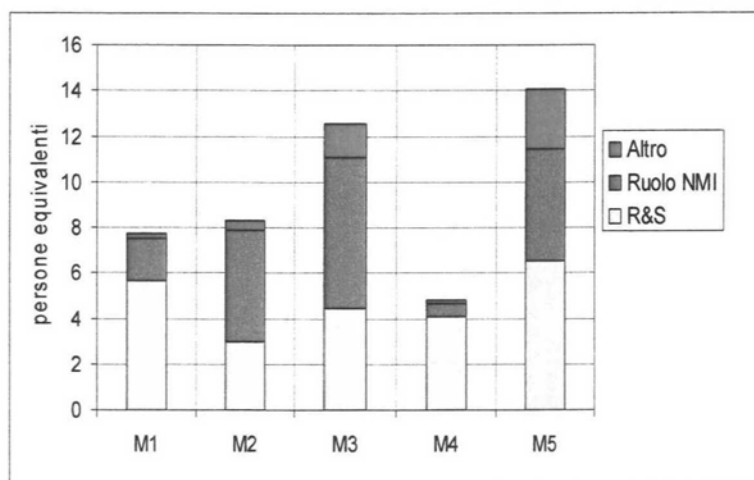
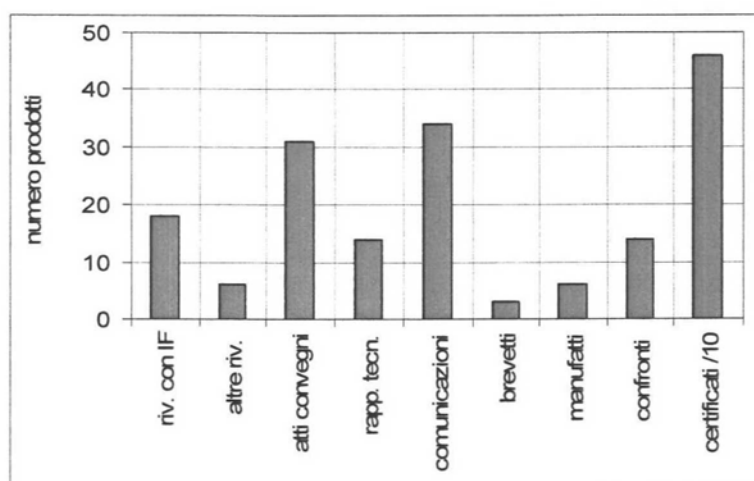




b) persone equivalenti dedicate alle varie attività, per programma



c) prodotti relativi al 2007

Programma M1- Misure di massa**Responsabile: Walter Bich****Personale impegnato (impegno in percentuale per ciascun tipo di attività)**

Nome Cognome	R&S INRIM	R&S contratto	Mantenimento	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro
Walter Bich	60	0	20	10	0	10
Giovanni Mana	40	60	0	0	0	0
Enrico Massa	70	30	0	0	0	0
Roberto Goria	20	0	20	50	0	0
Andrea Malengo	60	0	20	20	0	0
Savino Pettoruso	40	0	20	30	0	10
Giovanni Cavagnero	0	16	0	0	0	0
Adriano Bergamin	0	8	0	0	0	0
Luca Ferroglio (tesista)	0	10	0	0	0	0
Francesca Pennecchi (ass. ric.)	100	0	0	0	0	0
Federico Zannier (cococo)	0	10	0	0	0	0
Alessandro Barbone (TD)	0	50	0	0	0	0
Gianfranco. Zosi (coll.gr. UniTo)	10	0	0	0	0	0
Totale (TPE)	4,00	1,84	0,80	1,10	0,00	0,20

Descrizione del programma**Principali attività svolte:**

E' stato reso operativo il sistema interferometrico X/ottico su spostamenti fino a 5 cm (cf. progetto D64 – Regione Piemonte) e sono iniziate misurazioni nella regione di risoluzione ed accuratezza desiderata (5×10^{-9} , cf. International Avogadro Coordination). E' stato completato con successo il collaudo di due interferometri X capaci di sfruttare appieno le potenzialità del nuovo apparato sperimentale; uno di questi è progettato per misure assolute di frequenze di transizioni nucleari, che sono condotte presso il reattore nucleare dell'ILL (cf. proposta Joint Research Programme IMERA+ NAh). E' stato ultimato lo sviluppo delle tecnologie per realizzare la superficie ottica di un interferometro X parallela ai piani reticolari entro 5 urad (cf. collaborazione LOGICA snc e SILO srl). E' stato completato lo studio degli effetti della tensione superficiale nell'interferometria X e nella misurazione del parametro reticolare del Si (cf. collaborazione UNITO). E' stata avviata (nel quadro del coordinamento internazionale Avogadro) un'attività di sviluppo e supporto matematico/teorico per la misurazione della massa molare del silicio attraverso la spettrometria di massa. Sono state eseguite le prime misure in vuoto dei due campioni, di pari massa e superficie e volume diverso, realizzati dall'INRIM per la misura della densità dell'aria in modo diretto.

E' stato realizzato un sistema per misurare la posizione del centro di massa di un corpo.

Si sono misurate posizione del centro di massa e densità della *test - mass* utilizzata nel progetto LISA (collaborazione Thales Alenia Space). L'esperimento ha lo scopo di ottenere informazioni sulle onde gravitazionali attraverso la misura della distanza relativa di sensori inerziali, i quali saranno posizionati all'interno di satelliti posti ad una distanza di 5×10^6 km. Le misure sono state eseguite su tre campioni aventi diversa accuratezza di lavorazione.

Nel campo della densità di solidi è stata modificata la procedura di taratura e il software per la gestione della strumentazione, inoltre è stata installata una nuova strumentazione per la misura della temperatura.

Per la formazione si è partecipato alla docenza in un corso introduttivo all'incertezza presso l'INMETRO (a carattere nazionale, con lezioni in portoghese), alla advanced school on evaluation of uncertainty in measurement, anch'essa organizzata dall'INMETRO, a carattere internazionale e a due corsi per Ispettore Metrico e Assistente al Servizio organizzati dall'Istituto G. Tagliacarne.

Risultati conseguiti:

E' stato dimostrato che è possibile operare un interferometro a raggi X (spostamenti fino a 5 cm) ed effettuare misurazioni del passo reticolare (spostamenti fino a 0.5 cm, cf. con obiettivo di 5 cm) utilizzando una guida ottica controllata elettronicamente su sei gradi di libertà (mantenendo il reticolo atomico perfettamente affacciato a quello del cristallo di riferimento). Sono state effettuate misurazioni del parametro reticolare con una accuratezza pari a 2×10^{-8} (cf. con l'obiettivo fissato a 3×10^{-9}).

E' stato realizzato un sistema di misura della posizione del centro di massa di un corpo mediante il metodo

della pesata a ponte.

Sono stati pubblicati: 8 articoli indicizzati dall'ISI-Thomson Web of Science; 2 pubblicazioni su atti di congressi internazionali e una su atti di congressi nazionali; 1 rapporto tecnico.

Il Supplemento 1 della *Guide to the expression of uncertainty in measurement* è stato approvato dalle organizzazioni concorrenti e inviato all'ISO per la pubblicazione. Altri documenti hanno visto significativi progressi.

Impatto dei risultati conseguiti sul contesto esterno:

E' stato coordinato, proposto e approvato un progetto di ricerca congiunto (INRIM, IRMM, PTB, ILL, UNITO, BIPM) nel quadro dell'iniziativa IMERA-plus del VII programma quadro.

Un componente del programma ha presentato le dimissioni e avviato un'azienda nel settore della microelettronica.

Al corso introduttivo all'incertezza presso l'INMETRO hanno partecipato un'ottantina di studenti provenienti da varie istituzioni brasiliane. Alla advanced school hanno partecipato 102 studenti provenienti da 40 istituzioni di 15 diversi Paesi.

Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici:

Rispetto alla tempistica preventivata (in termini di obiettivi raggiunti), il progetto Avogadro (avviato il 01-01-2004) ha accumulato un ritardo di circa un anno. Le cause sono da individuare da difficoltà impreviste di natura scientifica e tecnica emerse sia nelle attività di competenza esterna (nell'ambito della collaborazione internazionale) che interna. Le maggiori criticità sono connesse all'insuccesso nel reperire internamente all'INRIM personale (da inserire nel progetto) con competenze tecnico/scientifiche idonee a sostituire il personale dimissionario.

Le altre attività hanno prodotto risultati sostanzialmente allineati con quelli attesi.

Collaborazioni con altri soggetti (contratti e accordi formali attivi)

<i>Contratto / accordo formale</i>	<i>Soggetti coinvolti</i>	<i>Note</i>
D64 – Regione Piemonte	INRIM, UNITO	Ricerca e sviluppo per la metrologia degli spostamenti alla scala delle dimensioni atomiche
International Avogadro Coordination	INRIM, IRMM, NMI-Australia, NMJJ, PTB	Collaborazione internazionale per la determinazione della costante di Avogadro
Equazioni di Takagi-Taupin per la propagazione dei raggi X in cristalli perfetti e deformati	INRIM, UNITO	

Programma M2 – Dinamometria**Responsabile: Alessandro Germak****Personale impegnato (impegno in percentuale per ciascun tipo di attività)**

Nome Cognome	R&S INRIM	R&S contratto	Mantenimento	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro
Giancarlo D'Agostino (TD)	60	0	30	0	0	10
Alessandro Germak	30	10	10	10	10	30
Paolo Iudici	0	10	10	80	0	0
Carlo Marinari	30	10	20	40	0	0
Fabrizio Mazzoleni	0	10	20	60	10	0
Claudio Origlia	10	10	20	60	0	0
Francesco Vitiello	0	0	10	90	0	0
Danilo Quagliotti (ass. ric.)	100	0	0	0	0	0
Giulio Barbato (coll. gr. PoliTo)	10	0	0	0	0	0
Sergio Desogus (coll. gratuita)	0	10	10	0	0	0
Totale (TPE)	2,40	0,60	1,30	3,40	0,20	0,40

Descrizione del programmaPrincipali attività svolte**Gravimetria:**

1. Mantenimento, sviluppo e caratterizzazione metrologica del gravimetro assoluto trasportabile IMGC-02.
2. Partecipazione dello strumento al Confronto Europeo tra Gravimetri Assoluti ECAG07.
3. Campagne di misura nelle zone vulcaniche dell'Italia meridionale (Colli Albani: Palestrina, Castelgandolfo, Santangelo Romano; Catania; Etna: Pizzi Deneri, Serra La Nave, Montagnola; Pantelleria: Khamma, Porto) per conto dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).
4. Partecipazione a Conferenze (AMUEM07-Trento, Congresso Misure Meccaniche e Termiche-Folgaria, IAG-San Pietroburgo, Metrologia e Qualità-Torino, IMEKO TC3-Messico) e Gruppi di Lavoro (CCM-WGG-San Pietroburgo).

Forza e coppia:

1. Mantenimento, sviluppo e disseminazione dell'unità di forza e coppia
2. Partecipazione a confronti CCM.F- K3a, b
3. Audit interni delle macchine campionesi di forza
4. Attività di supporto per l'accreditamento dei laboratori
5. Partecipazione a Conferenze (IMEKO TC3-Messico) e Gruppi di Lavoro (CCM-WGF-Messico, IMEKO TC3-Messico)

Durezza:

1. Mantenimento, sviluppo e disseminazione delle scale di durezza
2. Caratterizzazione metrologica di durometri campione e strumentazione
3. Attività di supporto per l'accreditamento dei laboratori
4. Partecipazione a Conferenze (HARDMEKO-Giappone) e Gruppi di Lavoro (CCM-WGH-Giappone, IMEKO TC5-Giappone)

Accelerazioni dinamiche:

1. Mantenimento, sviluppo e disseminazione dell'unità di accelerazione dinamica
2. Attività di supporto per l'accreditamento dei laboratori

Risultati conseguiti:

- Caratterizzazione della nuova tavola vibrante fino a 20 kHz.
- Caratterizzazione metrologica di durometri campione e strumentazione di misura (AFFRI per SIMT Shanghai e LTF per NPL India).
- Studio di parametri di influenza nella misura Brinell.
- Sviluppo di un nuovo sistema di acquisizione automatica dei dinamometri multicomponenti INRIM.
- Campagna di misura per la valutazione delle caratteristiche metrologiche del Campione primario di Forza del CENAM attraverso il dinamometro INRIM a sei componenti.
- Caratterizzazione metrologica di macchine campione di forza (Università studi di Trento).
- Diminuzione di pesi ed ingombri del gravimetro assoluto IMGC-02, ottimizzazione interfaccia grafica, diminuzione tempo di elaborazione del programma di acquisizione, studio del sistema inerziale per eventuale controllo, implementazione del software per la predizione delle maree gravimetriche nel

sistema di gestione. - Campagne di misura gravimetriche nelle zone vulcaniche dell'Italia meridionale (Colli Albani: Palestrina, Castelgandolfo, Santangelo Romano; Catania; Etna: Pizzi Deneri, Serra La Nave, Montagnola; Pantelleria: Khamma, Porto). - Ufficializzazione di un accordo con il BIPM (e VNIIM) per la collaborazione alla realizzazione di un gravimetro assoluto per il BIPM
<u>Impatto dei risultati conseguiti sul contesto esterno</u> Sono in atto le trattative per collaborazioni con: - Istituto di Metrologia messicano CENAM per la costruzione e lo sviluppo di un gravimetro assoluto trasportabile sulla base dei risultati conseguito con l'IMGC-02; - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), l'Istituto nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS) per lo sviluppo di un gravimetro assoluto trasportabile da campagna. In questa attività ha mostrato interesse l'Oto Melara, azienda che fa parte del gruppo Finmeccanica; - ditta AEP per la progettazione e realizzazione di un nuovo campione di coppia a guida pneumostatica di portata massima inferiore a 50 Nm e per la progettazione di un torsiometro rotante senza contatto
<u>Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici</u> Sono stati ottenuti i risultati attesi ad esclusione della stesura della guida all'incertezza di misura in gravimetria assoluta. La costruzione della nuova macchina campione di forza è appena iniziata, mentre la realizzazione dell'hardware e del software di controllo è ancora da cominciare. Innumerevoli attività ed impegni si sono susseguiti ma le risorse umane disponibili a livello di ricercatore sono risultate limitate. Ai numerosi contatti e proposte di collaborazione ricevute si è potuto rispondere subordinatamente alle reali possibilità di risorse umane disponibili.

Collaborazioni con altri soggetti (contratti e accordi formali attivi)

<i>Contratto / accordo formale</i>	<i>Soggetti coinvolti</i>	<i>Note</i>
Caratterizzazione metrologica dei campioni di forza di prima linea	Omeco	
Caratterizzazione metrologica dei campioni di forza di prima linea	Smi	
Caratterizzazione metrologica dei campioni di forza di prima linea	Poli Milano	
Caratterizzazione metrologica dei campioni di forza di prima linea	Università Politecnica delle Marche	
Caratterizzazione metrologica dei campioni di forza di prima linea	Metrocom	
Valutazione delle caratteristiche metrologiche e della stabilità della macchina a moltiplicazione a leva MCF da 600kN e dei campioni a pesi diretti da 12kN e 1 kN	Cooperativa Bilanciai	
Valutazione metrologica e analisi della stabilità nel tempo e delle incertezze dei campioni di forza di prima linea della TMT	TMT	
Agreement about scientific and technological cooperation	CENAM (Messico)	
Cooperation in the field of absolute gravimetry	CENAMEP (Panama)	

Programma M3 - Meccanica dei Fluidi**Responsabile: Pier Giorgio Spazzini****Personale impegnato (impegno in percentuale per ciascun tipo di attività)**

Nome Cognome	R&S INRIM	R&S contratto	Mantenimento	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro
Pier Giorgio Spazzini	10	35	25	15	5	5
Mercede Bergoglio	0	0	40	10	20	30
Giorgio Cignolo	0	10	30	30	20	10
Salvatore Lorefice	10	10	65	10	0	5
Riccardo Malvano	10	5	45	20	5	5
Antonio Rivetti	0	95	0	0	0	5
Marina Sardi	5	0	40	20	0	0
Franco Alasia	0	20	0	0	0	80
Paolo De Maria	0	10	35	40	5	5
Roberto Gorla	0	0	0	10	0	0
Gaetano La Piana	5	65	25	5	0	0
Andrea Malengo	5	3	10	2	0	0
Gianni Martini	0	100	0	0	0	0
Domenico Mari (TD)	10	0	70	20	0	0
Arina (coll. PoliTo)	10	0	0	0	0	0
Giorgio Buonanno (coll. gr. UniCa)	0	0	10	0	0	0
Anita Calcatelli (coll. gratuita)	0	0	10	0	0	0
Iuso (coll. gr. PoliTo)	10	0	0	0	0	0
Gianfranco Molinar (coll. gratuita)	0	0	20	0	0	0
Onorato (coll. gr. PoliTo)	10	0	0	0	0	0
<i>Totale (TPE)</i>	0,85	3,53	4,25	1,82	0,55	1,45

Descrizione del programma**Principali attività svolte:**

- 1 Attività di ricerca e sviluppo:
 - Calcolo di flussi interni a micropropulsori e valvole di regolazione volte ad analisi funzionamento e miglioramento delle prestazioni (ricerca su contratto)
 - Iniziato lo sviluppo di un codice di calcolo basato su metodi simulazione statistica di movimento molecolare nell'ambito del Progetto Regionale E15;
 - Prime misure di suono generato da flussi;
 - Nell'ambito di una collaborazione con LNE si è iniziata la caratterizzazione di fughe di riferimento per microportate di refrigeranti.
- 2 Realizzazione Prototipi:
 - Sviluppo di iniettori CH₄ e GPL automobilistici con tecnologia piezo, e realizzazione di 2 dimostratori (collaborazione con ISTEC-CNR)
 - Sviluppo di thruster per azoto: assistenza al montaggio, prove e qualifica
 - Prove su componenti del sistema di bloccaggio (Caging system) di LISA Pathfinder.
 - Sviluppo e realizzazione a livello Engineering Model di valvole per xeno, con heaters e controllo di temperatura; primo prototipo attualmente in prova.
 - Progetto e realizzazione di valvola di riflusso con separazione fisica fra attuatore e valvola a contatto col fluido. Prototipo realizzato e testato con esito favorevole nel 2007
- 3 Mantenimento dei campioni primari delle grandezze di competenza, relative CMC (78) e miglioramenti:
 - campioni anemometrici (revisione della valutazione incertezza, miglie e analisi del comportamento agli impianti maneggio aerodinamico e canale aerodinamico; studio su risposta di anemometri a coppe in moto di taglio;)
 - campioni primari di pressione nell'intervallo tra 10⁻⁶ Pa e 1 GPa (collaborazione con PTB per misure di pressione e microportate; rideterminazione dei rapporti di espansione dell'impianto ad espansione statica; calcolo dell'area dalle misure dimensionali del pistone e cilindro della bilancia di pressione a

pistone non rotante; miglioramento del flussometro con riferimento alla pressione atmosferica)	
4	Confronti MRA - Euromet 514, confronto anemometri, effettuate le misure; - Preparazione di un confronto anemometrico INRIM pilota; - Analisi dati e stesura Draft B Euromet 702 (INRIM pilota); - confronto bilaterale INRIM–CENAM densità liquidi effettuate le misure - CCM-FF-K4b volume effettuate le misure - CCM.P-K-12 effettuate le misure su fuga a permeazione elio - Preparazione di un nuovo confronto di volumi di liquido INRIM pilota.
5	Disseminazione delle grandezze: valutazione di un nuovo Centro SIT per anemometria, di due nuovi Centri SIT per le portate, di 10 Centri SIT per pressioni, effettuazione confronto SIT in mezzo liquido tra 10 e 100 MPa.
6	Formazione: svolta docenza in vari corsi a livello nazionale sulla misura e valutazione dell'incertezza per le grandezze di competenza
7	Normazione: stesura di norma-quadro del CIG sulla riferibilità delle misure di gas e analisi di fattibilità sulla normazione in campo meteorologico (pluviometria) in collaborazione con AMI e Università di Genova (Facoltà di Ingegneria).
9.	Stesura manuali hardware e software per ENEA CR di Trisaia
Risultati conseguiti: Pubblicazione di n. 2 articoli su rivista internazionale, n. 6 memorie in Congressi Internazionali, n. 2 articoli su Riviste Nazionali, n. 1 memoria in Congresso Nazionale e n. 4 rapporti tecnici Risultato confronto CCM-FF-K4 è stata confermata la CMC 100 mL. La disseminazione delle Unità ha portato all'accreditamento di nuovi laboratori ed a verifica con esito positivo di numerosi Centri già esistenti. Correzione per regime di flusso non molecolare e errore sistematico del sistema ad espansione continua. Stesura di rapporti (inviati al Committente) sui calcoli effettuati sulla valvola di regolazione per Xeno e sul microthruster per Thales Alenia Space. Prototipo dimostratore di iniettore piezo per CH₄ e GPL con buone caratteristiche operative. Thrusters per azoto sviluppati da INRIM, scelti da ESA nel 2007 in gara europea per missione GAIA (attualmente in fase di test di spinta su nano-bilancia presso Thales Alenia Space Torino, con nostra assistenza). Validazione tramite verifica sperimentale dello schema costruttivo di riduttore di pressione per xeno mediante heaters sulla testata; definizione dei parametri operativi. Validazione (da parte del committente) della funzionalità della valvola di riflusso con separazione a membrana in titanio GR5, interamente realizzata presso INRIM.	
Impatto dei risultati conseguiti sul contesto esterno: Supporto alle industrie per certificazione di strumenti per processi industriali; presidio metrologico e disseminazione dei campioni relativi a M3. Consulenza e supporto alle industrie per: sviluppo di apparecchiature basate su processi fluidodinamici, controllo di qualità delle proprietà fisiche dei materiali, sviluppo di metodi di misura delle proprietà fisiche, misure di portata di gas naturale, miglioramento della riferibilità delle misure industriali. Analisi sulla generazione e propagazione del suono per lo sviluppo di sistemi con minore impatto sonoro sull'ambiente. Studio di micro-flussi di gas per ricerca e controllo delle fughe, ricadute ambientali nel caso dei gas refrigeranti Sviluppo di componenti attivi a tecnologia piezo per la sostituzione di quelli tradizionali a causa della crescente affidabilità, della maggior precisione e del minor consumo di energia.	
Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici: I risultati ottenuti sono sostanzialmente in linea con le attese; buona parte dei risultati attesi sono stati effettivamente conseguiti (es. analisi microthrusters, applicazioni metrologiche ugelli sonici, correzione errore sistematico del sistema ad espansione continua, attività di formazione e disseminazione), mentre le attività relative a quelli non conseguiti procedono e si prevede che porteranno a risultati futuri (ad es. nuovi confronti MRA, sviluppo del sistema di taratura LDV, caratterizzazione di fughe di riferimento a capillare in regime di flusso transitorio) oppure sono state sospese in attesa di essere riprese in futuro (ad es. applicazione LDV allo studio impianti campione, automazione stazione misura densità, attività nel campo del degassamento di materiali per il vuoto, nanobilancia). Esistono tuttavia alcune difficoltà nello sviluppare adeguatamente i vari progetti, dovute principalmente al ridotto numero di unità di personale a fronte dei numerosi impegni e a causa di incremento dell'impegno	

dedicato ad attività divenute prioritarie.

In particolare, il solo ricercatore impegnato su M3.4 è ormai prossimo al pensionamento e si sottolinea che le attività relative ad M3.4 sono considerate strategiche ed assolutamente irrinunciabili per INRIM.

Collaborazioni con altri soggetti (contratti e accordi formali attivi)

Contratto / accordo formale	Soggetti coinvolti	Note
Progetto E15 Ex Bando Regionale per la Ricerca Applicata 2004	INRIM, Politecnico, Regione Piemonte	
Consulenza sulla validità e diffusione delle misure di portata di gas naturale mediante diaframmi	SNAM Rete Gas	Relazione finale consegnata e contratto terminato (20 kEuro)
Collaborazione per la realizzazione di trasduttori integrati di portata in massa per gas.	ITC – Istituto Trentino di cultura	Sviluppato l'hardware da parte ITC, attualmente in fase di implementazione presso Thales Alenia Space Firenze
"Cold gas" (sviluppo di <i>thruster</i> per azoto: assistenza al montaggio, all'attività di testing e qualifica)	Thales Alenia Space Firenze	Fatturazione 2° fase (15 kEuro) effettuata nel 2007.
"Caging valve 1" (prove su componenti del sistema di bloccaggio (<i>Caging system</i>) di LISA Pathfinder)	Thales Alenia Space Firenze	Attività ultimata e fatturata nel 2007 (10 kEuro).
"Xeno 1" (sviluppo e realizzazione a livello EM di prototipi di valvole per alta e bassa pressione di xeno, con heaters e controllo di temperatura; successiva attività di testing).	Thales Alenia Space Firenze	Attività iniziata a metà 2007 e in corso: primo prototipo attualmente sotto test con risultati incoraggianti. Fatturazione prevista nel corso del 2008.
"Caging valve 2" (progetto e realizzazione di nuovo tipo di valvola di riflusso con separazione fisica fra attuatore piezo e valvola a contatto col fluido)	Thales Alenia Space Firenze	Prototipo realizzato e testato con esito favorevole nel 2007. Fatturazione (15 kEuro) prevista per marzo 2008.
Collaborazione per l'identificazione di un modello di calcolo per le microportate di refrigerante	LNE	EUROMET Project 911

Programma M4 - Mise en pratique del metro e tecnologie per lo spazio**Responsabile: Fabrizio Bertinetto****Personale impegnato (impegno in percentuale per ciascun tipo di attività)**

Nome Cognome	R&S INRIM	R&S contratto	Mantenimento	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro
Fabrizio Bertinetto	50	20	15	10	0	5
Marco Bisi	45	40	10	0	0	5
Marco Pisani	10	25	0	0	0	0
Massimo Zucco	95	0	0	0	0	5
Paolo Cordiale	40	40	10	10	0	0
Marco Santiano (cococo)	20	25	0	0	0	0
<i>Totale (TPE)</i>	2,60	1,50	0,35	0,20	0,00	0,15

Descrizione del programmaPrincipali attività svolte:

E' stato concluso il lavoro in collaborazione con il NIST e il BIPM sulla misura dell'incertezza associata al pettine di frequenza basato su laser a femtosecondi a effetto Kerr: misurando la differenza tra le uscite di due pettini agganciati ad un riferimento stabile, si è ottenuto che i pettini in questione hanno raggiunto un'incertezza nel trasferimento dell'accuratezza dell'ordine di 10^{-19} per l'uscita ottica e 10^{-18} per l'uscita microonda.

E' stata completata la parte opto-meccanica della stazione di misura assoluta di frequenze ottiche.

Per quel che riguarda la parte meccanica dell'interferometro INRIM che è formata da un banco ottico con rotaia di 30 m, è stata completata la motorizzazione e il controllo remoto di velocità e posizione del carro. Si è inoltre iniziata la realizzazione del sistema interferometrico incrementale relativo impiegando un laser He-Ne di riferimento, retroriflettori e ottiche di controllo. Sono stati redatti due progetti (PRIN e JRP) per l'impiego dell'interferometro INRIM per la validazione di tecniche interferometriche assolute.

Per quel che riguarda il progetto RUFO (Riferimenti Ultrastabili di Frequenze Ottiche) sono stati realizzati il modello in plexiglas della cavità passiva da usare come riferimento di frequenza in ambito aerospaziale e la struttura da vuoto. Sono stati inoltre progettati il banco ottico, la cavità di riferimento, i sistemi di controllo del sistema.

E' stato realizzato un prototipo per la misura di spinta di motori per il controllo di assetto e di posizione di satelliti all'interno del contratto NFU (Nano Balance Facility Upgrade) con Thales Alenia Space. Un sistema alternativo che sia in grado di misurare spinte più grandi (μN) ma di più facile utilizzo è stato progettato in collaborazione con il programma M3.

Sono stati realizzati due analizzatori spettrali d'immagine basati su cavità Fabry-Perot. Sono stati ottenuti buoni risultati sia lavorando su un campione attivo (sorgenti con spettro di emissione noto), sia con un campione passivo (con spettri di riflessione noti), si è ottenuta una buona corrispondenza tra gli spettri ottenuti e quelli attesi. Applicando l'analizzatore spettrale alla termometria si è ottenuta una buona stima della temperatura del filamento di una lampadina a incandescenza. Una limitazione della tecnica è dovuta all'uso dei sensori CCD/CMOS che hanno lo svantaggio di avere scarsa dinamica (10 bit) e scarsa sensibilità in particolare verso la componente blu dello spettro.

Per quel che riguarda l'attività di mantenimento dei campioni di lunghezza d'onda e disseminazione si è continuata l'attività di mantenimento e sono state eseguite alcune tarature di laser He-Ne/ I_2 a 633 nm (2 interni e 4 esterni)

Risultati conseguiti:

Deposito di due brevetti in collaborazione con Thales Alenia Space.

Attivazione contratto Laser Interferometry high-precision tracking for LEO (*Low Earth Orbit*) in collaborazione con Thales Alenia Space.

5 pubblicazioni

Impatto dei risultati conseguiti sul contesto esterno:

Il lavoro di mantenimento e confronto dei campioni di lunghezza è essenziale ai fini dello svolgimento del compito istituzionale che è la realizzazione della definizione del metro. Mediante le tarature di laser interni ed esterni viene assicurata la riferibilità delle misure alle unità di misure SI, il laboratorio si pone in questo modo al vertice della piramide metrologica.

La motorizzazione del carro e l'installazione della parte ottica dell'interferometro incrementale INRIM sono il primo passo verso il sistema che assicurerà la riferibilità al metro per lunghe distanze tarando interferometri commerciali, distanziometri (EDM) e misuratori di velocità, e che permetterà la validazione di interferometri

assoluti all'interno dei progetti IMERAplus e PRIN.

L'analizzatore spettrale d'immagine ha l'importante vantaggio rispetto a strumenti simili di misurare la composizione spettrale di immagini senza avere parti meccaniche in movimento, riducendo l'ingombro e il costo.

Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici:

Lo svolgimento del progetto RUFO è stato ritardato dalla mancata consegna del distanziale in ULE della cavità di riferimento.

Per quel che riguarda l'analizzatore spettrale d'immagine i risultati conseguiti nell'anno 2007 hanno permesso la conferma della validità della tecnica. Sono stati risolti molti problemi tecnici quali la ricostruzione dei punti mancanti dell'interferogramma, la misura della distanza tra gli specchi mediante un riferimento laser. I punti critici da risolvere per la realizzazione di un prototipo che possa essere usato come dimostratore per l'industria sono la difficoltà nella creazione di un software robusto e di un sistema meccanicamente stabile.

Collaborazioni con altri soggetti (contratti e accordi formali attivi)

<i>Contratto / accordo formale</i>	<i>Soggetti coinvolti</i>	<i>Note</i>
Rufo	INRIM, POLITO	
NFU	Thales Alenia Space, INRIM	
Contratto Laser Interferometry high-precision tracking for LEO	Thales Alenia Space, INRIM	

Programma M5 - Ingegneria di Precisione**Responsabile: Alessandro Balsamo****Personale impegnato (impegno in percentuale per ciascun tipo di attività)**

Nome Cognome	R&S INRIM	R&S contratto	Mantenimento	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro
Alessandro Balsamo	29	3	4	10	6	48
Aldo Cumani	90	0	0	0	0	10
Sandra Denasi	10	0	0	0	0	0
Giampaolo D'Errico	75	0	10	5	0	10
Antonio Guiducci	90	0	0	0	0	0
Gianbartolo Picotto	45	0	30	5	5	15
Marco Pisani	30	0	20	5	5	0
Fabrizio Pollastri	35	0	0	0	0	0
Giorgio Quaglia	80	0	0	0	0	0
Maria Paola Sassi	0	0	0	5	5	0
Roberto Bellotti	25	0	30	10	0	0
Gianfranco Cappello	0	0	0	40	0	45
Davide Corona	20	0	40	20	5	15
Mauro Franco	0	0	5	65	0	0
Ettore Malgeri	0	0	0	0	5	0
Roberto Nerino	40	0	0	0	0	10
Marco Pometto	20	0	35	45	0	0
Emanuele Audrito (cococo)	0	0	5	5	0	90
Paola Pedone (cocopro)	0	40	0	10	0	0
Marco Santiano (cocopro)	5	0	30	20	0	0
Totale (TPE)	5,94	0,43	2,09	2,45	0,31	2,43

Descrizione del programma**Principali attività svolte:**

Attività di ricerca e sviluppo:

Realizzazione di un prototipo di tastatore ottico per misure di precisione senza contatto, e sua caratterizzazione.

Realizzazione prototipo di scatterometro per analisi di particelle statiche, e sua caratterizzazione.

Sviluppo comparato e simulazione di piani sperimentali per la determinazione degli errori di geometria di CMM (GEMIL).

Analisi diagnostiche a coordinate di manufatti per esperimenti ed impianti INRIM: risonatore cavo per costante di Boltzmann, interferometro X per costante d'Avogadro, conduttanza per campione ad espansione continua.

Primo nucleo di software per la prova del software per CMM secondo la UNI EN ISO 10360-6, e specificazione di una tecnica di stima in-process di misurando e incertezza (NMITech).

Studio dell'applicabilità di metodi statistici bayesiani al trattamento automatico dell'incertezza di misura.

Visual Odometry: determinazione accurata dell'egomotion di una piattaforma mobile con metodi di stereovisione e verifica sperimentale.

Studio e realizzazione di una testa stereoscopica con base variabile.

Sviluppo di metodologie e algoritmi per la registrazione automatica e la decimazione adattativa di dati 3D acquisiti da un sistema stereo a luce strutturata.

Studio e implementazione d'algoritmi di connessione automatica tra variabili di programma ed elementi d'interfaccia grafica multi-piattaforma.

Revisione del sistema di monitoraggio frane: sviluppo di un nuovo algoritmo di misura e confronto con quello di Lowe; gestione di black-out e d'arresti non voluti, compensazione d'errori dovuti a piccoli spostamenti della stazione di misura e confronto con i dati della Stazione Totale dell'IRPI.

Attività per EMRP-iMERA+: La lunghezza è uno dei quattro temi finanziati (TP3); ciò ha richiesto e comportato un grande lavoro di preparazione e coordinamento di JRP. In particolare, sono stati approvati i progetti T3.J1.4 *Nanotrace* (coordinamento di JRP), T3.J2.2 *NMITech* (coordinamento di WP), T3.J1.1 *Nanoparticles* e T3.J3.1 *Long range* per le parti di competenza (vedi M4); presentati e non approvati i

progetti T3.J1.2 *PSiDIMN*, T3.J1.3 *ChallDimNano* e T3.J4.1 *3DForm* (coinvolgimento INRIM solo iniziale). È infine prevista la partecipazione nel progetto approvato T1.J1.4 *Boltzmann constant*.

Altri progetti presentati: *MeProN* e *MEMAT* (FP7-SME) non hanno superato la prima fase della selezione, seppure di poco; *Nanomeccanica* e *MeGA Prin - InRiM InC* (PRIN 2007) sono in fase di valutazione; *GEMIL* (contratto con Hexagon Metrology spa) è iniziato il 1° luglio.

Mantenimento e miglioramento dei campioni di lunghezza e d'angolo e relative CMC (34).

Confronti chiave MRA: coordinamento di EUROMET.L-K4 (campioni diametrali - analisi dati e stesura draft A); misurazioni in EUROMET.L-K7 (riga ottica, iniziato nel 2006) e in APMP.L-K6 (piatti con sfere, terminato nel 2008).

Avvio del progetto EURAMET 866 (coordinamento INRIM): taratura interferometrica di trasduttori di micro/nano spostamenti tramite compensazione della non-linearità ottica con azzeramento della fase ottica con EOM.

Ordinaria attività di taratura e di supporto all'accreditamento; in particolare, coordinamento del confronto interlaboratorio nazionale su campioni diametrali, e coordinamento ed esecuzione presso INRIM del primo confronto su verifica di prestazioni di CMM.

Attività di formazione e diffusione culturale, sia all'interno (tirocini e tesi) sia all'esterno (CMM Club Italia, corsi EMIT-LAS).

Attività di normazione sia nazionale sia internazionale.

Risultati conseguiti:

- 5 Pubblicazioni ISI (MST, Surface Science, Metrologia, Laser Focus Intl., Int. J. Thermophysics).
- Deposito in Italia di un brevetto d'invenzione industriale congiunto con la Hexagon Metrology spa, su una tecnica di compensazione d'errori di geometria di CMM (GEMIL).
- EURAMET project 866 (trasduttore per micro/nano spostamenti): protocollo tecnico (coordinamento INRIM).
- Confronto NANO5 (periodo ed ortogonalità di reticoli 2D con diffrazione ottica e microscopia SPM): risultati INRIM tutti con $E_n < 1$, misure diffrattometriche con incertezza subnanometrica sul passo del reticolo, misure SPM con differenze < 1 nm dal valore di riferimento;
- Pubblicato il draft B finale del CCL-K4 (campioni diametrali): i risultati INRIM confermano le CMC.
- Pubblicazione di due nuove CMC sulle misure di rugosità.
- Prototipo di tastatore ottico a lente oscillante con area di contatto ottico $< 0,1$ mm² e risoluzione < 10 nm, per misure di rotondità;
- Prototipo di scatterometro per particelle statiche: dimostrata la capacità dello strumento di distinguere la forma (in particolare di particelle fibrose quali l'amianto) e di misurare il diametro della particella mediante dispersione ottica ed elaborazione d'immagine.
- Prima versione di un simulatore per la valutazione di piani sperimentali per compensazione d'errori di geometria di CMM (GEMIL).
- Nuovo algoritmo di Visual Odometry (risultati presentati a due conferenze internazionali).
- Prototipo di testa stereoscopica con base variabile, e relativo software d'acquisizione.
- Algoritmo per la connessione automatica tra variabili e valori visualizzati dai widget dell'interfaccia grafica di un'applicazione.
- Confronto sperimentale di misura fra il sistema di monitoraggio frane e la stazione totale con prismi riflettenti dell'IRPI: risultati comparabili.
- Validazione dell'algoritmo sviluppato di registrazione e decimazione di dati tridimensionali tramite acquisizioni su soggetti calibrati.
- Emessi 47 certificati di taratura corrispondenti a 824 campioni tarati.
- Effettuazione del primo confronto SIT su verifica di prestazioni di CMM secondo la UNI EN ISO 10360-2, presso i locali e con la CMM dell'INRIM.
- Eventi organizzati: in collaborazione con Nanotec/AIRI, workshop *Nanometrology 2007*, INRIM, 14-15 giugno (circa 50 partecipanti); in collaborazione con il CMM Club Italia, workshop *InTeRSeC 14* (Bari, 22 marzo), *InTeRSeC 15* (INRIM, 17 aprile), *InTeRSeC 16* e decennale associativo (INRIM, 3-4 dicembre).
- Formazione: 1 tirocinio di master, 1 tesi di laurea di II livello, 2 tirocini di II livello e 3 di I livello. Docenza in un corso EMIT-LAS.

Impatto dei risultati conseguiti sul contesto esterno:

Positiva collocazione dell'INRIM nel rinnovato quadro di collaborazione scientifica di cui al programma EMRP.

Estensione della riferibilità nelle nanotecnologie, nanoscienza e analisi delle superfici.

Raccomandazioni e progetti del Gruppo di lavoro sulla nanometrologia (WGDM – DG9).

Innovazione profonda del metodo nella compensazione degli errori di geometria delle CMM usato dal partner

industriale, con miglioramento delle prestazioni e compressione dei costi (GEMIL, ancora in corso). Dimostrazione sperimentale della validità del sistema d'accreditamento SIT per verifica di prestazioni di CMM, unico Paese al mondo.

Sostegno all'automazione industriale e al monitoraggio ambientale tramite sensori intelligenti ad alta densità d'informazione.

Potenziamenti applicativi all'esplorazione planetaria dei sistemi mobili ed autonomi operanti in ambiente sconosciuto e/o ostile.

Ricostruzione virtuale d'opere d'arte, per la loro conservazione, disseminazione (museo virtuale), monitoraggio del degrado e fruizione.

Ingegnerizzazione inversa automatizzata d'impianti industriali.

Possibile integrazione del sistema di monitoraggio frane con una stazione totale al fine di eliminare la necessità di installare prismi riflettenti nella zona da monitorare.

Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici:

La gran maggioranza di risultati attesi è stato conseguito. Tuttavia, il grande lavoro di preparazione dei JRP, conclusosi con esito lusinghiero e non previsto nel piano 2007, ha distolto l'attenzione da alcune delle attività previste. In particolare:

- La realizzazione della stazione di taratura per teodoliti, distanziometri, misuratori di velocità è soltanto iniziata (prevista nel JRP *Long range*), mentre quella per calibri a passi e piatti con sfere è rimandata (previsto nel PRIN *MeGA Prin – InRim InC*).
- La caratterizzazione del comparatore 2D a lettura ottico/interferometrica per la taratura di campioni a tratti e maschere si è avviata con il confronto sulla riga ottica da 100 mm, mentre il confronto NANO1 (coordinamento NIST) è rimandato al 2008.
- La stesura della guida all'incertezza per la taratura di blocchetti pianparalleli corti è soltanto iniziata.
- I confronti nazionali su rugosità e blocchetti pianparalleli lunghi sono rimandati al 2008; nel 2007 sono stati acquisiti i campioni. Poiché s'intendeva iniziare i due confronti contemporaneamente, il ritardo di quello sui blocchetti è pesato anche su quello sulla rugosità.
- Il prototipo di visione attiva per la ricostruzione virtuale d'opere d'arte e per il *reverse engineering* d'impianti industriali è stato realizzato solo in parte a causa del trasferimento del ricercatore in carica in corso d'anno.

Collaborazioni con altri soggetti (contratti e accordi formali attivi)

Contratto / accordo formale	Soggetti coinvolti	Note
Esperto tecnico	COFRAC	Rinnovo ed estensione Accredimento LNE – settore dimensionale
Esperto tecnico	TURKAK	Accredimento UME – settore dimensionale
GEMIL	Hexagon Metrology spa	Contratto di ricerca
Presidenza	Associazione CMM Club Italia	
Monitoraggio frane	IRPI-CNR Sezione di Torino	
Sviluppo di sistemi d'acquisizione 3D basati su luce strutturata	IEIT-CNR	

Divisione Ottica**Responsabile: Maria Luisa Rastello****Personale**

Ricercatori e Tecnologi: 15, Tecnici: 8, Altro personale tecnico-scientifico: 6. Dottorandi e borsisti: 8

Attività

L'attività della divisione è finalizzata allo sviluppo di competenze scientifiche, tecnologie, e capacità di misura, riguardanti i campioni atomici per le grandezze del tempo e della frequenza, la scala di tempo italiana, la navigazione satellitare, le grandezze della fotometria e della radiometria nell'intervallo di frequenze dello spettro elettromagnetico dalle microonde alle radiazioni ottiche, e l'ottica quantistica. Nel seguito la descrizione dei risultati ottenuti dai sei programmi attivi nel 2007 segue l'articolazione in programmi introdotta nel piano triennale 2008-2010, secondo quanto riportato nella tabella che segue

Programmi 2008	Programmi 2007
O1 Campioni Atomici di Frequenza (F.Levi)	OT1 – Campioni di Frequenza
O2 Algoritmi e scala di tempo(P.Tavella)	OT2 – Scala di tempo e sincronizzazione
	OT3 – Algoritmi e navigazione satellitare
O3 Fotometria e radiometria (G. Brida)	OT4 – Fotometria
	OT5 – Radiometria
O4 Ottica quantistica (M. Genovese)	OT6 – Ottica quantistica

Principali risultati

Nel seguito i principali risultati conseguiti sono sintetizzati considerando le attività: ricerca e sviluppo (R&D), miglioramento metodi di misura e strumenti (ruolo come NMI) e altre attività di tipo gestionale. Molte attività svolte attengono a tematiche trasversali alle divisioni: nanotecnologie, tecnologie aeronautiche e spaziali, e ICT.

Ricerca e sviluppo. Nell'ambito del programma di ricerca **O1** è stato completato un primo prototipo di campione di frequenza di tipo Maser al rubidio passivo impulsato (POP maser) ottenendo una stabilità di 1.2×10^{-12} ad 1 s e osservando rumore bianco di frequenza sino a 10^5 s.

O2 ha partecipato, su richiesto ESA, alla sperimentazione sui primi satelliti del sistema Galileo, alla generazione della scala di tempo di Galileo e alla sua stretta sincronizzazione con UTC tramite partecipazione all'organismo metrologico denominato *Time Service Provider*. Il laboratorio di ricevitori geodetici GPS è entrato a far parte della rete sperimentale di Real-Time che prevede il confronto di orologi a distanza con risultati entro pochi minuti (tipicamente i risultati si ottengono con 1 giorno –1 mese di ritardo). In tale rete sperimentale negli ultimi mesi la stazione INRIM è diventata riferimento con la sua scala di tempo verso cui tutte le altre stazioni vengono valutate.

O3, in collaborazione con E5, ha messo in opera un rivelatore con sensore a transizione di fase (TES) di Ti/Au (temperature critiche comprese tra 80 e 105 mK) per radiazione UV e visibile; il rivelatore ha dimostrato di distinguere, quando illuminato con radiazione monocromatica impulsata, fino a 3 fotoni per impulso. E' stato caratterizzato a 780 nm un bolometro di MgB_2 realizzato su membrana operante a 30 K, che presenta una sensibilità di 2100 V/W con tempi di risposta di 17 ms. Il più significativo risultato di **O4** riguarda la realizzazione e la caratterizzazione spaziale e spettrale di sorgenti di stati di Bell via PDC cw sia per il tipo II che per due cristalli tipo I (più stati di Bell nella bandwidth).

La divisione ha presentato 2 proposte di *Joint Research Project* per l'iniziativa iMERA Plus promossa da EURAMET nell'ambito del VII programma quadro. Tutte le proposte si collocano nell'ambito del *Targeted Program "SI and fundamentals"*. Il dettaglio è riportato nella tabella che segue.

JRP	Titolo	Referenti INRIM	Note
J1.2	New Optical Lattice clocks	L. Lorini	finanziato
J2.3	Qu-candela: towards photon quantum-based standards	M. L. Rastello	finanziato

In particolare, coordina il progetto J2.3. Inoltre partecipa a 3 Progetti Europei, 1 progetto ASI, 3 progetti regionali e ad alcuni progetti di interesse industriale. Ha proposto 2 progetti al bando PRIN 2007.

Manufatti. I manufatti realizzati dalla divisione trovano applicazione in campo scientifico ed industriale. Nell'ambito dei confronti interlaboratorio va segnalato la realizzazione di un campione *ad-hoc* per i confronti di frequenza e di intervallo di tempo. O3 ha realizzato un sistema per l'allineamento di una fibra ottica rispetto al porta-campione, operante a temperatura criogenica per l'accoppiamento della radiazione elettromagnetica con un rivelatore a discriminazione del numero di fotoni incidenti. In campo ambientale va segnalata la realizzazione di uno strumento per la valutazione della torbidità atmosferica. In collaborazione con NIST (US), O4 ha realizzato un sistema multiplexing per la foto-rivelazione a regime di conteggio basato su fast optical switch. Nell'ambito di un contratto con ASI, sono stati realizzati un sistema per generazione rumore casuale su canale comunicazione quantistica per mezzo ultrasuoni, e un sistema in cella per simulazione effetti atmosferici su QKD

Unità SI. La Divisione riproduce e/o mantiene le unità di misura SI per le misure di: tempo e frequenza, intensità luminosa, illuminamento, flusso luminoso, luminanza, fattore spettrale di trasmissione regolare. Detiene i campioni nazionali di competenza come elencati nel decreto 591 del 30 novembre 1993, il cui mantenimento ha richiesto periodicamente verifiche impegnative al fine di garantire i livelli di incertezza dichiarati. Tra i miglioramenti apportati ai campioni, si segnala la realizzazione di un sistema di movimentazione automatica (giostra) per la taratura di luxmetri

Confronti internazionali. Lo scarto di tempo medio di UTC(IT) verso la scala internazionale UTC è stato di 17 ns, con incertezza 20 ns (2σ). La deviazione di frequenza, su medie di 5 giorni, è stata contenuta entro $2 \cdot 10^{-14}$ (3σ). È continuata la partecipazione ai "Key Comparisons" del CIPM, inviando periodicamente al BIPM i dati degli orologi atomici e delle misure di sincronizzazione. È iniziato l'invio delle misure richieste anche al centro di raccolta (NPL) nell'ambito del contratto EU TSP (Time Service Provider). O3 è stata impegnata nel predisposizione del protocollo tecnico dei confronti internazionali EURAMET.PR.K3.a EURAMET.PR.K4.

Calibration and measurement Capabilities (CMC). Fanno riferimento alla Divisione 38 CMC (16 per il settore Time and Frequency e 22 per il settore Photometry and Radiometry) pubblicate nel Key Comparison Data Base gestito dal BIPM. La divisione è attivamente impegnata nel mantenimento e nell'estensione delle capacità di misura riconosciute nell'MRA, con un'attività continuativa basata sul miglioramento dei campioni, la semplificazione e automazione delle procedure, l'analisi accurata dell'incertezza di misura.

Tarature e prove, supporto all'accreditamento. La divisione svolge una intensa attività di taratura nei vari settori di competenza, rivolta ai laboratori industriali, ai centri del Servizio di Taratura in Italia, e alle PMI con l'emissione di oltre 250 certificati ogni anno. Conduce inoltre attività di prova su materiali e dispositivi. Questa attività porta all'emissione di 35 relazioni di prova all'anno. L'attività di supporto all'accreditamento, che riguarda 31 laboratori accreditati, ha visto nel 2007 l'organizzazione di 4 confronti interlaboratorio per le grandezze in fibra ottica.

Pubblicazioni. La divisione ha prodotto 27 articoli su riviste con Impact Factor, 32 articoli pubblicati agli atti di congressi, 2 libri, 3 rapporti tecnici e 20 relazioni su contratti.

Cooperazione internazionale. La Divisione partecipa al Comitato Consultivo Tempo e Frequenza (CCTF) presiedendone tre gruppi di lavoro, al Comitato Tecnico Tempo e Frequenza (TC-TF) dell'EURAMET, al Comitato Consultivo Fotometria e Radiometria (CCPR) e ai suoi gruppi di lavoro, al Comitato Tecnico Fotometria e Radiometria (TC-PR) dell'EURAMET, ai gruppi di lavoro di ESA e CIE, all'EFTF, ad alcune attività dell'IMEKO, a vari organismi normativi tra cui CIE, CEN, IAU e ITU-R. Partecipa al URSI e IAU Sono attive collaborazioni di ricerca con numerose

università e istituti stranieri. La divisione partecipa a progetti di ricerca europei, per i quali ha in corso di valutazione nuove proposte.

Per quanto riguarda l'algoritmo di confronto orologi via GPS con algoritmo PPP (Precise Point Positioning) è stata attivata una collaborazione con istituto di geodesia canadese NRCan con un visiting scientist per 15 giorni.

Cooperazione nazionale. La Divisione collabora con università e istituti di ricerca, partecipa al URSI alla Associazione Italiana di Illuminotecnica (AIDI) e alle attività degli enti normatori UNI e CEI. Inoltre partecipa a progetti di ricerca regionali e nazionali ed è impegnata in contratti industriali che riguardano la consulenza progettuale di sistemi di misura e cessione di know-how ad imprese italiane. Svolge attività di supporto tecnico-scientifico alla PP.AA. e di formazione di tecnici per l'industria e i servizi. In particolare, sugli algoritmi per orologi è attiva una collaborazione con Politecnico di Torino e Università di Perugia

Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici. La maggior parte dei risultati attesi è stato conseguito. Alcune attività non hanno potuto svilupparsi pienamente cogliendo le opportunità di contratti offerti per carenza di personale. Inoltre le attività su contratto hanno avuto notevoli difficoltà nelle possibilità di spesa,.

Identificazione dei campioni

O1 – Campione primario di frequenza a fontana di cesio
O2 – Tempo UTC(IT)
O3 – Intensità luminosa
O3 – Illuminamento
O3 – Flusso luminoso
O3 – Potenza radiazione visibile
O3 – Potenza radiazione in fibra ottica
O3 – Sensibilità spettrale
O3 – Luminanza
O3 – Esposizione luminosa
O3 – Trasmissione regolare
O3 – Trasmissione diffusa
O3 – Riflessione regolare
O3 – Temperatura di distribuzione
O3 – Colore in trasmissione
O4 – Conteggio di fotoni

ENTRATE DA AUTOFINANZIAMENTO (K€)

Descrizione	
Contratti e progetti di ricerca	273
Prove e prestazioni	318
Totale	591

USCITE (K€)

Descrizione	
Investimento	406
Funzionamento	112
Missioni	61
Totale	579