

RELAZIONE CONSUNTIVA DI ATTIVITÀ SCIENTIFICA 2017

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

Approvata dal Consiglio di Amministrazione
in data 19 marzo 2018

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	7
3.1 – Collaborazioni internazionali	8
3.2 – Consorzi e Convenzioni con Ministeri, Regioni, Università e altri enti	10
3.3 – Finanziamenti da contratti nel 2017	12
3.4 – Fondi premiali da MIUR per progetti di ricerca.....	14
3.5 – Infrastrutture di ricerca	20
4 – Stato di attuazione delle attività relative al 2017	23
5 – Risultati 2017 e confronto con anni precedenti	27
6 – Risorse di personale per l'attività scientifica	30
PARTE 2 – Schede di attività	31
1 – Direzione scientifica	33
Segreteria scientifica.....	36
Divisione Metrologia Fisica	39
Divisione Metrologia per la Qualità della Vita.....	49
Divisione Nanoscienze e Materiali	65
2 – STALT - Innovazione e servizi metrologici	83
Appendice 1: Struttura organizzativa dell'INRIM	101
Appendice 2: Progetti EMPIR	102
Appendice 3: Altri progetti INRIM	104
Appendice 4: Convenzioni con altri Istituti e Università	107
Appendice 5: Laboratori principali	111
Appendice 6: Acronimi	112

TABELLE

Tabella 1 - INRIM – CMC.....	8
Tabella 2 - Mappatura dei settori metrologici INRIM.....	8
Tabella 3 – Progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2017	13
Tabella 4 – Progetti su contratto avviati e ancora in corso nel 2017	14
Tabella 5– Finanziamenti ricevuti nel quinquennio 2010-2016 e già acquisiti per i prossimi anni ..	21
Tabella 6 –Pubblicazioni nel periodo 2015-2017	28
Tabella 7 – Distribuzione delle pubblicazioni 2017	28
Tabella 8 - Knowledge transfer - altri prodotti di valorizzazione applicativa	29
Tabella 9 - Knowledge transfer - formazione	29
Tabella 10 - Personale TI (al 31/12/2017)	30
Tabella 11 – Altro personale	30
Tabella 12 - Personale TI (al 31/12/2017)	34
Tabella 13 – Divisioni: risorse umane (TPE) per tipologia di attività	35

TABELLE APPENDICI

Tabella 1 – Valore totale e finanziamento UE progetti EMPIR (1 ^a call) avviati nel 2015	102
Tabella 2 – Valore totale e finanziamento UE progetti EMPIR (2 ^a call) avviati nel 2016	102
Tabella 3 – Valore totale e finanziamento UE progetti EMPIR (3 ^a call) avviati nel 2017	103
Tabella 4 - Progetti di ricerca UE ed internazionali (non Euramet) attivi nel 2017	104
Tabella 5 - Progetti di ricerca nazionali attivi nel 2017	104
Tabella 6 - Progetti di ricerca Industriali attivi nel 2017	106

PARTE 1 – Elementi generali e sintesi delle attività svolte

1 – INRIM - Compiti e missione

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

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

Questa relazione annuale presenta i risultati conseguiti dall'INRIM nel 2017, in ottemperanza a quanto previsto dall'articolo 12, comma 2, lettera b del vigente Statuto.

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

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

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

2 – INRIM - Organizzazione e infrastrutture

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

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

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

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

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

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

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.

¹ D.Lgs. n.38/2004

3.1 – Collaborazioni internazionali

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

In questo ambito, dal 1999 l'INRIM aderisce al *CIPM Mutual Recognition Arrangement (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 dicembre 2017, nel database del BIPM, l'INRIM risulta aver prodotto 406 CMC (397 in fisica e 9 in chimica).

Tabella 1 - INRIM – CMC

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

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

Tabella 2 - Mappatura dei settori metrologici INRIM

CC	Field	Sub-field	Struttura
EM	DC & Q. metrology	Josephson effect and DC voltage	NM, STALT
		Quantum Hall effect and DC resistance	NM, STALT
		Single electron tunnelling, Low DC current	NM
	Low frequency	AC/DC transfer, AC voltage and current, impedance	NM, STALT
	Radiofrequencies and Microwaves	RF power, scattering parameters, RF impedance	STALT
	Power and energy	AC power and energy	NM
Electric and magnetic fields (incl. high voltage/high current tests)		STALT, MQV, NM	
Magnetic measurements and properties		NM	
M	Mass&related quant.	Mass standards	STALT
		Density and volume	STALT
		Viscosity	STALT
		Fluid flow	STALT
		Force	STALT
		Pressure (high and low)	STALT

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

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

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

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

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

		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
AUV	Acoustics	Physical acoustics	MQV
		Acoustic and ultrasound	STALT, MQV
QM	Amount of substance	Gas analysis	MQV
		Electrochemistry	MQV
		Inorganic analysis	MQV
		Organic analysis	MQV
		Bioanalysis	MQV
		Surface analysis	MQV

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

INRIM riferisce annualmente sul proprio Sistema di Gestione della Qualità (QMS) al Comitato direttivo EURAMET TC-Q (Comitato Tecnico per la Qualità).

La riunione annuale del TC-Quality si è tenuta dall'11 al 13 aprile 2017 a Dublino (Irlanda). Il Sistema di Gestione per la Qualità dell'INRIM è stato valutato positivamente.

INRIM partecipa al progetto EURAMET TC-Q # 1123 "On site peer review", dal 2009-09-30, in collaborazione con gli Istituti Metrologici Nazionali (NMIs): *Instituto Português da Qualidade* (IPQ, Portugal), *Centro Español de Metrología* (CEM, Spain). Nel dicembre 2017 l'INRIM ha sostenuto con successo la *peer-visit* annuale, condotta dagli esperti internazionali degli istituti CEM e IPQ, che hanno esaminato le attività relative al Sistema di Gestione per la Qualità e alle aree metrologiche Tempo e Frequenza, Forza, Elettromagnetismo.

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

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

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

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

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

3.2 – Consorzi e Convenzioni con Ministeri, Regioni, Università e altri enti

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

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

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

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

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

Inoltre sono attive le seguenti associazioni con organismi nazionali

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

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

- Agenzia Promozione Ricerca Europea (APRE): si tratta di un'associazione di ricerca no-profit che fornisce ai propri associati (imprese, enti pubblici e privati) informazioni, supporto e assistenza per la partecipazione ai programmi e alle iniziative di collaborazione nazionale ed europee (con particolare riferimento a Horizon 2020) nel campo della ricerca e del trasferimento dei risultati delle ricerche;
- Cluster "Fabbrica intelligente" e Cluster "Energia": sono due dei Cluster tecnologici nazionali promossi dal Miur, costituiti allo scopo di favorire la creazione di reti di soggetti pubblici e privati che operano sul territorio nazionale in settori quali la ricerca industriale, la formazione e il trasferimento tecnologico; i Cluster funzionano da catalizzatori di risorse per rispondere alle esigenze del territorio e del mercato, nonché per coordinare e rafforzare il collegamento tra il mondo della ricerca e quello delle imprese.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

In ambito nazionale sono invece stati stipulati accordi con:

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

Per quanto riguarda la promozione della divulgazione scientifica, l'INRIM ha aderito anche nel 2017 all'**Associazione Festival della Scienza**: l'associazione nasce con l'obiettivo di avvicinare il pubblico ai grandi temi della scienza e della tecnologia, e ha come mission quella di promuovere, valorizzare e divulgare la cultura scientifica e tecnologica; il suo primo esperimento nel campo della comunicazione, produzione e

promozione di eventi di divulgazione scientifica di rilievo internazionale è stato il Festival della Scienza, organizzato nel 2014 a Genova e riproposto per il 2015; l'associazione è aperta a nuove iniziative e disponibile ad avviare collaborazioni con realtà pubbliche e private che condividano la stessa passione per la scienza, ed è proprio in quest'ottica che l'INRIM, a partire dal 2014, ha aderito ad essa e ha delegato un proprio rappresentante quale membro del Consiglio di Amministrazione dell'organismo genovese.

3.3 – Finanziamenti da contratti nel 2017

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Nell'ambito dei progetti finanziati dal MIUR (PRIN, SIR e FARE), nel 2017 sono proseguiti il progetto SIR "ULTRACOLD PLUS" (Ultracold atoms plus ions: new frontiers in hybrid quantum systems) e il progetto PRIN "HG DOPPLER SPECTROSCOPY" (A new primary method of gas thermometry based upon Doppler-broadened mercury spectroscopy in the UV region), mentre si è concluso il progetto PRIN "AQUASIM". Il 2017 ha invece visto l'avvio del progetto "ULTRACRYSTAL" (Ultracold ion crystals in a quantum), finanziato dal MIUR attraverso i bandi FARE (Framework per l'Attrazione e il Rafforzamento delle Eccellenze per la Ricerca in Italia).

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

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

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

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

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

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

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

Cofinanziamenti ottenuti su progetti di ricerca nazionali e internazionali

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

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

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

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

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

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

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

3.4 – Fondi premiali da MIUR per progetti di ricerca

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

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

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

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

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

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

A seguire, una breve descrizione degli obiettivi dei progetti:

MeTGeSp

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

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

Q-SecGroundSpace

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

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

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

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

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

A seguire, una breve descrizione degli obiettivi dei progetti:

LABMED

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

MATER

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

Ci&Sa

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

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

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

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

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

A seguire, una breve descrizione degli obiettivi dei progetti:

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

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

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

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

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

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

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

A seguire, una breve descrizione degli obiettivi dei progetti:

SENSEI - New sensors based solutions for sustainable de-production

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

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

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

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

Progetti strategici

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

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

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

PS1 – LIFT MATERA

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

PS2 – DOSIMETRIA EM

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

Il Progetto, rispondendo alle priorità delle “Society Challenges” identificate nel programma di ricerca metrologica europea EMPIR, intende stimolare l’innovazione fornendo strumenti e metodologie di analisi per ricercatori, comunità medica, organismi normativi e legislativi e produttori di apparecchiature medicali.

Il progetto è articolato in due filoni principali di attività, il primo rivolto all’imaging a risonanza magnetica e il secondo allo studio e caratterizzazione di nanostrutture magnetiche per l’ipertermia indotta.

PS3 – KELVIN

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

PS4 – NANO EM

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

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

(i) Quantized charge and resistance

(ii) Spintronic structures

(iii) Il progetto che ha una scala temporale di tre anni è stato finanziato a luglio del 2015 per un terzo della cifra richiesta e gli obiettivi sono stati riscaldati opportunamente

Progetti SEED

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

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

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

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

GeCum - Genetic Quantum Measurement

Il Genetic Quantum Measurement (GQM) è un innovativo protocollo di misura in grado di emulare i meccanismi evolutivi di mutazione, ibridazione e selezione. In linea di principio, tale protocollo è in grado di superare le prestazioni delle tradizionali misure proiettive (anche nel caso in cui esse 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.”

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

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

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

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

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

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

3.5 – Infrastrutture di ricerca

European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR)

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

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

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

EMPIR è articolato in bandi annuali raggruppati in sei moduli:

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

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

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

Galileo Timing Research Infrastructure

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

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

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

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

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

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

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

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

Nanofacility Piemonte

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

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

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

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

4 – Stato di attuazione delle attività relative al 2017

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La pubblicazione descrive la realizzazione e caratterizzazione di nuovi fotorivelatori predicibili basati su fotodiodi di silicio di tipo n. Nell'ambito del progetto Newstar - SIB57 sono stati progettati, realizzati e

caratterizzati nuovi fotodiodi utilizzando substrati di silicio di tipo n e passivazione con uno strato di Al_2O_3 al posto di substrati di tipo p e passivazione in biossido di silicio utilizzati in tutti i precedenti fotorivelatori predicibili. Questo nuovo tipo di rivelatori realizzati con processi di fabbricazioni più economici e ripetibili, conferma quale campione primario i fotorivelatori predicibili.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Confronto internazionale: Le attività hanno riguardato lo sviluppo di procedure per la standardizzazione delle misure di spettroscopia Raman. La partecipazione al confronto VAMAS Raman metrology sulla calibrazione in frequenza ha avuto lo scopo di sviluppare, mediante confronti interlaboratorio tra i principali NMI, una

metodologia per la taratura di spettrometri Raman (numero d'onda) riferibile al SI e la disseminazione mediante materiali di riferimento. Il lavoro è consistito in due confronti interlaboratorio nell'ambito della metrologia Raman confocale dedicata alla calibrazione in frequenza e alla misura del volume confocale. I risultati ottenuti sono stati presentati in 3 lavori orali alla conferenza internazionale sulla spettroscopia Raman.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5 – Risultati 2017 e confronto con anni precedenti

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

I prodotti INRIM sono stati suddivisi nelle tre seguenti categorie:

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

Tabella 6 –Pubblicazioni nel periodo 2015-2017

Descrizione	2015				2016				2017			
		S	NMI	KT		S	NMI	KT		S	NMI	KT
Volumi	1	-	1	-	2	-	2	-	-	-	-	-
Articoli su riviste ISI (per 2017: IF medio¹ = 4.1)	158	134	19	5	143	131	11	1	153	123	23	7
Altri articoli su riviste e capitoli di libro	19	9	3	7	17	13	2	2	21	7	3	11
Articoli su atti di congresso	90	52	34	4	108	101	6	1	35	22	9	4
Rapporti tecnici	107	71	32	4	40	18	17	5	30	12	9	9
Totali	375	266	89	20	310	263	38	9	239	164	44	31

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

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

Tabella 7 – Distribuzione delle pubblicazioni 2017

Descrizione	MF			MQV			NM			STALT			TOT		
	S	NMI	KT	S	NMI	KT	S	NMI	KT	S	NMI	KT	S	NMI	KT
Volumi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Articoli su riviste ISI con IF	25	7	2	39	5	-	55	5	2	4	6	3	123	23	7
Altri articoli e capitoli di libro	2	1	5	3	-	-	1	1	3	1	1	3	7	3	11
Articoli su atti di congresso	3	1	2	7	-	-	7	4	-	5	4	2	22	9	4
Rapporti tecnici	1	1	3	5	2	1	5	1	-	1	5	5	12	9	9
Totali	31	10	12	54	7	1	68	11	5	11	16	13	164	44	31

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

Tabella 8 - Knowledge transfer - altri prodotti di valorizzazione applicativa

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

Tabella 9 - Knowledge transfer - formazione

Descrizione	2015	2016	2017
	<i>KT</i>	<i>KT</i>	<i>KT</i>
Dottorati (triennali) attivati nell'anno	7	11	4
Tesi concluse nell'anno (dottorato)	5	8	10
Tesi concluse nell'anno (II livello)	14	6	9
Tesi concluse nell'anno (I livello)	23	15	15
Ricercatori stranieri presso INRIM (mesi-persona)	15	3,5	26,5
Ricercatori INRIM all'estero (mesi-persona)	3	1	16,5
Seminari INRIM di esperti interni	3	1	-
Seminari INRIM di esperti esterni	23	13	20
Corsi di formazione per esterni ed interni	11	7	2
Organizzazione congressi, convegni e riunioni tecniche	40	23	19
Altre iniziative (eventi, comunicazione)	101	130	135

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

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

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

6 – Risorse di personale per l'attività scientifica

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

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

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

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

Tabella 11 – Altro personale

Altro Personale	Personale in servizio al 31-12-2017	Tipologia fonte di finanziamento	
		NON FOE	FOE
Assegnisti	34	34	
Borsisti	3	2	1
Totale	37	36	1

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	0,30
Luca Callegaro	0,40
Oriano Bottauscio	0,40

A partire dal 2017 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).

Il Consiglio di Direzione, istituito con decreto del Presidente n. 071/2017, è dunque così composto:

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

Il responsabile di STALT, Vito Fericola, è invitato permanente.

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

Campi di attività

Le Divisioni in cui si struttura la Direzione Scientifica sono:

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 2017-2019. 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 (al 31/12/2017)

Div	Dir R&Tcnl	Primi R&Tcnl	R&Tcnl	Tecnici	Ammin.	TOT
MF	3	5	15	8		31
QV	2	8	15	7		32
NM	2	8	17	11		38
SEGR. SCIENT.			1		3	4
Tot 2017	7	21	48	26	3	105
Tot 2016	8	21	46	25	3	104
Tot 2015	9	26	52	54	3	144
Tot 2014	10	25	55	54	3	147

Ha continuato ad operare l'unità staccata di Radiochimica e Spettroscopia presso il Dipartimento di Chimica Generale dell'Università di Pavia. Tale unità afferisce alla divisione Metrologia Qualità della Vita.

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 2017 delle risorse umane per tipologia di attività è riportata nel seguente grafico; il dettaglio è invece riportato nelle tabelle successive.

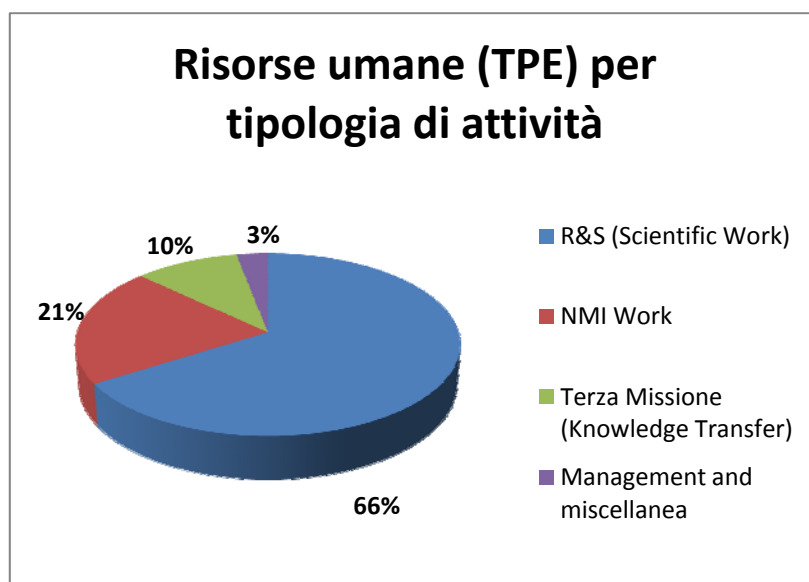


Tabella 13 – Divisioni: risorse umane (TPE) per tipologia di attività

Div	R&S (Scientific Work)	NMI Work	Terza Missione (Knowledge Transfer Work)	Management and miscellanea	Totale
MF	46,05	6,45	3,30	1,15	56,95
MQV	32,70	11,90	3,75	1,80	50,15
NM	48,70	5,45	3,15	1,15	58,45
STALT	15,60	23	12,10	2,40	53,10
Totale	143,05	46,80	22,30	6,50	218,65
%	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

Descrizione dell'attività

- Management delle divisioni
- Riunioni istituzionali (CdA e CS)
- Relazioni esterne (visitatori e contatti vari)
- Eventi scientifico-divulgativi

Risultati conseguiti

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 svolgono 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 sesta 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 stato siglato in autunno con questi due enti.

Quest'anno il corso, che segue il calendario scolastico, si è svolto proponendo ai docenti due seminari di cui uno su metrologia, incertezza e riferibilità e il secondo di presentazione delle attività didattiche sperimentali sulle quali coinvolgere gli studenti. Gli esperimenti allestiti nell'aula didattica di corso Massimo d'Azeglio, svolti prima dai docenti, sono stati poi presentati ai ragazzi. Alcuni gruppetti di studenti hanno partecipato alle seguenti esperienze: misura della costante g con pendolo semplice, trasformazione di energia meccanica in energia termica, misure di densità di solidi, taratura di un micrometro mediante interferometro laser di Michelson.

In totale sono state coinvolte quattro classi di scuole diverse, anche in provincia di Torino

Il materiale prodotto durante tutte le attività (seminari, schede esperimenti) è stato poi pubblicato sul sito INRIM. Sono stati presentati i tirocini a INFOSTAGE 17 del Politecnico.

Public engagement

INRIM ha partecipato nel 2017 alla Notte dei ricercatori con un proprio stand ed un evento seminariale per il pubblico al Circolo degli artisti. Le attività dello stand sono state organizzate coinvolgendo una classe 4° del liceo Gobetti in Alternanza scuola lavoro, gli studenti durante l'anno hanno seguito un percorso di avvicinamento alla metrologia, con lezioni frontali e visite ai laboratori, poi suddivisi in gruppetti hanno preparato insieme ai ricercatori i materiali per lo stand. Un altro progetto di ASL è stato realizzato con ITIS AVOGADRO coinvolgendo 12 studenti che hanno realizzato a turno le esperienze del corso insegnanti, per poi trascorrere nel periodo estivo 15 gg in stage presso i laboratori.

Durante il corso dell'anno ci sono state numerose occasioni di visite di ricercatori di altri Paesi, di gruppi organizzati, di privati cittadini, ma soprattutto di studenti delle scuole di ogni ordine e grado: nei mesi da marzo a maggio si sono concentrate le visite rivolte ai bambini della scuola primaria e secondaria di primo grado, e a quelli delle scuole superiori, il numero complessivo dei visitatori si aggira nel 2017 intorno alle 1000 unità. Visto il grande numero di richieste, in alcuni casi si è posticipata la visita al successivo anno. Questa attività di contatto con un pubblico scolastico ma anche generico necessita di grande disponibilità e collaborazione da parte del personale dei laboratori e di coloro che accettano di accompagnare i gruppi nelle palazzine.

Il rapporto con le scuole si è fatto più stretto con l'attivazione nel 2016 di circa 70 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, e i ricercatori per la collocazione presso i laboratori, la biblioteca, gli uffici.

Presentazione dei tirocini INRIM al politecnico ad INFOSTAGE'17.

Piano Triennale di Attività 2017-2019, Relazione Consuntiva di attività scientifica 2016 e Risultati e dati 2016

Nel 2017 la Segreteria Scientifica ha prodotto, grazie al contributo delle Divisioni, i tre seguenti documenti:

- Risultati e dati 2016: si tratta di un 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 2017-2019: 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 2016: costituisce la sintesi dei risultati scientifici conseguiti dall'istituto nell'anno, ricavati da "Risultati e dati 2016" 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

A partire da novembre 2015 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.

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, i Responsabili di Divisione e di STALT.

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 2017, attraverso lo svolgimento della funzione di Segretari di Concorsi Pubblici, di numerosi Bandi di Concorso pubblicati dall'INRIM. L'impegno è stato notevole in quanto la funzione di Segretario comporta 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

Nel 2017 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.

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

Nel 2017 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.

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 di richiesta di associatura e di incarico di ricerca all'Istituto, sottoposte all'approvazione del CdA.

Sistema GUADO

Anche nel 2017 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.

Elenchi contratti e piani di spesa

Come ogni anno, anche nel 2017 sono stati predisposti gli elenchi dei contratti industriali, dei progetti regionali, europei, Horizon 2020, MIUR e progetti premiali da utilizzare nel database GUADO, provvedendo anche alla gestione dei piani di spesa e delle relative rimodulazioni, nonché all'inserimento dei dati relativi nel database GUADO.

Divisione Metrologia Fisica

Responsabile: Giovanni Mana

Risorse umane (TI + TD) al 31/12/2017

Ricercatori e Tecnologi: 23 Tecnici: 8

Ulteriori risorse umane

Assegnisti, Borsisti e Dottorandi: 23, Associati e incarichi: 4

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.

MF1: interferometria.

Il programma sviluppa riferimenti e tecnologie interferometriche ottiche e X per misure di lunghezza. Opera nei campi della geodesia, delle applicazioni 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.

Il programma svolge ricerche nel campo degli orologi atomici e realizza campioni a microonde con accuratezza fra le migliori nel panorama internazionale. Sviluppa futuri campioni ottici, che rappresentano la tecnologia più promettente in questo campo. Collabora con i maggiori enti metrologici europei per sviluppare un'infrastruttura in fibra ottica al fine di disseminare il riferimento di tempo e frequenza a vari istituti di ricerca con un'accuratezza di gran lunga più elevata delle esistenti. Realizza e rende disponibile il campione nazionale di tempo UTC(IT), il riferimento legale dell'ora per l'Italia, mantenendolo in accordo con il Tempo Universale Coordinato (UTC) e contribuendo all'International Atomic Time realizzato dal Bureau International des Poids et Mesures di Parigi.

MF3: ottica quantistica.

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

La Divisione è principalmente attiva nell'ambito della ricerca e sviluppo, pur presidiando anche l'attività istituzionale per la realizzazione delle unità di lunghezza, massa e tempo, il trasferimento tecnologico e la formazione. Nel corso del 2017, la Divisione ha coordinato (o partecipato) 25 progetti di ricerca nazionali e/o internazionali e pubblicato 36 lavori su riviste censite nella banca dati Web of Science, di cui 4 su riviste del gruppo Nature. Di particolare rilievo sono stati

- i) la determinazione della costante di Avogadro nell'ambito dell'International Avogadro Coordination (essenziale alla ridefinizione dell'unità di massa sulla base della costante di Planck),
- ii) il completamento e installazione del Time Service Provider presso Telespazio – Fucino (sede della generazione della scala di tempo di Galileo),
- iii) il completamento dell'orologio ottico all'Yb,
- iv) la realizzazione del primo link ottico sottomarino (tra l'Italia a Malta),
- v) la realizzazione sperimentale di misure protettive (paradigma di misure quantistiche con applicazioni alla metrologia).

MF1: interferometria

Il programma ha prodotto sviluppi originali teorici, numerici e sperimentali relativi agli effetti di diffrazione del fascio laser nel sistema X/ottico che hanno permesso una più accurata rideterminazione del parametro reticolare del silicio arricchito AVO28. Il risultato è stato utilizzato per la determinazione della costante di Avogadro realizzata mediante il nuovo cristallo arricchito Si28-23Pr11. Attraverso la partecipazione all'International Avogadro Coordination, ha contribuito attivamente (anche coordinando l'attività dell'INRIM nel settore) a porre le basi per la ridefinizione del kilogrammo attraverso un valore predefinito della costante di Planck.

In collaborazione con il National Metrology Institute of Japan, è stato completato un modello agli elementi finiti (in approssimazione di materiale isotropo) per il calcolo dell'errore dovuto al peso proprio nelle misure interferometriche di diametro e volume dei futuri campioni primari di massa in silicio.

In collaborazione con la divisione Qualità della Vita sono state completate e pubblicate misure di contaminazione in traccia e purezza isotopica dei cristalli di silicio utilizzati per la determinazione della costante di Avogadro (indispensabili alla certificazione della qualità assunta dalle equazioni di misura).

Il programma ha realizzato interferometri a eterodina compatti con risoluzione pari a $1 \text{ pm}/\sqrt{\text{Hz}}$ a 1 Hz (potenzialmente in grado di sostituire i sensori capacitivi utilizzati negli accelerometri di bordo di satelliti) e completato uno studio commissionato dall'Agenzia Spaziale Europea per quantificare gli effetti delle aberrazioni del fronte d'onda e della luce diffusa sul rumore dell'antenna gravitazionale LISA.

È stato completato un apparato di misura di pressioni in gas (nell'intervallo da 1 kPa a 800 kPa) mediante scattering Rayleigh validando il principio di misura e la linearità per tutti i gas considerati (aria, azoto, argon ed elio).

Il programma ha contribuito alla realizzazione di un database (accessibile on-line) di materiali pittorici (pigmenti, coloranti, leganti e vernici) per la conservazione e il restauro del patrimonio artistico e culturale.

MF2: tempo e frequenza

Sono proseguite le attività legate al programma Galileo ed è stato completato, per conto della Galileo System Authority, il Time Service Provider definitivo del sistema di navigazione europeo.

È proseguita la collaborazione con Leonardo SpA per la realizzazione e la miniaturizzazione di un prototipo spaziale di orologi a vapori di rubidio a pompaggio ottico impulsato.

È proseguita la collaborazione con Leonardo SpA per la realizzazione e la miniaturizzazione di un prototipo spaziale di orologi a vapori di rubidio a pompaggio ottico impulsato.

È stata migliorata la stabilità e l'accuratezza dell'orologio all'Yb. Parallelamente è proseguito lo sviluppo di un secondo orologio all'Yb realizzando una camera spettroscopica con un altissimo controllo della radiazione di corpo nero per portare l'accuratezza del campione nella regione di $1\text{E}-18$.

Per lo sviluppo del campione allo Sr, in collaborazione con l'università di Trento, è stata completata al sorgente di atomi freddi; sarà trasferita all'INRIM all'inizio del 2018 per esperimenti volti alla realizzazione di una sorgente atomica non classica (stati squeezed).

È stato realizzato e sperimentato il primo link mediante fibra ottica sottomarina collegando l'Italia a Malta per il trasferimento di un segnale primario di frequenza ottica.

È proseguita la costruzione di un setup sperimentale ibrido atomo-ione attraverso la simulazione numerica dell'esperimento e dell'apparato, la realizzazione del sistema ottico per l'intrappolamento e il raffreddamento di ioni di bario, la realizzazione dei sistemi elettronici per il controllo dell'esperimento.

MF3: ottica quantistica

Sono stati realizzati esperimenti innovativi nell'ambito delle misure quantistiche in regime di accoppiamento debole (misure protettive, applicazione dei "weak values" alle disequaglianze Leggett-Garg), studiati centri di colore per la realizzazione di sorgenti di singolo fotone e le loro applicazioni, contributo a sviluppare metodi e standard per la crittografia quantistica anche attraverso la partecipazione al gruppo di lavoro ETSI.

Ricerca istituzionale

La Divisione mantiene e dissemina l'unità di lunghezza. Il metro è realizzato con riferimento alla velocità della luce e al secondo mediante pettini di frequenza, laser stabilizzati e transizioni atomiche.

La Divisione collabora alla realizzazione del kilogrammo con riferimento alla costante di Planck contando gli atomi in sfere di Si 28 caratterizzate in termini geometrici (determinazione del volume e caratterizzazione chimico-fisica della superficie), cristallografico (misurazione del parametro reticolare), chimico (determinazione dei contaminanti in traccia e della composizione isotopica).

La Divisione mantiene e dissemina le unità di tempo e frequenza. A tal fine opera e migliora un campione primario di frequenza (ITFCs2) a fontana di Cs, sviluppa algoritmi per realizzare e distribuire la scala di tempo nazionale e partecipa alla rete di taratura dell'International Atomic Time.

È stato avviato l'ammodernamento del laboratorio che realizza la scala di tempo nazionale UTC(IT) acquisendo nuovo hardware e sviluppando nuovi sistemi software per rendere la scala di tempo più robusta, stabile ed affidabile.

Il laboratorio che ha ospitato le attività del progetto H2020 Demetra, è stato attrezzato per la disseminazione commerciale di segnali di tempo, anche via fibra ottica.

Sono stati emessi 160 certificati di taratura.

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

Sono proseguite le attività legate al programma Galileo ed è stato completato, per conto della Galileo System Authority, il Time Service Provider definitivo del sistema di navigazione europeo.

La Divisione ha svolto attività di divulgazione scientifica, anche attraverso seminari indirizzati a un pubblico generico, lo svolgimento di tirocini, tesi di laurea e di dottorato, pubblicazioni su riviste di divulgazione scientifica.

Programma MF1 – Interferometria
Responsabile: Enrico Massa

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
Personale TI					
Marco Bisi	0,20	0,40	0,40		1
Giancarlo D'Agostino ⁽¹⁾	0,10				0,10
Claudio Francese ⁽²⁾	0,55	0,05	0,05		0,65
Giovanni Mana ⁽³⁾	0,40		0,15	0,15	0,70
Domenico Mari	1				1
Enrico Massa	0,80			0,20	1
Elena Olivetti ⁽⁴⁾	0,10				0,10
Marco Pisani	0,60	0,10	0,10	0,20	1
Carlo Paolo Sasso	0,80		0,20		1
Marco Santiano	0,20	0,20			0,40
Massimo Zucco ⁽⁵⁾	0,60	0,20			0,80
Totale	5,35	0,95	0,90	0,55	7,35
Personale in formazione					
Marco Di Luzio (dott.) ⁽¹⁾	0,80				0,80
Totale	6,15	0,95	0,90	0,55	8,55

1) collaborazione con programma QV1

2) collaborazione con programma MF2

3) collaborazione con programma QV2 progetto ENV58

4) collaborazione con programma NM4

5) collaborazione con programma MF3

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
<p>Interferometria X/ottica e costante di Avogadro <i>Obiettivi.</i> Realizzazione di un secondo prototipo dell'interferometro ottico. Analisi della correzione per diffrazione per l'interferometria ottica. Determinazione della tensione superficiale del prototipo dell'analizzatore in silicio naturale. Deposizione galvanica e diffusione termica di rame per l'analisi tramite INAA della concentrazione di voids nel campione di silicio arricchito Si28_23_Pr11. <i>Attività svolta.</i> Misurato il cristallo AVO28 con due prototipi differenti dell'interferometro ottico (uno identico a quello in uso dal 2012 ed il secondo con una differente posizione dello specchio di riferimento). Nuovo modello per la correzione dell'errore di diffrazione. I dati sperimentali utilizzati per la correzione di diffrazione nelle pubblicazioni del 2011 e 2015 sono stati rielaborati. Misurato l'interferometro X doppio spessore per la stima della tensione superficiale (dato di ingresso per la simulazione FEM). <i>Risultati ottenuti.</i> Compresa l'origine dell'errore di misura (20 nm/m) del parametro reticolare. Questo effetto è generato da imperfezioni ottiche/meccaniche sul percorso di propagazione del fascio. Pubblicazione inviata a Metrologia. Rideterminato il valore del parametro reticolare del cristallo AVO28 a seguito delle nuove correzioni per diffrazione (pubblicazione su Metrologia). I dati corretti per diffrazione e tensione superficiale (stima da confermare) sono stati utilizzati per la pubblicazione della costante di Avogadro (IAC-17) ottenuta con il cristallo arricchito di proprietà del PTB (Si28-23Pr11). La necessità di una correzione della distanza interatomica dovuta alla tensione superficiale è confermata dalle nuove misure effettuate. Possibili nuovi test presso PF-KEK (Giappone) per confermare le evidenze sperimentali INRIM.</p>
<p>Interferometria con risoluzione picometrica per applicazioni spaziali <i>Obiettivi.</i></p>

<p>Realizzazione e caratterizzazione di interferometri a eterodina compatti che possano sostituire i sensori capacitivi utilizzati negli accelerometri montati nei satelliti.</p> <p><i>Attività svolta.</i></p> <p>Realizzazione di un banco di prova compatto formato da un laser ECDL a 1064 nm e due AOM per la generazione della frequenza eterodina con un sistema di controllo del rumore di ampiezza.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i></p> <p>Il sistema raggiunge una risoluzione di $1 \text{ pm}/\sqrt{\text{Hz}}$ a 1 Hz.</p>
<p>Analisi spettrale di immagine nel MIR (3-5 μm)</p> <p><i>Obiettivi.</i></p> <p>Estensione della tecnica di analisi spettrale di immagine basata su un interferometro Fabry-Perot alla regione spettrale del MIR.</p> <p><i>Attività svolta.</i></p> <p>Realizzazione di un banco di prova con materiale e strumenti adatti al MIR: camera test in prova, un interferometro basato su due wafer in silicio lappati movimentati con tecnica pneumatica e radiazione prodotta da un monocromatore.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i></p> <p>I wafer di silicio hanno le caratteristiche adatte per essere utilizzati come specchi semiriflettenti nell'interferometro Fabry-Perot e la tecnica pneumatica è sufficientemente robusta per movimentare gli specchi. E' indispensabile acquistare una camera MIR per poter proseguire con la ricerca.</p>
<p>Misure ottiche di pressione</p> <p><i>Obiettivi.</i></p> <p>Sviluppo del sistema "RAY" per la misura di densità/pressione mediante scattering Rayleigh.</p> <p><i>Attività svolta.</i></p> <p>Realizzazione ad hoc di un software per l'analisi dei dati ottenuti dal sistema RAY. Il sistema è stato testato con aria, azoto, argon ed elio a pressioni da 1 kPa a 800 kPa al fine di validare sperimentalmente il principio su cui è basato.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i></p> <p>Il software realizzato ha permesso di eseguire un'analisi dei dati automatica con filtraggio veloce di outlier su grandi quantità di dati. I risultati dello studio sperimentale hanno confermato l'ipotesi di una relazione fortemente lineare tra pressione del gas e luce diffusa, per tutti i gas considerati.</p>
<p>Ring Laser Gyroscope (RLG) G-LAS</p> <p><i>Obiettivi</i></p> <p>Realizzazione di un RLG rinominato G-LAS in collaborazione con INFN di Pisa nell'ambito del premio P8 2014, con possibili applicazioni nella metrologia angolare ad elevata accuratezza e come dimostratore di un principio di autotaratura per esperimenti di fisica fondamentale.</p> <p><i>Attività svolta.</i></p> <p>G-LAS è stato assemblato nelle camere pulite di INFN Pisa e per la prima volta acceso. E' stato trasferito nel laboratorio "Angoli" dove diventerà operativo.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i></p> <p>Verificata la funzionalità del G-LAS (frutto di due anni di progetto, realizzazioni e test).</p> <p>Presentazione a varie conferenze dei risultati preliminari.</p>
<p>Metodi matematici per la metrologia</p> <p><i>Obiettivi</i></p> <p>Tensione superficiale e deformazione per peso proprio della sfera di silicio.</p> <p><i>Attività svolta.</i></p> <p>Effettuata analisi FEM sulle deformazioni indotte nel cristallo dalla tensione superficiale. Il programma di simulazione è stato accuratamente validato. I risultati sperimentali dovranno fornire e confermare il dato di ingresso da utilizzare nel programma di simulazione per la valutazione della correzione.</p> <p>Simulazione FEM della deformazione per peso proprio di una sfera in silicio, isotropa, secondo i vincoli imposti dall'esperimento NMIJ. Pubblicazione inviata a Metrologia.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i></p> <p>La simulazione FEM sulla sfera identifica una correzione compresa tra -31 pm e 180 pm dipendente dalla posizione dei punti di appoggio della sfera. I valori stimati sono trascurabili rispetto all'attuale misurazione del volume realizzata presso NMIJ (Giappone).</p>
<p>Ruolo NMI</p>
<p>Attività nel CCM, CCU, CCL e WG collegati – Il programma ha partecipato al CCM, CCU e CCL e a gruppi di lavoro interni specifici appartenenti ai comitati di riferimento.</p> <p>Attività EURAMET – Il programma partecipa al TC-L</p>

Terza missione
<p>Metrologia per lo spazio</p> <p><i>Obiettivi.</i> Analisi delle possibili fonti di rumore nell'interferometria ottica su grandi distanze.</p> <p><i>Attività svolta.</i> 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..</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> 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</p>
<p>Contratti industriali</p> <p>"MetTelGWO" Metrology Telescope for A Gravitational Wave Observatory, contratto con Thales Alenia Space - 1 anno</p> <p>"NOVASENS", contratto con Novasis: sviluppo di una cella, basata su tecnica multipass, per la misura spettroscopica di concentrazione di CO2 e NH3 - ultimi 6 mesi del contratto</p>
<p>Tirocini, corsi</p> <p>Lezione per dottorato, alternanza scuola lavoro, tirocini del Politecnico, tirocini Istituti tecnici</p>

Programma MF2 – Metrologia di 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	0,40	0,40		0,20	1
Patrizia Tavella ⁽¹⁾	0,40	0,30	0,10	0,10	0,90
Davide Calonico	0,50	0,30	0,10	0,10	1
Claudio Calosso	1				1
Giancarlo Cerretto	0,40	0,60			1
Cecilia Clivati	1				1
Salvatore Micalizio	1				1
Marco Pizzocaro	1				1
Fabrizio Pollastri		0,40			0,40
Marco Sellone	0,30	0,50			0,80
Ilaria Sesia	0,40	0,20	0,40		1
Elio Bertacco	1				1
Roberto Costa		0,50	0,50		1
Alberto Mura	0,40	0,50	0,10		1
Andrea Perucca	0,10				0,10
Paolo Terzi		0,30	0,30		0,60
Alberto Sacchetti	0,50	0,50			1
Giuseppe Vizio			0,10		0,10
Claudio Francese	0,35				0,35
Personale TD					
Gabriele Santambrogio	1				1
Carlo Sias	1				1
Marco Tarallo	1				1
Giovanna Signorile	0,50		0,50		1
Assegni ricerca					
Pierre Thoumany	1				1
Lucia Duca	1				1
Valerio Formichella	1				1
Elena Cantoni	0,50	0,50			1
Concetta de Stefano		0,20		0,20	0,40
Benjamin Rauf	1				1
Thai Tung	1				1
Efstratos Trichonas	0,50		0,2		0,70
Totale	18,25	5,2	2,3	0,6	26,35
Personale in formazione					
Carolina Cardenas (PhD)	1				1
Benjamin Rauf (PhD)	1				1
Gianmaria Milani (PhD)	1				1
Valerio Formichella (PhD)	1				1
Anna Tampellini (PhD)	1				1
Filippo Bregolin (PhD)	1				1
Matteo Barbiero (PhD)	1				1
Wang Huei	0,50				0,50
Elia Perego (PhD)	1				1
Carmen Velez Lopez	1				1

Personale associato e incarichi					
Giovanni Costanzo					
Aldo Godone					
Valerio Pettiti					
Totale	27,75	5,20	2,30	0,60	35,85

1) in congedo dal 1 novembre 2017

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
<p>Tema di ricerca 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.</p> <p>Campioni in microonda E' proseguita la collaborazione con Leonardo SpA per la realizzazione di un prototipo spaziale del orologi a vapori di rubidio a pompaggio ottico impulsato POP, e parallelamente sono proseguiti gli studi per una sua miniaturizzazione.</p> <p>Campioni ottici Lo sviluppo dei campioni ottici è proseguito, migliorando la stabilità e l'accuratezza dell'orologio all'Yb. Parallelamente è proseguito lo sviluppo del secondo orologio all'Yb realizzando una camera spettroscopica con un altissimo controllo della radiazione di corpo nero per portare l'accuratezza del campione nella regione di 1E-18. E' proseguito, in collaborazione con l'università di Trento lo sviluppo del campione allo Sr: E' stata completata al sorgente di atomi freddi, che verrà trasferita all'INRIM all'inizio del 2018, ove inizieranno gli esperimenti volti alla realizzazione di una sorgente atomica non classica (stati squeezed) come previsto per i progetti QuantERA ed EMPIR. Highlight: caratterizzazione metrologica completa dell'orologio ottico all'Yb</p> <p>Link in fibra ottica E' proseguita la realizzazione della rete nazionale completando il collegamento verso Matera, ed installando parte degli apparati di rigenerazione del segnale. E' iniziata l'attività volta alla realizzazione del collegamento verso il fucino. Highlight: è stato realizzato il primo link sottomarino sperimentale collegando l'Italia a Mata</p> <p>Atomi e ioni ultrafreddi <i>Attività svolta.</i> Avanzamento nella costruzione di un setup ibrido atomo-ione. Ambiti di avanzamento: 1. Simulazione dell'esperimento e dell'apparato sperimentale attraverso simulazioni numeriche e con analisi agli elementi finiti, volta alla realizzazione di una trappola ibrida per atomi e ioni 2. realizzazione del sistema ottico per la realizzazione, l'intrappolamento ed il raffreddamento di ioni di Bario 3. realizzazione di sistemi elettronici per il controllo dell'esperimento.</p>
Ruolo NMI
<p>Tema di ricerca <i>Attività svolta.</i> Nel corso del 2017 è stato avviato un processo di ammodernamento del laboratorio che realizza la scala di tempo nazionale UTC(IT) che verrà completato nel corso del 2018. E' stato acquisito nuovo hardware e sono stati sviluppati nuovi sistemi software per rendere la scala di tempo più robusta stabile ed affidabile. La scala di tempo nazionale UTC(IT) è stata generata utilizzando 4 ma costantemente mantenuta entro pochi ns da UTC.,. Il campione primario ITCsF2 è stato utilizzato per eseguire 3 trature di TAI.</p>
Terza missione
<p>Tema di ricerca <i>Attività svolta.</i> Laboratorio di Tempo Nel corso del 2017 sono state emessi 158 certificati di taratura per conto terzi. Il laboratorio che ha ospitato le attività del progetto H2020 Demetra, è stato attrezzato per continuare le attività di disseminazione commerciale di segnali di tempo, permettendo la disseminazione via fibra ottica</p>

e attraverso altri sistemi innovativi.

Galileo

Sono proseguite le attività contrattuali legate al programma Galileo e, come riportato negli highlights, è stato completato, per conto della European Gnss Agency (GSA), il Time Service Provider definitivo del sistema di navigazione europeo Galileo.

Risultati ottenuti.

Highlight: Completamento del TSP

Programma MF3 – Ottica Quantistica
Responsabile: Marco Genovese

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
Personale TI					
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	0,20				0,20
Fabrizio Piacentini	1				1
Alessio Avella	1				1
Personale TD					
Alice Meda ⁽¹⁾	0,75				0,75
Paolo Traina	1				1
Assegni di Ricerca					
Ekaterina Moreva	1				1
Totale	9,35	0,50	0,10		9,95
Personale in Formazione					
Elena Losero	1				1
Siva Pradyumna	1				1
Enrico Rebufello	0,75				0,75
Salvatore Virzi	0,25				0,25
Totale	12,35	0,50	0,10		12,95

1) TD fino al 30/09/2017

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo

Generazione, applicazione e misura di luce sub-Poissoniana –

Attività svolta: Si sta approntando, in collaborazione col DTU, un interferometro olografico (doppio interferometro di Michelson), al fine di dimostrare sperimentalmente che esistono significative regioni di vantaggio per i protocolli quantistici, sia basati su luce squeezed, che su twin beams. Proseguono gli studi su emettitori a singolo fotone. Si è eseguita una misura quantum enhanced d'assorbimento.

Risultati ottenuti: Si è studiata l'emissione di nuove centri di colore (Sn) in diamante. Si è realizzato uno studio sulla non classicità di clusters di emettitori a singolo fotone.

Nuovi paradigmi della misura quantistica –

Attività svolta: Si sono studiate sperimentalmente (su fotoni) le misure deboli.

Risultati ottenuti: Prima realizzazione sperimentale delle misure protettive "Highlight". Studio della connessione tra valori anomali delle weak values e disequaglianze Leggett Garg.

Ruolo NMI

Standardizzazione QKD

Attività svolta. E' proseguita la collaborazione con lo European Telecommunication Standard Institute per la definizione di uno standard europeo per la crittografia quantistica. Eseguito un confronto su capacità di misura circa rivelatore a singolo fotone (1550 e visibile), autocorrelazione al secondo ordine da sorgenti singolo fotone con NPL;PTB;CMI.

Terza missione

Divulgazione della cultura metrologica

Attività svolta. 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. Seguite 6 tesi di I livello.

Divisione Metrologia per la Qualità della Vita

Responsabile: Oriano Bottauscio

Risorse umane (TI + TD) al 31/12/2017

Ricercatori e Tecnologi: 25. Tecnici: 7

Ulteriori risorse umane

Assegnisti, Borsisti e Dottorandi: 18, Associati e incarichi: 6

Articolazione delle attività

La Divisione sviluppa conoscenze e promuove innovazione nell'ambito della scienza metrologica in relazione a tematiche associate alla qualità della vita, quali la salute, l'ambiente e l'uso razionale dell'energia. La Divisione cura inoltre la realizzazione pratica del kelvin e della mole. Al fine di rispondere a queste esigenze, essa è strutturata nei seguenti quattro programmi di ricerca tematici.

QV1: Metrologia Biomedica: 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 avanzati per le applicazioni nell'ambito dell'ingegneria biomedica.

QV2: Metrologia per l'energia e l'ambiente: l'attività è indirizzata a supportare le esigenze metrologiche per lo sviluppo del sistema energetico e il monitoraggio dell'ambiente. In relazione al sistema energetico, l'attività è rivolta allo sviluppo di misure accurate e riferibili indispensabili 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, 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: 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: 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 2017 a 13 contratti di ricerca nazionali e internazionali, di cui molti associati all'*European Metrology Programme for Innovation and Research* (EMPIR). Due di questi progetti sono coordinati dalla Divisione e hanno avuto avvio nel corso del 2017.

La Divisione è coinvolta nelle attività delle seguenti infrastrutture di ricerca in ambito EU:

MATHMET, il Centro Europeo per la Matematica e la Statistica in Metrologia, il cui scopo è di costituire un punto di incontro 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.

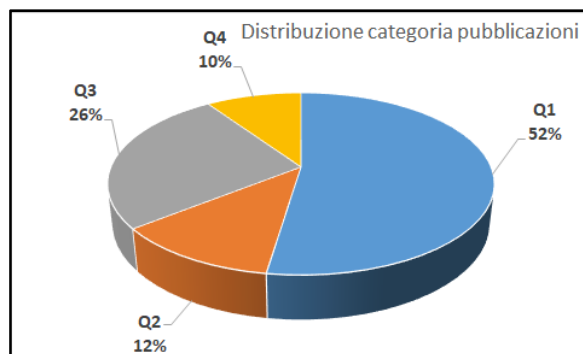
METROFOOD-RI, la nuova infrastruttura di ricerca europea, in fase di sviluppo e consolidamento, classificata tra i progetti emergenti nell'ambito della road map 2016 della piattaforma European Strategy Forum on Research Infrastructures. METROFOOD-RI intende promuovere attività nell'ambito alimentare e della nutrizione, a supporto della raccolta dei dati, dell'affidabilità delle misure e della ricerca di base ed avanzata.

La Divisione partecipa inoltre alle iniziative di JPI-Oceans, *The Joint Programming Initiative Healthy and Productive Seas and Oceans*, relative alle attività di ricerca in ambito marino.

Infine, la Divisione fa parte, in collaborazione con LNE-CNAM, del *Joint Research Laboratory for Fluid Metrology Evangelista Torricelli* per la collaborazione scientifica nel campo della Metrologia dei Fluidi finalizzata a realizzare strumentazione, metodi di misura e campioni innovativi di grandezze e proprietà fisiche che caratterizzano lo stato di fluidi puri e miscele in fase gassosa o liquida.

Ricerca e Sviluppo

La produzione scientifica della Divisione è stata nel 2017 numericamente rilevante con 44 lavori pubblicati su riviste internazionali, di cui oltre il 50% con IF > 2.5. Nel grafico la distribuzione relativa ai quartili delle riviste su cui la Divisione ha pubblicato nel 2017.



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

- lo studio, pubblicato sulla rivista *Analytical and Bioanalytical Chemistry* (IF=3.4), relativo alla quantificazione del numero di copie di DNA mediante il metodo assoluto *digital droplet PCR* (ddPCR). Nel lavoro si analizza il volume delle *droplet* come sorgente di incertezza, utilizzando per la prima volta un metodo di riferimento dimensionale direttamente riferibile al SI. Si è così ottenuta una ripetibilità (riproducibilità) nell'ordine del 10% (20%) per le misure di acidi nucleici tramite ddPCR.
- i risultati di una ricerca volta all'individuazione e allo studio di nuovi metodi per la realizzazione di campioni di frazione molare di vapori organici in tracce estreme in aria (tra 0.1 nmol/mol e 10 nmol/mol), sviluppati utilizzando due principi fisici differenti e confrontando le rispettive caratteristiche di accuratezza e stabilità. I risultati sono oggetto di due lavori, di cui uno pubblicato ad inizio 2018 sulla rivista *Analytical and Bioanalytical Chemistry* (IF=3.4) e uno sulla rivista *Atmospheric Measurement Techniques* (IF=3).
- due diverse implementazioni della *Contrast Source Inversion Electric Properties Tomography* (CSI-EPT) per la ricostruzione in vivo delle proprietà elettriche di tessuti umani mediante misure di risonanza magnetica in ambito clinico. I risultati, pubblicati sulla rivista *IEEE Transactions on Medical Imaging* (IF=3.9), hanno messo in evidenza la capacità ricostruttiva degli algoritmi originali proposti in presenza di domini complessi (es. sezioni addome/testa) anche in presenza di rumore di misura.
- nell'ambito della dosimetria elettromagnetica rivolta alle problematiche di MR-Safety, i risultati degli studi volti a determinare e ridurre effetti nocivi su pazienti portatori di protesi metalliche durante una sessione di tomografia a risonanza. In questo ambito sono stati pubblicati un lavoro sulla rivista *Magnetic Resonance in Medicine* (IF=3.9) sugli effetti delle bobine di gradiente e un lavoro sulla rivista *Scientific Reports* (IF=4.3) esplorativo di potenziali tecniche di riduzione degli artefatti in prossimità di protesi metalliche.
- nell'ambito del tema sulla sensoristica per potenziali applicazioni biomedicali, i due studi pubblicati sulla rivista *Scientific Reports* (IF=4.3) focalizzati rispettivamente sulla caratterizzazione e modellizzazione di nanosensori magnetoresistivi basati sull'effetto Hall planare e sulla calibrazione di sonde per microscopia a forza magnetica. In entrambi i lavori gli approcci modellistici sviluppati all'INRIM hanno permesso una completa interpretazione e comprensione dei risultati sperimentali.
- nell'ambito del tema sui nanosistemi per potenziali applicazioni terapeutiche, il contributo modellistico allo studio, pubblicato sulla rivista *Nanoscale* (IF=7.4), dei fenomeni di isteresi in nanoparticelle magnetiche ottenute con tecniche di *self-assembly*. In particolare, il modello micromagnetico sviluppato ha consentito di approfondire l'influenza delle interazioni magnetostatiche e delle proprietà di anisotropia magnetocristallina sui meccanismi di inversione della magnetizzazione.

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

- gli studi relativi allo sviluppo e all'applicazione di sistemi per la taratura dei sensori e trasduttori di tensione di nuova generazione per reti di distribuzione dell'energia elettrica. I sistemi permettono la verifica nella gamma di frequenza da d.c. ad alcune decine di kilohertz, in regime sinusoidale e non-sinusoidale. I risultati sono pubblicati su due articoli apparsi sulla rivista *IEEE Sensors Journals* (IF=2.5).
- le metodologie per lo sviluppo di divisori di tensione in grado di determinare e ridurre gli effetti delle

capacità parassite. Tali metodologie sono state implementate in strumenti di analisi validati attraverso la realizzazione di set-up sperimentali *ad-hoc*, con discrepanze tra valori misurati e calcolati entro il 5% per il fattore di scala e 24 mrad per l'errore di fase sino a 10 kHz. I risultati sono pubblicati sulla rivista *IEEE Transactions on Power Delivery* (IF=2.7).

- lo sviluppo di modelli Bayesiani per la valutazione dei rischi totali di non conformità per materiali o oggetti multicomponente nelle misure in chimica, nell'ipotesi di distribuzione normale congiunta delle variabili e di correlazioni tra le componenti. I risultati sono riportati in due lavori pubblicati sulla rivista *Talanta* (IF=4.1).
- i risultati relativi alla caratterizzazione della densità di due specifici refrigeranti di 4° generazione nell'intervallo di temperature (0–60) °C, per pressioni fino a 30 MPa, pubblicati sulla rivista *Int. Journal of Refrigeration* (IF=2.8).
- le metodologie di caratterizzazione delle proprietà termofisiche (densità e viscosità) di biocombustibili nell'intervallo di temperature (0–60) °C e pressione fino a 300 MPa, condizioni estreme richieste dagli attuali sistemi di iniezione dei motori. I risultati sono pubblicati sulla rivista *Biomass & Bioenergy* (IF=3.2).

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

- gli studi relativi allo sviluppo di metodi analitici, adatti per applicazione *in-situ*, per garantire la sicurezza alimentare in relazione alla provenienza di origine dei prodotti animali. Nel lavoro pubblicato sulla rivista *Food Chemistry* (IF=4.5), è presentata una metodologia di analisi basata su spettroscopia micro-Raman accoppiata con tecniche di *Discriminant Analysis*.
- l'applicazione della *Surface Enhanced Raman Scattering* (SERS) mediante nanoparticelle in oro per il rilevamento e la quantificazione di residui di *pyrimethanil* (un fungicida ampiamente utilizzato in agricoltura) nelle mele. L'approccio PLS multivariato ha mostrato ripetibilità e stabilità accettabili nel campo di valori 0–40 mg kg⁻¹. Il lavoro è stato pubblicato ad inizio 2018 sulla rivista *Food Chemistry* (IF=4.5).
- 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 in fase di pubblicazione sulla rivista *Food Chemistry* (IF=4.5).

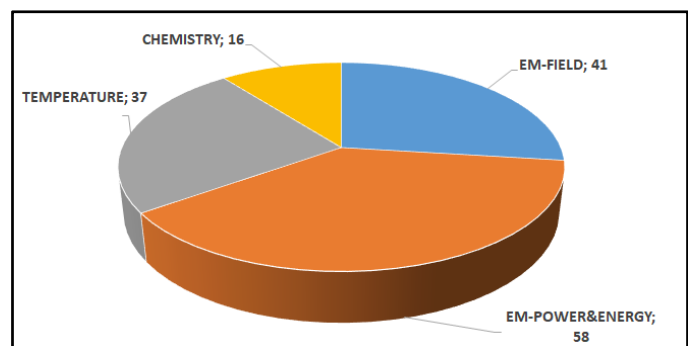
Sulle tematiche della **Metrologia della temperatura**, i risultati di maggior rilievo ottenuti nel corso dell'anno sono i seguenti:

- collaborazione alla determinazione LNE/CNAM della costante di Boltzmann mediante termometria acustica. Con un'incertezza complessiva di sole 0.6 ppm, questo lavoro illustra la più accurata determinazione sperimentale della temperatura termodinamica mai ottenuta e rappresenta quindi un risultato fondamentale in vista della prossima nuova definizione del kelvin. I risultati sono stati pubblicati sulla rivista *Metrologia* (IF=3.4).
- in collaborazione con il National Research Council canadese (NRC), è stato sviluppato, analizzandone il comportamento termodinamico, il punto triplo dello xenon, che si propone come alternativa al punto triplo del mercurio per la realizzazione della Scala Internazionale di temperatura ITS-90. I risultati di questo studio sono in corso di pubblicazione.
- in termometria a radiazione è stato verificato l'accordo fra due scale di temperatura realizzate a diverse lunghezze d'onda (650 nm e 900 nm) con risultati soddisfacenti.

Ricerca istituzionale (ruolo NMI)

La Divisione mantiene e sviluppa 18 Campioni Nazionali. Nel 2017 sono risultati attivi 7 confronti di misura internazionali e sono stati emessi più di 150 certificati di taratura e prova, distribuiti nelle aree EM-field, EM-Power&Energy, Temperature, Chemistry secondo quanto illustrato nel seguente grafico.

Nel corso del 2017 è proseguita la razionalizzazione dei servizi di taratura offerti dalla Divisione. In particolare, si è deciso di sospendere la CMC relativa alle misure di ozono. Per garantire



le necessità di taratura in Italia si è parallelamente operato per l'accreditamento di due centri nazionali.

Per quanto riguarda la **Metrologia Biomedica**, si segnala:

- la pubblicazione dei risultati del confronto internazionale CCQM P165 "Quantification of CD34+ cell counts".
- la stesura del report finale del confronto CCQM P123 "Number and geometric property of cells adhered to a solid substrate", in cui l'INRIM è laboratorio co-pilota.
- l'avvio del confronto CCQM P184 "Copy number concentration and fractional abundance of a mutation (SNV or INDEL) mixed with wild-type DNA".
- lo sviluppo di un campione primario di composti organici volatili in tracce estreme in aria (0.1 |10 nmol/mol) con accuratezza relativa <1%.

Per quanto riguarda la **Metrologia per l'energia e l'ambiente**, si segnala:

- la pubblicazione del Draft B del confronto internazionale CCQM-K131 "Quantification of PAHs (low polarity analytes in a multicomponent organic solution)".
- la pubblicazione del Draft B del confronto EURAMET.EM-S37 "Comparison of instrument current transformers up to 10 kA".
- il complemento delle misure relative al confronto internazionale CCQM-K120b "Carbon dioxide at background and urban level".
- l'avvio del confronto internazionale CCQM-K74.2018 "Nitrogen dioxide (NO₂) in Nitrogen (N₂)".

Per quanto riguarda la **Metrologia alimentare**, si segnala:

- la partecipazione al confronto VAMAS Raman metrology sulla calibrazione in frequenza.
- la partecipazione al confronto di misura: APMP.QM-S10/-P31 "Elements in Food Supplement" per la quantificazione mediante AAN di Manganese e Zinco.

Per quanto riguarda la **Metrologia della Temperatura**, si segnalano:

- la realizzazione di un confronto bilaterale con Tubitak UME (TK) per la disseminazione dell'ITS-90 tra 150 °C e 1100 °C
- pubblicazione dei risultati del confronto Euramet.T-K1, organizzato dal PTB 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 consente all'INRIM di estendere le CMC dall'attuale limite inferiore di 24.56 K a 4 K.

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	Campione nazionale di ozono in aria (1 campione). Non più mantenuto da maggio 2017.
QV1	Potenza ultrasonora (1 campione)
QV2	Sistema di generazione di campi magnetici campione (sino a 100 kHz) (2 campioni)
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: Oriano Bottauscio

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
Personale TI					
Oriano Bottauscio	0,50	0,05	0,05		0,60
Gabriella Crotti ⁽¹³⁾		0,10			0,10
Giancarlo D'Agostino ⁽¹⁾	0,60	0,30			0,90
Giampaolo D'Errico	0,65	0,30	0,05		1
Giovanni Durando	0,60	0,30	0,10		1
Domenico Giordano ⁽²⁾	0,15		0,05		0,20
Daniele Madonna Ripa ⁽¹²⁾	0,10				0,10
Alessandra Manzin	0,95		0,05		1
Francesca Pennechi ⁽³⁾	0,10				0,10
Maria Paola Sassi	0,60	0,25	0,15		1
Adriano Troia	0,60	0,20	0,20		1
Luca Zilberti	0,95		0,05		1
Mauro Zucca ⁽⁴⁾	0,20				0,20
Andrea Agosto	0,30	0,60		0,10	1
Stefano Pavarelli ⁽⁵⁾	0,50	0,40	0,10		1
Laura Revel ⁽⁶⁾	0,30	0,35	0,05		0,70
Personale TD					
Carla Divieto ⁽⁷⁾	0,70	0,20	0,10		1
Assegni ricerca					
Alessia Demichelis ⁽⁸⁾	0,75				0,75
Marco Di Luzio ⁽⁹⁾	0,20				0,20
Leonardo Mortati ⁽¹⁰⁾	0,10				0,10
Enrico Simonetto ⁽¹¹⁾	0,75				0,75
Totale	9,60	3,05	0,95	0,10	14,10
Personale in formazione					
Alessandro Arduino (PhD)	1				1
Riccardo Ferrero (PhD)	1				1
Umberto Zanovello (PhD)	1				1
Personale associato					
Mario Chiampi					
Totale	12,60	3,05	0,95	0,10	16,70

- 1) Collaborazione con programma MF1 (TPE 0.1)
2) Collaborazione con programmi QV2 (TPE 0.8)
3) Collaborazione con programma QV2 (TPE 0.9)
4) Collaborazione con programma QV2 (TPE 0.8)
5) TI dal 06/12/2017
6) In maternità fino al 26/04/2017
7) TD dal 01/08/2017

- 8) In servizio fino al 15/09/2017
9) Assegno dall'11/12/2017; Collaborazione con programma MF1 (TPE 0.8)
10) In servizio fino al 31/01/2017
11) In servizio fino al 31/08/2017
12) Collaborazione con programma QV4 (TPE 0.9)
13) Collaborazione con programma QV2 (TPE 0.9)

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Applicazioni mediche degli ultrasuoni (SC)
Obiettivi. Realizzazione di 1) sistemi di insonazione e acquisizione per lo studio dell'interazione tra ultrasuoni e sistemi biologici; 2) materiali simulatori tissutali per applicazioni nell' <i>imaging</i> diagnostico a ultrasuoni; 3) "nanodroplet" per il rilascio controllato di farmaci.
Attività svolta.
1) Insieme ai Dip. di <i>Bioteχνologie Molecolari e Scienze per la Salute</i> e <i>Scienze e Tecnologia del Farmaco</i> (UNITO) si è proseguito lo studio dei meccanismi di cavitazione ed emissione luminosa indotti nelle cellule da campi ultrasonori. A tal fine, sono stati realizzati un sistema di insonazione ad onde piane e un sistema a

scansione 3D per l'analisi del rumore di cavitazione. Presso il *Dip. Informatica* (Università di Verona) si è misurata l'emissione di luce da tessuti molli sottoposti a riscaldamento per mezzo di trasduttori HIFU.

2) Sono state messe a punto tecniche avanzate per la preparazione di diversi materiali simulatori tissutali o "phantom" con proprietà acustiche e meccaniche modulabili in modo indipendente.

3) Insieme ai *Dip. di Neuroscienze ed Oncologia* (UNITO) sono state prodotte e misurate "nanodroplet" a base di perfluorocarburi e caricate con farmaci e ossigeno, per il trattamento delle ferite croniche.

Risultati ottenuti. Sviluppo di un sistema di insonazione ad onde piane (1□3.3 MHz) e di un sistema a scansione 3D per l'analisi del rumore di cavitazione; 1 articolo pubblicato; 2 articoli sottomessi.

Metrologia in biologia per la medicina di laboratorio (SC)

Obiettivi. Sviluppo di **1)** materiali di riferimento e metodi di misura per la medicina rigenerativa; **2)** metodi basati sull'*analisi per attivazione neutronica strumentale* (INAA) per la quantificazione di indicatori di stati patologici; **3)** metodi minimamente invasivi basati su *Digital Droplet PCR* (ddPCR) per l'analisi di biopsie liquide; **4)** campioni primari di composti organici volatili (VOC) per applicazioni in medicina e tossicologia.

Attività svolta.

1) Mediante tecniche di microscopia a fluorescenza, a forza atomica e di *imaging* multimodale, si sono studiati i processi di differenziamento di cellule staminali su membrane nano/microstrutturate prodotte dal DIMEAS (POLITO) e sono state misurate le proprietà ottiche di nanoparticelle fluorescenti e materiali organici innovativi, sintetizzati dal *Dip. di Chimica* (UNITO), per applicazioni nel "*cell tracking*".

2) Mediante tecnica INAA si è misurata la concentrazione di Co in capelli di pazienti portatori di protesi metalliche al fine di testare il protocollo di lavaggio stilato dall'*International Atomic Energy Agency* (IAEA).

3) Sono state effettuate misure preliminari di biomarcatori per l'Alzheimer (microRNA), estratti da biopsie liquide, mediante tecnica *ddPCR* (progetto *EMPIR NeuroMet*). In collaborazione con il NIB (Slovenia) si è studiata l'influenza del volume delle droplet generate dalla *ddPCR* sull'incertezza della tecnica di misura.

4) In collaborazione con il DISAT (POLITO), si è realizzato e validato un campione primario dinamico di composti ossigenati (etanolo, metanolo e acetone) in aria purificata (Progetto *EMPIR Key-VOCs*).

Risultati ottenuti. Evidenze sperimentali di differenziamento cellulare in senso condrogenico su membrane strutturate con maggior grado di ordinamento; Determinazione del limite di quantificazione di Co in campioni di capelli; Ripetibilità (riproducibilità) nell'ordine del 10% (20%) per le misure di microRNA tramite *ddPCR*; Sviluppo di un campione primario di VOC in tracce estreme in aria (0.1□10 nmol/mol) con accuratezza relativa <1%; 4 articoli pubblicati e 1 accettato (di cui 3 *Highlight*); 2 articoli sottomessi.

Metodi e modelli matematici in biomedicina (SC)

Obiettivi. Sviluppo di **1)** algoritmi per *imaging* quantitativo basato sulla tecnica *Electric Properties Tomography* (EPT); **2)** strumenti di calcolo per la dosimetria elettromagnetica; **3)** modelli numerici per applicazioni nell'ipertermia magnetica e lo studio di nanosensori per la *detection* di particelle magnetiche.

Attività svolta.

1) Sono stati implementati algoritmi per la ricostruzione di immagini EPT 2D partendo da dati ottenuti durante sessioni di *Tomografia a Risonanza Magnetica* (MRI). Tali algoritmi sono stati caratterizzati in termini di accuratezza intrinseca e robustezza al rumore in input tramite simulazioni Monte Carlo.

2) Si sono estesi i codici di calcolo dosimetrico pre-esistenti per investigare diversi scenari di esposizione nell'ambito della tomografia MRI e della *Stimolazione Magnetica Transcranica* (TMS).

3) Insieme a NPL, PTB e IFW Dresden si è proseguito lo studio di nanosensori magnetoresistivi basati sull'effetto Hall planare e di sistemi per le microscopie a forza magnetica e a scansione di sonda (progetto *EMPIR NanoMag*). In collaborazione con la Divisione NM si sono investigati i fenomeni di isteresi in nanoparticelle e nanostrutture magnetiche ottenute con tecniche di "*self-assembly*".

Risultati ottenuti. Disponibilità di algoritmi validati per EPT; Quantificazione dell'esposizione per un operatore di TMS e della potenza depositata durante una sessione MRI in portatori di protesi metalliche; Design di sistemi schermanti per applicazioni in ambito MRI; Analisi parametrica di nanosensori ad effetto Hall planare e nanosistemi magnetici per applicazioni biomedicali; 13 articoli pubblicati (di cui 6 *Highlight*).

Ruolo NMI

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. Si sono effettuate la caratterizzazione del flusso neutronico del reattore *TRIGA Mark II* dell'Università di Pavia e la misura del tempo di dimezzamento del radionuclide ^{31}Si .

Risultati ottenuti. Quantificazione dei parametri f e α nei canali di irraggiamento CC, LS e R del reattore con rispettive incertezze relative dell'ordine del percento e decine di percento; Determinazione del tempo di dimezzamento del ^{31}Si con incertezza relativa pari a 0.13%; 2 articoli pubblicati (di cui 1 *Highlight*).

Partecipazione a confronti internazionali e interlaboratorio

Obiettivi. Valutazione dell'incertezza di misura nell'analisi cellulare/biomolecolare in linea con il CCQM.

Attività svolta. Si sono completati il confronto internazionale CCQM P165 "*Quantification of CD34+ cell counts*" e il confronto interlaboratorio sulla quantificazione del gene mutato KRAS mediante *ddPCR*. È in

fase di stesura il report finale del CCQM P123 “*Number and geometric property of cells adhered to a solid substrate*”, in cui l'INRIM è laboratorio co-pilota. Si è avviato il confronto CCQM P184 “*Copy number concentration and fractional abundance of a mutation (SNV or INDEL) mixed with wild-type DNA*”.

Risultati ottenuti. Report finale del CCQM P165; 1 articolo sottomesso sulla misura del gene KRAS.

Attività di certificazione, misura e prova per conto terzi

Obiettivi. Taratura di misuratori di campo elettrico e magnetico e calibratori/analizzatori di frazione molare di ozono in aria a livello ambiente.

Attività svolta & Risultati ottenuti. Emissione di 55 certificati di taratura.

Attività nell'ambito di organismi e gruppi di lavoro metrologici e/o normativi

Obiettivi. Stesura di norme negli ambiti **1)** acustico e **2)** biomedicale; **3)** Networking tra NMI.

Attività svolta & Risultati ottenuti. **1)** Presidenza del CEI IEC TC29/87 “Elettroacustica/Ultrasuoni” e supervisione di 10 norme; **2)** Stesura della seconda versione della *Standard Practice* sulla quantificazione della proliferazione cellulare in scaffold 3D (comitato tecnico F04 - ASTM International); **3)** Aggregazione al network MATHMET - “The European Centre for Mathematics and Statistics in Metrology”.

Gestione della qualità, supporto all'accreditamento e formazione tecnica

Obiettivi. Accredimento di laboratori per la taratura di analizzatori di frazione molare di ozono in aria a livello ambiente, al fine di garantire il servizio al Paese dopo la chiusura dell'attività in INRIM.

Attività svolta & Risultati ottenuti. Accredimento/rinnovo di due laboratori.

Terza Missione

Attività rivolta al trasferimento tecnologico

Obiettivi. Corsi di formazione di personale operante in ambito **1)** acustico; **2)** nucleare; **3)** medico.

Attività svolta & Risultati ottenuti. **1)** Training di personale dell'ente metrologico egiziano nell'ambito del progetto “*Alignment of national metrology system with international recognised best practices in quality management*”; **2)** Corso “*Base concepts and measurement model of the k0-NAA standardisation method*”, tenuto presso il *Laboratorio Energia Nucleare Applicata* (Università di Pavia); **3)** Corso “*Dosimetria elettromagnetica per sistemi di diagnostica a risonanza magnetica*”, svolto presso l'ASL-CN1.

Attività didattica universitaria

Obiettivi. Lezioni/Esercitazioni in corsi di II e III livello; seminari in scuole di alta formazione.

Attività svolta & Risultati ottenuti. Svolgimento di lezioni e esercitazioni nei corsi di II livello “Elettrotecnica” (POLITO) e “Radiochimica” (Università di Pavia), e nel corso di III livello “*Electromagnetic dosimetry in MRI: computational & experimental methods*” (POLITO); partecipazione alla *Summer School on “Multi-Rate Processes, Slow-Fast Systems and Hysteresis*”, organizzata dal DISMA (POLITO).

Attività di formazione

Obiettivi. Alternanza scuola/lavoro; tesi di I, II e III livello; borse di addestramento; stage.

Attività svolta & Risultati ottenuti. Tutoraggio di 6 studenti in alternanza scuola/lavoro del Liceo Scientifico Gobetti di Torino, e di 1 studente di I livello e 3 dottorandi del Politecnico di Torino; Stage di formazione in laboratorio di un biologo.

Eventi culturali & divulgazione scientifica

Obiettivi. Partecipazione a eventi locali e divulgazione tramite canali di informazione scientifica.

Attività svolta & Risultati ottenuti. Partecipazione alla *Notte dei Ricercatori* e al *Rally della Scienza* con l'esperimento: “Misurare con il microscopio oggetti inerti e soggetti viventi”; Intervista per sito SIMISURA.IT: “*Si può trovare una misura del DNA*”.

Programma QV2 - Metrologia per l'energia e l'ambiente
Responsabile: Gabriella Crotti

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
Personale TI					
Gabriella Crotti ⁽¹⁾	0,60	0,10	0,10	0,10	0,90
Domenico Giordano ⁽²⁾	0,60	0,10	0,10		0,80
Simona Lago	0,75	0,15	0,10		1
Andrea Merlone ⁽³⁾	0,20	0,15	0,15		0,50
Francesca Pennechi ⁽⁴⁾	0,75	0,10	0,05		0,90
Michela Segà	0,40	0,40	0,10	0,10	1
Mauro Zucca ⁽⁵⁾	0,60		0,20		0,80
Federico Fissore	0,20	0,70	0,10		1
Giorgio Varetto	0,20	0,70	0,10		1
Personale TD					
Paolo Alberto Giuliano Albo	0,90		0,10		1
Assegni ricerca					
Graziano Coppa ⁽⁶⁾	0,50				0,50
Mohammad Modarres	0,90	0,10			1
Francesca Rolle	0,50	0,50			1
Raffaella Romeo	1				1
Fabio Saba ⁽⁷⁾	0,20				0,20
Totale	8,30	3	1,10	0,20	12,60
Personale in formazione					
Giuseppe Cavuoto (PHD)	1				1
Stefano Palumbo ⁽⁸⁾ (PHD)	0,60				0,60
Francesca Sanna (PHD)	0,30	0,30	0,10		0,70
Umair Ahmed ⁽⁹⁾ - (PHD stage)	0,15				0,15
Enrica Pessana (Borsa)	0,20	0,20			0,40
Personale associato e incarichi					
Umberto Pogliano					
Totale	10,55	3,50	1,20	0,20	15,45

(1) Programma QV1, TPE 0,0;

(2) Programma QV2, TPE 0,20;

(3) Programma QV4; TPE 0,50;

(4) Programma QV1; TPE 0,10;

(5) Programma QV1, TPE 0,20;

(6) Programma QV4; TPE 0,50;

(7) STALT; TPE 0,80

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

(9) Collaborazione con Università di Tampere, progetto OSMAG

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
Metrologia per i sistemi energetici (SC)
Obiettivi. Riferimenti, metodi e sensori per: 1) caratterizzazione di combustibili e bio-combustibili; 2) misure di proprietà di gas refrigeranti; 3) misure per sistemi di distribuzione e utilizzo dell'energia elettrica
Attività svolta.
1) In relazione alla determinazione delle proprietà termofisiche dei combustibili, è proseguito lo studio delle proprietà termodinamiche dei gas naturale liquefatti (progetto EMPIR LNG III),
2) Sono state effettuate misure di velocità del suono e di densità in due gas refrigeranti di quarta generazione (R1234ze(Z) e R1233zd(E)).
3) Si è concluso il progetto EMRP SGII, con la sperimentazione di tecniche basate su filtri numerici per la correzione in tempo reale della risposta in frequenza di trasformatori di misura (TV) per reti MT.

E' iniziata una collaborazione con l'Università di Tampere (FI) (progetto OSMAG), su sistemi di *energy harvesting* vibrazionale basati su materiali magnetostrittivi.

Si è dato avvio ai 2 progetti EMPIR coordinati dall'INRIM: MICEV, sulle misure per la ricarica induttiva dei veicoli elettrici, e MyRails su riferibilità e misura in sistemi di trasporto a trazione elettrica.

Risultati ottenuti.

Riduzione sino a due ordine di grandezza degli errori di TV con risonanza entro la 50ma armonica. Caratterizzazione completa del Galfenol. Harvester vibrazionale in Fe-Ga ad alte prestazioni. Valori di calore specifico ottenuti da misure di densità in biocarburanti puri e miscele sino a 300 MPa, da 20 °C a 60 °C, sino a 15 MPa. Misure di densità in gas refrigeranti da (273,15 a 333,15) K sino a 30 MPa con incertezza 0,07%.

10 Pubblicazioni su rivista internazionale (5 Highlights), 4 Atti di conferenze internazionali.

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

Obiettivi. 1) Determinazione delle proprietà termofisiche dell'acqua pura; 2) Valutazione dell'incertezza nelle misure di parametri fisici marini; 3) Determinazione della pressione parziale di CO₂ in acqua di mare.

Attività svolta

1) Si è realizzato un nuovo picnometro per la misura della densità dei fluidi anche in stati metastabili e si sono effettuate misure di densità in acqua pura sottoraffreddata.

2) E' stato sviluppato un approccio metrologico per la valutazione dell'incertezza delle misure dirette di conducibilità elettrica, temperatura, pressione e di quelle derivate di profondità e salinità dell'acqua marina, effettuate tramite sonde CTD, da ENEA C.R. Ambiente Marino S. Teresa.

3) E' stata condotta una valutazione preliminare in collaborazione con OGS del possibile impiego di materiali di riferimento gassosi di CO₂ per la taratura di sensori di pCO₂ impiegati per l'acqua di mare.

Risultati ottenuti

Caratterizzazione dei parametri misurati da sonde CTD, negli intervalli 0-65 dbar, 12-28 °C, 20-60 mS/cm e 15-39 PSU, da utilizzarsi per un database per la validazione di modelli per previsioni meteorologiche. Inserimento della misurazione di pCO₂ come variabile climatica essenziale all'interno del factsheet della Joint Action "European Marine Sensor Calibration Network" del JPI OCEANS.

2 pubblicazioni su rivista indicizzata, 2 pubblicazioni su atti di conferenze int., 2 lavori sottomessi a rivista.

Riferibilità e misure di inquinanti atmosferici, contaminanti (SC)

Obiettivi: 1) Supporto metrologico per la misura di inquinanti atmosferici e contaminanti; 2) Tecniche statistiche per le valutazioni di conformità e incertezza nelle misure di parametri chimici e fisici.

Attività svolta.

1) E' iniziata 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; diluizione dinamica per la valutazione della stabilità di miscele gravimetriche di CO₂ e NO_x e dell'incertezza di misura; metodi analitici per la determinazione di IPA in soluzione.

2) Nell'ambito dello IUPAC project n° 2016-007-1-500, sono stati sviluppati modelli Bayesiani per la valutazione dei rischi totali di non conformità per materiali o oggetti multicomponente nelle misure in chimica, nell'ipotesi di distribuzione normale congiunta delle variabili e di correlazioni tra le componenti.

Risultati ottenuti. Per componenti indipendenti, il rischio totale di non conformità può essere espresso come combinazione dei rischi particolari delle singole componenti; la correlazione delle componenti influisce invece pesantemente sul valore del rischio totale.

3 Pubblicazioni su rivista (2 highlights), 2 Atti di Conferenze e 3 presentazioni a congresso internazionale.

Metrologia per la Meteorologia e la Climatologia (SC)

Obiettivi. 1) Dinamiche dei sensori impiegati in meteorologia; 2) Effetto di grandezze di influenza nelle misure di temperatura dell'aria per sensori impiegati in meteorologia e climatologia; 3) Realizzazione di un sito per la misurazione di parametri meteorologici.

Attività svolta.

1) A conclusione del progetto EMRP Meteomet2 sono state determinate le risposte di sensori per la misura della temperatura dell'aria, in presenza di rapide variazioni di temperatura, con venti di diversa velocità e a diversa temperatura in camera climatica statica e speciale (EDDIE).

2) Dagli esperimenti *siting* e albedo, sono state ottenute indicazioni dell'effetto della radiazione riflessa da albedo e della presenza di ostacoli.

3) Si è avviata la realizzazione del sito di riferimento per la misura di parametri meteo in ambito urbano.

Risultati ottenuti. Riduzione delle incertezze sulla misura di temperatura dovute agli effetti di sito di un fattore 3. 1 Pubblicazione su rivista, 1 Lavoro sottomesso.

<p>Ruolo NMI</p> <p>Sviluppo e mantenimento di campioni, Confronti di misura e CMC Obiettivi. 1) Nuovi campioni di misura e riferibilità ai campioni primari; 2) validazione/estensione di CMC Attività svolta e Risultati ottenuti 1) Sviluppo di campioni di CO₂ in matrice di aria sintetica; Set up per la misura primaria della densità dei liquidi mediante pesata idrostatica; taratura e conferma metrologica di 7 campioni di laboratorio. 2) Partecipazione a confronti internazionali: CCQM-K131 (Draft B), CCQM-K120b (misure complete), CCQM-K74.2018 (misure preliminari); EURAMET.EM-S37 (Draft B)</p> <p>Attività di taratura e prova Obiettivi. Fornire riferibilità a laboratori accreditati, industrie e costruttori di dispositivi e strumenti. 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 2017 il Programma ha emesso 60 certificati di taratura.</p> <p>Partecipazione a comitati scientifici e tecnici Obiettivi. Contributi 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 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. 2) Ha contribuito alle attività degli organismi tecnici sui 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 elettriche (IEC WG55, CEI TC 38), meteorologia e clima (AOPC Working Group on GRUAN, WMO CIMO Expert Team per il BIPM CCT).</p> <p>Qualità e Supporto all'accreditamento Obiettivi. 1) Mantenimento in qualità dei laboratori INRIM, 2) Supporto agli organismi di accreditamento Attività e risultati ottenuti: Revisione di 5 procedure di misura; Partecipazione ai Comitati ACCREDIA CIG e CAP; 1 visita ispettiva presso l'NPL per conto dell'UKAS.</p>
<p>Terza Missione</p> <p>Trasferimento tecnologico Obiettivi. Supporto tecnico e attività di consulenza alle imprese nei campi di interesse del programma Attività svolta. Supporto statistico per l'individuazione delle procedure ottimali per la scelta del punto di campionamento nelle prove di analisi emissioni, la determinazione della curva di taratura degli analizzatori e la gestione delle prove valutative e dei confronti interlaboratorio. Risultati ottenuti. Revisione delle procedure interne e dei programmi di calcolo della SNAM rete gas.</p> <p>Didattica universitaria e formazione Obiettivi: 1) Docenza in corsi di dottorato e universitari; 2) attività di tutoraggio per tesi e stage in ambito universitario e alternanza scuola lavoro. Attività svolta e Risultati ottenuti: 1) Docenza in 2 corsi III livello (Dottorato <i>Fundamentals in metrology</i>, Politecnico di Torino. 2) 4 PHD, 1 borsa di studio, 6 tesi/stage di II livello e 4 stage alternanza scuola/ lavoro.</p> <p>Divulgazione e organizzazione di eventi Attività Svolta. Organizzazione della <i>MeteoMet Week</i> in occasione del meeting finale del progetto MeteoMet2. Presentazione al Workshop "Metrology for Future Smart Grid Technologies", a chiusura del progetto Smart Grid II: Comportamento in frequenza di TV per sistemi di controllo e misura della qualità della potenza.</p>

Programma QV3 - Metrologia Alimentare
Responsabile: Andrea Mario Rossi

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
Personale TI					
Luigi Bergamaschi	0,50	0,40	0,10		1
Francesca Durbiano	0,20	0,30	0,30	0,20	1
Chiara Portesi	0,60	0,10	0,10	0,20	1
Andrea Mario Giovannozzi	0,60	0,10	0,10	0,20	1
Andrea Mario Rossi	0,10	0,20	0,20	0,50	1
Totale	2	1,10	0,80	1,10	5
Personale in formazione					
Luca Iannarelli	0,60	0,40			1
Luisa Mandrile	0,80	0,20			1
Ilaria Fusaro	0,80	0,20			1
Alessio Sacco	0,70	0,30			1
Totale	4,90	2,20	0,80	1,10	9

Articolazione del programma

<p>Ricerca e Sviluppo</p> <p>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.</p> <p>Metrologia per l’analisi dei batteri (SC)</p> <p>Obiettivo. Analisi dinamica dell’interazione antibiotici e batteri.</p> <p>Attività svolta.</p> <p>L’attività, svolta nell’ambito del progetto METvsBadBugs, iniziato a giugno 2016, ha riguardato la caratterizzazione mediante spettroscopia Raman di diverse classi di antimicrobici per la creazione di un data base spettrale. Un’altra parte dell’attività è stata dedicata alla progettazione e sviluppo di un dispositivo microfluidico che, sfruttando un principio dielettroforetico per la concentrazione dei batteri in una determinata regione spaziale, consente di aumentare la sensibilità della tecnica Raman.</p> <p>Risultati ottenuti. Miglioramento della sensibilità di misura attraverso uso della tecnica Raman. 1 pubblicazione su rivista internazionale.</p> <p>Metrologia per la sicurezza alimentare (SC)</p> <p>Obiettivo. Sviluppo di nuove tecniche di misura a supporto dell’analisi degli alimenti</p> <p>Attività svolta.</p> <p>INRIM ha coordinato il progetto SETNanoMetro FP7 (www.setananometro.eu), rivolto alla standardizzazione di nanoparticelle di TiO₂ e alle loro applicazioni in diversi ambiti tra cui quello alimentare. Il progetto si è concluso a marzo 2017.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Tramite spettroscopia Raman sono stati studiati i NIAS (Non-Intentionally Added Substances) in granuli di Low Density PolyEthylene destinati alla fabbricazioni di imballaggi alimentari.</p> <p>Tramite spettroscopia Raman e di Fluorescenza è iniziato uno studio sull’invecchiamento degli oli EVO in funzione delle condizioni di imballaggio.</p> <p>E’ stato effettuato uno studio per la determinazione accurata dell’area superficiale degli elettrodi di lavoro per la voltammetria ciclica. In questo ambito è stata verificata l’influenza del trattamento di lappatura della superficie dell’elettrodo con particolare riferimento alla ripetibilità delle misure. Il confronto è stato effettuato anche con i valori ottenuti dall’elaborazione di immagini prese con la microscopia elettronica a scansione.</p> <p>Risultati ottenuti. 2 pubblicazioni su rivista internazionale</p>
--

Nanotecnologie per la metrologia alimentare (SC)

Obiettivo. Miglioramento delle tecniche di misura mediante impiego di nanotecnologie.

Attività svolta.

L'attività è stata focalizzata alla produzione di substrati nanostrutturati per aumentare la sensibilità delle spettroscopie vibrazionali. Sono stati prodotti substrati flessibili e sono state condotte prove per la valutazione della specificità rispetto a molecole Raman reporter valutandone l'accuratezza e l'incertezza delle misura.

E' stato effettuato uno studio per la determinazione elettrochimica dell'ocratossina nel vino. Con la voltammetria di stripping anodico e una configurazione di cella a tre elettrodi sono stati testati diversi tipi di campione. In particolare sono stati utilizzati elettrodi d'oro solido, di platino, di grafite, a carbone vetroso, e modificato con nanoparticelle d'oro.

Risultati ottenuti. 1 pubblicazione su rivista internazionale, Premio migliore presentazione orale conferenza IMEKO Food.

Ruolo NMI

Metrologia applicata alla spettroscopia Raman

Obiettivo. Sviluppo del sistema "Tip Enhanced Raman Spectroscopy" (TERS).

Attività svolta.

In questo ambito di attività si è sviluppato un substrato a bassa rugosità inferiore a 4 nm in oro come materiale standard per il confronto tra misure di monolayer di biomolecole.

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.

Risultati ottenuti. Sono stati presentati 3 lavori orali alla conferenza internazionale sulla spettroscopia Raman. Partecipazione al confronto VAMAS Raman metrology sulla calibrazione 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, 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, Repubblica di Macedonia, Repubblica di 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 di partecipare alla caratterizzazione di due possibili materiali di riferimento costituiti da ostriche il primo e riso il secondo.

Risultati ottenuti. Si è quantificato mediante AAN la composizione di elementi tossici e nutritivi quali Arsenico, Cromo, Nichel, Selenio, Zinco. Tali metodi analitici sono stati selezionati, in modo esclusivo nell'intero progetto, 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.

Mediate AAN sono state eseguite misure per la quantificazione di elementi maggiori ed in tracce, in particolare di terre rare, per verificare la possibilità di caratterizzazione e discriminazione di farine alimentari utilizzate quali componenti di mangimi. L'analisi elementare di farine di insetti, animali e derivati di proteine animali, ha dimostrato la capacità dell'AAN di classificare e discernere le diverse componenti delle farine.

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. I primi risultati su analisi di farine impiegate nel campo della nutrizione umana ed animale sono stati presentati al congresso IMEKOFOODS presso Salonico in forma di poster. La partecipazione al confronto di misura: APMP.QM-S10/P31 "Elements in Food Supplement" per la quantificazione mediante AAN di Manganese e Zinco ha avuto esiti positivi e permette il mantenimento delle CMC.

Terza Missione

Disseminazione a livello nazionale ed internazionale dell'attività in metrologia alimentare

Attività svolta.

Organizzazione della prima conferenza Nazionale sugli oli dal titolo: I metodi di controllo – il controllo dei

metodi: dalla tecnica alla norma gli oli come sistema modello. L'organizzazione ha avuto il supporto finanziario di Assitol e Federolio e ha visto l'iscrizione di oltre 100 partecipanti.

Organizzazione della riunione del gruppo di lavoro dell'inorganica del CCQM svoltasi a Torino e con l'organizzazione di un workshop dal titolo: *Inorganic nanoparticles in food and other matrices*.

I ricercatori afferenti al programma rappresentano INRiM nei principali gruppi di lavoro del CCQM quali l'organica, le proteine, l'inorganica, organica, 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 nuovi confronti.

Risultati ottenuti. Organizzazione conferenza nazionale, Organizzazione di un comitato tecnico, Organizzazione di un workshop internazionale

Programma QV4 - Metrologia della Temperatura
Responsabile: Mauro Battuello

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
Personale TI					
Mauro Battuello	0,40	0,50		0,10	1
Roberto Maria Gavioso	0,80	0,15	0,05		1
Ferruccio Girard	0,30	0,60	0,10		1
Daniele Madonna Ripa ⁽⁶⁾	0,70	0,20			0,90
Andrea Merlone ⁽³⁾	0,20	0,30			0,50
Peter Steur	0,50	0,40	0,10		1
Roberto Dematteis ⁽¹⁾		0,25	0,25		0,50
Michael Florio	0,20	0,40	0,30	0,10	1
Domenico Giraudi ⁽²⁾	0,10	0,30			0,40
Assegni ricerca					
Graziano Coppa ⁽⁴⁾	0,50				0,50
Dario Imbraguglio ⁽⁵⁾	0,40				0,40
Martina Fogliati ⁽⁵⁾	0,40				0,40
Totale	4,50	3,10	0,80	0,20	8,60
Personale associato					
Maria Pia Busa					
Totale	4,50	3,10	0,80	0,20	8,60

⁽¹⁾ partecipazione attività STALT (0,50)

⁽²⁾ part time al 40 %

⁽³⁾ partecipazione attività programma QV2 (0,50)

⁽⁴⁾ partecipazione attività programma QV2 (0,50)

⁽⁵⁾ assegni iniziati agosto 2017

⁽⁶⁾ partecipazione attività QV1 (0,10)

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo

Nel 2017 l'attività di ricerca ha complessivamente prodotto solo 3 pubblicazioni su rivista internazionale. L'esiguità di tale risultato rispetto agli anni precedenti riflette la criticità dell'attuale dotazione di personale.

Misure di temperatura termodinamica con tecniche acustiche e a microonde (SC)

Obiettivi. Misure di temperatura termodinamica con termometria a indice di rifrazione (RIGT) nell'intervallo di temperatura fra 45 K e 200 K. Realizzazione di una cavità a microonde superconduttiva prototipo.

Attività svolta. Nell'ambito del progetto EMPIR InK2, le prestazioni insoddisfacenti del criostato utilizzato per le misure RIGT emerse in fase di collaudo hanno richiesto modifiche progettuali e costruttive di rilievo, ritardando di molti mesi l'esecuzione delle misure. Nell'ambito del Progetto INRIM SEED 2016, è stato realizzato un prototipo di risonatore a microonde superconduttivo in rame rivestito da uno strato di Niobio di elevata purezza. Il prototipo è stato inviato ed è attualmente a disposizione di LNE/CNAM, che collabora con il compito di realizzare un criostato che ne permetta il collaudo, previsto a marzo 2018.

Risultati ottenuti. Realizzazione di un prototipo di cavità a microonde superconduttiva.

Sviluppo e miglioramento di campioni di temperatura

Obiettivi. In termometria criogenica, completamento 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.

Attività svolta. In collaborazione con l'Istituto Metrologico Coreano (KRISS), è proseguito lo studio del contenuto in argon sul punto fisso dell'ossigeno. Sono state completate le misure con una miscela (350 ppm Ar in O₂) su un totale di tre miscele previste. Si è inoltre ripreso il progetto sullo sviluppo di un nuovo punto fisso (xenon), iniziato nel 2015 realizzando un confronto con la cella SG03 del National Research Council Canadese (NRC) con ottimi risultati. In radiometria: sono state eseguite misure di confronto di scale realizzate a 650 nm e 900 nm, se pure limitatamente al campo di temperatura fino a 1500 °C causa il guasto del forno a grafite utilizzato; la riparazione di questa apparecchiatura, che necessita di un ricondizionamento

funzionale e di una bonifica dei particolari in amianto, è stata affidata con inizio lavori previsto per la prima metà del 2018. Si segnala inoltre che, ben quattro anni dopo l'iniziale stanziamento fondi (2013) si è finalmente pervenuti all'installazione, messa in funzione, e collaudo di un nuovo forno per temperature di lavoro fino a 2800 °C.

Risultati ottenuti. I risultati ottenuti nello studio del punto fisso dello xenon in collaborazione con NRC sono in corso di pubblicazione. 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 in vista del suo prossimo impiego.

Applicazioni scientifiche e tecnologiche di Metrologia Termica

Obiettivi. Caratterizzazione termica e spettrale di una cavità a corpo nero di riferimento nell'ambito del progetto SCIEF (progetto ASI, nel quale l'INRiM collabora con INO-CNR rispettivamente a misure di emissività, radianza spettrale e caratterizzazione termica con tecniche di termometria per contatto).

Attività svolta. Si è conclusa la messa a punto del riflettometro a corpo nero e si è verificata la possibilità di estensione del campo di misura spettrale fino a 20 µm rispetto ai 15 µm originariamente previsti. Sono state pianificate le attività di caratterizzazione termica per contatto.

Risultati ottenuti. Sono stati caratterizzati quattro campioni di *coating* di cui tre forniti da INO-CNR e uno prodotto da INRiM in termini di emissività spettrale normale a temperatura prossima all'ambiente a lunghezze d'onda tra 1,6 µm e 20 µm. E' stato messo a punto un sistema innovativo per la mappatura termica del corpo nero che è prevista nel corso del 2018.

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. Calibrazione di termometri campione ai punti fissi (criogenici e temperature intermedie) per esperimenti di termometria primaria, anche in collaborazione.

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 e studiando gli effetti legati all'orientamento dei pozzetti termometrici. 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. 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). E' stato misurato l'effetto dello scambio termico residuo sulla temperatura del punto fisso. La pubblicazione sui risultati è in preparazione. Nell'ambito del progetto InK2, si è avviata la procedura di taratura di un set di termometri a capsula ai punti fissi criogenici. Nell'ambito del progetto PRIN in collaborazione con l'Università della Campania per lo sviluppo di tecniche di termometria Doppler, sono stati tarati termometri a capsula ai punti fissi Hg, H₂O, Ga, In; è stata inoltre modificata una cella ottica multipasso e realizzato un nuovo sistema di termostatazione che ne ha migliorato significativamente le prestazioni. E' stato realizzato per il Politecnico di Torino un sistema di controllo termico per un heat pipe a difenile per la taratura di termometri e termocoppie industriali tra 140 °C e 350 °C, che ha dimostrato prestazioni migliori rispetto ai forni tradizionalmente impiegati. E' stato messo in funzione presso il CETIAT (LNE- Lyon) un gas-controlled heat pipe ad acqua che permette, grazie a un disegno innovativo di concezione INRiM, la taratura di termometri e termocoppie industriali.

Risultati ottenuti. E' stato stipulato un contratto con la Special Cryogenics Corp (HK) per la fornitura di un set di celle a punto fisso criogeniche (e-H₂, Ne, O₂, Ar).

Confronti nazionali internazionali

Obiettivi. Realizzazione di un confronto bilaterale con Tubitak UME (TK) per la disseminazione dell'ITS-90 tra 150 °C e 1100 °C.

Attività svolta. Su richiesta informale Tubitak UME, è stata eseguita la caratterizzazione per confronto di tre celle a corpo nero ai punti fissi di Indio, Zinco e Rame. L'attività svolta è stata descritta in una bozza di protocollo del confronto bilaterale e nel Rapporto Tecnico INRiM 18/2017.

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

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.

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 anche 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 formalmente avviato nel 2018 con un intercomparison propedeutico alla stesura di una guida (best practice).

Terza Missione

Attività e servizi conto terzi

Il programma QV4 sovrintende al Laboratorio Temperature Intermedie che ha emesso, attraverso la struttura STALT, 34 certificati di calibrazione (di cui 6 interni).

Il Laboratorio Tarature Termometria a Radiazione ha emesso 35 certificati di taratura per termometri a radiazione industriali e misuratori di flusso termico radiativo;

Il Laboratorio Campioni Termometria a Radiazione ha emesso 3 certificati per la taratura di dispositivi crogiolo-corpo nero (celle) rispettivamente: indio, zinco e rame.

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.

Organizzazione di eventi culturali, divulgazione scientifica.

Nell'ambito di un progetto di alternanza scuola lavoro, QV4 ha ospitato un gruppo di studenti liceali impegnati nella realizzazione di semplici dimostrazioni pratiche di acustica fisica, che sono stati successivamente presentati al pubblico in occasione dell'evento "Notte dei ricercatori"

Divisione Nanoscienze e Materiali

Responsabile: Luca Callegaro

Risorse umane (TI + TD) al 31/12/2017

Ricercatori e Tecnologi: 27. Collaboratori Tecnici: 11

Ulteriori risorse umane

Assegnisti, Borsisti e Dottorandi: 25 Associati e incarichi: 5

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.

La Divisione è articolata nei seguenti 5 programmi tematici:

NM1: Dispositivi quantistici. Il programma si occupa della realizzazione del campione di tensione quantistico in regime variabile, del trasferimento di forme d'onda quantistiche di riferimento prodotte mediante array di giunzioni Josephson programmabili, 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 AFM/APT.

NM2: Metrologia dell'ampere. 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.

NM3: Nanomagnetismo e spintronica.

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

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 2017 sono stati sviluppati alcuni nuovi metodi di misura della perdita di energia in regime mono-, bi-dimensionale e distorto fino a 10 kHz e modelli del processo di magnetizzazione scalare e vettoriale di materiali cristallini non orientati. 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

Il programma si occupa della realizzazione delle unità radiometriche e fotometriche per la caratterizzazione di rivelatori e materiali: intensità luminosa, illuminamento, luminanza, esposizione luminosa, 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 2017, 15 contratti di ricerca nazionali e internazionali, di cui molti associati all'European Metrology Research Programme (EMRP) e all'European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR). Sono stati pubblicati 63 lavori su rivista internazionale.

La Divisione mantiene e sviluppa 10 Campioni Nazionali per le unità elettriche e fotometriche, e 10 altri campioni. Nel 2017 ha partecipato a confronti di misura internazionali. Sono stati emessi 220 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
- Ruolo di istituto metrologico primario
- Per l'attività di trasferimento di conoscenze i risultati della divisione confluiscono in un'unica scheda di istituto.

Ricerca e sviluppo

Campioni elettrici quantistici.

E' stato sviluppato un sistema per la sintesi di forme d'onda di tensione quantizzate in cryocooler. E' entrato in esercizio un nuovo setup criogenico per la caratterizzazione di dispositivi single-electron tunneling, ed è stato sviluppato un sistema per la caratterizzazione e taratura di convertitori corrente-tensione per la metrologia piccole correnti continue. E' stato realizzato un nuovo ponte completamente digitale per il trasferimento ohm-farad a partire dall'effetto Hall quantistico. Sono state sviluppate nuove tecniche di simulazione di quantum Hall array resistance standards.

Nanosistemi. Sono stati realizzati e caratterizzati nanofili in silicio per applicazioni memristor. Si sono simulati e realizzati per sculpting FIB dei nanoSQUID per la misura di campo magnetico con elevatissima risoluzione spaziale. Si è consolidata la tecnica di infiltrazione selettiva in nanostrutture di copolimeri a blocchi. Sono stati sviluppati sistemi 3D in semiconduttore infiltrato in materiale organico come materiali di riferimento per surface analysis, e substrati per Surface-Enhanced Raman Spectroscopy e misure ad altissima sensibilità di melamina. Sono stati prodotti e caratterizzati (con tecniche di electrical resistance tomography e misura del rumore elettrico) campioni di grafene per chemical vapour deposition.

Spintronica, magnonica, semiconduttori magnetici. E' stata studiata la dinamica di magnetizzazione in sistemi ad alta anisotropia perpendicolare, come il CoFeB/MgO, e la dipendenza dell'interazione Dzyaloshinskii-Moriya in film irraggiati. E' stata estesa la teoria termodinamica per il trasporto di spin al caso vettoriale, includendo gli effetti della precessione della magnetizzazione. Sono stati sviluppati metodi innovativi per la misura della costante di spin Seebeck e spin Peltier. E' stato studiato il comportamento dinamico di magnetic tunnel junctions (MTJ); sono stati osservati effetti di spin torque termico. Sono state preparate nanostrutture magnetiche semiconduttive per auto-organizzazione.

Nanomagnetismo. Sono state studiate e caratterizzate nanoparticelle (Fe-Pd, CoZn, magnetite, multicomponenti) per applicazioni magneto-meccaniche e biomediche. Sono state studiate le proprietà magnetiche di pigmenti per tatuaggi.

Sensori e attuatori magnetici. E' stato sviluppato un sistema di misura per la magnetostrizione in film sottili di elevatissima sensibilità. Si sono studiate leghe magnetostrittive binarie e ternarie.

Materiali magnetici per l'energia. Sono stati implementati modelli per il processo di magnetizzazione scalare e vettoriale per la predizione della perdita energetica in frequenza. È stato formulato un modello termodinamico per descrivere la dinamica delle trasformazioni di fase magnetostrutturali. Si è studiato il comportamento di ferriti dopate sino a frequenze di 1 GHz per migliorare la risposta in frequenza. Sono stati preparati e caratterizzati materiali magnetici innovativi per la refrigerazione magnetica.

Radiometria a singolo fotone. E' stato costruito un setup criogenico per sorgenti Quantum Cascade Laser nel regime dei THz. Sono stati depositati film superconduttivi con transizioni < 70 mK per la realizzazione di transition edge sensors nell'infrarosso. E' stato installato un nuovo setup criogenico a smagnetizzazione adiabatica per misure in dispositivi a singolo fotone. Sono stati caratterizzati fotorivelatori predicibili in silicio tipo N per applicazioni metrologiche

Fotometria. Sono stati sviluppati materiali di riferimento per le caratteristiche fotometriche di asfaldi stradali.

Ricerca istituzionale (ruolo NMI)

E' stato pubblicato il risultato del confronto internazionale di spettroscopia in banda THz. INRIM ha fatto circolare la bozza di Draft A per il Confronto Internazionale EURAMET.EM-S35 (INRIM pilota). Si è svolto un Confronto internazionale di proprietà magnetiche di nanoparticelle magnetiche in soluzione liquida. Si è svolta l'analisi dei dati confronto interlaboratorio CMI-INRiM rivelatore calcolabile per fibra ottica (FO-PQED). Si sono svolte le misure per per il confronto EURAMET PR-S4 ed è circolata la prima bozza di Draft A. Si sono svolte le prime misure per la partecipazione al confronto EURAMET PR-K6. INRIM ha partecipato alla stesura di un articolo di rassegna, sulla rivista Metrologia, pmeters in PC-3.5 è in corso (status: circulation in progress)

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). E' in corso un 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” e IEC TC68 – “Round Robin Test of measurements of magnetic properties of Fe-based amorphous strip by means of a single sheet tester”.

Si sono consolidate ed estese le CMC per le grandezze magnetiche. E' stato rivisto il sistema qualità sulla trasmissione regolare in filtri neutri.

Tra i ruoli internazionali svolti in ambito metrologico si cita:

- EURAMET TC-EM: Chairmanship; Working Group on Strategic Planning.
- EURAMET TC-EM: WG RF&MW
- CCEM: Working Group on Regional Metrology Organizations, membership.
- CCEM: WG RF&MW
- CPEM Executive Committee, member-at-large.
- EURAMET TC-PR: convenor of Basic Science for Strategic Research Agenda
- CCPR: president
- CCPR: WG-SP TG6 Fiber Optics
- CCPR: WG-SP TG7 Few-Photon Metrology
- CCPR: WG-SP TG11 Single-Photon Radiometry
- CCPR: WG-SP TG13 Optical Fibre Power Responsivity

Terza missione

Tra le attività di formazione accademica e di terza missione,

- Partecipazione al Consiglio di Dottorato in Metrologia
- 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, tra cui la Notte dei Ricercatori.
- Tutoring di studenti universitari, tirocini in alternanza scuola-lavoro.

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
NM1	Campione nazionale di tensione elettrica, potenziale elettrico, forza elettromotrice
NM2	Campione nazionale di tensione elettrica in regime alternato sinusoidale
NM1	Campione nazionale di impedenza caratteristica
NM1	Campione nazionale di attenuazione di potenza
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

Programma NM1 – Dispositivi quantistici
Responsabile: Eugenio Monticone

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
Personale TI					
Luca Boarino	0,30				0,30
Cristina Cassiago	0,20				0,20
Natascia De Leo	0,70				0,70
Matteo Fretto ⁽¹⁾	1				1
Vincenzo Lacquaniti				0,15	0,15
Eugenio Monticone	1				1
Luca Oberto	0,90	0,10			1
Roberto Rocci	0,50				0,50
Danilo Serazio	0,20				0,20
Andrea Sosso	0,80	0,20			1
Personale TD					
Bruno Trincherà	0,30				0,30
Totale	5,90	0,30		0,15	6,35
Personale in formazione					
Paolo Durandetto (dottorando)	1				1
Personale associato					
Sabino Maggi (CNR-Bari)					
Totale	6,90	0,30		0,15	7,35

1) TI dal 01/10/2017

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
<p>Tema di ricerca: Spettroscopia THz <i>Obiettivi.</i> Sorgenti al THz <i>Attività svolta.</i> Messa in funzione di sistemi di raffreddamento per sorgenti QCL. <i>Risultati ottenuti.</i> Sono stati implementati un cryocooler per sorgenti con potenze di 3 W a 20 K e un criostato a flusso per potenze superiori 4 W a 20 K.</p> <p>Tema di ricerca: Rivelatori a singolo fotone <i>Obiettivi.</i> TES per visibile e infrarosso. <i>Attività svolta.</i> Studio di dispositivi con temperature di transizione inferiori a 70 mK. <i>Risultati ottenuti.</i> Sostituendo il palladio all'oro come strato di prossimità è stato possibile abbassare la temperatura di transizione fino a poche decine di mK così da migliorare la risoluzione energetica e in prospettiva misurare fotoni con energie più basse.</p> <p>Tema di ricerca: Campione di tensione Josephson <i>Obiettivi.</i> Campione di tensione quantistico in regime variabile. <i>Attività svolta.</i> Termalizzazione e stabilizzazione termica dei dispositivi in cryocooler. Sintesi di forme d'onda quantizzate. <i>Risultati ottenuti.</i> La termalizzazione degli array è stata implementata ad un livello ottimale applicando una pressione controllata tra chip e portacampione mediante un dispositivo meccanico. L'oscillazione del sistema è stata modellizzata utilizzando un circuito elettrico a due stadi analogo di quello termico. E' stato implementato un nuovo sistema di polarizzazione per sintetizzare forme d'onda quantistiche.</p> <p>Tema di Ricerca: Nanofili <i>Obiettivi.</i> Fabbricazione e caratterizzazione di dispositivi a singolo nanofilo di silicio, ossidi metallici ed eterogenei (inorganici+polimeri). <i>Attività svolta.</i> Fabbricazione di array di nanofili mediante self-assembly direzionato, nanomanipolazione e fabbricazione di dispositivi a singolo nanofilo, caratterizzazione morfologica, elettrica e termica.</p>

Risultati ottenuti. Studio dello switching resistivo per applicazioni memristor, misurazione delle proprietà di trasporto elettronico e termico, studio della morfologia e della composizione alla nanoscala mediante tomografia elettronica, applicazione degli array quali materiali di riferimento nella caratterizzazione a raggi X (GIXRF, XRF e TXRF).

Tema di Ricerca: NanoSQUID

Obiettivi. Realizzazione di sensori NanoSQUID.

Attività svolta. Sono stati realizzati dei sensori nanoSQUID mediante tecnica 3D FIB sculpting con una geometria in grado di minimizzare le capacità parassite. Questi dispositivi hanno mostrato una sensibilità pari a 1.3 h a 4.2 K.

Altri sensori a giunzione Josephson sono stati realizzati inserendo alcuni elettrodi all'interno del loop superconduttivo al fine di simulare e calcolare i parametri elettrici caratteristici dei nanoSQUID. Questa attività rappresenta un primo approccio alla realizzazione di circuiti di dimensioni submicrometriche per l'elettronica superconduttiva RSFQ (Rapid Single Flux Quantum).

Tema di Ricerca: Nanostrizioni superconduttive

Obiettivi. Realizzazione di nanostrizioni superconduttive per lo studio di dispositivi a dimensionalità ridotta.

Attività svolta. E' stato eseguito uno studio comparativo di etching controllato con plasma di argon e mediante Focused Ion Beam a ioni gallio per la realizzazione di strutture superconduttive a nanostrizione. I dispositivi realizzati hanno mostrato un comportamento elettrico di tipo Josephson-like.

Ruolo NMI

Tema di Ricerca: THz

Nel 2017 sono stati pubblicati i risultati del confronto di misura internazionale in banda THz coordinato dall'INRIM nell'ambito del progetto "EMRP THz Security" riguardante misure spettroscopiche per la caratterizzazione di materiali.

E' stato sviluppato un metodo di caratterizzazione per sensori di potenza termoelettrici a doppio riscaldatore per la realizzazione del campione primario di potenza in alta frequenza. Esso è stato confrontato con il metodo tradizionalmente usato all'INRIM ed i risultati sono in fase di completamento.

Tema di ricerca: taratura campione nazionale di tensione elettrica in continua

Obiettivi. Realizzazione dell'unità di tensione elettrica con effetto Josephson programmabile e taratura delle sorgenti a stato solido del Campione nazionale di tensione elettrica.

Attività svolta. Un chip Josephson programmabile a 1 V a logica binaria a 13 bit, in tecnologia SNIS (Superconduttore-metallo Normale Isolante-Superconduttore), fabbricato all'INRIM in collaborazione col PTB, è stato impiegato per la realizzazione del campione quantistico di tensione elettrica a livello di tensione 1.018 V. Le 8 sorgenti a stato solido che costituiscono il campione nazionale materiale sono state tarate per confronto. Il valore delle sorgenti a 10 V è stato successivamente tarato con sistema potenziometrico.

Risultati ottenuti. Il valore di gruppo del Campione nazionale mantenuto di tensione elettrica è stato determinato per confronto con il campione quantistico, con uno scarto di poche parti in 10^8 rispetto alla previsione di deriva; la correzione applicata è consistente con la dichiarazione di incertezza di taratura dichiarata nelle CMC.

Terza missione

Tema: Formazione

Obiettivi. Formazione accademica, internazionale, tecnica.

Attività svolta. Tutoring di lauree triennali.

Risultati ottenuti. Relatori per 2 lauree triennali (PoliTo).

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 Cassiago	0,30	0,50			0,80
Vincenzo D'Elia	0,30	0,50	0,20		1
Emanuele Enrico	0,90		0,10		1
Enrico Gasparotto	0,40	0,40	0,20		1
Roberto Rocci	0,30				0,30
Marco Sellone	0,10	0,10			0,20
Danilo Serazio	0,20	0,20	0,20	0,10	0,70
Personale TD					
Bruno Trincherà ⁽¹⁾		0,20			0,20
Assegni ricerca					
Luca Croin ⁽²⁾	1				1
Alessandro Cultrera					
Totale	4,60	2,10	0,90	0,60	8,20
Personale in formazione					
Ilaria Finardi (dott.)	1				1
Martina Marzano (dott.)	1				1
Faranak Pourdanesh (dott. sino al 31/10/2017)	0,85				0,85
Ngoc Thanh Mai Tran (dal 07/01/2017)	0,45				0,45
Federico Beccaria (borsa)	1				1
Personale associato					
Massimo Ortolano					
Totale	8,90	2,10	0,90	0,20	12,10

1) cessato a giugno 2017

2) cessato a novembre 2017

Articolazione del programma**Ricerca e Sviluppo****Tema di ricerca: Campioni e dispositivi in grafene**

Obiettivi. 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

Attività svolta. a.1) Misura del rumore flicker in film di grafene con analizzatore di segnale a correlazione. a.2) Realizzazione di un sistema di misura per Electrical Resistance Tomography e una fixture dedicata per campioni di grafene CVD. 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 Nitruro 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

Risultati ottenuti. a) Correlazione empirica dell'intensità del rumore flicker con il danneggiamento del film di grafene. 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 $1E-7$

Attività svolta.

- a) Costruzione di un ponte interamente digitale per il trasferimento $12906 \text{ ohm} - 8 \text{ nF} @1541 \text{ Hz}$.
- b) prosecuzione esperimenti di scaling $10 \text{ nF} - 1 \text{ nF}$ con metodo di build-up.
- c) acquisizione di magneti superconduttore per dispositivi QHE in grafene.
- d) Modellazione in regime continuo e alternato di reti elettriche con dispositivi QHE.

Risultati ottenuti.

a) Funzionalità del ponte; validazione in corso. b) funzionalità del metodo c) test operatività magneti. d) modellazione di un Quantum Hall Array Resistance Standard da $1 \text{ M}\Omega$ in dc [collaborazione NMIJ/AIST].

Tema di ricerca: Realizzazione pratica dell'ampere

Obiettivi. Dispositivi a singolo elettrone. Realizzazione dell'ampere

Attività svolta. a) implementazione di una catena di misura riferita, comprendente un criostato a diluizione, per esperimenti di pompaggio di cariche elementari nel range $50 \text{ fA} - 10 \text{ pA}$. b) ottimizzazione dei parametri fisici e costruttivi di turnstile pilotati tramite gate magnetico (SQUSET) in collaborazione con il Laboratorio NEST mediante tecniche computazionali e caratterizzazioni elettriche. Dispositivi superconduttivi per qubit a stato di carica (SEED IBC-QuBit). c) acquisizione e taratura in collaborazione con il PTB, mediante comparatore criogenico di correnti, di un amplificatore ultrastabile per la metrologia dell'intensità di corrente elettrica (ULCA). d) nuovi materiali e processi di fabbricazione per la realizzazione di maschere sospese in grafene tramite fascio ionico focalizzato

Risultati ottenuti. a) prime misure criogeniche a bassa frequenza su dispositivi SQUSET realizzate interamente presso INRiM. b) Progettazione di dispositivi ottimizzati per simulazioni numeriche. c) Taratura di amplificatori di corrente a transresistenza attraverso rampe controllate di carica su condensatori. Integrazione dell'ULCA con il setup di misura criogenico esistente e test di collaudo. d) Dimostrazione di fattibilità dell'impiego di grafene depositato su cobalto come maschera sospesa in processi litografici di tipo Niemeyer-Dolan.

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. Prosecuzione degli esperimenti per la realizzazione di una scala di resistenza, con il confronto, a temperatura controllata, di resistori campione nel range $1 \Omega - 12906 \Omega$. Revisione del sistema qualità del laboratorio.

Risultati ottenuti. Validazione dei rapporti di resistenza con triangolazione entro incertezze di parti in 10^8 . Presentazione di nuove 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. Esperimenti di misura della risposta in frequenza di direct-current current transducers.

Risultati ottenuti. Prime determinazioni della risposta in frequenza di DCCT.

Tema di ricerca: Metrologia per la power quality

Obiettivi. Sviluppo di metodi di taratura di phase-measurement-units (EMRP ENG52 Smart Grids II). Estensione della riferibilità della potenza elettrica sino a 1 MHz . (EMPIR 15RPOT TracePQM).

Attività svolta. Realizzazione di un comparatore asincrono digitale di fase per la caratterizzazione dell'errore di fase di divisori resistivi. Caratterizzazione in frequenza di digitalizzatori.

Risultati ottenuti. Caratterizzazione completa di dispositivi passivi attivi in termini di fase per un calibratore per PMU. Caratterizzazione di campionatori e trasduttori di tensione e corrente per frequenze sino a 1 MHz .

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, impedenza caratteristica, 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). Partecipazione a CCEM.RF-K5c.CL "Scattering Coefficients by Broad-Band Methods $100 \text{ MHz} - 33 \text{ GHz} - 3.5 \text{ mm connector}$ " (2014-ongoing). c) Servizio INRiM di taratura e supporto all'accreditamento (incluso ILC) di: alte resistenze in regime continuo; 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. Partecipazione a confronti interlaboratorio per alte resistenze.

Risultati ottenuti.

b) Distribuzione Draft A di EURAMET.EM-S35 ai partecipanti.

c) Certificazione tecnica: n. 117 certificati emessi verso centri di taratura e n. 30 certificati verso l'INRIM

Tema: Convenzione del metro

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

Attività svolta. EURAMET TC-EM: Chairmanship; Working Group on Strategic Planning. CCEM: Working group on Regional Metrology Organizations, membership. CPEM Executive Committee, member-at-large.

Risultati ottenuti. Mantenimento delle relazioni internazionali. Gestione EURAMET.EM.14.2016 e EURAMET.EM.15.2017.

Terza missione

Tema: Formazione

Obiettivi. Formazione accademica, internazionale, tecnica.

Attività svolta. a) Dottorato in Metrologia, Politecnico di Torino, partecipazione al Consiglio di Dottorato. Tutoring di studenti di dottorato di ricerca, di laurea magistrale, di laurea triennale. Corso di dottorato 01QSXRU *The measurement of electrical impedance*; 01RRCRU *Fundamentals of Metrology*. b) corso Corso "Fisica dello Stato Solido", Dip. Scienze e Innovazione Tecnologica, UniUPO. c) BIPM EURAMET Course Capacity Building Knowledge Transfer "TC Leadership", BIPM, Paris.

Risultati ottenuti: Attività di relatore di lauree triennali e

b)Attività di relatore di 2 lauree magistrali e 7 lauree triennali UniTo e UniUPO

Tema: Diffusione della cultura scientifica

Obiettivi. Diffusione scientifica verso il grande pubblico

Attività svolta. Interviste legate al progetto 16NRM01 GRACE. PintOfScience - Giocare con la fisica dei quanti: quando le nanotecnologie aprono nuovi modi di esplorare la materia.

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 ⁽¹⁾	0,50				0,50
Assegni ricerca					
Gabriele Barrera	1				1
Patrizio Ansalone	1				1
Alessandro Sola	1				1
Felipe Garcia-Sanchez	1				1
Arianna Casiraghi	0,50				0,50
Totale	11,60		0,10		11,70
Personale in formazione					
Matteo Cialone (visiting)	1				1
Daniele Gastaldo (dott.)	1				1
Personale associato					
Paolo Allia					
Totale	13,60		0,10		13,70

1) cessato ad agosto 2017

Articolazione del programma**Ricerca e Sviluppo****Spintronica**

Obiettivi. Comprensione della relazione tra trasporto di spin e dinamica di magnetizzazione.

Attività svolta.

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 linee 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 una analisi quantitativa di questi fenomeni tramite misure magneto-ottiche.

b) Spin caloritronica: E' stata estesa la teoria termodinamica per il trasporto di spin al caso vettoriale, includendo gli effetti della precessione della magnetizzazione. Il risultati sono stati applicati per descrivere la reciprocità tra gli effetti di spin pumping and spin Hall torque in bilayer YIG/Pt. misura spin Peltier. E' stato confrontato il metodo di misura della costante spin Seebeck, sviluppato all'INRIM (metodo "flusso di calore"), con il metodo commune (metodo "Delta T") in collaborazione con l'università di Bielefeld. E' stato sviluppato un metodo per misurare la costante spin Peltier, basato sulla misura del flusso di calore.

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

<p>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).</p> <p>d) Nanostrutture magnetiche semiconduttive. 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.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> 5 Pubblicazioni su rivista, 10 pres. a conferenza, 1 invito a conferenza, 2 inviti a seminario <i>Highlight:</i> A. Sola et al, "Longitudinal spin Seebeck coefficient: heat flux vs. temperature difference method" Sci. Rep. 7, 46752 (2017))</p>
<p>Nanomagnetismo <i>Obiettivi.</i> Preparazione e studio di nanostrutture magnetiche <i>Attività svolta.</i></p> <p>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. Preparazione di nanostrutture magnetiche bicomponenti (Co dots in NiFe matrix) mediante tecnica litografica di auto-assemblaggio di nanosfere di polistirene. Studio dell'accoppiamento magnetico tra i due componenti mediante misure di magnetizzazione e magneto-trasporto . Preparazione di nanodot magnetici di Co e NiFe mediante litografia a copolimeri a blocchi (dimensioni dei dot ≤ 10 nm).</p> <p>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.</p> <p>c) Nanostrutture magnetiche per applicazioni biomediche. Sono stati studiati i processi di magnetizzazione dipendenti dalla frequenza in nanoparticelle magnetiche (magnetite, ferriti di CoZn) 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. Studio delle proprietà magnetiche di nanoparticelle utilizzate per decontaminazione di acque .</p> <p>e) Proprietà magnetiche dei minerali naturali per la datazione archeo- e paleo-magnetica, per i beni culturali e per lo studio delle variazioni geologiche e ambientali . Studio delle proprietà magnetiche di pigmenti per tatuaggi.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> 5 Pubblicazioni su rivista, 4 pres. a conferenza, 4 invito a conferenza</p>
<p>Studio e sviluppo di sensori e attuatori magnetici <i>Obiettivi.</i> Sviluppo di materiali per sensori ed attuatori <i>Attività svolta.</i></p> <p>1) Studio dell'effetto della composizione sulla microstruttura e dell'accoppiamento tra fasi magnetiche diverse all'interno della stessa lega Fe-Pd. Studio teorico delle proprietà magnetostrittive in leghe binarie e ternarie.</p> <p>2) Sviluppo preliminare di un sistema di misura di magnetostrizione su film sottili mediante adattamento di un microscopio a forza atomica. Realizzazione di cantilever coperti di materiale magnetostrittivo. Misure preliminari di deflessione in funzione del campo magnetico e dello spessore del film.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> 2 Pubblicazioni su rivista, 1 pres. a conferenza</p>
<p>Ruolo NMI</p>
<p>Empir MagNaStand; <i>Obiettivi.</i> confronto internazionale sulle tecniche di misura delle proprietà magnetiche di nanoparticelle magnetiche in soluzione liquida <i>Attività svolta.</i> 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. In questo contesto, il ruolo dell'INRIM consiste nel contribuire con misure di cicli di isteresi secondo specifici protocolli in corso di</p>

elaborazione mediante magnetometria SQUID, e di rilascio termico mediante ipertermia. Nel corso dell'anno è stata svolta la prima campagna di misure secondo il protocollo elaborato tra i partner del consorzio.

Risultati ottenuti.

Elaborazione di un protocollo di misure

Terza missione

Tema di ricerca

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

Attività svolta. Enzo Ferrara, docenza corso Datazione, modulo "Archeomagnetismo e tecniche di datazione magnetica", Università di Torino, Scienza dei Materiali per i Beni Culturali.

Convenzione con Centro Interuniversitario Magnetismo Naturale – CIMAN, Peveragno (CN), E. Ferrara "cooperazione nei campi della ricerca scientifica e della formazione professionale per lo studio del magnetismo naturale nel campo della geologia e dei beni culturali e ambientali".

Risultati ottenuti. Margherita Reboldi, tesi di secondo livello (INRIM tutor, E. Ferrara) Università di Torino, Scienza dei Materiali per i Beni Culturali (conclusa 2017).

Elisa Ostorero tesi di secondo livello (INRIM tutor, E. Ferrara) Università di Torino, Scienza dei Materiali per i Beni Culturali (2017 - in corso)

Tirocini di alternanza scuola-lavoro: 1 allievo, liceo N. Copernico, Torino, 2 settimane, tutor: Paola Tiberto.

Tesi di dottorato dal titolo "Growth characterization and patterning of magnetic thin films for spintronic application" di Gianluca Conta (discussa il 21/04/2017) in Scienza dei Materiali presso il Dipartimento di Chimica, Università di Torino (tutor INRIM: Paola Tiberto).

Stage nell'ambito del progetto SELECTA di Samer Kurdi (1 mese + 2 settimane), Wileheim (1 mese) e Evangelia Dislaki (UAB, Barcelona, 1 mese)

Programma NM4 – Materiali Funzionali

Responsabile: Massimo Pasquale

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
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
Roberto Rocci	0,20				0,20
Paola Maria Tiberto	0,10				0,10
Luca Toso	0,30	0,50	0,20		1
Franco Vinai ⁽¹⁾	0,15				0,15
Assegni ricerca					
Marco Piazzzi ⁽²⁾	0,70				0,70
Totale	6,75	1,50	1,10		9,35
Personale in formazione					
Carmen Curcio (dott.)	0,30				0,30
Gabriel Soares (dott.)	1				1
Personale associato e incarichi					
Fausto Fiorillo					
Totale	8,05	1,50	1,10		10,65

1) cessato ad agosto 2017

2) cessato a settembre 2017

Articolazione del programma**Ricerca e Sviluppo****Processo di magnetizzazione nei materiali magnetici**

Obiettivi. Comprensione del processo di magnetizzazione nei materiali magnetici, miglioramento delle tecniche di misura, ottimizzazione delle prestazioni dei materiali.

Attività svolta.

1) Materiali magnetici per l'energia

Sono stati sviluppati modelli teorici per il processo di magnetizzazione scalare e vettoriale per materiali cristallini non orientati e sono stati ottimizzati metodi sperimentali di misura statica e dinamica delle loro principali caratteristiche magnetiche (in particolare la perdita di energia) in regime mono-dimensionale, bi-dimensionale e distorto, per frequenze di lavoro fino a 10 kHz e valori di polarizzazione prossimi alla saturazione. E' stato utilizzato l'effetto Kerr magneto-ottico per lo studio del processo di magnetizzazione bidimensionale in tali materiali.

Contratto di ricerca con Centre National de la Recherche Scientifique / CNRS, laboratorio SATIE di Cachan "Specific contract for a R&D collaboration for an extended characterization of magnetic steel sheets under rotational flux", € 17.000 (resp. Appino)

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 ferriti MnZn con differenti livelli di doping di CoO per migliorare la risposta magnetica in frequenza. I risultati sono stati analizzati tramite l'approccio teorico sviluppato in precedenza: separazione dei contributi delle pareti di Bloch e delle rotazioni coerenti alla permeabilità complessa e alla perdita magnetica in funzione della frequenza. Sono stati presi in considerazione, in particolare, nastri magnetici amorfi e nanocristallini sino alla frequenza di 1 GHz trattati termicamente in campo magnetico trasversale, che mostrano proprietà superiori alle alte frequenze attraverso la minimizzazione del moto delle pareti di Bloch. È stato sviluppato un nuovo modello per la previsione della perdita magnetica sino alle radiofrequenze. Il modello 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 di Gabriel Soares si è provveduto alla verifica delle attuali capacità di misura della risonanza ferromagnetica (FMR) fino a 30 GHz su campioni con spessori da 20 nm ad 1 nm, la verifica si è resa necessaria per definire ed estendere le attuali capacità di misura su campioni molto sottili con anisotropia nel piano del film e fuori dal piano tramite un circuito differenziale.

Nell'ambito del progetto INFN QUAX sono state effettuate misure di magnetizzazione a temperatura ambiente e criogeniche su sferette di YIG, materiale di riferimento per misure FMR.

Risultati ottenuti.

10 lavori su riviste internazionali, 6 presentazioni a conferenze internazionali, 2 presentazioni a conferenze nazionali, 2 invito a conferenza, 2 seminario su invito.

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

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 magneto-strutturale in funzione di composizione e microstruttura.

2) Studio delle relazioni struttura-proprietà in metalli (Mn, Ni, Ti) e leghe magnetiche (La-Fe-Mn-Si) idrogenate per via sonochimica (in collaborazione con programma QV1) impiegata per la prima volta con successo nella idrogenazione di materiali metallici, processo utile nella produzione di materiali magnetocalorici per refrigerazione magnetica a temperatura ambiente. Lo studio è in corso.

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

4) Analisi mediante microscopia elettronica a scansione e microanalisi elementare di campioni solidi forniti da azienda committente, report di analisi.

Risultati ottenuti.

1 paper, 1 pres. a conferenza

Report scientifico microscopia analitico-strutturale su materiali

Tesi sperimentale di dottorato in Fisica (candidata Carmen Curcio), discussa nel 2017.

Highlight: M. Cialone et al, *Sci. Rep.* 7, 16691 (2017) "Tailoring magnetic properties of multicomponent layered structure via current annealing in FePd thin films."

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.

Prove per conto terzi (servizi tecnologici)

Obiettivi: Attività svolta:

Terza missione

Didattica del magnetismo, divulgazione scientifica e formazione

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

Attività svolta.

- 1) Corso di dottorato Polito 20h ""Magnetismo nei materiali e misure magnetiche""
- 2) UPO (VC); Dipartimento di Scienze e Innovazione Tecnologica; Corso di Laurea Triennale in Scienza dei Materiali-Chimica "Struttura della materia e laboratorio di fisica dei materiali I: laboratorio I" (ore 24).
- 3) Partecipazione alla redazione per la costruzione del nuovo sito web dell'INRIM, raccolta ed organizzazione dei contributi della divisione NM (5 programmi)
- 4) Organizzazione di conferenze e congressi
 - Symposium Organizer ES12: *Soft Magnetic Materials for Next-Generation Power Electronics*, in MRS 2017 Spring Meeting, Phoenix Arizona, April 17-21 2017
 - *Soft Magnetic Materials 2017 Conference* (Sevilla, 10-13 sett.) Organizing committee-
- 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 e liceo scientifico Convitto Nazionale Umberto I, Torino
- 7) Attività didattiche per scuole elementari e medie inferiori: partecipazione al progetto 'Mirafiori, La Scuola con una marcia in più' per attività didattiche nelle scuole dell'obbligo di Mirafiori Sud (14 incontri).
- 8) Tutoraggi 2 Ph.D. in Ingegneria Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni (PoliTo). 1 Tutoraggio PhD Scienza dei Materiali DISAT PoliTo. 1 Tutoraggio PhD dottorato in Fisica DiSAT PoliTo
- 9) Tirocini di alternanza scuola-lavoro: 1 allievo, liceo B. Pascal, Giaveno, 2 settimane, tutor: Olivetti.
- 10) Partecipazione a programma televisivo di Rai Scuola 'Memex - I luoghi della scienza'

Risultati ottenuti.

Pagine della divisione NM sul nuovo sito web INRIM: <https://www.inrim.it/ricerca-sviluppo/dal-macro-al-nanomondo>

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

Programma NM5 – Fotonica
Responsabile: Giorgio Brida

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
Personale TI					
Luca Boarino	0,60			0,10	0,70
Giorgio Brida	0,60	0,30		0,10	1
Natascia De Leo	0,30				0,30
Federico Ferrarese Lupi ⁽¹⁾	0,50				0,50
Roberto Filippo	0,90	0,10			1
Paola Iacomussi	0,70	0,15	0,15		1
Alice Meda ⁽²⁾	0,25				0,25
Mauro Rajteri	1				1
Maria Luisa Rastello	0,10	0,10			0,20
Roberto Rocci	0,20				0,20
Danilo Serazio	0,10				0,10
Marco Terzi		0,30	0,60	0,10	1
Fernando Viarengo		0,60	0,30	0,10	1
Assegni ricerca					
Giulia Aprile	1				1
Luca D'Ortenzi ⁽³⁾	1				1
Lapo Lolli ⁽⁴⁾	1				1
Michela Radis	1				1
Emanuele Taralli ⁽⁵⁾	1				1
Totale	10,25	1,55	1,05	0,40	13,25
Personale in formazione					
Eleonora Cara (dott.)	1				1
Masoud Dialameh (dott.)					
Personale associato					
Katia Sparnacci					
Totale	11,25	1,55	1,05	0,40	14,25

1) TI dal 01/07/2017

2) TI dal 01/10/2017

3) cessato a settembre 2017

4) cessato a febbraio 2017

5) cessato ad agosto 2017

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
<p>Tema di ricerca: Fotorivelatori predicibili (PQED) <i>Obiettivi.</i> realizzazione e caratterizzazione di nuovi fotorivelatori predicibili basati su fotodiodi di tipo n <i>Attività svolta.</i> Nell'ambito del progetto Newstar - SIB57 sono stati progettati, realizzati e caratterizzati nuovi fotodiodi utilizzando substrati di silicio di tipo n e passivazione con uno strato di Al₂O₃ al posto di substrati di tipo p e passivazione in biossido di silicio utilizzati in tutti i precedenti fotorivelatori predicibili. <i>Risultati ottenuti.</i> nuovo tipo di rivelatori predicibili con processi di fabbricazioni più economici e ripetibili.</p>
<p>Tema di ricerca: Fotorivelatori singolo fotone <i>Obiettivi.</i> Rivelatori superconduttivi di singolo fotone <i>Attività svolta.</i> Installazione nuovo refrigeratore criogenico a smagnetizzazione adiabatica (ADR); adattamento del refrigeratore per le misure di singolo fotone <i>Risultati ottenuti.</i> Misure di transizioni superconduttive di film e dispositivi TES; si sono evidenziati problemi con il funzionamento dello SQUID che richiedono una migliore schermatura del campo magnetico</p>
<p>Tema di ricerca: Nanofabbricazione per la fotonica e la metrologia <i>Obiettivi.</i> Metamateriali per la fotonica e il sensing. <i>Attività svolta.</i> Studio dei metodi di infiltrazione selettiva in sistemi polimerici nanostrutturati basati su</p>

copolimeri a blocchi, e supportati da simulazioni.

Risultati ottenuti. Ottimizzati processi di infiltrazione di Al₂O₃ e altri ossidi metallici 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.

Obiettivi. Fabbricazione di substrati plasmonici per tecnica SERS

Attività svolta. Realizzazione e caratterizzazione di array di nanofili di silicio ricoperti di oro per la detezione di agenti chimici e biochimici e per lo studio della resistenza batterica agli antibiotici; studio degli effetti dell'ordine delle nanostrutture sulla omogeneità della risposta SERS.

Risultati ottenuti. Grazie ai sistemi così realizzati, la tecnica SERS ha raggiunto una sensibilità ad alcuni analiti (melammina) di alcune parti per trilione.

Obiettivi. Materiali di riferimento per la surface analysis.

Attività svolta. Sono stati studiati dei modelli 3D alla micro e alla nanoscala in silicio/ossido di silicio.

Risultati ottenuti. 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 reattive 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

Obiettivi. Studio dei materiali per la definizione delle qualità percepite e l'ottimizzazione delle condizioni di visione e illuminazione

Attività svolta. Realizzazione di campioni acromatici a differenti livelli di gloss a completamento e integrazione di una serie di campioni cromatici. Studio dell'influenza del gloss sulla percezione della saturazione e sulle influenze delle sorgenti sulla percezione dello sparkle. Esperimenti soggettivi e prove su strada per la valutazione del flickering indotto da sorgenti a LED con osservatori statici e dinamici

Risultati ottenuti. Avviato il progetto Europeo finanziato Euramet 16NRM02 (INRIM coordinatore); progettazione di Materiali di Riferimento (MR) innovativi. Dagli esperimenti sul flickering è emerso che osservatori in movimento risentono del flickering apparente con evidenze di influenze sulla percezione degli ostacoli su strada.

Tema di ricerca: strumenti iperspettrali

Obiettivi. Caratterizzazione Ottica di materiali

Attività svolta. È stato utilizzato lo strumento PHYTOS per la caratterizzazione della BRF (bidirectional reflectance factor) di provini di pitture in collaborazione con il Centro Conservazione e Restauro La Venaria Reale

Risultati ottenuti. Sono state studiati vari campioni di pitture con differenti composizioni di pigmento e legante volte a riprodurre l'International Klein Blue dell'artista Yves Klein. L'analisi ha permesso di identificare i campioni maggiormente omogenei dal punto di vista della riflessione della luce e dell'insensibilità alla direzione della pennellata.

Obiettivi. Monitoraggio ambientale

Attività svolta. Realizzazione dello strumento 4piMGO (4π Multi-Spectral Goniometer), goniometro con capacità spettrali e direzionali per misure di albedo (progetto EMRP ENV53).

Risultati ottenuti. test preliminari hanno evidenziato un problema di allineamento della multicamera utilizzata per la misura dei segnali provenienti dalle 62 fibre; in attesa di una revisione del costruttore.

Ruolo NMI

Campioni nazionali

Obiettivi. gestione e mantenimento dei campioni nazionali.

Attività svolta. mantenimento dei campioni per la fotometria e la radiometria di rivelatori e materiali.

Risultati ottenuti. Disseminazione unità di misura per le grandezze della visione: intensità luminosa, illuminamento, luminanza, esposizione luminosa, temperatura di distribuzione, colore in trasmissione
Disseminazione campioni di potenza radiazione visibile, potenza radiazione in fibra ottica, sensibilità spettrale, trasmissione regolare e diffusa, riflessione regolare.

Confronti di misura

Obiettivi. svolgimento di confronti internazionali.

Attività svolta. confronto interlaboratorio CMI-INRiM rivelatore calcolabile per fibra ottica (FO-PQED).

Risultati ottenuti. La differenza di efficienza tra FO-PQED e PQED è inferiore a 400 ppm.

Attività svolta. confronto EURAMET PR-S4, comparison on UVA power meters.

Risultati ottenuti. misure completate, circolazione pre-draftA.

Attività svolta. confronto EURAMET PR-K6, comparison on neutral density filter transmittance.

Risultati ottenuti. completato 1° round di misure.

Obiettivi. sviluppo e mantenimento di CMC .

Attività svolta. revisione della procedura di misura sulla trasmissione regolare in filtri neutri.

Risultati ottenuti. miglioramento budget incertezze.

Obiettivi. attività nell'ambito di organismi e gruppi di lavoro metrologici.

Attività svolta. 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

Risultati ottenuti. relazioni internazionali.

Certificazione tecnica: n. 7 certificati emessi

Tema di ricerca: Studio dei materiali per la visione

Obiettivi. Studio dei materiali per la definizione delle qualità percepite e l'ottimizzazione delle condizioni di visione e illuminazione

Attività svolta Studio dell'influenza delle sorgenti sulla percezione dello sparkle e metodi di misura.

Risultati ottenuti I risultati dello studio dello sparkle hanno evidenziato lacune a livello della definizione della grandezza, le evidenze si sono concretizzate nella richiesta e successiva costituzione da parte della CIE di un apposito comitato tecnico (CIE JT 12 "The measurement of sparkle and graininess")

Terza missione

Tema di ricerca: Formazione

Obiettivi. Formazione accademica, internazionale, tecnica.

Attività svolta. Tutoring di studenti

Risultati ottenuti. 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

Obiettivi. Studio dei materiali per la definizione delle qualità percepite e l'ottimizzazione delle condizioni di visione e illuminazione

Attività svolta. 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

Risultati ottenuti. due Seminari a riguardo presso la sede principale di Apple (Cupertino); Workshop sulla caratterizzazione fotometriche degli asfalti, congresso CIE "Smart Lighting for a better environment", Korea; due seminari fiera AT&T e alla fiera Ecomondo.

2 – STALT - Innovazione e servizi metrologici

Responsabile: Vito Fericola

Risorse umane (TI + TD) al 31/12/2017

Ricercatori e Tecnologi: 18. Tecnici o amministrativi: 28.

Ulteriori risorse umane

Assegnisti e Dottorandi: 8. Associati e incarichi: 2.

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; per i servizi metrologici ed il supporto alle imprese la struttura ha avviato un ufficio di collegamento con i clienti (*customer care*).

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

Area	Compiti	Attività / progetti
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. Balsamo)	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 (V. Fericola)	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 2017-2019 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.

Metrologia meccanica

- Progetto ENG56 DriveTrain. Completata la caratterizzazione e la taratura, con una procedura innovativa, del nuovo campione di forma a settore di anello (\varnothing 1 m), con una scanalatura a profilo circolare, rappresentativo di elementi diametrali di cuscinetti. E' stata effettuata la prima misura in assoluto all'INRIM di campioni dentati (un ingranaggio elicoidale) in vista di una CMC nel settore.
- 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 progettazione (con NPL) di un sistema di supporto cinematico per campioni fino a 160 mm di lato con una prima caratterizzazione di celle PV.

Metrologia termodinamica

- Progetto 14IND04 EMPRESS Enhancing process efficiency through improved temperature measurement. 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 14IND11 HIT Metrology for humidity at high temperatures and transient conditions. Sviluppato un 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.
- Progetto ENV58 Meteomet-2 Metrology for essential climate variables. Sviluppato un nuovo generatore termodinamico campione per punti di rugiada ultrabassi (campo da -95 °C a -20 °C) e frazioni molari inferiori a 30 nmol/mol con capacità di lavoro a pressione sub-atmosferica fino a 200 mbar assoluti. Solo altri due campioni al mondo hanno con caratteristiche simili (VTT e KRISS).
- Applicazioni della termometria fotonica: sviluppata una nuova cavità per la termometria dielettrica basata sui modi galleria di un risonatore di zaffiro. Ottenuta una risoluzione in temperatura migliore di 50 μ K.
- Proprietà termodinamiche: misure di pressione di vapore in acqua soprassatura nell'intervallo di temperatura tra -22 °C e 0 °C che migliorano di un fattore due l'accuratezza precedentemente disponibile (pubblicate su J. Chem. Thermodyn.).

Ruolo NMI

Implementazione delle unità SI

- Completamento e caratterizzazione di un nuovo sistema di misura AC-DC della corrente, con estensione fino a 20 A.
- 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.
- Follow-up del progetto EMRP SIB05 "Developing a practical means of disseminating the redefined kilogram." Studio del comportamento dei campioni di massa nel trasferimento aria - vuoto e in gas. Studio della correlazione tra coefficiente di assorbimento vuoto-aria e rugosità dei campioni di massa.

- Studio e caratterizzazione di un set-up di bilance di pressione per la taratura dei trasduttori di pressione tra 5 Pa e 130 kPa in modo assoluto; sviluppo di una metodologia di misura per pressioni negative tra -15 kPa e -5 Pa.
- Realizzazione di un calibro a passi virtuale interferometrico per la taratura per confronto mediante CMM.
- Confronti chiave internazionali per i campioni di massa, volume, densità, rugosità, calibri a passi e campioni diametrali.
- Miglioramento ed estensione del campo di lavoro dei generatori primari di umidità fino alla temperatura di rugiada a 95 °C e di brina a -80 °C con significativi miglioramenti di stabilità rispetto al precedente set up. Approvate nuove CMC per l'umidità relativa e la temperatura dell'aria.
- Messa a punto di tecniche chimico-fisiche (Karl-Fischer coulometrico e *Evolved Water Vapour Analysis*) e fisiche (gravimetria e risonanza nelle microonde) per la misura del contenuto di acqua in campioni di biomassa; partecipazione confronti internazionali pilota.
- Campione primario di pressione sonora. Pubblicati i risultati del confronto CCAUV.A-K5 sulla taratura da 2Hz a 10 kHz (fase da 20 Hz a 10 kHz) di microfoni campione. INRIM ha confermato le sue CMC con ottimi risultati.

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

Disseminazione delle unità SI

- Costruzione di una rete resistiva per il trasferimento della riferibilità della resistenza elettrica nel campo 100 GOhm -10 TOhm nell'ambito di una collaborazione NIST-INRIM. Nuove misure e caratterizzazioni sugli elementi resistivi.
- 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.
- Studio e caratterizzazione di campioni di resistenza 1Ω-10 kΩ-10 V per la messa in punto strumenti multifunzione di Centri accreditati di grandezze elettriche.
- Confronto di misura per multilaterale per grandezze elettriche in bassa frequenza.
- Prototipo di interferometro "double-ended" per la taratura dei blocchetti pian-paralleli corti, che non richiede l'adesione del blocchetto ad una piatto di riferimento.
- Prima taratura all'INRIM di un campione a ruote dentate. Obiettivo conseguire una CMC nel settore.
- Realizzazione del nuovo interferometro omodina per la stazione di taratura dei blocchetti lunghi .
- Campione primario di pressione sonora. I risultati del confronto CCAUV.A-K5 sulla taratura da 2Hz a 10 kHz (fase da 20 Hz a 10 kHz) di microfoni campione sono stati pubblicati. INRIM ha confermato le sue CMC con ottimi risultati.
- Sviluppo di un generatore campione di gas umido per temperature di rugiada >100 °C.
- Validazione del punto fisso di fusione del rame (T = 1082,62 °C) e presentazione di una nuova CMC.
- Completato il confronto EURAMET per la temperatura superficiale per contatto tra 50 °C e 350 °C e sviluppata l'estensione del campione di riferimento fino a 500 °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 1300 certificati nel corso del 2017.

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 (oltre 30), 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.

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 ai laboratori accreditati o accreditandi.

Nel corso del 2017 sono stati offerti 36 ILC a cui hanno partecipato 55 aziende in 99 settori di misura, tra cui il laboratorio dell'Agenzia spaziale europea.

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.

Numerose collaborazioni con università e istituti di ricerca 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, tra cui i consorzi DINTEC e ConLegno, SNAM Retegas, Thales Alenia e Ansaldo Energia; ha realizzato studi e collaborazioni nel campo dei beni culturali; 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; due 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.

Campioni nazionali e di misura

Area elettrica
Resistenza elettrica: resistori campione
Tensione continua: sorgenti di tensione continua allo stato solido
Trasferimento ac-dc: trasferitore termoelettrico ac-dc
Flusso luminoso: struttura goniometrica
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 goniofotometria – flusso luminoso; ripartizione dell'intensità luminosa.
 Laboratorio mobile per la caratterizzazione d'impianti d'illuminazione (con collaborazione esterna).

Laboratori per la stabilizzazione di laser e campioni ottici di frequenza.
 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)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
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	0,60		1
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	0,10	0,20	0,20		0,50
Paolo Roccato	0,20	0,60	0,20		1
Giuseppe Rossi	0,30	0,40	0,30		1
Totale					
<i>Personale associato</i>					
Dean Jarrett	0,10	0,10			0,20
Totale	2,95	4,75	5,50	0,50	13,70

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
<p><i>Obiettivi.</i> Ricerca applicata nei settori della metrologia elettrica in continua, bassa e alta frequenza.</p> <p><i>Attività svolta.</i> Partecipazione a progetti europei per la validazione in laboratorio, lo sviluppo e il miglioramento di sistemi di misura.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> Articoli e conferenze internazionali; riduzione dell'incertezza; collaborazioni con realtà esterne all'istituto.</p>
<p>Tensione continua</p> <p><i>Obiettivi.</i> Studio e realizzazione di nuovi riferimenti di tensione continua.</p> <p><i>Attività svolta.</i> Progettazione e realizzazione di un campione di tensione continua programmabile operante fino a 100 V.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> Realizzazione di dispositivi a basso rumore, programmabili e adatti ad applicazioni metrologiche. Pubblicazione su riviste internazionali e congressi.</p>
<p>Resistenza elettrica</p> <p><i>Obiettivi.</i> Collaborazione con il NIST per la progettazione di campioni di trasferimento decadico di resistenze di alto valore.</p> <p><i>Attività Svolta:</i> progettazione e realizzazione parziale di una rete Hammon per il trasferimento della riferibilità elettrica nel campo 100Gohm 10Tohm.</p> <p><i>Risultati ottenuti:</i> non ancora quantificabili.</p>
<p>Fotometria</p> <p><i>Obiettivi.</i> Sviluppo di metodologie applicate alle tecnologie di illuminazione del suolo pubblico.</p> <p><i>Attività svolta.</i> Metodologia e set-up per caratterizzazione dispositivi ILM per uso in applicazioni dell'illuminazione stradale e delle gallerie.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> Metodi innovativi per misure illuminotecniche su vasta scala.</p>
<p>Campi elettromagnetici</p> <p><i>Obiettivi.</i> Sviluppo di dispositivi di generazione HF per misure di potenza.</p> <p><i>Attività svolta.</i> Collaborazione con l'università di Firenze per la progettazione e lo sviluppo di radiatori e generatori di alta frequenza per misure delle componenti spettrali della potenza.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> Nuovi metodi di simulazione e caratterizzazione di generatori HF.</p>

<p>Metrologia delle superfici funzionali – (con ST1) <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.</p>
<p>Laboratorio Alte Tensioni e Forti Correnti (con MQV) <i>Obiettivi.</i> Definizione dei parametri dell'arco elettrico nella trazione elettrica. <i>Attività svolta</i> definizione dei requisiti sperimentali per l'attività di definizione dei parametri dell'arco elettrico con alte tensioni e con forti correnti. <i>Risultati ottenuti.</i> Definiti i setup sperimentali per l'attività di certificazione.</p>
<p>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.</p>
<p>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.</p>
<p>Resistenza elettrica <i>Obiettivi:</i> revisione 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 kohm e 1 Tohm. Sviluppo di nuovi programmi di acquisizione, controllo della strumentazione e calcolo. <i>Risultati ottenuti:</i> miglioramento dei sistemi di misura e dell'efficienza del laboratorio per misure di alta resistenza.</p>
<p>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.</p>
<p>Calibrazione strumenti elettrici programmabili <i>Obiettivi:</i> miglioramento delle stazioni di misura impiegate nel campo della taratura e calibrazione degli strumenti elettrici programmabili. <i>Attività Svolta:</i> realizzazione di una nuova stazione di misura per la calibrazione automatica degli strumenti elettrici multifunzione. <i>Risultati ottenuti:</i> è in corso la determinazione dei miglioramenti ottenuti mediante l'uso di strumentazione di nuova generazione di recente acquisizione. Miglioramento dei processi di misura e ulteriore automazione.</p>
<p>Laboratorio Alte Tensioni e Forti Correnti <i>Obiettivi.</i> Riattivazione e miglioramento della CMC relativa alle alte tensioni impulsive <i>Attività svolta.</i> Il laboratorio ha terminato l'attività di implementazione del nuovo sistema di misura e dei dispositivi di trasduzione, con l'obiettivo di caratterizzare e tarare in conformità alla normativa internazionale di riferimento i sistemi di misura per alte tensioni impulsive <i>Risultati ottenuti.</i> Partecipazione confronto internazionale EURAMET-S42</p>
<p>Campi elettromagnetici <i>Obiettivi.</i> Revisione di procedure tecniche e metodi di misura. <i>Attività svolta.</i> Revisione e manutenzione dei sistemi di misura, nuove procedure tecniche validate nel corso di una Peer review. <i>Risultati ottenuti.</i> Miglioramento delle capacità metrologiche e dell'offerta in termini di trasferimento di riferibilità verso i laboratori accreditati.</p>
<p>Terza missione <i>Obiettivi.</i> Sostegno alle imprese mediante cessione di tecnologia e conoscenza nel campo delle unità meccaniche. <i>Attività svolta.</i> Seminari, riviste tecniche, divulgazione, normazione tecnica.</p>

Tensione continua e Resistenza elettrica

Obiettivi. Collaborazione con la *Measurements International* per realizzazione di dispositivi metrologici.

Attività svolta. Progettazione di un campione di tensione continua e di resistenza elettrica per la metrologia primaria e per il trasferimento della riferibilità verso laboratori secondari.

Risultati ottenuti. Partecipazione a un congresso nazionale, accordo di collaborazione con MI

Corsi e divulgazione

Obiettivi. Divulgazione della conoscenza nel campo della metrologia di grandezze elettriche

Attività svolta. Corso di 10 ore per un gruppo di aziende italiane nel campo delle misure elettriche ed elettroniche di alta precisione. Il corso prevedeva anche una parte teorica di calcolo delle incertezze di misura. Nell'ambito dell'alternanza scuola lavoro due studenti hanno realizzato il pre-progetto dell'area per i cicli termici, di prossima realizzazione nel laboratorio

Risultati ottenuti. Diffusione della cultura metrologica sul territorio nazionale produttivo. Predisposizione e del layout di un nuovo laboratorio.

Trasferimento tecnologico

Obiettivi. Consulenza e validazione di condotti sbarre industriali

Attività svolta. Prove sperimentali e supporto tecnico nello sviluppo e nel miglioramento di condotti sbarre e loro componenti.

Risultati ottenuti. Supporto tecnologico ad aziende.

Normazione tecnica

Obiettivi. Contribuire allo sviluppo tecnico e divulgare in Italia.

Attività svolta. Presidenza del CT IMQ "Certificazione Prodotto"; partecipazione al CT "" INTERTEK, partecipazione CT CEI, partecipazione ACAE.

Risultati ottenuti. Verifica e controllo attività di aziende del territorio, trasferimento tecnologico e consulenza.

Area ST2 - Metrologia meccanica
Responsabile: Alessandro Balsamo

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
Personale TI					
Milena Astrua		0,90	0,10		1
Emanuele Audrito		1			1
Alessandro Balsamo	0,25	0,11	0,47	0,17	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	0,30	0,30	0,35	0,05	1
Gaetano Lapiana	0,20	0,80			1
Adelina Leka		0,50	0,20	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
Fabrizio Pollastri					
Marco Pometto	0,10	0,80		0,10	1
Marco Santiano	0,30	0,30			0,60
Pier Giorgio Spazzini	0,15	0,75	0,10		1
Davide Torchio	0,10	0,60	0,30		1
Francesco Vitiello (in quies. 09/2017)		0,66			0,66
Personale TD					
Aline Piccato	0,35	0,30	0,10		0,75
Alessandro Schiavi	0,50	0,20	0,20		0,90
Assegni ricerca					
Andrea Egidi	0,80		0,20		1
Luigi Ribotta	0,66				0,66
Fabio Saba	0,40	0,40			0,80
Andrea Prato	0,25				0,25
Totale	5,96	12,12	3,22	1,32	22,62

Articolazione del programma

<p>Ricerca e Sviluppo</p> <p><i>Obiettivi.</i> Ricerca applicata nei settori della metrologia delle grandezze meccaniche.</p> <p><i>Attività svolta.</i> Partecipazione a 3 EMRP JRP, validazione in laboratorio, sviluppo di algoritmi e di valutazione dell'incertezza</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> Articoli e conferenze internazionali; riduzione dell'incertezza; partecipazione in nuovo progetto EMPIR.</p> <p>Massa e Densità</p> <p><i>Obiettivi.</i> Studio dell'effetto assorbimento dei campioni di massa nel passaggio aria vuoto.</p> <p><i>Attività svolta.</i> Sviluppato un nuovo modello per la caratterizzazione dei campioni utilizzati per la misura dell'assorbimento ed eseguite le misure per la validazione.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> I risultati hanno permesso di migliorare il metodo di taratura dei "sorption artefacts", un articolo è corso di preparazione.</p> <p>Portate e volumi di gas</p> <p><i>Obiettivi.</i> Sviluppo delle tecniche di misura per portate di gas.</p> <p><i>Attività Svolta:</i> sviluppo dei calcoli per miglioramento del software di gestione per MICROGAS.</p>
--

<p><i>Risultati ottenuti:</i> articolo per ISFFM 2018.</p>
<p>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 del virus del tabacco su mica (collaborazione con CNR-IPSP). 1 tirocinio (laurea triennale) da PoliTo. <i>Risultati ottenuti.</i> Riduzione dell'incertezza associata alla geometria della punta e stima preliminare degli effetti e degli errori di misura associati alle interazioni suddette.</p>
<p>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 (confocale) della morfologia di contatti stampati (printed linear conductor - PLC) associata a misure di resistenza locale su celle fotovoltaiche (collaborazione con Applied Materials italia) ed altri campioni; sviluppo di un set-up di misura dedicato. <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.</p>
<p>Geometrie complesse <i>Obiettivi.</i> Estendere la riferibilità delle misure di ingranaggi e sistemi di trasmissione (progetto EMRP Drivetrain). <i>Attività svolta.</i> Misura CMM in free form scanning di evolvente esterno ed interno con disturbi noti della superficie (waviness). Studio dei parametri di scansione della misura CMM. Stima del bilancio d'incertezza della taratura di un campione a settore di anello. Taratura con CMM di un master Gear e valutazione dell'incertezza di misura. <i>Risultati ottenuti.</i> Metodologie di misura CMM e stima delle incertezze di misura di geometrie complesse (evolventi, eliche, ingranaggi). 3 Congressi internazionali, 3 Rapporti tecnici INRIM.</p>
<p>Grandi volumi <i>Obiettivi.</i> Completare le code del progetto EMRP LUMINAR, in previsione della sua continuazione nel progetto EMPIR LaVA; in particolare, miglioramento della localizzazione dell'immagine a seguito di retroriflessione su sfera con $n = 2$ (collo di bottiglia del sistema). <i>Attività svolta.</i> Riallestimento in casa dell'esperimento finale di LUMINAR (validato a Bristol); studio dell'immagine ricevuta per retroriflessione e sviluppo dei relativi algoritmi. <i>Risultati ottenuti.</i> Allestimento dell'esperimento; imponente raccolta di dati; partecipazione nei progetti EMPIR EUCoM (coordinamento) e LaVA (a partire dal 2018).</p>
<p>Durezze <i>Obiettivi.</i> Sviluppo di una metodologia di misura del modulo elastico (indentation Modulus) utilizzando il sistema di misura primario di durezza su macroscale. <i>Attività svolta.</i> Misure di moduli elastici (utilizzando penetratori Vickers e Brinnell) e confronti su varie tipologie di leghe metalliche. Analisi comparative con Queen Mary University e UKAEA per valutazione degli effetti di scala dalla nanoscale alla macroscale. Confronti con misure di tensile-stress con CIRA (Capua) nell'ambito del progetto EMPIR 14IND03 "Strenght-ABLE". <i>Risultati ottenuti.</i> Individuazione dei fattori di scala sul modulo elastico. Definizione di una procedura di misura del modulo elastico (indentation modulus) utilizzando il sistema di misura primario di durezza dell'INRIM. Pubblicazione di 4 paper (atti di congresso IMEKO e ECI)</p>
<p>Vibrazioni <i>Obiettivi.</i> Definizione di una procedura di misurazione per la taratura simultanea, per confronto, su tre assi di accelerometri MEMS. <i>Attività svolta.</i> Misure e confronti tra metodologie di taratura tradizionale e nuova metodologia e analisi comparative con NMISA (South Africa) e Università dell'Aquila. <i>Risultati ottenuti.</i> Messa in pratica del sistema di taratura. Pubblicazione di 2 paper in atti di congresso (IMEKO)</p>
<p>Gravimetria <i>Obiettivi.</i> Miglioramento delle capacità di misura e diminuzione dell'incertezza. <i>Attività svolta.</i> studio di un nuovo interferometro ottico per il gravimetro IMG-02. <i>Risultati ottenuti.</i> Schema e disegni meccanici per la realizzazione del nuovo interferometro</p>
<p>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</p>

tecniche; miglioramento delle stazioni di taratura.

Angoli

Obiettivi. Sviluppo di due nuovi campioni d'angolo con un'incertezza dell'ordine di 50 nrad

Attività svolta. Preparato un software per la taratura automatica di poligoni e autocollimatori con il nuovo campione REAC. Avviato un processo di revisione delle CMC degli angoli.

Risultati ottenuti. Grazie all'introduzione del nuovo campione d'angolo, si è ottenuto il miglioramento di 3 CMC degli angoli (da 1 μ rad a 350 nrad). Articolo sul nuovo campione d'angolo su MST.

Pressioni

Obiettivi. Miglioramento delle caratteristiche delle bilance di pressione in mezzo liquido e del campione ad espansione statica.

Attività svolta. Intervento di modifica all'impianto primario statico per il medio vuoto con l'aggiunta di un volume ulteriore, al fine di estendere il campo di lavoro dell'impianto. Avviato un processo di revisione delle CMC delle pressioni. Effettuato un ILC per pressioni assolute fino a 130 kPa.

Risultati ottenuti. Revisione delle procedure di taratura.

Massa e Densità

Obiettivi. Determinazione del volume dei campioni di massa da 2 kg a 50 kg.

Attività svolta. Realizzato un sistema per la pesata idrostatica che permette di eseguire agevolmente la misura di volume per campioni fino a 50 kg. Il sistema utilizza una bilancia con risoluzione di 1 mg nel campo (2 - 10) kg e 5 mg nel campo (10 - 50 kg).

Risultati ottenuti. Miglioramento delle incertezze nel campo (2 - 10) kg ed estensione del campo fino a 50 kg. Saranno richieste nuove CMC per le misure di volume e densità.

Portate e volumi di gas

Obiettivi. Completamento della messa in qualità dell'impianto BELLGAS; sviluppo Confronti internazionali.

Attività Svolta: sviluppo e completamento taratura in volume dell'impianto; Certificazione della taratura; preparazione Procedura relativa. Misurazioni effettuate per Key Comparison BIPM.

Risultati ottenuti: Impianto BELLGAS completamente in qualità; scrittura articolo per ISFFM 2018; risultati KC.

Portate di liquidi

Obiettivi. Rendere operativo l'impianto primario per le misure di portata di liquidi.

Attività svolta. Messo in servizio il sistema per le misure di portata di liquidi, in disuso da molti anni.

Redatta la procedura tecnica per le tarature di portata in massa, in volume e dei contatori d'acqua.

Risultati ottenuti. Dalle prove eseguite sull'impianto, si è riscontrato che è possibile migliorare le attuali CMC. Inoltre l'impianto sarà utilizzato anche per la taratura dei contatori di calore.

Superfici

Obiettivi. Estensione capacità di misura.

Attività svolta. Sviluppo di una metodologia di taratura del profilometro a stilo per campioni a gradino fino ad 1 mm. Partecipazione al confronto EURAMET.L-S26. Misura quantitativa della tessitura areale di superfici con profilometria ottica. Partecipazione al progetto EURAMET #1242 sulla rugosità areale.

Risultati ottenuti. Metodologia di misura e stima dell'incertezza per la taratura di campioni a gradino fino ad 1 mm. Stima incertezza parametri areali determinati con profilometria ottica.

Campioni lineari e diametrali (corti)

Obiettivi. Rafforzamento e conferma capacità di misura.

Attività svolta. Aggiornamento programma di calcolo della planarità e parallelismo della taratura

interferometrica dei blocchetti corti. Coordinamento (pilot) del confronto chiave EURAMET.L-K4.2015 sui campioni diametrali. Avvio di un 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.

Risultati ottenuti. Confronti chiave in itinere. Significativa partecipazione (14 Centri) al confronto ILC sui blocchetti corti.

Campioni lineari (lunghi) e complessi 3D

Obiettivi. Rafforzamento ed estensione delle capacità di misura.

Attività svolta. Rifacimento dell'interferometro del Comparatore SIP-10A (blocchetti lunghi) con sorgente in fibra e adattamento della macchina; sviluppo del dispositivo per la taratura sulla CMM di calibri a passi. Messa in qualità del laboratorio della CMM (da concludere).

Risultati ottenuti. Attrezzatura completa per la taratura di calibri a passi (mancano software e validazione); nuovo interferometro per i blocchetti lunghi. Approvazione di un documento CCL-WG MRA di descrizione di una nuova CMC 1D flessibile (responsabilità di progetto).

Durezza

Obiettivi. Disseminazione delle scale di durezza

Attività svolta. Miglioramento dei sistemi di misura. Revisione delle procedure di taratura

Risultati ottenuti: Nuovo sistema di misura dei penetratori

<p>Forza <i>Obiettivi.</i> Disseminazione dell'unità di forza <i>Attività svolta.</i> Studio e realizzazione del nuovo telaio di carico a movimentazione elettromeccanica per la macchina da 100 kN. Continuazione della caratterizzazione metrologica del trasduttore di forza multicomponente ad esapodo da 5 MN <i>Risultati ottenuti.</i> Upgrade della macchina campione di forza da 100 kN. Pubblicazioni su riviste</p>
<p>Vibrazioni <i>Obiettivi.</i> Messa in esercizio del nuovo sistema di taratura di accelerometri in shock <i>Attività svolta.</i> Stesura della procedura di misurazione e verifica del sistema. <i>Risultati ottenuti.</i> In attesa di confronti con altri istituti per presentazioni CMC</p>
<p>Terza missione <i>Obiettivi.</i> Sostegno alle imprese mediante cessione di tecnologia e conoscenza nel campo delle unità meccaniche. <i>Attività svolta.</i> Seminari, riviste tecniche, divulgazione, normazione tecnica. <i>Risultati ottenuti.</i></p>
<p>Polo d'innovazione MESAP <i>Obiettivi.</i> Take away dell'innovazione: far conoscere alle aziende la metrologia dimensionale. <i>Attività svolta.</i> Seminari presso il polo Mesap. Consulenza per il MISE sull'approvazione nazionale di un modello di manometro. <i>Risultati ottenuti.</i> Tre seminari (generale, progetto MethPM, progetto LUMINAR)</p>
<p>Massa e Densità <i>Obiettivi.</i> Studio e verifica delle metodologie per le misure ed il calcolo dell'incertezza dei laboratori di taratura e prova della SNAM. <i>Attività svolta.</i> Contratto industriale con la SNAM rete gas "Studio ed eventuale revisione dei metodi e del calcolo dell'incertezza per nuove norme EN" (in collaborazione con QV): supporto statistico e metrologico per l'individuazione delle procedure ottimali per la scelta del punto di campionamento nelle prove di analisi emissioni, determinazione della curva di taratura degli analizzatori e gestione delle prove valutative e dei confronti interlaboratorio. <i>Risultati ottenuti.</i> Revisione delle procedure e dei programmi di calcolo della SNAM rete gas.</p>
<p>Portata <i>Obiettivi.</i> Supporto all'Accreditamento per grandissime portate di acqua; formazione sulle portate. <i>Attività svolta.</i> Contratto industriale con la ditta Hemina: consulenza per la caratterizzazione e la stesura delle procedure tecniche operative di un nuovo impianto, unico in Italia e tra i più importanti in ambito europeo, per la taratura di misuratori di portata fino a 4000 L/s. Sviluppato e tenuto il corso sulla misura di portata d'acqua presso SMAT Torino. <i>Risultati ottenuti.</i> La ditta Hemina nel 2017 ha ottenuto l'accreditamento ACCREDIA.</p>
<p>Metrologia delle superfici funzionali <i>Obiettivi.</i> Sviluppo di campioni <i>application-oriented</i> (progetto EMPIR MethPM). <i>Attività svolta.</i> Caratterizzazione di campioni (<i>test structures</i>) di celle fotovoltaiche realizzate da Applied Materials e di dispositivi da altri collaboratori industriali. 1 tirocinio (laurea triennale) da PoliTo ed un internship da EPF, Troyes, Francia. <i>Risultati ottenuti.</i> Definizione di metodologie di misura senza contatto.</p>
<p>Vibrazioni <i>Obiettivi.</i> Attività didattica accademica e attività di formazione. <i>Attività svolta.</i> Corso di controllo del rumore (e vibrazioni) nel corso di laurea in Ingegneria meccanica al Politecnico di Torino (30 ore). Corso di Vibrazioni e procedure di Taratura al NIS (Egitto) e attività di formazione per laboratori accreditati (corsi erogati da INRIM).</p>
<p>Durezza <i>Obiettivi.</i> supportare le aziende italiane del settore e trasferire i risultati di ricerca <i>Attività svolta.</i> Collaborazione con l'azienda LTF, produttrice di durometri e sistemi di misura di durezza <i>Risultati ottenuti.</i> Nuovo contratto di cessione di know-how per la costruzione di durometri campione</p>
<p>CMM Club Italia <i>Obiettivi.</i> Diffondere in Italia la conoscenza della metrologia dimensionale e a coordinate in particolare. <i>Attività svolta.</i> Presidenza e responsabilità complessiva; organizzazione di eventi tecnici; impostazione del nuovo sito web; redazione della rivista <i>Probing e Probing Flash</i>. Ideazione e realizzazione di un gadget innovativo (indicatore di sistema di riferimento). <i>Risultati ottenuti.</i> 53 Soci (aziende) di cui 4 nuovi. Seminari InTeRSeC 33 (Bologna, 13 aprile, 90 presenze) e InTeRSeC 34 (Torino, 1 dicembre, 55 presenze). Celebrazione del Ventennale dalla fondazione (Torino, 30 novembre, 51 presenze). Premiazione di 20 Soci che lo sono dall'inizio dell'Associazione (20 anni) e di 7 che lo sono da almeno 10 anni. 2 numeri della rivista <i>Probing</i> e 2 del suo supplemento elettronico <i>Probing Flash</i>. Gadget innovativo.</p>

Normazione tecnica

Obiettivi. Contribuire allo sviluppo tecnico e divulgare in Italia.

Attività svolta. 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

Risultati ottenuti. Pubblicazione della ISO 14253-1 (revisione, task force; avvio dei 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

Obiettivi. Diffondere in Italia la conoscenza della metrologia e della Qualità nelle misure meccaniche.

Attività svolta. Organizzazione e docenza di corsi per Università e Enti di formazione

Risultati ottenuti. 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

Obiettivi. Supportare l'attività tecnica degli enti di accreditamento di Laboratori di Taratura

Attività svolta. Analisi documentazione tecnica e partecipazione alle Visite Ispettive di accreditamento/sorveglianza/rinnovo dei Laboratori accreditati

Risultati ottenuti. Accredito Laboratori di Taratura

Area ST3 - Metrologia termodinamica
Responsabile: Vito Fericola

Personale impegnato (frazione di tempo pieno)

	R&S	Ruolo NMI	Terza missione	Gestione & coordinamento	Totale
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			1		1
Vito Fericola	0,30	0,30	0,10	0,30	1
Claudio Guglielmono	0,40	0,40	0,20		1
Luigi Iacomini	0,20	0,40	0,10	0,30	1
Andrea Pavoni Belli	0,10	0,50	0,40		1
Lucia Rosso	0,70	0,30			1
Denis Smorgon (dal 04/2017)	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
Andrea Prato	0,75				0,75
Totale	5,45	6,20	3,40		15,65
Personale in formazione					
Giovanni Gugliandolo	0,50				0,50
Shahin Tabandeh	0,75				0,75
Totale	6,70	6,20	3,40	0,60	16,90

Articolazione del programma

Ricerca e Sviluppo
<p><i>Obiettivi.</i> Ricerca applicata nei settori della metrologia delle grandezze termodinamiche.</p> <p><i>Attività svolta.</i> Partecipazione a quattro progetti di ricerca europei EMPIR.</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> Articoli e conferenze internazionali; riduzione dell'incertezza; partecipazione in nuovo progetto EMPIR.</p>
<p>Termometria fotonica</p> <p><i>Obiettivi.</i> Sviluppo delle applicazioni di termometria fotonica basate sulla fotoluminescenza e sui metodi <i>whispering gallery</i>.</p> <p><i>Attività svolta.</i> Attività nell'ambito del JRP EMPRESS (enhancing process efficiency through improved temperature measurement) in cui INRIM è 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. Progettazione di nuove cavità risonanti per la termometria <i>whispering gallery</i> basata su monocristallo di zaffiro</p> <p><i>Risultati ottenuti.</i> Articolo pubblicato sulla rivista Int J Thermophys.</p>
<p>Igrometria</p> <p><i>Obiettivi.</i> Studio di un campione primario di umidità in tracce a pressione sub-atmosferica (JRP MeteoMet2). Sviluppo di metodi di riferimento per la generazione di gas umidi con punto di rugiada >100 °C. Misure di pressione di vapore in acqua e deuterio sopraffusi.</p> <p><i>Attività Svolta.</i> Caratterizzazione del nuovo generatore di umidità in tracce e confronto con il generatore del VTT-MIKES utilizzando come campione di trasferimento un analizzatore CRDS ed una radiosonda Vaisala.</p> <p>Messa a punto di un sistema gravimetrico di generazione di vapore saturo e misura della frazione molare con cavità risonante a microonde.</p> <p>Misura della pressione di vapore saturo dell'acqua sopraffusa nell'intervallo di temperatura tra -21 °C ed il punto triplo dell'acqua con incertezza relativa estesa compresa tra 0.06% e 0.2% rispettivamente al punto</p>

<p>di fusione e a -21 °C. <i>Risultati ottenuti:</i> articolo accettato da Measurement Science and Technology; articolo pubblicato su Journal of Chemical Thermodynamics.</p>
<p>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 insonazione a 1 e 3 MHz in collaborazione con la divisione Qualità della vita. <i>Risultati ottenuti.</i> Nuovo campione di potenza sonora.</p>
<p>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.</p>
<p>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.</p>
<p>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 °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. Riesaminate 5 procedure di taratura e pubblicata una nuova procedura di prova. Emessi 91 certificati di taratura e 12 rapporti di prova. Proposti 12 ILC ed emesse 28 relazione di ILC. Corso di formazione Accredia per la grandezza temperatura in cui hanno partecipato i responsabili dei Centri e gli ispettori tecnici e docenza e corso di formazione ANGQ "Taratura di misuratori di temperatura" (due cicli). Sono state svolte su incarico ACCREDIA due sorveglianze, un rinnovo, un estensione e un nuovo accreditamento nel settore temperatura.</p>
<p>Campioni per l'igrometria <i>Obiettivi.</i> Estensione della scala di umidità (temperatura di brina e di rugiada). Estensione del campione di temperatura dell'aria e di umidità relativa <i>Attività svolta.</i> Partecipazione e coordinamento di confronti chiave e supplementari del CCT e di EURAMET. <i>Risultati ottenuti.</i> Conferma ed estensione delle CMC di temperatura di brina/rugiada da -80 °C a 95 °C, umidità relativa da 2% a 98% e temperatura dell'aria da -20 °C a 95 °C con miglioramento delle incertezze di misura agli estremi dei rispettivi intervalli. Supporto all'accreditamento con attività di analisi documentale e valutazioni sul campo. Attività di taratura, prova e confronti interlaboratorio (ILC).</p>
<p>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 58 certificati, 5 visite ispettive per rinnovi di accreditamento.</p>
<p>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></p>

<p>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> Due seminari di metrologia generale e della Call Industry 2017</p>
<p>Trasferimento tecnologico <i>Obiettivi.</i> Consulenza per il consorzio nazionale del legno <i>Attività svolta.</i> Conclusione del contratto di servizio tecnico-scientifico tra INRIM-Conlegno per l'esecuzione dell'attività per la redazione di una specifica tecnica finalizzata all'esecuzione di prove per determinare l'influenza della conduzione termica dello stelo di sensori di temperatura impiegati nell'attività di trattamento termico HT del legno per imballaggi. A seguire è stata redatta la procedura di prova e svolta la relativa attività di prova su specifica, richiesta dalle aziende interessate. <i>Risultati ottenuti.</i> Rapporti di prova sonde in test e nuova specifica tecnica per l'esecuzione delle prove.</p>
<p>Didattica universitaria e formazione <i>Obiettivi.</i> Corsi di II e di III livello presso il Politecnico di Torino <i>Attività svolta.</i> Docenza del 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.</p>
<p>Brevetti <i>Obiettivi.</i> Sfruttamento del know-how acquisito con il progetto EMRP MADES. <i>Attività svolta.</i> Messa a punto della proposta brevettuale e deposito della stessa all'UIBM-MISE. <i>Risultati ottenuti.</i> Brevetto n° BIT17686-GC "Sonda per la misura di proprietà tribologiche"</p>
<p>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, partecipazione all'organizzazione del Plenary Meeting del TC 29 a Milano. <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." in pubblicazione. Norma IEC 60942 rev. 3 "Sound calibrators", pubblicata.</p>

Supporto ai laboratori accreditati del Sistema Nazionale di Taratura
<i>Attività in convenzione</i>

STALT ha, tra le sue finalità, anche la collaborazione con l'Ente Italiano di accreditamento - per lo svolgimento delle attività di valutazione e di supporto tecnico all'accREDITamento di laboratori di taratura sulla base di specifiche convenzioni e nel rispetto dei requisiti della normativa nazionale ed internazionale e degli organismi internazionali. Per il 2016, STALT in collaborazione con le Divisioni, ha organizzato e svolto le attività di supporto dei laboratori di taratura nel rispetto della Convenzione ACCREDIA - INRIM firmato il 14/05/2014 e dell'Accordo Integrativo della Convenzione firmato il 21/05/2015.

Il contenuto della Convenzione salvaguarda il ruolo dell'INRIM nella valutazione della competenza dei Centri di taratura accreditati, che continuano ad operare all'interno del Sistema Nazionale di Taratura vigente secondo la legge 273/91.

STALT, 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 (ad es. Direttiva MID) e per l'estensione del conseguimento della riferibilità metrologica in settori finora non coperti nei limiti definiti del documento ILAC-P10.

Descrizione delle attività svolte nel 2017

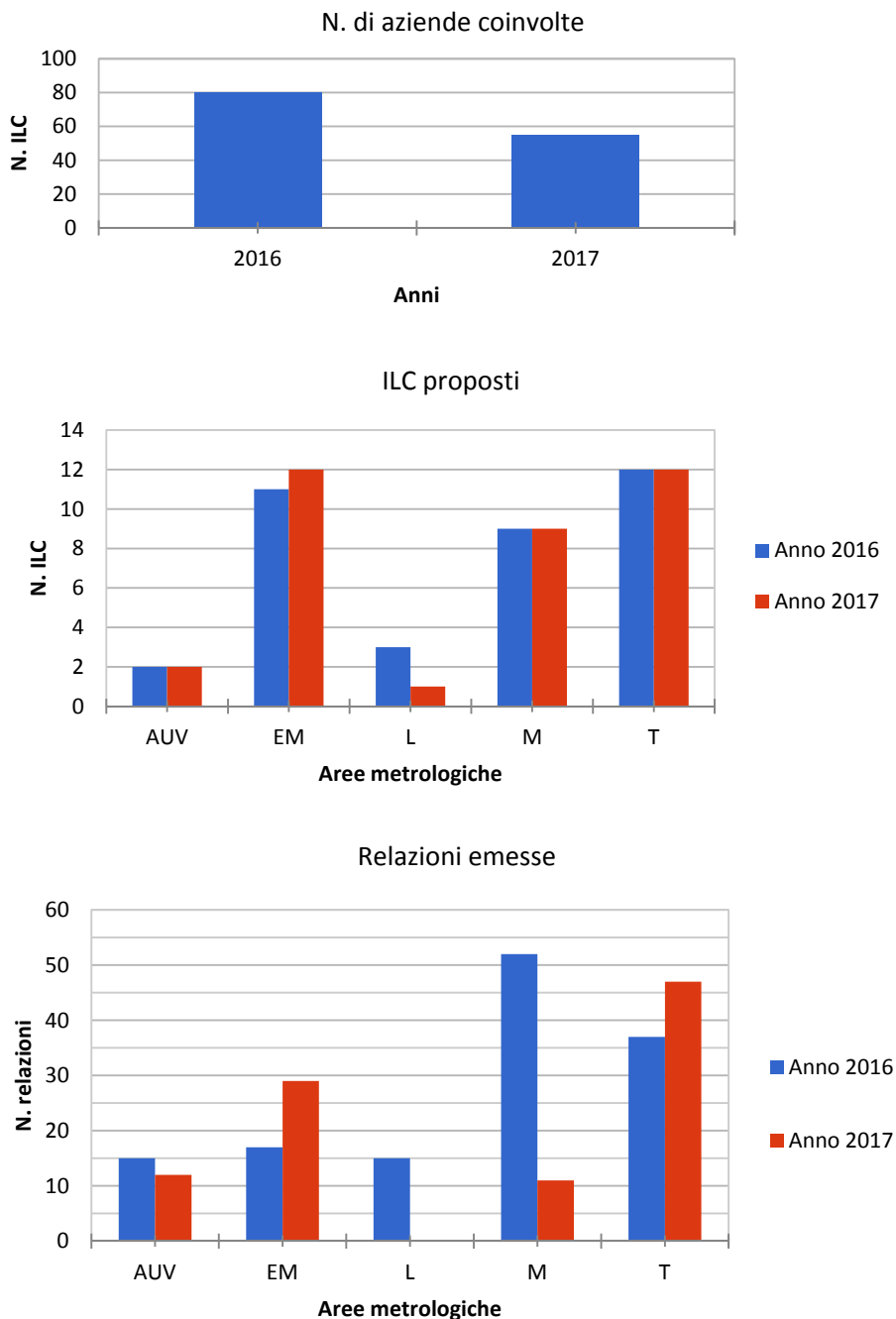
<p><u>Principali attività svolte</u></p> <p>Collaborazione con l'Ente italiano di accREDITamento in modo che ACCREDIA permanga firmatario degli accordi EA-MLA e ILAC-MRA.</p> <p>Le attività del personale STALT e delle altre divisioni dell'INRIM, presente nell'elenco Ispettori/Esperti del dipartimento di taratura di ACCREDIA, svolte nel quadro della Convenzione in vigore (art.2 a, b e c), sono le seguenti:</p> <ol style="list-style-type: none">1. <u>Attività di valutazione</u> di carattere sia gestionale/sistemico che tecnico riguardanti l'esame documentale e le valutazioni su campo effettuate presso Centri e Laboratori di taratura, previste dai Regolamenti per i processi di accREDITamento iniziale, rinnovo, sorveglianza, estensione o riduzione.2. <u>Gestione dei confronti interlaboratori</u> L'INRIM si è impegnato a fornire nell'ambito delle proprie disponibilità i confronti interlaboratori richiesti, necessari per l'effettuazione delle pratiche di accREDITamento, rinnovo ed estensione. Sono comprese in queste attività la messa a disposizione dei propri campioni, l'effettuazione delle loro tarature, l'elaborazione dei dati sperimentali e la redazione della relazione di confronto.3. <u>Supporto tecnico scientifico</u> per consentire ad ACCREDIA un'adeguata copertura metrologica alle attività da essa svolte. Nelle attività richieste e svolte dall'INRIM sono comprese la preparazione di documenti tecnici e di linee guida, la partecipazione a gruppi di lavoro, lo sviluppo di sistemi e metodologie da utilizzare nell'ambito di accREDITamento, la preparazione e la docenza a corsi di formazione, la partecipazione ad attività inerenti alla normativa nazionale ed internazionale nonché il supporto ai funzionari tecnici di ACCREDIA DT nella impostazione e gestione delle operazioni concernenti i vari processi di accREDITamento.
<p><u>Risultati di particolare rilievo</u></p> <p>I laboratori accreditati dal Dipartimento ACCREDIA-DT con supporto tecnico dell'INRIM alla fine del 2017 risultano in totale di 178. Con il supporto tecnico dell'INRIM sono stati rinnovati oltre 30 Centri LAT, estesi oltre 20 Centri LAT ed effettuate oltre 30 valutazioni su campo.</p> <p>Nel corso del 2017 sono stati offerti 36 ILC a cui hanno partecipato 55 aziende con l'emissione di 99 relazioni di misura.</p>
<p><u>Impatto dei risultati sul contesto esterno</u></p> <p>L'accREDITamento dei laboratori di taratura è uno degli scopi degli enti di accREDITamento (Statuto di European cooperation for Accreditation - EA e di International Laboratory Accreditation Cooperation - ILAC, in connessione con i trattati del World Trade Organisation - WTO). E' quindi un'attività necessaria per il sistema italiano di garanzia della qualità, al fine di consentire la libera circolazione dei certificati di taratura a livello europeo e internazionale. Perché ciò sia possibile e garantito, è necessario che ACCREDIA possa avere accesso alle competenze dell'INRIM.</p>

Confronti interlaboratorio (ILC) offerti come PTP (Proficiency Testing Provider)

INRIM ha avviato nel 2016 un nuovo servizio di confronti interlaboratorio (ILC) a supporto dell'accREDITAMENTO dei laboratori di taratura. I Confronti Interlaboratori (ILCs) sono lo strumento più diffuso per confrontare i risultati delle misurazioni effettuate da laboratori di taratura accreditati e/o non accreditati nel settore pertinente della misura; possono costituire un mezzo molto efficace per accertare la competenza tecnica dei partecipanti, anche ai fini di un eventuale accREDITAMENTO formale; infine, sono elemento importante anche per monitorare la qualità dei risultati di taratura, ai sensi della norma ISO/IEC 17025.

Nell'anno 2017 l'INRIM come fornitore di confronti di misura (PTP) ha proposto 36 confronti interlaboratorio (ILC), ha emesso 99 relazioni di ILC con 55 aziende coinvolte.

Quanto segue è il quadro dei settori tecnici interessati e delle attività svolte nel corso dell'anno per confronto con quelle svolte nel 2016.



Appendice 1: Struttura organizzativa dell'INRIM

Presidente: Diederik Sybolt Wiersma
Vice Presidente: Aldo Godone
Consiglio di amministrazione: Diederik Sybolt Wiersma; Aldo Godone (Vice Presidente); Livio Battezzati
Consiglio scientifico: Flavio Canavero (Coordinatore); Paolo Vigo; Massimo Maria Lanza; Martin J.T. Milton; Marco Genovese; Paola Tiberto
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)
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; Maria Luisa Rastello; Mauro Di Ciommo
Direttore scientifico: Maria Luisa Rastello Divisioni Metrologia Fisica (Giovanni Mana) Metrologia per la Qualità della Vita (Oriano Bottauscio) Nanoscienze e Materiali (Vincenzo Lacquaniti, fino al 28/02/2017), (Luca Callegaro, dal 1/3/2017)
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 Fericola
Direttore generale: Ines Fabbro Attività generali di Istituto Sistemi informatici (Sandra Denasi) Servizio prevenzione e protezione (Renato Actis Foglizzo) Servizio gestione qualità (Mauro Di Ciommo) Unità organizzative 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)

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 MethHPM	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
Environment	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

Appendice 3: Altri progetti INRIM

Tabella 4 - Progetti di ricerca UE ed internazionali (non Euramet) attivi nel 2017

Committente	Argomento	Finanziamento totale (k€)	Valore totale (k€)
UE – HORIZON 2020	Grant agreement n. 739568 PRO-METROFOOD	7	1.960
NATO tramite Univ. California	Analysis, design and implementation of an End-to-End QKD link over a 400 km Distance (QKD)	110	340
ESA tramite UDUS	ISS Space Optical Clock (I-SOC)	18	-
UE – HORIZON 2020	CLOCK NETWORK Services: Strategy and innovation for clock services over optical-fibre networks (CLONETS)	236	1.995
ESA - TASI	Metrology Telescope Design for a Gravitational Wave Observatory Mission (MetTel GWO)	30	
ESA	Standard Frequency Stability Measurement System (S-FSMS)	52	52
ESA - ESTEC	Compact Optical Attitude Transfer System (COATS CCN 1)	34	50
EC H2020 MSCA RISE	Quantum sensors - from the lab to the field (Q-SENSE)	27	945
GSA/EC	Egnos-SPMS	121	173
ERC-EC	An ultracold gas plus one ion : advancing Quantum Simulations of in-and-out-equilibrium many-body physics (PlusOne)	1.496	1.496
H2020-MSCA-ITN-2014 no. 642642	Smart ELECTrodeposited Alloys for environmentally sustainable applications: from advanced protective coatings to micro/nano-robotic platforms	258	3.274
UE-FP7	Shape-engineered TiO ₂ nanoparticles for metrology of functional properties: setting design rules from material synthesis to nanostructured devices (SetNanoMetro)	538	5.669
FP7-ITN-FACT	FUTURE Atomic Clock Technology	250	250
FP7 EC Marie Curie	Controlling domain wall dynamics for functional devices (WALL)	-	323

Tabella 5 - Progetti di ricerca nazionali attivi nel 2017

Committente	Argomento	Finanziamento totale (k€)	Valore totale (k€)
MIUR Premiale	Cibo&Salute	129	4.646
MIUR Premiale	Materiali innovativi e tecnologie efficienti per le energie rinnovabili (MATER)	229	5.499
MIUR Premiale	Laboratorio Multidisciplinare del Mediterraneo (LABMED)	160	329
MIUR - SEED	Mise en pratique-MES	50	50
MIUR - SEED	Interference-based charge qubit for quantum metrology and sensing (IBC-QuBit)	50	50
MIUR - SEED	Test of a low pressure standard based on a superconducting microwave cavity (SEED_LPRES)	48	48
MIUR - SEED	GeCum - Genetic Quantum Measurement	50	50
MIUR - FARE	Ultracold ion crystals in a quantum (UltraCrystal)	90	90

ASI	Sviluppo delle competenze italiane per l'esperimento FORUM-Far-Infrared Outgoing Radiation Understanding and Monitoring (SCIEF)	19	271
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)	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)	500	1.924
Ministero della Salute	Food authenticity: metodi analitici innovativi a tutela del consumatore	4	108
MIUR – Progetto Premiale	Metrologia di tempo e frequenza in fibra ottica per la geodesia e lo spazio (METGESP)	670	1.090
MIUR – Progetto Premiale	Intermodal Secure Quantum Communication on Ground and Space (Q-SecGroundSpace)	470	1.589
MIUR Progetto Strategico	PS4 – NANO EM	550	550
MIUR Progetto Strategico	PS3 - Nuova definizione del kelvin e mise-en-pratique	452	452
MIUR Progetto Strategico	PS2 - Dosimetria elettromagnetica per applicazioni biomedicali	433	433
MIUR Progetto Strategico	PS1 – LIFT MATERA	614	614
MIUR – PRIN 2015	A new primary method of gas thermometry based upon Doppler-broadened mercury spectroscopy in the UV region (HG DOPPLER SPECTROSCOPY)	163	558
Fondazione CRT	Materiali di riferimento per migliorare l'affidabilità delle terapie cellulari (STEMMREF)	49	49
SIR - MIUR	Ultracold atoms plus ions: new frontiers in hybrid quantum systems (ULTRACOLD PLUS)	481	481
MIUR PRIN 2012	AQUASIM	146	456

Tabella 6 - Progetti di ricerca Industriali attivi nel 2017

Committente	Progetto di ricerca	Valore totale (k€)
LTF S.p.A.	Concessione di una licenza di sfruttamento del know-how nel settore delle misure di durezza per le scale rockwell, brinell, vickers e marten (LTF Cessione Know-how)	Cifra che dipende da royalties calcolate sulle vendite future di LTF S.p.A
Special Cryogenics Corp (Hong Kong)	Supply of cryogenic fixed point cells	13
CNRS-SATIE (France)	R&D collaboration for an extended characterization of magnetic steel sheets under rotational flux	17
ESA tramite GMV	Galileo Time Geodetic Validation Facility-Full Operational Capability - Operation Extension 2017 (TGVF FOC operation extension 2017)	64
GNSS tramite Spaceopal	Time Service Provider (TSP GSOp)	1.864
ESA tramite Thales Alenia Space Italia	Galileo Exploitation Phase System and Service Support Activities (FOC Exploitation)	610
Thales Alenia Space Italia	Time Transfer Modem (TTM)	75
CONLEGNO	Attività di prova secondo specifica su termometri impiegati nel trattamento termico ht del legno per imballaggio	20
IAM SRL	Ricerca e validazione di condotti sbarre e loro accessori	155
Autostrade per l'Italia	ASPI – GALLERIE	20
SNAM RETE GAS	Studio ed eventuale revisione dei metodi e calcolo dell'incertezza per nuove norme EN	60
ESA LEONARDO SPA	RUBIDIUM POP ATOMIC CLOCK - Physics package	300
NOVASIS	Nuova piattaforma sensoristica per sistemi di rilevamento smart di emissioni di gas inquinanti e tossici (NOVASENS)	20
Microplus s.r.l	Contratto per la commercializzazione del software Powerfield dell'INRIM	on the basis of sales volume

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)"	
Università degli Studi di Camerino (MC)	Convenzione di collaborazione nei campi della ricerca scientifica e della formazione professionale	5 anni dal 02/03/2012
Dipartimento di Scienze della Salute dell'Università degli Studi del Piemonte Orientale "Amedeo Avogadro" - Novara	Accordo di collaborazione nell'ambito della valutazione delle condizioni di visione durante l'esecuzione delle attività cliniche riferite all'attività odontoiatrica e dell'igiene orale	5 anni dal 03/09/2012
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
Università di Pisa, Novosibirsk State University, Novosibirsk State Technical University e Institute of Laser Physics	Convenzione di collaborazione scientifica	3 anni dal 14/01/2014
Sezione Geomagnetismo, Aeronomia e Geofisica Ambientale (Roma 2) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)	Accordo di collaborazione per attività di ricerca e sviluppo tecnologico per il monitoraggio in campo ambientale con particolare riferimento al settore marino	3 anni dal 05/03/2014
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
Selex ES S.p.A. - Roma	Accordo di collaborazione scientifica e tecnologica finalizzata allo sviluppo, produzione, promozione e commercializzazione di prodotti innovativi per applicazioni spaziali e metrologia	2 anni dal 17/11/2015
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

Fondazione ISI	Convenzione quadro di collaborazione nei campi della ricerca scientifica, delle applicazioni tecnologiche e industriali e della formazione su tematiche di comune interesse	1 anno dal 23/02/2016
Società Italiana di Fisica (SIF) - Bologna	Convenzione operativa per l'organizzazione della scuola estiva di Varenna sulla Metrologia e le Costanti fondamentali, che si terrà a Varenna (LC) dal 26 giugno al 6 luglio 2016	1 anno e 2 mesi dal 26/04/2016
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 CIMAN concernente lo studio del magnetismo naturale nel campo della geologia e dei beni culturali e ambientali	3 anni dal 14/09/2016
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 28/05/2020
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

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 goniometria.

Laboratori di radiometria criogenica fino a 40 mK.

Spettro-goniometria dei materiali.

Appendice 6: Acronimi

ACAIE	Associazione per la Certificazione delle Apparecchiature Elettriche
ACCREDIA	Ente italiano di accreditamento
AIDI	Associazione Italiana di Illuminazione
APAT	Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (ora ISPRA)
ARPA	Agenzia Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente
ASL	Azienda Sanitaria Locale
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures
CCAUV	Comité Consultatif de l'Acoustique, des Ultrasons et des Vibrations
CCEM	Comité Consultatif pour l'Electricité et le Magnetisme
CCL	Comité Consultatif des Longueurs
CCM	Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées
CCPR	Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie
CCRI	Comité Consultatif pour les étalons de mesure des Rayonnements Ionisants
CCQM	Comité Consultatif pour la Quantité de Matière – Métrologie en chimie
CCT	Comité Consultatif de Thermométrie
CCTF	Comité Consultatif du Temps et des Fréquences
CdA	Consiglio di Amministrazione
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano
CEN	Comitato Europeo di Normazione
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CGPM	Conférence Générale des Poids et Mesures
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
CIGRE	Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques
CIPE	Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica
CIPM	Comité International des Poids et Mesures
CIRP	International Academy for Production Engineering
CMC	Calibration and Measurement Capabilities
CMM	Coordinate Measuring Machine
CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche
CRUM	Centro di Riferimento di Ultrasuoni in Medicina
CS	Consiglio Scientifico
EA	European co-operation for Accreditation
EFTF	European Frequency and Time Forum
EMRP	European Metrology Research Programme
ENEA	Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente
ENEA-INMRI	Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti dell'ENEA
ERANET	Reti della European Research Area
ESA	European Space Agency
EURAMET	European Association of National Metrology Institutes
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards
FIRB	Fondo per gli Investimenti della Ricerca di Base
GMEE	Gruppo Misure Elettriche ed Elettroniche – Associazione italiana
GPS	Global Positioning System
HITU	High Intensity Therapy Ultrasound
ICT	Information and Communication Technology
IEC	International Electrotechnical Commission
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
IMEKO	International Measurement Confederation
iMERA	implementing the Metrology European Research Area
IMGC	Istituto di Metrologia "Gustavo Colonnetti" del CNR

<i>INFN</i>	<i>Istituto Nazionale di Fisica Nucleare</i>
<i>IRMM</i>	<i>Institute for Reference Materials and Measurements (Geel, Belgio)</i>
<i>ISO</i>	<i>International Organization for Standardization</i>
<i>ISPRA</i>	<i>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (già APAT)</i>
<i>ISS</i>	<i>Istituto Superiore di Sanità</i>
<i>ITS-90</i>	<i>International Temperature Scale 1990</i>
<i>ITU-R</i>	<i>International Telecommunication Union – Radiocommunications</i>
<i>JRP</i>	<i>Joint research project</i>
<i>KC</i>	<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>PoliTo</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>SIT</i>	<i>Servizio di Taratura in Italia</i>
<i>SPP</i>	<i>Servizio prevenzione e protezione</i>
<i>SSEEC</i>	<i>Solid State Energy Efficient Cooling</i>
<i>SOMMACT</i>	<i>Self Optimising Measuring Machine Tools</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>URSI</i>	<i>International Union of Radio Science (Union Radio Scientifique Internationale)</i>
<i>UTC</i>	<i>Coordinated Universal Time</i>