata alla metrologia come sviluppo di nuovi campioni e di nuovi metodi di misura, e alle attività di ricerca di base in genere; mentre, come NMI Work si è inteso evidenziare il complesso di altre attività tecnico-scientifiche che danno origine a "prodotti" specifici di un istituto nazionale di metrologia.

La distinzione tra R&S (Scientific Work), NMI Work e Terza Missione è stata adottata su indicazione del Comitato di Valutazione, come riportato nel documento "Evaluation of Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica 2013". La distinzione è stata recepita dall'Anvur, che ha messo in valutazione le attività di Terza Missione attraverso la compilazione della Scheda Unica Annuale della Ricerca Dipartimentale (SUA-RD) e dal MIUR che ha introdotto apposite schede per la ricerca istituzionale (NMI Work) e per le attività di Terza Missione (Knowledge Transfer Work) nella documentazione del Piano Triennale.

Complessivamente nelle tre Divisioni, la distribuzione 2018 delle risorse umane per tipologia di attività è riportata nel seguente grafico; il dettaglio è invece riportato nelle tabelle successive.

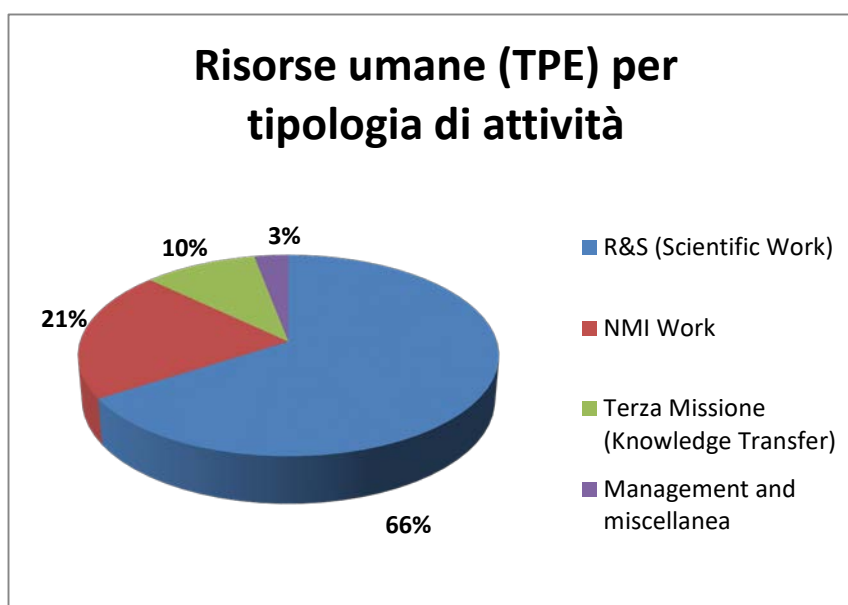


Tabella 13 – Divisioni: risorse umane (TPE) per tipologia di attività

Div	R&S (Scientific Work)	NMI Work	Terza Missione (Knowledge Transfer Work)	Management and miscellanea	Totale
MF	45,10	6,85	4,35	1,40	57,70
MQV	36,10	10,85	4,55	1,70	53,20
NM	45,35	5,05	3,15	0,60	54,15
STALT	19,62	21,50	10,90	2,93	54,95
Totale	146,17	44,25	22,95	6,63	220,00
%	66%	21%	10%	3%	100%

SEGRETERIA SCIENTIFICA

Responsabile: Maria Luisa Rastello

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

<i>Personale</i>	<i>TPE</i>
Lucia Bailo	1
Michela Borla	0,80
Claudia Rota	1
Marina Sardi	1

Attività e risultati conseguiti

Documenti ministeriali

Nel 2018 la Segreteria Scientifica ha prodotto, con il contributo delle Divisioni, i tre seguenti documenti:

- Risultati e dati 2017: è il documento di lavoro della Direzione Scientifica che censisce nel dettaglio i prodotti dell'Istituto, distinguendoli nelle tre categorie "Scientific Work" (risultati prodotti nel campo Ricerca e Sviluppo), "NMI Role Work" (risultati conseguiti nell'ambito della missione NMI propria dell'INRiM) e "Knowledge Transfer Work" (risultati connessi alle attività di terza missione, ovvero al trasferimento delle conoscenze verso l'industria e verso la società più in generale).
- Piano Triennale di Attività 2018-2020: rappresenta la programmazione triennale dell'Ente e viene richiesto annualmente dal MIUR, che fornisce alla Direzione Scientifica le linee guida per la sua compilazione.
- Relazione Consuntiva di attività scientifica 2017: costituisce la sintesi dei risultati scientifici conseguiti dall'Istituto nell'anno, ricavati da "Risultati e dati 2017" e interpretati alla luce della programmazione triennale dichiarata nel Piano Triennale di riferimento.

Per la compilazione dei tre documenti ci si è avvalsi, oltreché dei contributi delle Divisioni e della supervisione del Direttore Scientifico, anche del supporto degli uffici amministrativi e del Servizio Gestione Qualità, con i quali si intrattiene un costante rapporto di collaborazione.

Database IRIS

La Segreteria Scientifica gestisce, in qualità di amministratore INRiM, il database IRIS, dedicato alla raccolta delle pubblicazioni dell'Istituto e divenuto quindi l'Institutional Repository dei prodotti della ricerca; la gestione del database ha comportato diversi compiti quali:

- la "pulizia" periodica del database allo scopo di eliminare i prodotti duplicati per errore o non correttamente inviati a loginmiur attraverso gli automatismi previsti dal software;
- il supporto al personale ricercatore e tecnologo per le operazioni di inserimento, modifica e cancellazione dei prodotti;
- l'aggiornamento dell'utenza, in considerazione degli avvicendamenti legati a pensionamenti e nuove assunzioni;
- contatti costanti col Customer Portal Cineca per la risoluzione di problemi di varia natura;
- la partecipazione a Webinar sull'utilizzo dell'Institutional Repository e sulle eventuali nuove implementazioni;
- la partecipazione al Focus Group del Cineca, dedicato agli enti che usufruiscono di Iris, allo scopo di condividere problematiche e proporre modifiche al database.

Database loginmiur

Il database Loginmiur è la piattaforma Cineca attraverso cui il MIUR rileva i dati relativi ai ricercatori italiani (curriculum vitae, esperienze professionali e pubblicazioni) e li utilizza per fini diversi (partecipazione ai PRIN, Valutazione della Qualità della Ricerca, Abilitazione Scientifica Nazionale, etc...). Il database è strutturato in modo che ciascun ricercatore si possa iscrivere autonomamente e possa inserire nella propria pagina personale tutte le informazioni che ritenga necessarie o utili per la sua professione.

La Segreteria Scientifica, a partire dal 2018, si è assunta il compito di amministrare la parte relativa alle esperienze professionali, certificando di volta in volta le esperienze inserite dai singoli o inserendole direttamente se non presenti. L'aggiornamento costante di questi dati è necessario in previsione della partecipazione dell'Istituto alle attività di valutazione future.

Coordinamento con gli Uffici Amministrativi e supporto al Direttore Scientifico e al personale delle Divisioni

La Segreteria Scientifica si occupa anche di gestire il flusso di tutte le pratiche che necessitano la validazione/firma dei responsabili di Divisione, fino alla loro consegna in Amministrazione.

In particolare, viene fornito un importante supporto al personale scientifico e tecnico per tutto quello che concerne la preparazione della documentazione amministrativa di competenza del Direttore Scientifico. Tale supporto comporta una continua attività di comunicazione e collaborazione col Direttore Scientifico e i Responsabili di Divisione.

Gestione elenchi del personale

Un'attività fondamentale è costituita dalla raccolta delle informazioni relative al personale attivo in istituto, sia stabilizzato che precario, attraverso la costituzione e il costante aggiornamento di elenchi utili per le attività delle Divisioni.

Segreteria di concorsi pubblici

La Segreteria Scientifica si è fatta carico nel 2018, attraverso lo svolgimento della funzione di Segretari di Concorsi Pubblici, di 14 Bandi di Concorso INRiM. Le mansioni di Segretario comportano il prendersi cura di tutte le procedure gestionali e logistiche che accompagnano i lavori delle Commissioni dalla loro costituzione, attraverso lo svolgimento delle riunioni fino all'espletamento delle prove concorsuali e alla conclusione del procedimento, che si perfeziona con la verbalizzazione di tutte le fasi del concorso.

Certificati di taratura e documentazione ILC

La Segreteria scientifica ha curato l'archiviazione di tutti i certificati di taratura e prova emessi dalle Divisioni; i certificati sono stati seguiti a partire dalla firma dei responsabili di Divisione fino alla trasmissione della copia cartacea all'Amministrazione e del file allo sperimentatore ed all'assistente della Qualità.

A partire da settembre 2018, la Segreteria Scientifica si è inoltre occupata della gestione dei documenti relativi alle attività di Confronti interlaboratorio (ILC) organizzati dall'INRiM in qualità di Proficiency Testing Provider (PTP), facendosi carico della loro archiviazione e della registrazione di tutti i dati necessari ai fini consuntivi.

Bandi di concorso o pratiche di proroga/rinnovo del personale non strutturato

Nel corso dell'anno sono state raccolte e curate sia le richieste di attivazione, sia le richieste di proroga/rinnovo del personale con contratto a tempo determinato, assegni di ricerca e borse ad affidamento diretto attraverso la raccolta della modulistica, delle autorizzazioni e delle relazioni di attività svolte con la successiva archiviazione della documentazione sia in formato cartaceo che elettronico.

Inoltre sono state gestite le pratiche per il conferimento dell'associazione con incarico di ricerca all'Istituto; il conferimento è disposto dal Direttore Scientifico, sentito il parere del Consiglio di Direzione.

Sistema GUADO

Anche nel 2018 la Segreteria Scientifica ha gestito, implementato e controllato le richieste di acquisto delle tre Divisioni e dello STALT inserite nel database GUADO, fornendo un prezioso supporto a tutto il personale e facendo da collegamento tra la Direzione scientifica, l'Amministrazione e i Sistemi informatici.

Segreteria del Consiglio di Direzione

La Segreteria Scientifica ha svolto le mansioni specifiche di segreteria del Consiglio di Direzione, nella distribuzione, tenuta e cura dei documenti del CdD e nella stesura dei verbali delle riunioni con la loro pubblicazione sul sito INRiM.

Public engagement

Le attività di Public Engagement di cui si occupa la Segreteria scientifica riguardano in particolare le visite ai laboratori da parte di scuole e privati.

Nel 2018 l'INRiM ha partecipato alle "Settimane della Scienza" (2,3,4,7,8 maggio e 12 giugno), organizzando, in collaborazione con Associazione Centroscienza Onlus di Torino, le visite ai propri laboratori di ricerca. I laboratori hanno accolto scuole (di diverso ordine e grado, nonché provenienti da diverse Regioni) e privati, per un totale di circa 500 visitatori. L'iniziativa ha riguardato 18 laboratori di diversa estrazione e ha coinvolto circa 60 persone dell'Istituto (tra ricercatori, tecnici e amministrativi) nei compiti di divulgazione delle attività di ricerca e di orientamento dei visitatori.

E' stato organizzato anche l'evento "Bambini e bambine: un giorno all'università", dedicato alle visite delle scuole primarie e realizzato in collaborazione con ITER (Comune Torino) e Agorà Scienza. L'evento, il cui scopo è il coinvolgimento e la sensibilizzazione dei cittadini del futuro sulle tematiche scientifiche, si è svolto nei giorni tra il 13 e il 15 marzo e ha riguardato circa 300 visitatori. Sono stati utilizzati 9 laboratori e coinvolte 25 persone (tra ricercatori, tecnici e amministrativi) nei compiti di presentazione delle attività di ricerca e di orientamento dei visitatori.

Altre visite da parte di scuole sono state organizzate singolarmente, a cura della sola Segreteria Scientifica, nel corso dell'anno, accogliendo circa 700 studenti e coinvolgendo il personale dell'INRiM per un totale di 36 persone.

Un altro evento che ha visto il coinvolgimento del pubblico a scopo divulgativo è il seminario *"La scienza nella formazione e nella comunicazione: media, scuola e comunità scientifica a confronto"*, che si è svolto in collaborazione con Ce.Se.Di (Centro Servizi Didattici di Torino) e si rivolge agli insegnanti al fine di promuovere corsi sperimentali per la formazione nella scienza della misura,

Formazione Continua

Poiché la metrologia fa parte dei programmi scolastici ed è propedeutica e complementare a diversi insegnamenti, per quanto attiene la formazione continua si sono svolti incontri per gli insegnanti delle scuole di ogni ordine e grado avente come tema la formazione e la pratica educativa della metrologia. Il corso, alla sua settima edizione, viene proposto con il sostegno dell'USR Piemonte e in collaborazione con Ce.Se.Di, ente formativo della Città Metropolitana di Torino che ogni anno organizza corsi di aggiornamento per insegnanti e attività per studenti, pubblicizzandoli mediante un catalogo on-line. Un Protocollo di Intesa a triplice firma di durata biennale è attivo con questi enti.

Quest'anno il corso, che segue il calendario scolastico, si è aperto con un evento legato alla divulgazione scientifica in rapporto al coinvolgimento della scuola e del mondo della ricerca; poi sono stati proposti ai docenti tre seminari su scienza della misura, sistema SI, incertezza e riferibilità ed una conferenza di approfondimento sul tema Misure e salute. Gli esperimenti allestiti nell'aula didattica di corso Massimo d'Azeglio, svolti prima dai docenti, verranno poi presentati anche agli studenti. Il materiale prodotto durante tutte le attività (seminari, schede esperimenti) è stato poi pubblicato sul sito INRiM.

Nell'ambito del progetto "Mirafiori- la scuola con la marcia in più", è stata svolta per il secondo anno un'attività didattica presso le scuole di quartiere con la collaborazione di alcuni ricercatori.

Alternanza scuola-lavoro

L'alternanza scuola-lavoro ha visto un consolidamento con l'attivazione nel 2018 di circa 45 tirocini per studenti di licei, istituti tecnici, licei economici, tutti inseriti in alternanza scuola-lavoro, secondo la Legge 107/2015. Tutta l'organizzazione del tirocinio è stata seguita curando i rapporti con gli uffici amministrativi delle scuole, gli insegnanti, la verifica dei requisiti previsti dal Servizio Prevenzione e i contatti con i colleghi per la collocazione presso i laboratori e gli uffici.

Un altro progetto di alternanza scuola-lavoro è quello di ASL veicolato dal CESEDI, che è stato realizzato con l'Istituto Gobetti Marchesini coinvolgendo 12 studenti del corso di TECNOLOGIE Ambientali che hanno realizzato a turno le esperienze del corso insegnanti, per un totale di 20 ore; al termine hanno presentato ai compagni i risultati del loro lavoro nell'ambito del trasferimento peer to peer, per poi trascorrere nel periodo estivo 15 gg in stage presso i laboratori dell'INRiM.

Sono stati presentati i tirocini a INFOSTAGE 18 del Politecnico e alla facoltà di Fisica di UNITO.

Documentazione e dati dottorati di ricerca e Scuola di Dottorato di Ricerca in Metrologia del Politecnico di Torino

Nel 2018 si è provveduto alla predisposizione e tenuta dei dati, sia in formato cartaceo sia informatico, relativi al Dottorato di Ricerca in Metrologia del Politecnico di Torino; si è inoltre partecipato alle riunioni della Scuola di Dottorato con il compito di predisporre i relativi verbali.

Si sono calendarizzate le attività previste per lo svolgimento del Dottorato e si sono mantenuti i contatti con la Scuola di Dottorato del Politecnico per un migliore svolgimento dei lavori.

Divisione Metrologia Fisica

Responsabile: Giovanni Mana

Risorse umane (TI + TD) al 31/12/2018

Ricercatori e Tecnologi: 30 Tecnici: 9

Ulteriori risorse umane

Assegnisti, Borsisti e Dottorandi: 28. Associati e incarichi: 3

Articolazione delle attività

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.

I programmi di attività e le linee di sviluppo generali sono indicati nello schema seguente:

PROGRAMMA	
MF1: interferometria (Enrico Massa)	Il programma sviluppa tecnologie interferometriche ottiche e X per misure dimensionali e angolari. Opera nei campi della geodesia, dell'interferometria nello spazio, della determinazione delle distanze interatomiche nei cristalli, della misura di costanti fondamentali, della ridefinizione del kilogrammo contando atomi di silicio.
MF2: tempo e frequenza (Filippo Levi)	Il programma realizza le unità SI di tempo e frequenza (s e Hz), genera la scala di tempo nazionale UTC(It) mantenendola in accordo entro pochi ns con il Tempo Universale Coordinato (UTC). Partecipa attivamente alla realizzazione del programma Galileo, con un ruolo di primo piano nella realizzazione e gestione dei sistemi di timing. Svolge ricerche nel campo degli orologi atomici, realizza campioni a microonde con accuratezza tra le migliori nel panorama internazionale e sviluppa i campioni ottici. Opera una infrastruttura italiana in fibra ottica di oltre 2000 km, per fornire riferimenti primari a operatori scientifici ed industriali con un'accuratezza di $1E-18$. Collabora con i maggiori enti metrologici europei per sviluppare un'infrastruttura in fibra ottica europea. Compie ricerche innovative in fisica e spettroscopia atomica molecolare e sulle trappole a ioni.
MF3: ottica quantistica (Marco Genovese)	Il programma studia e sviluppa metodi di misurazione basati sulle proprietà degli stati ottici quantistici, in particolare delle correlazioni associate agli stati di entanglement. Promuove l'utilizzo di nuove tecniche di misurazione in grado di superare i limiti di rumore propri dei sistemi classici nell'ambito della metrologia, del sensing e dell'imaging.

Ricerca e Sviluppo

Nel corso del 2018 la Divisione ha pubblicato 36 articoli scientifici censiti dalle banche dati WoS e/o Scopus. La Divisione ha partecipato a 37 progetti di ricerca nazionali e internazionali, di cui 7 coordinati.

MF1: interferometria

Sono stati avviati studi su due criticità nella misurazione del parametro reticolare del Si: gli effetti della diffrazione del fascio laser e della tensione superficiale. E' stato completato lo studio della deformazione elastica per peso proprio della realizzazione del kilogrammo mediante una sfera di Si (ipotesi di isotropia del cristallo).

Sono stati avviati studi teorici e sperimentali per trasferire le tecnologie sviluppate per l'interferometria X con cristalli separati all'interferometria neutronica.

Sono stati completati due studi del rumore indotto dalle aberrazioni del fronte d'onda e dal jitter nella separazione ottica dei satelliti dell'antenna gravitazionale LISA e nella fase del segnale di interferenza. E' stato completato un prototipo di sensore di assetto per il monitoraggio satellitare del campo gravitazionale terrestre, che ha dimostrato una risoluzione adeguata alla risoluzione angolare necessaria.

E' stata migliorata la stabilità del campione ottico di pressione. L'incertezza relativa, valutata alla pressione di 100 kPa, è pari a 0.01%.

È stato realizzato un prototipo di camera iperspettrale (hardware e software) con reticolo di diffrazione rotante e dimostrata la fattibilità di questa tecnologia. La risoluzione spaziale è limitata dalla telecamera; la risoluzione spettrale dal passo del reticolo (come in un classico spettrometro a diffrazione).

MF2: tempo e frequenza

E' stata verificata con successo la realizzazione della scala di tempo italiana basata sull'uso delle misure del campione primario a fontana di Cesio. Sono sviluppati e verificati algoritmi per mantenere in accordo il tempo di Galileo con il tempo di riferimento internazionale.

E' stato completato il primo orologio POP per lo spazio che verrà testato nel corso del 2019. E' stata dimostrata con successo una nuova tecnica per migliorare la stabilità di frequenza del POP sul medio-lungo termine.

Il campione di frequenza ottica all'itterbio è stato caratterizzato con un'incertezza relativa di 4×10^{-17} e sono state iniziate misure di frequenza assoluta rispetto al Tempo Atomico Internazionale.

E' stata installata e caratterizzata presso INRiM la sorgente di atomi freddi realizzata in collaborazione con l'università di Trento. E' stato avviato il progetto della camera in vuoto per la realizzazione di stati squeezed.

Sono state caratterizzate sorgenti coerenti nel medio infrarosso utilizzando un fascio molecolare, ottenendo una risoluzione dell'ordine dei 100 kHz per lunghezze d'onda prossime a 6 μm .

E' stata completata la rete nazionale per la disseminazione di riferimenti di frequenza in fibra ed è stata avviata l'attività per la disseminazione di segnali di tempo. E' iniziata una campagna di misure (INRiM, INAF e l'NMI giapponese NICT) per il confronto di orologi ottici usando radio-antenne VLBI e link ottico.

E' proseguita la realizzazione del setup sperimentale ibrido atomo-ione. E' stata assemblata la trappola per ioni, il sistema da vuoto e il sistema ottico per la manipolazione di atomi di Litio. E' stato realizzato il circuito risonante a radiofrequenza per l'alimentazione degli elettrodi della trappola di Paul e l'elettronica di controllo e gestione dell'esperimento.

MF3: ottica quantistica

E' stato completato (in collaborazione con DTU) un interferometro olografico (doppio interferometro di Michelson) e dimostrata l'esistenza di regioni di vantaggio per i protocolli quantistici (sia con luce squeezed che su twin beams).

E' stato completato lo studio (in collaborazione con UniTo) dell'emissione di centri di colore Pb e Al in diamante, nonché gli effetti biologici della endocitosi di nanodiamanti per future misure ODMR.

E' stato completato lo studio dei vantaggi della luce quantistica nelle misure di assorbimento.

E' stato completato lo studio delle misure deboli, in particolare dei regime in cui queste sono applicabili.

Sono stati conclusi studi pilota per confronti di misure di g_2 con sorgenti a singolo fotone impulsate e continue in luce visibile e telecom; è stato fatto uno studio pilota per confronti di misure di efficienza quantica di rivelatori a singolo fotone a 1550 nm.

Ricerca istituzionale (ruolo NMI)

Sono state completate le attività propedeutiche alla ridefinizione del kilogrammo.

E' stata generata la scala di tempo nazionale UTC(IT), mantenuta entro pochi nanosecondi da UTC. Il campione primario ITCsF2 è stato utilizzato per tarature di TAI. E' stata realizzata una seconda scala di tempo, che può essere messa on-line in tempo reale. E' stato acquisito nuovo hardware per la ridondanza del sistema di acquisizione dati in caso di malfunzionamento. E' iniziata la messa in sicurezza informatica del laboratorio. Sono stati emessi 153 certificati di taratura di tempo e frequenza. Il laboratorio Demetra ha iniziato a fornire servizi di timing certificato in fibra ottica.

E' proseguita la collaborazione con lo European Telecommunication Standard Institute per la definizione di uno standard europeo per la crittografia quantistica.

Campioni nazionali (DM 591/1993)	
MF1	Campione di lunghezza d'onda (laser stabilizzati e pettine di frequenza)
MF2	Campione primario di frequenza a fontana di cesio
MF2	Scala nazionale di tempo UTC(IT)
Altri campioni	
MF1	Reticolo campione in silicio monocristallino

Terza missione

La divisione ha svolto attività di divulgazione scientifica attraverso seminari e docenze indirizzati a istituzioni scientifiche, pubblico generico, insegnanti e studenti di ogni ordine e grado.

E' proseguito il trasferimento tecnologico verso Leonardo SpA per la realizzazione di campioni di frequenza in celle di Rb

Sono proseguite le attività legate al programma Galileo, in particolare al Time Service Provider (generazione e nel monitoraggio della scala di tempo di Galileo). Sono state avviate nuove attività di supporto a Galileo (validazione del timing del sistema).

Programma MF1 - Interferometria
Responsabile: Enrico Massa

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Marco Bisi	0,20	0,40	0,40		1
Claudio Francese	1				1
Giovanni Mana	0,50		0,25		0,75
Domenico Mari	1				1
Enrico Massa	0,70		0,10	0,20	1
Marco Pisani	0,60		0,20	0,20	1
Carlo Sasso	1				1
Massimo Zucco	0,30	0,15	0,10		0,55
Totale	5,30	0,55	1,05	0,65	7,55
Personale in formazione					
Thirumalai Raj Srijith Bangaru (Dottorando XXXIII ciclo)	1				1
Totale	6,30	0,55	1,05	0,40	8,30

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Interferometria X/ottica e costante di Avogadro <i>Obiettivi.</i> Determinazione della costante reticolare del silicio e di Avogadro. <i>Attività svolta.</i> Effettuate misure dei gradienti termici presenti all'esterno/interno della camera a vuoto contenente l'esperimento. Localizzata un'importante sorgente di disturbo termico. Effettuate misure presso KEK - Giappone per la caratterizzazione della tensione superficiale del cristallo. Pubblicati i valori IAC e parametro reticolare per CODATA - 2017. <i>Risultati ottenuti.</i> Pubblicazione di tre contributi al CPEM 2018 e tre pubblicazioni JCR. Highlight: articolo su Metrologia per il CODATA - 2017 special adjustment.
Interferometria a neutroni presso ILL - Grenoble Francia <i>Obiettivi.</i> Interferometria a neutroni con cristalli separati. <i>Attività svolta.</i> Realizzazione di un banco-ottico dimostrativo per la misura e il controllo degli angoli di beccheggio e rollio di un ipotetico interferometro a neutroni dotato di superfici ottiche con prestazioni prossime a 0.1 nrad - 1kHz di banda passante e separazione di circa 20 cm. Simulazione ottica preliminare con software ZEMAX. Realizzazione di una catena di misura accelerometrica (hardware aggiuntivo e software) per il monitoraggio delle vibrazioni presso la stazione S18 ILL - Grenoble (Institut Laue-Langevin) gestita da Atom-Institut (ATI-Wien). La catena di misura è stata caratterizzata e certificata presso INRiM. <i>Risultati ottenuti.</i> Analisi del sistema antivibrante esistente presso ILL e caratterizzazione dei gradienti termici presso la beamline S18.
Misure ottiche di pressione <i>Obiettivi.</i> Campione ottico di pressione basato su un interferometro ottico a multi-riflessione (UINT)

Attività svolta. Il campione ottico di pressione UINT è stato modificato al fine di migliorare la stabilità meccanica e ridurre i gradienti termici. L'intero apparato è stato rivisto, in particolare progettando e realizzando una nuova camera di misura, dotata di un controllo termico attivo. Si è eseguito un test preliminare, confrontando il campione ottico con un barometro riferito ad un campione primario INRiM. Risultati ottenuti. I gradienti termici sono stati ridotti di circa un fattore dieci, ottenendo differenze massime di temperatura pari a 7 mK. L'incertezza relativa, a 100 kPa, è stata valutata pari a 100 ppm. Il test preliminare effettuato ha evidenziato una differenza massima relativa tra il campione ottico ed il barometro (incertezza 50 ppm a 100 kPa) minore di 40 ppm a 100 kPa.
Metodi matematici per la metrologia Obiettivi. Studio della deformazione dovuta al peso proprio di una sfera di silicio monocristallino, al fine di valutare l'influenza della gravità nella determinazione del volume della sfera. Attività svolta. L'effetto della gravità su una sfera di silicio da 1 kg è stato studiato mediante simulazione FEM. È stato implementato un modello isotropo, in accordo con i vincoli imposti dall'esperimento in atto presso il NMIJ. Il modello anisotropo è in fase di sviluppo e le prime simulazioni sono state completate con successo utilizzando la configurazione sperimentale del PTB. Risultati ottenuti. Pubblicazione JCR.
Proof of concept di metodo per imaging iperspettrale Obiettivi. Dimostrare la fattibilità di un dispositivo iperspettrale per applicazioni astronomiche basato su un reticolo di diffrazione rotante. Attività svolta. È stato realizzato un prototipo di camera iperspettrale equipaggiato con un reticolo di diffrazione rotante e un software di analisi delle immagini per l'estrazione dello spettro. Risultati ottenuti. I risultati hanno dimostrato la fattibilità del metodo: in condizioni di background scuro e sorgenti di luce distinte (cielo stellato) si riesce ad ottenere un'immagine in cui ad ogni pixel è associato lo spettro della sorgente che eccita il pixel stesso. La risoluzione spaziale è limitata dalla telecamera, e la risoluzione spettrale è data dal passo del reticolo come in un classico spettrometro a diffrazione.
Ruolo NMI
Attività CCM, CCL e WG – Il programma ha partecipato ai gruppi di lavoro dei comitati di riferimento. Attività EURAMET – Il programma partecipa al TC-L
Terza missione
Metrologia per lo spazio Obiettivi. Analisi delle possibili fonti di rumore nell'interferometria ottica su grandi distanze. Attività svolta. Nell'ambito della missione LISA di ESA per la realizzazione di un osservatorio spaziale per le onde gravitazionali basato su una misura interferometrica della distanza relativa fra satelliti posti in formazione, è stato fornito un supporto all'individuazione e stima delle fonti di rumore dovute al troncamento dei fronti d'onda dei fasci laser utilizzati e al jitter angolare dei satelliti. Risultati ottenuti. Sono stati realizzati degli strumenti di calcolo e simulazione per poter stimare l'ampiezza del rumore sul cammino ottico misurato e determinare i coefficienti di sensibilità con la forma del fronte d'onda e l'ampiezza del jitter. Sono state prodotte 3 pubblicazioni JCR, di cui una "to be published".
Metrologia per lo spazio: contratto LAME

Obiettivi.

Realizzazione di prototipo di sensore relativo di assetto per missione gravitazionale di nuova generazione NGGM.

Attività svolta.

Nell'ambito della missione NGGM di ESA è stato attivato un contratto con Thales per la realizzazione di un dimostratore presso loro sede. Un dimostratore è stato realizzato presso INRiM.

Risultati ottenuti.

Il simulatore hardware/software (presso INRiM) ha dimostrato una risoluzione migliore di 1/100 di pixel adeguato all'ottenimento della risoluzione angolare desiderata. Progetto del banco di test, selezione dei componenti per la realizzazione dello stesso (presso Thales).

Programma MF2 - Tempo e Frequenza
Responsabile: Filippo Levi

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione coordinamento &</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Filippo Levi	0,30	0,40		0,30	1
Davide Calonico	0,50	0,20	0,10	0,20	1
Gabriele Santambrogio	1				1
Carlo Sias	1				1
Giancarlo Cerretto	0,40	0,60			1
Marco Sellone	0,50	0,50			1
Ilaria Sesia	0,20	0,20	0,40	0,20	1
Salvatore Micalizio	1				1
Claudio Calosso	1				1
Cecilia Clivati	1				1
Marco Pizzocaro	1				1
Fabrizio Pollastri		0,30			0,30
Giovanna Signorile	0,40	0,10	0,50		1
Elio Bertacco	0,80	0,20			1
Alberto Mura	0,40	0,50	0,10		1
Roberto Costa		0,50	0,50		1
Paolo Terzi	0,10	0,40	0,50		1
Andrea Perucca	0,20	0,30	0,50		1
Giuseppe Vizio		0,10			0,10
Personale TD					
Marco Tarallo	1				1
Roberto Concas	0,80				0,80
Assegni ricerca					
Valerio Formichella	1				1
Lucia Duca	1				1
Carolina Cardenas	1				1
Elena Cantoni	0,50	0,50			1
Concetta de Stefano		0,30	0,30	0,30	0,90
Tung Thai	0,50	0,50			1
Stefano Paracchino	0,60				0,60
Totale	16,20	5,60	2,90	1	25,70
Personale in formazione					
Piero Barbieri	1				1
Filippo Bregolin	1				1
Matteo Barbiero	1				1
Michele Gozzelino	1				1
Martina Gertosio	1				1
Elia Perego	1				1
Anna Tampellini	0,80				0,80
Renke Wang	0,50				0,50
Haixiao Lin/Shangha	0,40				0,40
Stefano Condio	0,25				0,25
Personale associato					
Giovanni Costanzo	0,60				0,60
Aldo Godone	0,20				0,20

Valerio Pettiti			0,30		0,30
<i>Totale</i>	<i>8,75</i>		<i>0,30</i>		<i>9,05</i>
Totale	24,95	5,60	3,20	1	34,75

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Tema di ricerca <i>Obiettivi.</i> Ricerca e sviluppo di nuove tecniche metrologiche di tempo e frequenza per applicazioni scientifiche tecnologiche e industriali. <i>Attività svolta</i> Algoritmi e scale di tempo E' proseguita l'attività in collaborazione con Politecnico di Torino. E' stata fatta una prova sperimentale per la realizzazione in tempo reale della scala di tempo italiana basata sull'uso delle misure del campione primario a fontana di Cesio che ha confermato che utilizzando tali misure con continuità porterebbe ad un miglioramento delle prestazioni della scala di tempo nazionale. Inoltre, si sono sviluppati e testati gli algoritmi per mantenere in accordo il tempo di Galileo con il tempo di riferimento internazionale UTC nell'ambito del progetto Galileo Time Service Provider. Campioni in microonda L'attività di technology transfer a favore di Leonardo SpA ha prodotto il primo sistema fisico di orologio POP per lo spazio che verrà testato presso i laboratori INRiM nel corso del 2019. Una nuova tecnica per migliorare la stabilità di frequenza del POP sul medio-lungo termine è stata dimostrata con successo. Nell'ambito degli studi di miniaturizzazione dell'orologio, è stata effettuata una prima caratterizzazione del sistema cella-cavità. Campioni ottici Il campione di frequenza ottica all'itterbio è stato caratterizzato con un'incertezza relativa di $4e-17$. Sono iniziate misure per compiere una misura di frequenza assoluta rispetto al Tempo Atomico Internazionale, anche nell'ottica di fornire dati al BIPM per la calibrazione di TAI. E' stata installata presso INRiM la sorgente di atomi freddi realizzata in collaborazione con l'università di Trento. Sono state caratterizzate la MOT 2D e la MOT 3D, ed è iniziato il disegno della camera da vuoto per la realizzazione di stati squeezed, come previsto per i progetti QuantERA ed EMPIR. Spettroscopia molecolare Nel 2018 sono state caratterizzate sorgenti coerenti nel medio infrarosso utilizzando un fascio molecolare, ottenendo una risoluzione dell'ordine dei 100 kHz per lunghezze d'onda vicine a 6 micron. E' stato identificato AlH quale candidato per il raffreddamento laser e si stanno conducendo studi preliminari per determinare la fattibilità degli esperimenti. Link in fibra ottica E' stata completata la rete nazionale per la disseminazione di riferimenti t&f in fibra, collegando Napoli e Matera. Si sta attualmente attrezzando il sistema per permettere anche la disseminazione accurata di segnali di tempo. Il collegamento Torino-Matera è entrato in funzione, per i primi esperimenti. E' iniziata una campagna di misure internazionali tra INRiM, INAF e l'NMI giapponese NICT per il confronto di orologi ottici usando radioantenne VLBI e link ottico. La dorsale è stata potenziata con nuove stazioni di rigenerazione per avere un completo controllo remoto della linea. Le attività sul link ottico hanno portato alla pubblicazione di un articolo su Science in una collaborazione internazionale con un forte contributo INRiM Atomi e ioni ultrafreddi Si è progredito nella realizzazione del setup sperimentale ibrido atomo-ione: è stata assemblata la trappola per ioni e il sistema da vuoto, allo scopo di intrappolare ioni di Bario in trappola di Paul. E' stato completato il sistema ottico per la manipolazione di atomi di Litio. E' stato realizzato il circuito elettronico risonante a

radiofrequenza per l'alimentazione degli elettrodi della trappola di Paul, ed il sistema elettronico di controllo e gestione dell'esperimento.

Highlight: Articolo sulla rivista "Science" per utilizzo dei link in fibra per la rilevazione dei terremoti.
Articolo sulla rivista "Nature Physics" sull'utilizzo di orologi ottici per la geodesia relativistica

Ruolo NMI

Attività

Nel corso del 2018 la scala di tempo nazionale UTC(IT) è stata generata utilizzando 4 maser H costantemente mantenuta entro pochi ns da UTC,.

Il campione primario ITCsF2 è stato utilizzato per eseguire tarature di TAI.

E' proseguito il processo di ammodernamento del laboratorio che realizza la scala di tempo nazionale UTC(IT).

E' stata rinnovata l'architettura generale del laboratorio di tempo e dei laboratori ad esso collegati.

E' stata realizzata una seconda scala di tempo di riserva, che può essere messa on-line in tempo reale con un salto di fase minimo, in modo da garantire una robustezza superiore di UTC(IT).

E' stato acquisito nuovo hardware per realizzare un doppio sistema di acquisizione dati ridondante, sostituibile "a caldo" in tempo reale in caso di malfunzionamento.

E' iniziato il processo di messa in sicurezza informatica della rete del laboratorio.

Terza missione

Laboratorio di Tempo

Nel corso del 2018 sono state emessi 153 certificati di taratura per conto terzi.

Attraverso il laboratorio Demetra si è iniziato a fornire servizi di timing certificato in fibra ottica ad utenti industriali.

Campioni in cella

E' proseguito il progetto di trasferimento tecnologico verso Leonardo SpA per la realizzazione di campioni di frequenza in celle di Rb

Galileo

Sono proseguite le attività contrattuali legate al programma Galileo, in particolare quelle legate al Time Service Provider che vedono l'INRiM coinvolto nella generazione e nel monitoraggio della scala di tempo di Galileo; sono inoltre partite nuove attività di supporto a Galileo legate alla validazione degli aspetti di timing del Sistema.

Divulgazione scientifica e organizzazione di eventi

Nel mese di aprile 2018 è stato organizzato dall'INRiM la 32° edizione del congresso internazionale EFTF, che si è svolto presso l'auditorium del MAUTO.

Al congresso (10-12 aprile) hanno partecipato circa 380 ricercatori provenienti da tutto il mondo, mentre il 9 aprile presso l'INRiM si sono svolti i tutorial che hanno visto la partecipazione di circa 60 studenti.

Programma MF3 - Ottica Quantistica
Responsabile: Marco Genovese

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

Personale strutturato	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione o coordinamento	Totale
Ivo Pietro Degiovanni	0,80	0,20			1
Marco Genovese	0,85	0,10	0,05		1
Marco Gramegna	0,75	0,20	0,05		1
Ivano Ruo Berchera	1				1
Fabio Saccomandi	1				1
Massimo Zucco	0,15				0,15
Fabrizio Piacentini	1				1
Alessio Avella	1				1
Paolo Traina (TD sino al 14 settembre, poi TI)	1				1
Andrea Sosso (dal 1° aprile)	0,55	0,20			0,75
Personale non strutturato					
Ekaterina Moreva (assegno)	1				1
Elena Losero (PhD)	1				1
Siva Pradyumna (PhD)	1				1
Enrico Rebufello (PhD)	1				1
Salvatore Virzì (PhD)	1				1
Ettore Bernardi (assegno dal 15 settembre)	0,30				0,30
Muriel Souza (ricercatore ospite dal 2 ottobre)	0,25				0,25
Associati					
Paolo Olivero	0,20				0,20
Totale	13,85	0,70	0,10		14,65

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Tema di ricerca <i>Obiettivi.</i> Sviluppo di nuovi metodi di misura utilizzando le proprietà quantistiche della luce. Sviluppo di una metrologia per le emergenti tecnologie quantistiche. <i>Attività svolta.</i> Generazione, applicazione e misura di luce sub-Poissoniana – Si è approntato, in collaborazione col DTU, un interferometro olografico (doppio interferometro di Michelson), dimostrando sperimentalmente che esistono significative regioni di vantaggio per i protocolli quantistici, sia basati su luce squeezed, che su twin beams. Si è studiata, in collaborazione con UniTo, l'emissione di nuove centri di colore (Pb,Al) in diamante, nonché gli effetti biologici della endocitosi di nanodiamanti in vista di future misure ODMR. Si è effettuato uno studio sui vantaggi della luce quantistica nelle misure di assorbimento Nuovi paradigmi della misura quantistica – Si è proceduto nello studio delle misure deboli, in particolare studiando il regime in cui queste sono applicabili. Metrologia per le tecnologie quantistiche – Si è concluso gli studi pilota verso un confronto internazionale sulle misure di g2 con sorgenti a singolo fotone impulsate e continue in visibile e telecom; si è inoltre

effettuato uno studio pilota verso un confronto internazionale sulle misure di efficienza quantica di rivelatori a singolo fotone a 1550nm. <i>Risultati ottenuti.</i> 6 articoli su riviste JCR.
Ruolo NMI
Attività <i>Attività svolta.</i> E' proseguita la collaborazione con lo European Telecommunication Standard Institute per la definizione di uno standard europeo per la crittografia quantistica.
Terza missione
Attività <i>Attività svolta.</i> È stata svolta attività di divulgazione scientifica rivolta alle scuole di ogni ordine e grado e particolarmente verso gli studenti delle scuole superiori. Effettuati seminari per la divulgazione della metrologia quantistica presso insegnanti e pubblico generico.

Divisione Metrologia per la Qualità della Vita

Responsabile: Oriano Bottauscio

Risorse umane (TI + TD) al 31/12/2018

Ricercatori e Tecnologi: 27. Tecnici: 7

Ulteriori risorse umane

Assegnisti, Borsisti e Dottorandi: 20. Associati e incarichi: 7

Articolazione delle attività

La Divisione è impegnata nello sviluppo degli aspetti scientifici e tecnologici connessi con la metrologia applicata agli ambiti della salute, dell'ambiente e dell'uso razionale dell'energia. Per rispondere a queste esigenze, la Divisione è strutturata in quattro programmi di ricerca tematici.

PROGRAMMA	
QV1: Metrologia Biomedica (Alessandra Manzin)	L'attività è rivolta a fornire il supporto metrologico, in termini di tecniche di misura riferibili e metodologie di analisi, alla fisica medica ed alle scienze biomediche/biologiche, con lo scopo di sviluppare nuove metodiche diagnostiche e terapeutiche. In particolare, la Divisione sviluppa campioni, materiali e metodi per garantire la riferibilità delle misure nell'ambito della medicina di laboratorio e nelle applicazioni degli ultrasuoni in biomedicina. Sviluppa inoltre metodi matematici e modelli numerici innovativi per le applicazioni nell'ambito dell'ingegneria biomedica.
QV2: Metrologia per l'energia e l'ambiente (Gabriella Crotti)	L'attività è indirizzata a rispondere alle esigenze metrologiche funzionali allo sviluppo del sistema energetico e al monitoraggio dell'ambiente. In relazione al sistema energetico, l'attività è rivolta allo sviluppo di misure accurate e riferibili per valutarne sia lo stato e l'efficienza, sia le perturbazioni ambientali introdotte dai sistemi di produzione, trasporto ed utilizzo dell'energia. In campo ambientale, la Divisione fornisce il supporto metrologico in ambiti specifici, quali la misura di inquinanti atmosferici e contaminanti e gli studi sulla meteorologia. Sviluppa inoltre nuovi approcci statistici per assicurare la riferibilità delle misure di parametri chimico/ambientali.
QV3: Metrologia Alimentare (Andrea Mario Rossi)	L'attività ha l'obiettivo di sviluppare riferimenti e tecniche di misura per la caratterizzazione di contaminanti nel cibo e negli imballaggi alimentari, allo scopo di garantire la sicurezza alimentare per la tutela dei consumatori. L'attività prevede inoltre lo sviluppo e l'applicazione di metodi matematico-statistici per l'analisi delle misure chimiche e la creazione di banche dati da applicare alle metodologie di misura sviluppate a supporto della tracciabilità dei prodotti alimentari.
QV4: Metrologia della temperatura (Roberto Gavioso)	L'attività in questo ambito è finalizzata allo sviluppo della termometria primaria, con particolare riferimento alla nuova definizione del kelvin e alla sua mise-en-pratique (MeP-K) attraverso la predisposizione di tecniche, procedure e sistemi di misura.

La Divisione complessivamente è attiva nell'ambito delle tre missioni dell'INRiM (Ricerca e Sviluppo, Ruolo NMI, Trasferimento Tecnologico e Formazione), come descritto in dettaglio nelle schede di Programma. Ha partecipato nel corso del 2018 a 16 contratti di ricerca nazionali e internazionali, molti dei quali nell'ambito dell'European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR), di cui due coordinati dalla Divisione (16ENG04 MyRailS e 16ENG08 MICEV). La Divisione è stata inoltre particolarmente attiva nella proposizione di proposte di progetto in tutte le Call EMPIR 2018, ottenendo l'approvazione di due nuovi progetti a coordinamento INRiM nella Call Health (18HLT05 Quiero e 18HLT06 Rachy) e uno nella Call Pre-Normative (18NRM03 INCIPIT).

Nel corso del 2018, la Divisione ha partecipato alla messa a punto e all'avvio delle attività di kick-off relative alla costituzione di quattro European Metrology Networks (EMN), reti approvate alla General Assembly di

EURAMET del 2018, in particolare:

EMN on Smart Electricity Grid, coordinata da VSL, che si propone come punto di contatto tra la comunità metrologica e gli stakeholder del sistema elettrico, in grado di massimizzare l'impatto delle attività di ricerca e sviluppo e di fornire risposte coerenti alle problematiche di misura relative al futuro delle reti elettriche e alla transizione energetica in corso. La Divisione è inoltre coinvolta nel progetto EMPIR 18NET03 SEG-Net, finalizzato a favorire la rapida implementazione della EMN.

EMN on Climate and Ocean Observation, coordinata da NPL, il cui scopo è quello di costituire una rete collaborativa in grado di fornire competenza metrologica per i numerosi stakeholder che effettuano e utilizzano misure per le osservazioni in ambito climatologico e oceanico. La rete è suddivisa in tre sezioni tematiche: Atmosphere Observation, Ocean Observation, Land and Earth Observation, coordinate rispettivamente da METAS, LNE, NPL. Il progetto EMPIR 18NET04 ForClimateOcean, a supporto della EMN, vede come partner interni esclusivamente i coordinatori della EMN e delle tre sezioni (NPL, LNE, METAS).

EMN for Mathematics and Statistics, coordinata da PTB, il cui scopo è di costituire un punto di coordinamento per gli istituti metrologici, gli enti normatori, il mondo accademico e l'industria, sui temi della matematica e della statistica in metrologia, fornendo linee-guida, sviluppando codici di calcolo e favorendo la disseminazione della conoscenza attraverso pubblicazioni e convegni dedicati. La rete origina dal Centro Europeo per la Matematica e la Statistica in Metrologia (MATHMET) costituito nel 2014, di cui INRiM è membro. La Divisione è inoltre coinvolta nel progetto EMPIR 18NET05 MATHMET, finalizzato a favorire la rapida implementazione della EMN.

EMN on Traceability in Laboratory Medicine, coordinata da PTB, il cui scopo è quello di costituire un punto di riferimento a livello europeo per i laboratori clinici che operano nel contesto della medicina di laboratorio e della diagnostica in vitro, con riferimento alla nuova Regolamentazione EU (European In-Vitro Diagnostic Device Regulation (IVDR) 2017/746), che richiede la riferibilità delle misure e dei materiali di riferimento. La Divisione è inoltre coinvolta nel progetto 18NET02 TraceLabMed, finalizzato a favorire la rapida implementazione della EMN.

La Divisione partecipa al progetto di nuova infrastruttura di ricerca pan-Europea **METROFOOD-RI** Infrastructure for Promoting Metrology in Food and Nutrition (ESFRI Roadmap 2018 – Domain Health and Food), che è stato valutato "emerging" per la sua eccellenza scientifica nel dominio "Health & Food". Il progetto, coordinato dall'Italia, vede la partecipazione di 31 Partner di 15 diversi Paesi.

Si segnala infine il rilevante finanziamento ottenuto tramite il bando competitivo della Regione Piemonte INFRA-P per il sostegno a progetti per la realizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento di IR pubbliche. Il progetto **IMPreSA, Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare**, prevede un investimento di oltre 2 M€ e ha l'obiettivo di sviluppare materiali innovativi per l'imballaggio alimentare garantendo il rispetto delle normative internazionali e proponendo di essere di supporto alle aziende.

Ricerca e Sviluppo

Nel corso del 2018 la Divisione ha pubblicato 42 lavori su riviste internazionali e ha partecipato a 11 progetti di ricerca internazionali, di cui 2 coordinati da INRiM.

Per quanto riguarda le attività relative alla **Metrologia biomedica**, i risultati di maggior rilievo ottenuti nel corso dell'anno sono i seguenti.

- I risultati di uno studio, pubblicato sulla rivista *Clinical Chemistry* (IF=8.6), che ha coinvolto diversi laboratori metrologici per dimostrare la riferibilità al Sistema Internazionale della tecnica digital PRC (dPCR) per la determinazione della concentrazione del numero di copie di DNA in una soluzione acquosa. L'impiego della tecnica dPCR riferibile permetterà l'implementazione e la standardizzazione delle procedure diagnostiche molecolari necessarie per i progressi nella medicina di precisione.
- Lo studio, pubblicato sulla rivista *Free Radical Biology & Medicine* (IF=6), volto a studiare la reattività agli ultrasuoni (US) di una varietà di complessi metallo-porfirina, porfirina a base libera e Fe (III), Zn (II) e Pd (II) porfirina, analizzando la generazione di specie reattive dell'ossigeno (ROS) e i relativi effetti biologici. In particolare, i risultati di citotossicità qui riportati, che sono rispecchiati da dati ex-

cellulo, confermano che il tipo di generazione di ROS ottenuto dall'attivazione mediante US di porfirine intracellulari è fondamentale per l'efficacia della distruzione di cellule tumorali.

- Il lavoro di review, pubblicato sulla rivista *Cells* (IF=4.8), che discute il ruolo di biomateriali che integrano segnali istruttivi biochimici come strumento per la generazione efficace di cardiomiociti (CM) funzionali. Il lavoro descrive le principali popolazioni di cellule staminali e gli approcci di riprogrammazione indiretti e diretti per la medicina rigenerativa cardiaca. Inoltre, discute le principali tecniche per la caratterizzazione della differenziazione delle cellule staminali e la riprogrammazione dei fibroblasti in CM. Un'altra sezione descrive i principali biomateriali studiati per la differenziazione delle cellule staminali e la riprogrammazione dei fibroblasti in CM.
- L'analisi modellistica di dispositivi Hall miniaturizzati per la quantificazione di nanobead magnetici utilizzabili in applicazioni biomediche. Lo studio, pubblicato sulla rivista *IEEE Sensor Journal* (IF=2.6), è stato svolto mediante un modello fisico-numerico che fornisce la distribuzione spaziale del potenziale elettrico all'interno del dispositivo e dimostra l'esistenza di condizioni critiche per le quali il segnale di tensione Hall non è proporzionale al numero di particelle. In particolare, la risposta del sensore al numero di particelle risulta fortemente influenzata dalle interazioni dipolari magnetostatiche.
- Lo sviluppo di una nuova tecnica inversa per la ricostruzione in vivo delle proprietà elettriche di tessuti umani mediante misure di risonanza magnetica (MR-EPT), i cui risultati sono stati pubblicati sulla rivista *Inverse Problems* (IF=1.9). In particolare, viene proposta una variazione della tecnica di inversione della sorgente di contrasto che non necessita della misura della fase del segnale di B1+. L'algoritmo è stato testato su problemi realistici, verificando la sua robustezza rispetto al rumore di misura.

Sulle tematiche della **Metrologia per l'energia e l'ambiente**, i risultati di maggior rilievo ottenuti nel corso dell'anno sono i seguenti.

- L'analisi dei rischi di false decisioni causate dall'incertezza di dati di misura ambientali, relativamente alla determinazione di inquinanti ambientali è l'oggetto del lavoro pubblicato sulla rivista *Chemosphere* (IF=4.4). Lo studio dimostra che anche se la valutazione della conformità per ciascun inquinante ha successo, la probabilità totale di una decisione sbagliata riguardante l'insieme potrebbe essere ancora significativa.
- Lo studio del comportamento di energy harvesters a forza diretta basati su Fe-Ga, approfondendo la correlazione tra bias magnetico e meccanico. Sono state ricavate le equazioni della tensione e della potenza elettrica di uscita in funzione del bias magnetico. Si è scoperto che i punti di massima erogazione di potenza giacciono su rette nel piano bias magnetico – bias meccanico. Si è dimostrato inoltre che la massima potenza può essere estratta dall'*harvester* anche in presenza di un basso campo coercitivo. Infine i risultati sono stati validati sperimentalmente e pubblicati sulla rivista *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* (IF=3.0).
- Lo sviluppo di tecniche di misura e compensazione, volte a caratterizzare e migliorare le prestazioni metrologiche in presenza di armoniche dei trasformatori di corrente e tensione (CT e VT) impiegati nelle reti di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, è l'oggetto del lavoro pubblicato sulla rivista *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* (IF=2.8). I risultati sperimentali hanno mostrato che la tecnica impiegata assicura un miglioramento significativo delle prestazioni metrologiche di CT e VT.
- I risultati sperimentali riguardanti le misure di densità di ossido di deuterio ad alta pressione e in un ampio intervallo di temperature, mediante il metodo pseudo-isocoro, sono oggetto della pubblicazione comparsa sulla rivista *Journal of Chemical Physics Online* (IF=2.7). La densità dell'acqua pesante è stata misurata per temperature fino a 253 K e per pressioni fino a 163 MPa, quindi sia in stati stabili, sia in stati metastabili sotto-raffreddati, con un'incertezza relativa espansa pari a 0,04%.

Sulle tematiche della **Metrologia alimentare** i risultati di maggior rilievo ottenuti nel corso dell'anno sono i seguenti.

- Lo studio pubblicato sulla rivista *Scientific Reports* (IF=4.5), volto a dimostrare come la scelta di un metodo adeguato per adattare le dimensioni e la posizione delle nanostrutture plasmoniche diventa

fondamentale nella realizzazione di substrati per surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) impiegata in applicazioni bioanalitiche, al fine di incrementare sensibilmente il segnale, l'omogeneità e la riproducibilità.

- Per quanto riguarda lo studio di *novel food*, è stato dimostrato come la tecnica *Fourier Transform Near Infrared spectroscopy imaging* (FT NIR) sia un metodo di screening rapido per il rilevamento e la quantificazione della presenza di farine prodotte a partire da insetti in alimenti per gli allevamenti animali. I risultati sono pubblicati sulla rivista *Food Chemistry* (IF=4.5).
- La realizzazione di un campione di riferimento potenzialmente, impiegabile come standard per la quantificazione della risoluzione spaziale nell'impiego della Tip-Enhanced Raman Spectroscopy (TERS) per analisi topografica e chimica con risoluzione su scala nanometrica, è descritta nella pubblicazione apparsa sulla rivista *RCS Advances* (IF=2.9).

Sulle tematiche della **Metrologia della temperatura**, i risultati di maggior rilievo ottenuti nel corso dell'anno sono i seguenti.

- Lo studio pubblicato sulla rivista *Metrologia* (IF=2.5) che riporta le misurazioni assolute della densità del vapore acqueo effettuate utilizzando un nuovo concetto di spettroscopia anulare della cavità con stabilizzazione della frequenza. Le frazioni molari di vapore acqueo sono state determinate con un'incertezza statistica di 0,6. Deviazioni sistematiche sono state identificate e attentamente quantificate, portando così a un'incertezza complessiva pari a 0,8.
- Lo studio, pubblicato sulla rivista *Metrologia* (IF=2.5) e frutto di una collaborazione con il National Research Council canadese (NRC), di un nuovo punto fisso (xenon), che si propone come alternativa al punto triplo del mercurio per la realizzazione della Scala Internazionale di temperatura ITS-90. Il confronto ha evidenziato una differenza tra la cella INRiM e NRC pari a (0.17 ± 0.08) mK, con un'incertezza pari a 0.11 mK e 0.07 mK, rispettivamente per la cella INRiM e NRC.

Ricerca istituzionale (ruolo NMI)

La Divisione mantiene e sviluppa 13 Campioni Nazionali. Nel 2018 sono risultati attivi 9 confronti di misura internazionali e sono stati emessi 148 certificati di taratura e prova, distribuiti nelle aree EM-Electric and magnetic fields, EM-High Voltage and Current, T-Radiation thermometry e AUV-Sound in water.

Per quanto riguarda la **Metrologia Biomedica**, si segnala la conclusione dello studio pilota CCQM P184 "*Copy number concentration and fractional abundance of a mutation (SNV or INDEL) mixed with wild-type DNA*", con la pubblicazione dei risultati su rivista scientifica internazionale.

E' inoltre in fase di conclusione il confronto CCQM P123 "*Number and geometric property of cells adhered to a solid substrate*", con l'analisi statistica dei dati.

Per quanto riguarda la **Metrologia per l'energia e l'ambiente**, si segnala la pubblicazione dei risultati dei confronti chiave CCQM-K120b "Ambient CO₂" (conclusione misure e rapporto finale) e CCQM-K131 "Mass fraction of organic calibration solution" e del confronto EURAMET.EM-S37 "Comparison of Instrument Current Transformers". E' inoltre in corso il confronto internazionale CCQM-K74.2017 "Nitrogen dioxide in nitrogen" (misure preliminari).

Per quanto riguarda la **Metrologia alimentare**, si sono iniziate le attività per costituire un European Metrology Network on Food Safety – EMN-FS. L'attività è consistita nella presentazione in vari sedi europee, NMI e presso possibili stakeholder, il progetto EMN-FS.

Per quanto riguarda la **Metrologia della Temperatura**, si segnala la pubblicazione dei risultati dei confronti Euramet.T-K1, sulle realizzazioni della ITS-90 da 2.6 K a 24.5561 K con l'utilizzo di termometri a resistenza di rodio-ferro, e Euramet.T-S4, per la misura dei parametri richiesti per l'approssimazione della ITS-90 con tecniche di termometria a radiazione nel campo di temperatura da 156 °C a 962 °C.

Si è inoltre avviato il coordinamento di un confronto supplementare (bilaterale con Tubitak UME) per la misura dei parametri richiesti per la realizzazione di scale temperatura di radianza tra 150 °C e 1100 °C.

Infine, per quanto riguarda le attività di **Knowledge Transfer**, si segnala il deposito di una proposta di brevetto italiano, insieme a POLITO e UNITO, dal titolo "Agente sonosensibilizzante e suo metodo di attivazione", l'attività di training di personale dell'ente metrologico georgiano (GeoSTM) nell'ambito del Twinning Contract "Support to Georgian National Agency for Standards and Metrology for further implementation of the EU - Georgia DCFTA requirements" e la messa in funzione di un *gas-controlled heat pipe*, presso il laboratorio di

taratura del politecnico di Torino, centro LAT 139.

Campioni nazionali (DM 591/1993)

QV2	Campione di intensità di campo elettrico
QV4	Scala Internazionale di Temperatura del 1990 (STI-90) tra 24.6 K e 273.16 K mediante termometro a resistenza di platino a capsula (6 campioni)
QV4	Scala Internazionale di Temperatura del 1990 (STI-90) tra 83.8 K e 1235 K mediante termometro a resistenza di platino a stelo (9 campioni)
QV4	Scala Internazionale di Temperatura del 1990 (STI-90) tra 1235 K e 2500 K mediante termometro a radiazione monocromatico (2 campioni)

Altri campioni

QV1	Potenza ultrasonora (1 campione)
QV2	Sistema di generazione di campi magnetici campione (sino a 100 kHz)
QV2	Campione di rapporto di alta tensione continua fino a 100 kV
QV2	Campione di rapporto di alta tensione alternata fino a 100 kV
QV2	Sistema campione per la misura di trasformatori di tensione fino a 100 kV
QV2	Sistema campione per la misura di trasformatori di corrente
QV2	Sistema campione per strumenti di misura di scariche parziali
QV2	Miscele gravimetriche primarie di CO ₂ in aria e azoto
QV3	Campione di conducibilità elettrolitica

Programma QV1 - Metrologia Biomedica
Responsabile: Alessandra Manzin

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Oriano Bottauscio ⁽⁸⁾	0,50	0,05	0,05	0,20	0,80
Gabriella Crotti ⁽¹⁾		0,10			0,10
Giancarlo D'Agostino	0,70	0,20	0,10		1
Giampaolo D'Errico	0,75	0,20	0,05		1
Carla Divieto ⁽²⁾	0,70	0,20	0,10		1
Giovanni Durando	0,60	0,30	0,10		1
Domenico Giordano ⁽³⁾	0,15		0,05		0,20
Andrea Lapini ⁽⁴⁾	0,30				0,30
Alessandra Manzin	0,75	0,05	0,10	0,10	1
Francesca Pennechi ⁽⁵⁾		0,10			0,10
Maria Paola Sassi ⁽⁶⁾	0,60	0,20	0,10		0,90
Adriano Troia	0,90		0,10		1
Luca Zilberti	0,85	0,05	0,10		1
Massimo Zucco ⁽⁷⁾	0,20	0,10			0,30
Andrea Agosto	0,30	0,60		0,10	1
Stefano Pavarelli	0,85	0,10	0,05		1
Laura Revel	0,70	0,25	0,05		1
Assegni ricerca					
Alessandro Arduino	1				1
Marco Di Luzio	0,75	0,20	0,05		1
Totale	10,60	2,70	1	0,40	14,70
Personale in formazione					
Riccardo Ferrero (PhD)	1				1
Camilla Paoletti (PhD)	0,15				0,15
Marta Vicentini (PhD)	0,15				0,15
Umberto Zanollo (PhD)	1				1
Personale associato					
Michele Borsero	0,20				0,20
Mario Chiampi	0,80				0,80
Massimo Oddone	0,05	0,05			0,10
Totale	13,95	2,75	1	0,40	18,10

1) Collaborazione con Programma QV2 (TPE 0,9)

2) Passaggio da TD a TI in data 01/11/2018

3) Collaborazione con Programma QV2 (TPE 0,8)

4) Assunzione (TI) in data 01/09/2018

5) Collaborazione con Programma QV2 (TPE 0,9)

6) In servizio fino alla data 03/12/2018

7) Collaborazione con Programma MF1 (TPE 0,7)

8) Collaborazione con Programma QV2 (TPE 0,2)

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Dosimetria elettromagnetica e ultrasonora.
Obiettivi. Dosimetria delle grandezze elettromagnetiche, con riferimento alle applicazioni MRI (<i>Magnetic Resonance Imaging</i>) e WPT (<i>Wireless Power Transfert</i>). Studio modellistico di nanomateriali per l'ipertermia magnetica. Analisi dei fenomeni di interazione tra ultrasuoni e sistemi biologici.
Attività svolta. MRI e WPT: Sono stati implementati codici numerici per la modellistica elettromagnetica e termica dell'esposizione a campi elettromagnetici e sono stati simulati scenari realistici di esposizione.
Ipertermia magnetica: Sono stati sviluppati e validati modelli micromagnetici 2.5D e 3D, a sua volta applicati

nella determinazione del calore rilasciato in mezzi biologici da nanomateriali in permalloy. Ultrasuoni: In collaborazione con UNITO, sono stati investigati gli effetti di cavitazione ed emissione luminosa indotti nelle cellule da fasci ultrasonori. Per valutare l'incremento di temperatura prodotto, si è realizzato un sistema di misura basato su termocamera infrarosso. Insieme al DISAT (POLITO), si è intrapreso lo studio degli effetti biologici degli ultrasuoni (riduzione della soglia di cavitazione, generazione di radicali) tramite strumenti ecografici. Infine, tecniche sonochimiche sono state impiegate nella sintesi di materiali metallici innovativi.

Si è inoltre lavorato alla stesura del progetto EMPIR RaCHy, sottomesso nella *Call Health 2018* e finalizzato allo studio degli effetti combinati di ipertermia (ultrasonora o elettromagnetica) e radioterapia.

Risultati ottenuti. Database di output dosimetrici (sovratemperature generate da campi di gradiente MRI in protesi ortopediche, campi elettrici indotti nell'uomo da sistemi WPT per veicoli elettrici). Individuazione delle proprietà geometriche ottimali di nanomateriali in permalloy per l'ipertermia magnetica. Sistema per la misura dell'incremento di temperatura indotto da fasci ultrasonori e valutazione sperimentale degli effetti biologici. Ammissibilità a finanziamento del progetto EMPIR RaCHy (coordinamento INRiM).

Misura di biomarcatori a livello molecolare, cellulare e tissutale

Obiettivi. Caratterizzazione di biopsie liquide attraverso metodi basati su *digital droplet PCR* (ddPCR) e quantificazione di indicatori di stati patologici tramite l'*analisi per attivazione neutronica strumentale* (INAA). Determinazione dei parametri dielettrici dei tessuti biologici tramite *Electric Properties Tomography* (EPT) e realizzazione di materiali simulatori tissutali per l'*imaging* quantitativo.

Attività svolta. Biopsie liquide: Nell'ambito del progetto EMPIR NeuroMet si è impiegata la tecnica ddPCR per identificare un set di biomarcatori molecolari (microRNA) per la diagnosi precoce della malattia di Alzheimer. INAA: Sono state effettuate misurazioni della concentrazione di Co in capelli di persone sane (controllo) e di pazienti portatori di protesi metalliche in monitoraggio presso l'Istituto Ortopedico Rizzoli di Bologna. Imaging quantitativo: Sono stati implementati e validati codici numerici per la mappatura delle proprietà elettriche tramite EPT (di tipo *phaseless*) e sono stati realizzati i primi prototipi di *phantom* antropomorfi mediante tecniche di stampa 3D. Si è inoltre lavorato alla stesura del progetto EMPIR QUIERO, sottomesso nella *Call Health 2018* e finalizzato all'*imaging* biomedico.

Risultati ottenuti. Identificazione di un set di microRNA la cui quantificazione potrebbe permettere la discriminazione tra soggetti sani e malati. Evidenza sperimentale dell'aumento dei livelli di Co in capelli di pazienti con protesi danneggiata. Algoritmi per EPT 3D basati su *Contrast Source Inversion*. Ammissibilità a finanziamento del progetto EMPIR QUIERO (coordinamento INRiM).

Sensori per applicazioni biomedicali.

Obiettivi. Studio modellistico di sensori miniaturizzati per il rilevamento di nanoparticelle magnetiche.

Attività svolta. Nell'ambito del progetto EMPIR NanoMag sono stati sviluppati modelli numerici finalizzati allo studio e all'ottimizzazione di sensori nano/microstrutturati basati sul fenomeno di risonanza ferromagnetica (FMR) e sull'effetto Hall, con riferimento al rilevamento di nanoparticelle magnetiche.

Risultati ottenuti. Studio parametrico di nano/microsensori basati su FMR e effetto Hall.

Drug delivery.

Obiettivi. Studio sperimentale e modellistico di nanovettori per il trasporto e rilascio controllato di farmaci.

Attività svolta. In ambito sperimentale, si è proseguito lo studio dei meccanismi di sono- e foto-attivazione di farmaci attraverso la misura del rumore di cavitazione e dell'emissione luminosa. Insieme ad UNITO, si è lavorato alla stesura del progetto "*Le ferite croniche dell'anziano: studio dell'effetto antimicrobico di nanogocce ossigenate e di modelli 3D di pelle*", che prevede l'analisi del rilascio di farmaci tramite campi ultrasonori. In ambito modellistico, sono stati studiati i meccanismi di trasporto di particelle magnetiche in vasi sanguigni, focalizzandosi sugli effetti idrodinamici e di interazione con un campo magnetico esterno.

Risultati ottenuti. Finanziamento del progetto suddetto da parte della fondazione CRT. Modelli numerici, validati analiticamente, per la simulazione del trasporto di particelle magnetiche nel flusso sanguigno.

Medicina rigenerativa.

Obiettivi. Sviluppo di metodi di misura e caratterizzazione di materiali per la medicina rigenerativa.

Attività svolta. Nell'ambito del progetto StemRef, coordinato da UNITO, sono state testate nanoparticelle silicee funzionalizzate con fluorofori organici per la tracciabilità *in vivo* di cellule staminali mesenchimali umane. Nel progetto ERC-BIORECAR, coordinato dal DIMEAS (POLITO), sono stati monitorati i processi di riprogrammazione, mediati da microRNA, di fibroblasti in cardiomiociti. Inoltre, si è proseguita l'analisi dei meccanismi di differenziamento di cellule staminali su membrane nano/microstrutturate in poliuretano e sono state studiate le proprietà meccaniche e morfologiche di scaffold in idrogel. Insieme alla Divisione NM si è investigato il differenziamento di cellule staminali su scaffold con substrati in grafene.

Risultati ottenuti. Rimessa in funzione del laboratorio di microscopia multimodale. Evidenze sperimentali di differenziamento cellulare in senso condrogenico su membrane in poliuretano. Affidabilità del protocollo sviluppato nel progetto BIORECAR nella riprogrammazione di fibroblasti cardiaci in cardiomiociti.

Ruolo NMI
Svolgimento di confronti internazionali e interlaboratorio e sviluppo di CMC. Obiettivi. Valutazione dell'incertezza di misura nell'analisi cellulare/biomolecolare in linea con gli indirizzi strategici del CCQM; sottomissione di CMC nel campo dell'IVD (<i>In Vitro Diagnostics</i>). Attività svolta. <u>Studi pilota:</u> Partecipazione al confronto CCQM P184 <i>"Copy number concentration and fractional abundance of a mutation (SNV or INDEL) mixed with wild-type DNA"</i>, dove si sono sviluppate le capacità di misura del numero di copie di DNA mediante tecnica ddPCR; analisi statistica dei dati del confronto CCQM P123 <i>"Number and geometric property of cells adhered to a solid substrate"</i>. <u>CMC:</u> Avvio della messa in qualità, secondo normativa ISO 17025, delle procedure tecniche per la preparazione e l'analisi di campioni per misure di densità cellulare e confluenza (applicazioni nell'ambito IVD). Risultati ottenuti. Studio pilota CCQM P184 concluso (incertezza dell'ordine del 15%) e pubblicazione dei risultati su rivista scientifica internazionale. Primo draft delle procedure tecniche in qualità. Sviluppo di campioni nazionali. Obiettivi. Sviluppo del metodo k_0-INAA per la misura di elementi principali e in tracce in diverse matrici. Attività svolta. Misure di elementi di quantità nota in diversi campioni per la verifica sperimentale dell'applicazione del metodo k_0-INAA e la valutazione dell'incertezza di misura. Risultati ottenuti. Determinazione delle quantità di elementi ed evidenza sperimentale della compatibilità dei risultati ottenuti con i valori di riferimento; valutazione del bilancio di incertezza. Attività di certificazione, misura e prova per conto terzi. Obiettivi. Taratura di misuratori di campo elettrico e magnetico per applicazioni dosimetriche. Attività svolta & Risultati ottenuti. Emissione di 29 certificati di taratura. Attività nell'ambito di organismi e gruppi di lavoro metrologici e/o normativi. Obiettivi. Stesura di norme nei campi acustica/ultrasuoni e in ambito biomedico; networking tra NMI. Attività svolta & Risultati ottenuti. <u>Normazione nei campi acustica/ultrasuoni:</u> Presidenza del CEI IEC TC29/87 <i>"Elettroacustica/Ultrasuoni"</i> (supervisione di 20 norme); convenor del SC <i>"Ultrasound and Underwater Acoustics"</i> del TC-AUV di EURAMET; membro dell'IEC TC 87 <i>"Ultrasonics"</i> (10 norme). <u>Normazione in ambito biomedico:</u> Partecipazione ai comitati tecnici ASTM International e F04 <i>"Medical and Surgical Materials and Devices"</i>. <u>Networking tra NMI e istituti europei:</u> partecipazione ai network TraceLabMed e MATHMET; inserimento nella rete <i>"European Neutron Activation Analysis Platform"</i>.
Terza missione
Trasferimento tecnologico. Attività svolta & Risultati ottenuti. Training di personale dell'ente metrologico georgiano (GeoSTM) nell'ambito del <i>Twinning Contract "Support to Georgian National Agency for Standards and Metrology for further implementation of the EU - Georgia DCFTA requirements"</i>. Valorizzazione della proprietà intellettuale & brevetti. Attività svolta & Risultati ottenuti. Redazione di proposta di brevetto con POLITO e UNITO dal titolo <i>"Agente sonosensibilizzante e suo metodo di attivazione"</i>. Brevetto depositato in Italia. Didattica universitaria & attività di formazione. Attività svolta & Risultati ottenuti. Svolgimento del corso di III livello <i>"Mathematical-physical aspects of electromagnetism"</i> (POLITO) e di una lezione nel corso <i>"Advanced magnetic materials and devices for biomedical applications"</i> organizzato della Scuola Italiana di Magnetismo; svolgimento di lezioni e esercitazioni nel corso di II livello <i>"Radiochimica"</i> (Università di Pavia) e di un seminario nella <i>"Summer School in Nuclear Physics and Technologies"</i>, organizzata da INFN e Università di Ferrara. Tutoraggio di 4 dottorandi (POLITO), di cui 2 in fase di sottomissione della tesi, 3 studenti di II livello (2 POLITO, 1 UNITO), 1 studente di I livello (UNITO), 3 studenti in alternanza scuola/lavoro provenienti da scuole superiori di Torino e 2 studenti del CNAM di Parigi <i>"Ingénieur en Métrologie Qualité"</i>. Divulgazione scientifica Attività svolta & Risultati ottenuti. Intervista per sito <i>simisura.it</i> su progetto EMPIR MIMAS; intervista rilasciata a Radio 24 sul tema <i>"La misura in biologia"</i>.

Programma QV2 Metrologia per l'energia e l'ambiente

Responsabile: Gabriella Crotti

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Gabriella Crotti ⁽¹⁾	0,50	0,20	0,10	0,10	0,90
Domenico Giordano ⁽²⁾	0,60	0,10	0,10		0,80
P. Alberto Giuliano Albo	0,85		0,15		1
Simona Lago	0,75	0,15	0,10		1
Andrea Merlone ⁽³⁾	0,40	0,20	0,10		0,70
Francesca Pennecchi ⁽⁴⁾	0,75	0,10	0,05		0,90
Michela Segà	0,50	0,40	0,10		1
Mauro Zucca	0,90		0,10		1
Federico Fissore	0,20	0,70	0,10		1
Giorgio Varetto	0,20	0,70	0,10		1
Assegno di Ricerca					
Graziano Coppa ⁽⁵⁾	0,50				0,50
Mohammad Modarres	1				1
Francesca Rolle	0,50	0,50			1
Raffaella Romeo	1				1
Fabio Saba ⁽⁶⁾	0,50				0,50
Totale	9,15	3,05	1	0,10	13,30
Personale in formazione					
Giuseppe Cavuoto (PHD)	1				1
P. Sara Letizia (PHD)	0,15				0,15
Stefano Palumbo ⁽⁷⁾ (PHD)	0,60				0,60
Davide Signorino (PHD)	0,15				0,15
Umair Ahmed ⁽⁸⁾ - (PHD-stage)	0,60				0,60
Personale associato					
Mario Chiampi	0,20				0,20
Umberto Pogliano	0,20				0,20
Totale	12,05	3,05	1	0,10	16,20

(1) Collaborazione con Programma QV1, TPE 0,10;

(2) Collaborazione con Programma QV1, TPE 0,20;

(3) Collaborazione con Programma QV4; TPE 0,30;

(4) Collaborazione con Programma QV1; TPE 0,10;

(5) Collaborazione con Programma QV4; TPE 0,50;

(6) Collaborazione con STALT; TPE 0,50

(7) Collaborazione con IIT di Genova (TPE 0,4)

(8) Collaborazione con Università di Tampere, progetto OSMAG

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Metrologia per i sistemi energetici (SC)
Obiettivi. Riferimenti, sensori e metodi per: misure di tensione/corrente e potenza/energia in condizioni dinamiche; caratterizzazione, estrazione e trasporto di combustibili e bio-combustibili e misure di proprietà di gas refrigeranti.
Attività svolta. Si è conclusa la collaborazione con l'Università di Tampere (FI) (progetto OSMAG), su sistemi di <i>energy harvesting</i> vibrazionale. E' proseguita l'attività dei progetti EMPIR coordinati dall'INRiM riguardanti

le misure per la ricarica induttiva dei veicoli elettrici (MICEV), e la riferibilità e la misura in sistemi di trasporto a trazione elettrica (MyRails). In relazione alla determinazione delle proprietà termofisiche dei combustibili, è continuato lo studio delle proprietà termodinamiche dei gas naturali liquefatti (progetto EMPIR LNG III) e si è avviato lo studio di un nuovo refrigerante a basso impatto ambientale - R1224yd(Z).

Risultati ottenuti. Sono state definite le equazioni di generazione e quelle delle grandezze generate in funzione di bias magnetico e meccanico di *harvesters* vibrazionali basati su Fe-Ga. Con riferimento alle misure per i sistemi elettrici di trasporto, sono stati realizzati un iniettore di tensione a larga banda (10 kHz ÷ 200 kHz, 200 V) e un comparatore di tensione e fase da 1 kV, fino a 300 kHz ed è stato messo a punto e validato un modello circuitale di un sistema ferroviario 3 kV DC per lo studio dei fenomeni d'arco condotti. Sono state inoltre effettuate misure di velocità del suono in metano liquido a temperature criogeniche e misure preliminari di densità di un nuovo refrigerante a basso impatto ambientale - R1224yd(Z)-

Misure termofisiche e chimiche per l'acqua marina e l'acqua pura (SC)

Obiettivi. Determinazione delle proprietà termofisiche dell'acqua pura, deuterata e dell'acqua di mare

Attività svolta. Nell'ambito della collaborazione scientifica con ENEA C.R. Ambiente Marino S. Teresa "Valutazione di incertezze per parametri marini", è stato sviluppato un approccio metrologico per le misure di correnti marine misurate grazie a stazione di misura ADCP, montata su boa marina. In relazione alla determinazione delle proprietà termofisiche dell'acqua pura e deuterata è proseguito lo studio delle proprietà termodinamiche di tali fluidi sia in stati stabili sia in stati metastabili. Per quanto l'acqua di mare, lo studio delle proprietà termodinamiche è stato limitato agli stati stabili. Nell'ambito della determinazione della pressione parziale di CO₂ in acqua di mare, è proseguita la collaborazione all'interno della Joint Action "European Marine Sensor Calibration Network" del JPI OCEANS. E' stato inoltre avviato uno studio di fattibilità sulle misure dei rapporti isotopici del carbonio inorganico disciolto.

Risultati ottenuti. Sono state implementate le correzioni per gli effetti sistematici più significativi (disturbo magnetico della boa sulla bussola dello ADCP e correnti fittizie causate dagli spostamenti della boa stessa) e la relativa valutazione dell'incertezza. Sono state effettuate misure di velocità del suono e densità di acqua pura e acqua deuterata sia in stato stabile, sia metastabile sovra-raffreddato e sono state portate a termine misure di densità in acqua marina standard.

Riferibilità e misure di inquinanti atmosferici, contaminanti (SC)

Obiettivi. Supporto metrologico per la misura di inquinanti atmosferici e contaminanti;

Attività svolta. E' proseguita l'attività del progetto EMPIR SIRS con: valutazione dell'impiego della spettroscopia FTIR per la determinazione di CO₂ preparazione di miscele gravimetriche di CO₂ in matrice di aria sintetica; individuazione di varie sorgenti di CO₂ pura a rapporti isotopici noti e valutazione del sistema di trasferimento in bombole ad alta pressione. In questo ambito è stato svolto un secondment di 6 mesi presso il BIPM.

Utilizzando il metodo della diluizione dinamica sono state valutate stabilità di miscele gravimetriche di CO₂ e NO_x e incertezza di misura; è stato inoltre effettuato uno studio preliminare degli effetti di differenti gas nei sistemi di diluizione.

Si è concluso lo IUPAC project n° 2016-007-1-500, dedicato allo sviluppo di modelli Bayesiani per la valutazione dei rischi totali di non conformità per materiali o oggetti multicomponente nelle misure in chimica, ed è iniziato lo IUPAC project n° 2018-004-1-500 che produrrà una specifica guida IUPAC sull'argomento. E' inoltre iniziata l'attività nell'ambito del progetto EMPIR EMUE "Examples of Measurement Uncertainty Evaluation", i cui primi *deliverable* riguarderanno la diffusione a livello normativo dei principali risultati dello IUPAC project n° 2016-007-1-500.

Risultati ottenuti. In aggiunta ai codici già sviluppati, sono stati prodotti *Spreadsheet* per il calcolo dei rischi particolari e totali di decisioni errate nella valutazione di conformità di oggetti o materiali multicomponente.

Metrologia per la Meteorologia e la Climatologia (SC)

Obiettivi. Caratterizzazione dei sensori termici per meteorologia e climatologia.

Attività svolta: Sono proseguiti gli studi e le campagne di taratura anche *in situ* per sensori termici impiegati in meteorologia e climatologia. In particolare, è stato allestito un laboratorio mobile di taratura a 3000 m di quota, presso la stazione di misura del permafrost gestita dall'ARPA Piemonte, presso il colle del Sommeiller (TO). Si è svolto un confronto di radiosonde mediante utilizzo della camera EDDIE, in collaborazione con IMAA CNR, per valutare l'effetto dell'introduzione di un nuovo modello commerciale di *sensore*, anche in ambito GRUAN. Si è infine completata l'analisi dei dati degli esperimenti "Siting" e "Albedo, per la valutazione degli effetti delle condizioni ambientali locali sulle misure termiche "near surface" in meteo-climatologia.

Risultati ottenuti. E' stata stabilita la riferibilità metrologica corredata da analisi di incertezze sia di taratura, sia di misura per le misure del profilo termico di permafrost sino alla profondità di 100 m.

Ruolo NMI

Sviluppo e mantenimento di campioni, confronti di misura e CMC

Obiettivi. Campioni di misura e riferibilità ai campioni primari; validazione/estensione di CMC.
Attività svolta & Risultati ottenuti. Confronti chiave CCQM-K120b "Ambient CO₂" (conclusione misure e rapporto finale), CCQM-K131 "Mass fraction of organic calibration solution" (Rapporto finale) e CCQM-K74.2017 "Nitrogen dioxide in nitrogen" (misure preliminari). Confronto EURAMET.EM-S37 "Comparison of Instrument Current Transformers" (Revisione Draft B).

Attività di taratura e prova

Obiettivi. Fornire riferibilità a laboratori accreditati, industrie e costruttori di dispositivi e strumenti nei settori di competenza

Attività svolta. Taratura di campioni, sensori e generatori con riferimento alle grandezze alta tensione continua e alternata, rapporto di tensioni e rapporto di correnti, carica apparente, quantità di sostanza.

Risultati ottenuti. Nel 2018 il Programma ha emesso 80 certificati di taratura, di cui 14 per laboratori accreditati.

Partecipazione a comitati scientifici e tecnici

Obiettivi. Contribuire alle attività di **1)** organismi metrologici; **2)** organismi normativi e tecnici.

Attività svolta. **1)** Il programma ha partecipato alle attività del CCQM e ai WG Gas analysis, Organic analysis, ad hoc WG sulla mole e, in ambito EURAMET, ai comitati TC EM (SC Power&Energy), TC MC (SC Organic Analysis, SC gas Analysis), e TC-T (WG Thermophysical Properties of Materials). E' inoltre convenor dell'EURAMET Task group Environment. Partecipa alle attività dell'EURACHEM. **2)** Ha contribuito alle attività degli organismi tecnici su metodi statistici nelle misure (UNI/CT 016/GL 69, ISO/TC 69/SC 6, ISO/TC 69/SC 6/WG7), valutazioni di conformità (UNICT 052 GL 4 e 5), analisi di gas (ISO/TC 158), misure in chimica (CITAC) proprietà di acqua e vapore (IAPWS), trasduttori di forti correnti/tensioni (IEC 38 WG55, CEI TC 38), meteorologia e clima (AOPC Working Group on GRUAN, WMO CIMO Expert Team per il BIPM CCT).

Qualità e Supporto all'accreditamento

Obiettivi. Mantenimento in qualità dei laboratori INRiM e supporto agli organismi di accreditamento

Attività svolta & risultati ottenuti: Partecipazione ai Comitati ACCREDIA CIG e CAP; effettuazione di una Peer Visit (alte tensioni/forti correnti) presso l'LCOE per conto dell'ENAC; effettuazione di 3 confronti interlaboratorio nazionali.

Terza missione

Trasferimento tecnologico

Obiettivi. Supporto tecnico e attività di consulenza alle imprese nei campi di interesse del programma

Attività svolta & Risultati ottenuti. Effettuazione di corsi di formazione presso enti privati e pubblici:

- Valutazione dell'incertezza ed utilizzo del CCC software (presso Rivoira Gas);
- Preparazione e caratterizzazione di materiali di riferimento gassosi (presso Rivoira Ga);
- Documento JCGM 106:2012 (per i Funzionari Tecnici del Dipartimento Laboratori di Taratura di ACCREDIA).

Didattica universitaria e formazione

Obiettivi: Attività di tutoraggio per tesi e stage in ambito universitario e alternanza scuola lavoro.

Attività svolta & Risultati ottenuti: Tutoraggio di 4 dottorandi (POLITO), 3 tesi di laurea magistrale (2 UNITO, 1 UNICAMPANIA) e di uno STAGE (Tampere University of Technology)).

Divulgazione scientifica e organizzazione di eventi

Attività Svolta.

Intervista per il sito *simisura.it* su obiettivi e attività del progetto EMPIR MyRails

Realizzazione del sito web del progetto MICEV con contenuti informativi.

Organizzazione di una Webconference con gli stakeholders industriali nell'ambito del progetto MICEV.

Organizzazione della sessione speciale "Metrological Traceability of Oceanic Parameters" al workshop IEEE 2018 "MetroSea".

Organizzazione della *Metrology Session*, nell'ambito della ENBIS Conference 2018.

Programma QV3 Metrologia Alimentare
Responsabile: Andrea Mario Rossi

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Luigi Bergamaschi	0,50	0,40	0,10		1
Francesca Durbiano	0,20	0,30	0,30	0,20	1
Andrea Mario Giovannozzi	0,60	0,10	0,10	0,20	1
Chiara Portesi	0,60	0,10	0,10	0,20	1
Andrea Mario Rossi	0,20	0,20	0,20	0,40	1
Assegni ricerca					
Luisa Mandrile	0,80	0,20			1
Totale	2,90	1,30	0,80	1	6
Personale in formazione					
Giulia Barzan	0,80	0,20			1
Iris Cagnasso	0,80	0,20			1
Alessio Sacco	0,70	0,30			1
Personale associato					
Gianmario Martra	0,10				0,10
Massimo Oddone	0,10				0,10
Totale	5,40	2	0,80	1	9,20

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Le attività scientifiche condotte dal gruppo rispecchiano le priorità della strategia Europa 2020 "Societal Challenges", ponendo particolare attenzione a questioni condivise dall'Europa e dai paesi più industrializzati sul tema della sicurezza alimentare.
<u>Metrologia per l'analisi dei batteri (SC)</u>
Obiettivo. Analisi dinamica dell'interazione antibiotici e batteri.
Attività svolta. L'attività, svolta nell'ambito del progetto METvsBadBugs, iniziato a giugno 2016, ha riguardato la caratterizzazione mediante spettroscopia Raman di diverse classi di antibiotici e di batteri per la creazione di un data base spettrale. Si sono effettuate misure dinamiche di interazione antibiotico batterio per la valutazione della minima dose inibitoria (MIC) capace di inibire la crescita dei batteri
Risultati ottenuti. Miglioramento della sensibilità di misura attraverso uso della tecnica Raman. Due pubblicazioni su riviste internazionali.
<u>Metrologia per la sicurezza alimentare (SC)</u>
Obiettivo. Sviluppo di nuove tecniche di misura a supporto dell'analisi degli alimenti
Attività svolta. INRiM ha proseguito l'attività sia sui <i>novel food</i> che sulle farine processate per l'alimentazione animale. In tale ambito si sono condotti studi tramite attivazione neutronica per la determinazione di elementi tossici eventualmente assorbiti nel campione, e di parti di insetti presenti in traccia nelle farine. Mediante la spettroscopia vibrazionale sono stati condotti studi sulla determinazione della composizione e della quantificazione di diverse specie animali contenute nelle farine per alimentazione di animali e confrontando i risultati con il metodo ufficiale. Tramite spettroscopia Raman sono stati studiati i NIAS (Non-Intentionally Added Substances) in granuli di Low Density PolyEthylene destinati alla fabbricazione di imballaggi alimentari. Tramite spettroscopia Raman e di Fluorescenza è iniziato uno studio sull'invecchiamento degli oli EVO in funzione delle condizioni di imballaggio.
Risultati ottenuti. E' stato ottenuto tramite il bando competitivo regionale INFRA-P un finanziamento per Sostegno a progetti per la realizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento di IR pubbliche il progetto dal nome IMPreSA Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare per un investimento di 2132 keuro. Questo progetto ha con l'obiettivo di sviluppare materiali innovativi per l'imballaggio alimentare garantendo il rispetto delle normative internazionali e proponendo di essere di supporto alle aziende. Durante il 2018 si sono iniziate le procedure

di individuazione della strumentazione idonea e la messa a punto dei documenti per lo svolgimento delle gare. Due pubblicazioni su riviste internazionali.

Nanotecnologie per la metrologia alimentare (SC)

Obiettivo. Produzione e utilizzo di materiali nanostrutturati per aumentare la sensibilità delle tecniche spettroscopiche

Attività svolta.

Tramite tecniche di sintesi chimica si sono prodotti nanoparticelle e substrati solidi nanostrutturati a base metallica per sfruttare il fenomeno dei plasmoni di superficie per aumentare la sensibilità delle spettroscopie vibrazionali rispetto ad alcuni contaminanti chimici. Sono state avviate collaborazioni con industrie che producono di imballaggi alimentari, per lo sviluppo di metodiche per la valutazione della migrazione di nanomateriali dall'imballaggio all'alimento.

Risultati ottenuti. 2 pubblicazioni su riviste internazionali.

Ruolo NMI

Metrologia applicata alla spettroscopia Raman

Obiettivo. Sviluppo del sistema “*Tip Enhanced Raman Spectroscopy*” (TERS).

Attività svolta.

Il programma è coinvolto in due confronti interlaboratorio nell'ambito della metrologia Raman confocale dedicata alla misura del volume confocale e della calibrazione in frequenza.

Si è lavorato per ottenere una maggiore riproducibilità del punte TERS e sono stati risolti alcuni problemi di riproducibilità delle misure. Si è avviata l'attività per la quantificazione dell'enhancement factor.

Risultati ottenuti.

1 pubblicazione scientifica. Partecipazione al confronto VAMAS Raman metrology sulla taratura in frequenza.

Infrastruttura Europea Metrofood

Obiettivo. Sviluppo e consolidamento della nuova infrastruttura di ricerca pan-Europea (METROFOOD-RI), guidata da ENEA.

Attività svolta.

INRiM fa parte del progetto di nuova infrastruttura di ricerca pan-Europea METROFOOD-RI Infrastructure for Promoting Metrology in Food and Nutrition (ESFRI Roadmap 2018 – Domain Health and Food), che è stato valutato “*emerging*” per la sua eccellenza scientifica nel dominio “Health & Food”. Il progetto, coordinato dall'Italia, è attualmente supportato da Portogallo, Romania, Austria, Spagna, Grecia, Francia, Repubblica Ceca, Turchia, Moldavia, Macedonia, Slovenia e vede la partecipazione di 31 Partner di 15 diversi Paesi. Nell'ambito del progetto Metrofood-RI, sono stati sviluppati ed applicati metodi basati sull'AAN (Analisi per Attivazione Neutronica) che hanno permesso all'INRiM di partecipare alla caratterizzazione di due materiali di riferimento costituiti da ostriche, il primo materiale di riferimento, e da riso, il secondo materiale di riferimento.

Risultati ottenuti.

Mediante AAN è stata quantificata la presenza di elementi tossici e composti nutritivi quali Arsenico, Cromo, Nichel, Selenio, Zinco. Questo metodo analitico è stato selezionato per effettuare test di omogeneità.

Metrologia per l'analisi per attivazione neutronica

Obiettivo. Sviluppo di tecniche di analisi per la quantificazione di elementi maggiori ed in tracce.

Attività svolta.

Sono stati sviluppati metodi di Analisi per Attivazione Neutronica (AAN) con il metodo assoluto “*k0*” il quale permette una misura di concentrazione senza l'utilizzo di standard certificati di riferimento. Sempre mediante AAN sono state eseguite misure per la quantificazione di elementi maggiori ed in tracce, per proseguire le analisi di caratterizzazione e discriminazione di farine alimentari. Inoltre si è iniziata un attività di analisi su sale rosa himalayano per verificare la presenza di elementi dannosi per la salute umana sia per la discriminazione da eventuali prodotti contraffatti.

Come previsto dal Sistema Qualità INRiM sono state svolte attività di mantenimento e miglioramento delle procedure a sostegno delle CMC (attualmente 7) riguardanti la quantificazione di sostanza. Sono stati sviluppati metodi analitici per la partecipazione a confronti internazionali in ambito CCQM.

Risultati ottenuti.

Pubblicazione su rivista del lavoro “*A preliminary test for the application of the k_0 standardization method of neutron activation analysis at the Radiochemistry and Spectroscopy Laboratory of the Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica*” sull'utilizzo della tecnica del “*K0*” mediante AAN.

Terza missione

Disseminazione a livello nazionale ed internazionale dell'attività.

Attività svolta.

I ricercatori afferenti al programma rappresentano INRiM nei principali gruppi di lavoro del CCQM quali l'analisi

organica, le proteine, l'analisi inorganica, acidi nucleici e l'analisi di superficie. Essi hanno partecipato a confronti internazionali organizzati da CCQM ed Euramet in modo da mantenere attive le CMC esistenti, e proposto nuovo confronti.

Il programma ha iniziato l'attività per costituire un European Metrology Network on Food Safety – EMN-FS. L'attività è consistita nella presentazione in vari sedi europee, NMI e presso possibili stakeholder, il progetto EMN-FS.

Risultati ottenuti.

Corso di Dottorato in metrologia 1QTARU Advanced spectroscopic methods: metrological aspects and applications to nanomaterials (20 ore).

Giornata della metrologia Partecipazione all'esperienza dell'Open Day del 20 maggio Giornata della metrologia.

Programma QV4 Metrologia della Temperatura
Responsabile: Roberto Gavioso

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Roberto Gavioso	0,60	0,30		0,10	1
Ferruccio Girard	0,30	0,60	0,10		1
Daniele Madonna Ripa	0,70	0,30			1
Andrea Merlone ⁽³⁾	0,10	0,10	0,10		0,30
Roberto Dematteis ⁽¹⁾		0,25	0,25		0,50
Michael Florio	0,20	0,40	0,30	0,10	1
Domenico Giraudi ⁽²⁾	0,20	0,20			0,40
Assegni ricerca					
Martina Fogliati	1				1
Dario Imbraguglio	0,60	0,40			1
Graziano Coppa ⁽⁴⁾	0,50				0,50
<i>Totale</i>	<i>4,20</i>	<i>2,55</i>	<i>0,75</i>	<i>0,20</i>	<i>7,70</i>
Personale associato					
Peter Steur	0,50	0,50			1
Maria Pia Bussa			1		1
Totale	4,70	3,05	1,75	0,20	9,70

⁽¹⁾ partecipazione attività STALT (0.5)

⁽²⁾ part time al 40 %

⁽³⁾ partecipazione attività programma QV2 (0.7)

⁽⁴⁾ partecipazione attività programma QV2 (0.5)

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Nel 2018 l'attività di ricerca ha complessivamente prodotto 5 pubblicazioni su rivista internazionale.
Misure di temperatura termodinamica con tecniche acustiche e a microonde
Obiettivi. Misure di temperatura termodinamica con termometria a indice di rifrazione (RIGT) nell'intervallo di temperatura fra 45 K e 200 K. In collaborazione con LNE, realizzazione e collaudo di una cavità a microonde superconduttiva prototipo. Partecipazione a proposte di progetto (JRP) nell'ambito della Call SI 2018 di EMPIR.
Attività svolta. Nell'ambito del progetto EMPIR InK2, è stato ultimato l'allestimento dell'esperimento per misure di termometria a indice di rifrazione (RIGT). Misure sono attualmente in corso nell'intervallo fra 15 K e temperatura ambiente. Nell'ambito del Progetto INRiM SEED 2016, il prototipo di risonatore a microonde superconduttivo realizzato all'INRiM è stato prestato all'LNE che ne sta curando la caratterizzazione con buoni risultati preliminari. Tali risultati saranno oggetto di comunicazione nel 2019 in due conferenze internazionali.
Risultati ottenuti. Caratterizzazione di un prototipo di cavità a microonde superconduttiva come campione primario di basse pressioni. <i>Submission</i> a Metrologia di un lavoro di rassegna su RIGT, a supporto dell'inclusione di tale tecnica nella <i>mise en pratique</i> del kelvin. Finanziamento di due JRP nell'ambito della Call SI di EMPIR: Real-K, con la responsabilità di un workpackage (WP) e Quantum Pascal. I progetti coinvolgeranno il personale afferente a QV4 per lo sviluppo di campioni primari innovativi di temperatura e pressione.
Sviluppo e miglioramento di campioni di temperatura
Obiettivi. In termometria criogenica, completamente misure volte a determinare l'effetto di Argon in traccia sul punto triplo dell'Ossigeno. In termometria a radiazione, confronto di scale di temperatura sopra 962 °C, a diverse lunghezze d'onda, per lo studio di scale per interpolazione. Completamento formazione di un ricercatore che assuma la futura responsabilità delle attività di ricerca e di mantenimento dei campioni di temperatura criogenici.
Attività svolta. Lo studio del contenuto in argon sul punto fisso dell'ossigeno è terminato con il completamento delle misure. Il lavoro sullo studio di nuovo punto fisso (xenon) è stato pubblicato. In termometria a radiazione: sono state eseguite misure di confronto di scale realizzate a 650 nm e 900 nm, nel campo di temperatura fino

a 1500 °C.

La riparazione del forno a grafite per alta temperatura, che necessita di un ricondizionamento funzionale e di una bonifica dei particolari in amianto, i cui lavori erano stati inizialmente previsti per la prima metà del 2018, su richiesta della Ditta appaltatrice, sono stati posticipati a inizio 2019. E' stata completata l'installazione e il collaudo del nuovo forno Chino IR-R80 per temperature fino a 2800 °C:

Risultati ottenuti. I risultati ottenuti nello studio del punto fisso dello xenon in collaborazione con NRC sono stati pubblicati. L'accordo fra due scale di temperatura realizzate (a 650 nm e 900 nm) con metodi radiometrici è risultato soddisfacente. Rimane da verificare il loro accordo a temperature superiori. La caratterizzazione del nuovo forno per alta temperatura (Chino IR-R80) ha permesso di ottimizzarne i parametri di regolazione e di verificarne le distribuzioni termiche consentendone già il suo impiego anche per l'esecuzione di tarature speciali (fino a 2500 °C).

Applicazioni scientifiche e tecnologiche di metrologia termica

Obiettivi. Svolgimento attività previste nell'ambito del contratto SCIEF e del progetto H2020 "MIDAS";

Attività svolta. Si sono avviati i lavori del progetto MIDAS, coordinato dal Politecnico di Torino, in cui l'INRiM svolgerà la caratterizzazione di sensori termici in aeronautica, su nuovi prototipi di "embedded system" per piccoli velivoli in sviluppo dalla Piaggio; nell'ambito del contratto SCIEF (progetto ASI, nel quale l'INRiM collabora con INO-CNR) è stata conclusa la caratterizzazione della cavità a corpo nero di riferimento attraverso misure di emissività, radianza spettrale e di temperatura, sia con tecniche di termometria a radiazione sia per contatto.

Risultati ottenuti. Definizione dei protocolli di misura, terminologie e piani di lavoro del progetto MIDAS; E' stato messo a punto e descritto (RT-2018-28) un sistema innovativo per la mappatura termica della cavità a corpo nero di riferimento sviluppata nell'ambito del contratto SCIEF.

Ruolo NMI

Realizzazione mantenimento disseminazione campioni di temperatura

Obiettivi. Riduzione dell'incertezza nella realizzazione della ITS-90 ad alta temperatura mediante miglioramento della misura della lunghezza d'onda effettiva di un termometro a radiazione campione. Realizzazione di nuove stazioni di misura con sorgenti a corpo nero ad elevata uniformità di temperatura basate sull'utilizzo di heat pipe. Taratura di termometri campione ai punti fissi (criogenici e temperature intermedie) per esperimenti di termometria primaria.

Attività svolta. Si è concluso l'adeguamento opto-meccanico di un nuovo sistema spettrometrico a doppio monocromatore. Sono state realizzate due sorgenti di corpo nero successivamente caratterizzate in termini di uniformità di temperatura. Si è effettuata una taratura per confronto di una cavità di corpo nero con termometri a contatto e a radiazione nel campo di temperatura di lavoro di un heat pipe ad acqua. E' stato valutato l'impiego pratico di un termometro multispettrale commerciale per uso industriale (RT-2018-17) Nell'ambito del rinnovo delle apparecchiature nel Laboratorio Temperature Intermedie sono stati collaudati i nuovi forni ISOTECH 17706 (Zn, Al, Ag) e 17707 (In, Sn). La pubblicazione sui risultati è in preparazione.

Si è completata la complessa taratura di un set di termometri a capsula ai punti fissi criogenici e per il progetto PRIN in collaborazione con l'Università della Campania.

Risultati ottenuti. Sono stati realizzati:

Software di gestione del nuovo sistema spettrometrico a doppio monocromatore; Sorgente di radiazione termica a corpo nero basata su tubo di calore ad acqua (RT-2018-04); Sorgente di radiazione termica a corpo nero basata su tubo di calore al cesio (RT-2018-10).

Confronti nazionali internazionali

Obiettivi. Coordinamento di un confronto supplementare (bilaterale con Tubitak UME - TK) per la misura dei parametri richiesti per la realizzazione di scale temperatura di radianza tra 150 °C e 1100 °C.

Attività svolta. Su richiesta del Tubitak UME, è stato preparato e registrato al BIPM il protocollo del confronto ed è stata eseguita la caratterizzazione del termometro campione di trasferimento INRiM TS1.

Risultati ottenuti. Sono stati pubblicati sul key comparison database del BIPM (KCDB) e sulla rivista Metrologia gli esiti dei confronti:

- Euramet.T-K1, organizzato dal PTB (G) sulle realizzazioni della ITS-90 da 2.6 K a 24.5561 K con l'utilizzo di termometri a resistenza di rodio-ferro. Tale risultato consentirebbe all'INRiM di estendere le CMC dall'attuale limite inferiore di 24.56 K a 4 K.

- Euramet.T-S4, coordinato dall' NPL, per la misura dei parametri richiesti per l'approssimazione della ITS-90 con tecniche di termometria a radiazione nel campo di temperatura da 156 °C a 962 °C. I risultati ottenuti dall'INRiM sono in perfetto accordo con il valore medio di riferimento.

Membership organismi metrologici

Sono attive le partecipazioni ai seguenti gruppi di lavoro del Consultative Committee for Thermometry (CCT):

- WG-CTh for Contact Thermometry; WG-NCTh for Non Contact Thermometry; WG-SP for Strategic

Planning; Task Group TG-ThQ for Thermophysical Quantities.

- E' proseguita la chairmanship del WG Environment del CCT (A. Merlone) con il coordinamento della partecipazione dei metrologi ai task team ed expert team WMO.

In ambito EURAMET sono proseguite le partecipazioni ai gruppi di lavoro del TC-T: Task Group "Best Practice"; Task Group "Strategy".

Il Laboratorio Campioni di Termometria a radiazione ha contribuito alla stesura e revisione del documento normativo "IEC Technical Specification on the metrological characterization of thermal cameras - part 1" (Document 65B/1015/NP). E' stata avviata la proposta di un progetto EURAMET (status: agreed) in ambito TC-T per lo studio e sviluppo di una normativa EURAMET per la taratura dei termometri in aria. Il progetto verrà avviato nel 2018 con un intercomparison propedeutico alla stesura di una guida (best practice).

Risultati ottenuti. formalizzazione congiunta BIPM-WMO delle partecipazioni e collaborazioni metrologiche all'interno dei vari WG e Task group.

Terza missione

Attività e servizi conto terzi

E' stato messo in funzione un *gas-controlled heat pipe*, presso il laboratorio di taratura del politecnico di Torino, centro LAT 139. Il sistema inizialmente sperimentale può ora essere incluso nelle procedure di taratura del centro, per termometri e termocoppie tra 150 °C e 280 °C.

Il programma QV4 sovrintende al Laboratorio Temperature Intermedie che ha emesso, attraverso la struttura STALT, 43 certificati di taratura fra termometri e termocoppie.

Il Laboratorio Tarature Termometria a Radiazione ha emesso 39 certificati di taratura per termometri a radiazione industriali e misuratori di flusso termico radiativo;

Didattica universitaria e formazione QV4 ha curato un ciclo di lezioni nell'ambito del Corso di acustica attivo presso il C.d.L. in Fisica dell'Università di Torino.

Divisione Nanoscienze e Materiali

Responsabile: Luca Callegaro

Risorse umane (TI + TD) al 31/12/2018

Ricercatori e Tecnologi: 27. Collaboratori Tecnici: 11

Ulteriori risorse umane

Assegnisti, Borsisti e Dottorandi: 19. Associati e incarichi: 7

Articolazione delle attività

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, con particolare attenzione alla ricerca su:

- dispositivi e metodi di misura per la realizzazione pratica dell'ampere e delle unità elettriche;
- dispositivi e metodi di misura per la realizzazione della candela e delle unità fotometriche;
- tecnologie di preparazione di materiali, mezzi nano strutturati e dispositivi e tecnologie per il magnetismo, la nanofotonica e altre applicazioni;
- fenomeni fisici nella materia condensata e materiali funzionali;
- metrologia per le nanoscienze.
 - la realizzazione pratica dell'Ampere e della Candela;
 - lo studio dei fenomeni fisici nella materia condensata.

I programmi di attività e le linee di sviluppo generali sono indicati nello schema seguente:

PROGRAMMA	
NM1: Dispositivi quantistici e nanosistemi (Nataschia De Leo)	Il programma si occupa della realizzazione del campione di tensione quantistico, oltre che di misure di potenza a microonde e di caratterizzazione a microonde in ambiente criogenico. Inoltre, si occupa dello studio e della realizzazione di nanoSQUID, di rivelatori superconduttivi per il conteggio del singolo fotone e bolometri. Parte dell'attività del programma è volta allo studio e alla realizzazione di sistemi a bassa dimensionalità per lo sviluppo di materiali e strutture di riferimento per le tecniche di imaging 3D e X-ray, di nanofili in silicio/germanio per lo studio del trasporto elettronico e termico, e di tip per SPM.
NM2: Metrologia dell'ampere (Luca Callegaro)	Il programma si occupa della realizzazione delle unità elettriche ampere, ohm, henry, farad, e dei campioni quantistici di corrente continua e resistenza elettrica in regime continuo, e dei campioni nazionali di tensione elettrica in regime alternato, corrente elettrica in regime alternato, resistenza elettrica in regime alternato, capacità elettrica, induttanza elettrica, potenza elettrica, energia elettrica. Svolge attività di ricerca per la metrologia dell'effetto Hall quantistico e dell'elettronica singolare. Studia materiali e dispositivi basati sul grafene. Sviluppa dispositivi superconduttivi basati su giunzioni Josephson per la generazione, manipolazione e amplificazione di segnali a microonda fino al livello del singolo fotone.
NM3: Nanomagnetismo e spintronica (Paola Tiberto)	Con il termine nanomagnetismo si intende in generale lo studio delle proprietà magnetiche in sistemi che hanno almeno una dimensione, sia essa microstrutturale o di interazione fisica, dell'ordine del nanometro: film sottili e multilayer, nanostrutture magnetiche fabbricate per via chimica o fisica attraverso processi nanolitografici.

	La spintronica si occupa particolarmente dei fenomeni mesoscopici basati sul controllo dello spin. L'attività di ricerca del programma è articolata in: 1) sintesi di film sottili/multistrati e nanoparticelle magnetiche mediante processi chimici o nanolitografici 2) studio dei fenomeni spintronici e spincaloritronici in film sottili/multilayer/nanopillar/array ordinati di nanostrutture; 3) studio teorico e sperimentale della dinamica di magnetizzazione in sistemi nanostrutturati; 4) sensori e nanoattuatori ad elevata anisotropia e/o magnetostrittivi; 5) Caratterizzazione di nanoparticelle magnetiche per applicazioni biomediche (ipertermia magnetica, trasporto di farmaci).
NM4: Materiali funzionali (Massimo Pasquale)	Le attività principali del programma sono associate allo studio e comprensione del processo di magnetizzazione nei materiali magnetici, al miglioramento delle tecniche di misura ed ottimizzazione delle prestazioni dei materiali magnetici nelle loro applicazioni. Nel 2018 sono stati sviluppati alcuni nuovi metodi di misura della perdita di energia in regime mono-, bi-dimensionale e distorto a valori di polarizzazione prossimi alla saturazione fino a 10 kHz per l'analisi dettagliata del ruolo svolto dall'effetto pelle e modelli del processo di magnetizzazione scalare e vettoriale di materiali cristallini orientati e non orientati regime mono-dimensionale, bi-dimensionale e distorto. Sono state inoltre studiate le perdite fino ad 1 GHz in ferriti MnZn con diversi livelli di drogaggio CoO ed è stato sviluppato un modello fenomenologico della perdita per rotazioni basato sull'equazione di Landau-Lifshitz Per quanto riguarda i materiali magnetici con trasformazioni di fase utilizzati nello studio dell'effetto magnetocalorico è stato formulato un modello termodinamico per descrivere la dinamica delle trasformazioni di fase magnetostutturali.
NM5: Fotonica (Giorgio Brida)	Il programma si occupa della realizzazione delle unità radiometriche e fotometriche per la caratterizzazione di rivelatori e materiali: intensità luminosa, illuminamento, luminanza, temperatura di distribuzione, colore in trasmissione, potenza radiazione visibile, potenza radiazione in fibra ottica, sensibilità spettrale, trasmissione regolare e diffusa, riflessione regolare. Svolge attività di ricerca nell'ambito dei fotorivelatori innovativi (fotorivelatori predicibili; fotorivelatori singolo fotone), dei materiali per la visione e nella nanofabbricazione per la fotonica.

La Divisione ha gestito, nel corso del 2018, 20 contratti di ricerca nazionali e internazionali, di cui molti associati all'European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR). Sono stati pubblicati 61 lavori su rivista internazionale. La Divisione mantiene e sviluppa 12 Campioni Nazionali per le unità elettriche e fotometriche, e 9 altri campioni. Nel 2018 ha partecipato a confronti di misura internazionali. Sono stati emessi 230 certificati di taratura e prova, anche verso la struttura STALT per il mantenimento delle catene di riferibilità in campo elettromagnetico. Nel seguito sono sintetizzati i principali risultati conseguiti considerando le attività svolte nelle linee prioritarie individuate in conformità con la valutazione ANVUR:

Attività di ricerca di base e applicata

Campioni elettrici quantistici.

Il ponte di confronto resistenza di Hall-capacità è stato validato verso il campione nazionale. E' in corso di realizzazione un sistema criomagnetico compatto per la misura di dispositivi in grafene. Sono stati modellati

sistemi Hall complessi, tra cui un ponte di Wheatstone quantistico. E' in realizzazione un setup per criogenico per dispositivi a singolo fotone in microonda.

Micro e nanosistemi. Sono stati realizzati sensori e elementi circuitali nanoSQUID per la misura di campo magnetico ad alta risoluzione spaziale; rivelatori TES (transition-edge sensor) per singolo fotone e MKID (microwave kinetic inductance detector). Sono stati realizzati sistemi superconduttivi nanostrutturati per quantum phase slip. Sono stati caratterizzati film di grafene (chemical vapor deposition e epitassiali) con tecniche di noise spectroscopy e electrical resistance tomography. Si sono realizzati dispositivi a singolo elettrone interamente superconduttivi, e amplificatori superconduttivi a singolo fotone nel regime delle microonde. Sono stati realizzati metamateriali per la fotonica e sensing, tra cui nanosistemi eterogenei (organico/inorganico) 3D come materiali di riferimento per surface analysis e di analisi X con sistemi polimerici nanostrutturati (copolimeri a blocchi), e realizzate punte per microscopia e tomografia a enhancement plasmonico. Sono stati realizzati metamateriali iperbolici per risonatori e guide d'onda. Sono stati sviluppati array di nanofili Si ricoperti in oro per surface-enhanced Raman spectroscopy come sensori di melamina.

Spintronica, magnonica, semiconduttori magnetici. Si è studiata la dinamica di magnetizzazione, anche con nuove tecniche di simulazione, di sistemi ad alta anisotropia perpendicolare e la dipendenza dell'interazione Dzyaloshinskii-Moriya in film irraggiati. Si è modellizzata e sperimentalmente dimostrata la relazione di reciprocità tra effetto spin Seebeck ed effetto spin Peltier. Si è studiato il comportamento dinamico di giunzioni tunnel magnetiche con struttura di vortici, osservando effetti di spin torque termico. Sono state preparate nanostrutture magnetiche semiconduttive.

Nanomagnetismo. Sono state preparate e caratterizzate nanoparticelle in lega Fe-Pd, e i processi di magnetizzazione in frequenza di nanoparticelle per applicazioni magneto-meccaniche e biomediche. E' stata studiata la dinamica di magnetizzazione in sistemi a bassa anisotropia perpendicolare. Sono state studiate le proprietà magnetiche di pigmenti a ossidi di ferro per applicazioni in campo archeologico e sanitario (tatuaggi).

Sensori e attuatori magnetici. Sono stati caratterizzati materiali in film sottile e realizzati e misurati cantilever magnetostrittivi.

Materiali magnetici per l'energia. Sono stati sviluppati modelli e metodi di misura statici e dinamici per la magnetizzazione mono e bidimensionale di materiali per l'energia. E' stato formulato un modello per la dinamica delle trasformazioni magnetostretturali in materiali magnetocalorici. Sono state misurate e modellizzate le proprietà di ferriti per frequenze sino a 1 GHz.

Radiometria a singolo fotone. E' stato ottimizzato un sistema criogenico a smagnetizzazione adiabatica per la caratterizzazione di film e rivelatori superconduttivi a singolo fotone. E' stata studiata la stabilità temporale di sistemi multilayer.

Studio dei materiali per la visione. E' stato definito un modello per la percezione contestuale dei colori, studio della percezione della saturazione di campioni di Munsell a diversi livelli di gloss e di brillantezza. Si sono svolte misurazioni on-site di asfalti.

Ruolo di Istituto Metrologico Primario

- Circolazione della seconda bozza di Draft A per il Confronto Internazionale EURAMET.EM-S35 (INRiM pilota);
- Confronto internazionale (EMPIR 16NRM04 MagnASand) di proprietà magnetiche di nanoparticelle magnetiche in soluzione liquida;
- Pubblicazione del confronto EURAMET.EM.M-S2: *Supplementary comparison of national standard facilities in the field of measuring the polarization and specific total power loss in soft magnetic materials;*

- Conclusione del confronto interlaboratorio CMI-INRiM rivelatore calcolabile per fibra ottica (FO-PQED) (EMPIR SIB57 Newstar);
- Circolazione del draft A del confronto EURAMET PR-S4, *comparison on UVA power meters*;
- Partecipazione e invio dei risultati al confronto EURAMET.PR-K6, *comparison on neutral density filter transmittance*;
- Partecipazione ai confronti TG11 single-photon radiometry (pilot comparison single photon detectors), TG13 Optical Fibre Power Responsivity (intercomparison INRiM-CMI FO-PQED vs PQED);
- Confronto interlaboratorio di validazione dei trasduttori per misure di potenza e power quality (TracePQM);
- Valutazione dell'incertezza di misura del campione nazionale di potenza a microonda;
- Valutazione dell'incertezza di misura di taratura di sensori di forti correnti;
- Avvio di confronto internazionale di Atom Probe Tomography con campioni di riferimento fabbricati da INRiM;
- Confronto EURAMET-COOMET comparison “Supplementary comparison of national standard facilities in the field of measuring the polarization and specific total power loss in soft magnetic materials”;
- Confronto IEC TC68 – “Round Robin Test of measurements of magnetic properties of Fe-based amorphous strip by means of a single sheet tester”.

INRiM è coordinatore dell'attività IEC TC68 – Joint Working Group Project IEC TR TC 68-7 “Relationship of Epstein to Single Sheet Tester (SST) measurements results” (Coordinatore).

Tra i ruoli internazionali di rilievo svolti in ambito metrologico si cita:

- EURAMET: Alternate to the General Assembly;
- EURAMET TC-EM: Chairmanship; Working Group on Strategic Planning;
- CCEM: Working Group on Regional Metrology Organizations, membership as TC-EM Chair;
- CPEM Executive Committee, member-at-large;
- EURAMET TC-PR: convenor of Basic Science for Strategic Research Agenda;
- CCPR: presidency;
- CCPR: WG-SP TG11 Single-Photon Radiometry;
- CCPR: WG-SP TG13 Optical Fibre Power Responsivity.

Campioni nazionali mantenuti dalla Divisione (DM 591/1993)	
NM2	Campione nazionale di intensità di corrente elettrica
NM2	Campione nazionale di intensità di corrente elettrica in regime alternato sinusoidale
NM2	Campione nazionale di potenza elettrica
NM1	Campione nazionale di potenza elettrica per radiofrequenza e microonde
NM1	Campione nazionale di attenuazione di potenza
NM2	Campione nazionale di energia elettrica
NM2	Campione nazionale di tensione elettrica in regime alternato sinusoidale
NM2	Campione nazionale di capacità elettrica
NM4	Campione nazionale di flusso di induzione magnetica
NM4	Campione nazionale di induzione magnetica
NM2	Campione nazionale di induttanza
NM5	Campione nazionale di intensità luminosa

Altri campioni	
NM1	Campione quantistico di tensione elettrica per effetto Josephson
NM2	Campione quantistico di resistenza per effetto Hall quantistico
NM2	Campione di rapporto di tensione in regime alternato sinusoidale
NM5	Potenza radiazione in fibra ottica
NM5	Sensibilità spettrale
NM5	Luminanza

NM5	Trasmissione regolare
NM5	Trasmissione diffusa
NM5	Riflessione regolare

Trasferimento di conoscenze

Tra le attività di formazione accademica e di terza missione,

- Partecipazione al Consiglio di Dottorato in Metrologia e in Fisica del Politecnico di Torino, e del Dottorato in Fisica dell'Università di Torino;
- Corsi per il Dottorato di Ricerca (Politecnico di Torino);
- Corso "Fisica dello Stato Solido", Dip. Scienze e Innovazione Tecnologica, UPO;
- Corso "Struttura della materia e laboratorio di fisica dei materiali I";
- Didattica sulle proprietà magnetiche dei materiali naturali e interazioni con il campo magnetico terrestre;
- Iniziative di formazione e diffusione della cultura scientifica;
- Tutoring di studenti universitari, tirocini in alternanza scuola-lavoro.

Programma NM1 Dispositivi quantistici e nanosistemi
Responsabile: Natascia De Leo

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Luca Boarino	0,60				0,60
Natascia De Leo	0,70				0,70
Matteo Fretto	1				1
Eugenio Monticone	1				1
Luca Oberto	0,50	0,10			0,60
Roberto Rocci	0,50				0,50
Danilo Serazio	0,30				0,30
Andrea Sosso	0,25				0,25
Federico Ferrarese Lupi	0,50				0,50
Cristina Cassiago	0,20				0,20
Personale in formazione					
Paolo Durandetto	1				1
Personale associato					
Nicola Pinto (Unicam)	0,20				0,20
Sabino Maggi (CNR-Bari)	0,20				0,20
Javid Rezvani (Unicam)	0,20				0,20
Gianluca Milano	0,20				0,20
Totale	7,35	0,10			7,45

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Dispositivi superconduttivi a giunzione Josephson <i>Obiettivi.</i> Realizzazione e caratterizzazione di dispositivi a giunzione Josephson per il sensing e la metrologia. <i>Attività svolta.</i> E' stato messo a punto un processo di fabbricazione di dispositivi a giunzione Josephson mediante un sistema di sputtering in UHV ed è stato ripristinato e messo in funzione un sistema di sputtering in HV. <i>Risultati ottenuti.</i> Sono stati realizzati dispositivi Josephson a singola giunzione e sono stati studiati i loro parametri elettrici in relazione ai parametri di fabbricazione utilizzati. Sensori nanoSQUID e dispositivi quantistici per RSFQ <i>Obiettivi.</i> Realizzazione di sensori nanoSQUID e di circuiti per l'elettronica digitale superconduttiva. <i>Attività svolta.</i> E' stato analizzato e ottimizzato il processo di fabbricazione basato sul FIB per la realizzazione di nanoSQUID e circuiti più complessi, basati su giunzioni Josephson di tipo tunnel. Sono stati eseguiti test preliminari per la realizzazione di nanoSQUID basati su Dayem bridge (nanocostrizioni). <i>Risultati ottenuti.</i> Ottimizzazione della sensibilità dei nanoSQUID, realizzazione di nanoSQUIDs con multiconnessioni sugli elettrodi per lo studio dei parametri elettrici, realizzazione di nanostripes e nanocostrizioni di Nb tramite Electron Beam Lithography. Rivelatori TES (Transition-edge sensors) <i>Obiettivi.</i> Realizzazione di rivelatori TES. <i>Attività svolta.</i> Nell'ambito della collaborazione con l'INFN LGS sui rivelatori a singolo elettrone (esperimento Ptolemy) sono stati cresciuti multilayer di Ti/Au e Ti/Pd variando lo spessore dei vari strati al fine di abbassare la temperatura critica sotto i 100 mK. E' stato studiato l'effetto di una layer aggiuntivo di Au sul Ti sulla stabilità ai cicli termici dei dispositivi. Sono stati realizzati nanowire di Ti e Ti/Au con dimensioni fino

a 200 nm per la rivelazione di fotoni a microonde. E' stato ripristinato il sistema di UHV per crescita di Ti e Al.

Risultati ottenuti. Ottimizzazione del processo di crescita dei multistrati e incremento della stabilità delle strutture superconduttive.

Rivelatori MKID (Microwave kinetic inductance detector)

Obiettivi. Realizzazione di rivelatori di fotoni MKID.

Attività svolta. Nell'ambito della collaborazione con l'INFN di Genova/Trento sono stati cresciuti film di Al/Ti/Al e Ti/Al/Ti in HV su nitrato di silicio.

Risultati ottenuti. Caratterizzazione elettrica a bassa temperatura dei multilayer.

Nanosistemi superconduttivi

Obiettivi. Realizzazione di sistemi superconduttivi nanostrutturati per il quantum bit, per lo studio del quantum phase slip e per studi fondamentali di confinamento.

Attività svolta. Sono stati studiati e sviluppati sistemi superconduttivi in Nb nanostrutturati mediante tecniche di litografia laser, di self-assembly di copolimeri a blocchi in configurazione sia cilindrica sia lamellare.

Risultati ottenuti. E' stato messo a punto un processo di self-assembly dei copolimeri a blocchi su film metallico di Nb e relativa nanostrutturazione mediante Reactive Ion Etching e anodizzazione. I film sottili micro e nanostrutturati sono stati caratterizzati elettricamente a temperature criogeniche e ad alti campi magnetici.

Sistemi eterogenei per tecniche di imaging 3D e di X-ray

Obiettivi. Realizzazione di nanosistemi eterogenei (organico/inorganico) 3D alla micro e alla nanoscala quali materiali di riferimento per la surface analysis e la taratura di tecniche a raggi X (GIXRF, XRF e TXRF) riferite al Sistema Internazionale, al fine di migliorarne la risoluzione e la sensibilità.

Attività svolta. Sono stati realizzati dei campioni di riferimento basati sul self-assembly supramolecolare di nanosfere, nanosfere core-shell silice-metallo, copolimeri a blocchi e nanofili di silicio.

Risultati ottenuti. Sono stati caratterizzati dei campioni di riferimento con tecniche GIXRF, XRF e TXRF presso il sincrotrone metrologico di Bessy II, PTB Berlin.

Nanofili

Obiettivi. Fabbricazione e caratterizzazione elettrica e termica di dispositivi a singolo nanofilo in Si, ossidi metallici e in materiali eterogenei inorganici/organici.

Attività svolta. Nell'ambito delle collaborazioni attive con UAB Barcellona e con Politecnico di Torino sono stati fabbricati e caratterizzati dispositivi a singolo nanofilo in silicio, ossidi metallici e silicio e infiltrato con materiali organici e inorganici mediante polimerizzazione e Atomic Layer Deposition.

Risultati ottenuti. Sono state studiate le proprietà di trasporto elettrico e termico in sistemi eterogenei ad bassa dimensionalità per lo switching memristivo ed è stato pubblicato il lavoro su Nature Communication.

Sviluppo di tip per Atom Probe Tomography e nanoFTIR

Obiettivi. Realizzazione di punte per microscopia AFM, nanoFTIR e Atom Probe Tomography.

Attività svolta. Nell'ambito del progetto EMPIR 15HLT01 MetVBadBugs è proseguita la fabbricazione mediante tecnica FIB e nanomanipolazione e caratterizzazione FTIR di punte in oro che sfruttano l'enhancement plasmonico. Nell'ambito del progetto EMPIR 14IND01 3DMetChemIT sono state prodotte e testate punte per Atom Probe Tomography di tipo innovativo, in collaborazione con IMEC.

Risultati ottenuti. Le prestazioni di tali punte sono cinque volte superiori a quelle reperibili commercialmente, ma uno studio sistematico si è reso necessario per comprendere l'origine di tale intensificazione di segnale e ottimizzare i parametri fondamentali (geometrici e composizionali) che influenzano la risposta delle punte nell'IR. Le punte per APT hanno il vantaggio di una fabbricazione senza contaminazione Ga⁺, e saranno oggetto di un round-robin nell'ambito del Technical Working Group 2, Surface Analysis, del VAMAS.

Metamateriali iperbolici

Obiettivi. Realizzazione di risonatori e guide d'onda basati su metamateriali iperbolici nanostrutturati.

Attività svolta. Nell'ambito di una collaborazione con il Politecnico di Torino e l'Università di Pisa sono stati realizzati sistemi nanostrutturati basati su tecniche litografiche convenzionali (EBL) e per auto-assemblaggio (copolimeri a blocchi). Parallelamente è stato studiato il processo di infiltrazione di ossidi metallici all'interno di una fase polimerica mediante atomic layer deposition (ALD).

Risultati ottenuti. L'ordine delle nanostrutture è stato fortemente incrementato utilizzando un metodo innovativo di autoassemblaggio gerarchico basato sul dewetting dei copolimeri a blocchi unito a pattern chimici del substrato. I risultati ottenuti sono illustrati in una pubblicazione su ACS Nano.

Lo studio sulla cinetica di infiltrazione degli ossidi metallici all'interno di matrici polimeriche è stato portato a termine grazie alla tecnica di caratterizzazione GIXRF presso il sincrotrone metrologico di Bessy II del PTB. Gli ottimi risultati ottenuti sono l'oggetto di una pubblicazione attualmente in fase di sottomissione.

Ruolo NMI

Sviluppo di tip per Atom Probe Tomography e nanoFTIR

Obiettivi. Messa a punto della preparativa per la realizzazione di punte per tecniche di nanoFTIR e APT (Atom Probe Tomography).

Attività svolta. Tra i risultati del progetto 14IND01 3DMetChemIT è possibile citare l'avvio di un confronto internazionale di Atom Probe Tomography con campioni di riferimento fabbricati da INRiM in collaborazione con IMEC (Leuven, Belgio).

Risultati ottenuti. Le punte realizzate per APT presentano il vantaggio di avere una bassa contaminazione da ioni Gallio grazie ad un processo di fabbricazione basato sull'uso congiunto di tecniche quali litografia elettrica e reactive ion etching, e saranno oggetto di un round-robin nell'ambito del Technical Working Group 2, Surface Analysis, del VAMAS. (Versailles Project on Advanced Materials and Standards).

Campione primario di potenza RF&MW

Obiettivi. Realizzazione del campione primario di potenza RF&MW.

Attività svolta. E' stata valutata l'incertezza di misura alla luce dei recenti miglioramenti del sistema microcalorimetrico INRiM. E' stato effettuato uno studio su un nuovo tipo di sensore termoelettrico a doppio riscaldatore che consente di realizzare il campione primario di potenza RF&MW senza l'ipotesi di rendimento unitario alla DC/LF. Ipotesi particolarmente critica da verificare.

Risultati ottenuti. Riduzione dell'attuale incertezza di misura. Studio sulla possibile identificazione di punti deboli del sistema che ne peggiorano le prestazioni.

Terza missione

Tema di ricerca: Formazione

Obiettivi. Formazione accademica, internazionale, tecnica.

Attività svolta.

(a) Tutoring di studenti di dottorato di ricerca, di laurea magistrale, di laurea triennale:

- Dottorato in Metrologia, Politecnico di Torino.
- Laurea Magistrale in Chimica, Università degli Studi di Torino
- Laurea Triennale in Scienze dei Materiali, Università del Piemonte Orientale

(b) Insegnamento al Corso "Laboratorio di Fisica dei Materiali Mod.B", Corso di Laurea in Scienza dei Materiali, Università del Piemonte Orientale.

Risultati ottenuti. Attività di relatore di lauree triennali, di Laurea Magistrale e tesi di Dottorato.

a) Attività di relatore di 1 laurea magistrale, 3 lauree triennali, 2 tesi di dottorato.

Tema: Diffusione della cultura scientifica

Obiettivi. Diffusione scientifica verso il grande pubblico

Attività svolta. Partecipazione alle visite guidate delle scuole presso l'Istituto

Risultati ottenuti: Diffusione delle tematiche metrologiche presso studenti delle scuole superiori.

Programma NM2 - Metrologia dell'ampere
Responsabile: Luca Callegaro

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Giampiero Amato	0,90		0,10		1
Luca Callegaro §	0,20	0,20	0,10	0,10	0,60
Cristina Cassiagio	0,30	0,50			0,80
Vincenzo D'Elia	0,30	0,50	0,20		1
Emanuele Enrico	0,90		0,10		1
Luca Oberto	0,40				0,40
Enrico Gasparotto	0,40	0,40	0,20		1
Roberto Rocci	0,30				0,30
Daniilo Serazio	0,20	0,20	0,20	0,10	0,70
Bruno Trinchera +	0,15	0,10			0,25
Assegni ricerca					
Alessandro Cultrera	1				1
<i>Totale</i>	<i>5,05</i>	<i>1,90</i>	<i>0,90</i>	<i>0,20</i>	<i>8,05</i>
Personale in formazione					
Ilaria Finardi (dott.)	1				1
Martina Marzano (dott.)	1				1
Angelo Greco (dott.)°	0,20				0,20
Ngoc Thanh Mai Tran (dott)	1				1
Federico Beccaria (borsa) *	0,05				0,05
Personale associato					
Massimo Ortolano	0,20				0,20
Totale	8,50	1,90	0,90	0,20	11,50

§ 40% TE su Direzione Scientifica.

+ Dipendente TI dal 2018.09.14.

* Borsa interrotta il 15 gennaio 2018.

° Da novembre 2018.

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Tema di ricerca: Campioni e dispositivi in grafene <i>Obiettivi.</i> a) Caratterizzazione elettrica di film di grafene per spettroscopia dell'excess noise e electrical resistance tomography (Progetto EMPIR 16NRM01 GRACE). b) Materiali 2D da Chemical Vapor Deposition <i>Attività svolta.</i> a.1) Analisi del rumore flicker in film di grafene con analizzatore di segnale a correlazione. a.2) Caratterizzazione del nuovo sistema di Electrical Resistance Tomography; misura di mappe di conducibilità di campioni di grafene CVD e epitassiali. b.1) Produzione di Grafene da substrati massivi di rame e da film sottili di cobalto. b.2) Caratterizzazione elettrica e spettroscopica (Raman) degli strati di Grafene ottenuti. b.3) Produzione di Nitrurio di Boro (h-BN) esagonale da substrati massivi di rame. b.4) Impiego del Grafene auto-sostenuto in processi tecnologici. b.5) Utilizzo del grafene come scaffold in colture cellulari <i>Risultati ottenuti.</i> a.1) Caratterizzazione del sistema di misura di rumore a correlazione; a.2) Mutua validazione di mappe ERT e per spettroscopia THz. b) Strati di Grafene da cobalto di elevata stabilità strutturale ed eccellenti proprietà elettroniche. Identificazione dello strain presente nel Grafene da cobalto

con possibili impieghi nell'ingegnerizzazione della densità degli stati elettronica. Primi campioni di h-BN con grado di copertura intorno al 60%. Identificazione di centri di luminescenza in h-BN e ricerca di centri di colore come possibili emettitori di singolo fotone. Crescita diretta di Grafene autosostenuto su discontinuità di film di cobalto (micro-cavità sigillate sotto vuoto). Impiego del grafene come strato sacrificale in processi di mascheratura litografica. Differenziazione spontanea in osteociti di cellule staminali mesenchimali di tipo adiposo su substrati di grafene depositati per CVD su rame (in collaborazione con Istituto Besta, Milano).

Tema di ricerca: Realizzazione pratica del farad, ponti di impedenza digitali

Obiettivi. Realizzazione del farad tramite l'effetto Hall quantistico, con incertezza di $1\text{E-}7$ (Progetto EMPIR 18SIB07 GIQS). Realizzazione di un ponte interamente digitale per confronto di impedenze arbitrarie (Progetto EMPIR 17RPT04 VersICaL).

Attività svolta.

- a) Validazione di un ponte interamente digitale per il trasferimento $12906\text{ ohm} - 8\text{ nF} @1541\text{ Hz}$; stima dell'incertezza di misura.
- b) prosecuzione esperimenti di scaling $10\text{ nF} - 1\text{ nF}$ con metodo di build-up; modellazione del metodo.
- c) Realizzazione di un discendente con magnete superconduttore per misure su dispositivi QHE in regime alternato.
- d) Modellazione di dispositivi QHE innovativi [Collaborazione NMIJ/AIST e NIST] e di un ponte di Wheatstone con dispositivi quantistici.

Risultati ottenuti.

- a) Funzionalità del ponte e confronto con campione nazionale. d) Validazione dei risultati del modello per confronto con esperimenti presso KRISS.

Highlight: M. Marzano, T. Oe, M. Ortolano, L. Callegaro, N.-H. Kaneko, "Error modelling of quantum Hall array resistance standards," Metrologia vol. 55, n. 2, p. 167 (2018).

Tema di ricerca: Manipolazione di singoli fotoni nel regime delle microonde

Obiettivi: Realizzazione di un amplificatore parametrico criogenico ad ampia banda basato su three-wave mixing ed effetto Josephson (Travelling Wave Josephson Parametric Amplifier, TWJPA) nell'ambito del progetto EMPIR (17FUN10) ParaWave

Attività svolta:

- a) Modellazione ad elementi finiti di strutture coplanari a film sottile superconduttore per l'ottimizzazione del meta-atomo, cella fondamentale del meta-materiale non lineare basato sull'effetto Josephson.
- b) Modellazione fisica della serie di meta-atomi ed estensione del modello esistente, basato su giunzioni di tipo SIS, al caso di giunzione weak-link generico tramite la relazione fase-corrente di Haberkorn.
- c) Progettazione, realizzazione e caratterizzazione di amplificatori parametrici basati su effetto Josephson ad ampia banda (cosiddetti a travelling-wave o TWJPA) ed a banda stretta (basati su risuonatori modulabili ovvero JPA tunabili).
- d) Progettazione e realizzazione del set-up criogenico per la caratterizzazione in DC ed a microonda di dispositivi JPA e più in generale dispositivi quantistici superconduttivi basati sulla tecnologia dell'alluminio

Risultati ottenuti:

- a) Parametri geometrici ottimali per il matching dell'impedenza a 50 Ohm e per soddisfare la figura di guadagno necessaria per il progetto ParaWave: $15\pm 6\text{ dB}$ in una finestra di 2 GHz centrata attorno a $5\text{--}6\text{ GHz}$.
- b) Guadagno per singola cella e per array di celle in regime di pump-depletion al variare dei parametri elettrici dei componenti di cella (induttanza geometrica, capacità verso piano di ground e caratteristiche della giunzione Josephson) ed al variare delle condizioni di lavoro (flusso di campo magnetico e temperatura). Stimato enhancement fino a 4 ordini di grandezza sul guadagno di singola cella per giunzioni con relazioni fase-corrente fortemente anarmoniche (weak-link).
- c) Primo prototipo di TWJPA basato sulla tecnologia dell'alluminio e nanolitografia shadow-mask con relative caratterizzazioni elettriche in criogenia ed in regime DC di meta-atomi co-processati volte all'ottimizzazione dei parametri costruttivi.
- d) Installate due linee a microonda (fino a 20 GHz) nel discendente del criostato a diluizione, contestualmente alla sua riparazione, testing e raggiungimento di temperature base inferiori a 40 mK .

Tema di ricerca: Realizzazione pratica dell'ampere

Obiettivi: Elettronica singolare e realizzazione pratica dell'ampere

Attività svolta: a) Sviluppo e test di una piattaforma stabilizzata in temperatura per le piccole correnti continue (0.1 fA – 1 nA) basata su un amplificatore di transresistenza commerciale b) Sviluppo e caratterizzazione di dispositivi SQUISET a controllo mediante flusso di campo magnetico locale per la realizzazione di un turnstile a singolo elettrone basato sull'interferenza quantistica. c) Termometri SINIS. Progettazione, realizzazione e caratterizzazione di dispositivi mesoscopici per la misura della temperatura elettronica dei setup criogenici, parametro impattante l'accuratezza di pompaggio di dispositivi SET in ambienti criogenici, Risultati ottenuti: a) Risoluzione dimostrata qualche aA nella scala 100 fA b) SQUISET interamente superconduttivi. Dimostrati accoppiamenti induttivi locali con bobine di controllo pilotate in corrente. Dimostrata sensibilità al campo magnetico esterno modulabile fino a valori $dI/d\Phi \simeq 3.2$ nA/Φ_0. Dimostrata sensibilità a singole cariche capacitivamente indotte fino a $T \simeq 700$ mK. c) Primi prototipi di termometri SINIS realizzati mediante tecnica nanolitografica shadow-mask e tecnologia ibrida alluminio/rame.
Tema di ricerca: Metrologia per la power quality Obiettivi. Realizzazione e validazione di un sistema di misura modulare per la misurazione dei parametri di potenza e qualità della potenza mediante il campionamento delle forme d'onda. Attività svolta. a) Prosecuzione esperimenti di misura volti alla caratterizzazione di trasduttori a banda larga di tensione e corrente AC in termini di errore di trasferimento ac/dc e differenza di fase; b) Implementazione nuovo setup di misura per la caratterizzazione di digitalizzatori di precisione impiegando un innovativo dispositivo micropotenziometrico riferito al campione primario di tensione AC. Risultati ottenuti. Validazione di metodi per garantire una riferibilità ininterrotta dei trasduttori impiegati per la misura di potenza e PQ mediante la partecipazione a confronti interlaboratorio.
Ruolo NMI
Tema di ricerca: Realizzazione pratica dell'ohm tramite l'effetto Hall quantistico Obiettivi. Realizzazione del campione e della scala di resistenza elettrica in regime continuo con incertezza base di parti in 10^9. Attività svolta. Consolidamento della realizzazione di una scala di resistenza, con il confronto, a temperatura controllata, di resistori campione nel range $1 \Omega - 12906 \Omega$. Risultati ottenuti. Revisione di procedure di misura per il campione quantistico.
Tema di ricerca: Metrologia delle forti correnti Obiettivi. Sviluppo di capacità di taratura di sensori per forti correnti. Attività svolta. Valutazione dell'incertezza di taratura di sensori di corrente (DCCT). Risultati ottenuti. Primo esercizio di fornitura di servizio di taratura.
Tema: Campioni nazionali e disseminazione delle unità elettriche Obiettivi. Realizzazione unità elettriche (CCEM/17-04). Mantenimento e disseminazione dei campioni nazionali elettrici. Dichiarazione di CMC e partecipazione ai confronti internazionali per le unità elettriche. Attività svolta. a) Realizzazione dell'ampere, ohm, siemens, coulomb, farad, henry, watt, joule. Mantenimento dei campioni nazionali (DM 591/1994) di: intensità di corrente elettrica, potenza elettrica, energia elettrica, tensione elettrica in regime alternato sinusoidale, resistenza elettrica in regime alternato sinusoidale, capacità elettrica, induttanza elettrica. Realizzazione del campione quantistico di resistenza e il campione di rapporti di tensione alternata. b) Pilot di EURAMET.EM-S35 "High DC current ratio" (2013-ongoing). c) Servizio INRiM di taratura e supporto all'accreditamento (incluso ILC) di: basse resistenze in regime continuo; piccole correnti continue; resistenze in regime alternato; induttanze, capacità, ponti di impedenza; divisori di tensione induttivi e synchro-resolvers; ac-dc converters per tensioni e correnti alternate; wattmetri e contatori elettrici; supporto all'accreditamento dei centri di taratura per le stesse grandezze. Risultati ottenuti. b) Distribuzione seconda versione Draft A di EURAMET.EM-S35 ai partecipanti.

c) Certificazione tecnica: n. 115 certificati emessi verso centri di taratura, n. 40 certificati verso l'INRiM, n. 8 certificati per audit, n. 2 per audit interni.

Tema: Convenzione del metro

Obiettivi. Internazionalizzazione in ambito CCEM e EURAMET TC-EM.

Attività svolta. EURAMET: Alternate to the General Assembly. EURAMET TC-EM: Chairmanship; Working Group on Strategic Planning. CCEM: Delegate, Working group on Regional Metrology Organizations. CPEM Executive Committee, member-at-large.

Risultati ottenuti. Mantenimento delle relazioni internazionali. Gestione EURAMET.EM.15.2018

Terza missione

Tema: Formazione

Obiettivi. Formazione accademica, internazionale, tecnica.

Attività svolta. a) Secondment di ricercatori europei. Evento di formazione [progetto 17RPT04 VersICaL] b) Dottorato in Metrologia, Politecnico di Torino, partecipazione al Consiglio di Dottorato. Tutoring di studenti di dottorato di ricerca, di laurea magistrale, di laurea triennale.

c) Corso "Fisica dello Stato Solido", Dip. Scienze e Innovazione Tecnologica, UniUPO.

Risultati ottenuti: Attività di relatore di lauree triennali e magistrali e UniTo e UniUPO.

Tema: Diffusione della cultura scientifica

Obiettivi. Diffusione scientifica verso il grande pubblico

Attività svolta. Interviste, pubblicazioni, seminari legati alla revisione del Sistema Internazionale di unità

Risultati ottenuti: Presenza sui media cartacei e online.

Programma NM3 - Nanomagnetismo e spintronica
Responsabile: Paola Tiberto

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Carlo Appino	0,20				0,20
Vittorio Basso	0,40				0,40
Cinzia Beatrice	0,20				0,20
Federica Celegato	0,80				0,80
Marco Coisson	0,80				0,80
Gianfranco Durin	0,90				0,90
Enzo Ferrara	0,40		0,10		0,50
Michaela Kuepferling	0,50				0,50
Alessandro Magni	0,50				0,50
Luca Ugo Martino	0,50				0,50
Elena Sonia Olivetti	0,20				0,20
Massimo Pasquale	0,30				0,30
Paola Maria Tiberto	0,90				0,90
Franco Vinai	0,50				0,50
Assegni ricerca					
Gabriele Barrera	1				1
Patrizio Ansalone ⁽¹⁾	1				1
Alessandro Sola	1				1
Felipe Garcia-Sanchez ⁽²⁾	1				1
Arianna Casiraghi	1				1
Totale	12,10		0,10		12,20
Personale in formazione					
Matteo Cialone (dottorando)	1				1
Daniele Gastaldo (dott.)	1				1
Personale associato					
Paolo Allia					
Totale	14,10		0,10		14,20

1. TI dal 15 settembre 2018

2) cessato a dicembre 2018

Articolazione del programma NM3

Ricerca e Sviluppo
Spintronica <i>Obiettivi.</i> Comprensione della relazione tra trasporto di spin e dinamica di magnetizzazione. <i>Attività svolta.</i> a) Metrologia dei dispositivi spintronici. L'attività si è concentrata sullo studio della dinamica di magnetizzazione in sistemi ad alta anisotropia perpendicolare, come il CoFeB/MgO. In particolare, sono stati studiati i fenomeni di creep sia teoricamente che dal punto di vista sperimentale, in sistemi a film sottile (bolle) e in nanowires. Sono stati evidenziati comportamenti anomali nelle nanowires e verificata la

dissipazione attraverso pareti di Bloch verticali nell'espansione delle bolle. Inoltre, è stata studiata la dipendenza dell'interazione Dzyaloshinskii-Moriya in funzione dell'irraggiamento con ioni He⁺ in film continui. E' stato migliorato un codice che permette un'analisi quantitativa di questi fenomeni tramite misure magneto-ottiche. F.G. Sanchez ha trascorso un periodo di ricerca RMG nell'ambito del contratto EMPIR Nanomag (3 mesi) presso PTB Braunschweig ed ha sviluppato temi inerenti 1) la simulazione di campi magnetici dispersi in materiali magnetizzati perpendicolarmente in presenza di difetti, 2) La simulazione dei modi di oscillazione di una giunzione tunnel magnetica eccitata acusticamente da impulsi laser. Tramite simulazioni è stato analizzato il comportamento di oggetti spintronici basati sulle pareti di Bloch per la progettazione di neuroni artificiali. A. Casiraghi ha trascorso un periodo di 3 mesi come visiting researcher (RMG nell'ambito dell'EMPIR Nanomag) presso NPL a Teddington (UK) ed ha investigato 1) la possibilità di misurare l'interazione di Dzyaloshinskii-Moriya in multilayers X/CoFeB/MgO, con X = Ta, W, or Pt, utilizzando immagini di microscopia a forza magnetica (MFM), 2) la possibilità di manipolare con precisione la posizione di skyrmioni magnetici attraverso i gradienti locali di campo magnetico generati da sonde MFM.

b) Spincaloritronica: È stata ricavata teoricamente e verificata sperimentalmente la relazione di reciprocità tra effetto spin Seebeck ed effetto spin Peltier per mezzo del setup calorimetrico INRiM. In collaborazione con l'NPL, è stata messa a punto una tecnica per la misura locale dell'effetto spin Seebeck basata su un sistema di microscopia a scansione che permette di caratterizzare lo stato di magnetizzazione interno al campione.

c) Magnonica. E' stato studiato il comportamento dinamico di magnetic tunnel junctions (MTJ) con struttura magnetica di vortici in presenza di un gradiente di temperatura (causato da un heater line micrometrico vicino al MTJ). Sono stati osservati effetti di spin torque termico. I campioni sono stati preparati e le misure sono state eseguite all'INL (Braga, Portogallo).

d) Nanostrutture magnetiche semiconduttive di GeMn. Sono state preparate mediante tecniche di crescita epitassiale nanostrutture ottenute per auto-organizzazione fisica di materiali semiconduttori dotati di proprietà magnetiche di interesse per la spintronica. Le loro proprietà magnetiche a bassa temperatura sono state investigate mediante magnetometria ad alta sensibilità (SQUID).

Risultati ottenuti.

1 pubblicazione su rivista

Nanomagnetismo

Obiettivi. Preparazione e studio di nanostrutture magnetiche

Attività svolta.

- a) Preparazione di nanostrutture magnetiche. Nanoparticelle di Fe-Pd ottenute mediante dewetting da film sottile. Caratterizzazione morfologica, dimensionale e magnetica sul substrato di deposizione, in vista di applicazioni magneto-meccaniche e biomediche.
- b) Dinamica di magnetizzazione in materiali magnetici a bassa anisotropia perpendicolare. Mediante microscopia a forza magnetica (MFM) si sono studiati i processi di magnetizzazione dipendenti dal campo magnetico in film sottili continui caratterizzati da struttura a domini "dense stripe" sfruttando un'innovativa tecnica di misura e di analisi che consente un'elevata risoluzione spaziale e in campo dei processi di inversione della magnetizzazione. In particolare è stato investigato il processo di rotazione delle "dense stripe" ed il legame tra il campo di soglia a cui la rotazione avviene e l'anisotropia perpendicolare del materiale.
- c) Nanostrutture magnetiche per applicazioni biomediche. Sono stati studiati i processi di magnetizzazione dipendenti dalla frequenza in nanoparticelle magnetiche (magnetite, ferriti miste) con lo scopo di studiare le perdite di energia e il rilascio di calore entro i vincoli di frequenza e di ampiezza del campo elettromagnetico imposti dalle applicazioni biomediche (es. ipertermia magnetica). . Studio delle proprietà magnetiche di nanoparticelle per separazione di DNA
- d) Nanoparticelle magnetiche per applicazioni ambientali..
- e) Applicazioni di misure archeo- e paleomagnetiche ai minerali naturali, per lo studio dei beni culturali (datazione, tecnologia) e delle variazioni geologiche e ambientali. Studio delle proprietà magnetiche di pigmenti costituiti da ossidi di ferro per applicazioni in campo archeologico e sanitario (tatuaggi).
- f) Preparazione e studio di nanostrutture magnetiche di Fe-Pd ottenute per elettrodeposizione e nanolitografate mediante litografia a fascio elettronico.

g) Studio delle cinetiche di dealligazione in leghe Fe-Pd a film sottile preparate per sputtering e indagine dell'evoluzione delle proprietà magnetiche. Studio preliminare delle potenzialità applicative in ambito rilevazione molecolare.

Risultati ottenuti.

5 presentazioni AIM, 1 presentazione ICM, 2 presentazioni INTERMAG, 2 presentazioni ISMANAM di cui una su invito, 2 presentazioni JEMS, 1 presentazione Nanocarriers, 2 pubblicazioni riviste internazionali, 1 presentazione IEEE International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (n.b. enzo - archeomagnetismo)

Studio e sviluppo di sensori e attuatori magnetici

Obiettivi. Sviluppo di materiali per sensori ed attuatori

Attività svolta.

- 1) Studio dell'effetto della composizione sulla microstruttura e dell'accoppiamento tra fasi magnetiche diverse all'interno della stessa lega Fe-Pd.
- 2) Sviluppo e caratterizzazione di un sistema di misura di magnetostriazione su film sottili mediante adattamento di un microscopio a forza atomica. Realizzazione di cantilever coperti di materiale magnetostrittivo. Misure di deflessione in funzione del campo magnetico e dello spessore del film. Analisi teorica delle curve di deflessione e modellizzazione del sistema di forze agente sul cantilever magnetostrittivo.

Risultati ottenuti.

1 presentazione su invito, 1 presentazione AIM, 1 presentazione ICMAGMA, 1 presentazione JEMS

Ruolo NMI

Empir MagNaStand;

Obiettivi. confronto internazionale sulle tecniche di misura delle proprietà magnetiche di nanoparticelle magnetiche in soluzione liquida

Attività svolta. È stata condotta, nell'ambito di un progetto EMPIR (MagNaStand) ed all'interno di un'azione COST (Radiomag), un'attività di confronto internazionale sulle tecniche di misura delle proprietà magnetiche salienti (saturazione, campo coercitivo) di nanoparticelle magnetiche in soluzione liquida avente lo scopo di elaborare una bozza normativa destinata all'industria. E' in corso l'elaborazione dettagliata di un documento rivolto all'ISO finalizzato alla scelta di indicativamente 3 grandezze magnetiche pertinenti a soluzioni acquose di nanoparticelle da incorporare in un futuro standard.

Risultati ottenuti.

Bozza di checklist metrologica per le grandezze "momento magnetico ad alto campo", "suscettività magnetica alternata", "potenza specifica dissipata".

Terza missione

Organizzazione due congressi internazionali (sponsorizzate da IEEE)

Organizzazione scuola magnetismo per giovani ricercatori

Tema di ricerca

Obiettivi. Didattica su proprietà magnetiche dei materiali naturali e interazioni con il campo terrestre.

Attività svolta. Corsi universitari, anche in convenzione con il Centro Interuniversitario Magnetismo Naturale – CIMAN, Peveragno (CN),

Risultati ottenuti. Tesi di secondo livello, Università di Torino.

Obiettivi: Disseminazione attività scientifiche riguardanti lo studio e l'utilizzo di film sottili e nanostrutture magnetiche.

Attività svolta. Tirocini di alternanza scuola-lavoro, tesi di laurea triennale e specialistica, , stage di laurea triennale, stage nell'ambito del progetto SELECTA, visite e seminari.

Programma NM4 - Materiali funzionali
Responsabile: Massimo Pasquale

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Carlo Appino	0,60	0,10	0,10		0,80
Vittorio Basso	0,30	0,20	0,10		0,60
Cinzia Beatrice	0,60	0,10	0,10		0,80
Federica Celegato	0,20				0,20
Marco Coisson	0,20				0,20
Gianfranco Durin	0,10				0,10
Enzo Ferrara	0,40	0,10			0,50
Michaela Kuepferling	0,40		0,10		0,50
Alessandro Magni	0,50				0,50
Luca Ugo Martino	0,40		0,10		0,50
Elena Sonia Olivetti	0,70		0,10		0,80
Massimo Pasquale	0,60		0,10		0,70
Luciano Rocchino	0,30	0,50	0,20		1
Paola Maria Tiberto	0,10				0,10
Luca Toso	0,30	0,50	0,20		1
<i>Totale</i>	<i>5,70</i>	<i>1,50</i>	<i>1,10</i>		<i>8,30</i>
Personale in formazione					
Gabriel Soares (dott.)	1				1
Personale associato e incarichi					
Fausto Fiorillo	1				1
Totale	7,70	1,50	1,10		10,30

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Tema di ricerca Processo di magnetizzazione nei materiali magnetici <i>Obiettivi.</i> Comprensione del processo di magnetizzazione nei materiali magnetici, miglioramento delle tecniche di misura, ottimizzazione delle prestazioni dei materiali. <i>Attività svolta.</i> 1) Materiali magnetici per l'energia Sono stati sviluppati modelli teorici per il processo di magnetizzazione scalare e vettoriale per materiali cristallini orientati (GO) e non orientati (NO), e sono stati ottimizzati metodi sperimentali di misura statica e dinamica delle loro principali caratteristiche magnetiche (con speciale attenzione per la perdita di energia). I materiali NO, in particolare, sono stati studiati in regime mono-dimensionale, bi-dimensionale e distorto, a valori di polarizzazione prossimi alla saturazione e frequenze di lavoro fino a 10 kHz, per l'analisi dettagliata del ruolo svolto dall'effetto pelle. E' stato utilizzato l'effetto Kerr magneto-ottico per lo studio del processo di magnetizzazione bidimensionale in tali materiali. 2) Materiali magnetici con trasformazioni di fase. È stato formulato un modello termodinamico per descrivere la dinamica delle trasformazioni di fase magnetostutturali nei materiali magnetocalorici. Il parametro cinetico che governa la dinamica dei domini è

stato determinato attraverso l'analisi di singole valanghe misurate per via calorimetrica nella trasformazione di fase del LaFeSi.

3) Materiali magnetici per le alte frequenze

Nell'ambito della collaborazione INRiM-CERTH sono state studiate da DC a 1GHz le proprietà magnetiche di ferriti MnZn con differenti livelli di doping di CoO, con l'obiettivo di descrivere quantitativamente il ruolo degli ioni Co^{2+} nel determinare l'anisotropia magnetocristallina e la sua dipendenza dalla temperatura. L'analisi dei risultati è condotta attraverso un modello teorico basato sull'identificazione e separazione dei contributi delle pareti di Bloch e delle rotazioni coerenti alla permeabilità complessa e alla perdita magnetica in funzione della frequenza. Con questo modello si superano le limitazioni degli approcci qualitativi sinora usati in letteratura. La ricerca prosegue con lo studio di nuove ferriti Mn-Zn, sinterizzate al CERTH, contenenti livelli diversi di ossido di titanio TiO_2 , con particolare attenzione rivolta al fenomeno dell'invecchiamento del materiale ed alle sue proprietà, fortemente dipendenti dalla anisotropia magnetocristallina alla temperatura tipica di utilizzo (circa 100°C). Il modello fisico della perdita e della permeabilità complessa in funzione della composizione, dei parametri strutturali, e della frequenza magnetizzante è fondato sulla formulazione analitica dell'equazione costitutiva del materiale dipendente dalla frequenza come soluzione dell'equazione di Landau-Lifshitz per i processi di rotazione della magnetizzazione.

Nell'ambito del lavoro di dottorato è stata caratterizzata l'anisotropia ed il damping di un insieme di film sottili di FeSiB in funzione dello spessore e della temperatura di ricottura, e si è proseguita l'attività di sviluppo di un sistema interferometrico per la misura a microonde sviluppando e producendo nuove linee coplanari.

Risultati ottenuti.

Pubblicazioni su rivista internazionale, presentazioni a conferenze nazionali e internazionali, conferenze e seminari su invito.

Highlight:

TC Monson, J Silveyra, E Ferrara, M Taheri, T Thiringer, *Soft Magnetic Materials: Synthesis, Characterization, and Applications* Introduction, Journal of Materials Research 33 (15), 2119-2119 (2018)

Energy Losses in Soft Magnetic Materials under Symmetric and Asymmetric Induction Waveforms H Zhao, CS Ragusa, C Appino, O De la Barriere, Y Wang, F Fiorillo IEEE Transactions on Power Electronics (2018) 10.1109/TPEL.2018.2837657

Preparazione e caratterizzazione strutturale di materiali magnetici innovativi

Obiettivi. Preparazione di materiali innovativi per la refrigerazione magnetica e per i magneti permanenti e comprensione della relazione tra microstruttura e proprietà.

Attività svolta.

1) Realizzazione di materiali magnetici duri a base di MnBi e Mn-Ti-Bi ottenuti mediante metallurgia delle polveri e rapida solidificazione e studio delle loro proprietà magnetiche e della transizione di fase magnetostutturale in funzione di composizione e microstruttura.

2) Proseguimento dello studio delle relazioni struttura-proprietà in metalli (Mn, Ni, Ti, Pd) e leghe (La-Fe-Mn-Si, La-Ni, Mn-Ti) idrogenate per via sonochimica (in collaborazione con programma QV1). La tecnica, sviluppata all'INRiM ed impiegata per la prima volta con successo nella idrogenazione di materiali metallici nel 2017, è applicabile nella produzione di materiali magnetocalorici per refrigerazione magnetica ed ai materiali per l'immagazzinamento di idrogeno.

3) Studio delle trasformazioni di fase in film sottili Fe-Pd magnetostrittivi mediante tecniche di ricottura allo scopo di ottimizzare le proprietà meccaniche di interesse per nano-attuatori.

Risultati ottenuti.

1 paper sottoposto per la pubblicazione, 1 contributo in atti di congresso, 3 presentazioni a conferenza

Highlight: Hysteresis and Phase Transition Kinetics in Magnetocaloric Materials V Basso, M Piazzzi, C Bennati, C Curcio *physica status solidi (b)* 255 (2), 1700278

Ruolo NMI

Realizzazione delle unità magnetiche

Obiettivi. Consolidamento ed estensione delle CMC di misura magnetica

Attività svolta. Il laboratorio Misure magnetiche mantiene 17 CMC nelle categorie 10 (Magnetic fields below 50 kHz) e 12 (Soft magnetic sheet materials, Soft magnetic bulk materials, Feebly magnetic and paramagnetic materials, Hard magnetic materials).

Risultati ottenuti. Emissione di 47 Certificati MRA e 5 relazioni tecniche. Pubblicazione del confronto 1337 EURAMET. EM. M-S2: *supplementary comparison of national standard facilities in the field of measuring the polarization and specific total power loss in soft magnetic materials*

Prove per conto terzi (servizi tecnologici)

Obiettivi: Supporto all'industria e alla società

1) Misure magnetiche per varie ditte

2) Analisi mediante microscopia elettronica a scansione e microanalisi elementare di campioni forniti da azienda committente e dalla Procura di Cuneo nell'ambito di un procedimento penale in corso.

Risultati ottenuti.

Emissione di relazione scientifica sui materiali analizzati, emissione di rapporti di prova e certificati

Terza missione**Attività contratti di ricerca**

Contratti di ricerca con Centre National de la Recherche Scientifique / CNRS, laboratorio SATIE e con industria.

Collaborazioni scientifiche e tecniche

1) collaborazione con il laboratorio SATIE-ENS (Dir: Prof. Pascal Larzabal) del CNRS (UniverSud) di Cachan (Francia) e con il dipartimento Energia del Politecnico di Torino (Prof. Carlo Ragusa). Oggetto: studio teorico-sperimentale delle caratteristiche magnetiche dei "Soft Magnetic Composites" per applicazioni elettrotecniche.

2) Collaborazione con Politecnico di Bucarest per ottimizzazione proprietà magnetiche risultanti in lamierini NO dopo processi di lavorazione meccanica.

Didattica del magnetismo, divulgazione scientifica e formazione

Obiettivi. Diffusione delle conoscenze tecniche e scientifiche riguardanti il magnetismo e i materiali magnetici.

Attività svolta.

3) Partecipazione alla redazione per l'aggiornamento e la costruzione delle pagine della divisione NM (5 programmi) sul nuovo sito web dell'INRiM, raccolta e organizzazione dei contributi della divisione NM (5 programmi)

5) Giornate di diffusione della cultura scientifica.

6) Attività didattiche per scuole superiori in visita presso l'INRiM: attività didattiche sulla fisica dei materiali magnetici per liceo classico A. Manzoni di Lecco.

Programma NM5 - Fotonica
Responsabile: Giorgio Brida

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Luca Boarino	0,30			0,10	0,40
Giorgio Brida	0,60	0,30		0,10	1
Nataschia De Leo	0,30				0,30
Federico Ferrarese Lupi	0,50				0,50
Roberto Filippo	0,90	0,10			1
Paola Iacomussi	0,70	0,15	0,15		1
Alice Meda	1				1
Mauro Rajteri	1				1
Maria Luisa Rastello	0,10	0,10			0,20
Roberto Rocci	0,20				0,20
Marco Terzi		0,30	0,60	0,10	1
Fernando Viarengo		0,60	0,30	0,10	1
Assegni ricerca					
Giulia Aprile	1				1
Michela Radis	0,10				0,10
<i>Totale</i>	<i>6,70</i>	<i>1,55</i>	<i>1,05</i>	<i>0,40</i>	<i>9,70</i>
Personale in formazione					
Eleonora Cara (dott.)	1				1
Masoud Dialameh (dott.)					
Totale	7,70	1,55	1,05	0,40	10,70

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Tema di ricerca: Fotorivelatori singolo fotone <i>Obiettivi.</i> Rivelatori superconduttivi di singolo fotone <i>Attività svolta.</i> Adattamento del refrigeratore criogenico a smagnetizzazione adiabatica (ADR) per la caratterizzazione di film e dispositivi superconduttivi. In particolare sono stati modificati e realizzati dei nuovi portacampioni con schermo termico ed è stata rifatta la parte di cablaggio sul dito freddo del criostato. Sono stati applicati dei filtri RC sulle 25 linee all'ingresso del criostato per limitare gli effetti di riscaldamento indotto dalle radiofrequenze. <i>Risultati ottenuti.</i> Caratterizzazione elettrica di film superconduttivi e dispositivi TES. E' stata studiata l'omogeneità dei film prodotti dal programma NM1 ed individuata la tipologia di multilayer che garantisce una buona stabilità nel tempo dei dispositivi: sono risultati migliori i campioni con uno strato finale di Au. Tema di ricerca: Nanofabbricazione per la fotonica e la metrologia <i>Obiettivi.</i> Metamateriali per la fotonica e il sensing. <i>Attività svolta.</i> Sono stati studiati metodi di infiltrazione selettiva in sistemi polimerici nanostrutturati basati su copolimeri a blocchi, e supportati da simulazioni. <i>Risultati ottenuti.</i> Sono stati ottimizzati i processi di infiltrazione di Al₂O₃ e altri ossidi metallici in copolimeri a blocchi, mediante tecnica ALD in collaborazione con il Politecnico di Torino (DISTA). In particolare, si è ottenuto un controllo sulla quantità di materiale infiltrato mediante uno studio sistematico dei ratei di deposizione in funzione dei cicli ALD e il supporto di indagini SEM. <i>Obiettivi.</i> Fabbricazione di substrati plasmonici per tecnica SERS

<i>Attività svolta.</i> Sono stati realizzati e caratterizzati array di nanofili di silicio ricoperti di oro per la detezone di agenti chimici e biochimici e per lo studio della resistenza batterica agli antibiotici; sono inoltre stati studiati gli effetti dell'ordine delle nanostrutture sulla omogeneità della risposta SERS. <i>Risultati ottenuti.</i> Grazie ai sistemi così realizzati, la tecnica SERS ha raggiunto una sensibilità ad alcuni analiti (melammina) di alcune parti per trilione. <i>Obiettivi.</i> Materiali di riferimento per la surface analysis. <i>Attività svolta.</i> Sono stati studiati dei modelli 3D alla micro e alla nanoscala in silicio/ossido di silicio. <i>Risultati ottenuti.</i> Sono stati realizzati sistemi 3D in configurazione hole-array in silicio/ossido di silicio/germanio/SiGe mediante litografia laser, litografia per self-assembly di copolimeri a blocchi e reactive ion etching. Gli array sono poi stati infiltrati con materiale organico (polistirene e Irganox1010) e utilizzati come materiali di riferimento per migliorare la risoluzione di tecniche di imaging 3D come SIMS (Secondary Ions Mass Spectrometry) e APT (Atom Probe Tomography).
Tema di ricerca: Studio dei materiali per la visione <i>Obiettivi.</i> Studio dei materiali per la definizione delle qualità percepite e l'ottimizzazione delle condizioni di visione e illuminazione <i>Attività svolta.</i> Studio dell'appearance, tramite collaborazioni con Università di Bordeaux, Grenoble, Unito e Polito per la definizione di un modello teorico per la percezione contestuale dei colori, studio della percezione della saturazione di campioni di Munsell a diversi livelli di gloss e di brillantezza. Studio dell'appearance, tramite collaborazioni con Università di Bordeaux, Grenoble, Unito e Polito. Attività nell'ambito del progetto Europeo finanziato Euramet 16NRM02 (INRiM coordinatore) tra cui: misurazioni on-site del coefficiente q di asfalti tramite sensori ILMD, studio e progettazione di Materiali di Riferimento, Caratterizzazioni goniometriche e spettrali di materiali per la stampa 3D.;Risultati ottenuti. Realizzazione di esperimento pilota per la verifica dell'influenza del background sul colore percepito., realizzazione esperimento soggettivo con campioni Munsell per analisi saturazione e brillantezza. Coordinamento progetto Europeo finanziato Euramet 16NRM02 (INRiM coordinatore); progettazione di Materiali di Riferimento (MR) innovativi, metodologia di misura on site di caratterizzazione asfalti. Confronto preliminare on site con METAS apparecchio misurazione portatile vs ILMD
Ruolo NMI
Campioni nazionali <i>Obiettivi.</i> Gestione e mantenimento dei campioni nazionali. <i>Attività svolta.</i> Mantenimento dei campioni per la fotometria e la radiometria di rivelatori e materiali. <i>Risultati ottenuti.</i> Disseminazione unità di misura per le grandezze della visione: intensità luminosa, illuminamento, luminanza,temperatura di distribuzione; disseminazione campioni di potenza radiazione visibile, potenza radiazione in fibra ottica, sensibilità spettrale, trasmissione regolare e diffusa, riflessione regolare. Confronti di misura <i>Obiettivi.</i> Svolgimento di confronti internazionali. <i>Attività svolta.</i> Confronto interlaboratorio CMI-INRiM rivelatore calcolabile per fibra ottica (FO-PQED). <i>Risultati ottenuti.</i> Conclusione confronto interlaboratorio; differenza sistematica efficienza FO-PQED vs PQED inferiore a $4 \cdot 10^{-4}$. <i>Attività svolta.</i> Confronto pilota per la taratura di fotorivelatori singolo fotone. <i>Risultati ottenuti.</i> Capacità di mappare la sensibilità di rivelatori singolo fotone. <i>Attività svolta.</i> Confronto EURAMET PR-S4, comparison on UVA power meters. <i>Risultati ottenuti.</i> Misure complete, circolazione draftA, discussione su Spectral Correction Factor. <i>Attività svolta.</i> Confronto EURAMET PR-K6, comparison on neutral density filter transmittance. <i>Risultati ottenuti.</i> Completato 2° round di misure; report inviati. <i>Obiettivi.</i> Sviluppo e mantenimento di CMC . <i>Attività svolta.</i> Nuova procedura lunghezza d'onda, materiali spettralmente selettivi. <i>Risultati ottenuti.</i> Riferibilità della scala delle lunghezze d'onda. <i>Obiettivi.</i> Attività nell'ambito di organismi e gruppi di lavoro metrologici. <i>Attività svolta.</i> EURAMET TC-PR: convenor Basic Science (Photometry and Radiometry Strategic Research Agenda) CCPR: working group on strategic planning; Task Group G6 discussion forum on fibre

optics, TG7 discussion forum on few-photon metrology, TG11 single-photon radiometry, TG13 Optical Fibre Power Responsivity <i>Risultati ottenuti.</i> Relazioni internazionali. Certificazione tecnica: n. 7 certificati emessi
Tema di ricerca: Studio dei materiali per la visione <i>Obiettivi.</i> Studio dei materiali per la definizione delle qualità percepite e l'ottimizzazione delle condizioni di visione e illuminazione <i>Attività svolta.</i> Caratterizzazione materiali stampa 3D e progettazione Materiali di Riferimento <i>Risultati ottenuti.</i> Progettazione Materiali di riferimento da usare nell'intercomparison del progetto 16NRM02, definizione di due set di riferimento. Proseguimento lavori CIE JT 12 "The measurement of sparkle and graininess"
Terza missione
Tema di ricerca: Formazione <i>Obiettivi.</i> Formazione accademica, internazionale, tecnica. <i>Attività svolta.</i> Tutoring di studenti <i>Risultati ottenuti:</i> Tirocini curricolari studenti del terzo anno: 3 persone; Tesi di Laurea Magistrale: 1 persona; Tesi di Dottorato: 1 persona.
Tema di ricerca: Studio dei materiali per la visione <i>Obiettivi.</i> Studio dei materiali per la definizione delle qualità percepite e l'ottimizzazione delle condizioni di visione e illuminazione <i>Attività svolta.</i> Metodologie di test in esperimenti soggettivi per la valutazione delle qualità percepite dei materiali e metodologie di analisi delle caratteristiche degli asfalti, nell'ambito del progetto 16NRM02SURFACE <i>Risultati ottenuti.</i> Giornate di studio sulla percezione contestuale dei colori presso Università di Grenoble (su invito); Workshop sulla caratterizzazione fotometriche degli asfalti, intervento seminario CIE "New visibility for road lighting", Berlino; interventi su Invito Congresso HPLS&A (Roma) e fiera AT&T.

2 – STALT - Innovazione e servizi metrologici

Responsabile: Alessandro Balsamo (dal 27 marzo 2018)

Risorse umane (TI + TD) al 31/12/2018

Ricercatori e Tecnologi: 19. Tecnici: 27

Ulteriori risorse umane

Assegnisti, Borsisti e Dottorandi: 6 (8,25 FTE). Associati e incarichi: 0 (0,2 FTE)

Articolazione delle attività

L'attività è volta al mantenimento, al miglioramento e alla disseminazione dei campioni nazionali delle unità di misura di competenza, garantendo la qualità dei riferimenti metrologici; a organizzare le attività di supporto tecnico all'accreditamento di laboratori; a rispondere a specifiche richieste di problemi di metrologia applicata provenienti da imprese o dalla PPAA; a sostenere iniziative di trasferimento tecnologico a livello nazionale e internazionale; a fornire supporto tecnico alla normazione nazionale e internazionale.

Per il raggiungimento degli obiettivi e delle finalità indicate, le attività sono organizzate in tre Aree tecnico-scientifiche di metrologia elettromagnetica, meccanica e termodinamica.

Le Aree tecnico-scientifiche si articolano a loro volta in attività e/o progetti secondo lo schema seguente:

Area	Compiti	Grandezze
ST1: Metrologia elettromagnetica (P. Capra)	Mantiene e dissemina le unità SI di tensione e corrente in CA e CC, di resistenza; svolge attività di taratura e di prova nel campo delle alte tensioni, forti correnti, della compatibilità elettromagnetica e della potenza in alta frequenza; svolge attività di misura e prova in campo illuminotecnico.	Tensione continua Tensione alternata Corrente continua Corrente alternata Resistenza Potenza Flusso luminoso
ST2: Metrologia meccanica (A. Germak)	Mantiene, migliora e dissemina le unità di massa, forza e durezza e dei metodi primari per vibrazioni e gravimetria; l'unità di pressione e di portata di gas e liquidi; dissemina l'unità di lunghezza con riferimento alla metrologia dimensionale per l'industria.	Massa Volumi Forza Pressione Durezza Gravità Accelerazioni Portate di fluidi Lunghezza
ST3: Metrologia termodinamica (C. Guglielmone)	Mantiene e dissemina l'unità di temperatura nelle misure per contatto; sviluppa, mantiene e dissemina le grandezze igrometriche; mantiene, migliora e dissemina le unità acustiche.	Temperatura per contatto Umidità dei gas <i>Moisture</i> nei materiali Acustica Proprietà termofisiche e acustiche dei materiali
Supporto ai laboratori di taratura accreditati	Valutazione e supporto tecnico all'accreditamento di laboratori di taratura, nel rispetto dei requisiti della normativa nazionale ed internazionale.	Valutazione e supporto tecnico-scientifico Confronti interlaboratorio Assistenza tecnica al cliente

I principali risultati conseguiti nella ricerca applicata nei campi delle misure meccaniche, elettromagnetiche, acustiche e termiche, svolte anche in collaborazione con i partner metrologici europei e le imprese nazionali e internazionali, sono indicati di seguito.

La Struttura svolge attività di ricerca tecnologia prevalente nell'ambito degli obiettivi di "*Industrial leadership*" identificati in *Horizon 2020* e degli obiettivi definiti nel PTA 2018-2020 relativi al ruolo di Istituto Metrologico Primario nazionale (ruolo NMI).

I risultati principali ottenuti nel corso dell'anno sono relativi a progetti INRiM per lo sviluppo dei campioni e a progetti collaborativi finanziati attraverso il programma europeo EMPIR. Questi ultimi - rivolti alla realizzazione di strumentazione, apparecchiature e di strutture con caratteristiche di forte innovazione - sono stati sviluppati con una significativa interazione con partner metrologici europei e partner industriali nazionali ed europei.

Ricerca e sviluppo

Metrologia elettromagnetica

- Progetto EMRP ENG 62. Metrology for efficient and safe innovative lighting. Misure per la determinazione della riferibilità metrologica delle sorgenti allo stato solido. Sperimentazione per la caratterizzazione di manti stradali e per la valutazione del danno da luce blu a basso illuminamento. Terminato.

Metrologia meccanica

- Terminato a maggio il progetto 14IND09 MetHPM Metrology for highly-parallel manufacturing. INRiM coordina il WP3 dedicato allo studio di nuovi parametri per la caratterizzazione di superfici funzionali. Completata la caratterizzazione di varie superfici funzionali (celle PV, superfici strutturate, lab-on-chip) con la stesura delle metodologie di misura (best practise) e la redazione dei report scientifici e tecnici del progetto.
- Progetto 15SIB09 3DNano Traceable three-dimensional nanometrology. INRiM studia interazioni punta-campione-substrato con il microscopio a sonda metrologico e nanostrutture di origine vegetale, in collaborazione con CNR-IPSP. La caratterizzazione 3D della sonda AFM è finalizzata a ridurre l'incertezza di misura di campioni ad elevato rapporto di spetto.
- Iniziato a giugno il progetto EMPIR 17NRM03 EUCoM *Standards for the evaluation of the uncertainty of coordinate measurements in industry*. Il progetto ha l'obiettivo di elaborare due metodi (*a priori* e *a posteriori*) per la valutazione dell'incertezza nelle misurazioni a coordinate, e la loro validazione sperimentale. È coordinato dall'INRiM, che è anche impegnato in quasi tutte le attività del progetto.
- Iniziato ad agosto il progetto EMPIR 17IND03 LaVA *Large Volume Metrology Applications*. È il successore del progetto LUMINAR terminato a maggio 2016 e mira a sviluppare gli aspetti applicativi messi a punto in quel progetto. L'INRiM coordina il WP5, che si prefigge di misurare e compensare gli errori di geometria di macchine utensili di dimensioni medio-grandi, con un'apparecchiatura innovativa e a basso costo.
- Dimostrazione di fattibilità della realizzazione dell'unità di massa tramite il principio elettrostatico. Attraverso un attuatore elettrostatico a facce piane, è stato realizzato un prototipo di bilancia elettrostatica nel campo di misura dei milligrammi.

Metrologia termodinamica

- Progetto 14IND04 EMPRESS: Enhancing process efficiency through improved temperature measurement. Progetto terminato ad Aprile 2018, finalizzato allo sviluppo di sensori, tecniche e capacità di misura di temperatura per l'industria manifatturiera. WP leader per le misure di temperatura superficiale: applicazione della termometria fotonica a fosfori fino a 500 °C.
- Progetto 17IND04 EMPRESS 2 Enhancing process efficiency through improved temperature measurement. È il proseguimento del Progetto EMPRESS e si propone come obiettivo di migliorare la misura della temperatura per ottimizzare processi industriali come forgiatura, saldatura, stampaggio, ecc. in un campo di temperatura che può raggiungere i 1000 °C.
- Progetto 14IND11 HIT Metrology for humidity at high temperatures and transient conditions. Sviluppato innovativo generatore campione ad alta temperatura fino a 140 °C e alta pressione fino a 6 bar. WP leader per le applicazioni industriali con dimostratori di misure statiche e dinamiche di umidità ad alta temperatura in casi studio nell'industria. Un PhD attivo sull'argomento.
- Applicazioni della termometria fotonica: nell'ambito di un PhD sviluppate nuove cavità per la termometria dielettrica basata sui modi galleria di un risonatore di zaffiro e nuovi risonatori microstrip. Ottenuta una risoluzione in temperatura migliore di 50 μ K.
- Caratterizzazione e valutazione delle incertezze del nuovo generatore termodinamico campione per punti di rugiada ultrabassi (campo da -99 °C a -20 °C) e frazioni molari inferiori a 20 nmol/mol con capacità di lavoro a pressione sub-atmosferica fino a 200 mbar assoluti.
- Proprietà termodinamiche: misure di pressione di vapor saturo su acqua pesante allo stato liquido, nell'intervallo di temperatura tra -18 °C e +13 °C, con una migliore accuratezza rispetto alle misure presenti in letteratura nello stesso intervallo.

- Progetto 15RPT03 HUMEA Expansion of European research capabilities in humidity measurement. Sviluppo e/o estensione delle capacità di misura e di ricerca degli NMI/DI dei paesi emergenti della UE nel campo delle misure termo-igrometriche.
- Progetto 17IND12 MET4FoF Metrology for the Factory of the Future. Sviluppo di capacità di taratura per sensori MEMS digitali avanzati nell'ambito dell'industria 4.0 e IIoT.
- Progetto HOME dei poli di innovazione regionale. Validazione dei laboratori di "energy storage" termico ed elettrico sviluppati dal partner industriale Agrindustria.

Ruolo NMI

Implementazione delle unità SI

- Caratterizzazione del sistema di misura AC-DC della corrente per l'estensione fino a 20 A con l'utilizzo di nuovi shunt.
- Implementazione di procedure di misura e caratterizzazione per strumentazione elettronica di misura e generazione. Sviluppo di programmi di taratura per un nuovo multimetro Keysight 34470.
- Allo scopo di ripristinare la CMC relativa alle tensioni impulsive, il laboratorio è stato impegnato nella verifica dei sistemi di misura in conformità alla più recente normativa IEC 60060-2 e alla preparazione di un confronto internazionale (EURAMET S-42) che permetterà di consolidare le capacità di misura.
- Realizzazione di un calibro a passi virtuale interferometrico per la taratura per confronto mediante CMM.
- Messa a punto dell'attrezzatura sperimentale e del software per la taratura interferometrica in loco di macchine monoassiali (si misura od utensili).
- Confronti chiave internazionali per i campioni di portata di gas, rugosità e campioni diametrali (pilot INRiM), campioni a gradino fino ad 1 mm e campioni per misure ottiche areali.
- Miglioramento delle scale primarie di umidità ed estensione del campo di lavoro fino alla temperatura di rugiada di +95 °C e brina di -80 °C con significativi miglioramenti di stabilità rispetto al precedente set up. Approvate nuove CMC per l'umidità relativa e la temperatura dell'aria.
- Confronto pilota di tecniche chimico-fisiche (Karl-Fischer coulometrico e Evolved Water Vapour Analysis) per la misura del contenuto di acqua in campioni di biomassa).

Pubblicate nuove capacità di misura riguardanti le misure dimensionali, di temperatura e umidità. Il numero totale delle CMC gestite dalla Struttura è superiore 300, in 47 laboratori, con 125 campioni disponibili e oltre 130 procedure tecniche in qualità.

Disseminazione delle unità SI

- Continuazione dei lavori di costruzione di una rete resistiva per il trasferimento della riferibilità della resistenza elettrica nel campo 100 G Ω - 10 T Ω nell'ambito di una collaborazione NIST-INRiM.
- Caratterizzazione di campioni di tensione continua nel campo 10 V-100V da impiegare come riferimento di tensione e come campione viaggiatore per confronti nazionali e internazionali.
- Realizzazione di due nuovi prototipi di campioni multipli di resistenza e tensione continua. Inizio del programma di caratterizzazione per l'utilizzo statico e come campioni viaggiatori.
- Confronto di misura per multilaterale per grandezze elettriche in bassa frequenza.
- Confronto di misura ILC per blocchetti pianparalleli fino a 100 mm.
- Validazione del nuovo interferometro omodina per la stazione di taratura dei blocchetti lunghi.
- Nuova Procedura Tecnica per la taratura interferometrica anche in esterno di macchine monoassiali, di misura od utensili.
- Sviluppo di un generatore campione di gas umido per temperature di rugiada >100 °C.
- In attesa di pubblicazione della nuova CMC del punto fisso di fusione del rame ($T = 1082,62$ °C) presentata nel 2017.
- In attesa dei risultati del confronto EURAMET per la temperatura superficiale per contatto tra 50 °C e 350 °C.
- Partecipazione al confronto EURAMET P1442 Intercomparison of the relative humidity realisations organizzato nell'ambito del progetto EMPIR 15RPT03 HUMEA.
- Partecipazione al confronto EURAMET T-K8.1 Tri-lateral comparison in humidity (dew-point temperature high range) 30 °C to 95 °C.

Le unità SI sono disseminate attraverso le attività di taratura e prova rivolte ai laboratori industriali, ai

Centri LAT accreditati e alle PMI. La struttura ha emesso oltre 1.300 certificati nel corso del 2018.

Terza missione

Attività di supporto ai laboratori di taratura e prova

Oltre all'implementazione e alla disseminazione delle unità, tra le finalità della Struttura vi è lo svolgimento delle attività di valutazione e di supporto tecnico all'accreditamento di laboratori di taratura sulla base di specifiche convenzioni, ed in collaborazione con l'ente nazionale di accreditamento, nel rispetto dei requisiti della normativa nazionale ed internazionale e degli organismi internazionali.

In convenzione con ACCREDIA, INRiM svolge la valutazione della competenza dei Centri di taratura accreditati (LAT), che continuano ad operare all'interno del Sistema Nazionale di Taratura vigente secondo la legge 273/91. Mettendo a disposizione il proprio parco ispettori ed esperti tecnici, consente inoltre all'organismo di accreditamento di rispondere alle richieste del mercato per quanto riguarda l'applicazione delle Direttive nel Nuovo Approccio (es. Direttiva MID) e per l'estensione del conseguimento della riferibilità metrologica in settori finora non coperti nei limiti definiti del documento ILAC-P10. In ragione della vocazione della Struttura verso il sostegno alle imprese e al suo impegno per la disseminazione delle unità di misura, la prevalenza delle attività di supporto all'accreditamento dell'INRiM è svolto dalla Struttura, che ne mantiene il coordinamento. L'impegno complessivo dell'INRiM è riassunto nella tabella seguente:

Accreditamenti	11				
Estensioni + riduzioni	35 + 8 = 43				
Rinnovi	46				
Sorveglianze	72				
Verifiche sperimentali	22				
Laboratori accreditati di taratura al 31/12	196				
Dipendenti INRiM coinvolti	25				
Impegno per (in giorni-uomo)	STALT	MF	QV	NM	Tot.
valutazione documentale	99	1	2,5		102,5
valutazione su campo	153	2,5	2,5	5	163
accertamenti sperimentali	10,5	1	0,5		12
Attività di supporto tecnico-scientifico (riunioni gruppi di lavoro, corsi di formazione, consulenza... in giorni-uomo)	6,5	1	1	1	9,5
Totale generale					287

Confronti interlaboratorio (ILC)

La valutazione della competenza tecnica dei Centri di taratura che operano all'interno del Sistema Nazionale di Taratura prevede la loro partecipazione a ILC organizzati e offerti da un istituto metrologico primario o laboratorio con capacità tecniche adeguate. STALT organizza ed offre tali ILC, in proprio o coordinando l'attività svolta nelle Divisioni, ai laboratori accreditati o accreditandi.

Nel corso del 2018 sono stati offerti 46 ILC cui hanno partecipato 82 aziende, con emissione di 145 relazioni di ILC. Di questi, più del 80 % sono stati offerti dalla Struttura. Questi risultati risultano in aumento rispetto a quelli del 2017 del 7 % (numero di ILC) e di quasi il 50 % (numero di aziende).

Cooperazione in ambito internazionale

Va ricordata la partecipazione ai lavori dei comitati consultivi del CIPM (CCAUV, CCEM, CCL, CCM e CCT) e dei relativi gruppi di lavoro, dei comitati EURAMET (TC-AUV, TC-F, TCL, TC-M e TC-T); la collaborazione con organismi normativi quali ISO, IEC, CEN e CENELEC; la partecipazione attiva in accademie internazionali (CIRP).

Numerose collaborazioni con università e istituti di ricerca e industria europei ed internazionali. La Struttura partecipa a numerosi progetti EURAMET nei settori della meccanica, della termometria, dell'acustica e delle grandezze elettriche.

Cooperazione nazionale e supporto all'industria

Collaborazioni con atenei e centri di ricerca pubblici e privati. La Struttura ha all'attivo contratti industriali con PMI e grandi imprese, partecipa con i propri esperti alle attività degli enti normatori nazionali UNI, CEI, ACAE e CTI, presiedendone commissioni tecniche.

Formazione accademica e formazione tecnica

Ricercatori e tecnologi della Struttura sono professori a contratto titolari di corsi di laurea magistrale e di dottorato presso il Politecnico di Torino e svolgono tutoraggio di studenti per lo svolgimento di stage e tesi di laurea magistrali; tre studenti di dottorato svolgono l'attività di ricerca all'interno dei laboratori della Struttura. Ricercatori, tecnologi e tecnici hanno svolto lezioni e seminari in corsi indirizzati ai tecnici dell'industria. La Struttura organizza e presiede un'Associazione emanata dall'INRiM per la diffusione e la formazione permanente delle imprese nella metrologia a coordinata (CMM Club Italia).

Campioni nazionali e di misura

Area elettrica
Resistenza elettrica: resistori campione
Tensione continua: sorgenti di tensione continua allo stato solido
Trasferimento ac-dc: trasformatore termoelettrico ac-dc
Flusso luminoso: struttura goniofotometrica
Potenza ac: microcalorimetro
Resistori campione
Derivatori
Sorgenti di tensione continua
Attenuatori
Lampade
Sensori di potenza ac
Trasferitori termici
Trasformatori amperometrici
Condensatori e partitori capacitivi
Area meccanica
Grandezza massa, unità di misura kg, Kilogrammo Prototipo Internazionale (KPI) in platino iridio copia n. 62
Grandezza forza, unità di misura N, realizzazione macchine campione di forza da 1 N a 10 MN
Grandezza durezza, unità punti della scala, realizzazione durometri (scale: Rockwell, Vickers, Brinell)
Grandezza pressione, unità di misura Pa, realizzazione impianto ad espansione dinamica e statica, manobarometro interferometrico, bilance di pressione.
Grandezza portata in massa, unità di misura kg/s, realizzazione impianto campione
Grandezza massa volumica, unità di misura kg/m ³ , realizzazione sfere di silicio cristallino
Grandezza angolo piano, unità di misura rad, realizzazione impianto campione
Grandezze dimensionali, dalla lunghezza all'area al volume, e alle caratteristiche geometriche in genere.
Volume di solidi e liquidi, unità di misura m ³ , realizzazione campioni di volume
Densità di liquidi, unità di misura kg/m ³ , realizzazione: campioni di densità
Accelerazione di gravità locale, unità di misura m/s ² , realizzazione: gravimetro assoluto trasportabile
Accelerazioni dinamiche, unità di misura m/s ² , realizzazione: tavole vibranti e banco di shock
Portata di gas, unità mol/s, g/s L/s , realizzazione impianti campioni
Campioni interferometrici per misure dimensionali di righe ottiche, anelli, tamponi, campioni a facce, diametrali, scalini e rugosità delle superfici
Campioni per la nanometrologia e la metrologia a coordinate
Area termodinamica
Punti fissi della STI-90 per taratura di termometri a resistenza di platino campione, nel campo di temperatura da -190°C a 960°C
Termometri campione per tarature di termometri a resistenza, termocoppie, termometri a liquido e catene termometriche in bagni termostatici nel campo da -90 °C a 550 °C
Termometri e termocoppie campione per tarature di termocoppie in tubo termoconvettore a controllo di pressione nel campo da 450 °C a 900 °C
Termocoppie campione per tarature di termocoppie in forno comparatore nel campo da 850 °C a 1100 °C
Termocoppie campione per tarature di termocoppie in forno tubolare nel campo da 1064 °C a 1530 °C
Scala di umidità: temperatura di brina/rugiada da -95 °C a +95 °C
Scala di umidità relativa dal 5% al 95 % con temperatura dell'aria da -10 °C a 70 °C
Pressione sonora reciprocità in pressione da 20 Hz a 25 KHz
Potenza sonora Campione primario campo 50 Hz 5 kHz

Laboratori e infrastrutture di misura

Laboratorio del campione nazionale di resistenza e scala di resistenza.
Laboratorio di sperimentazione di campioni e sistemi di misura di resistenza.
Laboratorio del campione nazionale di tensione continua e scala di tensione.
Stazione di taratura di strumenti multifunzione.
Laboratorio di misura della potenza AF e parametri S.
Laboratorio EMC.
Laboratorio di alte tensioni e forti correnti (LATFC).
Laboratorio di goniometria – flusso luminoso; ripartizione dell'intensità luminosa.
Laboratorio mobile per la caratterizzazione d'impianti d'illuminazione (con collaborazione esterna).

Laboratori per la nanometrologia, per la metrologia dei campioni lineari corti e lunghi, dei campioni circolari e della forma e per la metrologia a coordinate.
Laboratori per le misure di massa e densità dei solidi.
Laboratori per le misure di portate di gas, di liquido.
Laboratorio di misure energetiche (mock-up) e campione di energia termica.
Laboratorio Bray per i campioni primari di forza, durezza e accelerazioni.
Laboratorio misure di pressione.

Laboratorio termometria industriale per contatto.
Laboratorio termometria superficiale e a fluorescenza.
Laboratorio conducibilità termica dei materiali.
Laboratorio campioni primari di umidità nei gas.
Laboratorio campioni secondari di umidità e temperatura dell'aria.
Laboratorio di misura di umidità nei materiali.
Laboratorio campioni di pressione acustica.
Camere acustiche: riverberante e semi-anecoica.
Camera isolamento e camera calpestio.
Laboratorio rigidità dinamica.

Area ST1 - Metrologia elettromagnetica
Responsabile: Pier Paolo Capra

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Fulvio Francone	0,20		0,80		1
Roberto Cerri	0,30	0,20	0,30	0,20	1
Marco Lanzillotti	0,20	0,20	0,60		1
Luca Roncaglione Tet	0,20	0,20	0,50	0,10	1
Paolo Terzi	0,10	0,20	0,70		1
Giuseppe Vizio	0,10	0,30	0,50		0,90
Valter Giusio	0,10	0,20	0,70		1
Luca Cinnirella	0,10	0,70	0,10	0,10	1
Luciano Bellavia	0,20	0,70	0,10		1
Pier Paolo Capra	0,35	0,35	0,20	0,10	1
Flavio Galliana	0,40	0,40	0,20		1
Angelo Sardi			0,20		0,20
Paolo Roccato	0,20	0,60	0,20		1
Giuseppe Rossi	0,30	0,40	0,30		1
<i>Totale</i>	<i>2,75</i>	<i>4,45</i>	<i>5,40</i>	<i>0,50</i>	<i>13,10</i>
Personale associato					
Dean Jarrett	0,10	0,10			0,20
Totale	2,85	4,55	5,40	0,50	13,30

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
<i>Obiettivi.</i> Ricerca applicata nei settori della metrologia elettrica in continua, bassa e alta frequenza. <i>Attività svolta.</i> Partecipazione a progetti europei per la validazione in laboratorio, lo sviluppo e il miglioramento di sistemi di misura. <i>Risultati ottenuti.</i> Articoli e conferenze internazionali; riduzione dell'incertezza; collaborazioni con realtà esterne all'istituto.
Tensione continua <i>Obiettivi.</i> Studio e realizzazione di nuovi riferimenti di tensione continua. <i>Attività svolta.</i> È stata eseguita una caratterizzazione, in diverse condizioni, di una sorgente di tensione continua programmabile operante fino a 100 V. Sono stati progettati e realizzati due prototipi di riferimenti multipli per la tensione continua e la resistenza elettrica. Sono in corso le misure di caratterizzazione. <i>Risultati ottenuti.</i> Realizzazione di dispositivi a basso rumore, programmabili e adatti ad applicazioni metrologiche. Pubblicazione su riviste internazionali e congressi.
Resistenza elettrica <i>Obiettivi:</i> Collaborazione con il NIST per la progettazione di campioni di trasferimento decadico di resistenze di alto valore operante nel campo 100 GΩ - 10 TΩ. <i>Attività Svolta:</i> progettazione e realizzazione di elementi meccanici ed elettrici per la realizzazione del primo esemplare. Sono state svolte, in collaborazione con i ricercatori del NIST, misure di precisione sulle reti resistive di guardia per il completamento del primo esemplare funzionante. <i>Risultati ottenuti:</i> non ancora quantificabili.
Fotometria <i>Obiettivi.</i> Sviluppo di metodologie applicate alle tecnologie di illuminazione del suolo pubblico. <i>Attività svolta.</i> Metodologia e set-up per caratterizzazione dispositivi ILMD per uso in applicazioni dell'illuminazione stradale e delle gallerie. <i>Risultati ottenuti.</i> Metodi innovativi per misure illuminotecniche su vasta scala.
Metrologia delle superfici funzionali – (con ST2) <i>Obiettivi.</i> Definizione di parametri morfologici e funzionali di superfici strutturate (progetto EMPIR MethPM). <i>Attività svolta.</i> Caratterizzazione ottica (confocale) della morfologia di contatti stampati PLC associata a misure di resistenza locale su celle fotovoltaiche (collaborazione con Applied Materials) ed altri campioni. <i>Risultati ottenuti.</i> Quantificata la correlazione tra parametri morfologici (forma e tessitura) e resistenza elettrica dei PLC stampati su celle fotovoltaiche (finger) e su supporti flessibili.

Laboratorio Alte Tensioni e Forti Correnti (con MQV) <i>Obiettivi.</i> Misure sperimentali dell'arco elettrico nella trazione elettrica. <i>Attività svolta</i> esecuzione di prove sperimentali per l'attività di definizione dei parametri dell'arco elettrico con alte tensioni e con forti correnti. <i>Risultati ottenuti.</i> Costruite correlazioni corrente-tensione-velocità sulle grandezze d'arco.
Ruolo NMI <i>Obiettivi.</i> Mantenimento delle unità elettriche e trasferimento della riferibilità <i>Attività svolta.</i> Realizzazione di nuovi sistemi, miglioramento degli esistenti, validazione, calcoli dell'incertezza, partecipazione a confronti internazionali, tarature ad uso interno. <i>Risultati ottenuti.</i> Miglioramento delle stazioni di taratura e costruzione di nuove, nuove procedure tecniche, pubblicazioni, certificati di taratura di strumentazione INRiM.
Tensione continua <i>Obiettivi.</i> Studio e realizzazione di nuovi riferimenti di tensione continua. <i>Attività svolta.</i> Realizzazione di nuove sorgenti di tensione continua a 10 V ad alta stabilità e basso rumore. <i>Risultati ottenuti.</i> Dispositivi adatti all'uso come riferimenti statici e come campioni viaggiatori per il trasferimento della riferibilità. Pubblicazione su riviste internazionali e congressi.
Resistenza elettrica <i>Obiettivi:</i> Miglioramento dei sistemi di misura nel campo delle resistenze elettriche di alto valore. <i>Attività Svolta:</i> miglioramenti ai sistemi di misura e caratterizzazione di resistori di valore compreso tra 100 kΩ e 1 TΩ Sviluppo di nuovi programmi di acquisizione, controllo della strumentazione e calcolo. Aggiornamento delle procedure tecniche di misura e mantenimento dei campioni. <i>Risultati ottenuti:</i> miglioramento dei sistemi di misura e dell'efficienza del laboratorio per misure di alta resistenza.
Fotometria <i>Obiettivi.</i> Sviluppo di nuovi campioni di manto stradale <i>Attività svolta.</i> Sviluppo di nuovi campioni adatti alla caratterizzazione di strumentazione per misure fotometriche in ambito stradale, attività prevista nel progetto Surface. <i>Risultati ottenuti.</i> Predisposizione di nuove metodologie di misura per attività metrologica verso laboratori secondari e industrie e partecipazione a cicli di confronto ILC e internazionali.
Calibrazione strumenti elettrici programmabili <i>Obiettivi:</i> miglioramento delle stazioni di misura impiegate nel campo della taratura e calibrazione degli strumenti elettronici programmabili. <i>Attività Svolta:</i> Sviluppo di ulteriori capacità di misura per estendere le possibilità di taratura a strumentazione di nuova generazione introdotta sul mercato. Caratterizzazioni di nuovi strumenti multifunzione misuratori di fascia alta. <i>Risultati ottenuti:</i> estensione delle capacità di misura, caratterizzazione taratura offerte dal laboratorio ai centri di taratura.
Laboratorio Alte Tensioni e Forti Correnti <i>Obiettivi.</i> Miglioramento ed incremento delle capacità di prova nel campo delle alte tensioni e forti correnti <i>Attività svolta.</i> Il laboratorio ha svolto un studio sul miglioramento delle capacità di taratura per i sistemi di misura durante le prove di cortocircuito. <i>Risultati ottenuti.</i> Dimezzamento dell'incertezza attualmente dichiarata in CMC.
Campi elettromagnetici <i>Obiettivi.</i> Revisione di procedure tecniche e metodi di misura. <i>Attività svolta.</i> Manutenimenti e manutenzione dei sistemi di misura, modifiche e miglioramenti introdotti a seguito della Peer Review periodica. <i>Risultati ottenuti.</i> Miglioramento delle capacità metrologiche e dell'offerta in termini di trasferimento di riferibilità verso i laboratori accreditati.
Terza missione <i>Obiettivi.</i> Sostegno alle imprese mediante cessione di tecnologia e conoscenza nel campo delle unità elettriche. <i>Attività svolta.</i> Seminari, riviste tecniche, divulgazione, normazione tecnica.
Tensione continua e Resistenza elettrica <i>Obiettivi.</i> Trasferimento tecnologico a beneficio delle Measurements International per realizzazione di dispositivi metrologici. <i>Attività svolta.</i> Progettazione di dispositivi atti al trasferimento di riferibilità di grandezze elettriche in regime continuo. <i>Risultati ottenuti.</i> Partecipazione a un congresso nazionale, accordo di collaborazione con MI.

Corsi e divulgazione <i>Obiettivi.</i> Divulgazione della conoscenza nel campo della metrologia di grandezze elettriche <i>Attività svolta.</i> Corso di misure elettriche ed elettroniche a beneficio dei laboratori dell'istituto metrologico georgiano (GEOTSM). <i>Risultati ottenuti.</i> Diffusione della cultura metrologica a favore di laboratori emergenti.
Trasferimento tecnologico <i>Obiettivi.</i> Consulenza e validazione di condotti sbarre industriali <i>Attività svolta.</i> Prove sperimentali e supporto tecnico nello sviluppo e nel miglioramento di condotti sbarre e loro componenti. <i>Risultati ottenuti.</i> Supporto tecnologico ad aziende.
Normazione tecnica <i>Obiettivi.</i> Contribuire allo sviluppo tecnico e divulgare in Italia. <i>Attività svolta.</i> Presidenza del CT IMQ "Certificazione Prodotto"; partecipazione al CT "" INTERTEK, partecipazione CT CEI, partecipazione ACAE. <i>Risultati ottenuti.</i> Verifica e controllo attività di aziende del territorio, trasferimento tecnologico e consulenza.

Area ST2 - Metrologia meccanica
Responsabile: Alessandro Germak

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Milena Astrua	0,30	0,70			1
Emanuele Audrito	0,50	0,50			1
Alessandro Balsamo	0,32	0,10	0,22	0,36	1
Roberto Bellotti	0,20	0,60	0,10	0,10	1
Davide Corona	0,20	0,40	0,30	0,10	1
Mauro Franco		0,90		0,10	1
Alessandro Germak	0,25	0,40	0,20	0,15	1
Gaetano Lapiana	0,20	0,80			1
Adelina Leka		0,40	0,30	0,30	1
Andrea Malengo	0,30	0,40	0,30		1
Fabrizio Mazzoleni	0,20	0,60	0,20		1
Claudio Origlia	0,20	0,40	0,20	0,20	1
Stefano Pasqualin		0,90		0,10	1
Gian Bartolo Picotto	0,50	0,30	0,10	0,10	1
Aline Piccato (da 14/09)	0,34		0,05		0,39
Fabrizio Pollastri (fino a 31/11, poi quiescenza)	0,60			0,10	0,70
Marco Pometto	0,15	0,85			1
Marco Santiano	0,50	0,50			1
Alessandro Schiavi (da 14/09)	0,22	0,13	0,04		0,39
Pier Giorgio Spazzini	0,15	0,75	0,10		1
Davide Torchio	0,20	0,60	0,20		1
Personale TD					
Aline Piccato (fino a 13/9, poi TI)	0,31	0,20	0,10		0,61
Alessandro Schiavi (fino a 13/9, poi TI)	0,28	0,17	0,06		0,51
Assegni ricerca					
Andrea Egidi	0,80		0,20		1
Luigi Ribotta	1				1
Fabio Saba	0,50				0,50
Andrea Prato	0,60	0,40			1
Totale	8,82	11	2,67	1,83	24,32

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
<i>Obiettivi.</i> Ricerca applicata nei settori della metrologia delle grandezze meccaniche. <i>Attività svolta.</i> Partecipazione a 10 EMPIR JRP di cui uno coordinato, validazione in laboratorio, sviluppo di algoritmi e di valutazione dell'incertezza <i>Risultati ottenuti.</i> Articoli e conferenze internazionali; riduzione dell'incertezza.
Massa e Densità (1) <i>Obiettivi.</i> Studio dell'effetto assorbimento dei campioni di massa nel passaggio aria- vuoto e al variare dell'umidità ambientale. Effetto del passaggio aria - vuoto sulla stabilità dei campioni. <i>Attività svolta.</i> Validazione modello per la caratterizzazione dei campioni utilizzati per la misura dell'assorbimento "sorption artefact". A seguito del lungo fermo del condizionamento non è stato possibile terminare le misure. <i>Risultati ottenuti.</i> I risultati parziali hanno permesso di ridurre i contributi di incertezza sulla correzione dell'assorbimento.

Massa e Densità (2) <i>Obiettivi.</i> Dimostrare la fattibilità di una realizzazione del kilogrammo per via elettrostatica. <i>Attività svolta.</i> In collaborazione con il gruppo di metrologia Fisica (Pisani), si è modificata una bilancia di precisione equipaggiandola con un attuatore elettrostatico a facce piane in grado di controbilanciare la forza peso per via elettrica. <i>Risultati ottenuti.</i> I risultati hanno dimostrato la fattibilità del metodo: masse da 5 mg a 20 mg sono state misurate per via elettrica (attraverso un ponte capacitivo e un voltmetro tarati) con un'incertezza relativa di 10^{-3}. Ci si aspetta di guadagnare un ordine di grandezza curando aspetti meccanici ed elettrici, ed arrivare così allo stato dell'arte delle misure tradizionali per divisione del kilogrammo.
Portate e volumi di gas <i>Obiettivi:</i> Sviluppo delle tecniche di misura per portate di gas e loro applicazioni. <i>Attività Svolta:</i> sviluppo dei calcoli per miglioramento del software di gestione per MICROGAS e inizio scrittura software, attività nell'ambito del Progetto EMPIR "SIRS", calcoli di flusso di plume per TAS-Italia. <i>Risultati ottenuti:</i> 2 articoli per ISFFM 2018, Articolo pubblicato su Measurement inizio 2019
Nanometrologia <i>Obiettivi.</i> Studio dell'interazione punta-campione (progetto EMPIR 3DNANO). <i>Attività svolta.</i> Determinazione della forma e dimensioni critiche della punta e studio delle correzioni dovute all'interazione punta/campione/substrato del microscopio a forza atomica (AFM), mediante l'osservazione AFM di nanostrutture di origine vegetale (collaborazione con CNR-IPSP) e nanoparticelle (collaborazione con IniTo). 2 tirocini (laurea triennale) da PoliTo. <i>Risultati ottenuti.</i> Campioni e metodologie per valutare l'incertezza associata alla geometria della punta e gli errori associati alle interazioni suddette.
Metrologia delle superfici funzionali <i>Obiettivi.</i> Definizione di parametri morfologici e funzionali di superfici strutturate (progetto EMPIR MethPM). <i>Attività svolta.</i> Caratterizzazione ottica di varie superfici funzionali (celle PV, superfici strutturate e lab-on-chip). Studio della correlazione tra parametri morfologici e resistivi dei contatti elettrici stampati sulle celle PV (collaborazione con Applied Materials italia). Redazione e stesura report progetto. <i>Risultati ottenuti.</i> Metodologie di misura (Best Practise) per la caratterizzazione <i>next-to-line</i> di alcune superfici funzionali. Pubblicazioni.
Metrologia a coordinate <i>Obiettivi.</i> Metodi praticabili per la valutazione dell'incertezza nella metrologia a coordinate (progetto EMRP EUCoM). <i>Attività svolta.</i> Il progetto è iniziato a giugno, quindi l'attività è stata rivolta principalmente all'impostazione e al coordinamento del progetto. <i>Risultati ottenuti.</i> Avvio del progetto e impostazione della sua struttura.
Grandi volumi <i>Obiettivi.</i> Compensazione degli errori di geometria di macchine utensili di dimensioni medio-grandi (progetto EMRP LaVA) <i>Attività svolta.</i> Studio dell'immagine ricevuta per retroriflessione su sfera con $n = 2$ con miglioramento della localizzazione dell'immagine. <i>Risultati ottenuti.</i> Avvio delle attività, articolo ISI e rapporto tecnico.
Durezze <i>Obiettivi.</i> Implementazione metodologia di misura del modulo elastico (indentation Modulus) utilizzando il sistema di misura primario di durezza su macroscale. Individuazione e correzione dei possibili errori sistematici nella misura della geometria dei penetratori di diamante Vickers. <i>Attività svolta.</i> Misure di moduli elastici e confronti su varie tipologie di materiali. Studio di modelli matematici/geometrici per la misura della geometria dei penetratori di diamante Vickers. <i>Risultati ottenuti.</i> Pubblicazione di 2 articoli (atti di congresso IMEKO).
Vibrazioni <i>Obiettivi.</i> Definizione di una procedura di misurazione per la taratura per confronto simultanea su tre assi di accelerometri digitali MEMS. Analisi dei contributi di incertezza relative allo sviluppo di nuove configurazioni del sistema di taratura per sensori accelerometrici digitali. <i>Attività svolta.</i> Misure su sensori accelerometrici digitali e attribuzione della sensibilità rispetto a output digitali (nel contesto "Digitalization"). <i>Risultati ottenuti.</i> Pubblicazione di 2 articoli su rivista (Journal of Sensors and Sensor Systems) e 2 su atti di congresso (Journal of Physics: Conference Series)
Gravimetria <i>Obiettivi.</i> Miglioramento delle capacità di misura e diminuzione dell'incertezza. <i>Attività svolta.</i> Progetto esecutivo di un nuovo interferometro ottico per il gravimetro IMGC-02. Miglioramento del sistema di lancio del grave. <i>Risultati ottenuti.</i> Disegni meccanici esecutivi per la realizzazione del nuovo interferometro. Progetto

alternativo per il sistema di lancio del grave.
Ruolo NMI
<i>Obiettivi.</i> Trasferimento delle unità meccaniche <i>Attività svolta.</i> Realizzazione di nuovi sistemi, miglioramento degli esistenti, validazione, calcoli dell'incertezza, partecipazione a confronti internazionali, tarature in conto terzi e ad uso interno. <i>Risultati ottenuti.</i> Certificati di taratura (per clienti ed interni); nuove capacità di misura e/o procedure tecniche; miglioramento delle stazioni di taratura.
Pressioni <i>Obiettivi.</i> Miglioramento dell'impianto primario statico per il medio vuoto. <i>Attività svolta.</i> Determinazione del rapporto dei volumi di espansione dell'impianto primario statico. Effettuato un confronto interno fra bilance campione in gas nell'intervallo di pressione da 0.5 MPa a 5 MPa. Effettuati 5 ILC con centri Accredia: 3 bilaterali, 2 multilaterali (15 e 4 partecipanti, rispettivamente). <i>Risultati ottenuti.</i> Rapporto tecnico 5/2018 "Review of metrological characteristics of INRiM pressure balance standards"
Massa e Densità <i>Obiettivi.</i> Miglioramento e automazione delle pesate da 1 mg a 5 g, attualmente eseguite in modo manuale. <i>Attività svolta.</i> Realizzato un progetto per la pesata in automatico nel campo di misura da 1 mg a 5 g, attraverso un sistema a tre assi. Il sistema utilizza una bilancia con risoluzione di 0.1 µg opportunamente modificata. A causa del ritardo degli acquisti, non è stato possibile terminare il montaggio. <i>Risultati ottenuti.</i> Le prime misure di test hanno evidenziato problemi dovuti a effetti magnetici, sono state eseguite le modifiche per risolvere il problema.
Portate e volumi di gas <i>Obiettivi.</i> Completamento della messa in qualità del Laboratorio; sviluppo Confronti internazionali. <i>Attività Svolta:</i> sviluppo taratura in volume dell'impianto MEGAS; preparazione Procedura relativa. Impostazione banco per taratura LFE. <i>Risultati ottenuti:</i> scrittura articoli per ISFFM 2018; risultati KC.
Portate e Volumi di liquidi <i>Obiettivi.</i> Coordinamento del Key comparison EURAMET 1395 sulla misura di volume, di cui l'INRiM è laboratorio pilota, 21 partecipanti. <i>Attività svolta.</i> Sono state eseguite le misure al termine del confronto. Sono stati elaborati i risultati dei partecipanti e redatto il draft A e B <i>Risultati ottenuti.</i> Il confronto è stato terminato e il rapporto finale è stato presentato per l'approvazione.
Angoli <i>Obiettivi.</i> Sviluppo e mantenimento dei campioni nazionali di angolo e rotondità. <i>Attività svolta.</i> Partecipazione al confronto Euramet K4 sulle misure di rotondità. Effettuato un ILC per le misure di rotondità con 4 centri accreditati. Test e prove di vuoto e di allineamento del "ring laser" per misure d'angolo. <i>Risultati ottenuti.</i> Confronto di misura in itinere. Pubblicazione di un paper in atti di congresso (IMEKO)
Superfici <i>Obiettivi.</i> Estensione capacità di misura. <i>Attività svolta.</i> Partecipazione al progetto EURAMET #1242 sulle misure areali. Analisi dati e calcolo incertezza (bilancio) della misura ottica di parametri di tessitura e di forma di superfici areali. <i>Risultati ottenuti.</i> Stima incertezza parametri areali determinati con metodo ottico.
Campioni lineari (corti) e diametrali <i>Obiettivi.</i> Rafforzamento e conferma capacità di misura. <i>Attività svolta.</i> Coordinamento (pilot) del confronto chiave EURAMET.L-K4.2015 sui campioni diametrali. Misure finali sui campioni diametrali circolati (2 gruppi indipendenti). Completamento dell'ILC (confronto interlaboratorio) sui blocchetti pianparalleli fino a 100 mm. Coordinamento del confronto bilaterale INRiM-INTI (SIM.L-K7) su una riga ottica da 280 mm. <i>Risultati ottenuti.</i> Confronti chiave in itinere. Significativa partecipazione (14 Centri) al confronto ILC sui blocchetti corti.
Campioni lineari (lunghi) e complessi 3D <i>Obiettivi.</i> Rafforzamento ed estensione delle capacità di misura. <i>Attività svolta.</i> Validazione del nuovo interferometro del Comparatore SIP-10A (blocchetti lunghi) con sorgente in fibra e adattamento della macchina (in attesa di riparazione della sorgente). Avanzamento nello sviluppo del dispositivo per la taratura sulla CMM di calibri a passi. Messa in qualità del laboratorio della CMM, in particolare per le tarature interferometriche anche in esterno di macchine monoassiali (da concludere all'inizio del 2019). <i>Risultati ottenuti.</i> Documentazione per la messa in qualità del laboratorio; stazione portatile di taratura interferometrica.
Durezza

Obiettivi. Disseminazione delle scale di durezza. Attività svolta. Miglioramento dei sistemi di misura. Revisione delle procedure di taratura. Progettazione di un nuovo durometro campione di microdurezza Vickers in collaborazione con azienda leader italiana (contratto industriale). Risultati ottenuti: Progetto esecutivo per nuovo durometro campione di microdurezza Vickers.
Forza Obiettivi. Disseminazione dell'unità di forza. Attività svolta. Verifica delle caratteristiche metrologiche delle macchine campione di forza da 30 kN e 1 MN. Risultati ottenuti: Verifica intermedia e conferma metrologica delle macchina campione di forza da 30 kN e 1 MN .
Gravità Obiettivi. Disseminazione dell'unità di accelerazione di gravità. Attività svolta. Analisi dei calcoli effettuati con le equazioni teoriche/pratiche e con interpolazioni di reti gravimetriche per la determinazione del valore d'accelerazione di gravità locale. Risultati ottenuti: Stima dell'incertezza dei valori calcolati rispetto ai valori misurati in diversi punti di misura in Italia (pubblicazione di 1 articolo in atti di congresso IMEKO).
Vibrazioni Obiettivi. Messa in esercizio del nuovo sistema di taratura di accelerometri in shock. Attività svolta. Verifica del sistema e analisi degli impulsi tramite vibrometria laser doppler. Risultati ottenuti. In attesa di confronti con altri istituti per presentazioni CMC.
Terza missione Obiettivi. Sostegno alle imprese mediante cessione di tecnologia e conoscenza nel campo delle unità meccaniche. Attività svolta. Seminari, riviste tecniche, divulgazione, normazione tecnica. Risultati ottenuti.
Polo d'innovazione MESAP Obiettivi. ricerca e applicazioni metrologiche con le aziende Attività svolta. Seminari presso il polo Mesap. Networking in preparazione di possibili progetti sull'imminente bando regionale PRISM-E. Risultati ottenuti. Presentazione (metrologia superfici) al Collaborative Project Building Day.
Portata Obiettivi. Supporto all'Accreditamento; formazione sulle portate. Attività svolta. Sviluppato e tenuto il corso su fluidodinamica di base presso RIVOIRA. 3 ILC sviluppati Risultati ottenuti. Corso presso RIVOIRA. Numerosi nuovi Accreditamenti; 2 ILC completati, 1 in completamento.
Metrologia delle superfici funzionali Obiettivi. Sviluppo di campioni <i>application-oriented</i> (progetto EMPIR MetHPM). Attività svolta. Caratterizzazione di campioni (<i>test structures</i>) di celle fotovoltaiche realizzate da Applied Materials Italia. Risultati ottenuti. Definizione di metodologie di misura senza contatto per controlli <i>next-to-line</i>.
Vibrazioni Obiettivi. Attività didattica accademica e attività di formazione. Attività svolta. Corso di controllo del rumore (e vibrazioni) nel corso di laurea in Ingegneria meccanica al Politecnico di Torino (30 ore). Attività di formazione per laboratori accreditati (corsi erogati da INRiM).
Durezza Obiettivi. Supportare le aziende italiane del settore e trasferire i risultati di ricerca. Attività svolta. Collaborazione con l'azienda LTF, produttrice di durometri e sistemi di misura di durezza Risultati ottenuti. Contratto di consulenza per la progettazione di un nuovo durometro campione per microdurezza Vickers.
Forza Obiettivi. Supportare le aziende italiane del settore e trasferire i risultati di ricerca. Attività svolta. Collaborazione con l'azienda Easydur, produttrice di macchine prova materiali Risultati ottenuti. Applicazione di un trasduttore multicomponenti ad esapodo sviluppato in INRiM per l'applicazione nelle macchina prova-molle della dita Easydur (pubblicazione di un articolo su rivista).
CMM Club Italia Obiettivi. Diffondere in Italia la conoscenza della metrologia dimensionale e a coordinate in particolare. Attività svolta. Presidenza e responsabilità complessiva; organizzazione di eventi tecnici; realizzazione del nuovo sito web; redazione della rivista <i>Probing e Probing Flash</i>. Risultati ottenuti. 60 Soci (aziende) di cui 4 nuovi. Seminari InTeRSeC 35 (Milano, 11/05, 37 presenze) e InTeRSeC 36 (Pianezza (TO) 14/12 55 presenze). Un numero della rivista <i>Probing</i> 24; il suo supplemento elettronico <i>Probing Flash</i> è stato sostituito con la sezione <i>News</i> del nuovo sito associativo, completamente

rinnovato.
Normazione tecnica <i>Obiettivi.</i> Contribuire allo sviluppo tecnico e divulgare in Italia. <i>Attività svolta.</i> Presidenza della UNI/CT047; coordinamento del ISO/TC213/WG4; sviluppo di progetti di norma internazionale; divulgazione mediante articoli e seminari. Partecipazione alle attività del gruppo UNI/TC002 (Acustica e Vibrazioni). Vicepresidenza di UNIMET <i>Risultati ottenuti.</i> Progetti di norma ISO/WD 14253-2 (revisione, responsabilità di progetto provvisoria), ISO/WD 23165-1 e -3 (responsabilità di progetto) e ISO/WD 23165-2 e -4 (task force, ideazione).
Misure Meccaniche e Qualità <i>Obiettivi.</i> Diffondere in Italia la conoscenza della metrologia e della Qualità nelle misure meccaniche. <i>Attività svolta.</i> Organizzazione e docenza di corsi per Università e Enti di formazione. <i>Risultati ottenuti.</i> Docenza del corso "Statistica Sperimentale e Misure Meccaniche" c/o il Politecnico di Torino e di corsi sulla nuova ISO 17025:2017 e sulla qualità delle misure nella ISO 9001:2015 per il TUV-Akademia.
Supporto all'accreditamento <i>Obiettivi.</i> Supportare l'attività tecnica degli enti di accreditamento di Laboratori di Taratura <i>Attività svolta.</i> Analisi documentazione tecnica e partecipazione alle Visite Ispettive di accreditamento/sorveglianza/rinnovo dei Laboratori accreditati <i>Risultati ottenuti.</i> Accredito Laboratori di Taratura

Area ST3 - Metrologia termodinamica
Responsabile: Claudio Guglielmone

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	<i>R&S</i>	<i>Ruolo NMI</i>	<i>Terza missione</i>	<i>Gestione & coordinamento</i>	<i>Totale</i>
Personale TI					
Antonio Agostino	0,10	0,70	0,20		1
Mauro Banfo	0,20	0,30	0,50		1
Giuseppe Braccialarghe	0,10	0,70	0,20		1
Mario Corallo		1			1
Roberto Dematteis		0,50			0,50
Ezio Dragone		0,10	0,20		0,30
Francesca Drusi (fino a 05/06, trasferita alla Direzione generale)			0,43		0,43
Vito Fernicola	0,30	0,30	0,10	0,30	1
Claudio Guglielmone	0,40	0,40	0,20		1
Luigi Iacomini	0,20	0,40	0,10	0,30	1
Andrea Pavoni Belli (fino al 30/06, quiescenza)	0,05	0,25	0,20		0,50
Lucia Rosso	0,60	0,30	0,10		1
Denis Smorgon	0,30	0,40	0,30		1
Personale TD					
Fabio Bertiglia	0,50	0,30	0,20		1
Alessandro Schiavi	0,10				0,10
Assegni ricerca					
Giulio Beltramino	0,70	0,30			1
Rugiada Cuccaro	1				1
Chiara Musacchio	0,65		0,10		0,75
Andrea Prato	0,75				0,75
<i>Totale</i>	<i>5,95</i>	<i>5,95</i>	<i>2,83</i>	<i>0,60</i>	<i>15,33</i>
Personale in formazione					
Giovanni Gugliandolo	1				1
Shahin Tabandeh	1				1
Totale	7,95	5,95	2,83	0,60	17,33

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
<i>Obiettivi.</i> Ricerca applicata nei settori della metrologia delle grandezze termodinamiche. <i>Attività svolta.</i> Partecipazione a quattro progetti di ricerca europei EMPIR. <i>Risultati ottenuti.</i> Articoli e conferenze internazionali; riduzione dell'incertezza; partecipazione in nuovo progetto EMPIR.
Termometria fotonica <i>Obiettivi.</i> Sviluppo delle applicazioni di termometria fotonica basate sulla fotoluminescenza e sui metodi risonanti <i>whispering gallery</i>. <i>Attività svolta.</i> Attività nell'ambito del JRP EMPRESS (Enhancing process efficiency through improved temperature measurement) in cui INRiM ha svolto il ruolo di WP leader. Sviluppo di una tecnica di termometria fotonica basata su fosfori termografici, per la misura in situ della temperatura superficiale (fino a 500 °C) in processi industriali. Le applicazioni di tale metodologia proseguono nel JRP EMPRESS 2 (Enhancing process efficiency through improved temperature measurement 2). In tale ambito, è stata avviata la progettazione di un termometro a fibra ottica basato su fosfori termografici per la misura della temperatura superficiale in applicazioni selezionate nell'industria automobilistica per lo sviluppo di sistemi di frenatura. Studio di nuove cavità risonanti per la termometria basata su "whispering gallery" con monocristallo di zaffiro e sviluppo di risonatori microstrip per la misura di grandezze termodinamiche in mezzo gassoso <i>Risultati ottenuti.</i> Partecipazione a Convegno Nazionale Sensori CNS 2018 con presentazione lavoro "Applications of Microwave Resonators to Thermal Metrology". Pubblicazione proceeding su rivista Lecture Notes in Electrical Engineering.]

Igrometria <i>Obiettivi.</i> Studi nell'ambito della termodinamica applicata. In particolare: studio, caratterizzazione e validazione di un generatore termodinamico per la misura di umidità in traccia e a pressione sub-atmosferica; sviluppo di metodi innovativi per la generazione di gas umidi con punto di rugiada >100 °C. Studio delle proprietà termofisiche (pressione di vapore) di acqua ordinaria e biossido di deuterio. <i>Attività Svolta.</i> Caratterizzazione metrologica e stima delle componenti d'incertezza di nuovo generator termodinamico di umidità in tracce nell'intervallo di temperatura di brina compreso tra -99 °C e -20 °C e pressione assoluta tra 200 hPa e 1100 hPa. Misura della pressione di vapore saturo dell'acqua pesante allo stato liquido e soprafuso, nell'intervallo di temperatura tra -18 °C e +13 °C, con incertezza relativa estesa compresa tra 0,06 % e 0,17 %. Progettazione di un sistema di taratura per assicurare la riferibilità delle misure alle macchine di test automatico (ATE) di sensori MEMS nell'ambito del progetto EMPIR 17IND12 MET4FoF. Supporto alla progettazione di un sistema di storage dell'energia termica nel progetto HOME, ambito Industria 4.0 (POR FESR 2014-2020 Regione Piemonte). <i>Risultati ottenuti:</i> Pubblicazioni su riviste scientifiche. Sviluppo, realizzazione e caratterizzazione di una special camera per la taratura di sensori di umidità relativa e temperatura dell'aria nell'ambito del progetto EMPIR 15RPT03 HUMEA. Sviluppo di un sistema per la misura in tempo reale della moisture in processi di essiccazione industriale in campo alimentare. Attività svolta nell'ambito del progetto 14IND22 HIT.
Acustica <i>Obiettivi.</i> Miglioramenti del campione primario di potenza sonora. Studio di un nuovo metodo primario di campione di pressione/velocità acustica basate sullo scattering di fotoni. <i>Attività svolta.</i> Realizzazione di un nuovo prototipo di campione primario con supporto multilayer e nuovo pistone in teflon caricato grafite. Valutazione delle prestazioni. Progetto e costruzione di camera anecoica per frequenza > 1 kHz per il campione di pressione acustica. Modelli numerici per celle di insonorizzazione a 1 e 3 MHz in collaborazione con la divisione Qualità della vita. <i>Risultati ottenuti.</i> Nuovo campione di potenza sonora.
Acustica edilizia <i>Obiettivi.</i> Sviluppo di modelli di calcolo previsionali per l'isolamento acustico da rumori impattivi e strutturali (anche nel campo delle basse frequenze) a partire dalle proprietà elastiche dei materiali isolanti <i>Attività svolta.</i> Confronto tra misure di laboratorio (ISO 10140) e misure di rigidità dinamica (ISO 9052). <i>Risultati ottenuti.</i> Articolo pubblicato su Applied Acoustics.
Ruolo NMI
<i>Obiettivi.</i> Trasferimento delle unità termiche e acustiche <i>Attività svolta.</i> Realizzazione di nuovi sistemi, miglioramento degli esistenti, validazione, stime dell'incertezza, tarature in conto terzi e ad uso interno. <i>Risultati ottenuti.</i> Certificati di taratura (per clienti ed interni); nuove capacità di misura e/o procedure tecniche; miglioramento delle stazioni di taratura.
Termometria <i>Obiettivi.</i> Sviluppo e mantenimento di CMC, attività di certificazione interna e conto terzi, supporto all'accreditamento, formazione tecnica, attività in ambito normativo <i>Attività svolta.</i> Estensione al punto fisso del rame ($T = 1084,62\text{ °C}$) della capacità di taratura termocoppie ai punti fissi ed estensione a -196 °C della capacità di taratura per confronto di termometri industriali. Estensione del campione di temperatura superficiale a 500 °C. Riesame delle procedure di taratura di termometri a resistenza, termocoppie, termometri a liquido e catene termometriche. Supporto all'accreditamento con attività di analisi documentale e valutazioni sul campo. Attività di taratura, prova e confronti interlaboratorio (ILC). <i>Risultati ottenuti.</i> Submission al CIPM-MRA di 3 CMC, in attesa di pubblicazione. Sono state svolte su incarico ACCREDIA sorveglianze, rinnovi, estensioni e nuovi accreditamenti nel settore temperatura.
Campioni per l'igrometria <i>Obiettivi.</i> Estensione e miglioramento delle scale di umidità (temperatura di brina e di rugiada). Estensione del campione di temperatura dell'aria e di umidità relativa. Miglioramento dell'incertezza di misura. <i>Attività svolta.</i> Partecipazione a confronti chiave e supplementari del CCT e di EURAMET. <i>Risultati ottenuti.</i> Miglioramento delle incertezze di misura dei campioni primari di temperatura e umidità. Supporto all'accreditamento con attività di analisi documentale e valutazioni sul campo: 22 giornate/uomo dedicate. Attività di taratura 22 certificati interni e 31 esterni, prove e confronti interlaboratorio (ILC) 4 relazioni di confronto emesse.

Acustica <i>Obiettivi.</i> Supporto all'accreditamento di laboratori, inclusa riferibilità. Mantenimento di CMC. <i>Attività svolta.</i> Confronti interlaboratorio su calibratori e fonometri, uno concluso. <i>Risultati ottenuti.</i> Report su ILC relativo ai calibratori acustici. Emissione di certificati, visite ispettive per rinnovi di accreditamento.
Terza missione <i>Obiettivi.</i> Sostegno alle imprese mediante cessione di tecnologia e conoscenza nel campo delle grandezze termiche e acustiche. <i>Attività svolta.</i> Seminari, riviste tecniche, divulgazione, normazione tecnica. <i>Risultati ottenuti.</i>
Poli di innovazione <i>Obiettivi.</i> Take away dell'innovazione: far conoscere alle aziende la metrologia. <i>Attività svolta.</i> Seminari presso il polo Mesap. <i>Risultati ottenuti.</i>
Trasferimento tecnologico <i>Obiettivi.</i> Trasferimento di conoscenze per lo sviluppo di nuovi campioni per la misura dell'umidità ad alta temperatura e relative applicazioni all'industria europea. <i>Attività svolta.</i> Organizzazione Workshop nell'ambito del progetto EMPIR 14IND22 HIT: Improved measurement standards for humidity at high temperatures: impact on the industry <i>Risultati ottenuti.</i> Partecipazione al workshop dei maggiori stakeholder italiani e stranieri. Partecipanti >100.
Didattica universitaria e formazione <i>Obiettivi.</i> Corsi di II e di III livello presso il Politecnico di Torino <i>Attività svolta.</i> Docenza Corso di Laurea magistrale "Thermal measurements and controls" (60 h - 6 CFU) e del corso di dottorato "Thermal measurement and control methods" (25 h – 5 CFU). <i>Risultati ottenuti.</i> Titolarità dei corsi citati; in totale 90 studenti con 85 h di lezione frontale.
Brevetti <i>Obiettivi.</i> Sfruttamento del know-how acquisito con il progetto EMRP MADES. <i>Attività svolta.</i> Acquisito brevetto nazionale (deposito all'UIBM – MISE) e attività propedeutica all'estensione del brevetto a livello internazionale. <i>Risultati ottenuti.</i> Brevetto n° BIT17686-GC "Sonda per la misura di proprietà tribologiche." Il rapporto di ricerca (PCT/IB2018 / 052196), emesso da WIPO-OMPI (World Intellectual Property Organization) per l'estensione internazionale del brevetto è stato del tutto favorevole.
Normazione tecnica <i>Obiettivi.</i> Contribuire allo sviluppo della normazione tecnica in Italia. <i>Attività svolta.</i> Partecipazione ai gruppi di lavori 5 e 6 del CEI 65B "Elementi dei sist. e apparecch. per analisi". Partecipazione al gruppo di lavoro 5 del comitato internazionale IEC 65B. Partecipazione ai gruppi di lavoro 4, 5 e MT 17 del comitato tecnico 29 dell'IEC, <i>Risultati ottenuti.</i> norma IEC 62828-3 "Reference conditions and procedures for testing industrial and process measurement transmitters - Part 3: Specific procedures for temperature transmitters." pubblicata.

Appendice 1: Struttura organizzativa dell'INRiM

Presidente: Diederik Sybolt Wiersma
Vice Presidente: Aldo Godone (fino al 27/2/2018)
Consiglio di amministrazione: Diederik Sybolt Wiersma; Aldo Godone (Vice Presidente), fino al 27/2/2018; Livio Battezzati, fino al 9/4/2018) Diederik Sybolt Wiersma; Vito Fernicola, Ettore Vittone (dal 5/6/2018, data di insediamento)
Consiglio scientifico: Flavio Canavero (Coordinatore); Paolo Vigo; Massimo Maria Lanza; Martin J.T. Milton; Marco Genovese; Paola Tiberto – fino al 28/5/2018 dal 5/6/2018: Diederik Sybolt Wiersma (Presidente), Miriam Vitiello, Enrico Dati (dal 9/10/2018), Candido Fabrizio Pirri, Martin J.T. Milton, Marco Genovese, Alessandro Germak
Collegio dei revisori dei conti: Fabio Cantale (Presidente); Raffaele Di Giglio (membro effettivo); Diego De Magistris (membro effettivo), Elisa-Leyla Al-Qaisi (membro supplente)
Magistrato della Corte dei Conti, delegato al controllo sulla gestione: Carlo Mancinelli (delegato titolare); Walter Berruti (delegato sostituto fino al 30/7/2018)
Organismo Indipendente di Valutazione: Paolo Pasquini (fino al 31/10/2017); Gianpiero Ruggiero (dal 1/11/2017)
Comitato di indirizzo per la qualità: Diederik Sybolt Wiersma; Ines Fabbro (fino al 31/1/2018); Moreno Tivan (dal 1/2/2018) Maria Luisa Rastello; Mauro Di Ciommo
Direttore scientifico: Maria Luisa Rastello <i>Divisioni</i> Metrologia Fisica (Giovanni Mana) Metrologia per la Qualità della Vita (Oriano Bottauscio) Nanoscienze e Materiali (Luca Callegaro)
Divisione Metrologia Fisica (Giovanni Mana) <i>Programmi:</i> MF1: Interferometria (Enrico Massa) MF2: Tempo e Frequenza (Filippo Levi) MF3: Ottica Quantistica (Marco Genovese) Divisione Metrologia per la Qualità della Vita (Oriano Bottauscio) <i>Programmi</i> QV1: Metrologia Biomedica (Alessandra Manzin) QV2: Metrologia per l'energia e l'ambiente (Gabriella Crotti) QV3: Metrologia Alimentare (Andrea Mario Rossi) QV4: Metrologia della temperatura (Roberto Gavioso) Divisione Nanoscienze e Materiali (Luca Callegaro) <i>Programmi</i> NM1: Dispositivi quantistici e nano sistemi (Natascia De Leo) NM2: Metrologia dell'ampere (Luca Callegaro) NM3: Nanomagnetismo e spintronica (Paola Tiberto) NM4: Materiali funzionali (Massimo Pasquale) NM5: Fotonica (Giorgio Brida)
Consiglio di Direzione: Maria Luisa Rastello; Giovanni Mana; Oriano Bottauscio; Luca Callegaro; Vittorio Basso; Ivo Pietro Degiovanni; Claudio Origlia; Marco Pisani

Servizio Tecnico per le Attività rivolte ai Laboratori di Taratura (STALT) - Innovazione e servizi metrologici:

Vito Fernicola (fino al 26 /3/2018); Alessandro Balsamo (ad interim dal 27/3/2018)

Programmi

ST1: Metrologia elettromagnetica (P.P. Capra)

ST2: Metrologia meccanica (A. Balsamo)

ST3: Metrologia termodinamica (V. Fernicola)

Direttore generale:

Ines Fabbro (fino al 31/1/2018); Moreno Tivan (dal 1/2/2018)

Attività generali di Istituto

Sistemi informatici (Sandra Denasi)

Servizio prevenzione e protezione (Renato Actis Foglizzo)

Servizio gestione qualità (Mauro Di Ciommo)

Unità organizzative (fino al 4/6/2018)

U.O. Affari Legali, Statuto e Regolamenti (Rosaria Anna Margiotta)

U.O. Appalti e Contratti Passivi (Anna Galletti)

U.O. Bilancio e Contabilità (Federica Givone)

U.O. Personale (Cristina Chiaberto)

U.O. Relazioni esterne e Biblioteca (Elisabetta Melli)

U.O. Segreteria generale (Paola Casale)

U.O. Servizi tecnici, sicurezza ed ambiente (Claudio Rolfo)

U.O. Ufficio di diretta collaborazione del Presidente e del Direttore generale (Emanuela Del Ross)

Unità organizzative (dal 5/6/2018)

U.O. Affari Legali, Statuto e Regolamenti (Rosaria Anna Margiotta)

U.O. Bilancio e Contabilità (Federica Givone)

Direzione Risorse Umane e Contratti (Anna Galletti)

- Appalti e Contratti Passivi (Anna Galletti)

- Segreteria generale (Paola Casale)

U.O. Personale (Cristina Chiaberto) (fino al 30/6/2018)

U.O. Relazioni esterne e Biblioteca (Elisabetta Melli)

U.O. Servizi tecnici, sicurezza ed ambiente (Claudio Rolfo)

U.O. Ufficio di diretta collaborazione del Presidente e del Direttore generale (Emanuela Del Ross)

Dal 1° luglio 2018

U.O. Sviluppo Risorse Umane (Barbara Fracassi)

U.O. Trattamento economico del personale (Cristina Chiaberto)

Appendice 2: Progetti EMPIR

Tabella 1 – Valore totale e finanziamento UE progetti EMPIR (1^a call) avviati nel 2015

Call	Acronimo	Titolo	Finanziamento totale UE (k€)	Valore totale progetto(k€)
Industry	14IND01 3DMetChemIT	Advanced 3D chemical metrology for innovative technologies	325	1.800
	14IND03 i20 Strength-ABLE	Metrology for length-scale engineering of materials	300	1.799
	14IND04 EMPRESS	Enhancing process efficiency through improved temperature measurement	170	1.683
	14IND05 MIQC2	Optical metrology for quantum enhanced secure telecommunication	312	1.583
	14IND06 Pres-to-Vac	Industrial standards in the intermediate pressure-to-vacuum range	unfunded	1.798
	14IND09 MetHPM	Metrology for highly-parallel manufacturing	170	1.608
	14IND11 HIT	Metrology for humidity at high temperatures and transient conditions	200	1.502
	14IND12 INNANOPART	Metrology for innovative nanoparticles	unfunded	1.704
	ACQ – PRO	Towards the propagation of AC Quantum Voltage Standards	34	

Tabella 2 – Valore totale e finanziamento UE progetti EMPIR (2^a call) avviati nel 2016

Call	Acronimo	Titolo	Finanziamento totale UE (k€)	Valore totale progetto(k€)
Health	15HLT01 METVBADBU GS	Quantitative measurement and imaging of drug-uptake by bacteria with antimicrobial resistance	292	292
	15HLT04 NEUROMET	Innovative measurements for improved diagnosis and management for neurodegenerative diseases	100	100
SI Broader scope	15SIB02 INK2	Implementing the new kelvin 2	153	153
	15SIB03 OC18	Optical Clocks with 1E-18 uncertainty	240	2.080
	15SIB04 QUADC	Waveform metrology based on spectrally pure Josephson voltages	103	103
	15SIB05 OFTEN	Optical Frequency Transfer - a European Network	280	2.023
	15SIB06 NANOMAG	Nano-scale traceable magnetic field measurements	300	300
Research Potential	15RPT03 HUMEA	Expansion of European research capabilities in humidity measurement	41	41
	15RPT04 TRACEPQM	Traceability routes for electrical power quality measurements	49	49

Tabella 3 – Valore totale e finanziamento UE progetti EMPIR (3^a call) avviati nel 2017

Call	Acronimo	Titolo	Finanziamento totale UE (k€)	Valore totale progetto(k€)
Energy	16ENG04 MyRailS	Metrology for smart energy management in electric railway systems	462	2.562
	16ENG08 MICEV	Metrology for inductive charging of electric vehicles	418	2.115
	16ENG09 LNG III	Metrological support for LNG and LBG as transport fuel	186	2.375
Environmen t	16ENV06 SIRS	Metrology for stable isotope reference standards	101	2.755
	16ENV07 AEROMET	Aerosol metrology for atmospheric science and air quality	165	2.277
Normative	16NRM01 GRACE	Developing electrical characterisation methods for future graphene electronics	200	642
	16NRM02 SURFACE	Pavement surface characterisation for smart and efficient road lighting	160	522
	16NRM04 MagNaStand	Towards an ISO standard for magnetic nanoparticles	85	660

Tabella 4 – Valore totale e finanziamento UE progetti EMPIR (4^a call) avviati nel 2018

Call	Acronimo	Titolo	Finanziamento totale UE (k€)	Valore totale progetto(k€)
Fundamental	17FUN01 (BeCOMe)	Light-matter interplay for optical metrology beyond the classical spatial resolution limits	200	1.722
	17FUN03 (USOQS)	Ultra-stable optical oscillators from quantum coherent and entangled systems	360	1.795
	17FUN06 (SIQUEST)	Single-photon sources as new quantum standards	130	1.799
	17FUN07 (CC4C)	Coulomb Crystals for Clocks	200	1.740
	17FUN08 (TOPS)	Metrology for topological spin structures	150	1.590
	17FUN10 (ParaWave)	Josephson travelling wave parametric amplifier and its application for metrology	199	1.632
Industry	17IND01 (MIMAS)	Procedures allowing medical implant manufacturers to demonstrate compliance with MRI safety regulations	200	1.583
	17ND03 (LAvA)	Large Volume Metrology Applications	175	1.800
	17IND04 (EMPRESS2)	Enhancing process efficiency through improved temperature measurement 2	77	1.800
	17IND06 (FutureGridII)	Metrology for the next-generation digital substation instrumentation	102	1.589
	17IND12 (Met4FoF)	Metrology for the Factory of the Future	163	1.800
	17IND14 (WRITE)	Precision Time for Industry	363	1.616
Normative	17NRM03 (EUCoM)	Standards for the evaluation of the uncertainty of coordinate measurements in industry	120	643
	17NRM05 (EMUE)	Advancing measurement uncertainty - comprehensive examples for key international standards	50	800
Research Potential	17RPT03 (DIG-AC)	A digital traceability chain for AC voltage and current	53	499
	17RPT04 (VersICaL)	A versatile electrical impedance calibration laboratory based on digital impedance bridges	65	445

Appendice 3: Altri progetti INRiM

Tabella 5 - Progetti di ricerca UE ed Internazionali (non Euramet) attivi nel 2018

Committente	Argomento	Durata	Finanziamento totale (k€)	Valore totale (k€)
NATO	Secure Quantum Communication Undersea Link (SEQUEL)	start date: July 12, 2018 end date: July 11, 2021	99	342
NATO tramite Univ. California	Analysis, design and implementation of an End-to-End QKD link over a 400 km Distance (QKD)	start date: May 9, 2017 end date: May 8, 2020	110	340
ESA tramite UDUS	ISS Space Optical Clock (I-SOC)	start date: February 1, 2017 end date: January 31, 2018	18	-
UE – HORIZON 2020	CLOCK NETWORK Services: Strategy and innovation for clock services over optical-fibre networks (CLONETS)	start date: January 1, 2017 end date: June 30, 2019	236	1.995
ESA - ESTEC	Compact Optical Attitude Transfer System (COATS CCM 1)	start date: June 1, 2016 end date: May 31, 2018	34	50
EC H2020 MSCA RISE	Quantum sensors - from the lab to the field (Q-SENSE)	start date: January 1, 2016 end date: December 31, 2019	27	945
GSA/EC	Egnos-SPMS	start date: Nov 2015 Life span: 7 years	121	173
ERC-EC (Horizon 2020)	An ultracold gas plus one ion : advancing Quantum Simulations of in-and-out-equilibrium many-body physics (PlusOne)	start date: May 1, 2015 end date: April 30, 2020	1.496	1.496
ERC-EC (Horizon 2020)	Direct cell reprogramming therapy in myocardial regeneration through an engineered multifunctional platform integrating biochemical instructive cues (BIORECAR)	start date: July 1, 2018 end date: June 30, 2023		
Horizon 2020	Modular and Integrated Digital Probe for SAT Aircraft Air Data System (MIDAS)	start date: October 1, 2018 end date: September 30, 2021	95	1.154
TUT Foundation	Open-Source Modeling Environment	start date: September 1, 2017	14 (+ 8 month grant visiting)	300

	and Benchmark for Magneto-Mechanical Problems (OSMAG)	end date: July 31, 2018	researcher paid)	
--	---	-------------------------	------------------	--

Tabella 6 - Progetti di ricerca Nazionali attivi nel 2018

Committente	Argomento	Durata	Finanziamento totale (k€)	Valore totale (k€)
Hal Service srl (POR FESR)	Subcontratto con la Società Hal Service srl per attività di ricerca nell'ambito del progetto OTTEMPO "Ottimizzazione del tempo" (OTTEMPO HAL)	start date: October 1, 2018 end date: September 30, 2019	33	497
Consorzio TOP-IX (POR FESR)	Subcontratto con il Consorzio Top-ix per attività di ricerca nell'ambito del progetto OTTEMPO "Ottimizzazione del tempo" (OTTEMPO HAL)	start date: October 1, 2018 end date: September 30, 2019	66	497
SEED FUNDS_INRI M-MIUR	GeCum - Genetic Quantum Measurement	start date: February 8, 2017 end date: August 7, 2018	50	50
MIUR – Progetto Premiale	Laboratorio Multidisciplinare del Mediterraneo (LABMED)	start date: March 1, 2017 end date: March 1, 2019	160	329
MIUR - FARE	Ultracold ion crystals in a quantum (UltraCrystal)	start date: September 1, 2017 end date: August 31, 2020	90	90
ASI	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)	start date: December 20, 2017 end date: December 19, 2020	1.000	1.555
ASI	Distribuzione di segnali T/F campione in fibra ottica per applicazioni spaziali e a supporto del timing di Galileo (DTF-Galileo)	start date: March 20, 2017 end date: March 19, 2020	500	1.924
MIUR – Progetto Premiale	Intermodal Secure Quantum Communication on Ground and Space (Q-SecGroundSpace)	start date: August 1, 2016 end date: July 31, 2019	470	1.589
MIUR – PRIN 2015	A new primary method of gas thermometry based upon Doppler-broadened mercury spectroscopy in the UV region (HG DOPPLER SPECTROSCOPY)	start date: September 20, 2016 end date: February 5, 2020	163	558
MIUR - SIR	Ultracold atoms plus ions:	start date: June 3,	481	481

	new frontiers in hybrid quantum systems (ULTRACOLD PLUS)	2015 life span: June 2, 2018		
MIUR Progetto Premiale	<i>Materiali innovativi e tecnologie efficienti per le energie rinnovabili (MATER)</i>	start date: January 1, 2017 end date: December 31, 2019	229	5.499
MIUR Progetto Premiale	<i>Cibo&Salute</i>	start date: January 1, 2017 end date: December 31, 2019	129	4.646
SEED FUNDS_INRI M-MIUR	<i>Test of a low pressure standard based on a superconducting microwave cavity (SEED_LPRES)</i>	start date: February 8, 2017 end date: February 7, 2018	48	48
ASI	<i>Sviluppo delle competenze italiane per l'esperimento FORUM-Far-Infrared Outgoing Radiation Understanding and Monitoring (SCIEF)</i>	start date: February 13, 2017 end date: June 13, 2018	19	271
Ministero della Salute	Food authenticity: metodi analitici innovativi a tutela del consumatore	start date: December 1, 2017 end date: November 30, 2019	4	108
MIUR Progetto Strategico	PS2 - Dosimetria elettromagnetica per applicazioni biomedicali	start date: July 1, 2015 end date: June 30, 2018	433	433
Strategico PS3	Nuova definizione del kelvin e mise-en-pratique	start date: July 1, 2015 end date: June 30, 2018	452	452
Progetto Premiale	Nanotechnology for the molecular and physiological fingerprinting of brain disease (Nano4Brain)	start date: January 1, 2018 end date: December 31, 2020	289	2.150
MIUR Progetto Premiale	<i>Novel quantum-based and spintronic sensors for a traceable metrology (QUANTUMET)</i>	start date: January 1, 2018 end date: December 31, 2020	395	395
MIUR Progetto Premiale	<i>Volume Photography: measuring three dimensional light distributions without opening the box (VOLUME PHOTOGRAPHY)</i>	start date: January 1, 2018 end date: December 31, 2020	318	452
SEED FUNDS_INRI M-MIUR	<i>Interference-based charge qubit for quantum metrology and sensing (IBC-QuBit)</i>	start date: February 7, 2017 end date: February 7, 2018	50	50

MIUR Progetto Strategico	PS4 – NANO EM	start date: September 2015 life span: 3 years	550	550
<i>Progetto Premiale</i>	New sensors based solutions for sustainable de-production (SENSEI)	start date: January 1, 2018 end date: December 31, 2020	447	2.638
SEED FUNDS_INRI M-MIUR	Mise en pratique-MES	start date: February 7, 2017 end date: February 7, 2018	50	50

Tabella 7 - Progetti di ricerca Regionali e Fondazioni attivi nel 2018

Committente	Argomento	Durata	Finanziamento totale (k€)	Valore totale (k€)
Regione Piemonte	Piemonte Quantum Enabling Technology (PIQUET)	start date: April 10, 2018 end date: April 9, 2020	1.900	6.000
Regione Piemonte INFRA-P	Infrastruttura Metrologica per la Sicurezza Alimentare (IMPreSA)	start date: May 10, 2018 end date: May 9, 2020	840	2132
Fondazione CRT	Materiali di riferimento per migliorare l'affidabilità delle terapie cellulari (STEMREF)	start date: January 8, 2016 end date: January 7, 2018	49	49
Regione Piemonte	Hierarchical Open Manufacturing Europe (HOME)	start date: March 15, 2018 end date: June 14, 2020	103	10.265

Tabella 8 - Progetti di ricerca Industriali attivi nel 2018

Committente	Argomento	Durata	Valore totale (k€)
ESA - TAS I	Programma LISA (LISA)	start date: July 2, 2018 end date: December 31, 2019	25
ENSMM	Three-Cornered-Hat et phasemètre multicanal	Start date: May 5, 2018; end date: November 5, 2018	100
ESA tramite GMV	Galileo Time Geodetic Validation Facility-Full Operational Capability - Operation Extension 2018 (TGVF FOC operation extension 2018)	start date: January 1, 2018 end date: September 30, 2018	13
GNSS tramite Spaceopal	Time Service Provider (TSP GSOp)	start date: January 1, 2017 end date: June 31, 2021	1.864
ESA tramite Thales Alenia Space Italia	Galileo Exploitation Phase System and Service Support Activities (FOC Exploitation)	start date: January 1, 2017 end date: December 31, 2020	610
Thales Alenia Space Italia	Time Transfer Modem (TTM)	start date: January 1, 2017 end date: December 31, 2019	75
Special Cryogenics Corp (Hong Kong)	Supply of cryogenic fixed point cells	start date: January 1 2018 end date: September 30, 2018	13
Microplus s.r.l	Contratto per la commercializzazione del software Powerfield dell'INRIM	start date: 2010 life span: 10 years	on the basis of sales volume
Voith Hydro Holding GmbH & Co.	R&D collaboration for an extended characterisation of magnetic steel sheets under alternating, rotational and distorted flux (VOITH)	start date: February 15, 2018 end date: May 31, 2018	25
LASERLAM S.r.l.	Sviluppo di un sistema di monitoraggio per il processo di saldatura con il sistema ECOWELD+ (ECOWELD+)	start date: October 4, 2018 end date: November 22, 2019	35
ANAS S.p.A	Upgrade del sistema di misura TIRESIA e ripristino della funzionalità di misura della luminanza (ANAS)	start date: March 16, 2018 end date: February 15, 2019	40
LTF S.p.A	Innovativo strumento di misura per il settore della durometria per le microdurezze Vickers e Martens (Microdurometro LTF)	start date: July 27, 2018 end date: January 26, 2019	25
TecnoLab del Lago Maggiore S.r.l.	Modellizzazione, analisi e realizzazione di uno smorzatore acustico innovativo per rubinetteria sanitaria (ZeroNoise)	start date: October 4, 2018 end date: November 30, 2019	130
LTF S.p.A.	Concessione di una licenza di	start date: November	Cifra che

	sfruttamento del know-how nel settore delle misure di durezza per le scale rockwell, brinell, vickers e marten (LTF Cessione Know-how)	7, 2017 end date: November 8, 2027	dipende da royalties calcolate sulle vendite future di LTF S.p.A.
IAM SRL	Ricerca e validazione di condotti sbarre e loro accessori	start date: April 19, 2016 end date: April 18, 2019	155

Appendice 4: Convenzioni con altri Istituti e Università

Contraenti	Oggetto della convenzione	Durata/scadenza
Centro Nazionale della Ricerca Scientifica (CNRS), Commissariato per l'Energia Atomica e le Energie Alternative (CEA) e Laboratoire Souterrain de Modane (LSM)	Cooperazione transfrontaliera per la realizzazione del progetto "Infrastruttura a Laser Ultrastabile su Fibra Ottica per misure di frequenza di alta precisione (Link Ottico Torino-Modane)"	
Zhejiang Institute of Metrology of the People's Republic of China (ZJIM) - Hangzhou	Accordo di collaborazione scientifica e tecnologica nell'ambito della termometria e della chimica	10 anni dal 12/2012
Associazione per la Certificazione delle Apparecchiature Elettriche (ACAE) - Bergamo	Convenzione di collaborazione per l'esecuzione di prove, da parte dell'INRiM e per conto dell'ACAE, su apparecchiature elettriche per uso industriale di bassa tensione)	5 anni dal 04/07/2013
Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS) - Republic of Korea	Agreement di estensione della durata del Memorandum of Understanding tra INRiM e il KRISS	5 anni dal 02/09/2013
Seconda Università degli Studi di Napoli - Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione (DIII)	Convenzione di collab. scientifica nel settore finalizzato allo sviluppo di strumenti hardware e software per la misura e il monitoraggio dei parametri elettrici nelle reti di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica	5 anni dal 04/09/2013
Terna Rete Italia S.p.A. - Roma	Accordo di collaborazione per l'applicazione di metodi, processi e tecnologie di misurazione e prova nei campi di interesse comune	5 anni dal 13/11/2013
Scuola per Artigiani Restauratori "Maria Luisa Rossi" - Torino	Convenzione di collaborazione nell'ambito della caratterizzazione chimico-fisica (composizionale, microstrutturale, colorimetrica e spettroradiometrica) dei beni culturali	5 anni dal 05/03/2014
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) - Roma	Convenzione quadro di collaborazione scientifica nei campi della ricerca scientifica e della formazione professionale	5 anni dal 05/03/2014
CNR - Roma	Accordo quadro di collaborazione scientifica nei campi della ricerca scientifica e della formazione professionale	5 anni dal 05/03/2014
INFN - Frascati (RM)	Convenzione quadro di collaborazione scientifica nei campi della ricerca scientifica e della formazione professionale	5 anni dal 26/05/2014
National Metrology Institute of South Africa (NMISA) - Pretoria	Collaborazione scientifica nell'ambito della metrologia	5 anni dal 6/12/2014
Seconda Università degli Studi di Napoli - Dipartimento di Matematica e Fisica (DMF) - Caserta	Accordo di collaborazione nel settore concernente lo sviluppo di metodologie di spettroscopia laser ad alta risoluzione e sensibilità per la determinazione di quantità di sostanza	5 anni dal 12/06/2014
Politecnico di Torino	Convenzione per l'attivazione e il funzionamento del corso di dottorato in metrologia	6 anni + 8 mesi dal 19/05/2014 (scade il 31/12/2020)

Regione Basilicata - Potenza	Prot. d'intesa per la collab. scientifica finalizzata allo sviluppo di tecnologie nel settore della metrologia e della sensoristica di precisione e alla certificaz. della relativa strumentazione	5 anni dal 10/09/2014
Istituto di Cibernetica del CNR "E. Caianiello" - Pozzuoli (NA)	Convenzione di collaborazione scientifica nei campi della ricerca scientifica e della formazione professionale	5 anni dal 03/10/2014
Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) - Braunschweig (Germany)	Accordo di collaborazione scientifica e tecnologica su "Determination of the Avogadro constant and the kilogram realisation by counting Si atoms"	4 anni dal 03/02/2015
Conferenza dei Rettori delle Università Italiane (CRUI) - Roma	Accordo per l'adesione alle trattative di acquisto dei diritti di accesso non esclusivi alle risorse bibliografiche elettroniche (riviste, banche dati, e-books) e ai relativi servizi integrati	3 anni dal 19/03/2015
Slovak Institute of Metrology (SMU)	Memorandum of Understanding per regolare rapporti di collaborazione scientifica e tecnologica in ambito metrologico	5 anni dal 25/06/2015
Scuola Normale Superiore (SNS) - Pisa	Convenzione di collaborazione scientifica e di formazione	4 anni dal 14/09/2015
College of Electrical Engineering and Control Science of Nanjing Tech University (NJTECH-CEECS)	Agreement di collaborazione scientifica e tecnologica in ambito metrologico su tematiche di comune interesse	5 anni dal 25/09/2015
Agenzia Spaziale Italiana (ASI) - Roma	Convenzione quadro di collaborazione nell'attività di ricerca scientifica e nella formazione professionale su tematiche di comune interesse	5 anni dal 12/01/2016
Università degli Studi di Trento	Convenzione quadro di collaborazione nei campi della ricerca scientifica, delle applicazioni tecnologiche e industriali e della formazione su tematiche di comune interesse	5 anni dal 19/02/2016
Università degli Studi di Pavia	Convenzione di collaborazione scientifica nei settori di comune interesse nel campo della Chimica	5 anni dal 20/06/2016
ENEA - Roma	Accordo di collaborazione per lo svolgimento di attività di ricerca e sviluppo nel settore delle infrastrutture di ricerca per Health & Food da effettuarsi collegialmente attraverso una Joint Research Unit (JRU) comune nazionale denominata METROFOOD-IT	5 anni dal 21/06/2016
Centro Conservazione e Restauro "La Venaria Reale" (CCR)	Convenzione di collaborazione scientifica nel campo dei beni culturali per misure iperspettrali su dipinti e sarcofagi	3 anni dal 23/06/2016
Institut za mjeriteljstvo Bosne i Hercegovine (IMBIH) -	Memorandum of Understanding per regolare rapporti di collaborazione scientifica e tecnologica in ambito metrologico e, specificamente, al fine di formare i metrologi bosniaci	5 anni dal 28/06/2016
Università degli Studi di Milano – Centro Interuniversitario di Magnetismo Naturale (CIMAN) - Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio"	Convenzione di collaborazione nei campi della ricerca scientifica e della formazione professionale nel settore di comune interesse dell'INRiM e del	3 anni dal 14/09/2016

	CIMAN concernente lo studio del magnetismo naturale nel campo della geologia e dei beni culturali e ambientali	
Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE) - Parigi	Accordo di collaborazione nel campo della metrologia dei fluidi al fine di costituire una struttura scientifica e un gruppo di ricerca comuni all'LNE e all'INRiM denominati "Laboratorio di Ricerca Congiunto di Metrologia dei Fluidi Evangelista Torricelli"	5 anni dal 29/09/2016
Centre for Research and Technology-Hellas/Chemical Process and Energy Resources Institute (CERTH/CPERI) - Thessaloniki (Grecia)	Agreement di collaborazione scientifica e tecnologica di collaborazione nel settore concernente lo studio dei materiali magnetici e, specificamente, dei magneti in ferrite sinterizzata	3 anni dal 12/01/2017
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	3 anni dal 28/02/2017
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	5 anni dal 19/05/2017
Consorzio Torino Piemonte Internet eXchange (TOP-IX) -Torino	Convenzione per la diffusione del segnale di tempo riferito a UTC attraverso la fibra ottica	3 anni dal 28/05/2017
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	1 anno dal 29/05/2017
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)	5,5 anni dal 03/07/2017
Università del Piemonte Orientale "Amedeo Avogadro" (UPO) - Vercelli	Convenzione di collaborazione scientifica nei settori di attività delle nanoscienze, della chimica dei polimeri e della metrologia	5 anni dal 18/10/2018
Associazione per la Certificazione delle Apparecchiature Elettriche (ACAE) - Bergamo	Convenzione tra l'INRiM e l'ACAE di collaborazione per l'esecuzione di prove su apparecchiature elettriche di bassa tensione industriali, finalizzate alla certificazione, per conto dell'ACAE, secondo lo schema CB	5 anni dal 16/10/2018
Associazione per la Certificazione delle Apparecchiature Elettriche (ACAE) - Bergamo	Accordo tra l'INRiM e l'ACAE per regolamentare le attività che il Laboratorio Alte Tensioni & Forti Correnti (LATFC) dell'INRiM svolgerà su incarico dell'ACAE	5 anni dal 16/10/2018
Laboratorio Europeo di Spettroscopie Non Lineari (LENS) - Sesto Fiorentino	Addendum alla convenzione quadro di collaborazione scientifica del 2 ottobre 2014 tra l'INRiM e il LENS in cui sono disciplinati gli obblighi in materia di sicurezza sul lavoro e la tutela della proprietà intellettuale	4 anni dal 16/10/2018

Consorzio Top-IX - Torino	Convenzione tra l'INRiM e il Consorzio TOP-IX di Torino per la realizzazione di infrastrutture di telecomunicazione a banda ultralarga	9 anni dal 24/09/2018
Consortium GARR - Roma	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	5 anni dal 13/06/2018
Istituto di Radioastronomia di Bologna dell'INAF (IRA/INAF) e National Institute of Information and Communications Technology (NICT) - Tokyo	Collaborative Research Agreement al fine di definire e perfezionare rapporti di collaborazione scientifica e, specificamente, al fine di 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, collegati entrambi alle antenne attraverso un link coerente in fibra ottica	10 mesi dal 21/05/2018
Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione (ISCTI) - Roma	Accordo quadro al fine di definire e perfezionare rapporti di collaborazione scientifica nel settore delle telecomunicazioni	4 anni dal 24/04/2018
Politecnico di Torino	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	Dal 09/04/2018 fino al termine del Master
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) - Roma	Accordo di programma avente a oggetto lo sviluppo della ricerca scientifica e della formazione professionale nei settori di attività riguardanti la micro e nano-fabbricazione associata alla microscopia ionica ed elettronica, il self-assembly di copolimeri a blocchi e di nano-sfere, l'impiego di fasci ionici e nano-lavorazioni in dispositivi quantistici e rivelatori di radiazione	14 mesi dal 13/03/2018
Istituto Nazionale di Ottica del CNR (INO-CNR) - Firenze	Convenzione operativa avente a oggetto lo sviluppo della ricerca scientifica e tecnologica nelle seguenti aree disciplinari: • orologi ottici e sistemi fisici ad alta precisione; spettroscopia ad alta precisione; comunicazioni quantistiche	1 anno dal 20/02/2018
Istituto per le Tecnologie della Costruzione del CNR (ITC-CNR) -San Giuliano Milanese (MI)	Convenzione operativa avente a oggetto lo sviluppo della ricerca scientifica e tecnologica nelle seguenti aree disciplinari: calorimetro adiabatico modulato e proprietà termodinamiche di fluidi puri e miscele	14 mesi dal 11/01/2018

Appendice 5: Laboratori principali

Divisione Metrologia Fisica

Laboratori per la stabilizzazione di laser e campioni ottici di frequenza.
Laboratorio per Interferometria a raggi X e ottica.
Laboratori per i campioni di tempo e frequenza, tra i quali il campione primario di frequenza a fontana di Cs.
Camera schermata ad alta attenuazione per spettroscopia atomica e molecolare.
Laboratori di radiometria e informazione quantistica.

Divisione Metrologia per la Qualità della Vita

Laboratorio per la misura della potenza ultrasonora
Laboratorio applicazioni ultrasuoni in medicina
Laboratorio preparazioni e caratterizzazione di materiali simulatori tissutali
Laboratorio dosimetria elettromagnetica
Laboratorio informatico Modelli Elettromagnetici
Laboratorio generazione campi magnetici di riferimento (fino a 100 kHz)
Laboratorio di sonochimica e cavitazione
Laboratorio di metrologia in biologia cellulare
Laboratorio misure elettrochimiche
Laboratorio di analisi di superfici e spettroscopia vibrazionali
Laboratorio di metrologia alimentare
Laboratori di Radiochimica presso il Dipartimento di Chimica Generale dell'Università di Pavia
Laboratori presso il LENA (Laboratorio di Energia Nucleare Applicata) presso l'Università di Pavia
Laboratorio caratterizzazione trasduttori ed attuatori elettromagnetici e magnetoelastici
Laboratori di sperimentazione, taratura e misura per forti correnti e alte tensioni
Laboratorio sperimentazione di schermature magnetiche fino a 100 kHz
Laboratorio tunnel a vento EDDIE
Laboratori per la misura di proprietà termofisiche di gas, liquidi e solidi
Laboratori per l'analisi dei gas e la preparazione di miscele gassose primarie
Laboratori per la misura della temperatura per contatto secondo ITS-90 (punti fissi tra 13,8 K e 1357,7 K).
Laboratori per la misura della temperatura per radiazione secondo ITS-90 (da 505,078 K a 2500 K).
Laboratorio per la termometria acustica primaria.
Laboratorio acustica fisica

Divisione Nanoscienze e Materiali

Laboratori schermati per la metrologia elettrica in bassa frequenza e per la taratura di campioni e strumenti.
Laboratori per i campioni quantistici di resistenza e tensione
Misure di potenza ed energia elettrica a frequenza industriale.
Realizzazione e caratterizzazione di dispositivi superconduttori a film sottile.
Realizzazione di nano-dispositivi e caratterizzazione ottica ed elettrica di nanodispositivi e nanomateriali.
Analisi di materiali con diffrattometria a raggi X.
Sistemi di microscopia a doppio fascio elettronico e ionico e per la microanalisi (Nanofacility).
Preparazione di materiali magnetici per rapida solidificazione, di film sottili e di multistrati magnetici.
Caratterizzazione e studio delle proprietà fisiche di materiali magnetici dolci, duri, amorfi e nanostrutturati.
Laboratori e camere schermate per le misure magnetiche di alta sensibilità.
Laboratori per lo studio delle proprietà di trasporto in nastri e film sottili magnetici.
Laboratori per i campioni fotometrici e colorimetrici, tra i quali il campione primario di intensità luminosa.
Radiometria nell'ultravioletto.
Camera oscura con controllo climatico presso il laboratorio di goniofotometria.
Laboratori di radiometria criogenica fino a 40 mK.
Spettro-goniofotometria dei materiali.

Appendice 6: Acronimi

ACAE	<i>Associazione per la Certificazione delle Apparecchiature Elettriche</i>
ACCREDIA	<i>Ente italiano di accreditamento</i>
ARPA	<i>Agenzia Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente</i>
BIPM	<i>Bureau International des Poids et Mesures</i>
CCAUV	<i>Comité Consultatif de l'Acoustique, des Ultrasons et des Vibrations</i>
CCEM	<i>Comité Consultatif pour l'Electricité et le Magnetisme</i>
CCL	<i>Comité Consultatif des Longueurs</i>
CCM	<i>Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées</i>
CCPR	<i>Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie</i>
CCQM	<i>Comité Consultatif pour la Quantité de Matière – Métrologie en chimie</i>
CCT	<i>Comité Consultatif de Thermométrie</i>
CCTF	<i>Comité Consultatif du Temps et des Fréquences</i>
CdA	<i>Consiglio di Amministrazione</i>
CEI	<i>Comitato Elettrotecnico Italiano</i>
CEN	<i>Comitato Europeo di Normazione</i>
CENELEC	<i>Comité Européen de Normalisation Electrotechnique</i>
CGPM	<i>Conférence Générale des Poids et Mesures</i>
CIGRE	<i>Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques</i>
CIPM	<i>Comité International des Poids et Mesures</i>
CIRP	<i>International Academy for Production Engineering</i>
CMC	<i>Calibration and Measurement Capabilities</i>
CMM	<i>Coordinate Measuring Machine</i>
CNR	<i>Consiglio Nazionale delle Ricerche</i>
CRUM	<i>Centro di Riferimento di Ultrasuoni in Medicina</i>
CS	<i>Consiglio Scientifico</i>
EA	<i>European co-operation for Accreditation</i>
EFTF	<i>European Frequency and Time Forum</i>
EMPIR	<i>European Metrology Programme for Innovation and Research</i>
EMRP	<i>European Metrology Research Programme</i>
ENEA	<i>Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente</i>
ENEA-INMRI	<i>Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti dell'ENEA</i>
ESA	<i>European Space Agency</i>
EURAMET	<i>European Association of National Metrology Institutes</i>
GMEE	<i>Gruppo Misure Elettriche ed Elettroniche – Associazione italiana</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HITU	<i>High Intensity Therapy Ultrasound</i>
ICT	<i>Information and Communication Technology</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
ILAC	<i>International Laboratory Accreditation Cooperation</i>
IMEKO	<i>International Measurement Confederation</i>
IMGC	<i>Istituto di Metrologia "Gustavo Colonnetti" del CNR</i>
INFN	<i>Istituto Nazionale di Fisica Nucleare</i>
IRMM	<i>Institute for Reference Materials and Measurements (Geel, Belgio)</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ISPRA	<i>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (già APAT)</i>
ISS	<i>Istituto Superiore di Sanità</i>
ITS-90	<i>International Temperature Scale 1990</i>
ITU-R	<i>International Telecommunication Union – Radiocommunications</i>
JRP	<i>Joint research project</i>
KC	<i>Key Comparison</i>

<i>LOVAG</i>	<i>Low Voltage Agreement Group</i>
<i>MESAP</i>	<i>Meccatronica e sistemi avanzati di produzione</i>
<i>MRA</i>	<i>Mutual Recognition Arrangement</i>
<i>MIUR</i>	<i>Ministero dell'Università e della Ricerca</i>
<i>NIST</i>	<i>National Institute of Standards and Technology, USA</i>
<i>NMI</i>	<i>National Metrology Institute</i>
<i>PMI</i>	<i>Piccola Media Impresa</i>
<i>PolìTo</i>	<i>Politecnico di Torino</i>
<i>PRIN</i>	<i>Progetti di Ricerca di Interesse Nazionale</i>
<i>RSPP</i>	<i>Responsabile Servizio Prevenzione e Protezione</i>
<i>SAL</i>	<i>Servizio tecnico per le Attività rivolto ai Laboratori di taratura</i>
<i>SC</i>	<i>Supplementary Comparison</i>
<i>SGQ</i>	<i>Sistema di Gestione per la Qualità</i>
<i>SI</i>	<i>Système International d'Unités</i>
<i>SPP</i>	<i>Servizio prevenzione e protezione</i>
<i>TPE</i>	<i>Tempo Pieno Equivalente</i>
<i>UE</i>	<i>Unione Europea</i>
<i>UNI</i>	<i>Ente Nazionale Italiano di Unificazione / Ente Nazionale di Unificazione</i>
<i>UTC</i>	<i>Coordinated Universal Time</i>