

-Norma CIG "Riferibilità delle misure di quantità di gas combustibili" terminata ed inviata in inchiesta pubblica. -Il prototipo di valvola di regolazione per xeno ha superato i test di funzionalità presso Thales Alenia Space Firenze concludendo positivamente la fase EM (Engineering Model) - I prototipi EQM di thruster e di discharge valve hanno superato i test di qualifica ESA.
Impatto dei risultati sul contesto esterno Il miglioramento dei campioni, dell'incertezza e lo sviluppo di norme impattano il tessuto industriale tramite una migliore disseminazione delle unità; la ricerca applicata supporta l'avanzamento tecnologico industriale in particolare nel settore spaziale.
Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici I risultati attesi sono stati parzialmente conseguiti, quelli non conseguiti hanno comunque visto un avanzamento delle attività e sono dovuti in parte a problemi tecnici e in parte alla dispersione delle risorse su un numero troppo elevato di attività.

Riepilogo analitico dei risultati

Codice	Descrizione	Mese atteso	Stato ⁽¹⁾
M3.1.1	Analisi di flussi interni nel caso di micropropulsori (TAS)	03	Ra
M3.1.2	Pubblicazione sull'impianto "Canale Aerodinamico"	04	Ra
M3.1.3	Pubblicazione di risultati sui microflussi interni	05	Ri
M3.1.4	Software di analisi per misure aeroacustiche	07	Ri
M3.1.5	Definizione di modello matematico per anemometri a coppe in flussi di taglio e pubblicazione dello studio	08	Ri
M3.1.6	Definizione della funzione di correzione per l'impianto "Maneggio Aerodinamico"	11	Ri
M3.1.7	Primo codice DSMC funzionante (2D)	12	Ri
M3.1.8	Taratore LDV funzionante e quantificazione della relativa incertezza.	12	Ri
M3.2.1	Realizzazione di una singola stazione di misura utilizzabile per verifica delle prestazioni dei densimetri di processo e misura della densità dei fluidi in pressione.	12	Ri
M3.2.2	Studio di fattibilità di una sospensione magnetica da impiegare nelle pesate idrostatiche.	12	Ri
M3.3.1	Nuova stima della conduttanza del sistema dinamico	06	Ra
M3.3.2	Coerenza tra FPG ed altri sistemi primari e definizione incertezza	12	Ri
M3.3.3	Nuova elettronica flussometro primario	20	Ab
M3.3.4	Prototipo campione secondari (1 kPa – 145 kPa)	24	Ab
M3.3.5	Installazione di misura pressioni negative	30	Ra
M3.4.1	Misure di micro portate di gas refrigerante	06	Ra
M3.4.2	Diminuzione dell'incertezza di misura delle micro-portate riferite alla pressione atmosferica	12	Ra
M3.4.3	Risultati dello studio di fattibilità ed eventuale realizzazione di un nuovo campione per la misura delle micro-portate	12	Ra
M3.5.1	Realizzazione di prototipo funzionante di regolatore di pressione per xeno	12	Ra
M3.5.2	Superamento di tutti i test di qualifica per il thruster e per la valvola di riflusso.	12	Ra

(1) Ra= raggiunto; Ri= in ritardo; Ab= abbandonato

Informazioni sui risultati in ritardo o abbandonati

Codice	Commento
M3.1.3	Redatti 2 RT INRIM, articolo per rivista in preparazione
M3.1.4	Versione preliminare completa, test su di essa in corso, sviluppi continuano
M3.1.5	Modello completato, pubblicazione in fase di scrittura
M3.1.6	Misure preliminari complete, sviluppi vari in corso
M3.1.7	Versione embrionale preparata, sviluppi in corso
M3.1.8	Sospeso per il 2008, rinviato a 2009
M3.2.1	Definito progetto, acquistate valvole
M3.2.2	Si è data priorità allo svolgimento di EURAMET 859 e 1019
M3.3.2	Problemi di instabilità della pressione misurata con il campione, individuata la possibile causa sono in fase di prova metodologie di misura differenti
M3.3.3	I numerosi impegni non consentono di affrontare il problema con la necessaria continuità,
M3.3.4	L'azienda interessata non ha ritenuto prioritario lo sviluppo del prototipo

Eventuali altri risultati

Descrizione
Installazione di misura per pressioni negative: originariamente prevista per mese 30, lo sviluppo dell'installazione di misura è stato anticipato a seguito di numerose richieste esterne
ILC in mezzo liquido fino a 100 MPa: misure sperimentali concluse, stesura Draft A

Organizzazione e gestione confronto EAURAMET 1079 (Volumi di liquido)
Inchiesta pubblica di Norma CIG
Emissione di n. 2 Rapporti Interni RT94 e RT130 per trasferimento <i>know-how</i> a Thales Alenia Space su <i>Discharge-Valve</i> e <i>Xeno-Valve</i>

Programma M4 - Mise en Pratique del metro e tecnologie per lo spazio**Responsabile: Fabrizio Bertinetto****Personale impegnato (TPE) per tipologia di attività**

Personale	R&S INRIM	R&S contratto	Campioni	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro	Totale
Milena Astrua	0,10	0,00	0,00	0,00		0,00	0,10
Fabrizio Bertinetto	0,30	0,10	0,20	0,20		0,10	0,90
Marco Bisi	0,40	0,20	0,30	0,10		0,00	1,00
Paolo Cordiale	1,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00
Gaetano La Piana	0,10	0,00	0,00	0,00		0,00	0,10
Marco Pisani	0,40	0,10	0,00	0,00		0,00	0,50
Marco Santiano	0,10	0,00	0,00	0,00		0,00	0,10
Massimo Zucco	0,50	0,50	0,00	0,00		0,00	1,00
Emanuele Audrito	0,10	0,00	0,00	0,00		0,00	0,10
<i>Totale (TPE)</i>	2,90	0,80	0,50	0,30	0,00	0,10	4,60

Descrizione del programmaPrincipali attività svolte

Realizzazione della definizione del metro, mantenimento e disseminazione dei campioni di lunghezza d'onda. Realizzazione e caratterizzazione di cavità ultrastabili da usare come riferimento di frequenza per sorgenti laser per ridurre l'instabilità a breve termine, applicazione ai campioni di lunghezza d'onda e alle sorgenti laser negli interferometri a terra e nello spazio. Realizzazione di servo-controlli digitali per la stabilizzazione della frequenza di laser (progetto RUFO).

Realizzazione e caratterizzazione di un interferometro relativo incrementale su un banco ottico con rotaia di 30 m equipaggiata con carro motorizzato. L'interferometro si trova in un laboratorio con temperatura ambiente controllata e parametri ambientali monitorati al fine di stimare l'indice di rifrazione medio.

Indagini per l'impiego dell'interferometro relativo per la validazione di tecniche interferometriche relative e assolute e per la taratura di distanziometri, velocimetri e autovelox. Progettazione di nuove tecniche interferometriche assolute e relative, in aria e in vuoto (Progetti PRIN2007, JRPT3.J3.1, nuove idee INRIM 2008).

Studio dell'impiego di sorgenti impulsive nell'interferometria e modellizzazione della propagazione di impulsi in un interferometro in aria.

Realizzazione di un analizzatore spettrale di immagine basato su una cavità Fabry-Perot per applicazioni spaziali, per beni culturali, per applicazioni chimico-fisiche. Si tratta di un sistema formato dalla combinazione di uno spettrofotometro e di un sistema ottico di acquisizione di immagini, per ogni singolo pixel del CCD si ricava la composizione spettrale: viene generata una matrice 3 dimensionale formata dall'immagine bidimensionale e dallo spettro associato ad ogni pixel.

Risultati di particolare rilievo

Prototipo di servo-controllo digitale applicato al campione di lunghezza d'onda Nd:YAG/I₂. Misura di frequenza del campione Nd:YAG/I₂ compatto utile a supportare altre attività metrologiche.

Prototipo di interferometro incrementale relativo con sbilanciamento tra i bracci fino a 90 m. La risoluzione dovuta solo al rumore elettronico è stata misurata a 100 pm /√Hz.

Misura della larghezza di riga (75 kHz) del prototipo di cavità in quarzo ULE (Ultra Low Expansion) per il progetto RUFO. Progetto dei riscaldatori, dei sensori e del front-end elettronico per la termostatazione della cavità. In collaborazione con il Politecnico di Torino è stato realizzato il prototipo di cavità in plexiglass per testare la struttura da vuoto e la tecnica di stabilizzazione termica digitale.

Sviluppo di un modello matematico per la simulazione della propagazione di un impulso generato da un laser a femtosecondi in aria e calcolo dei segnali generati dall'interferometro. Il modello è stato confrontato con successo con altri modelli.

L'analizzatore spettrale di immagini è stato migliorato con l'impiego di una telecamera più sensibile e con una grande dinamica, con lo sviluppo di un nuovo software semi-automatico per la gestione e analisi delle immagini, e con l'utilizzo di attuatori con una corsa più grande. Si sono ottenute buone immagini spettrali di vari campioni colorimetrici e vegetali.

Impatto dei risultati sul contesto esterno

Il mantenimento e la disseminazione dei campioni di lunghezza d'onda assicura all'industria la riferibilità all'unità di misura SI metro. Lo sviluppo di interferometri assoluti con risoluzioni che raggiungono l'ordine di grandezza

della lunghezza d'onda soddisfa la richiesta crescente da parte dell'industria.
Le attività per lo spazio sono funzionali a varie missioni scientifiche e l'analizzatore spettrale di immagine è applicabile in tutte le situazioni in cui è necessario associare un'informazione spettrale ad un'immagine come ad esempio nei beni culturali e nelle immagini termometriche.

Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici

Quasi tutti i risultati attesi sono stati conseguiti, il punto critico che ha ritardato il raggiungimento di alcuni risultati è imputabile alla mancanza di personale. Il problema dovrebbe essere risolto nell'anno 2009 con l'arrivo nel programma M4 di nuovo personale nella forma di un dottorando e di tre assegnisti di ricerca.

Riepilogo analitico dei risultati

Codice	Descrizione	Mese atteso	Stato ¹⁾
1.1	Segnale a 10 MHz per la riferibilità al secondo	05	Ra
1.2	Completamento parte elettronica e validazione riferibilità al secondo del banco di misura	09	Ri
1.3	Misura assoluta del He-Ne/I ₂ e Nd:YAG/I ₂	12	Ri
1.4	Sperimentazione di una tecnica originale per l'osservazione delle risonanze molecolari	12	Ri
2.1	Validazione interferometro relativo INRIM	08	Ra
2.2	Validazione tecnica interferometria "Chopped"	08	Ra
2.5	Modellizzazione della propagazione di un impulsi a femtosecondi e picosecondi in un interferometro in aria.	12	Ra
3.1	Assemblaggio cavità di riferimento (progetto RUFO)	06	Ra
3.4	Tecniche di modulazione per aggancio al riferimento di frequenza	06	Ri
3.5	Implementazione sensore interferometrico per micro-bilancia	01-24	Ri
4.1	Caratterizzazione analizzatore basato su specchi semiriflettenti con coating di Al, la cui distanza è variata con sistemi piezoelettrici CEDRAT	02	Ra
4.2	Realizzazione strumento compatto da utilizzare come dimostratore presso finanziatori per sviluppo prodotto industriale	02	Ri
4.3	Caratterizzazione telecamera alta sensibilità e componente blu importante nella curva di responsività	05	Ra

(1) Ra= raggiunto; Ri= in ritardo; Ab= abbandonato

Informazioni sui risultati in ritardo o abbandonati

Codice	Commento
1.2	La parte elettronica è stata completata, non è stato possibile utilizzarla sul pettine di frequenza in quanto la corsa dell'attuatore piezoelettrico è limitata a qualche centinaio di nm, mentre viene richiesta una corsa di qualche µm. La sostituzione dell'attuatore è in corso.
1.3	E' subordinato all'obiettivo 1.2
1.4	Il lavoro di ricerca non è stato iniziato per mancanza di tempo.
3.4	Il lavoro è proseguito limitandosi, per mancanza di tempo, al solo utilizzo del segnale di errore demodulato alla seconda armonica
3.5	L'attività è subordinata al completamento del prototipo della micro-bilancia
4.2	Il prototipo dimostratore trasportabile da utilizzare presso finanziatori non è stato realizzato per mancanza di tempo. E' stato comunque realizzato un prototipo dimostratore con software robusto da utilizzare in laboratorio.

Eventuali altri risultati

Descrizione
Assegnazione del finanziamento per il bando nuove idee INRIM 2008 "misura assoluta di distanza con risoluzione sub-wavelength"

Programma M5 – Ingegneria di Precisione**Responsabile: Alessandro Balsamo****Personale impegnato (TPE) per tipologia di attività**

Personale	R&S INRIM	R&S contratto	Campioni	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro	Totale
Milena Astrua	0,00	0,30	0,35	0,20	0,05		0,90
Emanuele Audrito	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00		0,10
Alessandro Balsamo	0,00	0,25	0,65	0,05	0,05		1,00
Roberto Bellotti	0,00	0,30	0,25	0,10	0,10		0,75
Gianfranco Cappello	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00		0,95
Davide Corona	0,00	0,40	0,30	0,15	0,15		1,00
Aldo Cumani	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,00
Giampaolo D'Errico	0,50	0,40	0,00	0,00	0,00	0,10	1,00
Mauro Franco	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00		0,70
Antonio Guiducci	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,00
Gianbartolo Picotto	0,00	0,50	0,40	0,05	0,05		1,00
Marco Pisani	0,00	0,45	0,05	0,00	0,00		0,50
Fabrizio Pollastri	0,50	0,40	0,00	0,00	0,00		0,90
Marco Pometto	0,00	0,15	0,10	0,50	0,15	0,10	1,00
Paola Pedone	0,00	0,85	0,00	0,15	0,00		1,00
	3,00	4,00	2,20	2,85	0,55	0,20	12,80

Descrizione del programma**Principali attività svolte**

- JRP Nanotraccia: coordinamento di 7 NMI, revisione finale protocollo e costi, formalizzazione del Consortium Agreement, Kick-off meeting e 1° rapporto progetto
- Interferometria multi-pass
- Interferometria a modulazione con lock-in veloce per la compensazione della non-linearità ottica
- Scatterometria per la misura di microparticelle: implementazione algoritmo per discriminare fibre e sfere ed osservazione particelle in sospensione in flusso d'aria
- Micrometrologia ottica: sviluppo ed implementazione di un algoritmo di autocorrelazione per la misura ottica del diametro di microparticelle;
- Organizzazione d'eventi di formazione: del Nanoscale 2008, e per CMM tramite il CMM Club Italia
- JRP NIMTech: coordinamento del WP5
- JRP NIMTech: impostazione teorica ed implementativa del software per la generazione di dati secondo la EN ISO 10360-6
- GEMIL: ottimizzazione per simulazione di procedure sperimentali per la compensazione d'errori di geometria di CMM
- Preparazione di proposte di progetto (SOMMACT 7° PQ, PRIN2008)
- Normazione internazionale (ISO/TC213, responsabilità di 3 progetti di norma) e nazionale (UNI/CT GPS, presidenza e coordinamenti di 2 GL)
- Implementazione software dell'algoritmo di Visual Odometry funzionante in tempo reale
- Sperimentazione sul campo del sistema di Visual Odometry
- Caratterizzazione dell'accuratezza dell'algoritmo di Visual Odometry
- Studio e sviluppo iniziale di un algoritmo di Landmark-based navigation per la riduzione dell'errore in caso di traiettorie cicliche
- Integrazione di tecniche di rappresentazione grafica 3D in tempo reale mediante linguaggi di programmazione ad alto livello
- Partecipazione al confronto EUROMET 925 (taratura reticoli 1D e campioni a gradino con AFM) ed al progetto EUROMET 1012 (campioni a gradino con AFM e profilometro a stilo)
- Campioni diametrali: coordinamento confronto EUROMET.L-K4 (analisi dati e stesura ver. 1 draft B)
- Coordinamento progetto EUROMET 866 sulla taratura interferometrica di trasduttori di micro e nanospostamenti (completata la circolazione, risultati preliminari presentati al TCL e Nanoscale 2008)
- Coordinamento confronto quadrilaterale Euromet 870 su poligoni
- Partecipazione al confronto APMP.L-K6 (piatti con sfere e con fori)
- Taratura di campioni dimensionali

<ul style="list-style-type: none"> • Supporto all'attività SIT: ispezione tecnica, confronto nazionale su campioni diametrali (SIT-ILC-L-AT1), elaborazione dati del confronto nazionale su verifica di prestazioni di CMM (SIT-RC083-08)
<p>Risultati di particolare rilievo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interferometro multipass (eterodina ed omodina) con errore di fase < 10 pm e risoluzione di 20 fm/√Hz • Nanoscale 2008, Torino, 2008-09-22/23, Seminario Internazionale in collaborazione con il PTB, circa 100 partecipanti • Piano sperimentale ottimizzato per la compensazione d'errori di geometria di CMM a corpo rigido (GEMIL) • Approvazione del progetto SOMMACT (7° PQ, 563 k€ per INRIM); s'affronta la metrologia delle macchine utensili, diffusissime in Italia • Corso per operatori di CMM, Torino, 2008-10-15/17, (CMM Club Italia); docenti nazionali ed internazionali • Dimostratore prototipale di sistema di Visual Odometry in tempo reale, basato su stereovisione e funzionante su rover autonomo • Dimostratore software per la rappresentazione di immagini in 3D • Esito positivo confronto EUROMET.L-K5, calibro a passi 400 mm (risultati confermano CMC) • Rapporto SIT-RC083-08, verifiche di prestazioni di CMM secondo la UNI EN ISO 10360-2, primo di questo tipo; metodologia e analisi dati innovativi
<p>Impatto dei risultati sul contesto esterno</p> <p>La riferibilità dimensionale si moltiplica fortemente attraverso i Centri SIT. I tre JRP (Nanotrace, Nanoparticles, NIMTech) seguono le <i>roadmap</i> Euramet (necessità future di metrologia). GEMIL apporterà al partner committente elementi di processo innovativi. STEPS e SOMMACT, approvati nell'anno, saranno in collaborazione con imprese aerospaziali e di produzione di macchine utensili. Il CMM Club Italia divulga, irrobustisce la competenza industriale e facilita il contatto con l'innovazione.</p>
<p>Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici</p> <p>Dei 16 risultati previsti (esclusi 1.07 e 1.08 legati ad un PRIN non approvato), 8 sono stati raggiunti e 8 sono in ritardo (30%). Per contro, sono stati raggiunti 10 risultati non previsti. C'è spazio per migliorare la capacità di programmazione e previsione delle attività, e si riscontra eccesso d'ottimismo nel prevedere i risultati. Possibili cause sono la scarsità di personale e la mancanza di un processo codificato di selezione/approvazione dei progetti presentati.</p>

Riepilogo analitico dei risultati

Codice	Descrizione	Mese atteso	Stato ⁽¹⁾
1.01	Interferometro a modulazione con non-linearità ottica < 10 pm	12	Ri
1.02	Interferometro multipass con errore di fase < 10 pm	12	Ra
1.03	Campione di trasferimento per confronto interferometri X ed ottico	12	Ri
1.04	Rapporti progetto JRP1.4 NANOTRACE	12	Ra
1.05	Seminario Internazionale NANOSCALE2008 c/o INRIM, Settembre 2008 (in collaborazione con PTB)	9	Ra
1.06	Pubblicazione rapporto (bozza e finale) progetto EURAMET 866 (coord. INRIM)	10	Ri
1.07	Implementazione di metodi di fabbricazione di punte AFM con nanotubi al carbonio	8,18	Ab
1.08	Misura AFM di nanoindentazioni	12	Ri, modificato
1.09	Implementazione d'algoritmi d'analisi sub-pixel nell'analisi dell'immagine per la definizione del bordo tratto di righe ottiche e campioni a tratti; validazione algoritmi con file di dati creati per simulare gli errori del sistema ottico	12 e 24	Ra 50%
1.10	$U_{95} < 0,1 \mu\text{m}$ taratura distanza centro a centro tra i tratti di righe ottiche fino a 100 mm	24	40%
1.11	Caratterizzazione tastatore ottico	12	Ri
1.12	Tastatore ottico operativo su rotondimetro (nuove CMC)	24	30%
1.13	Realizzazione e test tastatore pneumatico	12	Ri
1.14	Realizzazione esperimento dimostratore per metrologia remota 3D	12	Ri
1.15	Realizzazione algoritmo per discriminare fibre e sfere	12	Ra
1.20	realizzazione di scatterometro compatto e robusto di utilità pratica	24	20%
2.01	Generatore di dati per la UNI EN ISO 10360-6	20	10%
2.02	Software per il trattamento di misurando e incertezza durante il processo di	26	5%

XVI LEGISLATURA – DISEGNI DI LEGGE E RELAZIONI - DOCUMENTI

	misurazione, con applicazione a CMM di laboratorio		
2.04	Chiusura contratto GEMIL	12	Ri
2.07	Interferometro in fibra	7	Ri
2.09	Organizzazione di 2 eventi formativi CMM Club 2008	10	Ra
3.01	Software di visual odometry utilizzabile in tempo reale	6	Ra
3.02	Sistema prototipale basato su stereovisione per visual odometry	12	Ra
3.03	Sistema prototipale basato su stereovisione per landmark based navigation	24	10%

(1) Ra= raggiunto; Ri= in ritardo; Ab= abbandonato

Informazioni sui risultati in ritardo o abbandonati

Codice	Commento
1.01	50%: ottenuto il segnale d'errore dal lock-in veloce; in corso d'implementazione e test la correzione dell'errore con l'EOM
1.03	5%: dimostrato il principio di misura (interferometro multipass)
1.06	50%: causa significativi ritardi nella circolazione del campione (tuttora in corso), i rapporti sono previsti nel 2009
1.07	Progetto PRIN non finanziato
1.08	Progetto PRIN non finanziato
1.11	40%: caratterizzato prototipo funzionale per la dimostrazione del principio, è in progetto la realizzazione di un dimostratore
1.13	40%: progetto meccanico, in attesa di realizzazione prototipo (officina masse)
1.14	15%: definito lo schema, manca la realizzazione pratica
2.04	50%: definito piano sperimentale ottimizzato per CMM a corpo rigido, in corso per CMM con vincoli cedevoli. Si scontano il ritardo accumulato l'anno scorso (contratto iniziato il 1° luglio 2007) ed impreviste difficoltà di ricerca; si prevede conclusione nel 2009
2.07	5%: procurati i componenti; la preparazione imprevista del progetto SOMMACT ha sottratto tempo a quest'attività

Eventuali altri risultati

Approvazione del progetto europeo 7° PQ "SOMMACT"
Esito positivo del confronto Euromet.L-K5 (calibri a passi 400 mm): CMC confermata
Completamento misurazioni e rapporto confronto Euromet 925 (campioni a gradino e reticoli con SPM)
Completamento misurazioni Euramet 1012 (campioni a gradino con profilometro a stilo)
Completamento misurazioni e rapporto confronto APMP.L-K6 (piatto con sfere)
Caratterizzazione di un sensore capacitivo a multielettrodo per spostamenti e controllo d'assetto
Coordinamento confronto Euromet 870 quadrilaterale su poligoni
Metodologia di taratura d'indici di rifrazione di vetri ottici
Esito positivo di un confronto trilaterale su indici di rifrazione di vetri ottici (pilota NMIJ)
Stesura del rapporto conclusivo dell'audit pilota SIT-RC083-08 sulla verifica di prestazioni secondo la UNI EN ISO 10360-2

Programma OFF – Officine meccaniche**Responsabile: Franco Alasia****Personale impegnato (TPE) per tipologia di attività**

<i>Personale</i>	<i>Totale</i>
Alasia Franco	0,70
Audrito Emanuele	0,80
Barbone Alessandro	1,00
Bertinetti Marco	1,00
Capelli Andrea	1,00
Fornero Vincenzo	1,00
Santiano Marco	0,90
<i>Totale (TPE)</i>	<i>6,40</i>

Descrizione del programma**Principali attività svolte**

- Riorganizzazione delle officine;
- Attività di consulenza, supporto e progettazione di singoli particolari o complessivi meccanici ai vari gruppi sia di ricerca, che taratura.
- Gestione e coordinamento delle tre officine meccaniche, smistando le richieste di lavoro, ottimizzando i tempi e le lavorazioni.
- Realizzazione di particolari meccanici.

Risultati di particolare rilievo

- Completamento lavorazioni arretrate (2006 – 2007) ed espletamento di n° 319 richieste di lavoro.
- Rispetto dei termini di realizzazione e consegna delle richieste di lavoro.

Realizzazioni principali:

strutture linea azoto T5, sistema termostattizzazione flussometro M3, microcalorimetro E3, supporti per deposizione film sottili O3; sedi condensatori per apparato produzione fulmini globulari T3, prototipo raggi X M1, divisore di tensione continua autotarabile per estensione della referibilità a valori inferiori del μV E1, cavità O1, particolari per calibratore per idrofoni T3.

Divisione Ottica**Responsabile: Maria Luisa Rastello****Personale (al 31/12/2008):**

Ricercatori e tecnologi: 18. Tecnici: 8. altro personale tecnico scientifico: 7. Dottorandi e borsisti: 9. Personale amministrativo: 0,5.

Organizzazione

L'attività della divisione si articola in quattro programmi di ricerca finalizzati allo sviluppo di competenze scientifiche, tecnologie, e capacità di misura nei campi di competenze. Ogni programma si articola a sua volta in progetti come segue:

PROGRAMMA	Progetto
O1: Campioni Atomici di Frequenza (F. Levi)	Campione primario di frequenza a fontana di cesio criogenia Campione ottico di frequenza all'itterbio Campione di frequenza in cella ad elevata stabilità
O2: Algoritmi e scale di tempo (P. Tavella)	4. Adeguamento del campione nazionale di tempo UTC(IT) alla ISO 17025 e ai requisiti per la partecipazione al Galileo Time Service Provider 5. Partecipazione alla sperimentazione del sistema Galileo 6. Algoritmi per il monitoring di orologi e ricevitori GPS/Galileo
O3: Fotometria e radiometria (G. Brida)	5. Sistema Internazionale: riformulazione della candela 6. Acquisizione e riproduzione di immagini 7. Caratterizzazione di materiali
O4: Ottica quantistica (M. Genovese)	4. Entanglement e fondamenti di meccanica quantistica 5. Informazione quantistica 6. Quantum Imaging

Ricerca e sviluppo

I principali risultati di ricerca raggiunti nel 2008 sono descritti di seguito.

In O1 si segnalano le attività volte alla realizzazione di un campione primario di frequenza basato su di una fontana di cesio criogenica, raffreddata ad azoto liquido, la cui accuratezza relativa di frequenza sia pari ad 1×10^{-16} . In particolare, la realizzazione della struttura fisica della nuova fontana criogenica e la sua messa in funzione hanno portato all'osservazione del primo segnale atomico d'orologio. L'apporto di F1 alla generazione di TAI è altresì assai significativo sia per il numero di misure fatte che per la loro incertezza. Per quanto riguarda lo sviluppo del campione all'itterbio invece si segnala la realizzazione della MOT mediante radiazione blu a 399 nm, primo passo fondamentale per la realizzazione del campione di frequenza. Nell'ambito dei campioni in cella infine sono di particolare importanza gli studi teorici effettuati sulle innovative tecniche di pompaggio totale, che utilizzano transizioni laser ed a microonda.

Tra le attività di O2 è doveroso segnalare la partecipazione, 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. Nell'ambito degli stessi contratti, è stato stimato il "GPS to Galileo Time Offset". E' stato infine progettato un nuovo sistema di "monumentazione" per le antenne dei ricevitori GNSS di "timing" in dotazione.

Per quanto riguarda O3, nell'ambito del Progetto Europeo *qu-candela* è stato realizzato un primo gruppo di fotodiodi al silicio con efficienza quantica calcolabile, capace di operare a flussi di fotoni tradizionali (10^{13} fotoni/s), ora in fase di caratterizzazione ottica ed elettrica. Per flussi molto bassi (inferiori a 10^6 fotoni/s), si è dimostrato sperimentalmente la capacità di risolvere il numero di fotoni incidenti su dispositivi superconduttivi (TES) operanti a temperature dell'ordine di 100 mK. E' stato infine realizzato un manipolatore per l'allineamento ed il bloccaggio di una fibra ottica ad un sensore all'interno di un criostato.

O4 ha realizzato la prima dimostrazione della possibilità di ricostruire la matrice densità degli stati ottici quantistici con metodo on/off, un risultato che trova rilevanti applicazioni nella radiometria delle grandezze fotoniche e più in generale in ottica quantistica. Si è inoltre realizzato un banco ottico specifico ove si è ottenuta la prima misura sotto lo *shot noise* di correlazione di campi bipartiti senza sottrazione del rumore, aprendo la strada all'*imaging* differenziale quantistico. Le realizzazioni del test di Alicki circa la classicità di uno stato ottico e la misura di Fedorov dell'*entanglement* in PDC hanno costituito importanti progressi verso una facile identificazione delle proprietà quantistiche degli stati ottici. Infine, lo studio teorico sulla taratura dei rivelatori analogici ha dischiuso una nuova interessante opportunità per disporre di un metodo di taratura assoluto comune tra il caso in regime di conteggio ed analogico. Si segnalano le realizzazioni di un interferometro Mach-Zender stabilizzato e di un sistema di rivelazione multiplexed per la riduzione dei tempi morti di rivelatori a singolo fotone, in collaborazione con il NIST.

Investimenti rilevanti dedicati all'attività di ricerca sono stati effettuati nel corso del 2008 grazie a finanziamenti esterni e all'esito favorevole della partecipazione a due bandi interni INRIM (bando investimenti tecnico-scientifici e bando nuove idee di ricerca). In particolare si segnala che:

- Una donazione della Fondazione San Paolo (400 k€) ha consentito l'avvio del progetto *Link Ottico in fibra per telecomunicazioni*.
- Una donazione della Fondazione San Paolo (100 k€) ha sostenuto il progetto *QKD: Quantum Key Distribution*, per la realizzazione in INRIM di un prototipo di trasmissione sicura di dati sensibili
- Nell'ambito del Bando INRIM *Nuove Idee* sono stati finanziate le proposte *Sorgente a 2 campi correlati tramite 4 wave-mixing in vapori di cesio* e *Taratura rivelatori Photon Number Resolving mediante Tomografia di operazioni quantistiche*
- Nell'ambito del Bando per gli investimenti tecnico-scientifici è stata finanziata la proposta sulla Fontana criogenica

Numerosi progetti di ricerca di ambito europeo, nazionale o regionale sono stati avviati nel 2008, altri sono proseguiti da anni precedenti. La divisione partecipa a 2 *Joint Research Projects* nell'ambito dell'iniziativa iMERA Plus nell'area *SI and Fundamental Constants*. In particolare, la divisione partecipa al progetto *New Optical Lattice clocks* e coordina il progetto "*Candela: towards photon quantum based standards*" Inoltre partecipa a 3 Progetti Europei, 1 progetto ASI, 3 progetti regionali e ad alcuni progetti di interesse industriale. Recentemente sono stati finanziati 2 progetti presentati in risposta al bando PRIN 2007. Devono anche essere segnalati i due progetti interni INRIM di fattibilità che hanno vinto il bando per nuove idee di ricerca, già citati, avviati in ottobre 2008, della durata di un anno.

Nel 2008 la divisione ha infine preparato numerose proposte di partecipazione a progetti di ricerca di ambito europeo. Molto attiva è stata anche la risposta alle opportunità di finanziamento in ambito nazionale, con la presentazione di 2 proposte PRIN 2008 e 6 proposte FIRB per il Programma "Futuro in ricerca".

Riconoscimenti Internazionali: Si segnala che il 2008 « European Frequency and Time » AWARD è stato assegnato ad Aldo Godone con la seguente motivazione: *For his fundamental contributions to the development of chains of frequency synthesis and frequency standards in the far-infrared and to the field of atomic clocks based on optical pumping.*

Ruolo NMI

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. In particolare nel 2008, O2 ha messo a punto un campione per confronti interlaboratorio delle grandezze frequenza e intervallo di tempo. e O3 ha realizzato un sistema di misura dell'intensità luminosa media e del flusso luminoso parziale di

sorgenti LED, in previsione della partecipazione alla prima Key Comparison su sorgenti LED, prevista per il 2009.

Confronti internazionali: La divisione ha effettuato cinque campagne di misura TAI, riportate sulle *Circular T* del BIPM n°245, n°246, n°247 e N°249 n° 250. Ha partecipato alla campagna di taratura del sistema di sincronizzazione a due vie (TWSTFT), tra laboratori europei, mediante stazione ricetrasmittente mobile, e alla campagna di taratura GPS tra laboratori europei, per il progetto Galileo Time Service Provider, mediante ricevitore di riferimento mobile. Ha preso parte alla CCTF-K001.UTC Key comparison: *Calculation of the reference time scale UTC (Coordinated Universal Time)*. e alla CPR-BIPM-K3a *Luminous Intensity*., in qualità di co-coordinatore con il PTB

Calibration and measurement Capabilities (CMC). A fine 2008 facevano riferimento alla Divisione 39 CMC pubblicate nel Key Comparison Data Base gestito dal BIPM. Di queste, 23 sono nell'ambito della Fotometria e Radiometria e 16 nell'ambito de Tempo e della Frequenza. La divisione è fortemente 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.

Cooperazione internazionale. La divisione partecipa ai lavori di organismi nazionali e internazionali: il Comitato Consultivo Tempo e Frequenza (CCTF) presiedendone tre gruppi di lavoro, il Comitato Consultivo Fotometria e Radiometria (CCPR) presiedendone un task group,i Comitati Tecnici di Tempo e Frequenza (TC-TF) e di 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. Inoltre la Divisione ha tenuto rapporti di collaborazione con numerose università e istituti di ricerca stranieri, in alcuni casi nell'ambito di accordi di cooperazione formali.

Trasferimento tecnologico e delle conoscenze

Varie sono le modalità con le quali i risultati dell'attività svolta e le competenze acquisite sono state trasferite all'esterno.

Come naturale prosecuzione dell'attività sui campioni di misura, le unità SI sono disseminate verso il sistema Italia mediante l'attività di taratura, per la quale nel 2008 sono stati emessi dalla divisione 222 certificati. Per l'attività di misura, concernente essenzialmente la caratterizzazione di materiali, sono stati emessi 30 rapporti di prova. Considerando anche 10 certificati di altro genere si giunge a 62 documenti. La partecipazione al Mutual Recognition Arrangement del CIPM (approvazione delle CMC e Sistema Qualità) assicura per la gran parte dei certificati il mutuo riconoscimento a livello internazionale.

La divisione ha dato supporto all'attività di accreditamento fornendo esperti per le visite ispettive. Nel 2008 inoltre ha inoltre partecipato a un ciclo internazionale di misura interlaboratorio per la grandezza luminanza al quale ha partecipato 1 centro accreditato SIT.

Il trasferimento di conoscenze verso le industrie si svolge essenzialmente attraverso contratti industriali. Questi hanno riguardato nel 2008 la caratterizzazione fotometrica di impianti d'illuminazione autostradali, in particolare in galleria.

La divisione ha prodotto 24 articoli su rivista ISI, 9 articoli su altre riviste internazionali e nazionali, 19 articoli su Atti di Conferenze internazionali e 11 tra rapporti tecnici e relazioni per contratti. E' stato sviluppato un brevetto su un tubo a fascio atomico e/o ottico in collaborazione con la società AccuBeat (Israele). Ricercatori della divisione hanno svolto 4 corsi di III livello presso il Politecnico di Torino e hanno collaborato a corsi e ad esercitazioni di laboratorio presso il Politecnico e l'Università di Torino. Nel 2008 si sono conclusi tre dottorati di ricerca svolti presso la divisione. La divisione ha partecipato a corsi di formazione organizzati dalla Fondazione CRT.

La divisione ha organizzato presso l'INRIM il IV Workshop ad memoria of Carlo Novero "Advances in Foundations of Quantum Mechanics and Quantum Information with atoms and photons", il CIE International Expert Symposium *Advances in Photometry and Colorimetry* il CIE-Div2 Meeting, e il CIE International Symposium *Road Surface Photometric Characteristic: measurement systems and results*. Ha contribuito all'Organizzazione del V International Symposium *Time Scale*

Algorithms, presso il Real Observatorio de la Armada (ROA), San Fernando, Spagna Infine ha partecipato a numerose iniziative divulgative con visite ai propri laboratori

In ambito nazionale, la Divisione ha collaborato 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. Ha svolto attività di supporto tecnico-scientifico alla PP.AA. e di formazione di tecnici per l'industria e i servizi.

Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici

In generale i risultati conseguiti sono in accordo con quanto prefissato ed indicato nel piano triennale 2008-2010 la maggior parte dei risultati attesi sono stati conseguiti. Le risorse economiche nell'anno sono state nel complesso adeguate, anche se non ancora sufficienti a colmare i ritardi nel rinnovo delle attrezzature. La principale criticità nell'avanzamento delle attività programmate è legata sostanzialmente alla effettiva disponibilità delle risorse economiche.

ENTRATE DA AUTOFINANZIAMENTO (K€)

Descrizione	
Contratti e progetti di ricerca	1527
Prove e prestazioni	223
Totale	1750

USCITE (K€)

Descrizione	
Investimento	1249
Funzionamento	397
Missioni	91
Personale	156
Totale	1893

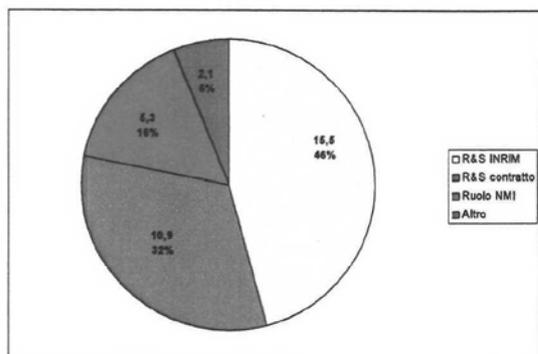
Campioni nazionali

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

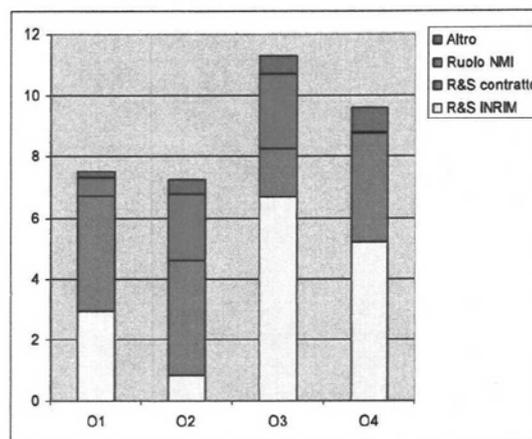
Campioni di misura

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

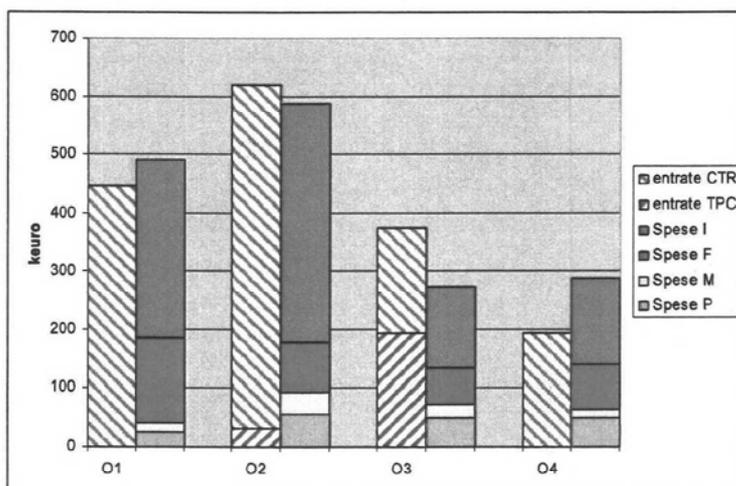
Nel seguito sono riassunti in forma grafica alcuni dati di particolare rilievo.



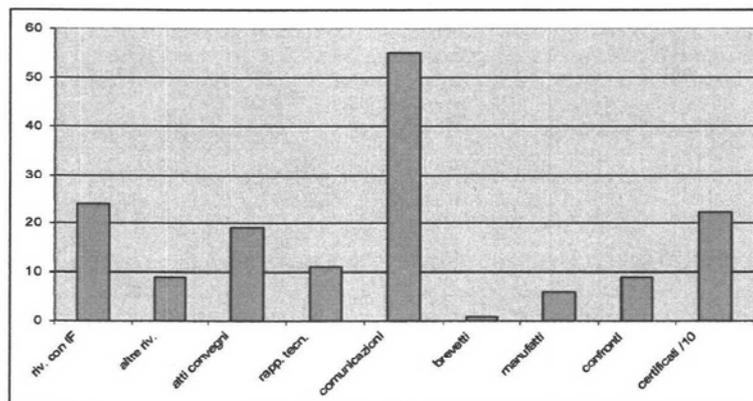
a) persone equivalenti (TPE e percentuale) dedicate alle varie attività



b) persone equivalenti dedicate alle varie attività, per programma



c) entrate e uscite programmi (CTR contratti, TPC tarature, prestazioni e consulenze, P personale, M missioni, F funzionamento, I investimento)



d) prodotti relativi al 2008

Programma O1 Campioni atomici di frequenza**Responsabile: Filippo Levi****Personale impegnato (TPE) per tipologia di attività**

Personale	R&S INRIM	R&S contratto	Campioni	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro	Totale
Filippo Levi	0,30	0,40	0,20			0,10	1,00
Aldo Godone	0,30	0,60	0,00			0,10	1,00
Luca Lorini	0,30	0,50	0,20			0,00	1,00
Salvatore Micalizio	0,40	0,60	0,00			0,00	1,00
Davide Calonico	0,20	0,60	0,20			0,00	1,00
Claudio Calosso	0,40	0,60	0,00			0,00	1,00
Elio K. Bertacco	0,50	0,50	0,00			0,00	1,00
Giovanni Costanzo	0,50	0,00	0,00			0,00	0,50
<i>Totale (TPE)</i>	2,90	3,80	0,60	0,00	0,00	0,20	7,50

Descrizione del programma**Principali attività svolte**

Nel corso del 2008 sono proseguite le attività di ricerca e sviluppo inerenti la realizzazione di una fontana criogenica (F2), di un campione ottico (Yb), ed alla realizzazione di un campione in cella a pompaggio ottico (POP). Il campione primario di frequenza IT CsF1 è stato utilizzato 5 volte per effettuare misure di accuratezza della scala di tempo TAI, come riportato sulle circolari T del BIPM.

Per quanto riguarda F2 si è proceduto all'integrazione della struttura da vuoto ed alla sua messa in funzione in regime criogenico. E' stata realizzata la catena di sintesi per la generazione del segnale a microonda. E' stato realizzato il sistema di controllo elettronico per la gestione delle varie funzionalità dei fasci laser, tra cui il controllo attivo dell'ampiezza ed il sistema di controllo della fase di lancio e post-cooling degli atomi intrappolati in melassa.

Si è osservata la melassa ottica di Cs e si sono effettuati lanci con tempi di volo prossimi a 1s.

Sono state osservate per la prima volta le frange Ramsey sulla fontana.

Relativamente al campione ottico si è osservata la trappola magenta ottica utilizzando radiazione blu a 399 nm e si è effettuata la spettroscopia di base nel verde. Si è realizzato un fascio atomico ausiliario per l'aggancio delle radiazioni laser. Si è migliorato in maniera significativa la cavità di duplicazione necessaria per la generazione del 399nm arrivando a generare oltre 50 mW di luce blu.

Per quanto riguarda lo sviluppo di campioni in cella infine è stato realizzato un primo prototipo di campione a pompaggio ottico impulsato predisposto per la rivelazione ottica.

Il prototipo realizzato presenta diverse innovazioni tecniche e strutturali rispetto a precedenti strutture realizzate in passato, tra cui la predisposizione per l'auto tuning della cavità a microonda, e la possibilità di funzionamento in vuoto.

Sono stati effettuati studi teorici e sperimentali su nuove tecniche di pompaggio ottico che possono migliorare l'efficienza nell'inversione di popolazione. Nell'ambito delle attività contrattuali dell'ESA, in collaborazione con l'università di Neuchatel infine è in fase di sviluppo una nuova sorgente laser integrata.

Risultati di particolare rilievo

Tra le attività svolte segnaliamo in particolare la realizzazione della struttura fisica della nuova fontana criogenica e la sua messa in funzione, che ha portato all'osservazione del primo segnale atomico d'orologio. L'apporto di F1 alla generazione di TAI è altresì assai significativo sia per il numero di misure fatte che per la loro incertezza.

Per quanto riguarda lo sviluppo del campione all'Yb invece si segnala la realizzazione della MOT mediante radiazione blu a 399 nm, primo passo fondamentale per la realizzazione del campione di frequenza.

Nell'ambito dei campioni in cella infine sono di particolare importanza gli studi teorici effettuati sulle innovative tecniche di pompaggio totale, che utilizzano transizioni laser ed a microonda.

Sono stati pubblicati 3 articoli su rivista internazionale.

Impatto dei risultati sul contesto esterno

Le attività svolte nel corso del 2008 sono per la maggioranza attività di sviluppo di nuovi campioni, per le quali si attendono importanti risultati nel corso del 2009. Infatti è ovvio che la massima ricaduta scientifica di questi sviluppi arrivi a campione operativo. Tuttavia continuando un ciclo positivo che prosegue da diversi anni le nostre attività si mantengono ad un livello di eccellenza che viene ampiamente riconosciuto dalla comunità

<p>scientifica internazionale. INRIM è attualmente tra i tre principali contribuenti all'accuratezza della scala di tempo TAI.</p>
<p><u>Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici</u> I risultati ottenuti sono decisamente in linea con le attese, come si può evincere dai precedenti programmi di attività.</p>

Riepilogo analitico dei risultati

Codice	Descrizione	Mese atteso	Stato ⁽¹⁾
1.1	assemblaggio della struttura della fontana	M6	Ra
1.2	osservazione degli atomi raffreddati in melassa	M12	Ra
2.1	realizzazione di trappola blu per Yb	M6	Ra
2.2	test del sistema di misura di frequenza	M12	Ra
3.1	realizzazione di un prototipo di campione a pompaggio ottico e rivelazione ottica (giugno 2008)	M6	Ra
3.2	realizzazione di una nuova catena di sintesi ultra-low-noise	M8	Ri

(1) Ra= raggiunto; Ri= in ritardo; Ab= abbandonato

Informazioni sui risultati in ritardo o abbandonati

Codice	Commento
3.2	Sono stati realizzati prototipi di vari componenti della catena ma non è ancora stata integrata la catena di sintesi definitiva.

Programma O2-Algoritmi e scale di tempo**Responsabile: Patrizia Tavella****Personale impegnato (TPE) per tipologia di attività**

<i>Personale</i>	<i>R&S INRIM</i>	<i>R&S contratto</i>	<i>Campioni</i>	<i>Tarature e prove</i>	<i>Supporto al SIT</i>	<i>Gestione e altro</i>	<i>Totale</i>
Patrizia Tavella	0,20	0,50	0,00	0,00	0,00	0,30	1,00
Valerio Pettiti	0,00	0,00	0,60	0,20	0,10	0,10	1,00
Franco Cordara	0,00	0,10	0,20	0,00	0,15	0,10	0,55
Roberto Costa	0,00	0,00	0,40	0,60	0,00	0,00	1,00
Vincenzo Marchisio	0,00	0,00	0,20	0,75	0,00	0,00	0,95
Ilaria Sesia TD	0,30	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Giancarlo Cerretto dott	0,30	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>Totale (TPE)</i>	<i>0,80</i>	<i>2,00</i>	<i>1,40</i>	<i>1,55</i>	<i>0,25</i>	<i>0,50</i>	<i>6,50</i>

Descrizione del programmaPrincipali attività svolte

Prosecuzione delle attività di adeguamento della scala di tempo nazionale UTC(IT) alla ISO 17025 e ai requisiti per la partecipazione al Galileo Time Service Provider, mediante la definizione di specifiche HW e SW per la realizzazione di un nuovo sistema di generazione della scala stessa.

Termine dei lavori atti alla realizzazione di un nuovo locale del laboratorio di tempo e frequenza con requisiti stringenti di stabilizzazione termica atto ad ospitare campioni di frequenza per il miglioramento della stabilità a medio e lungo termine della scala UTC(IT).

Progettazione di un nuovo sistema di monumentazione per le antenne dei ricevitori GNSS di "timing" in dotazione al laboratorio di tempo e frequenza.

Prosecuzione delle attività di ammodernamento del laboratorio ospitante ricevitori per il confronto di orologi e scale di tempo remote.

Inizio di collaborazione con gli istituti di ricerca Polacchi (AOS) e Ceco (UFE) per lo studio e la caratterizzazione dei nuovi ricevitori GNSS di "timing" in dotazione al laboratorio di tempo e frequenza.

Prosecuzione della partecipazione alla sperimentazione sui primi satelliti del sistema Galileo, alla generazione della scala di tempo di Galileo e alla sua sincronizzazione con UTC a seguito di relativi contratti ESA e EU con la produzione di tutta la documentazione periodicamente richiesta dai contratti stessi

Nell'ambito degli stessi contratti, definizione ed esecuzione di nuovi esperimenti di interesse con i primi due satelliti Galileo (GIOVE) nell'ambito della caratterizzazione metrologica degli orologi di bordo, stima del "GPS to Galileo Time Offset", monitoring dell'orologio di riferimento.

Prosecuzione dello sviluppo di algoritmi per il monitoring in tempo reale di orologi e ricevitori GPS/GALILEO in collaborazione il Politecnico di Torino e l'Università di Perugia. Contratto PRIN e ESA.

Prosecuzione delle attività di collaborazione con la divisione di geodesia del NRCan per lo studio di algoritmi per il confronto di orologi e scale di tempo remote.

Organizzazione del V Simposio Internazionale "Time scale algorithms" (V ITSAS), nell'ambito gruppo di lavoro CCTF su "Algorithms", presso Real Observatorio de la Armada, San Fernando, Spagna

Risultati di particolare rilievo

Nuovo locale del laboratorio di tempo e frequenza con requisiti stringenti di stabilizzazione termica atto ad ospitare campioni di frequenza per il miglioramento della stabilità a medio e lungo termine della scala UTC(IT).

A dicembre P. Tavella durante il congresso Precise Time and Time Interval a Washington, ha ricevuto il "Precise Time and Time Interval Distinguished Service Award for the outstanding career".

Organizzazione V Simposio Internazionale "Time scale algorithms" con 70 partecipanti provenienti da 5 continenti.

Nuovo software per l'esecuzione di nuovi esperimenti con i primi due satelliti Galileo (GIOVE) nell'ambito della caratterizzazione metrologica degli orologi di bordo, stima del "GPS to Galileo Time Offset", monitoring dell'orologio di riferimento.

Rapporti tecnici e pubblicazioni relativi ai nuovi esperimenti con i primi due satelliti Galileo (GIOVE).