

Piano Triennale 2011-13

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



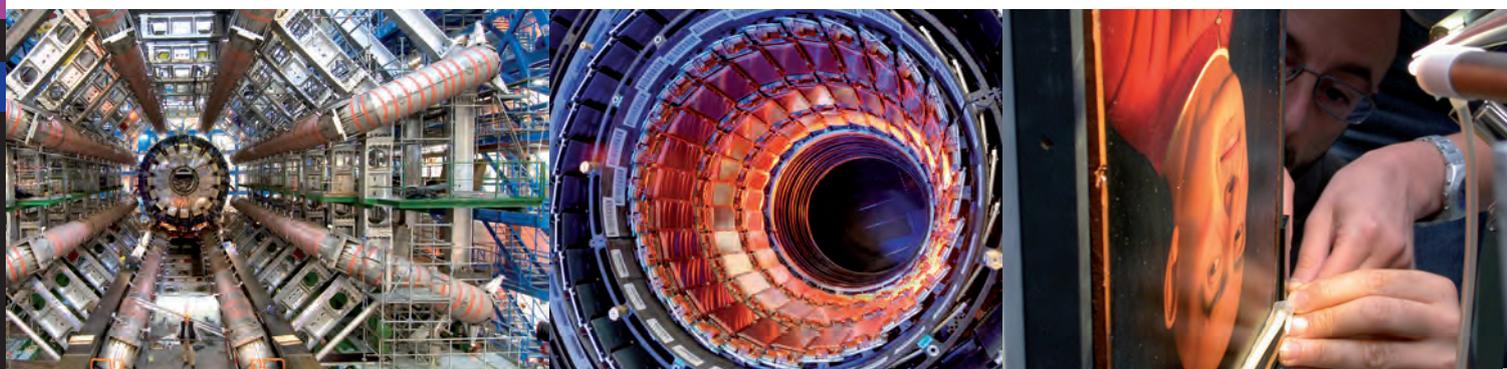
SOMMARIO

CAPITOLO I Introduzione**CAPITOLO II L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: stato e prospettive**

2.1 L'ISTITUTO	pag. 6
LA MISSIONE E LE ORIGINI	pag. 6
LA STRUTTURA E L'ORGANIZZAZIONE	pag. 6
2.2 LE ATTIVITÀ DI RICERCA	pag. 8
LE LINEE SCIENTIFICHE	pag. 8
I PRINCIPALI FILONI DI RICERCA	pag. 15
I LUOGHI DELLA RICERCA	pag. 16
I PRINCIPALI RISULTATI SCIENTIFICI CONSEGUITI NEL 2010	pag. 20
LA VALUTAZIONE INTERNA	pag. 25
2.3 L'IMPATTO SOCIO-ECONOMICO E IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO	pag. 26
LE INIZIATIVE DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO	pag. 26
IL CONTO TERZI	pag. 27
GLI SPIN-OFF	pag. 27
I BREVETTI E LA PROPRIETÀ INTELLETTUALE	pag. 27
2.4 LA FORMAZIONE	pag. 28
LE ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E DI INFORMAZIONE	pag. 28
LA FORMAZIONE E LE AZIONI DI SOSTEGNO DEI GIOVANI	pag. 28
IL RUOLO DELL'INFN NELL'UNIVERSITÀ	pag. 29
LE ATTIVITÀ DI COMUNICAZIONE E DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA	pag. 30
2.5 GLI OBIETTIVI DEL TRIENNIO	pag. 30
PROGETTI DI RILIEVO SCIENTIFICO:	pag. 30
L'EVOLUZIONE E LE SFIDE.	pag. 30
2.6 LE RISORSE FINANZIARIE E IL PROFILO DI SPESA NEL TRIENNIO	pag. 43
IL PROFILO TRIENNALE DELLE RISORSE DISPONIBILI E DELLA SPESA 2011-2013	pag. 45
IL PIANO DI RIAMMODERNAMENTO GESTIONALE	pag. 48
2.7 IL QUADRO DELLE COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI	pag. 49
2.8 LA PARTECIPAZIONE ALLA COSTRUZIONE DELLA EUROPEAN RESEARCH AREA	pag. 52
2.9 GLI ACCORDI E LE CONVENZIONI NAZIONALI	pag. 54
2.10 LE INFRASTRUTTURE DI RICERCA EUROPEE	pag. 59
2.11 LE PARTECIPAZIONI SOCIETARIE	pag. 61
2.12 LE RISORSE UMANE	pag. 65
IL PERSONALE DIPENDENTE	pag. 65
LE PARI OPPORTUNITÀ	pag. 70
IL PERSONALE ASSOCIATO	pag. 71
2.13 I "PROGETTI BANDIERA"	pag. 72

CAPITOLO III Piano programmatico di attività scientifica

3.1 L'INFN E LA SUA MISSIONE SCIENTIFICA	pag. 74
3.2 LA FISICA SUBNUCLEARE	pag. 76
3.3 LA FISICA ASTROPARTICELLARE	pag. 81
3.4 LA FISICA NUCLEARE	pag. 86
3.5 LA FISICA TEORICA	pag. 91
3.6 LE RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI	pag. 95
3.7 IL CALCOLO E LE RETI	pag. 98
3.8 I PROGETTI STRATEGICI E I PROGETTI SPECIALI	pag. 100
PROGETTO STRATEGICO INFN-MED	pag. 101
PROGETTO STRATEGICO INFN-ENERGIA	pag. 104
PROGETTO STRATEGICO NTA	pag. 106
PROGETTO SPECIALE APE	pag. 108
PROGETTO SPECIALE SPARC e PROGETTO SPARX	pag. 112
PROGETTO SPECIALE SPES	pag. 113
PROGETTO SPECIALE INFN-GRID	pag. 120
PROGETTO SPECIALE SUPERB-TDR	pag. 124
PROGETTO SPECIALE ELN (ELOISATRON)	pag. 126
3.9 I PROGETTI EUROPEI	pag. 127
3.10 I PROGETTI CONGIUNTI CON ALTRI ENTI NAZIONALI E REGIONALI	pag. 131
IL LABORATORIO LABEC	pag. 131
LA FONDAZIONE CNAO	pag. 133
IL GALILEO GALILEI INSTITUTE FOR THEORETICAL PHYSICS (GGI) DI ARCETRI (FIRENZE)	pag. 135
IL CENTRO ENRICO FERMI PER IL PROGETTO EEE	pag. 136





LA FONDAZIONE ETTORE MAJORANA (FEMCCS)	pag. 136
LA FONDAZIONE BRUNO KESSLER (FBK)	pag. 137
IL CONSORTIUM GARR	pag. 137
3.11 I PROGETTI FIRB, PRIN	pag. 138
3.12 I PROGETTI REGIONALI E I PROGETTI LOCALI	pag. 139
CAPITOLO IV I Laboratori Nazionali, il CNAF e le infrastrutture di ricerca	
4.1 I LABORATORI NAZIONALI: LNF, LNGS, LNL, LNS	pag. 142
I LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI (LNF)	pag. 142
LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO (LNGS)	pag. 145
I LABORATORI NAZIONALI DI LEGNARO	pag. 152
I LABORATORI NAZIONALI DEL SUD (LNS)	pag. 157
4.2 IL CNAF	pag. 162
4.3 LE NUOVE INFRASTRUTTURE DI RICERCA: SUPERB, KM3NET, GRID	pag. 165
IL PROGETTO SUPERB	pag. 165
L'INFRASTRUTTURA KM3NeT	pag. 167
GRID	pag. 170
4.4 PROFILI FINANZIARI DELLE NUOVE INFRASTRUTTURE DI RICERCA	pag. 171
SUPERB	pag. 171
KM3NET	pag. 173
GRID	pag. 174
CAPITOLO V Cooperazione e accordi con enti ed organismi nazionali ed internazionali	
5.1 LE COLLABORAZIONI E GLI ACCORDI NAZIONALI	pag. 176
5.2 LA PARTECIPAZIONE A CONSORZI, A SOCIETÀ, A FONDAZIONI	pag. 181
5.3 LE COLLABORAZIONI E GLI ACCORDI INTERNAZIONALI	pag. 185
CAPITOLO VI Rapporti e convenzioni con le Università	
pag. 188	
CAPITOLO VII Piano di sviluppo delle risorse umane e finanziarie	
7.1 LE RISORSE DI PERSONALE DELL'ISTITUTO	pag. 192
7.2 LE RISORSE FINANZIARIE	pag. 196
7.3 IL CONTRIBUTO DEL PERSONALE ASSOCIATO	pag. 206
7.4 LA FORMAZIONE E LE AZIONI DI SOSTEGNO DEI GIOVANI	pag. 206
7.5 LE AZIONI POSITIVE PER LE PARI OPPORTUNITÀ	pag. 207
7.6 GLI SCAMBI INTERNAZIONALI DEL PERSONALE DI RICERCA	pag. 211
7.7 LE ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E DI INFORMAZIONE DEL PERSONALE	pag. 212
CAPITOLO VIII Le attività di comunicazione e di divulgazione scientifica	
8.1 LA COMUNICAZIONE PER I MEDIA E LA COMUNITÀ	pag. 215
8.2 LA RIVISTA ASIMMETRIE	pag. 216
8.3 MOSTRE E MULTIMEDIA	pag. 217
8.4 LA COMUNICAZIONE E LA DIVULGAZIONE SCIENTIFICA PROMOSSA LOCALMENTE DALLE STRUTTURE	pag. 219
CAPITOLO IX Le attività di impatto socio-economico e di trasferimento tecnologico	
9.1 TRASFERIMENTO TECNOLOGICO	pag. 220
9.2 CONTO TERZI	pag. 221
9.3 SPIN-OFF	pag. 221
9.4 BREVETTI E PROPRIETÀ INTELLETTUALE	pag. 222
CAPITOLO X Piano di rimodernamento gestionale	
10.1 IL QUADRO NORMATIVO	pag. 224
IL REGOLAMENTO GENERALE IN VIGORE E I REGOLAMENTI INTERNI	pag. 224
LE DISPOSIZIONI LEGISLATIVE GENERALI	pag. 225
10.2 IL SISTEMA INFORMATIVO	pag. 225
CAPITOLO XI La valutazione interna	
11.1 PRODUTTIVITÀ SCIENTIFICA	pag. 229
11.2 UNA PROSPETTIVA EUROPEA PER LA VALUTAZIONE	pag. 232
11.3 CONFRONTO INTERNAZIONALE	pag. 233

Introduzione

CAPITOLO

Il piano triennale 2011-2013 presenta il progetto di sviluppo delle attività dell'Ente nei prossimi tre anni a partire dal bilancio delle attività in corso. La lettura del secondo capitolo fornisce un quadro d'insieme completo e può rappresentare un compendio del piano stesso che nei capitoli successivi contiene gli approfondimenti.

Vi sono due discontinuità da segnalare rispetto al piano precedente derivanti dalla legislazione.

La prima riguarda la pianta organica e il suo sviluppo nei prossimi tre anni. La restrizione all'utilizzo del 20 per cento del budget di personale rimasto libero dal turn over dell'anno precedente modifica in modo sostanziale le prospettive del precedente piano triennale con conseguenze sulla capacità di assorbimento da parte dell'Istituto di professionalità consolidate negli anni e acquisite tramite contratti a tempo determinato.

Un utilizzo sempre più sinergico dei progetti della comunità europea con le attività istituzionali dell'Ente si rende necessario attraverso una crescita dell'attività di programmazione globale di tali progetti.

La seconda differenza deriva dall'accantonamento nel fondo di funzionamento degli Enti di ricerca di una quota, per il 2011 pari al tredici per cento, del bilancio da distribuire su base premiale e per lo sviluppo dei progetti bandiera avviati con il bilancio 2010.

Per quanto riguarda la parte premiale, l'Istituto, da sempre favorevole a finanziamenti basati sul merito, verrebbe messo in serie difficoltà ove tale quota non venisse assegnata in tempo utile per entrare a far parte del bilancio 2011.

Una quota del bilancio degli Enti viene salvaguardata per consentire l'attuazione per ora di alcuni progetti bandiera, per l'INFN SuperB e la ricerca sul nucleare, coordinata dal CNR. Per entrambi, oltre a una descrizione del progetto e del suo dispiegamento negli anni, vengono sottolineate le azioni prioritarie da intraprendere nel 2011, soprattutto per SuperB. In questo caso infatti la finestra temporale per un impatto internazionale del progetto richiede un passo spedito, accompagnato da precisi accordi e dalla costituzione di una governance per poter trasformare le già molteplici manifestazioni di interesse a contribuire da parte di partner stranieri in collaborazioni sancite da accordi internazionali. I prossimi tre anni saranno cruciali e, se ben spesi, segneranno il ritorno dell'Italia a un'eccellenza mondiale nel settore delle alte energie, della competenza nei sistemi di accelerazione e nelle sorgenti di luce di sincrotrone.

I prossimi tre anni sono gravidi di potenziali scoperte: il Large Hadron Collider di Ginevra, i cui esperimenti principali sono a guida italiana, entra nella fase in cui sia la rivelazione che la mancata rivelazione del bosone di Higgs costituirà una scoperta fondamentale, nella quale i possibili segnali di nuove simmetrie permetteranno di far luce sul problema della materia oscura e sulla unificazione delle forze fondamentali. La SuperB, prevista funzionare nella seconda metà del decennio potrebbe fornire i tasselli mancanti ad un mosaico che l'LHC si appresta ad abbozzare. Il laboratorio del Gran Sasso, al termine della fase di sperimentazione con il fascio di neutrini spedito dal Cern alla fine del 2012 potrebbe sempre più caratterizzarsi come centro mondiale per la ricerca della materia oscura e per la rivelazione di effetti rari derivanti dall'esistenza di nuovi tipi di neutrini, detti di Majorana, con esperimenti con potenzialità di scoperta e non solo di limiti di apparizione. I laboratori di fisica nucleare svilupperanno il programma degli ioni radioattivi in una sinergia sempre maggiore ulteriormente rafforzata da un eventuale laboratorio congiunto per la produzione di isotopi radioattivi con finalità medicali. Il laboratorio di Frascati, oltre ad essere il laboratorio di riferimento per lo sviluppo del progetto SuperB, continuerà

la sperimentazione all'acceleratore Dafne dopo gli interventi di miglioramento della sua luminosità e svilupperà il progetto SparX, un Laser a Elettroni Liberi con enormi potenzialità applicative, e nuovi sistemi di accelerazione di particelle con fasci laser. I prossimi tre anni saranno decisivi anche per il progetto KM3net, un enorme rivelatore sottomarino al largo di Capo Passero in Sicilia dedicato all'astronomia con neutrini e sorgente di molte applicazioni interdisciplinari nel campo della geologia e dell'oceanografia.

L'adozione del nuovo statuto offre strumenti per una maggiore trasversalità della programmazione scientifica tramite l'aiuto del Consiglio Tecnico-Scientifico, per un maggior coordinamento e centralità amministrativa attraverso la figura del Direttore Generale e per un miglior collegamento con il MIUR attraverso la presenza nella Giunta Esecutiva di un membro designato dal Ministero. Presumibilmente già nel 2011 verranno avviate le discussioni per alcune modifiche strutturali dedicate ad una minore incidenza delle spese di funzionamento sul bilancio complessivo dell'Ente e per la creazione di un soggetto con statuto a carattere privatistico, fondazione o consorzio, con lo scopo di consolidare l'esperienza tecnologica dell'ente in una struttura capace di avere un rapporto più dinamico con il mondo produttivo attirandone le risorse.

Roberto Petronzio - Presidente INFN



L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: stato e prospettive

CAPITOLO

Per informazioni di carattere generale sull'Istituto si consulti il sito [web: http://www.infn.it/](http://www.infn.it/).

Il presente capitolo illustra lo stato e le prospettive dell'Istituto nel prossimo triennio e fornisce una sintesi di quanto è oggetto dei capitoli successivi, alla cui lettura si rinvia per maggiori dettagli.

2.1 L'ISTITUTO

LA MISSIONE E LE ORIGINI

L'INFN è l'ente pubblico nazionale di ricerca, vigilato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, dedicato allo studio dei costituenti fondamentali della materia e delle leggi che li governano e svolge attività di ricerca, teorica e sperimentale, nei campi della fisica subnucleare, nucleare e astroparticellare. Le attività di ricerca dell'INFN si svolgono tutte in un ambito di competizione internazionale e in stretta collaborazione con il mondo universitario italiano, sulla base di consolidati e pluridecennali rapporti. La ricerca fondamentale in questi settori richiede l'uso di tecnologie e strumenti di ricerca d'avanguardia che l'INFN sviluppa sia nei propri laboratori sia in collaborazione con il mondo dell'industria.

L'INFN venne istituito l'8 agosto 1951 da gruppi delle Università di Roma, Padova, Torino e Milano al fine di proseguire e sviluppare la tradizione scientifica iniziata negli anni '30 con le ricerche teoriche e sperimentali di fisica nucleare di Enrico Fermi e della sua scuola.

Nella seconda metà degli anni '50 l'INFN progettò e costruì il primo acceleratore italiano, l'elettrosincrotrone realizzato a Frascati dove nacque il primo Laboratorio Nazionale dell'Istituto. Nello stesso periodo iniziò la partecipazione dell'INFN alle attività di ricerca del CERN, il Centro europeo di ricerche nucleari di Ginevra, per la costruzione e l'utilizzo di macchine acceleratrici sempre più potenti. Oggi il contributo dei ricercatori dell'INFN è riconosciuto internazionalmente non solo nei vari laboratori europei, ma in numerosi centri di ricerca mondiali.

Nell'adempimento della sua missione, inoltre, l'Istituto:

- Collabora con le istituzioni di ricerca scientifica e tecnologica, italiane e straniere, contribuendo al processo di rafforzamento dell'area europea della ricerca.
- Opera con efficacia organizzativa nel rispetto della libertà di ricerca e della Carta europea dei Ricercatori.
- Promuove la formazione dei giovani nel campo della ricerca fondamentale e applicata.
- Cura la diffusione della cultura scientifica, innanzitutto tra i giovani.
- Persegue l'eccellenza scientifica sviluppando strumentazione avanzata, con il coinvolgimento dell'industria nazionale.
- Intensifica l'interazione delle attività di ricerca con quelle di trasferimento di conoscenza per rendere più competitive le imprese italiane a livello internazionale.
- Sviluppa l'applicazione delle tecniche nucleari e subnucleari alla medicina, ai beni culturali e all'ambiente.

LA STRUTTURA E L'ORGANIZZAZIONE

L'attività dell'INFN si basa su due tipi di strutture di ricerca complementari: le Sezioni e i Laboratori Nazionali (vedi figura 2.1).



Fig.2.1: Le strutture dell'INFN. In blu le Sezioni, in grigio i Gruppi collegati, in rosso i Laboratori nazionali, in verde il Centro Nazionale per Ricerca e Sviluppo nelle Tecnologie Informatiche e Telematiche.

I quattro Laboratori nazionali, con sede a Catania, Frascati, Legnaro e Gran Sasso, ospitano grandi apparecchiature e infrastrutture messe a disposizione della comunità scientifica nazionale e internazionale.

Le 20 Sezioni e gli 11 Gruppi collegati alle Sezioni o Laboratori hanno sede in altrettanti dipartimenti di fisica universitari e realizzano la stretta connessione tra l'Istituto e le Università.

Della struttura complessiva attuale fanno anche parte:

- Il consorzio EGO, European Gravitational Observatory, a Cascina (Pisa).
- Il CNAF, Centro Nazionale per la Ricerca e Sviluppo nelle Tecnologie Informatiche e Telematiche, a Bologna.
- L'Amministrazione centrale, a Frascati.
- La Presidenza, a Roma.

Il nuovo Statuto, previsto dal decreto legislativo 31 dicembre 2009 n.213 pubblicato su GU serie generale n.25 del 1-2-2010 riguardante il riordino degli EPR, è stato elaborato e deliberato dal Consiglio Direttivo integrato con 5 esperti nominati dal MIUR ed è in corso di approvazione formale da parte del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. L'organizzazione manageriale e scientifica è mostrata in figura 2.2b.

Per lo svolgimento dell'attività scientifica, l'Istituto si avvale di cinque Commissioni Scientifiche Nazionali (CSN), consultive del Consiglio direttivo. Esse coprono rispettivamente le seguenti linee scientifiche: fisica subnucleare (CSN1), fisica astro particellare (CSN2), fisica nucleare (CSN3), fisica teorica (CSN4), ricerche tecnologiche e interdisciplinari (CSN5).

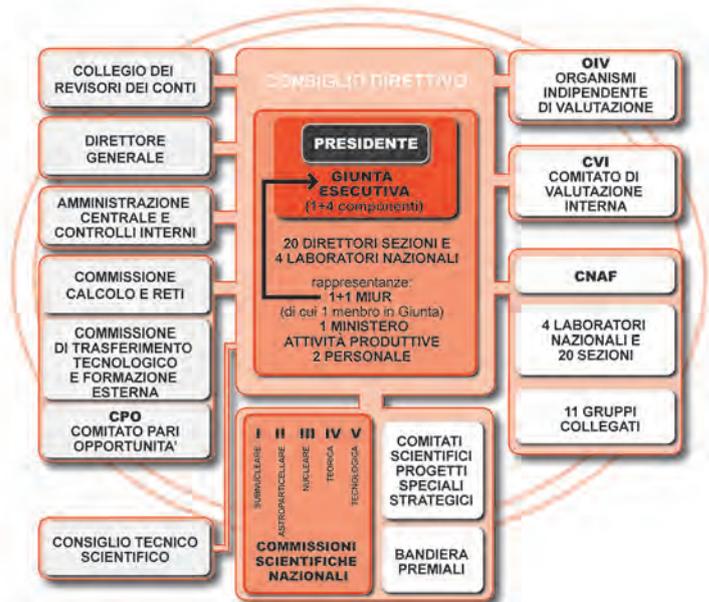
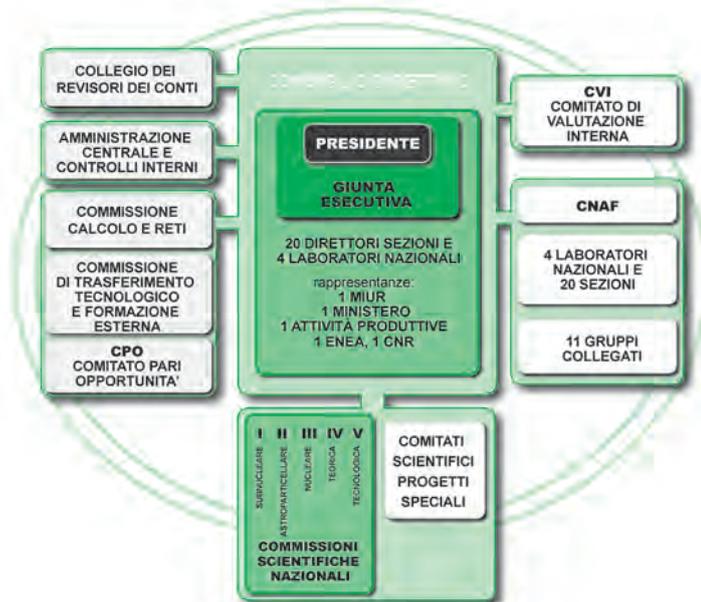


Fig.2.2: L'organizzazione manageriale e scientifica dell'INFN a) secondo lo Statuto vigente; b) secondo il nuovo Statuto.

L'organizzazione manageriale e scientifica si è gradualmente affinata. La sua funzionalità è frutto anche di buone esperienze consolidate nel tempo, che ne hanno fissato dettagli operativi essenziali. Essa rappresenta un efficace equilibrio tra organizzazione centralizzata e decentrata, tra vertice e base, frutto dell'esperienza.

Di particolare rilievo è l'entrata in esercizio, nel 2009, del nuovo Sistema Informativo che costituisce uno strumento essenziale che consentirà sempre di più una gestione integrata, efficiente, trasparente e ottimizzata dei processi amministrativi dell'Istituto.

2.2 LE ATTIVITÀ DI RICERCA

LE LINEE SCIENTIFICHE

La missione dell'INFN è il progresso nella conoscenza degli aspetti fondamentali dell'Universo, dalle proprietà dei suoi costituenti elementari (micro-cosmo) alle sue caratteristiche sulle scale dei tempi e delle lunghezze più grandi (macro-cosmo).

Il tema principale di ricerca dell'INFN – i costituenti elementari della materia e le loro interazioni – nasce, in senso moderno, alla fine dell'Ottocento, quando si affermò l'idea della materia fatta di atomi. Lo studio di fenomeni naturali (radioattività, raggi cosmici) portò, nella prima metà del Novecento, a svelare la struttura dell'atomo e dunque alla nascita della fisica del nucleo atomico.

La seconda metà del Novecento, corrispondente all'arco di vita dell'Istituto, ha visto il successivo incessante progresso – tuttora in atto – nella conoscenza dei costituenti fondamentali

della materia e dell'origine dell'Universo, basato sul costante sviluppo degli acceleratori e degli apparati rivelatori di particelle. Il corpo di conoscenze così prodotto ha portato alla sintesi teorica del Modello Standard, che inquadra i costituenti della materia e le loro interazioni in uno schema coerente, semplice ed elegante.

Il risultato più rilevante delle ricerche portate avanti dall'Ente in questi ultimi anni è stata una sempre più approfondita comprensione dell'unità di fondo dei fenomeni relativi alla fisica dei nuclei e dei costituenti subnucleari con quelli relativi all'evoluzione dell'Universo (cosmologia) e di strutture su scala cosmica (astrofisica).

In effetti lo studio dell'"infinitamente piccolo" si è sempre più collegato, negli ultimi anni, allo studio dell'"infinitamente grande", nel senso che tematiche tipiche delle ricerche INFN sulla struttura intima della materia e delle interazioni fondamentali possono contribuire a fornire risposte a domande quali l'origine e l'evoluzione dell'Universo, la natura e la composizione della *materia e energia oscura*, a noi ancora ignote, che ne costituiscono oltre il 95%, la separazione fra materia e antimateria nell'Universo. (vedi figure 2.3, 2.4 e 2.5).

La ricerca fondamentale, condotta sia attraverso la sperimentazione, sia attraverso metodologie teoriche, e le ricerche tecnologiche e interdisciplinari correlate, sono coordinate complessivamente da cinque commissioni scientifiche nazionali:

CSN1: Fisica subnucleare

CSN2: Fisica astroparticellare

CSN3: Fisica nucleare

CSN4: Fisica Teorica

CSN5: Ricerche tecnologiche e interdisciplinari

e trovano il loro completamento in un insieme di progetti strategici, progetti speciali, progetti inseriti nella programmazione europea, progetti nazionali e infine progetti regionali che sono indirizzati sia alle applicazioni verso il mondo sociale-produttivo-economico sia agli sviluppi di frontiera preparatori a future sperimentazioni per la ricerca fondamentale o comunque tesi a contribuire alla realizzazione di infrastrutture per lo "spazio europeo della ricerca".

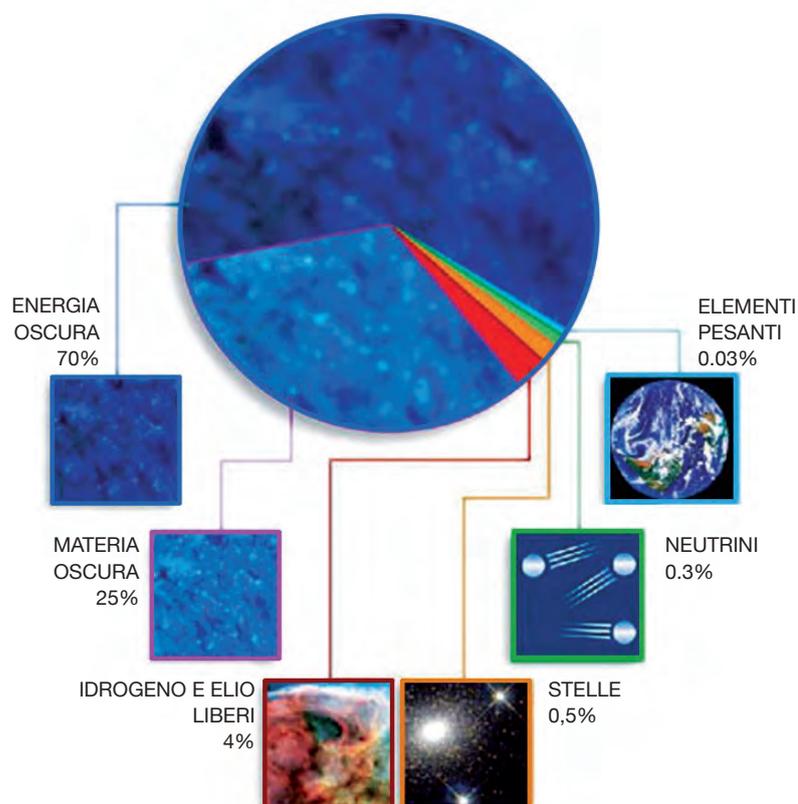
Descriviamo più in dettaglio i principali temi scientifici.

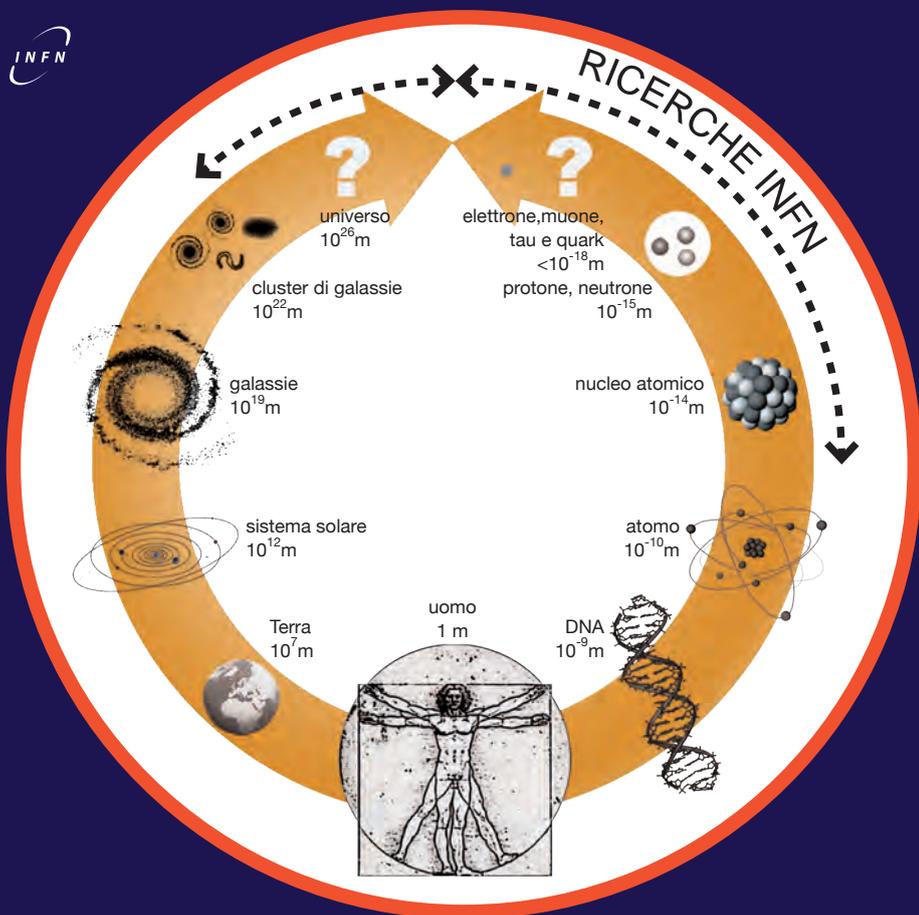
I costituenti fondamentali e le loro interazioni

Le ricerche riguardanti tale tematica sono coordinate dalla Commissione Scientifica Nazionale 1 (CSN1).

I principali obiettivi delle attuali ricerche, sperimentali e teoriche, sulle interazioni fondamentali sono da una parte

Fig.2.3: La composizione dell'Universo





carica elettrica
(unit $1,6 \cdot 10^{-19}$
Coulomb)

masse crescenti

+2/3



QUARK

-1/3



0



LEPTONI

-1



I II III

3 famiglie di particelle fondamentali,
raggruppate in doppietti

Fig.2.6: Le particelle fondamentali del "Modello Standard" ..

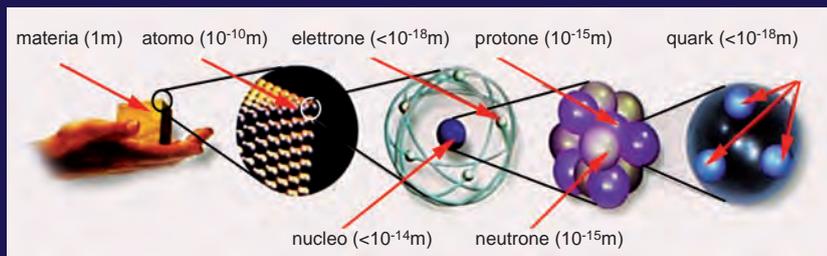
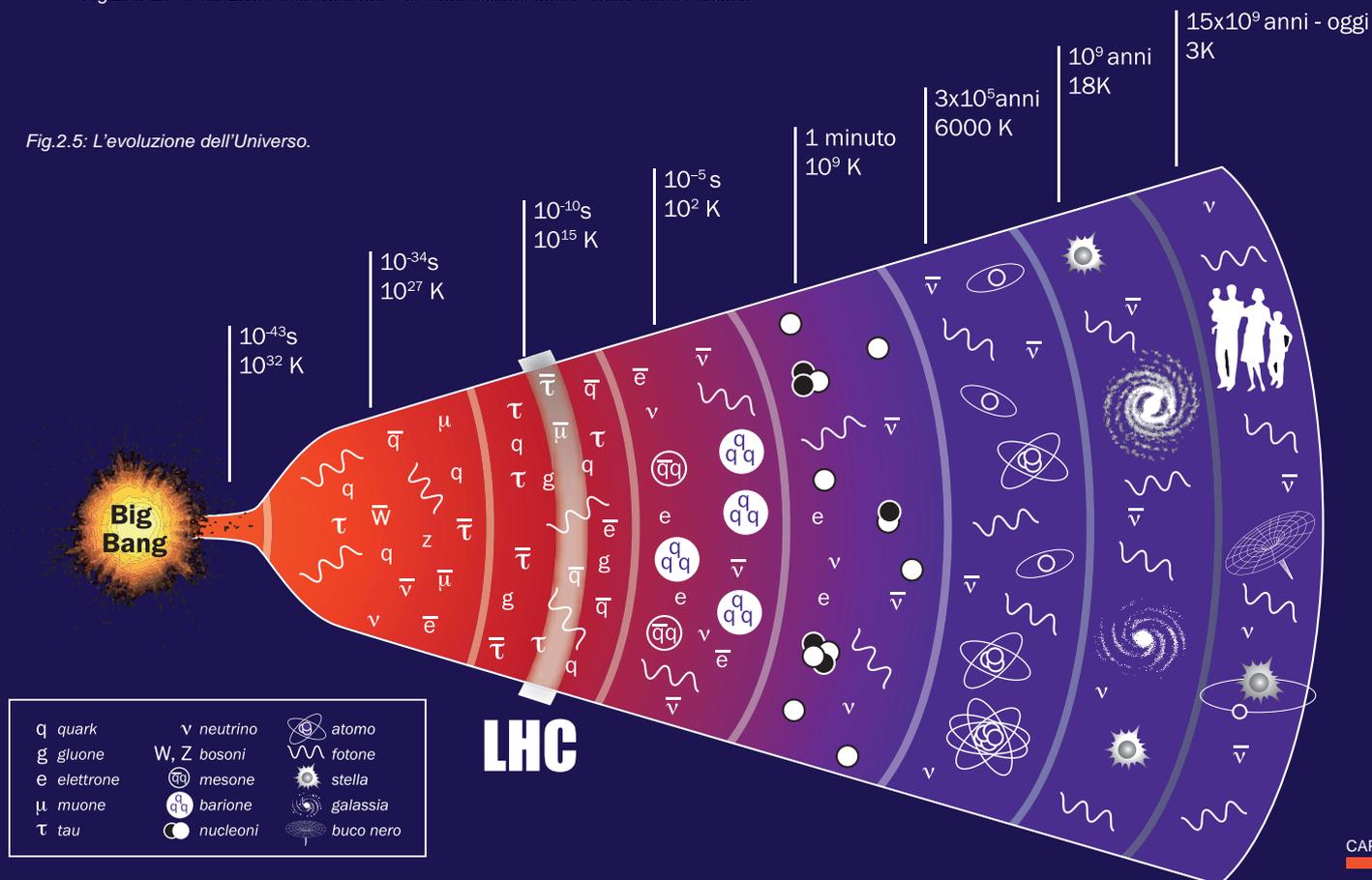


Fig.2.4: La costituzione della materia e la connessione microcosmo-macrocosmo.

Fig.2.5: L'evoluzione dell'Universo.



il completamento del Modello Standard, dall'altra la sua estensione e, infine, il suo inevitabile superamento. Particolare interesse rivestono gli esperimenti, sia alla frontiera dell'energia sia alla frontiera dell'intensità, capaci di offrire indicazioni di nuova fisica, ossia di fenomeni non spiegabili nel quadro attuale.

I costituenti elementari della materia si dividono in due classi (vedi figura 2.6):

- I *leptoni*, che hanno solo interazioni elettromagnetiche e deboli, queste ultime identificate, negli anni '30 da Enrico Fermi, come responsabili dei decadimenti dei nuclei;
- I *quark*, che sono sensibili anche alle interazioni forti, le forze che legano i protoni e i neutroni nei nuclei atomici.

Gli elementi delle due categorie sono classificati in tre generazioni, ciascuna costituita da una coppia, con massa progressivamente crescente. I quark più leggeri (i quark u e d) sono i costituenti dei protoni e dei neutroni, a loro volta costituenti dei nuclei atomici. I quark delle famiglie più pesanti (s, c, b, t) sono i costituenti di particelle instabili che, oltre a essere presenti nella radiazione cosmica secondaria, sono normalmente generate nelle collisioni ad alta energia prodotte con macchine acceleratrici.

Ciascuna delle tre generazioni di leptoni è costituita da un leptone carico e da uno neutro, detto neutrino. Un ruolo particolare è svolto dai neutrini, sensibili esclusivamente alle interazioni deboli. In corrispondenza ai tre leptoni carichi - l'elettrone, il muone e il tau - si conoscono tre tipi di neutrini. Molte evidenze sperimentali, alcune ottenute nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, fra le quali i risultati scientifici

dell'esperimento OPERA che riceve neutrini generati da acceleratori al CERN, hanno definitivamente confermato l'esistenza del fenomeno delle oscillazioni tra neutrini, ovvero la trasformazione di un neutrino di un dato tipo in un neutrino di tipo diverso, con una probabilità che oscilla con la distanza percorsa. L'osservazione dell'oscillazione dei neutrini (fenomeno ipotizzato da Bruno Pontecorvo negli anni '60), implica che questi abbiano una massa diversa da zero. La loro massa è così piccola da renderne difficile la misura diretta. Dato che il Modello Standard prevede che i neutrini siano rigorosamente di massa nulla, ne deriva che le oscillazioni neutriniche sono un'evidenza cruciale di nuova fisica al di là del Modello Standard. Insieme all'esistenza della materia oscura di origine non barionica, tali oscillazioni costituiscono l'evidenza sperimentale più forte che abbiamo che vi siano nuove particelle e interazioni al di là di quelle presenti nel MS.

Lo studio approfondito del fenomeno delle oscillazioni di neutrino è uno dei grandi temi della ricerca contemporanea. Esso è effettuato mediante neutrini provenienti da sorgenti di natura molto diversa: i reattori nucleari, i fasci d'alta energia prodotti alle macchine acceleratrici, le reazioni di fusione all'interno del Sole, le collisioni dei raggi cosmici nell'atmosfera. La questione della massa del neutrino riveste un particolare interesse cosmologico, dovuto alla massiccia presenza di queste particelle nell'Universo attuale, residuo del Big-Bang iniziale. Questi neutrini fossili non sono mai stati osservati direttamente, ma possiamo stimare che, possedendo una massa, essi renderebbero conto, seppure solo in piccola parte, della cosiddetta materia oscura dell'Universo.

Fig.2.7: Le interazioni fondamentali e i loro mediatori.

Le interazioni fondamentali

Le interazioni tra le particelle che costituiscono la materia, ad esempio la loro reciproca attrazione e repulsione, sono regolate da 4 interazioni fondamentali. Nel Modello Standard le interazioni fondamentali si manifestano attraverso lo scambio di speciali particelle, chiamate bosoni mediatori.

		Carica vs e-	Massa (GeV/c ²)	mediatore della forza
	forza forte	0	0	g gluone
	forza elettromagnetica	0	0	γ fotone
	forza debole	+1, 0, -1	91.188 (Z) 80.40 (W+, W-)	bosone W+ W- Z
	forza gravitazionale	0	0	gravitone (?)

L'interazione elettromagnetica tiene gli elettroni legati al nucleo dell'atomo ed è responsabile dei fenomeni elettrici e magnetici. Avviene attraverso lo scambio di bosoni detti fotoni.

L'interazione debole è responsabile di alcuni decadimenti radioattivi ed è coinvolta nei processi di combustione che fanno brillare le stelle, compreso il Sole. Avviene attraverso lo scambio di bosoni detti W e Z.

L'interazione nucleare forte tiene insieme i quark all'interno di protoni e neutroni, e i protoni e i neutroni stessi all'interno del nucleo. Avviene attraverso lo scambio di bosoni detti gluoni.

L'interazione gravitazionale fa ruotare i pianeti attorno al Sole e ci tiene legati a terra. Tutti gli oggetti e le particelle con massa interagiscono attraverso la forza gravitazionale. Si pensa che avvenga attraverso lo scambio di bosoni detti gravitoni, ma questi non sono ancora stati osservati.

Tale materia è di natura per ora ignota, ma la sua presenza è rivelata attraverso i suoi effetti gravitazionali.

Studi recenti hanno individuato anche l'esistenza di un'energia oscura dell'Universo. In definitiva la materia a noi nota dovrebbe costituire non più del 5% della massa-energia totale presente oggi nell'Universo (vedi figura 2.3).

Il mondo microscopico è popolato, oltre che da quark e leptoni (che sono fermioni), dai quanti d'energia caratteristici dei diversi tipi d'interazione (che sono bosoni): il fotone per le interazioni elettromagnetiche, i bosoni Z0 e W per le interazioni deboli, i gluoni per le interazioni forti. A questi vanno aggiunti i gravitoni per le forze gravitazionali, sebbene la gravità non sia ad oggi integrata nel Modello Standard (vedi figura 2.7). Analoga ai quanti associati alle interazioni è la particella denominata bosone di Higgs, responsabile, secondo il Modello Standard, del cruciale meccanismo di generazione della massa delle particelle fondamentali. Il valore della massa del bosone di Higgs non è prevedibile, ma potrebbe essere poco superiore a 100 volte la massa del protone, secondo le indicazioni risultanti dagli esperimenti attuali.

La consistenza della teoria ne richiede l'estensione a teorie che prevedono l'esistenza di nuovi fenomeni alla scala d'energia pari a circa 1000 volte la massa del protone. Il modello al momento più popolare, il *Minimal Supersymmetric Standard Model*, prevede che, per ciascuna particella conosciuta, esista una corrispondente particella con proprietà simili, ma con momento angolare intrinseco, lo spin, differente di mezza unità. In tali teorie lo spettro di particelle di Higgs è più ricco che nel Modello Standard. La ricerca dei bosoni di Higgs e

delle nuove particelle previste dalle teorie supersimmetriche – in breve, le particelle supersimmetriche – sono tra gli obiettivi primari del settore di ricerca fondamentale che va sotto il nome di fisica subnucleare. La sperimentazione avviata nel novembre 2009 per un periodo programmato di oltre 10 anni presso il *Large Hadron Collider* (LHC) al CERN (vedi figura 2.8), con il contributo fondamentale dell'INFN e dell'Italia, fornirà risposte cruciali sull'esistenza del o dei bosoni di Higgs, sull'evoluzione dell'Universo e sulla natura dell'energia-materia oscura e su eventuali segnali di *fisica oltre il Modello Standard* (supersimmetria, ecc.)

Tema di paragonabile rilievo è lo studio della simmetria materia-antimateria, tecnicamente indicata con la sigla CP (*Charge-Parity*). Tale simmetria era data per scontata all'inizio della moderna fisica delle particelle, ma esperimenti di grande rilievo concettuale hanno invece mostrato l'esistenza di una piccola asimmetria nel comportamento delle particelle che noi classifichiamo come materia (elettroni, protoni, neutroni, ecc.) rispetto a quello delle corrispondenti particelle classificate come antimateria (positroni, antiprotoni, antineutroni, ecc.). Il Modello Standard permette una violazione della simmetria CP. Esperimenti recenti hanno esteso la conoscenza di tale violazione. La sperimentazione alle attuali e future intense sorgenti di mesoni K e B renderà disponibili ulteriori cruciali informazioni.

Collegata alla violazione della simmetria CP è la fondamentale questione legata all'osservazione che l'Universo visibile sembra essere costituito esclusivamente di materia e non, come ci si potrebbe aspettare dalla teoria del Big Bang, di isole di materia e isole di antimateria. In realtà la violazione di CP è condizione necessaria ma non sufficiente per sviluppare un'asimmetria materia-antimateria a partire da una situazione simmetrica; occorrerebbe infatti tener conto anche della violazione del numero barionico, della violazione della simmetria di sola C e della grande velocità di espansione dell'Universo che impedisce il ripristino delle distribuzioni di equilibrio barioni-antibarioni.

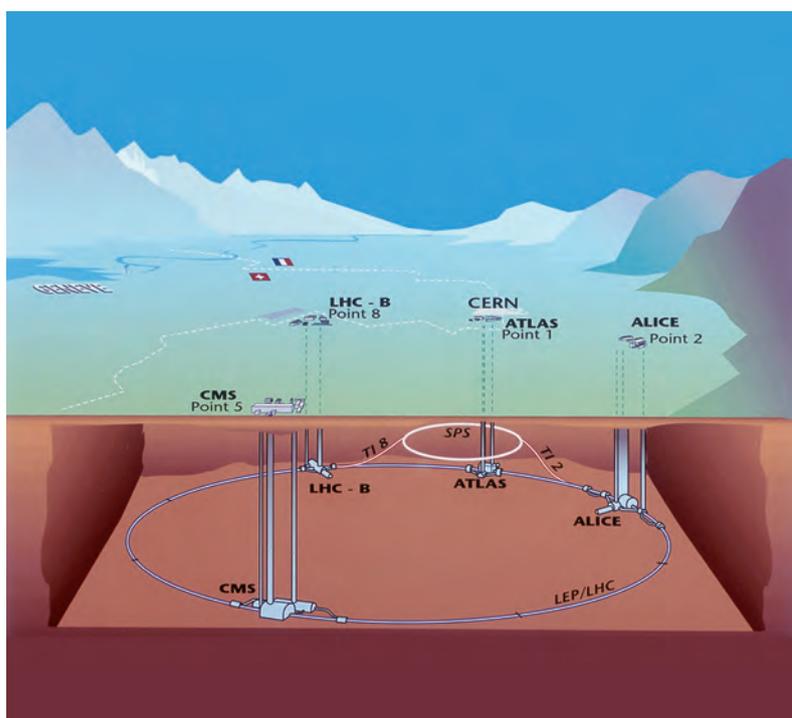
Anche su questo punto, la sperimentazione futura fornirà importanti risposte chiarificatrici.

Le particelle e la radiazione nel cosmo

Le ricerche riguardanti tale tematica sono coordinate dalla Commissione Scientifica Nazionale 2 (CSN2).

Un metodo complementare alla ricerca di nuove particelle con le macchine acceleratrici è quello di ricercare ad esempio la particella supersimmetrica più leggera (il neutralino) nella radiazione cosmica. Secondo le teorie attuali, il neutralino

Fig. 2.8: L'anello di 27 km del Large Hadron Collider (LHC) al CERN di Ginevra



potrebbe essere stabile, su tempi cosmologici, ed essere quindi presente nell'Universo attuale come residuo delle fasi iniziali del Big Bang (insieme ai neutrini fossili) e contribuire anch'esso alla materia oscura.

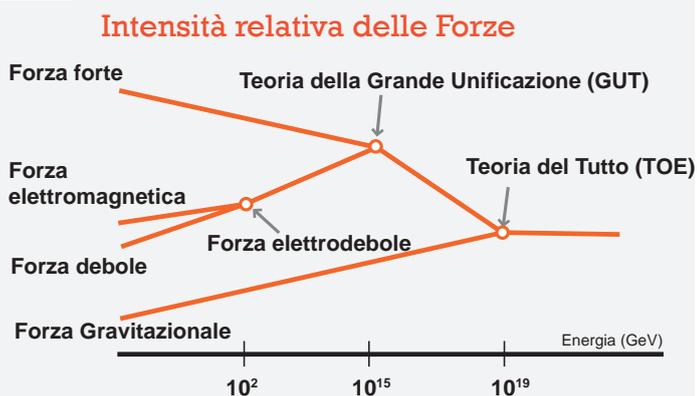
Gli esperimenti dedicati a questa ricerca sono basati sull'osservazione di eventi rari o segnali deboli e richiedono condizioni particolari, come quelle che si possono ottenere nelle sale sperimentali sotterranee dei Laboratori del Gran Sasso, al riparo dal disturbo dei raggi cosmici, oppure nello spazio potendo misurare con estrema precisione il fondo dovuto alla radiazione cosmica primaria.

Nel Modello Standard, ivi compresa la sua estensione supersimmetrica, le interazioni elettrodeboli e forti sono indipendenti tra loro. Esistono teorie che prevedono una completa unificazione delle forze: le Teorie della Grande Unificazione. La verifica diretta di queste teorie richiederebbe lo studio di fenomeni a energie di gran lunga superiori a quelle disponibili, o anche solo ipotizzabili, con le macchine acceleratrici. Queste energie, tuttavia, corrispondono a quelle prevalenti nei primi istanti di vita dell'Universo, secondo la teoria del Big Bang.

Un possibile metodo di verifica delle teorie di Grande Unificazione consiste nella ricerca dei residui di queste interazioni nella radiazione cosmica (le particelle fossili). Un altro metodo consiste nel cercare l'effetto in decadimenti rari della materia, quali il decadimento del nucleone, cui si è già accennato, o il decadimento nucleare doppio-beta senza emissione di neutrini. L'unificazione della gravità con le altre forze è a tutt'oggi uno dei maggiori problemi aperti: da estrapolazioni dalle basse energie ciò dovrebbe succedere ad una scala di energia di 10^{19} GeV o ad una scala delle distanze di 10^{-35} m (vedi figura 2.9).

La ricerca di fenomeni rari collegati alle Teorie di Grande Unificazione è stata, storicamente, la ragione dello sviluppo dei laboratori sotterranei, in particolare dei Laboratori del Gran Sasso, che costituiscono il più grande complesso di

Fig. 2.9: L'“Unificazione” delle forze.



questo tipo oggi esistente al mondo. L'impiego di apparati rivelatori di particelle nell'ambiente sotterraneo ha poi esteso il campo delle ricerche al settore astrofisico, con lo studio dei neutrini solari e dei neutrini da collasso gravitazionale. Di grande attualità e crescente sviluppo è la ricerca della materia oscura (*Dark Matter*) che trova ancora nei LNGS un'opportunità all'avanguardia. Una volta consolidata, la fisica astroparticellare ha poi trovato nuovi sbocchi in ambienti con caratteristiche complementari a quello sotterraneo, come lo spazio, dove la radiazione cosmica primaria è direttamente accessibile, i laboratori d'alta quota, per la astronomia di raggi gamma di alta energia o i laboratori sottomarini per l'astronomia con neutrini di alta energia.

Infine, un settore di ricerca anch'esso collocato al confine tra lo studio delle interazioni fondamentali e l'astrofisica, nel quale i fisici italiani hanno svolto e svolgono un ruolo d'avanguardia, è quello della rivelazione delle onde gravitazionali sia mediante antenne criogeniche a barra risonante, già ampiamente sviluppate, sia con lo sviluppo dei grandi rivelatori interferometrici, ora pienamente in funzione, tra cui spiccano l'italo-francese VIRGO (vedi figura 2.10) a Cascina (Pisa), e gli statunitensi LIGO, in Louisiana e a Seattle.

I sistemi nucleari

Le ricerche riguardanti tale tematica sono coordinate dalla Commissione Scientifica Nazionale 3 (CSN3).

Le ricerche in fisica nucleare oggi riguardano la struttura e la dinamica di sistemi composti, alla luce della teoria delle interazioni fondamentali. In quest'ottica, le tematiche tradizionali della fisica nucleare sono spesso estese a prospettive più vaste, che includono temi di fisica subnucleare. Esempi di estensioni di questo tipo sono lo studio delle funzioni di struttura dei nucleoni, le ricerche sulla spettroscopia degli iperoni o la ricerca di nuovi stati in cui può esistere la materia nucleare.

Le ricerche tradizionali della fisica nucleare hanno portato alla formulazione di modelli che descrivono con successo le proprietà dei nuclei atomici come sistemi legati di protoni e neutroni. Questi modelli sono sottoposti a verifiche sempre più stringenti, grazie allo sviluppo di tecniche sperimentali che consentono lo studio di nuclei in condizioni estreme, prossime ai limiti di stabilità: nuclei notevolmente deformati con valori elevati del momento angolare, oppure nuclei con valori estremi del rapporto tra protoni e neutroni. Questi temi sono affrontati in esperimenti che utilizzano fasci di ioni accelerati fino a energie comprese nell'intervallo tra la barriera coulombiana e 100 MeV/nucleone.



Fig. 2.10: L'Interferometro per onde gravitazionali Virgo, nella pianura di Cascina (PI)

La descrizione del nucleo in termini di nucleoni (i protoni o i neutroni) che interagiscono attraverso lo scambio di mesoni è un'approssimazione, valida alle basse energie, per riassumere gli effetti dei costituenti elementari (i quark e i gluoni) che compongono i nucleoni stessi. Con il progredire delle conoscenze sul comportamento dei costituenti subnucleari, sarà possibile spiegare i modelli nucleari a partire dalla teoria fondamentale delle interazioni forti, la *cromo-dinamica quantistica* (QCD).

A tal fine è interessante studiare, in collisioni a più alta energia, il modo in cui le distribuzioni dei costituenti elementari dei nucleoni sono alterate quando questi ultimi formano a loro volta la materia nucleare. Le ricerche in questo campo sono condotte con fasci incidenti di elettroni di alta energia, o di protoni o antiprotoni.

La teoria della QCD prevede che la materia nucleare, in condizioni estreme di densità e temperatura, subisca una transizione ad una fase denominata plasma di quark e gluoni, in cui i costituenti elementari non sono più confinati all'interno dei singoli nucleoni. Le prime indicazioni sperimentali di questa transizione di fase sono state ottenute nello studio delle collisioni tra nuclei di piombo. La collisione tra ioni a energie ultrarelativistiche è caratterizzata da densità di energie sufficientemente elevate da permettere una transizione dalla materia adronica ad uno stato de-confinato di quark e gluoni, la stessa che si presume abbia avuto luogo nell'Universo primordiale, nei primi dieci milionesimi di secondo dopo il Big Bang. Si presume che questa fase abbia avuto luogo nell'Universo primordiale, nei primi dieci milionesimi di secondo dopo il Big Bang, e che sia possibile ricrearla in laboratorio attraverso la collisione tra ioni pesanti a energie ultrarelativistiche. Le prime indicazioni sperimentali di questa transizione di fase sono state ottenute nello studio delle collisioni tra nuclei di piombo

all'SPS (CERN) e nuclei di oro a RHIC (BNL). Lo studio delle proprietà del quark-gluon plasma è l'ambizioso obiettivo scientifico dell'esperimento ALICE all'LHC del CERN.

Le "questioni" della Fisica Teorica

Le ricerche riguardanti tale tematica sono coordinate dalla Commissione Scientifica Nazionale 4 (CSN4).

Le principali questioni fondamentali che sono oggetto della ricerca con metodologie teoriche riguardano:

- L'origine della massa delle particelle fondamentali;
- L'individuazione della natura e delle proprietà della materia oscura;
- La "fisica del sapore" e la violazione delle simmetrie discrete;
- La spiegazione dell'asimmetria materia-antimateria nell'Universo;
- L'unificazione delle forze fondamentali, inclusa la gravità;
- Lo studio della natura fondamentale dello spazio-tempo e i problemi connessi alla quantizzazione della gravità;
- La fisica adronica e nucleare, inclusi i processi all'epoca del Big-bang e la successiva evoluzione dell'Universo.

Tali studi teorici si avvalgono e si avvarranno sempre di più dei risultati sperimentali attesi all'LHC, dai molti esperimenti di fisica astroparticellare e dalle "fabbriche" per la produzione di mesoni B fra cui quella rappresentata dalla nuova macchina acceleratrice SuperB in Italia.

Le attività teoriche, svolte da circa 1000 scienziati provenienti da tutte le sezioni dell'INFN e dai quattro laboratori nazionali e articolate secondo "iniziative specifiche" che aggregano ricercatori di varie strutture per comuni finalità scientifiche, sono tutte sviluppate in stretta collaborazione col mondo accademico e comprendono i seguenti settori:

- a) Stringhe e teoria dei campi

- b) Fenomenologia delle particelle
- c) Fisica adronica e nucleare
- d) Metodi matematici
- e) Astroparticelle e cosmologia
- f) Teoria dei campi e meccanica statistica

La ricerca teorica in ambito INFN svolge un ruolo di grande rilievo internazionale, come dimostrano il grandissimo numero di citazioni, l'intensa attività di presentazioni alle più importanti conferenze internazionali, l'imponente produzione scientifica su riviste internazionali con referee (oltre 1200 lavori all'anno), la stretta collaborazione con ricercatori di tutto il mondo, lo scambio di studiosi sia a livello di giovani sia a livello di senior, grazie anche a una serie di convenzioni tra l'INFN e ITEP, JINR e IGEP (Russia), MEC (Spagna), MIT (USA).

La partecipazione dei giovani in formazione è dimostrato dall'elevato numero di tesi di laurea universitarie (circa 300/anno), sia di primo che di secondo livello, e di tesi di dottorato (circa 70/anno).

Di particolare significato e rilievo è l'attività dell'Istituto Galileo Galilei (GGI) di Arcetri, di cui l'INFN è ente promotore e sostenitore finanziariamente. Il GGI ospita di solito tre workshop all'anno, di durata variabile tra 8 e 12 settimane, oltre a scuole per giovani post-doc e incontri su temi di interesse per la fisica teorica.

Di grande impulso per la ricerca teorica italiana e internazionale nel campo delle interazioni forti è stato lo sviluppo da parte dell'INFN di macchine di calcolo parallelo attraverso il progetto APE (*The Array Processor Experiment*).

Le ricerche tecnologiche e interdisciplinari

Le ricerche riguardanti tale tematica sono coordinate dalla Commissione Scientifica Nazionale 5 (CSN5).

L'INFN pone particolare attenzione, ai fini dello svolgimento della sua missione scientifica e del suo impatto socio-economico, agli sviluppi nel campo della fisica degli acceleratori (vedi figura 2.11), dei rivelatori di radiazione, dell'elettronica, dell'informatica e della fisica interdisciplinare, e in tali attività collabora intensamente con ricercatori e tecnologi di differente estrazione culturale e di differenti afferenze (CNR, INAF, INGV, INFN, ASI).

Nella ricerca e sviluppo per i futuri acceleratori l'Istituto gioca un ruolo di eccellenza e si pone come solido riferimento culturale e realizzativo per l'intera comunità nazionale e internazionale; i campi di R&D (*Research and Development*) ovvero R&S (Ricerca e Sviluppo) riguardano gli acceleratori

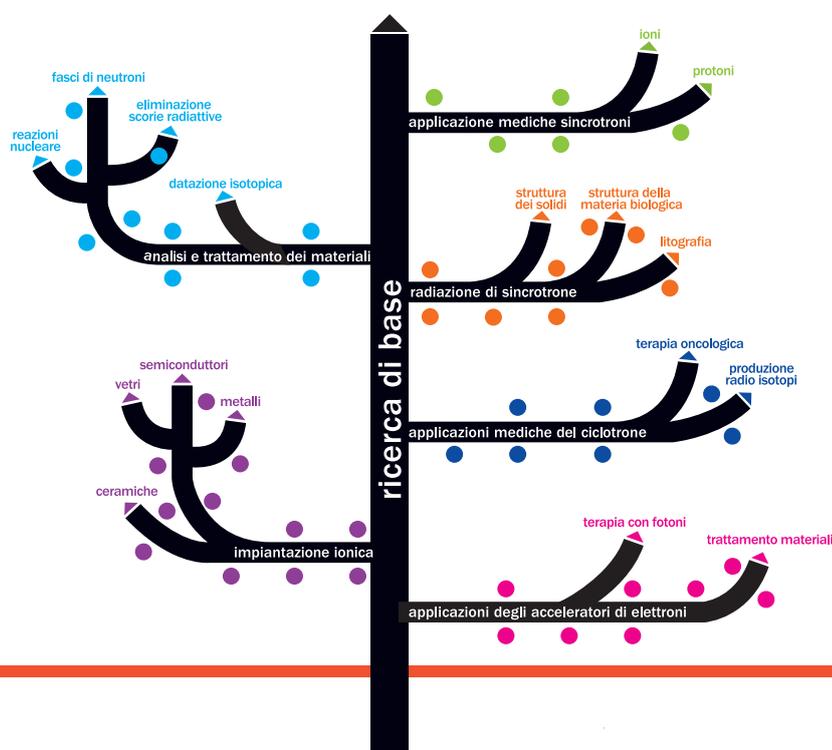
di elettroni ad alta energia e intensità per la fisica del sapore (SuperB), gli acceleratori lineari di altissima energia ed intensità nell'ambito del progetto ILC (*International Linear Collider*) e del progetto CLIC (*Compact Linear Collider*), gli acceleratori di protoni per la produzione di fasci radioattivi, gli acceleratori di protoni e ioni per le applicazioni in adroterapia, gli acceleratori per la produzione di radiazione elettromagnetica di altissima energia ed altamente coerente (X-FEL) con i progetti SPARC e SPARX, il progetto ESS (*European Spallation Source*) in costruzione a Lund, la test facility per il sistema di Iniezione a Atomi Neutri per il progetto ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*).

La capacità dell'Istituto di costruire acceleratori (X-FEL, ESS, SparX, ITER) utilizzabili da altre comunità scientifiche (scienze e ingegneria dei materiali, biologia, chimica, energetica, medicina) costituisce una risorsa di grande valore per l'intera comunità nazionale e internazionale.

Di grande impatto sono le applicazioni interdisciplinari delle tecniche sviluppate dall'INFN nel campo dell'imaging medico, della terapia del tumore con adroni, dello sviluppo di piani di trattamento in radioterapia con fasci di protoni e ioni, della dosimetria e per lo studio della evoluzione cellulare, della modellistica neurologica.

I rapporti con l'industria, con le organizzazioni ed istituzioni operanti nel settore della sanità e della salute, nel settore dei beni culturali e dell'ambiente, pongono sempre di più l'Istituto al centro dell'attenzione del Paese quale fattore essenziale di innovazione e sviluppo.

Fig.2.11: Ricadute tecnologiche dello sviluppo degli acceleratori di particelle.



I PRINCIPALI FILONI DI RICERCA

In tabella 2.1 sono elencati i principali esperimenti e i principali laboratori e luoghi di ricerca dove si svolgono le attività.

La tabella evidenzia il ruolo fondamentale dei Laboratori nazionali ed il contesto internazionale nel quale si svolgono le attività.

Principali linee e filoni scientifici	Principali esperimenti e attività	Principali laboratori e luoghi di ricerca
Fisica subnucleare		
Sperimentazione ad alta energia - LHC	ATLAS, CMS, LHC-b, LHC-f, TOTEM, UA9	CERN
LEP (<i>Large Electron Positron collider</i>)	ALEPH, DELPHI, L3, OPAL	CERN
Studio della simmetria materia-antimateria	KLOE, NA62, MEG, PMU2E, BABAR, BESIII	LNF, CERN, PSI-Zurigo, SLAC, BEPC-Beijing
Fisica adronica	COMPASS, CDF, ZEUS, HERA-B, J-FNAL, E-831	CERN, FERMILAB, DESY-Amburgo
Nuova frontiera dell'alta intensità	P-SUPERB, P-ILC	
Fisica astroparticellare		
Fisica dei neutrini	OPERA, ICARUS, BOREXINO, K2K	LNGS, Giappone
Ricerca di fenomeni rari	CUORE, GERDA, DAMA, WARP, XENON	LNGS
Radiazione cosmica in superficie e nelle profondità marine	ARGO, AUGER, ANTARES, MAGIC, NEMO	Yangbajing (Cina), Malargue (Argentina), Tolone (Francia), LNS, La Palma (Canarie/Spagna)
Radiazione cosmica nello spazio	PAMELA, AMS, FERMI, JemEUSO	Spazio
Ricerca sulle onde gravitazionali	VIRGO, LISA pathfinder, ROG, AURIGA	EGO-Cascina + Spazio
Ricerche in Fisica generale fondamentale	MAGIA, MICRA, MIR, PVLAS, ...	
Fisica nucleare		
Struttura e dinamica degli adroni	MAMBO-JLAB12-PAX-PANDA, KAONNIS	JLab, LNF, GSI, Bonn
Transizioni di fase della materia adronica	ALICE, EXOCHIM, FRAG	CERN, LNS, GSI
Struttura e reazioni nucleari	NUCL-EX, EXOTIC, GAMMA, PRISMA, LNS-STREAM, SPEME	LNL, LNS, GSI, GANIL
Astrofisica nucleare e ricerca interdisciplinare	ERNA, LUNA, ASFIN, NTOF, AEGIS	LNGS, LNS, CERN
Fisica teorica		
Stringhe e teoria dei campi		
Fenomenologia delle particelle		
Fisica adronica e nucleare		
Metodi matematici		
Astroparticelle e cosmologia		
Teoria dei campi e meccanica statistica		
Ricerche tecnologiche e interdisciplinari		
Interdisciplinare	Dosimetria, piani di trattamento con adroni, radiobiologia, tecniche avanzate di imaging (PET, RMN ad Alto Campo, X monocromatici), beni culturali, geofisica	LNL, LNS, LNF, LNGS, GSI, ISS, CNAO
Rivelatori	Rivelatori silicio ad integrazione verticale e di grande area, SiPM, rivelatori diamante, rivelatori di vertice per esperimenti alta energia e alta luminosità, rivelatori a nanotubi di carbonio.	LNL, LNS, LNF, LNGS, CERN, FBK, POLI MI, POLI TO
Elettronica	Elettronica di readout veloce, link seriali alta velocità	LNL, LNS, LNF, LNGS, POLI MI, POLI TO, FBK, POLI BA
Acceleratori	Acceleratori per adroterapia, FEL, accelerazione in plasmi alta densità, sorgenti di ioni ed elettroni ad alta brillantezza, acceleratori alla frontiera dell'energia e della luminosità, sorgente compton	LNL, LNS, LNF, GSI, CERN, GANIL, SLAC, BNL, RIKEN

Tab. 2.1: Principali filoni scientifici e luoghi di ricerca

Accanto ai filoni scientifici di competenza delle commissioni scientifiche nazionali, vanno menzionati i progetti strategici nei settori dell'Energia, della Medicina e delle Nuove Tecniche di Accelerazione ed i progetti speciali che dimostrano il crescente impegno dell'Ente nell'utilizzo e nel trasferimento delle conoscenze e delle tecnologie acquisite in campi trasversali a forte impatto socio-economico, quali la Medicina, i Beni Culturali e l'Ambiente, l'Energia.

I LUOGHI DELLA RICERCA

L'attività di ricerca si svolge in Italia presso le Sezioni, i Gruppi collegati, i Laboratori nazionali e all'estero presso i più importanti laboratori stranieri o internazionali sedi di attività di ricerca analoghe.

Le Sezioni e i Gruppi collegati

Le attività sperimentali nelle Sezioni e nei Gruppi collegati, tutte svolte in stretta collaborazione con il personale universitario associato all'INFN, normalmente riguardano la preparazione e la conduzione degli esperimenti presso i laboratori, nazionali o esteri, con particolare riguardo all'analisi e all'interpretazione dei dati sperimentali raccolti. Le Sezioni possono essere sede di esperimenti, normalmente basati su apparati di piccola mole, con un'importante eccezione: il caso dell'interferometro gravitazionale italo-francese VIRGO, inaugurato nell'estate 2003, a Cascina presso Pisa. Nel 2000 l'INFN e il CNRS francese hanno costituito il consorzio EGO – *European Gravitational Observatory* – con sede a Cascina, quale struttura per ospitare VIRGO e future attività nel campo della gravitazione. Le Sezioni e i Gruppi collegati, inoltre, svolgono sempre di più da qualche anno l'importante funzione di raccordo fra l'INFN e il territorio - tipicamente università, imprese ed enti pubblici o privati nelle corrispondenti regioni -, sia per quanto riguarda la ricerca fondamentale sia per quanto riguarda il trasferimento di conoscenze e di tecnologie nonché la diffusione della cultura scientifica. Le collaborazioni fra tutte le strutture si esplicano, anche attraverso i rispettivi servizi tecnici e amministrativi, nella cooperazione nell'ambito degli esperimenti comuni nonché nello scambio di esperienze tecniche e scientifiche e di gestione delle numerose tematiche generali quali l'igiene e la sicurezza sul lavoro, la formazione e le pari opportunità.

A titolo di esempio viene mostrata in figura 2.12 la partecipazione (evidenziata in rosso) delle strutture INFN alla sperimentazione all'LHC nei quattro maggiori esperimenti.

I Laboratori Nazionali

I 4 laboratori nazionali LNL, LNGS, LNF, LNS rappresentano un'ossatura fondamentale per tutte le iniziative dell'INFN



Fig.2.12: In rosso, partecipazione delle strutture INFN alla sperimentazione a LHC in ATLAS, CMS, ALICE E LHCb.

ed in particolare ospitano infrastrutture e *facilities* messe a disposizione della comunità internazionale, come risulta anche dalla tabella 2.2.

I *Laboratori Nazionali di Frascati*, sin dalla loro istituzione nel 1959, sono dedicati principalmente alla fisica subnucleare, studiata in particolar modo mediante anelli d'annichilazione elettrone-positrone. AdA, la prima macchina al mondo di questo tipo, è stata concepita e sviluppata proprio a Frascati. Ad essa succedette ADONE, che per molti anni ha rappresentato la frontiera dell'energia per quel tipo di macchine, consentendo di ottenere le prime indicazioni dell'esistenza della carica di colore dei quark. ADONE è stata anche per diverso tempo l'unica sorgente di luce di sincrotrone in Italia. Il funzionamento di ADONE è terminato nel 1993. Nel 1997, al suo posto, è entrato in funzione l'anello d'annichilazione elettrone-positrone DAFNE, intensa sorgente di coppie di mesoni K, con energia totale di 1 GeV. Gli apparati sperimentali KLOE, FINUDA e DEAR/SIDDHARTA vi hanno studiato fino al 2010 rispettivamente la violazione della simmetria materia-antimateria, gli ipernuclei e gli atomi mesici. Dal 2000 al 2007 DAFNE ha operato a una luminosità senza precedenti alla sua energia di collisione. Negli anni 2008-2009 nei LNF, è stata sviluppata una tecnologia innovativa, denominata "schema di collisioni crab-waist", che ha dimostrato la possibilità di un aumento in luminosità di un fattore 4-5 ed è attualmente oggetto di studio anche per il progetto in corso del nuovo acceleratore SuperB. Dal 2011 riprenderà l'attività dell'esperimento KLOE che profitterà delle nuove prestazioni raggiunte dall'acceleratore. La macchina è anche un'interessante sorgente di luce di sincrotrone, in particolare nell'infrarosso. La divisione acceleratori del laboratorio è impegnata in due progetti internazionali di sviluppo di nuovi collisori lineari elettrone-positrone: l'ILC, l'International Linear Collider, e CLIC al CERN di Ginevra. In tale ambito di ricerche si situa il progetto SPARC, finanziato dal MIUR, che costituisce anche un importante passo verso lo sviluppo di tecniche innovative per la produzione di radiazione X, mediante *Free Electron Laser* (FEL). In connessione con SPARC, il progetto PLASMON-X fornirà una facility laser ad alta potenza per lo sviluppo di una tecnica innovativa per l'accelerazione ad alto gradiente in plasmilaser e produzione di raggi X monocromatici. Recentemente è stata approvata la costruzione del laboratorio FLAME (*Frascati Laser for Acceleration and Multidisciplinary Experiments*) vicino all'iniettore di SPARC. Il Laboratorio ospita anche NAUTILUS, un rivelatore ultracriogenico di onde gravitazionali. Una consistente frazione dei ricercatori del laboratorio conduce esperimenti in altri laboratori, in Italia e all'estero.

La partecipazione degli utenti italiani e stranieri alle attività nei laboratori nazionali.

2009	A	B	B/A
LNF	439	190	43%
LNL	904	270	30%
LNGS	883	544	62%
LNS	365	117	32%
2008	A	B	B/A
LNF	570	225	39%
LNL	804	270	34%
LNGS	867	552	64%
LNS	240	102	43%
2007	A	B	B/A
LNF	561	219	39%
LNL	809	242	30%
LNGS	846	497	59%
LNS	198	82	41%

Tab. 2.2: Utenti totali (A) e stranieri (B) delle infrastrutture ai Laboratori Nazionali dell'INFN.

I *Laboratori Nazionali di Legnaro*, presso Padova, furono istituiti nel 1968 per lo studio della struttura e della dinamica dei nuclei atomici. Essi sono dotati di un acceleratore Tandem e, dal 1994, di un acceleratore lineare di ioni, ALPI, basato su tecnologie superconduttive. Tali acceleratori attraggono una vasta comunità nazionale ed europea di ricercatori che vi conducono studi sulle collisioni fra ioni. Nel corso dell'ultimo decennio, i Laboratori hanno registrato importanti sviluppi tecnologici, ad esempio nella costruzione di cavità superconduttive, nella radiobiologia, nella scienza dei materiali. Da alcuni anni il laboratorio, in collaborazione con altre istituzioni italiane e straniere, è impegnato nello sviluppo di tecniche di produzione di fasci intensi di protoni, mirati non solo alla realizzazione di una futura infrastruttura per esperimenti di fisica nucleare, ma anche d'applicazioni in altri campi. Tali sviluppi hanno portato all'approvazione, da parte dell'Istituto nel 2003, del progetto SPES, un acceleratore di protoni ad alta intensità, con energia di 40 MeV. Da citare ancora è IFMIF (*International Fusion Materials Irradiation Facility*), il progetto di una macchina per lo studio degli effetti dell'irraggiamento neutronico sui materiali di un reattore a fusione. Il laboratorio di Legnaro, assieme a quelli di Frascati e del Sud, partecipa alla realizzazione del progetto CNAO, Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica a Pavia. Il Laboratorio è anche sede per la preparazione d'esperimenti di fisica subnucleare e nucleare, condotti da gruppi INFN presso altri centri. Inoltre, esso ospita AURIGA, un rivelatore ultracriogenico di onde gravitazionali, che opera in coincidenza con analoghi rivelatori.

I *Laboratori Nazionali del Sud*, istituiti a Catania nel 1975,

sono dedicati alla fisica nucleare con fasci di ioni leggeri e pesanti. Essi sono dotati di un acceleratore Tandem e di un Ciclotrone superconduttore, in funzione dal 1994, in grado di accelerare ioni pesanti sino a energie di 100 MeV per nucleone. Il funzionamento del Ciclotrone è stato potenziato con la recente entrata in funzione di una sorgente di ioni, SERSE, con caratteristiche avanzate. L'attività sperimentale è rivolta allo studio delle collisioni tra ioni pesanti e si avvale di strumentazione d'avanguardia a livello internazionale, come quella costruita per gli esperimenti OUVERTURE e CHIMERA. È notevole la presenza di ricercatori stranieri. Nel 2002, il primo centro italiano di protonterapia per la cura dei tumori oculari, CATANA, basato sull'uso del fascio di protoni da 60 MeV del ciclotrone superconduttore, ha iniziato con successo il trattamento di pazienti, in collaborazione con i medici dell'Università di Catania. L'esperienza di CATANA costituisce la base per la futura costruzione di un centro dedicato, promosso dalla Regione Sicilia, e per la collaborazione dei laboratori alla costruzione del CNAO di Pavia. I laboratori hanno anche dato vita a un'importante attività applicativa delle tecniche nucleari ai Beni Culturali. Infine, da alcuni anni, i laboratori sono impegnati nel progetto NEMO, in vista della possibile realizzazione dell'osservatorio sottomarino europeo di neutrino-astronomia d'alta energia, nel sito a sud-est di Capo Passero. Il progetto NEMO è d'interesse anche per altre discipline e vede in particolare la partecipazione dell'INGV.

I *Laboratori Nazionali del Gran Sasso* (L'Aquila), costituiti da tre grandi sale sotterranee accessibili dall'omonimo tunnel autostradale, sono operativi dal 1988. L'assorbimento della radiazione cosmica dovuto alla spessa copertura di roccia, le grandi dimensioni e le notevoli infrastrutture di base ne fanno il più importante laboratorio al mondo per la rivelazione di segnali deboli o rari, d'interesse per la fisica astroparticellare, subnucleare e nucleare. Il tema scientifico di maggior rilievo nel futuro del laboratorio, frequentato da molte centinaia di ricercatori da tutto il mondo, è lo studio delle proprietà dei neutrini d'origine naturale o artificiale, in tutti i suoi aspetti: fisici, astrofisici e cosmologici. In tale ambito spicca il progetto CNGS (*CERN Neutrinos to Gran Sasso*), il cui primo fascio di neutrini muonici è arrivato nell'agosto 2006 ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso dove gli esperimenti OPERA e ICARUS rivelano i neutrini in arrivo. OPERA ha rivelato in modo diretto nel 2010 il primo evento di oscillazione di un neutrino mu in un neutrino tau. Altri temi d'elevato interesse riguardano lo studio di processi rari di trasformazione di particelle e la ricerca diretta di materia oscura tramite gli esperimenti, CUORE, GERDA, DAMA, WARP, XENON. Nel 2010 è entrato in funzione ICARUS, un innovativo rivelatore

da 600 tonnellate di Argon liquido, tecnologia sviluppata da gruppi italiani. Un esperimento leader a livello mondiale nel settore delle oscillazioni di neutrino elettronico è BOREXINO che studia in tempo reale il flusso di neutrini solari. La sensibilità raggiunta dallo strumento è tale che nel 2010 ha pubblicato la prima chiara evidenza di neutrini provenienti dall'interno della Terra, i geoneutrini, prodotti da fenomeni naturali all'interno del nostro pianeta. È notevole anche l'interesse d'altre discipline per l'infrastruttura sotterranea.

I principali centri di attività all'estero

La naturale e sistematica tendenza verso la concentrazione delle ricerche di fisica subnucleare e nucleare presso grandi centri internazionali, dotati di acceleratori di energia e intensità dei fasci di particelle sempre più elevate, ha gradualmente intensificato l'attività dei ricercatori italiani all'estero, a fronte della quale va considerata la notevole presenza di ricercatori stranieri nei Laboratori nazionali. Ambedue gli aspetti sono inquadrati nell'ambito di iniziative multilaterali di collaborazione scientifica tra enti di ricerca di Paesi diversi.

Il CERN, l'Organizzazione europea di fisica subnucleare e nucleare di Ginevra, fondato nel 1954, è oggi il più importante laboratorio al mondo di fisica delle particelle con acceleratori. L'Italia è tra i suoi maggiori Paesi membri e la partecipazione dei gruppi italiani è interamente coordinata dall'INFN. Nel novembre 2009 LHC è entrato in funzione con successo, dapprima con energia dei fasci di protoni pari a 450 GeV (miliardi di elettronvolt) e poi entro meno di un mese a 1180 GeV, risultando così già ora il più potente acceleratore mai costruito. All'inizio del 2010 l'energia dei fasci è stata innalzata a 3500 GeV (3.5 TeV) e presumibilmente entro il triennio all'energia di progetto pari a 7000 GeV (7 TeV) per un totale di energia nel sistema del centro di massa pari a 14 TeV. Gli esperimenti ALICE, ATLAS, CMS, LHCb si sono dimostrati fin da subito perfettamente pronti ed in grado di sfruttare l'enorme potenzialità scientifica di LHC. Proseguendo nella tendenza già manifestata nelle ricerche a LEP, il progetto LHC del CERN ha assunto caratteri marcatamente mondiali, in particolare per la forte presenza e il contributo di risorse di Stati Uniti e Giappone. Di gran rilievo è anche il progetto CNGS, il cui fascio di neutrini illumina le sale sotterranee dei Laboratori del Gran Sasso. Infine, in una prospettiva di lungo termine, il CERN è impegnato nello sviluppo di una tecnica innovativa per la realizzazione di CLIC, il Compact Linear Collider di fasci d'elettroni e positroni d'altissima energia.

Il laboratorio DESY (*Deutsches Elektronen-Synchrotron*) presso Amburgo, che a fine dicembre 2009 ha celebrato il 50-esimo anniversario dalla sua fondazione, è tra i

maggiori centri mondiali dotati di acceleratori di particelle. Il collisore positrone-protone HERA, a cui l'INFN ha contribuito con la costruzione di magneti superconduttori realizzati dall'industria italiana, dopo anni di funzionamento ha terminato il funzionamento a metà 2007. L'Istituto è stato impegnato su HERA in una rilevante partecipazione a esperimenti di fisica subnucleare e nucleare. Nel 2001, DESY ha terminato la progettazione di TESLA, un collisore lineare elettrone-positrone d'energia fino a 1 TeV, preparatore del futuro collisore internazionale ILC. Nello stesso tempo, lo sviluppo della tecnologia di TESLA, frutto del lavoro di una collaborazione internazionale, con il decisivo contributo dell'INFN, ha portato a quello di una nuova tecnica FEL (*Free*

Electron Laser), per la produzione di fasci di luce coerente caratterizzati da estrema brillantezza e definizione temporale, in preparazione della futura sorgente XFEL di raggi X ad alta brillantezza.

Il FERMILAB (*Fermi National Accelerator Laboratory*) presso Chicago, il più importante laboratorio statunitense, è sede del TEVATRON, il collisore protone-antiprotone di 2 TeV. La collaborazione CDF, con un'importante partecipazione italiana, ha colto nel 1994 un successo di rilevanza mondiale con la scoperta del quark top, la particella necessaria per completare la terza generazione di quark e leptoni. Il TEVATRON ha costituito la frontiera dell'energia della fisica

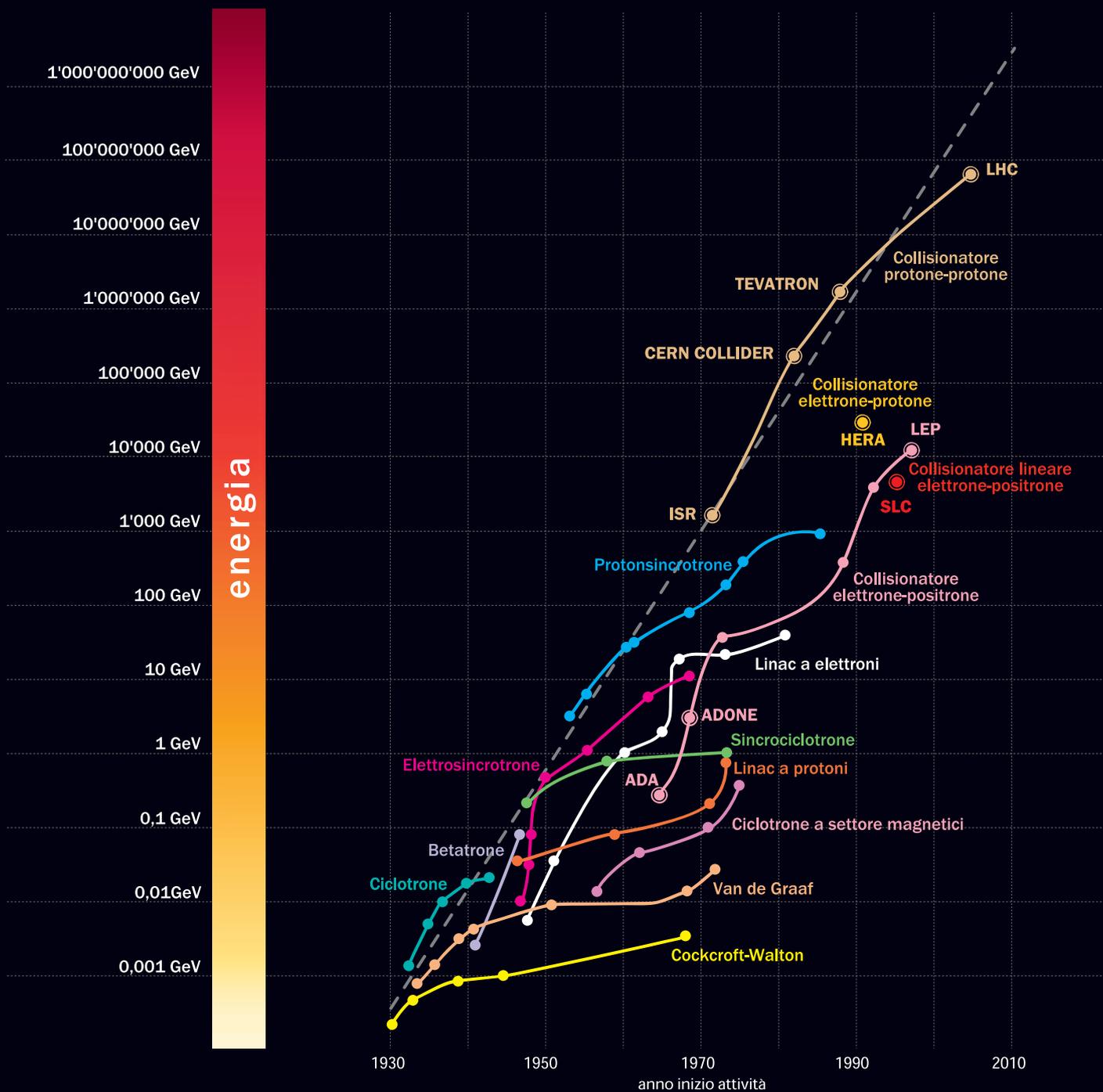


Fig.2.13: Evoluzione della frontiera dell'energia per gli acceleratori di particelle.

subnucleare fino all'entrata in funzione di LHC, come si vede dal "diagramma di Livingstone" (figura 2.13).

Presso il laboratorio SLAC (*Stanford Linear Accelerator Centre*) in California il collisore elettrone-positrone PEP 2, copiosa sorgente di mesoni B ha terminato l'attività nel 2007 dopo anni di fruttuoso funzionamento; presso PEP2 l'esperimento BABAR ha svolto un ruolo di primo piano per lo studio della violazione della simmetria materia-antimateria nei decadimenti dei mesoni B^0 , osservata per la prima volta nel 2001 proprio dall'esperimento BABAR.

Il laboratorio ARGO (*Astrophysical Radiation Ground-based Observatory*) a YangBaJing in Tibet a 4300 m sul livello del mare, completato nel 2006, è frutto di una collaborazione internazionale Italia-Cina per lo studio della radiazione cosmica, in particolare raggi gamma, di altissima energia.

L'osservatorio AUGER (*Pierre Auger Cosmic Ray Observatory*) nella provincia di Mendoza in Argentina, vede coinvolto l'INFN negli studi sulle particelle cariche di altissima energia di origine cosmica.

Il Laboratorio TJNAF (*Thomas Jefferson National Accelerator Facility*) in Virginia vede l'INFN impegnato in diversi esperimenti dedicati allo studio delle collisioni su nuclei di elettroni e fotoni di alta energia.

Laboratorio ESRF (*European Synchrotron Radiation Facility*) a Grenoble è dotato di un fascio sviluppato dall'INFN dove sono studiate reazioni fotone-nucleo di alta energia.

I PRINCIPALI RISULTATI SCIENTIFICI CONSEGUITI NEL 2010

I risultati scientifici più significativi ("highlight") conseguiti nell'ultimo anno del trascorso triennio riguardano molti settori di attività dell'Istituto. Si sintetizzano nel seguito, distinti per linee scientifiche, progetti e attività nei laboratori nazionali

Fisica subnucleare

- Le prime analisi condotte dagli esperimenti che operano a LHC, a coronamento di una impresa ventennale: certamente l'highlight più straordinario del 2010.
- Il risultato sui limiti alla massa del bosone di Higgs ottenuto da CDF al Tevatron.
- Il risultato ottenuto da MEG che indica la possibilità dell'esistenza del decadimento di un muone in un elettrone e un fotone, che sarebbe un segnale di fisica al di là del Modello Standard.
- L'osservazione di nuovi fenomeni ("jet quenching") nelle collisioni ioni-ioni ad LHC che indicano manifestazioni

diverse della fisica adronica ad alte densità di materia ("quark-gluon plasma"), come nei primi istanti della vita dell'Universo.

Fisica astro particellare

- BOREXINO, presso i Laboratori del Gran Sasso, ha misurato con precisione il flusso di neutrini provenienti dall'interno della Terra, aprendo una nuova tecnica sperimentale per studiare la composizione del nostro pianeta.
- OPERA, presso i Laboratori del Gran Sasso, ha presentato il primo evento al mondo corrispondente all'oscillazione di un neutrino μ in un neutrino τ .
- ICARUS, presso i Laboratori del Gran Sasso, ha rivelato le prime interazioni di neutrino con il dettaglio caratteristico di una camera a deriva in Argon Liquido.
- FERMI ha pubblicato una misura del flusso di elettroni e positroni nello spazio da pochi GeV di energia fino al TeV.
- Sono iniziati i lavori per la realizzazione del potenziamento dell'interferometro VIRGO a Cascina (Advanced Virgo), che prevede di raggiungere nel 2014 la sensibilità per la rivelazione delle onde gravitazionali da terra.

Fisica nucleare

- Prima evidenza dell'effetto di nuclei alone negli isotopi ricchi di neutroni del Be basato sul confronto di misure realizzate ai LNS e al CERN ISOLDE.
- Risultati sulla molteplicità delle particelle cariche, sulle distribuzioni di impulso trasverso e sul rapporto di produzione protoni-antiprotoni per le collisione p-p alle energie nel centro di massa di 0.9, 2.36 e 7 TeV e sul flusso ellittico e la soppressione della produzione di particelle cariche ad alto impulso trasverso nelle collisioni centrali di nuclei di piombo all'energia di massa di 2.76 TeV nel sistema nucleone-nucleone ottenuti con il rivelatore ALICE.
- Prime misure di spettroscopia gamma con il rivelatore AGATA ai LNL accoppiato allo spettrometro PRISMA e ad altri rivelatori di particelle cariche.
- Misura di atomi kaonici di ^4He a LNF, di rilievo perché risolvono un problema aperto dovuto a precedenti risultati discordanti; inoltre, essi confermano chiaramente le predizioni della teoria esistente.

Fisica teorica

- Intenso ed importante lavoro teorico in preparazione ai dati di LHC, in particolare algoritmi generali per calcoli NLO di jets di QCD a LHC
- Studio teorico dei risultati di PAMELA e FERMI sui positroni sia dal punto di vista di eventuale rivelazione indiretta di materia oscura sia per quanto riguarda la caratterizzazione di incertezze astrofisiche

- Studio di diversi scenari di inflazione cosmologica e dei loro possibili test dall'osservazione della radiazione di fondo cosmica del satellite Planck.
- Interpretazione di segnali di violazione di CP nei decadimenti del mesone B in termini di nuova fisica alla scala elettrodebole.

Ricerche tecnologiche e interdisciplinari

- XDXL, un esperimento per lo sviluppo di rivelatori al silicio di grande superficie (7x7 cm), ha ottenuto una risoluzione in energia che oggi rappresenta il migliore risultato a livello internazionale per rivelatori di queste dimensioni. Tali rivelatori presentano grande interesse anche nell'ambito delle attività legate ai futuri reattori per la produzione di energia nucleare.
- SOIPD ha realizzato un primo prototipo di rivelatore a pixel di silicio su substrato isolante in tecnologia CMOS. Tale rivelatore con pixel analogici e digitali è stato completamente caratterizzato. È stato così possibile per la prima volta studiare l'effetto di "back gating" che ha finora rappresentato la principale limitazione nell'utilizzo di questi materiali come rivelatori di particelle.
- SALAF ha sviluppato un prototipo di nuove cavità RF acceleranti in banda X ad onda stazionaria a 11.424 GHz in rame e molibdeno. È stato messo in evidenza un comportamento peggiore dal punto di vista della tensione di scarica per il molibdeno rispetto al rame, aprendo così una nuova strada per questo tipo di cavità verso la frontiera dei 100 MV/m. Alla luce di questi innovativi risultati anche il CERN ha deciso di seguire questa soluzione per le cavità di CLIC.
- L'esperimento PRIMA+ ha ottenuto prima immagine tomografica di un fantoccio, utilizzando il dispositivo di pCT.

Attività nei Laboratori nazionali

A LNF

- Sono stati completati il Laboratorio LIFE (Laboratorio Interdisciplinare Fotonici Elettronici) e il montaggio del LASER di potenza "FLAME" (*Frascati Laser for Acceleration and Multidisciplinary Experiment*);
- Nell'ambito del progetto SparC, nel 2010 sono stati ottenuti rilevanti risultati essendo stato realizzato con successo il primo esperimento di "seeding" in Europa su FEL, e essendo stata verificata per la prima volta la fattibilità di uno schema basato su "seeding, e cascade" con generazione di armoniche. In tale configurazione è stato ottenuto un segnale coerente in terza armonica a circa 67 nm con un fascio di elettroni a circa 150 MeV. Questi risultati si aggiungono quelli ottenuti nel 2009 quando è stato raggiunto il regime di auto amplificazione

coerente nel visibile, è stato osservato un significativo segnale di radiazione in terza armonica nel vicino UV, ed è stato osservato il regime di "velocity bunching" nella dinamica dei fasci di elettroni nel Linac.

- Sono state completate le linee di trasmissione della luce dal LASER alla camera d'interazione ed è stato messo in funzione il LASER limitandosi però, per il momento, a bassa potenza, un decimo di quella nominale. La sperimentazione è cominciata nel 2010 limitandosi ad esperimenti con la luce laser in gas rarefatti. Si sono fatte le prime accelerazioni di elettroni con la tecnica dell'auto iniezione delle onde di plasma.
- L'antenna gravitazionale "NAUTILUS" ha continuato l'osservazione del cosmo misurando il fondo di onde gravitazionali in collaborazione con le antenne gravitazionali negli altri laboratori nel mondo. L'antenna ha funzionato correttamente per 12 mesi.
- La Divisione Acceleratori e la Divisione Tecnica hanno attivamente partecipato al completamento del protosincrotrone del CNAO a Pavia e sono coinvolti nella fase di messa a punto e funzionamento dell'acceleratore.

A LNGS

- Il progetto CNGS è iniziato nel 2006 ed è operativo con regolarità dal 2008; esso consiste di un fascio artificiale di neutrini, tutti di tipo muonico, prodotto dall'acceleratore di protoni SPS del CERN e indirizzato verso i LNGS attraverso la crosta terrestre per una distanza di 732 km.
- L'esperimento OPERA che utilizza il fascio CNGS ha continuato a raccogliere dati e ha registrato 4246 eventi da interazioni di neutrino che si aggiungono ai circa 3700 del 2009 e ai 1700 del 2008. Nel maggio del 2010 OPERA ha pubblicato la prima evidenza al mondo di rivelazione diretta dell'oscillazione $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ mostrando un evento in cui la particella τ prodotta nella interazione di corrente carica del ν_{τ} decade in un adrone carico e la cinematica dell'evento è compatibile con il decadimento $\tau \rightarrow \rho (\pi - \pi^0) \nu_{\tau}$. L'evento scoperto è statisticamente in accordo con quanto era atteso nel campione di eventi finora analizzato, così come lo sono i 36 eventi con produzione di una particella dotata di "charm" finora identificati, che evidenziano l'alta efficienza dell'esperimento nella rivelazione di tracce a vita media corta e quindi la sua abilità nel centrare l'obiettivo di fornire l'evidenza sperimentale diretta dell'oscillazione di neutrini.
- L'altro esperimento dedicato al CNGS è ICARUS un innovativo apparato che consiste di circa 600 tonnellate di Argon liquefatto, alla temperatura di -186°C . In grado di funzionare come uno straordinario rivelatore di particelle, permettendo una ricostruzione in 3D di

qualunque interazione o spostamento di particelle cariche all'interno del suo volume. ICARUS, è entrato in funzione in maggio 2010 registrando spettacolari eventi di interazione di neutrini del fascio CNGS. L'estrema radiopurezza del rivelatore BOREXINO (un vero record mondiale) ha consentito nel corso del 2010 di pubblicare l'importante risultato della prima misura di neutrini provenienti dall'interno della Terra (geoneutrini) con un'alta significanza statistica. Il loro studio ci consentirà di capire l'origine del calore prodotto dal nostro pianeta, la sua composizione e la sua origine e i meccanismi di trasporto alla base dei fenomeni vulcanici e dei movimenti tettonici. È stata inoltre pubblicata una misura dei neutrini solari del ^8B con una soglia di 3 Mev che si aggiunge alle precedenti misure del flusso di neutrino dal ^7Be . È quindi la prima volta che nello stesso esperimento si misura la probabilità di oscillazione dei neutrini sia nella regione dominata dall'effetto materia che nella zona di transizione verso le oscillazioni nel vuoto.

- L'esperimento GERDA nel corso del 2010 ha completato la costruzione del rivelatore con il riempimento dello schermo attivo dei muoni con acqua ultrapura ed è iniziato il run tecnico con germani non arricchiti che consente la valutazione di tutte le sorgenti di fondo per la ricerca del doppio decadimento beta senza neutrini
- Nel corso del 2010 sono stati consegnati nel laboratorio ulteriori 4 tonnellate di piombo antico romano a bassa radioattività, proveniente da una nave affondata al largo della Sardegna, che sarà utilizzato per la schermatura dell'apparato CUORE.
- Sono stati pubblicati i risultati, indipendenti da modelli, ottenuti in due ulteriori cicli annuali da DAMA/LIBRA circa la presenza di particelle di Materia Oscura nell'alone galattico. Un nuovo miglioramento di tale apparato è in completamento al fine di abbassare ulteriormente la soglia energetica software dell'esperimento.
- Il rivelatore di XENON 100 litri è entrato in funzione ed ha raccolto dati per vari mesi, la cui analisi è in corso. Undici giorni di dati presi a fine 2009 sono stati analizzati e pubblicati dimostrando le straordinarie prestazioni del rivelatore dal punto di vista del fondo radioattivo.
- L'esperimento ERMES che studia radionuclidi cosmogenici e primordiali in matrici solide e fluide all'interno dei LNGS nel corso del 2010 ha proseguito le analisi e gli studi sui campioni di acqua prelevati nei vari siti del laboratorio sotterraneo allo scopo di indagare ulteriormente sulle variazioni anomale della concentrazione di attività di uranio in acqua, osservate nel corso del 2009 e associabili con i processi geodinamici dell'evento sismico aquilano.

A LNL

- È iniziata la sperimentazione con il nuovo rivelatore gamma ad alta risoluzione, il cosiddetto Dimostratore di AGATA. Questo rivelatore, realizzato da un consorzio di numerosi laboratori europei e con capacità di "tracking" di raggi gamma, ha caratteristiche di efficienza, localizzazione dell'interazione e capacità risolutiva di gran lunga superiori a quelle degli apparati di precedente generazione.
- È stata completata la messa a punto dello spettrometro a tempo di volo "RFD". L'apparato, atto alla selezione degli ioni prodotti in reazioni di fusione-evaporazione, è stato sviluppato e finanziato dall'Istituto di Fisica Nucleare di Cracovia in collaborazione con i LNL. Le misure effettuate hanno avuto come obiettivo lo studio della vita media degli stati eccitati di nuclei speculari prossimi alla "drip line" di protone.
- Nell'ambito del progetto Fazia sono stati condotti con successo i test dei primi prototipi di rivelatori al silicio "*neutron doped*" in grado di fornire una discriminazione in massa degli ioni sulla base della forma dei segnali. Tale progetto, parte della "*preparatory phase*" di Spiral2, ha come obiettivo studi di termodinamica nucleare in reazioni con fasci esotici.
- Per il progetto SPES sono state definite le caratteristiche del Ciclotrone ed ne è stata completata la procedura di acquisto. È in corso la procedura per la realizzazione dell'edificio che dovrà contenere la macchina, mentre è stato installato il Front-End della facility ISOL completo di bersaglio, sorgente a ionizzazione superficiale, estrattore e prima parte di trasferimento del fascio a 30 keV.
- Nell'ambito della fisica degli acceleratori si è completata l'installazione della nuova sorgente ECR dell'iniettore PIAVE. Tale apparato, attualmente operativo, permette di incrementare l'intensità dei fasci del complesso Piave-Alpi di almeno un ordine di grandezza rispetto alla precedente sorgente.
- Si è proceduto con l'incremento in potenza delle cavità di basso beta di Alpi e si sono aggiunte quattro ulteriori cavità acceleranti al sistema.
- Nell'ambito del progetto IFMIF, il cui accordo è stato recentemente approvato dall'INFN, è stato realizzato il prototipo del RFQ del progetto IFMIF ed è stata completata la lavorazione al CERN dei sei moduli del RFQ del progetto alta intensità per la realizzazione di una sorgente di irraggiamento di neutroni unica in Italia.
- È stato definitivamente approvato il programma NBTF, che prevede la realizzazione di un complesso accelerante per lo studio e l'ottimizzazione di un fascio di deutoni da iniettare nel reattore del progetto internazionale ITER per

la fusione. Il complesso vede come attore principale il consorzio RFX, cui partecipa l'INFN e che si avvale delle competenze presenti nel laboratorio.

A LNS

I due acceleratori, operativi ormai da diversi anni, rappresentano le infrastrutture intorno alle quali si svolge gran parte delle attività sperimentali dei LNS nel campo della fisica nucleare di base e negli ambiti applicativi e multidisciplinari collegati. L'acceleratore Tandem SMP13 è in grado di produrre fasci di ioni ad energie che vanno dai pochi MeV fino ad alcune centinaia di MeV, con le caratteristiche di elevata risoluzione energetica e affidabile stabilità che sono tipiche degli acceleratori elettrostatici. Il Ciclotrone Superconduttore è uno dei pochissimi acceleratori europei oggi in grado di fornire fasci ionici ad energie di diverse decine di MeV/nucleone, le cosiddette energie di Fermi che coprono una regione energetica di particolare interesse per quanto riguarda il comportamento della materia nucleare. Insieme alla gran varietà di fasci di elementi presenti in natura (fasci stabili) le due macchine possono anche produrre fasci di elementi radioattivi, altamente instabili e quindi non presenti in natura. Nel corso del triennio 2008-2010 i due acceleratori dei LNS hanno fornito fasci all'utenza per un totale di circa 15.150 ore, di cui 7.450 ore di fasci accelerati dal Ciclotrone e 7.700 ore di fascio accelerato dal Tandem. I fasci sono stati consegnati agli utenti per esperimenti di fisica nucleare fondamentale ed applicata (beni culturali, fisica dei materiali, radiobiologia, ecc.), secondo le indicazioni del Comitato Scientifico dei LNS, e ad enti esterni in base a convenzioni e contratti di ricerca stipulati con tale enti.

Di grande impatto sociale è l'utilizzo del fascio di protoni del CS per la terapia del melanoma oculare (progetto CATANA) nell'ambito della Convenzione stipulata tra l'INFN e l'Azienda Policlinico dell'Università di Catania. Oggi il sistema è ampiamente collaudato ed è funzionante a regime, permettendo ai LNS di rappresentare il primo, e a tutt'oggi unico, centro italiano nel quale i fasci ionici vengono utilizzati a scopi terapeutici. Nello scorso triennio sono stati sottoposti alla terapia 70 pazienti, portando il numero totale di casi trattati dall'inizio dell'attività intorno a 211.

Al CNAF

Il 2010 ha rappresentato il primo lungo periodo di funzionamento a regime degli impianti completati nel corso dell'anno precedente. I lavori infrastrutturali hanno portato la potenza elettrica gestibile in sala a 5 MWatt e la potenza frigorifera a 2 MWatt, con una capacità di generazione continua di 4.8 MWatt. L'esperienza acquisita nel 2010 ha confermato che è stato raggiunto l'obiettivo chiave

del progetto, ovvero la completa ridondanza di tutte le componenti dell'infrastruttura, al fine di garantire la massima affidabilità e disponibilità dei servizi, anche in caso di guasti. Anche il sistema completo di supervisione e controllo ha funzionato come previsto permettendo la gestione automatica dell'impianto.

Il CNAF ha continuato ad essere il punto di riferimento per l'operatività dell'infrastruttura Grid di produzione dell'INFN, Italiana (IGI) ed Europea all'interno dei progetti EGEE III e WLCG. Per questi il CNAF ha continuato a supportare il Regional Operation Centre della Federazione Italiana che è anche uno dei Grid Operation Centre che operano l'infrastruttura europea di EGEE III e di LCG.

Nel corso del 2010 è stato ulteriormente consolidato il sistema di raccolta e visualizzazione dei dati di accounting per computing e storage forniti dai siti italiani per la WLCG. Nel 2010 il CNAF/R&S ha continuato la sua attività nel settore del calcolo distribuito e la sua partecipazione a progetti nazionali, europei e internazionali di Grid (INFN-GRID, EGEE-III, ETICS II OGF EU, WLCG...). In particolare sono stati avviati due nuovi progetti europei (EMI e EGI/Inspire) con l'obiettivo rispettivamente di garantire la manutenibilità, l'interoperabilità e lo sviluppo del middleware utilizzato in Europa e di curare gli aspetti operativi dell'infrastruttura GRID europea ora funzionante a pieno regime per gli esperimenti al LHC.

Calcolo e reti

Per sopperire alle necessità di calcolo della fisica teorica in varie linee di ricerca, che riguardano interazioni fondamentali, astrofisica teorica, meccanica statistica, fluidodinamica turbolenta, sorgenti di onde gravitazionali, ecc., e che richiedono oggi la disponibilità di risorse di calcolo dell'ordine di alcuni Teraflops, è stato realizzato nel 2010 un nuovo cluster per il calcolo parallelo, basato sull'impiego di processori commodity interconnessi attraverso una rete di comunicazione a bassa latenza (Infiniband).

Progetti strategici

INFN-MED:

Nel 2010 le realizzazioni di maggiore importanza sono state il Technical Design Report della sorgente di ioni MISHA e l'avvio della procedura di trasferimento tecnologico dello strumento eco-scintigrafico ECORAD.

INFN-E:

Per quanto riguarda la Fisica del reattore, in particolare il contributo dell'INFN a ITER, nel 2010 è stato completato il progetto della sorgente di ioni negativi che dovrà essere montata ai LNL e lo studio della dinamica del fascio di ioni; nell'ambito del contributo a IFMIF, nel 2010 sono state

realizzate due cavità di test in rame ed è stato messo a punto il loro piano di produzione. I campi elettrici sono stati testati per la conformità con le specifiche di progetto su un prototipo di alluminio a dimensioni reali.

INFN-NTA:

- Sono continuati gli studi sui Damping Ring, che i relativi test su DAFNE hanno portato ad una esperienza riconosciuta in tutto il mondo.
- I magneti dipolari superconduttivi curvi, ritenuti improponibili fino al progetto e sperimentazione lanciato in NTA, sono ora una soluzione di riferimento: il prototipo messo a punto da DISCORAP (con la collaborazione di Ansaldo) nel 2011 sarà sottoposto a test risolutivi per poter proporre la loro realizzazione su scala industriale.
- Nel 2010, presso i LNF, sono state ottenute le prime accelerazioni mediante interazione laser-plasma. L'attività del complesso Flame (laser di alta potenza) – SPARC (iniettore a RF di alta brillantezza) entrerà nei prossimi tre anni nella piena fase sperimentale. L'utilizzazione di questa strumentazione integrata, iniettore RF-laser (di assoluto interesse internazionale), consentirà di produrre altissimi gradienti di accelerazione, e ci si attende che possa aprire la strada ad una nuova era nell'accelerazione di particelle elementari.
- Lo sviluppo del progetto SuperB sta procedendo speditamente, a conferma del fatto che esso rappresenta un'attività di importanza strategica per l'INFN e per la sua collocazione in campo internazionale.

Progetti speciali

APE:

È stato finalizzato lo sviluppo della nuova generazione di apeNET denominata apeNET+; l'INFN si propone di realizzare, una piattaforma parallela scalabile al PetaFlops, basata su meccanica commerciale e processori commodities Intel, accelerata attraverso GPU (*Graphic Processing Unit*) di ultima generazione ed interconnessa dal network apeNET+.

SPARC/SPARX:

Nel 2010 sono stati ottenuti rilevanti risultati avendo realizzato con successo il primo esperimento di "seeding" in Europa su FEL, e essendo stata verificata per la prima volta la fattibilità di uno schema basato su "seeding, e cascade" con generazione di armoniche. In tale configurazione è stato ottenuto un segnale coerente in terza armonica a circa 67 nm con un fascio di elettroni a circa 150 MeV. Questi risultati si aggiungono quelli ottenuti nel 2009 quando è stato raggiunto il regime di auto amplificazione coerente nel visibile, è stato osservato un significativo segnale di radiazione in terza

armonica nel vicino UV, ed è stato osservato il regime di "velocity bunching" nella dinamica dei fasci di elettroni nel Linac.

SPES:

- è stata completata la gara e firmato il contratto per l'acquisizione del ciclotrone.
- è entrato in funzione, presso i Laboratori Nazionali di Legnaro, il sistema di Front-End ISOL e si sono iniziati i test di caratterizzazione del sistema bersaglio-sorgente.
- si sono sviluppate le tecniche di produzione dei carburi e in particolare del carburo di Uranio.
- è stata progettata la linea di trasferimento e selezione ad alta risoluzione dei fasci instabili.
- è stato organizzato un secondo workshop, a carattere internazionale (LNL, 15-19 Novembre 2010) sulla fisica con i fasci di SPES.

GRID:

- è stata creata la nuova organizzazione legale EGI.eu (*European Grid Initiative*) di cui sono stakeholders tutte le NGI (*National Grid Infrastructures*) europee.
- si è concluso con successo il progetto EGEE III (36 MEuro) dove l'Italia è stato il partner maggiore dopo il CERN, che ha continuato il processo di consolidamento ed espansione dell'e-infrastruttura di produzione europea fino ad includere più di 300 centri di calcolo con più di 120.000 processori e 50 Petabyte di storage.
- Le *National Grid Initiatives* hanno dato il via a maggio 2010 al nuovo progetto Europeo EGI InSPIRE (32 MEuro), coordinato da EGI.eu, che continuerà a sostenere l'evoluzione della Grid europea nei prossimi anni.
- è stata consolidata l'infrastruttura GRID dell'INFN (Tier1, Tier2, Tier3) sia per garantire il calcolo a LHC (WLCG-*World-wide LHC Computing GRID*) che l'analisi dei dati degli esperimenti in corso come Babar a SLAC, CDF al Fermilab. Nel 2010 sono iniziate le attività di analisi dei dati raccolti dagli esperimenti a LHC che hanno dimostrato la grande stabilità robustezza e le notevoli prestazioni dell'infrastruttura grid di WLCG basata su EGI e IGI.

SuperB-TDR:

- è iniziata l'attività per la preparazione del *Technical Design Report (TDR)*.
- è stato costituito un *Project OFFICE* con l'incarico di preparare il TDR.
- sono stati preparati i documenti intermedi su fisica, rivelatore ed acceleratore prima della pubblicazione del TDR.
- sono stati firmati Memorandum di intesa con il Canada, la Francia, la Russia e gli Stati Uniti, con l'impegno di

partecipare congiuntamente alla attività di R&D per il completamento del TDR.

ELN:

È da segnalare l'attività di disseminazione e diffusione della cultura scientifica attraverso l'utilizzo di un rivelatore MRPC (*Multigap Resistive Plate Chamber*) - sviluppato nell'ambito dell'esperimento ALICE - con il quale è stata ottenuta una risoluzione temporale di soli 20 ps: un record mondiale.

Progetti europei

È stato recentemente approvato il progetto AIDA per R&D sui rivelatori per le nuove macchine acceleratrici, in particolare per il previsto upgrade in luminosità di LHC.

Progetti congiunti con altri Enti

Laboratorio LABEC di Sesto Fiorentino (Firenze) :

Nell'ultimo anno, uno sviluppo molto importante al LABEC ha riguardato l'uso dell'AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*) in problemi ambientali, in particolare la misura della concentrazione di ^{14}C nel particolato atmosferico. Di recente all'interno del LABEC si sono sviluppate anche strumentazioni portatili altamente competitive per la diagnostica dei Beni Culturali, per venire incontro all'esigenza che spesso si presenta di analizzare opere inamovibili, ad esempio gli affreschi.

Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO):

Con l'inizio del 2010 è stata avviata la fase di accumulazione ed accelerazione dei fasci nel sincrotrone ed a seguire la loro estrazione e trasporto su almeno una delle tre linee di trasporto che permettono di guidare le particelle nelle sale di trattamento dove i pazienti attenderanno per essere irraggiati. Nell'ottobre del 2010 un primo fascio di protoni è stato accelerato fino all'energia minima di estrazione, 60 MeV, e successivamente fino a quella massima di progetto, 250 MeV. A seguire, i fasci sono stati estratti dal sincrotrone e il 26 ottobre il primo fascio di H^+ veniva trasportato e misurato nella prima delle tre sale di trattamento.

Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics (GGI) :

È continuata l'attività di organizzazione di workshop avanzati di fisica teorica (tipicamente tre ogni anno) soprattutto nel settore della fisica delle particelle.

Centro Enrico Fermi per il progetto EEE (Extreme Energy Events):

È in corso con il coinvolgimento di cento Scuole l'estensione della ricerca di coincidenze, attese e non, di grandi sciami cosmici non solo tra questi siti, ma anche tra loro e siti

lontani, in sinergia con analoghe stazioni installate in Cina, Russia, USA e Australia.

Fondazione Ettore Majorana e Centro di Cultura Scientifica (FEMCCS) di Erice:

È proseguita, tra le numerose iniziative scientifiche, l'intensa attività delle 123 scuole post-universitarie avanzate, la più antica delle quali è quella di Fisica Subnucleare.

Fondazione Bruno Kessler (FBK) :

Un esempio significativo dei risultati della collaborazione con l'INFN, sono i fotomoltiplicatori di silicio (SiPm); questi interessantissimi sensori stanno conoscendo, a solo tre anni dall'inizio dello sviluppo, un successo internazionale. L'avvio di uno spin-off da cui l'INFN trarrà proventi sotto forma di royalty ha avuto luogo nel corso del 2010 .

Consortium GARR:

Anche nel 2010 i servizi relativi ad una efficiente connessione telematica tra le proprie sedi (laboratori e sezioni) e da e verso i laboratori internazionali, fra cui il CERN, sono stati assicurati dal Consortium GARR di cui l'INFN è socio fondatore.

LA VALUTAZIONE INTERNA

Fin dal 1997 l'Istituto ha affidato la valutazione complessiva delle proprie attività al giudizio di un Comitato di Valutazione Internazionale (CVI), che redige un rapporto annuale sulla ricerca dell'INFN e fornisce raccomandazioni atte a migliorarne la *performance* globale. Il comitato è composto da sette esperti internazionali, inclusi un membro proveniente dal mondo dell'economia e uno dal mondo industriale.

All'incontro annuale di più giorni del CVI con il management dell'Istituto prende parte anche il Coordinatore dei Gruppi di Lavoro sulla Valutazione (GLV), istituiti nel 2000, che hanno il compito di istruire il processo di autovalutazione secondo i criteri raccomandati dal Ministero attraverso il Comitato di Indirizzo per la Valutazione della Ricerca (CIVR).

Nonostante alcuni parametri utilizzati nella VTR non siano stati in grado di cogliere in pieno le caratteristiche di internazionalizzazione delle ricerche dell'INFN, la forza e la dimensione delle stesse hanno trovato riscontro in altri indicatori, facendo sì che l'Ente si sia collocato al primo posto tra gli EPR dell'Area 02 – Fisica.

Secondo le intenzioni, il CIVR avrebbe dovuto evolvere in una struttura più articolata che prendesse in carico i successivi esercizi di valutazione. Tale struttura, col profilo

di Agenzia (ANVUR, Agenzia Nazionale per la Valutazione dell'Università e della Ricerca), istituita con L. 24 novembre 2006 n. 286, accorperà in sé le funzioni del CNVVSU (che valuta le università) e il CIVR (che valuta la ricerca). Il regolamento sulla struttura e il funzionamento dell'ANVUR è stato approvato dal Consiglio dei Ministri il 24 luglio 2009.

L'attività dei Gruppi di Valutazione (GLV) si è quindi concentrata sulla selezione dei prodotti per una futura valutazione nazionale e sulla preparazione della relazione annuale al Comitato di Valutazione Internazionale (CVI) che come di consueto stila il Rapporto di Valutazione dell'Ente.

La pre-selezione delle pubblicazioni, che costituiscono il nucleo della produttività scientifica dell'Ente, è stata effettuata nell'ipotesi che il prossimo esercizio copra un arco temporale assai maggiore del primo (probabilmente 5 anni). Per questo indicatore è stato rilevato un andamento costante rispetto agli anni passati e in alcuni settori anche una crescita, per quanto riguarda le pubblicazioni su riviste internazionali. Al CVI sono stati anche riassunti i principali risultati in campo scientifico e sull'impatto socio-economico ed interdisciplinare, con particolare attenzione agli elementi nuovi emersi nel corso dell'anno.

La valutazione complessiva dell'Istituto si attesta su livelli di eccellenza sia dal punto di vista della produttività scientifica e della continuità dell'impatto delle ricerche sia per quanto riguarda il livello di internazionalizzazione (collaborazioni, *leadership*, ecc.). L'INFN si confronta bene con le altre nazioni europee più avanzate, a conferma del ruolo di primaria importanza nel panorama internazionale.

Dopo la Valutazione Triennale della Ricerca (VTR 2001-2003), il 2010 segna un passo molto atteso verso un esercizio ministeriale più complesso ed esigente, che copre il quinquennio 2004-2008 (Valutazione Quinquennale della Ricerca, VQR). L'INFN, tramite gli strumenti di valutazione interna sopra elencati, sta procedendo alla preparazione del materiale richiesto. Va ricordato in questo contesto che alcuni parametri presenti nelle Linee Guida per la VQR si adattano difficilmente alla natura delle ricerche condotte dall'INFN e al suo *modus operandi*: si auspica una parziale revisione delle richieste stesse, in modo da produrre una reale valutazione oggettiva dell'Ente.

Come membro dell'European Science Foundation (ESF), l'Istituto è anche impegnato in prima linea nello studio dei processi di standardizzazione delle procedure di valutazione, da riguardare nel contesto dello Spazio Europeo della Ricerca (ERA).

2.3 L'IMPATTO SOCIO-ECONOMICO E IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

LE INIZIATIVE DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

L'Istituto sta portando a termine la ridefinizione del quadro regolamentare interno sulla materia della proprietà intellettuale e del trasferimento tecnologico. Nel corso del 2010 il gruppo di lavoro composto da rappresentanti delle varie anime dell'Istituto (direttori di sezione, responsabili di esperimenti e progetti speciali, universitari associati alle attività dell'Istituto), e che ha definito nel corso dell'anno appena trascorso proposte regolamentari al riguardo, si è consolidato in un Comitato per il Trasferimento Tecnologico con il compito di promuovere e coordinare tutte le iniziative necessarie alla realizzazione degli obiettivi definiti sulla materia dal vigente Regolamento Generale dell'INFN, nonché dai più specifici Regolamenti di settore.

È da sottolineare che la ricerca dell'Istituto è contraddistinta da aspetti e presupposti che favoriscono il processo di trasferimento di conoscenza e tecnologia verso discipline differenti e verso il mondo produttivo:

- Il livello di complessità delle attività sperimentali è tale che la gran parte degli apparati e delle tecnologie sono sviluppati dagli stessi ricercatori, superando i limiti del *know-how* pre-esistente. Ciò si applica ai sensori e rivelatori, ma anche alla microelettronica, alle tecniche di accelerazione di particelle, all'engineering di sistemi complessi e al software. In termini generali, per perseguire i propri fini scientifici, i ricercatori sviluppano strumenti e metodi innovativi ed originali.
- Gli esperimenti sono imprese internazionali, sviluppate in grandi collaborazioni. Di conseguenza, i ricercatori hanno una naturale attitudine allo sviluppo ed all'impiego di tecnologie con caratteristiche di novità e di unicità e naturalmente al "lavoro di squadra", su base competitiva ma collaborativa e dove l'individualità viene valorizzata.
- Gli esperimenti richiedono impegni internazionali, investimenti considerevoli e, sovente, produzioni quantitativamente e qualitativamente significative a livello industriale. Ciò implica, da parte delle aziende fornitrici, innovazione di prodotti o servizi e una interazione frequente e costruttiva con i ricercatori.

Su questa base, si sta definendo e implementando una strategia di trasferimento di tecnologia e conoscenza secondo un modello in cui Istituto e imprese o altre istituzioni conducono azioni di ricerca collaborativa volte all'innovazione di prodotto tramite consorzi, Laboratori congiunti di sviluppo, attività in conto terzi ed eventualmente aziende di nuova creazione (*spin-off company*).

Ciò è coerente anche con la valorizzazione del fisico come

figura professionale in grado di inserirsi nel mondo produttivo e nella società grazie alla sua formazione scientifica di base, alle sue competenze specifiche e alla sua capacità di porre e risolvere problemi negli svariati settori applicativi (ad es. medicina, sanità, beni culturali, ambiente, energia).

Le azioni alla base del processo possono essere schematizzate come segue:

1. Definizione della normativa inerente le attività svolte in conto terzi, la valorizzazione e gestione della Proprietà Intellettuale (pregressa e risultante), i meccanismi di incentivazione al personale e di partecipazione ai progetti collaborativi, la creazione e partecipazione dell'Istituto e dei suoi dipendenti e collaboratori ad aziende *spin-off*;
2. Attività ricognitiva e formativa presso ogni struttura dell'Istituto, per di organizzare e strutturare il l'offerta collaborativa di strutture e tecnologie e per promuovere le azioni di trasferimento di tecnologia e conoscenza;
3. Attività implementativa, con enfasi sulla ricerca collaborativa che origini dalla proprietà intellettuale, dalle infrastrutture ed attrezzature dell'Istituto;
4. Analisi e partecipazione ai programmi comunitari, nazionali e regionali di sostegno all'innovazione;
5. Implementazione di schemi per promuovere lo scambio di personale tra Istituto e imprese;
6. Analisi dell'impatto sul mondo produttivo via modelli macro-economici;
7. Analisi dell'impatto sulla società analizzando la mobilità e professionalità del capitale umano formato all'interno dell'Istituto;
8. Sinergia con le attività della comunità internazionale, ad oggi coordinate dal Technology Transfer Network dei paesi membri del CERN;
9. Adozione di una metrica per la valutazione dell'efficienza ed efficacia del processo.

IL CONTO TERZI

È all'approvazione dei competenti Uffici ministeriali il Regolamento per la ripartizione dei compensi derivanti dalle attività in favore di terzi, come previsto dall'art. 19 del CCNL 2002-2005, relativo al personale del comparto degli enti pubblici di ricerca. L'INFN era già dotato di un Regolamento per la prestazione di attività e servizi a favore di terzi, pubblicato nella GU n. 124 del 30/5/2006, questo rinviava al testo ora in corso di approvazione la definizione dei criteri per la ripartizione e l'assegnazione al fondo di incentivazione del personale di una quota dei corrispettivi derivanti da tali attività. In tale testo è stato proposto di assegnare al predetto fondo una percentuale degli utili, dedotti tutti gli oneri diretti

e indiretti, e di prevedere alcune limitazioni sull'impegno di tempo massimo che ciascun dipendente può investire in questo genere di attività, che si svolgono comunque durante l'orario di lavoro.

GLI SPIN-OFF

Nell'ambito delle finalità istituzionali volte alla promozione del trasferimento delle conoscenze e delle tecnologie acquisite, l'Istituto si è dotato di un regolamento che disciplini gli spin-off, ovvero la costituzione di società di capitali (imprese), aventi come scopo sociale la produzione di beni o la fornitura di servizi derivanti in tutto o in parte dall'utilizzazione in contesti innovativi dei risultati ottenuti nell'ambito delle ricerche dell'INFN.

Con il regolamento approvato dal Consiglio Direttivo dell'Istituto a settembre 2010 e approvato con provvedimento del 26 gennaio 2011 dal Ministero, si è disciplinata la procedura autorizzativa che deve essere seguita dal personale, sia dipendente che associato, interessato a promuovere la costituzione di realtà imprenditoriali per la produzione di beni o la fornitura di servizi derivanti in tutto o in parte dall'utilizzazione in contesti innovativi dei risultati ottenuti nell'ambito delle ricerche dell'INFN. Sono state previste differenti forme di collaborazione che l'INFN può prestare alla costituenda società: dal mero conferimento in licenza di conoscenze, con le cautele necessarie a evitare pregiudizi o conflitti d'interesse con le attività istituzionali dell'Ente, fino alla eventuale partecipazione al capitale sociale in qualità di socio. Questo accordo con il Decreto Legislativo 27 luglio 1999, n. 297, contenente il "Riordino della disciplina e snellimento delle procedure per il sostegno della ricerca scientifica e tecnologica, per la diffusione delle tecnologie, per la mobilità dei ricercatori" nonché dal suo regolamento attuativo, contenuto nel D.MIUR 8 agosto 2000 n. 593 recante "Modalità procedurali per la concessione delle agevolazioni previste dal decreto legislativo 27 luglio 1999, n. 297".

I BREVETTI E LA PROPRIETÀ INTELLETTUALE

A completamento del processo di revisione della disciplina interna in materia si sta procedendo ad un riesame del Regolamento per la valorizzazione, lo sviluppo e l'applicazione delle conoscenze dell'INFN (pubblicato nella GU n. 45 del 24/2/2004) sia per adeguarlo alla sopravvenuta disciplina interna e statutale, sia per renderlo meglio rispondente ai sempre differenti e mutevoli contesti sociali ed imprenditoriali cui l'INFN è chiamato a confrontarsi.

Con l'auspicio di incrementare il numero di brevetti senza svilirne la qualità e le potenzialità commerciali, particolare attenzione viene prestata ai processi di brevettazione delle

conoscenze sviluppate all'interno delle attività istituzionali dell'Ente. L'INFN è infatti attualmente titolare di 7 brevetti, di cui 4 in comproprietà con altri Enti pubblici o privati stranieri. Tutti i brevetti trovano tutela in Italia, uno anche in Francia, uno in Europa, tre godono di una protezione attraverso un brevetto internazionale, detto PCT (*Patent Cooperation Treaty*). Lo sfruttamento economico dei brevetti attraverso licenze commerciali produce annualmente un utile netto di 25.000 Euro all'anno.

A questo ambito può inoltre essere ricondotta l'attivazione di assegni di ricerca destinati alla valorizzazione in ambito produttivo delle conoscenze, delle metodologie e delle tecnologie legate alle attività di ricerca dell'INFN.

Si tratta di assegni di ricerca da svolgersi presso i laboratori e i centri di ricerca di industrie ad elevata capacità e innovazione tecnologica; hanno durata annuale eventualmente prorogabile di un ulteriore anno, d'intesa con l'industria che sostiene la metà dei costi relativi alla seconda annualità, e i settori interessati sono quelli delle tecnologie informatiche (ICT), della sensoristica, dell'elettronica, meccanica e impianti e dell'analisi e qualifica dei materiali.

L'iniziativa, che coniuga trasferimento tecnologico e placement, ha incontrato un notevole interesse da parte del mondo industriale. Sono 116 infatti le industrie, di differenti settori e regioni, che hanno risposto alla call dell'Istituto e tra queste figurano vere e proprie eccellenze italiane (Ferrari, Ducati Corse, IBA, Ansaldo Nucleare, Telespazio, Alenia Aeronautica, Centro Ricerche FIAT, OCEM, Magneti Marelli, Ansaldo Sistemi Industriali, etc.), a testimonianza delle capacità di innovazione tecnologica, nonché formativa, dell'Istituto.

2.4 LA FORMAZIONE

LE ATTIVITA' DI FORMAZIONE E DI INFORMAZIONE

A oltre dieci anni dal lancio del primo Piano Formativo Nazionale, la formazione nell'Ente ha fatto molta strada sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo (statistiche ed analisi sono disponibili sul sito della formazione www.ac.infn.it/personale/formazione).

Come avviene già da alcuni anni, l'offerta formativa INFN si articola in diverse aree:

- a) Formazione di base tecnico-gestionale,
- b) Formazione scientifica e tecnologica,
- c) Formazione in materia di igiene e sicurezza.

Un'importante novità proposta dalla Commissione Nazionale

Formazione (CNF) dell'Istituto nel corso del 2009 riguarda la formazione di giovani ricercatori e tecnologi non dipendenti.

Al riguardo, la CNF riflette sull'importanza di formare i giovani ricercatori e tecnologi titolari di contratti di associazione che, non essendo dipendenti dell'Ente, non possono usufruire delle risorse a disposizione della formazione e propone alla Giunta Esecutiva di mettere una cifra in Bilancio dedicata alla formazione di queste categorie. La cifra di riferimento potrebbe variare tra 200 e 500 kE.

A questa tipologia di personale, fino ad oggi, è consentita la fruibilità delle iniziative formative INFN in qualità di uditori e senza ulteriore aggravio della spesa formativa.

L'Istituto pone particolare attenzione alla formazione dei giovani attraverso le proprie ricerche, sia durante gli studi universitari per il conseguimento della laurea magistrale, sia dopo la laurea con il dottorato e i master universitari, e infine con un vasto programma annuale di borse di studio, di formazione e assegni di ricerca scientifica o tecnologica. Sono stati anche istituiti assegni di ricerca dedicati alla valorizzazione, in ambito produttivo, delle metodologie e delle tecnologie legate alle attività di ricerca dell'INFN, a supporto dell'impegno sul versante del trasferimento tecnologico e di conoscenze verso il mondo sociale ed economico.

LA FORMAZIONE E LE AZIONI DI SOSTEGNO DEI GIOVANI

L'Istituto è particolarmente attento alla formazione e alle azioni di sostegno dei giovani.

Nel 2010 sono state bandite:

- 20 borse di formazione tecnica per giovani diplomati;
- 6 borse di formazione e studio per attività amministrativo-gestionali per diplomati;
- 6 borse di formazione nel settore dell'energia nucleare;
- 21 borse di studio per laureandi;
- 20 borse di studio per neolaureati;
- 1 borsa di studio sul tema della comunicazione esterna e della divulgazione scientifica
- 8 borse di studio per tecnologi (laureati) nei settori meccanico, impiantistico, materiali;
- 24 borse di studio (per laureati) nei settori informatico, elettronico, strumentale e acceleratori;
- 15 borse di studio per cittadini stranieri (fisici teorici);
- 20 borse di studio per cittadini stranieri (fisici sperimentali);
- 6 borse di studio per attività amministrativo-gestionali per laureati;
- 42 posizioni di Associate (*associated member of the*

personnel) presso il CERN nell'ambito degli esperimenti a LHC;

- 63 assegni di ricerca scientifica o tecnologica;

Inoltre sono stati banditi i seguenti premi:

- Premio Nazionale "Francesco Resmini" per dottorati di ricerca con una tesi nel campo della fisica degli acceleratori e delle nuove tecnologie
- Premio Nazionale "Sergio Fubini" per dottorati di ricerca con una tesi nel campo della fisica teorica
- Premio Nazionale "Claudio Villi" per dottorati di ricerca con una tesi nel campo della fisica nucleare
- Premio Nazionale "Bruno Rossi" per dottorati di ricerca con una tesi nel campo della fisica astroparticellare
- Premio Nazionale "Marcello Conversi" per dottorati di ricerca con una tesi nel campo della fisica subnucleare.

Il ruolo e il coinvolgimento nelle Università costituiscono, fin dalle origini, la base fondante dell'Istituto.

IL RUOLO DELL'INFN NELL'UNIVERSITÀ

L'INFN ha interesse e vocazione a seguire, assieme all'Università, il percorso formativo verso la ricerca e l'innovazione tecnologica nel proprio campo di interesse, in particolare tramite il Dottorato di Ricerca per cui l'Ente finanzia direttamente una quarantina di borse per ciascun ciclo, nelle Università dove hanno sede le proprie strutture.

Complessivamente, sono associati alle attività dell'INFN oltre 1200 laureandi magistrali, dottorandi, specializzandi, borsisti e assegnisti di ricerca, che perfezionano col lavoro di tesi e di ricerca presso l'Ente la propria formazione professionale. Di essi oltre 500 sono dottorandi e circa 300 sono giovani ricercatori in formazione, in possesso di dottorato di ricerca, vincitori di contratti biennali (assegni di ricerca) dei quali una ottantina a totale carico dell'INFN e i restanti in cofinanziamento con le singole Università.

Un confronto con le informazioni disponibili nella banca dati del Ministero dell'Università e della Ricerca (MIUR) è mostrato in Tabella 2.3, prendendo l'intera Area (02) di Fisica come riferimento.

Il database MIUR è mancante di questo dato per l'anno 2009, ma verifiche a campionamento in grandi Atenei come Padova, Pisa e Roma confermano questa percentuale.

Le strutture dell'INFN – nelle Sezioni, nei Laboratori Nazionali e presso i più grandi centri di ricerca mondiali – offrono concrete opportunità a laureandi e dottorandi di inserirsi nell'ambito delle attività di eccellenza scientifica dell'Ente. I giovani sono coinvolti direttamente nei gruppi di ricerca, acquisendo competenze sulle tecniche e le metodologie di indagine che potranno essere utili anche al di fuori della ricerca accademica, nei più diversi settori dell'industria avanzata. Ricercatori e tecnologi dell'INFN contribuiscono direttamente al processo formativo degli studenti, seguendoli nella preparazione delle tesi di laurea (triennale e magistrale) e di dottorato, e tenendo insegnamenti universitari in cui portano la loro diretta esperienza di ricerca.

L'ultima rilevazione dell'apporto fornito alle attività didattiche universitarie, relativa all'anno 2006, ha fornito i dati riportati nella tabella 2.4 (sono indicati il numero di corsi svolti nei vari livelli di formazione e delle tesi seguite, da parte di personale INFN).

Reciprocamente, l'INFN trae beneficio da questa sua implicazione nell'alta formazione universitaria. L'attività di ricerca richiede capacità professionali altamente qualificate, risorsa non meno importante di quelle finanziarie, e le Università costituiscono la sede ideale cui attingere per assicurare la qualità e la continuità dell'attività di ricerca.

L'interesse al potenziamento delle attività, didattiche e di ricerca, delle Università è testimoniato dall'impegno dell'Istituto nell'assunzione di ricercatori universitari a tempo indeterminato. Nell'anno 2010 l'Istituto ha sottoscritto quattro convenzioni per l'assunzione a tempo indeterminato di altrettanti giovani ricercatori nei settori Scientifico Disciplinari di attività INFN, a dimostrazione ulteriore della profonda interazione, simbiosi come detto, tra l'Istituto e le Università.

L'INFN è presente anche nei corsi di *Master* (di primo e secondo livello), e ha attivato nel corso degli ultimi anni, assieme alle Università, numerosi corsi orientati a fornire agli studenti un'istruzione caratterizzata da un elevato potenziale applicativo, ad esempio: *Tecniche nucleari per l'Industria, l'Ambiente e i Beni culturali* (Università di Tor Vergata e La Sapienza), *Trattamenti di superficie applicati a Tecnologie Industriali* (LNL), *Complessità e sue applicazioni interdisciplinari* (Università di Pavia),

	Laurea Magistralis				Ph. D			
	2009	2008	2007	<04-06>	2009	2008	2007	<04-06>
INFN	302	368	333	332	139	163	153	180
MIUR	785	849	854	990	n/a	351	342	388

Tab. 2.3: Laureati magistrali e dottorati che hanno svolto attività in ambito INFN, rispetto ai dati totali MIUR.

Tab. 2.4: Supporto alla didattica da parte del personale INFN.

Corsi di Laurea	139
Corsi di Dottorato	40
Corsi di Master	13
Scuole di Specializzazione	10
Tirocini di Formazione	60
Tesi di Laurea	200
Tesi di Dottorato	56

Progettazione Microelettronica (Università di Padova), *Information Technology* (LNF), *Basi fisiche e tecnologiche dell'adroterapia e della radioterapia di precisione* (Università di Tor Vergata), *Scienze e Tecnologie degli impianti nucleari* (Università di Genova e Ansaldo Nucleare).

Per la formazione dei giovani sono altrettanto essenziali le numerose iniziative e attività con le scuole (vedi ad es. il progetto *EEE- Extreme Energy Events*), di comunicazione e di diffusione della cultura scientifica attraverso mostre, eventi, seminari, organizzate sia a livello centrale sia a livello dei laboratori nazionali e delle singole strutture.

LE ATTIVITÀ DI COMUNICAZIONE E DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

L'Ufficio Comunicazione gestisce diverse attività di comunicazione, trasmissione della cultura scientifica e divulgazione, in forme diverse e integrate.

Nei rapporti con i media, in particolare, l'INFN è diventato un importante fonte di informazione e un punto di riferimento per i giornalisti scientifici italiani e le agenzie di stampa: un'opportunità di diffusione di conoscenza nel contesto della fisica fondamentale sempre più conosciuta anche dal grande pubblico.

Sul fronte della divulgazione e della comunicazione museale, va segnalata la riproposizione alla Città della Scienza a Napoli della mostra *Astri e Particelle* dopo il successo della "prima" a Roma. Nel corso del 2010, inoltre, sono state allestite altre due nuove mostre a Torino ("*L'invisibile meraviglia*") e a Genova ("*L'Universo non è più quello di una volta*"). Mostre che hanno già ricevuto richieste per nuovi allestimenti per il 2011.

Le monografie su temi di fisica fondamentale e di frontiera, offerte al pubblico tramite la rivista *Asimmetrie* e distribuite tra gli altri a tutti i licei italiani, rappresentano una rara opportunità di dialogo con il pubblico scolastico – e non solo – e una ricca risorsa di aggiornamento per gli insegnanti. La peculiarità di *Asimmetrie* è che ogni numero approfondisce un argomento e diventa una monografia, integrata tuttavia,

in un racconto di più ampio respiro. La pubblicazione occasionale di inserti allegati offre ai lettori l'opportunità di approfondire argomenti di ricerca avanzata.

In sintesi l'Ufficio comunicazione svolge un'attività molto intensa di "esposizione" dell'Istituto attraverso:

- la comunicazione da e verso i media;
- la comunicazione istituzionale;
- la comunicazione intranazionale.
- la rivista *Asimmetrie*;
- mostre e multimedia;
- eventi di divulgazione.

L'attività di comunicazione e di divulgazione scientifica viene svolta anche localmente, nelle strutture dell'Istituto (Sezioni, Gruppi collegati e Laboratori nazionali), spesso in collaborazione con le Università, le scuole, e gli enti territoriali, ed è rivolta agli studenti, agli insegnanti e al pubblico non esperto. Tali attività includono seminari, incontri, visite guidate presso le strutture e i laboratori, in Italia e all'estero.

2.5 GLI OBIETTIVI DEL TRIENNIO

PROGETTI DI RILIEVO SCIENTIFICO:

L'EVOLUZIONE E LE SFIDE.

Premesso che i principali progetti ed esperimenti di rilievo scientifico coordinati dalle CSN ed organizzati in filoni scientifici – come sono stati già elencati dettagliatamente nella tabella 2.1 - sono caratterizzati da scale temporali differenziate e dinamiche, vale la pena concentrare l'attenzione su due i parametri significativi che evidenziano il sostegno finanziario alle attività ed il coinvolgimento dei ricercatori e tecnologi alle stesse:

- a) Budget effettivo a consuntivo in migliaia di Euro (anni 2000-2010, preventivi di spesa 2011 e risorse necessarie per gli anni 2012, 2013).
- b) Personale ricercatore e tecnologo coinvolto in termini di FTE (Full Time Equivalent), sia con posizioni a tempo indeterminato, sia con contratti a tempo determinato ex art.23 (consuntivo 2000-2010 e previsione 2011-2013).

L'analisi viene presentata nei grafici seguenti (figura 2.14), distinti per linea scientifica, ovvero per commissione scientifica nazionale. Nella figura e nella successiva tabella 2.5 vengono evidenziati i principali filoni scientifici ed i relativi costi/anno.

Alle risorse elencate in tabella 2.15 vanno aggiunti finanziamenti dell'ordine dell'8% per spese generali dei gruppi di ricerca.

I grafici e la tabella consentono di svolgere alcune considerazioni generali:

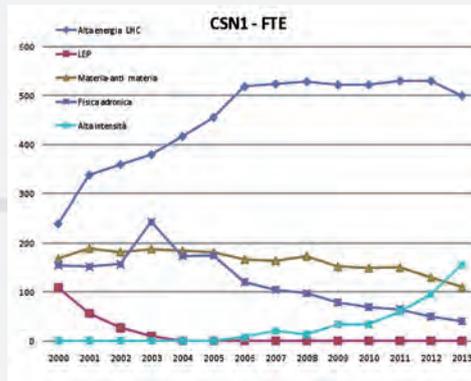
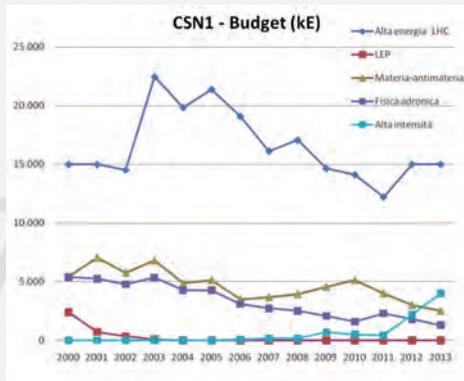
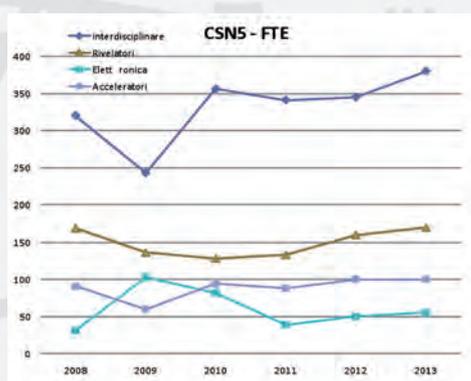
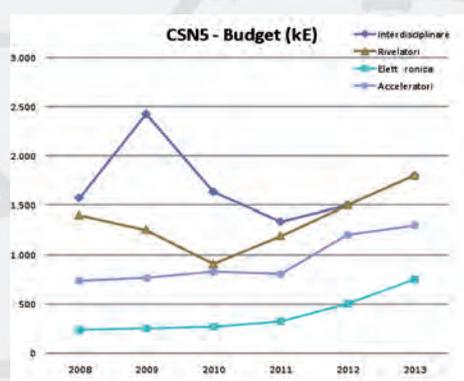
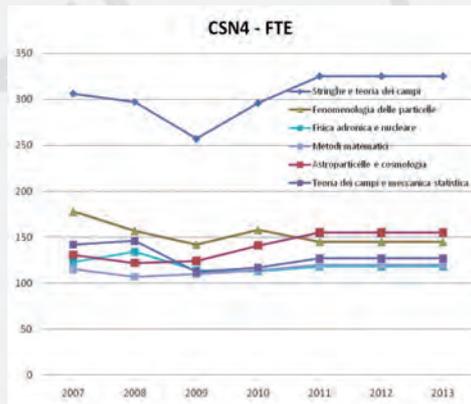
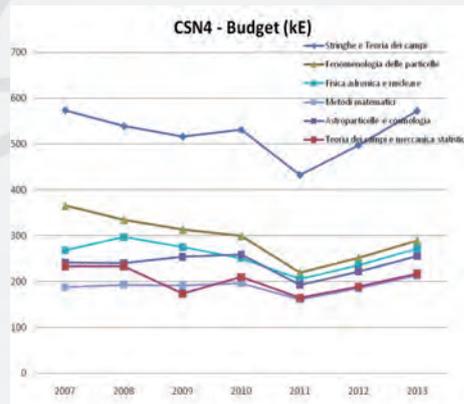
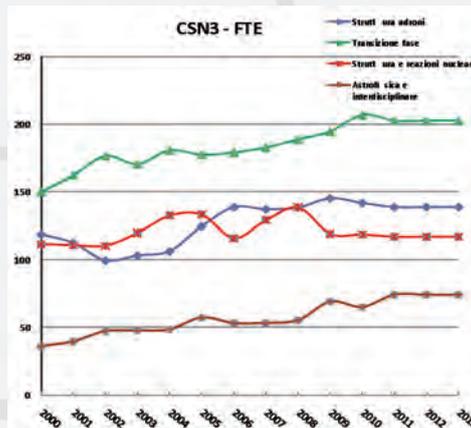
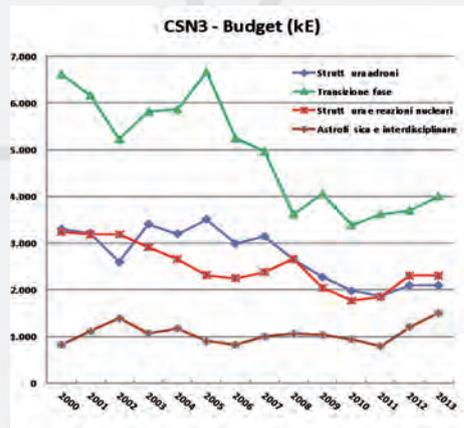
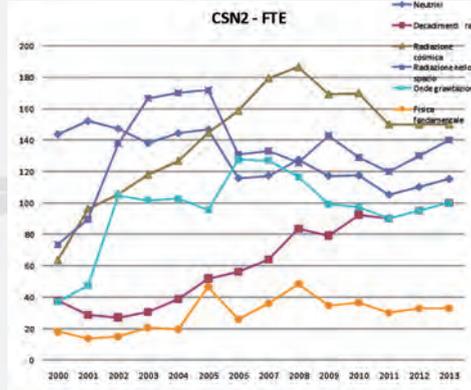
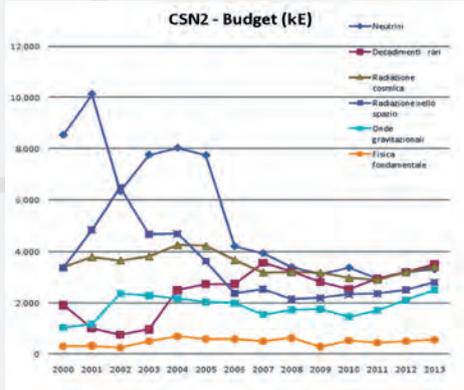


Fig 2.14: Evoluzione dei principali filoni scientifici in termini di budget e di personale (Full Time Equivalent) ricercatore e tecnologo a tempo indeterminato e a tempo determinato.



• Pesante è la riduzione del budget per tutte le linee scientifiche nel corso degli anni, anche in considerazione dell'inflazione che ne ha ridotto il potere reale ed è in netto contrasto con l'aumento dell'interesse e del coinvolgimento del personale ricercatore e tecnologico che dimostra la vitalità e la capacità di attrazione delle attività scientifiche dell'Ente;

• L'attività di fisica all'LHC del CERN è predominante per la CSN1 e costituisce un settore significativo anche per la CSN3, dove è inclusa – insieme con altre attività - nel filone scientifico "Transizioni di fase";

• La ricerca dei decadimenti rari, ed in definitiva di segnali di "Nuova Fisica", ha assunto negli anni sempre maggior

Tab. 2.5: Principali filoni scientifici e costi/anno.

Principali linee e filoni scientifici	Prev. 2011		Prev. 2012		Prev. 2013	
	Fin. (k€)	FTE	Fin. (k€)	FTE	Fin. (k€)	FTE
Fisica subnucleare						
Sperimentazione ad alta energia - LHC	12.200	530	15.000	530	15.000	500
LEP (Large Electron Positron collider)	0	0	0	0	0	0
Studio della simmetria materia-antimateria	4.000	150	3.000	130	2.500	110
Fisica adronica	2.300	65	1.800	50	1.300	40
Nuova frontiera dell'alta intensità	420	60	2.200	95	4.000	155
	18.920		22.000		22.800	
Fisica astroparticellare						
Fisica dei neutrini	2.904	105	3.200	110	3.300	115
Ricerca di fenomeni rari	2.809	90	3.200	95	3.500	100
Radiazione cosmica in superficie e nelle profondità marine	2.703	150	3.200	150	3.400	150
Radiazione cosmica nello spazio	2.250	120	2.500	130	2.800	140
Ricerca sulle onde gravitazionali	1.292	90	2.100	95	2.500	100
Ricerche in Fisica generale fondamentale	345	30	500	33	550	33
	12.303		14.700		16.050	
Fisica nucleare						
Struttura e dinamica degli adroni	1.860	139	2.100	139	2.100	139
Transizioni di fase della materia adronica	3.621	202	3.700	202	4.000	202
Struttura e reazioni nucleari	1.848	117	2.300	117	2.300	117
Astrofisica nucleare e ricerca interdisciplinare	792	74	1.200	74	1.500	74
	8.121		9.300		9.900	
Fisica teorica						
Stringhe e teoria dei campi	433	325	497	325	572	325
Fenomenologia delle particelle	219	145	252	145	290	145
Fisica adronica e nucleare	205	118	236	118	271	118
Metodi matematici	161	120	185	120	213	120
Astroparticelle e cosmologia	193	155	222	155	255	155
Teoria dei campi e meccanica statistica	164	127	189	127	217	127
	1.375		1.581		1.818	
Ricerche tecnologiche e interdisciplinari						
Intedisciplinare	1.333	341	1.500	345	1.800	380
Rivelatori	1.190	133	1.500	160	1.800	170
Elettronica	323	39	500	50	750	55
Acceleratori	802	88	1.200	100	1.300	100
	3.648		4.700		5.650	

peso relativo per la CSN2, che nello studio della radiazione cosmica (nello spazio e sulla Terra) riscontra tradizionalmente il maggiore interesse e supporto, senza trascurare la solida tradizione nel campo della fisica dei neutrini;

- Le attività di fisica teorica sono sostanzialmente stabili, con predominanza del settore “stringhe e teoria dei campi” ma con un crescente interesse verso le “astroparticelle”;
- Stabili e ben consolidate sono le attività di CSN5, che dedica la maggior parte delle risorse umane e finanziarie al settore interdisciplinare, a testimonianza della forte propensione dell’Ente allo sviluppo di conoscenze in campi trasversali ed in collaborazione con l’Università e con altri Enti;

Il presente piano triennale ha le sue radici nella roadmap dell’INFN che si sviluppa su un arco temporale che va ben al di là di esso, alla quale apporta le evoluzioni successive.

La roadmap e la visione strategica dell’INFN traggono spunto dalle maggiori sfide che la fisica subnucleare (fisica delle particelle), la fisica delle astroparticelle e la fisica nucleare affronteranno nel prossimo decennio e si basa sulle eccellenze che l’Istituto ha raggiunto e ha consolidato negli anni.

Sono descritte ora, in sintesi, le sfide maggiori che l’Ente intende affrontare nel prossimo triennio, secondo una visione strategica che tuttavia va anche al di là del presente piano triennale.

Le frontiere dell’alta energia e dell’alta intensità

Per quanto riguarda la fisica delle particelle tra le sfide più significative c’è la comprensione del meccanismo di generazione delle masse di tutti i costituenti fondamentali.

La descrizione standard (Modello Standard) richiede l’esistenza di particelle fondamentali non ancora osservate. Un intero nuovo mondo di particelle fondamentali, i partner supersimmetrici delle particelle note, può popolare la nuova regione di energia esplorata dall’acceleratore LHC e fare chiarezza sul meccanismo di unificazione di tutte le interazioni e sulla generalizzazione del concetto di particella puntiforme a stringhe (corde) estese.

LHC produrrà fisica per ben più di un decennio a venire. Ci si aspetta innanzitutto (è l’obiettivo primario degli esperimenti ATLAS e CMS) la scoperta del bosone di Higgs, la verifica cioè di gran lunga più attesa del Modello Standard, la cui rivelazione costituirebbe un enorme passo in avanti verso la comprensione della struttura del microcosmo. Se il bosone non fosse osservato, sarebbe necessario rivisitare buona parte delle nostre attuali teorie. Inoltre, è cruciale riuscire ad osservare particelle di quella materia che le misure

astrofisiche sull’Universo ci indicano come abbondante, addirittura cinque volte maggiore di quella di cui sappiamo dare una spiegazione e della quale è fatto il mondo in cui viviamo: sono particelle che formano la cosiddetta Materia Oscura e che potrebbero essere osservate tra i prodotti delle collisioni con gli esperimenti ad LHC.

Infine, non minore per importanza, sarà il contributo degli esperimenti a LHC (esp. LHC-b ma non solo) alla comprensione del perché della assenza della antimateria, che all’inizio dei tempi esisteva in quantità uguale alla materia e successivamente è scomparsa.

L’INFN è coinvolto in tutti i temi di ricerca che saranno affrontati all’LHC e pertanto considera il completo sfruttamento del nuovo acceleratore come la priorità principale negli anni futuri.

D’altra parte l’esplorazione sistematica del mondo supersimmetrico o una profonda investigazione del meccanismo di generazione delle masse richiedono macchine acceleratrici, come quelle a fasci collidenti e+e- (elettrone-positrone) caratterizzate da bassi livelli di contaminazione di eventi di fondo e perciò adatte a misure di grande precisione.

Per tale motivo l’Istituto sostiene lo sforzo che è attualmente in corso a livello globale ovvero mondiale al fine di elaborare il progetto tecnico dell’*International Linear Collider Project* (ILC) o di progetti alternativi come CLIC indipendentemente dalla sua localizzazione geografica, con l’auspicio che le necessità finanziarie dell’LHC di seconda generazione e dell’ILC possano trovare risposta all’interno di una discussione globale a livello mondiale sulle risorse disponibili. L’innovazione di alta tecnologia è indispensabile per il successo dell’impresa.

Oltre alla frontiera dell’energia l’alta intensità di macchine a “bassa energia” può contribuire a rivelare effetti legati alla propagazione, nell’ambito spazio-temporale consentito dalla relazione di indeterminazione, di particelle pesanti che le macchine ad alta energia sono in grado di produrre, rivelandone dunque indirettamente la loro esistenza.

Ciò è cruciale per scoprire “Nuova Fisica”. Gli esperimenti MEG a PSI (*Paul Scherrer Institute*) in Svizzera, NA62 al CERN e KLOE a LNF hanno tutte le potenzialità per contribuire alle scoperte.

La rivelazione di eventi rari ed in particolare delle correnti neutre che cambiano il “sapore”, può portare ad informazioni complementari a quelle provenienti dagli acceleratori di alta energia.

L'INFN sostiene attività in questo campo incoraggiando il progetto di nuove *flavour factories* ("fabbriche" di particelle di "sapore" definito).

I Laboratori Nazionali dell'Istituto potranno svolgere un ruolo di primo piano, in particolare i LNF dove furono costruiti i primi anelli di accumulazione e⁺e⁻.

In particolare uno straordinario sviluppo di fisica degli acceleratori occorso a Frascati a cura del team di fisici e ingegneri del laboratorio ha prodotto un metodo ingegnoso di focalizzazione dei pacchetti di elettroni, detto crab waist che è già stato in grado di aumentare di tre volte la capacità dell'acceleratore DAFNE di produrre collisioni per unità di tempo, come è stato verificato in particolare dall'esperimento KLOE. Questa idea brillante ha portato al disegno concettuale di un acceleratore che rappresenta il successore delle "fabbriche di B" che hanno segnato la fisica delle particelle nel decennio scorso (PEPII negli USA e KEKB in Giappone). Il progetto SuperB recentemente avviato dal MIUR, supera di un fattore 100 le loro prestazioni, e costituisce un elemento di primato per la fisica delle particelle italiana.

Esso sfrutta il nuovo schema di interazione di fasci in grado di conciliare alte luminosità con correnti limitate. Le inciderà in maniera rilevante sia sull'evoluzione dei finanziamenti sia sulla struttura e sull'organizzazione delle collaborazioni sperimentali.

La sfida tecnologica di una tale macchina, può trarre vantaggio dalle sinergie con le nuove tecnologie sviluppate per l'ILC, in particolare per lo sviluppo di *damping rings*, elementi essenziali di tutti i collisionatori futuri lineari e⁺e⁻.

Da quanto esposto resta in ogni caso chiaro che le due frontiere (energia e intensità) rimarranno il campo di ricerca della fisica subnucleare a breve, medio e lungo termine.

L'enigma della materia oscura e la frontiera dei nuovi rivelatori, la fisica del neutrino, lo studio dei decadimenti rari

Il contenuto di particelle delle prime fasi dell'Universo, all'epoca in cui le condizioni di alta temperatura possono o potranno essere riprodotte dagli acceleratori di alta energia presenti o futuri, è probabilmente all'origine della materia oscura la cui evidenza è sostenuta dalla misura dei parametri di evoluzione dell'Universo.

La ricerca della materia oscura è uno dei principali anelli di congiunzione tra la fisica delle particelle e la fisica astroparticellare. In questo campo, l'INFN è all'avanguardia con i nuovi rivelatori ad argon liquido così come in molti altri settori della fisica delle astroparticelle, grazie a esperimenti

dedicati all'osservazione delle oscillazioni (tra diversi "sapori") dei neutrini contenuti nel fascio proveniente dal CERN e diretto verso il laboratorio del Gran Sasso oppure di quelli provenienti dal Sole.

Il futuro della linea di ricerca che riguarda le oscillazioni di neutrini provenienti da acceleratori, il cui scopo primario è la determinazione della matrice di mescolamento dei neutrini, è attualmente programmato sia in Giappone sia al Fermilab in USA. Un ingrediente cruciale dei futuri esperimenti in questo settore e anche nella ricerca della stabilità della materia ordinaria, sono i futuri rivelatori basati su liquidi criogenici.

L'INFN ha effettuato un lavoro pionieristico in questo campo e considera le collaborazioni con i progetti esistenti di grande interesse e strettamente connessi allo sviluppo al Gran Sasso di prototipi di rivelatori criogenici di nuova generazione.

La natura del neutrino sarà anche investigata da un prossimo esperimento (GERDA) di grande massa dedicato alla rivelazione del decadimento doppio beta senza neutrini, anche qui grazie ad una leadership riconosciuta a livello internazionale in questo campo.

I Laboratori del Gran Sasso, attualmente sono i laboratori sotterranei migliori al mondo: oltre alle importanti ricerche nel settore della fisica del neutrino e delle sue oscillazioni, una forte attività nel settore della ricerca della materia oscura e dei decadimenti ultrarari sono probabilmente le direzioni lungo cui si svilupperanno le attività sperimentali di questa infrastruttura di ricerca, rispondendo in questo modo ad una specifica richiesta della comunità internazionale.

Lo studio della radiazione cosmica

I raggi cosmici sono stati scoperti più di un secolo fa, ma ancora molto si ignora sulla loro origine e composizione soprattutto ad altissime energie. A energie estremamente elevate sono necessari rivelatori di ampie dimensioni per avere un numero di eventi significativo. Inoltre un campo nuovo si è aperto lo scorso decennio con la scoperta di sorgenti localizzate di fotoni di energia dell'ordine del TeV e con la scoperta di inattesi fiotti di fotoni, associati a fenomeni di energia estremamente elevata: i cosiddetti *gamma ray bursts* la cui origine è ancora sostanzialmente sconosciuta. Nel settore spaziale, la messa in orbita di AMS permetterà di effettuare un progresso sostanziale nella ricerca delle componenti rare dei raggi cosmici. Lo studio dei raggi cosmici ad energie estreme rappresenta una consolidata linea di sviluppo dell'INFN, con esperimenti da effettuare sia a terra (AUGER) che nello spazio (JEM-EUSO).

La ricerca delle onde gravitazionali

La rivelazione di onde gravitazionali è stata condotta negli ultimi dieci anni con rivelatori ad antenna risonante e, più recentemente, con VIRGO, l'interferometro da 3 chilometri localizzato a Cascina, il sito di EGO, l'osservatorio gravitazionale europeo.

La strategia attuale si basa su una collaborazione con l'interferometro USA LIGO e si propone nei prossimi pochi anni un significativo miglioramento della sensibilità di Virgo per segnali di bassa frequenza che lo renderanno unico nel mondo.

I buoni risultati ottenuti con VIRGO hanno portato l'INFN all'approvazione del progetto "Advanced VIRGO" in cui la collaborazione italo-francese farà un ulteriore, forse decisivo, passo verso la sensibilità necessaria per la rivelazione diretta delle onde gravitazionali. Dopo l'approvazione avvenuta nel 2009, è continuata nel 2010 la realizzazione del progetto che prevede di raggiungere nel 2014 la sensibilità per la rivelazione delle onde gravitazionali da terra.

Sono in studio nuovi concetti di antenne risonanti che nei prossimi cinque anni potranno portare ai livelli di sensibilità del futuro interferometro.

Le prospettive della ricerca delle onde gravitazionali dopo l'upgrade dell'interferometro di Cascina riguardano la realizzazione di un futuro grande laboratorio europeo ma, allo stesso tempo, vedono il settore spaziale protagonista con il progetto LISA.

Le sfide della fisica nucleare

Un campo che lega l'astrofisica alla fisica nucleare è l'astrofisica nucleare, che studia reazioni nucleari rare di interesse per l'evoluzione stellare, spesso con apparati posizionati nell'ambiente schermato di un laboratorio sotterraneo.

L'INFN continuerà e sosterrà nel futuro le attività di astrofisica nucleare. In particolare bisognerà portare avanti l'upgrade di LUNA con un acceleratore di 3-4 MeV.

La fisica nucleare ha rafforzato i suoi legami anche con la fisica delle particelle attraverso misure accurate di verifica della cromodinamica quantistica, la teoria delle interazioni forti tra i quark.

Lo studio, mediante esperimenti di energia intermedia, delle interazioni nucleari ha chiarito molti aspetti legati al ruolo dei nucleoni e dei quark nei nuclei stessi.

L'INFN continuerà a investire negli sforzi dedicati a rivelare

all'LHC (esperimento ALICE) il plasma di quark e gluoni, ottenuto dallo "scioglimento" della materia nucleare sotto condizioni estreme di temperatura o di densità, quali presumibilmente dovettero verificarsi dopo il Big Bang.

Per la dinamica dei quark ci si aspetta l'estensione del programma di fisica da 6 a 12 GeV a JLAB e la preparazione del nuovo esperimento PANDA con un programma di fisica che si basa sull'uso di antiprotoni a FAIR. PANDA fornirà verifiche molto stringenti sull'interazione tra quark, gluoni e quark-gluoni (teoria QCD), sulla struttura interna del nucleone e sulle proprietà delle particelle nella materia nucleare.

Per lo studio della struttura e delle reazioni nucleari si è aperta un'era nuova con i fasci di nuclei radioattivi. Ci si focalizzerà sui nuclei sempre più lontani dalla valle di stabilità le cui proprietà sono determinanti per capire il cosmo, la vita delle stelle, la nucleosintesi e la produzione d'energia. Questo programma è fortemente legato ai miglioramenti previsti agli acceleratori esistenti ai LNL e LNS, al completamento della prima fase di AGATA e, a più lungo termine, al progetto SPES.

Le prospettive di ricerca in Fisica Nucleare sono senza dubbio molto attraenti anche per le loro sempre maggiori ricadute applicative in settori strategici come quello medico e dell'energia.

Le sfide dell'alta tecnologia e delle sue applicazioni

Il progresso in fisica nucleare così come in altre branche di attività INFN spesso dipende da nuovi avanzamenti nelle tecnologie dei rivelatori e degli acceleratori. Questi rappresentano settori chiave del trasferimento tecnologico. La fisica degli acceleratori ha e manterrà negli anni prossimi un grande impatto sociale ed è fattore di impulso per lo sviluppo di macchine per la terapia del cancro basate su fasci di adroni e di laser a elettroni liberi con lunghezza d'onda nanometrica per studi di biologia o di indagine strutturale.

In una prospettiva temporale comunque proiettata anche oltre il triennio, verrà posta particolare attenzione allo studio e allo sviluppo di sistemi di rivelazione per i futuri esperimenti e dell'elettronica associata. Una linea di ricerca privilegiata sarà quella dei circuiti integrati tridimensionali. Grande rilievo nella prossima decade si darà anche allo sviluppo di tecniche di trasmissione dati digitale ad alta velocità, di sensori, convertitori e strumentazione metrologica di interesse per la fisica fondamentale, applicata e interdisciplinare, e alla moderazione del danno da radiazione attraverso lo studio di nuovi processi e di appropriate tecniche di progetto.

Nel campo della fisica degli acceleratori si svilupperanno, nel medio termine, le linee di ricerca relative all'incremento della luminosità, alle tecniche innovative per massimizzare l'emittanza dei fasci, al miglioramento dell'accettazione delle strutture acceleranti e alla realizzazione di tecniche di accelerazione a plasm. Grande attenzione sarà rivolta alla realizzazione di SuperB, con particolare riguardo ai sistemi di diagnostica di fascio, alle sorgenti ad alta brillantezza di elettroni e alla generazione di luce di sincrotrone. Gli studi sulla produzione di fasci di raggi X monocromatici, da una parte promettono un innovativo imaging biomedico in vivo, dall'altra fanno nascere studi teorici sulla possibilità di emissione di raggi X coerenti, mediante processo FEL (*Free Electron Laser*), sia in regime quantistico che classico. Grazie alla tecnica dell'*Inverse Compton Scattering* (ICS) nella prossima decade sarà possibile realizzare sorgenti di raggi X quasi monocromatiche realizzate facendo collidere un fascio di elettroni ultraveloce – con impulsi dell'ordine dei picosecondi e di alta brillantezza – con impulsi laser di alta energia, con la possibilità di selezionare le energie dei raggi X e la risoluzione temporale in maniera estremamente accurata. Nella diagnostica medica questa disponibilità di sorgenti (quasi) monocromatiche, (parzialmente) coerenti, e di piccole dimensioni spaziali (decine di micrometri) permetterà l'utilizzo di tecniche innovative non possibili con le sorgenti convenzionali. A energie molto più elevate, sorgenti ICS saranno usate come primo stadio per la produzione di positroni polarizzati per collider lineari. Sorgenti basate su ICS sono in costruzione o in fase di progetto in diversi laboratori. L'INFN, grazie al fascio di elettroni di SPARC e al laser del progetto PLASMONX, sta realizzando ai LNF una sorgente ICS di punta, con la quale saranno realizzati esperimenti di fisica interdisciplinare che la CSN5 intende sostenere nel prossimo triennio. Proseguirà nel medio termine l'attività di sviluppo di sistemi di accelerazione innovativi per applicazioni in campo medico anche in collaborazione con l'industria e/o con enti di ricerca di altri paesi europei.

L'applicazione della fisica fondamentale alla salute dell'uomo e all'ambiente sta diventando un'esigenza primaria e riconosciuta della ricerca moderna.

Nel campo dell'adroterapia, oltre alle già citate attività di fisica degli acceleratori, cresceranno gli studi di modellistica e radiobiologia, che hanno inoltre ricadute anche sull'attività umana nello spazio. Argomenti portanti saranno in questo campo gli studi di radiobiologia, le misure di sezioni d'urto di frammentazione nucleare e le simulazioni connesse che permetteranno, nel campo della radioterapia, la realizzazione di piani di trattamento più mirati. Saranno inoltre studiati sistemi innovativi di imaging del tipo *Proton Computed Tomography* e

PET-Online. Queste attività saranno realizzate in sinergia con i progetti strategici INFN-MED e NTA.

Nel campo della fisica ambientale è prevedibile un incremento di specifiche iniziative di ricerca attraverso la realizzazione nel prossimo triennio di un Laboratorio di Radioattività Ambientale ai LNGS per le analisi di radionuclidi cosmogenici, primordiali e antropici e le loro applicazioni nel campo della Fisica Terrestre e dell'Ambiente, e della non proliferazione nucleare. In particolare, saranno oggetto di studio la fluidodinamica terrestre (atmosfera e oceanica) mediante modelli di trasporto di radionuclidi, e la caratterizzazione di Xenon e Krypton come rilasci da *fall-out* radioattivi delle centrali nucleari e dei test nucleari sotterranei. Le attività saranno svolte in collaborazione con Istituti di Ricerca e Organizzazioni Internazionali quali l'IAEA (*International Atomic Energy Agency*) e l'ICTP (*International Centre for Theoretical Physics*). Sempre in tema di controlli ambientali, continuerà lo sviluppo delle metodologie di analisi con fasci ionici delle polveri fini in atmosfera, e saranno messe a punto le analisi con spettroscopia di massa con acceleratore per la determinazione dello ^{129}I , tracciante di eventuali perdite di impianti nucleari. Continuerà infine l'attività interdisciplinare rivolta al mondo della conservazione dei beni culturali anche attraverso la ricerca e sviluppo di strumentazione portatile per analisi non distruttive.

Un cenno a parte merita l'attenzione e gli investimenti dell'INFN nel settore del computing, che è uno strumento essenziale per ogni scienza moderna per le nuove sfide rappresentate dal volume di dati prodotti all'LHC.

Per realizzare un tale ciclopico obiettivo, sono in sviluppo nuove tecnologie computazionali, sotto il nome generico di Grid tools. L'estensione di questi strumenti al di fuori della fisica delle particelle è stato un chiaro obiettivo della commissione europea attraverso il suo ripetuto sostegno alle attività di Grid nel sesto programma quadro. L'INFN è tra le nazioni pionieristiche nello sviluppo della Grid e il suo ruolo è stato pienamente riconosciuto dalla comunità Europea.

La sfida dell'Istituto nei prossimi anni è sostenere con successo lo sforzo computazionale dell'LHC e di estendere le tecnologie Grid a settori economicamente rilevanti.

A tal fine l'INFN è impegnato a svolgere un ruolo determinante nella costituzione e nella gestione dell'Italian Grid Infrastructure (IGI) che sarà parte integrante dell'*European Grid Infrastructure* (EGI).

L'impegno per la Fisica Teorica

La fisica teorica continuerà a supportare l'attività sperimentale con la predizione di segnali di nuova fisica e l'interpretazione dei dati all'interno degli schemi teorici.

L'INFN continuerà a sostenere lo scambio di idee attraverso le attività dell'Istituto Galileo Galilei a Firenze, tramite un intenso programma di workshop tematici periodici ricchi anche di una larga partecipazione internazionale.

L'INFN continuerà a sostenere le attività di simulazioni numeriche di teorie di gauge insieme allo sviluppo di nuove architetture di computer per una nuova generazione di computer paralleli progettati appositamente all'interno dell'Istituto.

LE PROSPETTIVE DEI LABORATORI NAZIONALI

La tabella 2.6 riassume la composizione del personale nel 2010 e le risorse finanziarie nell'ultimo triennio dei laboratori nazionali (esclusi gli esperimenti); sono inclusi i dati dei gruppi collegati di Cosenza (collegato a LNF) e de L'Aquila (collegato a LNGS).

Per il triennio 2011-2013 è essenziale mantenere almeno lo stesso livello di risorse per le attività in corso ed il funzionamento ordinario. Il coinvolgimento dei laboratori in nuove iniziative o progetti di particolare rilevanza (ad es. progetti bandiera) richiede risorse aggiuntive non elencate nelle tabelle ma per le quali si rimanda ai paragrafi relativi agli obiettivi del triennio, ai progetti premiali, ai progetti bandiera.

Laboratori Nazionali di Frascati

Il futuro dei LNF è ricco di iniziative. C'è molto interesse per il potenziamento dell'acceleratore SPARC e del LASER FLAME. Si propone la costruzione di un FEL con energia di 700MeV capace di produrre luce laser di interesse per la comunità.

Si studia la possibilità di modificare l'acceleratore DAFNE per aumentarne la luminosità e l'energia. Numerosi ricercatori italiani e stranieri sono, infatti, interessati ad usare l'esperimento KLOE nell'intervallo di energia compreso tra 1 GeV e 2,4 GeV. L'interesse di questa sperimentazione, per la quale sono state scritte tre "Lettere d'Intenti", si basa sul fatto che la luminosità dell'acceleratore DAFNE modificato potrebbe essere mille volte più grande di quella usata finora a bassa energia. In questo modo si potrebbero fare misure fondamentali, con precisioni non ancora raggiunte e di estrema importanza, sia per la verifica del "Modello Standard" che per lo studio della nuova fisica, nel caso venisse scoperta ad LHC.

Portante nei prossimi anni sarà l'attività legata al progetto

Laboratorio nazionale: LNF

FTE INFN staff + art.23,15 (anno 2010)	349
FTE Associati staff (anno 2010)	67
Assegnisti, borsisti, dottorandi (anno 2010)	65
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (ME)	37
di cui spese per investimenti (inventario) 2008-2010 (ME)	5,5
di cui spese per funzionamento 2008-2010 (ME)	21,2

Laboratorio nazionale: LNGS

FTE INFN staff + art.23,15 (anno 2010)	93
FTE Associati staff (anno 2010)	23
Assegnisti, borsisti, dottorandi (anno 2010)	62
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (ME)	27
di cui spese per investimenti (inventario) 2008-2010 (ME)	2,5
di cui spese per funzionamento 2008-2010 (ME)	14,5

Laboratorio Nazionale: LNL

FTE INFN staff + art.23,15 (anno 2010)	128
FTE Associati staff (anno 2010)	80
Assegnisti, borsisti, dottorandi, specializzandi (anno 2010)	55
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (ME)	27,3
di cui spese per investimenti (inventario) 2008-2010 (ME)	3,3
di cui spese per funzionamento 2008-2010 (ME)	11,7

Laboratorio nazionale: LNS

FTE INFN staff + art.23,15 (anno 2010)	121
FTE Associati staff (anno 2010)	36
Assegnisti, borsisti, dottorandi, specializzandi (anno 2010)	56
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (ME)	28,2
di cui spese per investimenti (inventario) 2008-2010 (ME)	3,0
di cui spese per funzionamento 2008-2010 (ME)	20,3

Tab. 2.6: Composizione del personale presso i LN e investimenti nel triennio 2008-2010.

bandiera SuperB di recente approvazione permetterà ai LNF di rilanciare una leadership mondiale nel campo degli acceleratori di particelle.

Laboratori Nazionali del Gran Sasso

Il panorama a lungo termine che copre il prossimo decennio è chiaramente più difficile da tracciare, anche perché alcune scelte discenderanno inevitabilmente dai risultati scientifici ottenuti dalla comunità, sia al Gran Sasso sia in altri laboratori, e dai risultati di LHC.

È anche da considerare che i LNGS, data la loro posizione all'interno di un parco nazionale, difficilmente si potranno espandere nell'attuale sito e quindi il volume dei futuri

esperimenti sarà necessariamente limitato dalla capacità delle sale esistenti. Questo aspetto è rilevante per alcuni programmi scientifici, quali lo studio delle violazioni di parità nel settore dei neutrini o la ricerca del decadimento del protone che potrebbero richiedere masse e volumi enormi, non realizzabili al Gran Sasso, a meno di realizzare nuovi scavi in zone non vincolate. La comunità scientifica internazionale sta delineando per i prossimi esperimenti sulla fisica delle oscillazioni dei neutrini vari scenari che dipendono in primo luogo dai risultati aspettati nei prossimi anni dagli esperimenti quali DOUBLECHOOZ, T2K, DAYA BAY ecc. sulla misura dell'angolo di mescolamento dei neutrini θ_{13} . Anche con le attuali dimensioni, tuttavia, i LNGS potrebbero ancora avere un ruolo in alcuni di questi scenari nel caso della realizzazione di *Neutrino Factory* a distanza di 1500 km (Rutherford lab) o di Beta Beams a base CERN con ioni ad alto Q.

In questo momento il Gran Sasso possiede una leadership negli esperimenti con altissime prestazioni dal punto di vista del basso livello di radioattività. Si tratta di un vantaggio competitivo rispetto ad altri laboratori che andrà mantenuto e sfruttato, cercando di massimizzare il potenziale di scoperta nelle ricerche sul doppio decadimento beta e sulla materia oscura. Queste ricerche saranno quindi sicuramente le linee principali di sviluppo dell'attività scientifica del Laboratorio nel prossimo decennio.

È da sottolineare che gli esperimenti già approvati per il doppio beta coprono un lungo arco temporale e l'eventuale estensione di GERDA a una fase tre, in sinergia con altri analoghi esperimenti, e la realizzazione di CUORE II che possa utilizzare tellurio arricchito per un incremento ulteriore di sensibilità, danno al programma del Laboratorio in questo campo una prospettiva di lungo respiro.

Viceversa, per gli esperimenti di materia oscura, quelli attuali esprimeranno appieno le loro potenzialità prima della fine del presente Piano Triennale e quindi è importante iniziare a costruire esperimenti con massa intorno alla tonnellata che inizino a dare risultati prima della fine del decennio; in tale ambito la tecnica dello Xenon liquido è già matura abbastanza per consentire la realizzazione di un apparato da una tonnellata di massa utile per le misure. Per passare alla fase successiva con apparati di massa di decine di tonnellate, i fattori di merito nella scelta dei rivelatori per la materia oscura riguardano vari aspetti quali la capacità di reiezione del fondo e la sensibilità raggiungibile in rapporto anche al costo, la possibilità di avere più di una segnatura degli eventi da materia oscura quali la dipendenza dai nuclei utilizzati, la possibilità di misurare la modulazione annuale

del segnale, ed ove possibile la misura della direzionalità. Le misure di sezioni d'urto, di processi di fusione di interesse astrofisico, costituiranno inoltre una linea di ricerca unica nel panorama internazionale e di grande impatto scientifico. Inoltre, vanno incoraggiate le nuove proposte concernenti questioni aperte in fisica che potrebbero giovare dell'ambiente sotterraneo.

Misure legate alla sismicità del territorio e poste in correlazione con misure di radioattività in un ambiente di bassissimo fondo radioattivo allargheranno l'orizzonte scientifico del Laboratorio verso aspetti di grande impatto ambientale e sociale.

Laboratori Nazionali di Legnaro

LNL, assieme ai Laboratori Nazionali del Sud (a Catania), va considerato come presidio nazionale delle conoscenze di base in Fisica Nucleare e delle competenze nel campo delle tecnologie nucleari. I Laboratori di Legnaro e Catania, in sinergia fra di loro, sono ricchezze per il paese ed al servizio del paese che val la pena di mantenere e di potenziare.

Va mantenuta la duplice missione dei LNL, per lo sviluppo delle conoscenze nella fisica e astrofisica nucleare di base assieme alle applicazioni delle tecnologie nucleari connesse, avendo presente che i due filoni sono inscindibili: la ricerca di base priva di applicazioni appare sterile, mentre un laboratorio di moderne tecnologie, avulse dall'apporto di nuove conoscenze, è destinato ad invecchiare rapidamente. Nel campo delle applicazioni di tecnologie nucleari, va rafforzata la collaborazione con gli enti territoriali e nazionali, ma va anche perseguito ogni sforzo per incrementare la cooperazione con le Aziende.

In questo quadro, Legnaro ha tre principali linee di sviluppo, corrispondenti ad altrettante diramazioni del progetto SPES: SPES-beta consiste nella riaccelerazione degli ioni esotici prodotti dal bersaglio di UCx nel complesso ALPI-PIAVE ad energie tra 5 e 10 MeV per impiegarli, mediante reazioni di trasferimento, nella formazione ed esplorazione di nuclei ricchi di neutroni in condizioni estreme.

SPES-gamma consiste nella realizzazione di un centro per la produzione e distribuzione di radio farmaci di tipo innovativo e sperimentale - oltretutto di tipo convenzionale - basato sulla seconda uscita del Ciclotrone da 70 MeV.

SPES-delta riguarda lo sviluppo di una infrastruttura di ricerca principalmente dedicata alla fisica dei neutroni, con applicazioni a temi dell'energia, delle proprietà dei materiali e della salute.

Riguardo alle piccole macchine, si punterà a farne un polo di eccellenza per la fisica interdisciplinare, con particolare attenzione agli aspetti applicativi e al mondo

dell'imprenditoria, in un'ottica anche di finanziamento o di cofinanziamento esterno.

Si provvederà inoltre a soddisfare gli impegni assunti nell'ambito del programma IFMIF e a fornire supporto adeguato al progetto NBTF in collaborazione con il consorzio RFX.

Laboratori Nazionali del Sud

I LNS sono nati come laboratorio dedicato alla ricerca di base nel dominio della fisica nucleare e alle attività multidisciplinari e di ricerca tecnologica collegate. A tale scopo i LNS si sono dotati di due acceleratori di ioni pesanti, un acceleratore elettrostatico Tandem ed un ciclotrone basato su tecnologie superconduttive (CS). Nel tempo gli argomenti di ricerca affrontati nei LNS si sono estesi anche ad altri campi in cui l'INFN svolge la sua funzione istituzionale ed in particolare alla fisica astroparticellare con l'avvio del progetto di osservatorio sottomarino di neutrini cosmici denominato progetto KM3NET.

Nei LNS si svolgono molteplici attività di ricerca nucleare, astroparticellare e di applicazione di tecniche nucleari ad altri domini disciplinari, che vengono generalmente condotte nell'ambito di collaborazioni internazionali. Nell'arco di tempo di riferimento del presente Piano Triennale il programma di sviluppo dei LNS comprende, da un lato, l'ampliamento delle intensità e della varietà dei fasci ionici, stabili e radioattivi, producibili con gli acceleratori esistenti, obiettivo che necessita di impegni finanziari complessivamente contenuti. Dall'altro lato, di più ampio respiro e di maggiore impegno appare la realizzazione dell'osservatorio di neutrini cosmici, il cui avvio è comunque subordinato all'intervento finanziario di enti esterni all'INFN.

Nel corso del triennio considerato sono previsti ulteriori sviluppi riguardanti gli acceleratori ed i sistemi di produzione di fasci instabili. Essi riguardano alcune modifiche, peraltro già progettate ed in fase di realizzazione, riguardanti le due sorgenti ioniche ECR e la linea di iniezione del Ciclotrone, che permetteranno un incremento delle intensità dei fasci primari del CS ed una estensione della loro varietà. Questo determinerà una immediata ricaduta positiva anche sulle intensità dei fasci instabili di EXCYT e di FRIBs.

Inoltre è in fase di realizzazione e si prevede che verrà ultimata nei primi mesi del 2011, una serie di modifiche alla linea di estrazione del CS e alle linee di trasporto del fascio che permetteranno di ottenere un ulteriore incremento della trasmissione dei fasci FRIBs lungo le linee, valutabile in un fattore compreso tra 10 e 30. Queste modifiche renderanno

possibili esperimenti con fasci ancora più lontani dalla stabilità di quelli finora ottenuti.

È anche previsto lo sviluppo di nuovi fasci di EXCYT, oltre a quelli di ^8Li e ^9Li finora prodotti. La richiesta degli utenti dei LNS è orientata verso lo sviluppo di un fascio di ^{16}O , particolarmente interessante soprattutto per esperimenti di astrofisica nucleare, disciplina in cui da tempo operano i ricercatori dei LNS con risultati apprezzati dalla comunità scientifica internazionale.

In ultimo, tra le possibilità di sviluppo di costo ed impegno contenuti, si colloca la possibilità, di utilizzare una sorgente di ^{252}Cf per produrre, per fissione spontanea, una serie di frammenti che, opportunamente ionizzati ed accelerati, potrebbero costituire fasci di ioni instabili di massa intermedia. Si stanno attualmente valutando le intensità che si possono ottenere per le varie specie isotopiche, che dipendono ovviamente dalla attività della sorgente stessa, insieme alle implicazioni tecnologiche e di carattere radioprotezionistico. Nel caso che la facility risultasse realizzabile, verrà redatto un apposito rapporto tecnico l'eventuale avvio del progetto potrebbe aver luogo entro il triennio 2011-2013.

Al progetto strategico INFN-E va invece riferito il programma di misura di produzione di neutroni da bersaglio di Berillio bombardato con il fascio di protoni del CS, da completare entro il 2011, programma che è correlato alla progettazione di un generatore di neutroni sottocritico, nel quadro dei rapporti con l'Ansaldo Nucleare. In collaborazione con la ditta Ansaldo Nucleare, nell'ambito del progetto INFN-E sono stati progettati e sono nella fase di realizzazione test di dispositivi particolarmente efficienti ed economici per il monitoraggio remoto dei siti di stoccaggio delle scorie radioattive, basati su fibre ottiche sensibili al singolo fotone.

LE MILESTONE DEL PERIODO 2011-2013

Si riportano di seguito gli obiettivi scientifici specifici o "milestones" realizzabili nel triennio relativamente alle attività coordinate dalle commissioni scientifiche nazionali e quelle svolte presso i Laboratori nazionali (parzialmente già incluse nelle milestones delle CSN).

CSN1

- Raccolta di una luminosità integrata a LHC (CERN) negli anni 2011 e 2012 che permetterà ai grandi esperimenti ATLAS e CMS di verificare la validità del Modello Standard attraverso la scoperta (o il suo contrario nel caso di assenza) del bosone di Higgs. Ricerca di particelle di Nuova Fisica

fino a scale di massa superiori al Teraelettrovolt.

- Analisi dei dati raccolti dall'esperimento LHCb al LHC per la misura della probabilità di decadimento di un mesone B_s in una coppia muone antimuone che costituisce un test molto importante per il Modello Standard.
- Completamento della costruzione di NA62 (CERN) negli anni 2011 e 2012 e inizio della presa dati nel 2013 per la misura del decadimento ultrararo $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \nu$.
- Costruzione nel 2012 con presa dati a partire dal 2013 di nuovi rivelatori dell'esperimento COMPASS (CERN) per una nuova campagna volta allo studio della funzione di struttura traversa dei partoni che dovrebbe gettare luce sul problema della costruzione dello spin del protone a partire da quello dei suoi costituenti.
- Raccolta di una grandissima statistica all'esperimento KLOE (LNF) che ha iniziato a prendere dati nel 2011 all'acceleratore Dafne che è stato modificato per aumentarne le capacità sulla base delle idee che permetteranno anche la costruzione della SuperB.
- Compimento del ciclo di misure dell'esperimento MEG (PSI) che ha la possibilità di trovare il decadimento muone in elettrone-fotone che costituirebbe la prova dell'esistenza di una fisica al di là del Modello Standard.
- Compimento del ciclo, venticinquennale, di misure dell'esperimento CDF (Fermilab) con la possibilità di trovare evidenza del bosone di Higgs in un appropriato intervallo di massa.
- Inizio della costruzione del rivelatore per l'acceleratore SuperB.

CSN2

- Lancio con uno Shuttle del grande spettrometro magnetico AMS-02 (Aprile 2011) ed inizio della presa dati sulla ISS dove opererà per un periodo di almeno 10 anni.
- Inizio delle misure (2011) dell'esperimento GERDA presso i Laboratori del Gran Sasso per la ricerca del decadimento doppio beta e la verifica della teoria del neutrino di Majorana
- Completamento (2011-2012) della presa dati dell'esperimento OPERA presso i Laboratori del Gran Sasso utilizzando il fascio di neutrini provenienti dal CERN per misurare il tasso di trasmutazione tra neutrino mu e neutrino tau.
- Lancio di LISA Pathfinder (2012), il dimostratore tecnologico dell'interferometro spaziale LISA per la ricerca delle onde gravitazionali.
- Costruzione (2011-2013) del rivelatore CUORE che migliorerà di un ordine di grandezza la sensibilità nella ricerca del decadimento doppio beta ed il test della teoria del neutrino di Majorana.
- Completamento (2011-2013) del rivelatore XENON 1T

presso i Laboratori del Gran Sasso, per lo studio della materia oscura con metodi diretti.

- Inizio della costruzione dell'osservatorio sottomarino di neutrini KM3NET che prevede la realizzazione di una grande matrice di rivelatori al largo della Sicilia meridionale.
- Advanced Virgo: emissione bandi gara (fine 2011), inizio costruzione/modifica infrastrutture (fine 2012), inizio installazione strumentazione (fine 2013).

CSN3

- Realizzazione dei nuovi rivelatori per apparato CLAS a JLAB(USA) e inizio della sperimentazione a 12 GeV per studiare la struttura del nucleone e la dinamica dei quark
- Analisi finale dei dati relativi a misure sugli isotopi kaonici realizzate al LNF per verificare i limiti a bassa energia del modello di *quantum chromodynamics*.
- Misure con ALICE a LHC finalizzate a trovare effetti nuovi che caratterizzano il *quark-gluon plasma*.
- Ampliamento delle strutture di calcolo basate sulla GRID per l'esperimento ALICE che richiede un'intensa attività d'analisi.
- Completamento della fase di misure di spettroscopia gamma a LNL con l'apparato AGATA costruito in collaborazione europea. Inizio della seconda campagna di misure con fasci radioattivi presso il laboratorio GSI
- Inizio di un'attività ai LNS con fasci radioattivi prodotti da frammentazione e utilizzando l'apparato CHIMERA ampliato con un nuovo sistema di rivelazione.
- Completamento di una serie di misure per la descrizione della nucleosintesi di Big Bang con l'apparato LUNA al LNGS e studio di fattibilità per una serie di nuove misure con un nuovo acceleratore per energie di qualche MeV.

CSN4

- Sviluppo di un approccio di ricerca sinergico nei riguardi delle tre maggiori problematiche teoriche connesse con la ricerca sperimentale particellare di questo decennio: meccanismo sottostante la rottura spontanea della simmetria che descrive le interazioni elettrodeboli (fisica all'LHC), spiegazione dei rapporti di massa e dei mescolamenti con violazione di CP tra i costituenti fondamentali della materia (quarks e leptoni) (in particolare fisica dei mesoni B da studiare alla macchina acceleratrice SuperB e nell'esperimento LHCb), nuove particelle elementari costituenti la materia oscura, ovvero più dell'80% della materia dell'Universo che non è fatta di protoni e neutroni (ricerca di materia oscura al laboratorio sotterraneo del Gran Sasso e negli esperimenti spaziali quali PAMELA, FERMI e AMS/02).
- La ricerca teorica sopraddetta sarà condotta in stretta collaborazione con le componenti sperimentali dell'Ente

operanti nell'ambito delle CSN1, CSN2 e CSN3. Al fine di favorire ancor più tale proficuo connubio teorico-sperimentale, verrà maggiormente enfatizzato il ruolo giocato dal *Galileo Galilei Institute* (GGI), dove nell'ottobre 2011 si terrà un workshop di fisica astroparticellare congiuntamente organizzato dalle CSN2 e CSN4.

- Si proseguirà (con il completamento di alcuni specifici progetti di ricerca teorica) il lavoro teorico necessario per sfruttare al meglio i risultati che arriveranno dalla macchina SuperB, tenendo in considerazione i complementari dati che nel frattempo giungeranno da LHC e Tevatron.
- Realizzazione di (e accesso a) un'infrastruttura di Supercomputer, con una potenza di almeno un Petaflop, per calcoli al reticolo necessari nella fisica del sapore (*flavor physics*) ed essenziali per discriminare segnali di nuova fisica nelle misure a SuperB e LHC (in particolare nell'esperimento Alice).
- Rafforzamento dell'internazionalizzazione delle attività della CSN4 con un aumento di periodi di collaborazione passati dai nostri ricercatori in istituzioni straniere nel quadro di accordi o programmi internazionali e, parallelamente, notevole enfasi ad inviti di maggiore durata rivolti a studiosi stranieri di alto livello.

CSN5

- Misure di frammentazione nucleare per adroterapia al GSI (dic 2011)
- Realizzazione Sorgente Thomson ai LNF (dic 2011)
- Prime immagini tomografiche con fasci di protoni ai LNS e a LLMUC (giugno e dicembre 2011)
- Rivelatori a Silicio ad integrazione verticale (dicembre 2011)
- Prime immagini con sorgente Thomson (giugno 2012)
- Prototipo di rivelatore a diamante sintetico a pixel (dicembre 2012)
- Primo prototipo di sistema di piani di trattamento con fasci di ioni carbonio (dicembre 2012)
- Convertitore per la produzione di fasci di neutroni ai LNL (dicembre 2012)
- Accelerazione di fasci di protoni in plasmi generati da impulsi laser ad alta potenza (dicembre 2012)
- Misure e modelli radiobiologici per l'interpretazione degli effetti di fasci di ioni con la materia vivente per applicazioni in adroterapia e per la radioprotezione nei viaggi umani spaziali (dicembre 2012)
- Sistemi di diagnostica per radiazione XFel (giugno 2012)
- Rivelatori a pixel in silicio e diamante sintetico per esperimenti a SuperB (giugno 2013)
- Sorgente ECR per adroterapia e per acceleratori alta intensità (dicembre 2013)
- Studio e lo sviluppo di una macchina dedicata

all'accelerazione di protoni e ioni per la realizzazione delle programmazioni nel campo dell'adroterapia a livello nazionale (piano oncologico nazionale), rapporti con le regioni (accordo regione Sicilia) e nel rispetto della programmazione europea. Attività sviluppata a LNS, LNF, LNL e sez. NA

LNF

- Completamento delle modifiche di DAΦNE per l'aumento di luminosità richiesta per l'esperimento KLOE.
- Installazione calorimetri e tracciatori per upgrade esperimento KLOE (fine 2012)
- Completamento presa dati dell'esperimento KLOE per raggiungere la luminosità di progetto (entro il 2013).
- Analisi finale dei dati relativi alle misure sugli atomi kaonici (He3, He4, H, D) per verificare i limiti a bassa energia del modello di Quantum Chromo Dynamics nel settore con stranezza (entro 2011).
- Studio di fattibilità per ulteriori misure di precisione di atomi kaonici e della fisica di bassa energia kaone-nucleo (entro 2013).
- Completamento realizzazione parti esperimento NA62 (entro 2012)
- Generazione di treni di impulsi con la tecnica Laser Comb per SPARC (entro 2011).
- Caratterizzazione della sorgente al THz, generazione di armoniche nella configurazione FEL Seeded per SPARC (entro 2011).
- Aumento dell'energia di SPARC con la nuova struttura in banda C, sperimentazione con SASE e Seeded FEL a piccole lunghezze d'onda, sperimentazione con la sorgente al THz (entro 2012).
- Eccitazione di onde di plasma con la tecnica laser COMB (entro il 2013)
- Realizzazione della Sorgente Thomson dalla collisione del laser FLAME con il fascio di elettroni di SPARC (dicembre 2011).
- Prime immagini con sorgente Thomson (giugno 2012).
- Accelerazione di fasci di protoni in plasmi generati da impulsi laser ad alta potenza di FLAME (dicembre 2012).
- Definizione operativa Progetto SparX (dicembre 2011)
- Avvio della fase preparatoria per la realizzazione del progetto SuperB.

LNGS

- Completamento della purificazione dello scintillatore liquido di Borexino, presa dati con fondo ancora più basso per misurare altre componenti di bassa energia dello spettro dei neutrini solari e incrementare la statistica della misura dei geoneutrini.

- Completamento della presa dati dell'esperimento ICARUS con il fascio CNGS e dimostrare le potenzialità del rivelatore per altre sorgenti di neutrini e verso apparati di centinaia di migliaia di tonnellate (2011).
- Completamento del run tecnico di WARP per la ricerca della materia oscura.
- Definizione di un programma di sviluppo per la ricerca di materia oscura con la tecnica dell'Argon liquido.
- Pubblicazione di nuovi dati a soglia più bassa e eventuale conferma del segnale di modulazione annuale dell'esperimento DAMA per la ricerca della materia oscura.
- Completamento della presa dati di XENON 100 per la ricerca della materia oscura.
- Completamento della prima fase della presa dati dell'esperimento CRESST per la ricerca della materia oscura e definitivo giudizio delle potenzialità della tecnica che accoppia rivelazione di fononi e luce di scintillazione.
- Continuazione del programma di R&D Lucifer verso un rivelatore di 1 t di isotopo per la ricerca del decadimento doppio beta senza neutrini.
- Completamento delle misure di LUNA delle sezioni d'urto nucleari di interesse astrofisico e inizio del programma con un acceleratore da 3.5 MV nella zona dell'interferometro del laboratorio sotterraneo.
- Prosecuzione degli studi di interesse geofisico all'interno del laboratorio sotterraneo.
- Studio approfondito da parte dell'esperimento GERDA del controverso segnale osservato presso i Laboratori del Gran Sasso da parte di un precedente esperimento sulla ricerca del decadimento doppio beta e verifica della teoria del neutrino di Majorana.
- Completamento (2011-2012) della presa dati dell'esperimento OPERA presso i Laboratori del Gran Sasso utilizzando il fascio di neutrini provenienti dal CERN e analisi dati per la conferma della trasmutazione tra neutrino μ e neutrino τ .
- Costruzione (2011-2013) del rivelatore CUORE che migliorerà di un ordine di grandezza la sensibilità nella ricerca del decadimento doppio beta ed il test della teoria del neutrino di Majorana.
- Completamento (2011-2013) del rivelatore XENON 1T presso i Laboratori del Gran Sasso, per lo studio della materia oscura con metodi diretti.

LNL

- Completamento della campagna di misure con AGATA agli acceleratori TANDEM-ALPI-PIAVE
- Completamento della fase Alpha del progetto SPES: edilizia ed impiantistica per il nuovo ciclotrone, installazione e commissioning del ciclotrone.

- Sviluppo della fase Beta di SPES, per la produzione di fasci di ioni radioattivi: adeguamento degli acceleratori esistenti e dell'impiantistica criogenica per le necessità del progetto, realizzazione del bersaglio di UCX e del *charge breeder* e progettazione definitiva delle altre componenti e della strumentazione sperimentale.
- Realizzazione di un centro per la produzione di radionuclidi di interesse medico e a carattere innovativo e sperimentale (LARAMED, fase gamma di SPES), basato sul nuovo ciclotrone.
- Sviluppo di una sorgente neutronica, basata sul nuovo ciclotrone, per la simulazione di reattori di IV generazione e per studi dell'effetto della radiazione neutronica su componentistica elettronica (fase delta di SPES).
- Completamento dell'acceleratore RFQ per il progetto IFMIF-EVEDA nell'ambito del Broader Approach, riguardante lo studio degli effetti di irraggiamento neutronico sui materiali dei futuri reattori a fusione nucleare.
- Completamento della campagna di misure della radioattività di rocce e suoli nella regione Toscana e nella regione Veneto, e possibile estensione al territorio nazionale.

LNS

- Inizio della costruzione dell'osservatorio sottomarino di neutrini KM3NET che prevede la realizzazione di una grande matrice di rivelatori a 3500 m di profondità, al largo dell'estrema punta meridionale della Sicilia.
- Completamento dello studio di fattibilità di una facility per fasci radioattivi alle energie di Fermi, utilizzando i frammenti prodotti da una sorgente naturale di ^{252}Cf e accelerati dal Ciclotrone Superconduttore, ed eventuale stesura del TDR relativo.
- Sviluppo di un fascio post-accelerato di 150 e campagna di esperimenti di astrofisica nucleare e di struttura nucleare.
- Campagna di esperimenti con i fasci radioattivi prodotti per frammentazione e con il multirivelatore per particelle cariche CHIMERA.
- Campagna di esperimenti sulla struttura dei nuclei leggeri ricchi di neutroni, utilizzando l'accoppiamento dello spettrometro magnetico MAGNEX con il multirivelatore per neutroni EDEN dell'IPNO.
- Completamento dei due laboratori multidisciplinari sottomarini al largo della costa orientale e sud orientale siciliana e loro utilizzo in misure di interesse oceanografico e geofisico.
- Misure sistematiche di sezioni d'urto di frammentazione nucleare e simulazioni connesse finalizzate alla formulazione dei piani di trattamento di adroterapia.
- Progettazione della sorgente MISHA da dedicare all'adroterapia e costruzione di una sorgente ECR a 24 MHz che permetterà di estendere le potenzialità del

Ciclotrone Superconduttore dei LNS. Partecipazione al progetto europeo ESS, con la progettazione di una sorgente di protoni ad alta intensità.

- Potenziamento dei sistemi di analisi non distruttiva per la caratterizzazione di reperti di interesse storico ed artistico e sviluppo delle tecniche relative.
- Sviluppo di sistemi di monitoraggio di scorie radioattive ad alta efficienza e basso costo.

2.6 LE RISORSE FINANZIARIE E IL PROFILO DI SPESA NEL TRIENNIO

Dal 2002 il MIUR ha assunto un ruolo strategico centrale in tema di risorse finanziarie, non solo per l'INFN, ma per tutti gli enti di ricerca afferenti allo stesso Ministero. Tale ruolo viene svolto attraverso l'annuale ripartizione del fondo ordinario per le istituzioni di ricerca, iscritto nel bilancio del

Dicastero nell'ammontare complessivo che deriva dalle decisioni assunte dal Governo e dal Parlamento in sede di definizione della legge finanziaria annuale.

Evoluzione finanziaria 1998-2009

Allo scopo di presentare un quadro significativo delle Entrate, sulle quali l'Istituto ha potuto contare, e delle conseguenti Spese, tramite le quali ha finanziato la propria attività di ricerca, è qui analizzata una serie storica di dati tratti dai Bilanci consuntivi dell'Istituto degli ultimi esercizi, rettificati con il sistema dei "prezzi costanti"; in sostanza, adottando un unico sistema di prezzi riferito all'anno 2009, con l'applicazione di coefficienti (Fonte: ISTAT), sono stati eliminati gli effetti delle variazioni del potere di acquisto della moneta per lo studio delle variazioni in volume. Vedi figure 2.15, 2.16, 2.17 e 2.18.

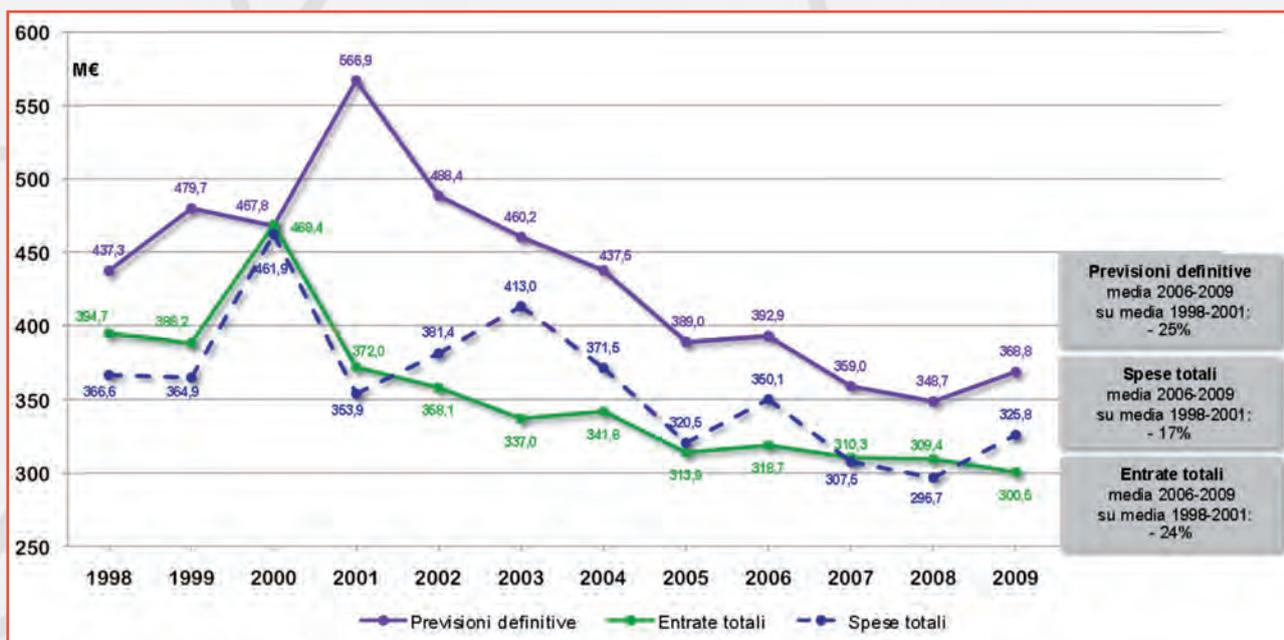


Fig 2.15: "La competenza": correlazione tra PREVISIONI, ENTRATE e SPESE TOTALI.

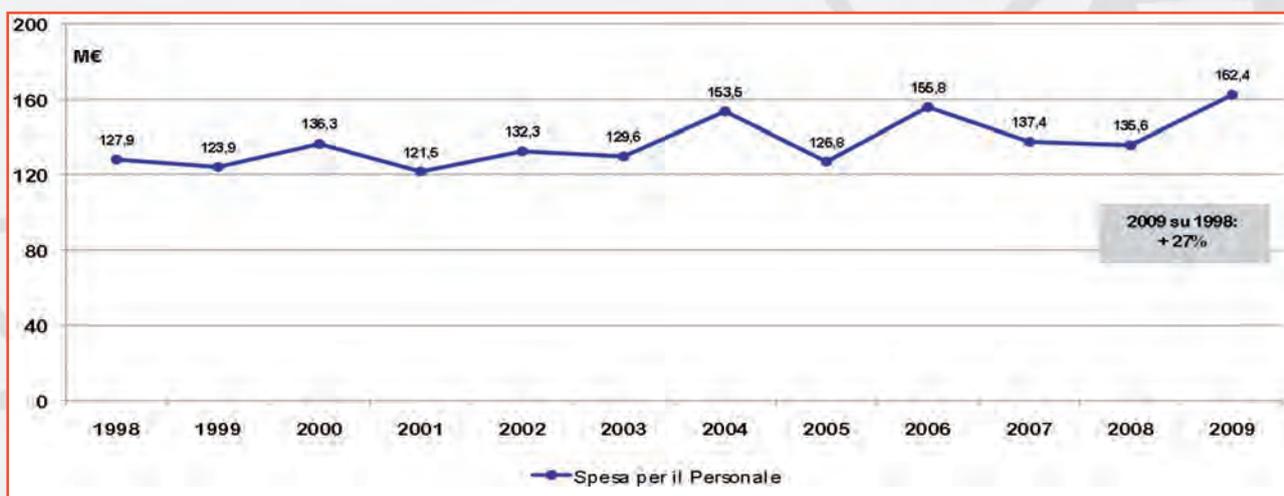


Fig 2.16: L'andamento della SPESA PER IL PERSONALE.

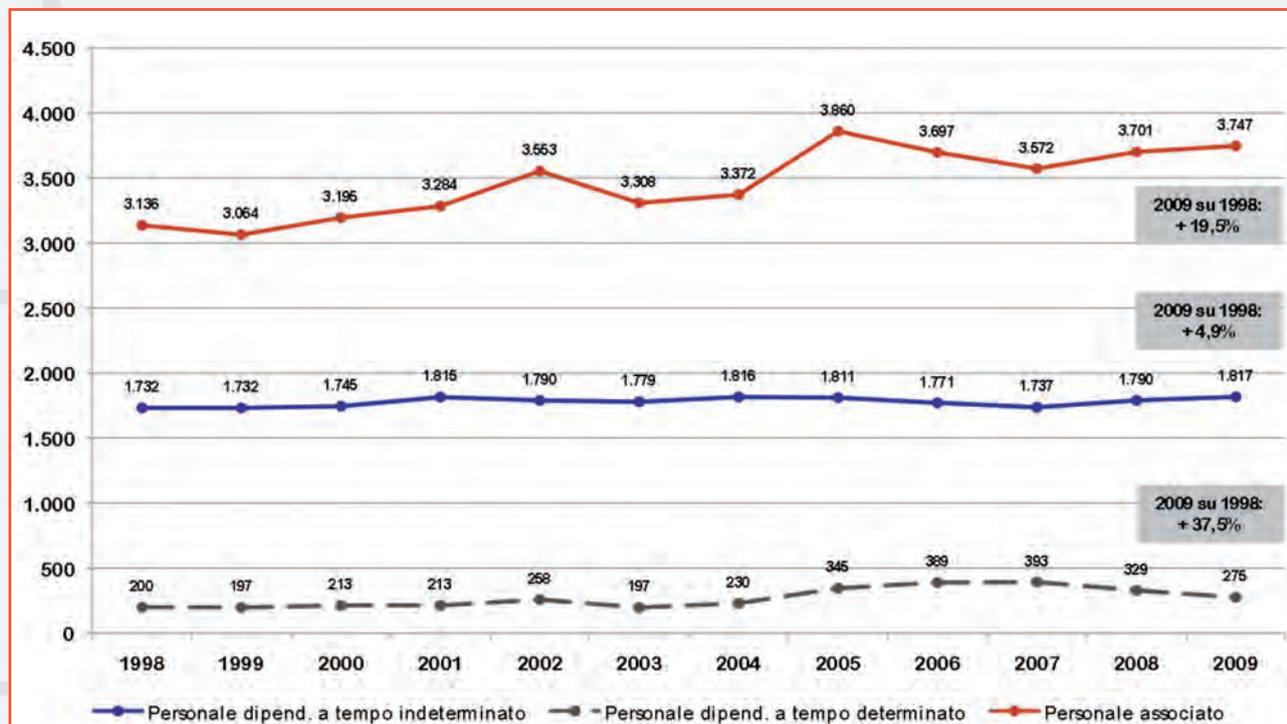


Fig 2.17: Numero di PERSONALE.

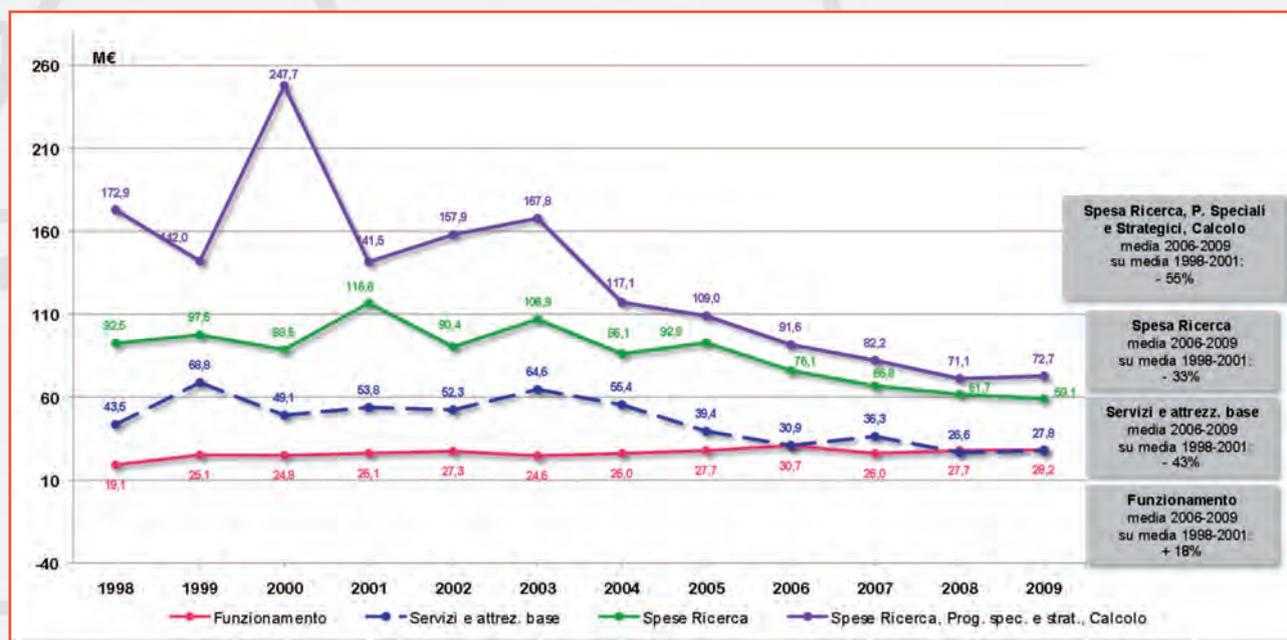


Fig 2.18: La correlazione fra Spese di RICERCA, FUNZIONAMENTO e SERVIZI/ATTREZZATURE.

IL PROFILO TRIENNALE DELLE RISORSE DISPONIBILI E DELLA SPESA 2011-2013

Le previsioni di spesa per gli esercizi compresi nel bilancio triennale riflettono il diverso sistema di finanziamento adottato dal MIUR a partire dal 2011, a seguito del D.Lgs 31.12.2009 n. 213 (riordino degli Enti di ricerca), consistente in:

- stanziamento diretto, a valere sul Fondo ordinario per gli Enti e le Istituzioni di Ricerca, di:
 - una quota non inferiore al 7% del Fondo per il "finanziamento premiale di specifici programmi e progetti, anche congiunti, proposti dagli enti", e
 - una quota pari all'8% del Fondo per il "sostegno dei progetti bandiera inseriti nella programmazione nazionale della ricerca e per il finanziamento di progetti di ricerca ritenuti di particolare interesse nell'ambito delle scelte strategiche e/o degli indirizzi di ricerca impartiti dal MIUR";
- assegnazione strutturalmente ridotta per il 2011, di competenza dei singoli enti, pari all'87% di quella confermata per il 2010 che, per INFN, significa una riduzione di 35,6 milioni di euro (da 273,8 nel 2010 a 238,2 nel 2011).

Su tale base, le previsioni di entrata e di spesa nel triennio, di seguito presentate, utilizzano i seguenti criteri di riferimento.

ENTRATE

Si assume una base minima di finanziamento del MIUR equivalente a quello previsto per il 2011 anche per i due esercizi successivi (come indicato, per il 2012, nella nota MIUR- Dipartimento Università, Alta Formazione Artistica, Musicale e Coreutica e Ricerca, prot. n. 1454, del 10 dicembre 2010); ad essa è aggiunta:

- un'assegnazione premiale ipotizzata nell'ordine del 10%, derivante dal raggiungimento di obiettivi specifici posti dal MIUR, e
- un'assegnazione vincolata per "progetti bandiera" interamente assorbita da corrispondenti spese, stimata in funzione dei prevedibili fabbisogni di investimento per i progetti approvati.

L'Istituto è, inoltre, attivo –sia a livello centrale, da parte delle Commissioni scientifiche e degli Organi di governo

dell'Ente, sia a livello locale, da parte delle singole strutture territoriali-- nella ricerca di "fondi esterni" finalizzati a specifiche finalità di ricerca, tali da integrare in quantità crescente il trasferimento dello Stato (es.: Unione Europea, Regioni, ASI, altri enti di ricerca, privati); tali fondi non sono inseriti nella previsione triennale sia per la difficoltà di quantificarli in misura ragionevolmente precisa sia perché sono obbligatoriamente destinati a finanziare specifici progetti di ricerca e conseguenti spese da essi dipendenti.

Si conferma, comunque, che ogni avanzo di Amministrazione generato dai singoli esercizi sarà interamente utilizzato nell'esercizio successivo.

SPESE

I progetti di ricerca dell'Istituto si caratterizzano normalmente per una durata pluriennale che può facilmente raggiungere il decennio, nel corso della quale l'assorbimento di risorse finanziarie varia considerevolmente in funzione della specifica fase di sviluppo (es.: R&D, Ingegnerizzazione, Technical Design Report, Costruzione, Commissioning, Presa dati, Decommissioning).

È, dunque, indispensabile poter contare su un flusso ragionevolmente costante di risorse che, mediando le diverse fasi di avanzamento dei progetti, assicuri la copertura di un volume di spesa sostanzialmente corrispondente, seppure composto da tipologie assai diverse nel tempo.

A parte le spese per progetti finanziati specificamente dal MIUR, esposte per totale nella stessa misura delle entrate, senza dettaglio per specifica tipologia, si è assunto il mantenimento delle spese per Ricerca, Personale, Funzionamento e Attrezzature e Servizi ai livelli 2011.

Come evidenziato nella seguente tabella 2.17 che riassume gli aspetti salienti delle tipologie di spesa ai fini della previsione pluriennale, non si può, tuttavia, fare a meno di rilevare che:

- il trend storico delle principali tipologie di spesa presenta caratteristiche sostanzialmente diverse da quelle che sarà necessario imprimerle per il futuro, in considerazione della drastica riduzione di finanziamento pubblico applicata; e
- conseguentemente, potente si presenta la sfida di mantenere l'attuale livello di eccellenza nella ricerca con una siffatta contrazione.

Tipologia di spesa	% sul totale 2009	Variazione 1998-2009 (valori costanti 2009)	Caratteristiche salienti ai fini della previsione pluriennale
Personale	55%	+20% (+1,8% medio annuo)	I rinnovi dei CCNL e l'incremento del personale hanno generato il trend di crescita; l'applicazione della Legge 30.7.10, n. 122, con il relativo limite al rinnovo del turn-over ed il blocco dei CCNL dovrà determinare l'interruzione di questo trend. Nella sostituzione del turn-over si dovranno concentrare le nuove assunzioni su ricercatori e tecnologi.
Funzionamento	10%	+48% (+4,4% medio annuo)	Le dimensioni ormai raggiunte dall'Istituto, con l'attuale articolazione organizzativa, hanno alimentato una dimensione crescente di queste spese, che tendono a diventare fisse. Per il futuro si rende necessaria una significativa razionalizzare delle strutture e semplificazione delle prassi di lavoro.
Ricerca (senza personale)	25%	-58% (-5,3% medio annuo)	La contrazione passata delle Entrate (-24% nel periodo 1998-2009, a "valori costanti" 2009) è stata, sostanzialmente, assorbita da minori spese per la ricerca e per Attrezzature e Servizi.
Attrezzature e Servizi	10%	-36% (-3,3% medio annuo)	Per il futuro si dovrà quanto meno recuperare maggiori livelli di efficienza, in tutti i settori, liberando risorse per la ricerca.

Tab. 2.7: Caratteristiche salienti delle tipologie di spesa ai fini della previsione pluriennale.

SPESA AMMINISTRATIVA

Con specifico riferimento alla spesa amministrativa sostenuta per la gestione dell'Ente, oltre alle generali "spese per il funzionamento" – quantificabili nell'ordine del 5% della spesa totale – si può far riferimento alla spesa necessaria per le retribuzioni del personale amministrativo; si fornisce, al proposito, la seguente sintesi:

	2011	2012	2013
Spese per il funzionamento	13.360	13.500	13.550
Spesa per il personale amministrativo	12.762	12.748	12.797
Sistema informativo	754	600	400

Tabella 2.8: spesa necessaria per le retribuzioni del personale amministrativo nel triennio 2011-2013.

In conclusione, in tabella 2.9, si riporta il profilo di spesa 2011 e le risorse disponibili previste per il 2012 e 2013.

RISORSE FINANZIARIE DISPONIBILI 2011-2013
(in milioni di euro)

	2011	2012	2013
ENTRATE:			
Assegnazione ordinaria MIUR, incluso "premiale"	262,00	265,00	268,00
Contributo assunzioni straordinarie ricercatori	1,61	1,61	1,61
Entrate diverse	3,66	3,66	3,66
Totale Entrate	267,27	270,27	273,27
SPESE:			
ATTIVITÀ DI RICERCA:			
Fisica delle particelle	19,30		
Fisica Astroparticellare	13,01		
Fisica Nucleare	9,91		
Fisica Teorica	2,48		
Ricerche Tecnologiche	3,96		
	48,66	48,66	48,66
Progetti strategici, speciali ed altre iniziative specifiche	7,75	7,75	7,75
Totale Ricerca	56,41	56,41	56,41
FUNZIONAMENTO STRUTTURE:			
LNF	8,00		
LNGS	6,42		
LNL	5,89		
LNS	5,63		
CNAF	1,08		
Sezioni e Gruppi Collegati	9,94		
Organi Direttivi e Strutture Centrali	1,00		
Totale Funzionamento	37,96	37,96	37,96
FONDI CENTRALI E PARTECIP. A CONSORZI			
(include Energia elettrica e Contributi a altri Enti di ricerca)	23,93	26,93	29,93
PERSONALE	146,89	146,89	146,89
FONDO DI RISERVA	2,08	2,08	2,08
Totale Spese	267,27	270,27	273,27
ASSEGNAZIONI VINCOLATE MIUR			
Progetti finanziati specificamente:	50	60	60
Super B			
Programma di Fusione			

Tab. 2.9: Profilo di spesa relativo al triennio 2011-2013.

IL PIANO DI RIAMMODERNAMENTO GESTIONALE

Il quadro normativo

L'Istituto è ente pubblico nazionale di ricerca, con autonomia organizzativa, finanziaria e contabile in conformità alla legge 168 del 1989.

L'adeguamento dell'INFN al rinnovato sistema della ricerca pubblica è avvenuto attraverso i provvedimenti normativi generali, senza che sia stata necessaria una specifica disposizione per il suo riassetto.

Com'è noto, la legge 137 del 2002 ha delegato il Governo a riordinare e aggregare gli enti pubblici di ricerca. In sua applicazione sono stati emanati decreti concernenti il CNR, l'ASI, l'ENEA e l'INAF. In particolare l'atto riguardante il CNR contiene, all'art. 22, comma 8, un elenco di norme che trovano applicazione verso tutti gli enti di ricerca vigilati dal MIUR, quindi anche presso l'INFN.

Gli ambiti, per i quali i principi normativi sono i medesimi, sono: la promozione a fini produttivi e di trasferimento tecnologico dei risultati della ricerca; la formazione dei ricercatori italiani; le attività di consulenza tecnico-scientifica alle PP.AA.; la fornitura di servizi a terzi; l'operare sulla base di piani triennali di attività, aggiornati per scorrimento annuale e comprendenti la determinazione del fabbisogno di personale; gli strumenti operativi (accordi e convenzioni); le partecipazioni anche in imprese; la costituzione di centri di ricerca internazionali; il commissionare attività di ricerca all'esterno; il dotarsi di propri regolamenti in coerenza con le procedure e le modalità di cui all'art. 8 della citata legge 168; le norme sul personale (ivi compresa la chiamata diretta del 3% dei ricercatori, riservata a soggetti di altissima qualificazione); la reciproca mobilità del personale dell'università e degli enti pubblici di ricerca; la trasmissione al MIUR dei preventivi e consuntivi annuali.

Il decreto legislativo n. 213 del 31 dicembre 2009, emanato dal Governo sulla base della legge delega del 27 settembre 2007 n. 165, avente per oggetto il riordino degli enti di ricerca vigilati dal MIUR, prevede per ciascun ente la formulazione di un nuovo statuto, da deliberare – da parte degli enti – entro sei mesi dalla data di entrata in vigore del decreto legislativo, che specifichi la missione e gli obiettivi di ricerca, tenuto conto del PNR (Programma Nazionale della Ricerca) e degli obiettivi strategici fissati dal Ministero e dall'Unione Europea, nonché dei fabbisogni e del modello strutturale di organizzazione e funzionamento previsti per il raggiungimento degli scopi istituzionali e il buon andamento delle attività. La formulazione e la deliberazione dello Statuto è attribuita, in prima applicazione, ai consigli di amministrazione (per l'INFN

al Consiglio Direttivo), integrati da cinque esperti nominati dal Ministro.

Il decreto contiene una norma specifica per l'INFN (art. 9.4) che dispone la riduzione del Consiglio Direttivo dei due componenti dell'ENEA e del CNR e che restano in vigore le vigenti disposizioni relative alla nomina degli organi statuari.

L'Istituto ha dato seguito a quanto previsto dal decreto di riforma adottando il nuovo Statuto, attualmente all'esame del Ministero, e costituendo appositi gruppi di lavoro per il riesame del Regolamento del Personale e di alcuni Disciplinari interni.

Il regolamento generale in vigore e i regolamenti interni

Il Regolamento Generale dell'INFN, a valenza statutaria, attualmente vigente, è comunque quello pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, serie generale, n. 48 del 27 febbraio 2001, suppl. ordinario.

L'atto individua i principi generali che disciplinano l'Istituto (natura giuridica, funzioni, personale, programmazione, fonti di finanziamento, bilancio, controlli interni) e dispone in ordine agli organi e alle strutture.

Di seguito al richiamato Regolamento Generale sono stati emanati i seguenti regolamenti di settore:

- Regolamento generale delle strutture
- Regolamento di amministrazione, finanza e contabilità
- Regolamento recante le norme sui concorsi per l'assunzione di personale a tempo indeterminato
- Regolamento per le associazioni alle attività scientifico-tecniche
- Regolamento del trattamento dei dati sensibili e giudiziari
- Regolamento per la valorizzazione, lo sviluppo e l'applicazione delle conoscenze dell'Istituto
- Regolamento per la prestazione di attività e servizi a favore di terzi
- Regolamento sul trattamento di missione del personale dipendente dell'INFN sul territorio nazionale
- Regolamento per i lavori, le forniture e i servizi in economia.
- Regolamento per l'Attività Negoziale
- Regolamento per il Patrimonio
- Regolamento sugli spin-off

Il nuovo Statuto dell'Istituto che sostituirà il Regolamento generale, prevede esplicitamente l'emanazione dei seguenti regolamenti e disciplinari:

- regolamento di amministrazione, finanza e contabilità
- regolamento del personale
- disciplinare in materia di elezioni, organizzazione e funzionamento interni

- disciplinare in materia di contratti e servizi e prestazioni d'opera e professionali
- disciplinare organizzativo dell'amministrazione centrale
- disciplinare organizzativo delle strutture
- disciplinare per le cariche elettive

Le disposizioni legislative generali

La natura pubblica dell'Istituto, l'impiego di risorse umane e in generale il fatto di essere inseriti nella realtà giuridica del Paese, comportano l'obbligo di attenersi: ai principi sulla trasparenza e sui tempi certi dei procedimenti amministrativi (legge 241 del 1990); all'ordinamento del lavoro alle dipendenze delle amministrazioni pubbliche (decreto legislativo 165 del 2001); alla tutela dei dati personali (decreto legislativo 196 del 2003); alla cura della sicurezza dei luoghi di lavoro (decreto legislativo 81 del 2008); al controllo della Corte dei Conti (legge 20 del 1994); alle speciali regole in materia di lavori, servizi e forniture (decreto legislativo 163 del 2006); alle regole in materia di ottimizzazione della produttività del lavoro pubblico e di efficienza delle pubbliche amministrazioni (decreto legislativo 150 del 2009) nonché a tutte quelle altre disposizioni generali che riguardano i singoli settori interessati dalle attività dell'Ente.

Il sistema informativo

Il nuovo sistema informativo è entrato in esercizio nel 2009. In linea con gli obiettivi del piano triennale 2010-2012, nel corso del 2010 il nuovo sistema informativo dell'Istituto ha ottenuto i seguenti risultati:

- Consolidamento della gestione amministrativa e contabile.
- Diffusione della conoscenza del sistema con uso diffuso di differenti strumenti formativi.
- Messa a punto del nuovo sistema di rilevazione presenze integrato con il sistema di gestione risorse umane e sua attivazione su cinque strutture.
- Evoluzione del Portale Utente e sua completa integrazione nella struttura informatica dell'INFN (autenticazione, autorizzazione, anagrafiche, ecc.)

Gli obiettivi che il Sistema informativo intende perseguire nel prossimo triennio possono essere così sintetizzati:

- Integrazione di tutte le componenti informative attualmente in esercizio nell'INFN, al fine di garantire un sistema moderno, integrato che possa migliorare l'efficienza nelle sue operazioni e la trasparenza verso il management e gli organi di controllo; in particolare la condivisione di anagrafiche centralizzate da parte di tutte le applicazioni che cooperano a gestire i dati amministrativi essenziali al corretto funzionamento dell'Istituto.

- Ottimizzazione dei processi amministrativi trasversali all'INFN ovvero che coinvolgono centro e periferia, redistribuzione delle attività sui processi medesimi, profittando delle nuove possibilità offerte dal sistema informativo, al fine di garantire una semplificazione delle procedure, una maggiore efficienza ma anche, e soprattutto, un controllo più semplice e una maggiore trasparenza.

- Disponibilità di dati rivolti al management dell'Istituto sia di tipo economico ma anche di tipo gestionale al fine di massimizzare la adeguatezza della azioni correttive minimizzando i tempi di risposta agli eventi.

Inoltre sarà necessario perseguire un adeguamento della infrastruttura tecnologica alla base del sistema stesso (piattaforma hardware e software).

L'evoluzione del sistema informativo verrà quindi realizzata in modo incrementale e per passi successivi, in modo tale da poter costantemente verificare il livello di miglioramento dell'organizzazione e l'efficienza raggiunta rispetto ai risultati attesi.

Gli elementi principali di sviluppo del sistema informativo nel prossimo triennio riguardano il miglioramento di processi di business, l'automazione dei flussi di lavoro, l'uso pervasivo della firma elettronica nei processi per i quali si rendono necessari specifici livelli autorizzativi e di sicurezza, quali ad esempio:

- Gestione appalti
- Gestione e Rendicontazione dei Progetti
- Budget e pianificazione
- Gestione delibere
- Richiesta di acquisto
- Emissione ordine
- Autorizzazione al pagamento

Si prevede inoltre di rendere disponibili modelli di dati e relativi strumenti che permettano una facile navigazione dello spazio disponibile nel sistema informativo INFN.

2.7 IL QUADRO DELLE COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

L'INFN, per la natura delle ricerche che promuove e coordina, tradizionalmente opera in un vasto contesto di collaborazioni internazionali. In particolare:

- collabora a esperimenti nei maggiori centri di ricerca europei

e mondiali;

- adotta convenzioni, a carattere scientifico e per la diffusione della cultura scientifica, con Istituzioni estere;
- finanzia l'ospitalità, presso le proprie Strutture, di ricercatori stranieri con appositi fondi (Fondo Affari Internazionali);
- finanzia programmi di borse di studio per lo scambio di ricercatori.

Più specificamente:

a) Merita certamente il massimo rilievo l'attività condotta dall'Istituto presso il CERN di Ginevra. L'Italia è tra i paesi fondatori del Laboratorio europeo e, per tramite dell'INFN, è tuttora uno dei membri più attivi. È significativo al riguardo che presso il Laboratorio operano gruppi di ricerca INFN, per complessivi circa 1000 ricercatori, impegnati in tutti gli esperimenti condotti con la macchina LHC (CMS, ATLAS, ALICE, LHCb, LHCf, TOTEM).

Ciò detto, l'Istituto è anche molto impegnato nelle attività sperimentali che si svolgono presso altri grandi Laboratori all'estero quali, per citarne alcuni: FERMILAB, SLAC, BNL, e TJNAF (Stati Uniti); PNPI, BINP e JINR (Federazione Russa); CIAE e IHEP (Cina); RIKEN e KEK (Giappone); BARC (India), DESY e GSI (Germania); ESRF (Francia), ecc.

Il 4 laboratori nazionali LNL, LNGS, LNF, LNS rappresentano un'ossatura fondamentale per tutte le iniziative dell'INFN ed in particolare ospitano infrastrutture e *facilities* messe a disposizione della comunità internazionale. E così, presso i Laboratori Nazionali di Frascati, sulla macchina DAFNE, citiamo gli esperimenti KLOE, FINUDA e DEAR. Presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, particolare menzione va fatta per gli esperimenti BOREXINO, CUORE, ICARUS, LVD, DAMA e per il progetto CNRS (CERN *Neutrinos to Gran Sasso*). Ai Laboratori Nazionali di Legnaro le attività sperimentali utilizzano il complesso di acceleratori TANDEM e ALPI, mentre ai Laboratori Nazionali del Sud è in funzione il moderno Ciclotrone Superconduttore.

Tra le attività svolte in Italia si rammenta anche che a Cascina, nei pressi di Pisa, è in funzione l'antenna interferometrica VIRGO, che costituisce un rilevante progetto condotto in *joint-venture* con il CNRS-IN2P3 francese.

b) In tabella 2.10 si riporta un elenco delle Istituzioni scientifiche straniere, e relativi paesi, con le quali l'INFN ha concluso nel tempo accordi di collaborazione scientifica.

L'INFN inoltre:

- partecipa a programmi europei nei settori del calcolo scientifico e della fisica nucleare;

- insieme a numerose istituzioni di ricerca dei maggiori paesi europei è fondatore di ApPEC (Astroparticle Physics European Coordination);
- è socio fondatore del Consorzio italo-francese "European Gravitational Observatory" (EGO) (Cascina-Pisa);
- è socio della "European Science Foundation" (ESF) di Strasburgo;
- ha propri rappresentanti nel comitato di esperti NuPECC (*Nuclear Physics European Collaboration Committee*), nel comitato scientifico PESC (*Physical and Engineering Sciences*) di ESF (*European Science Foundation*), in ICFA (*International Committee Future Accelerators*) e in ECFA (*European Committee Future Accelerators*);
- è socio della *European Association for the Promotion of Science and Technology* (EUROSCIENCE) di Strasburgo;
- è azionista, insieme al CNR ed all'INFN, dell'*European Synchrotron Radiation Facility* (ESRF) di Grenoble.

c) L'Istituto, consapevole del suo ruolo nel contesto internazionale, ha da sempre promosso e favorito ogni iniziativa intesa a intensificare i rapporti scientifici con le istituzioni e i ricercatori stranieri, sia attraverso appositi programmi di ospitalità di stranieri in Italia, sia attraverso lo scambio di ricercatori sulla base di convenzioni e accordi specifici.

Il Fondo Affari Internazionali (Fondi FAI) è finanziato sugli appositi capitoli denominati "Spese soggiorno ospiti ricercatori" del Bilancio dell'Istituto.

Il Direttore può ospitare presso la propria sezione/laboratorio ricercatori ospiti stranieri per definiti periodi di tempo (minimo due settimane, massimo sei mesi) sulla base di un programma di ricerca definito. Ai ricercatori ospiti stranieri possono essere rimborsate, dietro presentazione dei relativi documenti, le spese di viaggio e soggiorno, purché esse non risultino già previste, nel quadro di accordi di cooperazione internazionale, a carico dell'istituzione di appartenenza.

In figura 2.19 si fornisce un quadro dei soggiorni FAI assegnati nel corso del 2010 a ricercatori ospiti stranieri distinti per nazionalità.

d) Sono attivi diversi programmi per l'assegnazione di borse per scambio di ricercatori, formalizzati in apposite convenzioni bilaterali con istituzioni straniere e Organizzazioni Internazionali (vedi figura 2.20).

1) Borse di studio a favore di giovani ricercatori italiani presso il MIT (Borse Bruno Rossi)

Tab. 2.10: Accordi internazionali

Armenia	State Committee of Science of the Ministry of Education and Science
Argentina	Comision Nacional de Energia Atomica (CNEA)
Australia	Melbourne University
Belgio	Ion Beam Applications (IBA) International Association for the promotion of cooperation with scientists from the New Independent States of the former Soviet Union (INTAS)
Brasile	Università Statale di Campinas Università di S. Paolo
Bulgaria	Institute of Nuclear Research and Nuclear Energy (INRNE)
Canada	Canada's National Laboratory for Particle and Nuclear Physics (TRIUMF)
Rep. Ceca	Czech Academy of Sciences
Corea del Sud	Research Institute of Basic Science (RIBS), Seoul
Cina	China Institute of Atomic Energy (CIAE), Beijing Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing Institute of High Energy Physics (IHEP), Beijing National Natural Science Foundation of China (NSFC) South East University of Nanjing (SEU), Nanchino
Francia	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Paris Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3), Paris
Germania	Deutsches Elektronen Synchrotron (DESY), Amburgo Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), Darmstadt Max-Planck Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, Monaco
Giappone	Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN), Tokyo National Laboratory for High Energy Physics (KEK) Nagoya University, Nagoya Institute for Chemical Research (ICR), Kyoto University Japan Aerospace Exploitation Agency (JAXA) Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)
Grecia	University of Athens University of Crete University of Ioannina University of Patras University of Thessaloniki National Center for Scientific Research (NCSR) "Demokritos" National Technical University of Athens Foundation of Research and Technology (FORTH)
India	Bhabha Atomic Research Center – BARC
Israele	Israel Commission for High Energy Physics (ICHEP)
Polonia	H. Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics in Krakow (INPK), Cracovia
Regno Unito	Particle Physics and Astronomy Research Council (PPARC)
Romania	Institutul National de C&D Centru Fizica Inginerie Nucleara (IFIN-HH)
Federazione Russa	Russian Academy of Sciences (RAS) Petersburg Nuclear Physics Institute (PNPI) Lebedev Physical Institute Budker Institute for Nuclear Physics (BINP), Novosibirsk Novosibirsk State University, Novosibirsk Moscow State Engineering Physics Institute (MEPhI) Institute for Theoretical and Experimental Physics (ITEP), Moscow Joint Institute of Nuclear Research (JINR), Dubna Russian Research Center Kurchatov Institute (RRC KI), Moscow Moscow Institute of Steel and Alloys (MISIS) Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow
Rep. Slovacca	Slovak Academy of Sciences
Spagna	Ministerio de Ciencia e Innovation, Madrid
Stati Uniti d'America	National Science Foundation (NSF) Fermi National Accelerator Laboratory (FERMILAB) Stanford Linear Accelerator Centre (SLAC) Brookhaven National Laboratory (BNL) Thomas Jefferson National Accelerator Facility (TJNAF) Massachusetts Institute of Technology (MIT) Argonne National Laboratory Laboratory of Elementary Particle Physics, Cornell University Brown University Indiana University University of California Los Angeles (UCLA)
Svizzera	European Organization for Nuclear Research (CERN), Ginevra Swiss Federal Institute of Technology (ETHZ), Zurigo Paul Scherrer Institute (PSI), Zurigo
Ucraina	National Academy of Sciences of Ukraine (NASU)

Finalità: conseguimento del PhD in Fisica presso il MIT;
Programma scientifico e regolamentazione corso PhD: secondo normativa MIT ;
Selezione candidati: effettuata da apposita Commissione paritetica INFN/MIT;
Supporto finanziario: 1° e 2° anno INFN, 2° e 3° anno MIT, eventuale prolungamento congiunto.

2) Borse di studio a favore di giovani ricercatori italiani presso il MIT (Borse post-doc presso il MIT)
Durata: in corrispondenza con Anno Accademico MIT per 1 o 2 anni;
Finanziamento: a carico INFN.

3) Borse di studio a favore di giovani ricercatori presso il CERN
Tipologie: Senior Fellowship Programme - Junior Fellowship Programme;
Durata: un anno rinnovabile. In casi eccezionali possibile estensione per un terzo anno.
Supporto finanziario: a carico del CERN;
Selezione candidati: 1° livello Stati Membri - 2° livello CERN.

4) Borse di studio a favore di ricercatori cinesi (CAS)
Numero e durata: stabilito annualmente da parte di un apposito Comitato congiunto INFN/CAS.;
Finanziamento: a carico INFN;
Sedi di destinazione: sezioni e Laboratori INFN;
Selezione candidati: effettuata da parte della struttura INFN di destinazione su temi di ricerca.

5) Borse di studio a favore di ricercatori cinesi (CIAE)
Numero e durata: 5 borse di durata annuale;
Finanziamento: a carico INFN;
Sedi di destinazione: Laboratori Nazionali di Legnaro e Laboratori Nazionali del Sud;
Selezione candidati: effettuata da parte della sede di destinazione su temi di ricerca prestabiliti.

6) Borse di studio a favore di giovani italiani e statunitensi (*Summer Exchange Programme INFN/DOE/NSF*)
Numero: 20 borse per fisici italiani presso strutture USA - 20 borse per fisici USA presso strutture INFN;
Finanziamento: 10 a carico DOE - 10 a carico NSF - 20 a carico INFN;
Destinatari: laureandi in fisica, ingegneria, informatica;
Durata: soggiorni di 10 settimane (periodo 1° giugno - 30 novembre);
Selezione candidati: effettuata da apposite Commissioni paritetiche INFN/DOE/NSF.

2.8 LA PARTECIPAZIONE ALLA COSTRUZIONE DELLA EUROPEAN RESEARCH AREA

L'INFN è membro di diverse organizzazioni europee e internazionali, e contribuisce alla definizione dei corrispondenti piani pluriennali di attività, per quanto attiene alla missione dell'Istituto, nel campo della fisica fondamentale, sia teorica che sperimentale.

Fig.2.19 : Ricercatori stranieri ospiti presso strutture INFN (FAI) nel 2009 per un totale di 447.

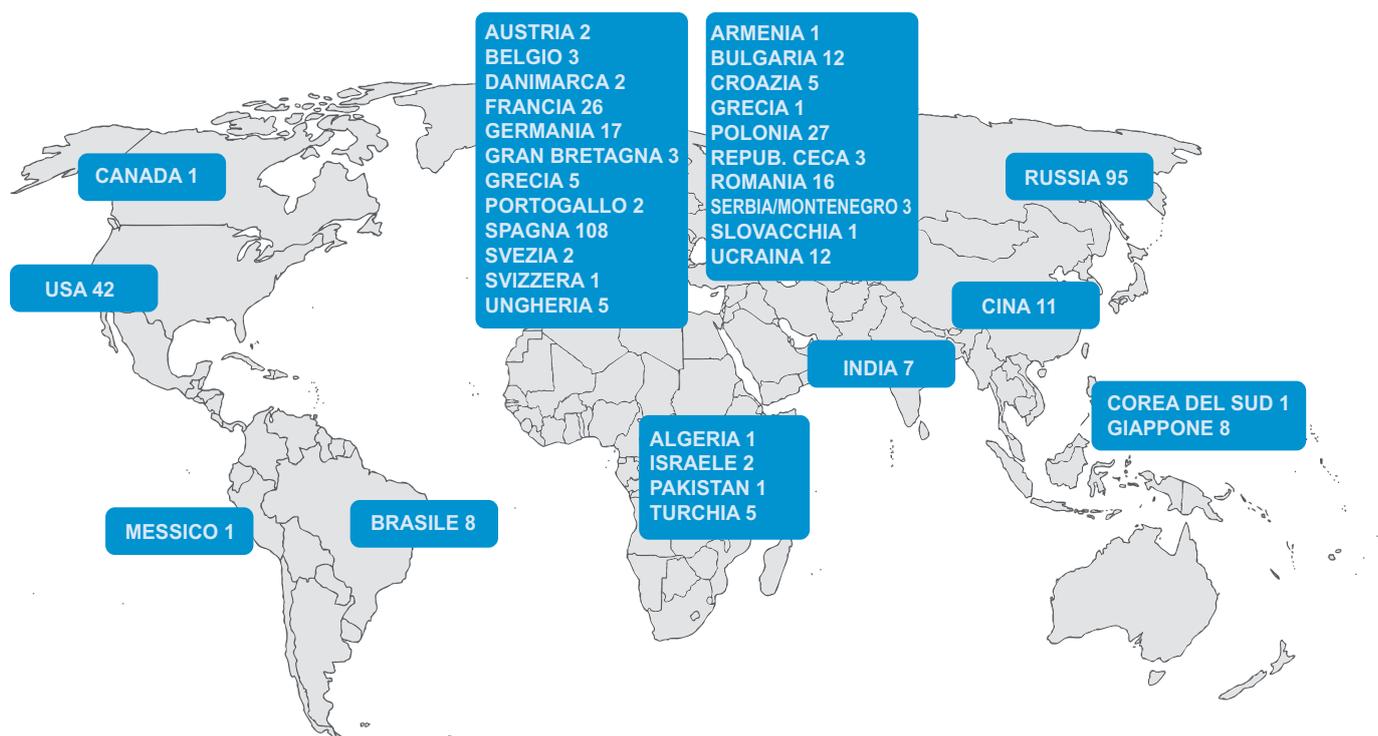




Fig. 2.20: Accordi bilaterali in vigore per scambi borsisti.

La *European Science Foundation* (ESF) è una di queste organizzazioni, ed è nata sulla spinta di diverse istituzioni e agenzie (ad oggi 80 in 30 nazioni) che si sono poste come fine la cooperazione e la collaborazione nella ricerca scientifica europea, considerando anche le esigenze degli erogatori delle risorse finanziarie (stakeholders). La ESF agisce in stretta collaborazione con altre istituzioni a livello europeo, come la Commissione Europea stessa, ALLEA (*ALL European Academies*) e EUROHORCs (*European Heads of Research Councils*), di cui l'INFN è pure membro, e anche con partner come NSF (*National Science Foundation*) e NIH (*National Institutes of Health*) negli Stati Uniti e con l'OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*).

L'INFN fa parte di ESF fin dalla sua istituzione nel 1974 (unica altra istituzione italiana insieme al CNR): è rappresentato in strutture interne dell'organizzazione come il *Physics and Engineering sciences Standing Committee* (PESC) e il *Nuclear Physics European Collaboration Committee* (NuPECC).

Da alcuni anni il ruolo di ESF si è focalizzato sulla creazione della *European Research Area* (ERA), che dovrà essere caratterizzata da una politica scientifica dinamica, da finanziamenti basati sulla qualità e sul merito, dalla mobilità dei ricercatori, degli studenti e delle risorse finanziarie e dalla realizzazione di infrastrutture di ricerca adeguate.

Una recente azione congiunta di ESF e di EUROHORCs ha portato alla pubblicazione di un importante documento "*EUROHORCs and ESF Vision on a Globally Competitive ERA and their Road Map for Actions*", che in dieci punti definisce il migliore cammino verso la costituzione della *European Research Area*, indicando le azioni corrispondenti e le responsabilità per il processo di trasformazione.

Per lo studio di una questione così complessa e per individuare i principali temi per le azioni future, ESF ha deciso di utilizzare le esperienze e le idee dei propri membri, attraverso l'istituzione di diversi Fori di discussione. I Fori della ESF sono infatti strumenti finalizzati allo scambio

delle esperienze nazionali e mirano all'identificazione di un insieme condiviso di pratiche, che possano anche essere trasferite in realtà diverse.

Nell'ambito delle analisi sulla mobilità dei ricercatori in Europa, l'INFN ha partecipato attivamente al Forum su "*Research Careers in Europe: Landscape and Horizons*", che è servito da piattaforma comune per lo sviluppo delle strategie da applicare a livello nazionale e sovranazionale. È stata un'occasione per confrontare con altre Organizzazioni, a fronte di norme europee, l'impegno dell'INFN nel sostenere lo sviluppo delle carriere: la nostra performance è risultata di alto livello e le nostre iniziative in accordo con gli orientamenti europei.

Dopo la pubblicazione del Report finale, il Forum proseguirà l'attività almeno fino al 2012, con una nuova iniziativa "*European Alliance on Research Careers Development*", per sviluppare una descrizione coerente della struttura della carriera in Europa e una tassonomia che includa sia la ricerca pubblica sia quella privata, allineandosi al punto 2 della "*Roadmap ESF-EUROHORCs*".

Un secondo Forum che si è concluso con la pubblicazione di un Report e nel quale l'INFN è stato fortemente coinvolto ha affrontato il problema della valutazione delle istituzioni di ricerca: "*Evaluation of Funding Schemes and Research Programmes*". La rilevanza di questo lavoro è stata fortemente apprezzata dal *Governing Council* di ESF, il quale ha approvato un nuovo Forum fino al 2012, che affronti in particolare il problema di misurare il grado di internazionalizzazione delle Istituzioni. L'INFN è alla guida di questa attività e il primo incontro a Stoccolma ha visto la partecipazione di oltre 30 Organizzazioni, insieme a rappresentanti della Commissione Europea e di istituzioni non appartenenti a ESF (come la NSF negli Stati Uniti). Questa iniziativa è allineata al punto 6 della "*Roadmap ESF-EUROHORCs*".

Entrambe le iniziative precedenti sono connesse ad uno dei filoni più importanti delle iniziative promosse da ESF, cioè

la costituzione di un *peer review* a livello europeo. L'INFN è stato tra i promotori della standardizzazione dei processi di *peer review*, includendo i temi del controllo di qualità della valutazione e della trasparenza delle procedure.

Il Forum corrispondente, che è operativo da più di due anni, sta avviandosi nel 2011 a concludere i lavori con la realizzazione di una "*Peer Review Guide for Practitioners*". Il rappresentante INFN è stato scelto dal Management ESF per presentare i risultati di questa attività (già esposti anche al *Governing Council* di ESF) alla *Science Policy Conference* che si è tenuta a Strasburgo nel novembre 2010, congiuntamente all'Assemblea Generale ESF. Anche in questo caso vi è un allineamento strategico, al punto 5 della "*Roadmap ESF-EUROHORCS*".

L'INFN è membro di ApPEC (*Astroparticle Physics European Coordination*), costituito da 19 istituzioni e agenzie europee, nato nel 2001 con lo scopo di promuovere e coordinare le iniziative di ricerca nel settore della Fisica Astroparticellare e sviluppare strategie di lungo termine. L'INFN è stato uno degli istituti fondatori, è rappresentato da due suoi membri nello *Steering Committee* e da quattro membri nel comitato incaricato di redigere la Roadmap Europea nel suddetto campo di ricerca. ApPEC coordina la sua attività con altri organismi internazionali, quali il CERN e l'OECD.

L'INFN è anche membro del FALC (*Funding Agencies for Large Colliders*); questo forum, formato dai responsabili delle agenzie di ricerca internazionali, esamina periodicamente lo stato della ricerca nel settore della fisica con acceleratori e discute delle eventuali proposte per nuove infrastrutture (quali per esempio l'International Linear Collider o la SuperB) o degli upgrade di grandi infrastrutture esistenti (quali l'LHC). Tali discussioni risultano molto importanti per un coordinamento strategico globale ed un ottimale utilizzo delle risorse disponibili. L'INFN è stato fra i promotori di quest'iniziativa ed il Presidente dell'Istituto ne è stato chair negli anni 2005-2008.

2.9 GLI ACCORDI E LE CONVENZIONI NAZIONALI

Fin dalla sua istituzione, l'INFN vive nelle Università, con cui ha un rapporto di collaborazione simbiotica, sia a livello delle strutture, del personale, dell'alta formazione, basato su apposite convenzioni.

Il sistema delle associazioni alle ricerche dell'Ente di personale di altri enti ed in particolare dell'Università costituisce uno dei motivi di successo e di reciproca sinergia.

L'Istituto da tempo intrattiene rapporti di collaborazione con i principali enti pubblici nazionali di ricerca (CNR, ENEA, ASI,

INGV, Sincrotrone Trieste e INAF). La collaborazione tra enti che svolgono attività di ricerca in settori affini o contigui, sia pur in parte, consente di ottimizzare l'utilizzo delle risorse strumentali e delle competenze del personale, e si inserisce all'interno di un quadro strategico di attività e di progetti volti al perseguimento di finalità di comune interesse nazionale.

A tale scopo sono state stipulate nel tempo apposite Convenzioni Quadro con i principali enti pubblici di ricerca nazionali, di cui si riportano qui alcuni degli esempi più significativi.

Vale la pena citare la collaborazione SPARX, realizzata congiuntamente al CNR e all'ENEA, finalizzata alla realizzazione di un laser ad elettroni liberi suscettibile di trovare applicazione in diversi settori quali la genetica, la biologia, o la collaborazione LANDIS con il CNR e relativa allo sviluppo di strumentazione portatile per indagini non distruttive al settore dei Beni Culturali.

Particolarmente importanti, per le risorse utilizzate e per il respiro internazionale, sono poi le collaborazioni attivate con l'ASI e relative agli esperimenti AMS, PAMELA, FERMI, grandi collaborazioni internazionali, rese possibili grazie anche all'apporto dell'Istituto e cui partecipano diversi enti di ricerca italiani, coordinati tra loro.

Con l'INGV sono attive collaborazioni finalizzate al monitoraggio sismico di alcune zone del territorio nazionale, in particolare presso i LNGS, e sono state attivate iniziative comuni che hanno condotto, nell'ambito dell'iniziativa denominata PEGASO, alla realizzazione di una infrastruttura suscettibile di utilizzo in ambito marino ad elevate profondità con pochi paragoni a livello mondiale.

L'Istituto è altresì capofila della collaborazione IGI (*Italian Grid Infrastructure*) – cui partecipano tra i vari il CNR, l'ENEA, l'INGV, l'INAF, la Sincrotrone Trieste, l'Università di Napoli Federico II e l'Università della Calabria, i Consorzi COMETA e COSMOLAB – finalizzata alla realizzazione di una infrastruttura di Grid nazionale che partecipi e assicuri il collegamento con l'infrastruttura Europea di Grid, settore nel quale l'INFN ha una riconosciuta eccellenza. L'apporto fornito all'iniziativa dall'Istituto, in termini di competenze e di risorse di calcolo, rappresenta un contributo fondamentale di cui potranno beneficiare utenti di diverse discipline scientifiche ulteriori rispetto a quelle degli enti partecipanti.

L'Istituto inoltre rivolge una particolare attenzione alla formazione scientifica e alla diffusione della cultura nei settori istituzionali e, in tale ambito, sostiene, anche finanziariamente, le attività svolte dalla Società Italiana di Fisica e dalla Società

Italiana di Relatività Generale e di Fisica della Gravitazione.

È anche grazie a rapporti di collaborazione che si svolgono attività di diffusione della cultura scientifica, quale la mostra "Astri e Particelle" - già ospitata presso il Palazzo delle Esposizioni a Roma e la Città della Scienza a Napoli e in via di sistemazione presso il Museo della Fisica e dell'Astrofisica a Teramo -, vista da oltre 180.000 visitatori e realizzata insieme ad ASI e INAF, e il progetto EEE, in collaborazione con il Centro Fermi, rivolto agli studenti delle scuole secondarie superiori dove riscuote un interesse crescente.

Il ricorso a forme di collaborazione costituisce – come già anticipato – una modalità di azione tramite la quale rendere disponibili all'esterno i risultati delle attività svolte. L'Istituto, infatti, nello svolgimento delle sue attività ha sviluppato conoscenze e competenze suscettibili di trovare utilizzo in ulteriori settori, quali:

- a) la Medicina;
- b) l'Energia;
- c) i Beni Culturali.

attivando al riguardo diverse collaborazioni che hanno condotto a importanti realizzazioni.

In particolare:

a) In ambito medico l'Istituto ha prestato un apporto fondamentale per la realizzazione del sincrotrone CNAO a Pavia per il trattamento di patologie oncologiche con fasci di particelle, recentemente sperimentato con successo, e, in collaborazione con l'Ospedale Galliera di Genova, di un biosuscettometro per la misurazione non invasiva del ferro nel corpo umano, risultato vincitore del concorso INVENTION patrocinato da "Il Sole 24 ore"; a Catania presso i LNS, è attivo, in collaborazione con l'Università di Catania e la locale Azienda Ospedaliera, il progetto CATANA per il trattamento con fasci di particelle di alcuni tumori oculari e, a Pavia una collaborazione con la SOGIN e la locale Università per la ricerca nel campo dei radio farmaci. I livelli di eccellenza raggiunti in ambito medico hanno condotto alla definizione di Accordi Quadro di Collaborazione con il Ministero della Salute, la Regione Sicilia e la Fondazione IRCCS Istituto Nazionale dei Tumori di Milano - basati sul riconoscimento dell'importanza delle applicazioni della fisica di base alla medicina e alla salute, da un lato, e alla disponibilità presso l'Istituto di conoscenze e competenze suscettibili di trovare applicazione al mondo della medicina, in particolare al campo dell'Imaging morfologico e della Radioterapia, dall'altro.

b) Nel settore dell'energia è attiva una Convenzione, del tipo "Quadro", con l'Ansaldo Nucleare e l'Istituto partecipa al Consorzio RFX per lo sviluppo dell'energia nucleare.

c) Nel settore dei Beni Culturali infine, oltre alla citata collaborazione con il CNR, è attivo il LABEC, in collaborazione con l'Università di Firenze, che ad oggi costituisce un punto di riferimento nell'applicazione delle tecnologie proprie della fisica delle particelle al settore dell'analisi, conservazione e restauro di Beni Culturali; l'Istituto inoltre è socio fondatore della Società COIRICH, per la realizzazione di una Infrastruttura distribuita per la ricerca multidisciplinare nel settore della conservazione e restauro dei Beni Culturali.

L'Istituto infine, Ente di Ricerca a carattere nazionale, è presente con le sue strutture di ricerca in numerose Regioni italiane e ha attivato collaborazioni con gli enti locali preposti. Quello regionale infatti, allo snodo tra locale e nazionale, costituisce l'ambito ideale per attivare iniziative concrete di crescita del territorio di concerto con le Regioni e gli altri enti locali, istituzionalmente preposti.

Alle citate collaborazioni SPARX, che vede il coinvolgimento anche della Regione Lazio, e nel settore medicale con la Regione Sicilia, si aggiungono altre collaborazioni attivate con la Regione Abruzzo, in tema di Alta Formazione, e con la Regione Piemonte, in tema di formazione alla ricerca, nonché con enti locali della Regione Veneto, in tema di diffusione della cultura scientifica; l'Istituto infine ha allestito e gestisce il Museo della Fisica e dell'Astrofisica in Teramo, in collaborazione con il locale Comune¹.

Particolarmente importante, anche per le ricadute sul territorio, è poi la collaborazione con la Provincia Autonoma di Trento e con la Fondazione Bruno Kessler che ha prodotto le collaborazioni MEMS, in tema di microsistemi innovativi, e AURORA, in tema di supercalcolo, collaborazioni attivate in settori nei quali l'INFN riveste posizioni di assoluta eccellenza e alle quali presta un contributo insostituibile.

Diverse sono poi le collaborazioni finalizzate ad attività di trasferimento tecnologico, realizzate da consorzi ricerche a carattere regionale, cui l'Istituto partecipa.

Segue nella tabella 2.11 un elenco delle collaborazioni e degli accordi e delle convenzioni in atto.

Tab. 2.11.1 – Convenzioni con le Università

Università di Bari	Sezione
Università di Bologna	Sezione
Università di Bologna	CNAF
Università di Cagliari	Sezione
Università di Catania	Sezione
Università di Ferrara	Sezione
Università di Firenze	Sezione
Università di Genova	Sezione
Università di Lecce	Sezione
Università di Milano	Sezione
Università di Milano Bicocca	Sezione
Università di Napoli Federico II	Sezione
Università di Padova	Sezione
Università di Pavia	Sezione
Università di Perugia	Sezione
Università di Pisa	Sezione
Università di Roma La Sapienza	Sezione
Università di Roma Tor Vergata	Sezione
Università di Roma TRE	Sezione
Università di Torino	Sezione
Università di Trieste	Sezione
Università di Roma Tor Vergata	Laboratori Nazionali di Frascati
Università dell'Aquila	Laboratori Nazionali del Gran Sasso
Università di Padova	Laboratori Nazionali di Legnaro
Università di Catania	Laboratori Nazionali del Sud
Università di Brescia	Gruppo collegato a Sez. Pavia
Università di Cosenza	Gruppo collegato a Lab. Naz. Frascati
Università dell'Aquila	Gruppo collegato a Lab. Naz. Gran Sasso
Università di Messina	Gruppo collegato a Sez. Catania
Università di Parma	Gruppo collegato a Sez. Milano Bicocca
Università del Piemonte Orientale	Gruppo collegato a Sez. Torino
Università Salerno	Gruppo collegato a Sez. Napoli
Università di Siena	Gruppo collegato a Sez. Pisa
Università di Trento	Gruppo collegato a Sez. Padova
Università di Udine	Gruppo collegato a Sez. Trieste
Istituto Superiore di Sanità	Gruppo Collegato a Sez. Roma
Politecnico di Bari	Collaborazione Quadro (Sez. Bari)
Università di Bergamo	Collaborazione Quadro (Sez. Pavia)
Università di Camerino	Collaborazione Quadro (Sez. Perugia)
Politecnico di Milano	Collaborazione Quadro (Sez. Milano)
Università di Modena e Reggio Emilia	Collaborazione Quadro (Sez. Bologna)
Università di Roma La Sapienza (Dip.to Energetica)	Laboratori Nazionali di Frascati
Scuola Internazionale Superiore Studi Avanzati	Collaborazione Quadro
Scuola Normale Superiore Pisa	Collaborazione Quadro (Sez. Pisa)
Politecnico di Torino	Collaborazione Quadro (Sez. Torino)
Università di Urbino	Collaborazione Quadro (Sez. Firenze)
Seconda Università di Napoli	Collaborazione Quadro (Sez. Napoli)
Università di Napoli Parthenope	Collaborazione Quadro (Sez. Napoli)

Tab. 2.11.2 - Convenzioni con Enti Pubblici di Ricerca

Agenzia Spaziale Italiana	Collaborazione Quadro
Agenzia Spaziale Italiana	Progetto AMS
Agenzia Spaziale Italiana	Progetto LISA/PATHFINDER
ASI (Durata Progetto)	Progetto AMS
Consiglio Nazionale delle Ricerche	Collaborazione Quadro
CNR	Progetto LANDIS (LNS)
CNR-INFM	Progetto SPARC (LNF)
CNR, INGV, Un.tà Bologna, Ferrara e Modena e Reggio	Infrastruttura GRID/Cloud Regione Emilia Romagna DUCK
CNR, ENEA, Un.tà Tor Vergata, MIUR, Regione Lazio	Progetto SPARX
CNR, ENEA, INGV, INAF, Sincrotrone Trieste, Un.tà Federico II, Un.tà Calabria, COMETA, COSMOLAB, etc	Collaborazione IGI (Italian Grid Infrastructure)
CNR, ENEA, Un.tà Tor Vergata	Convenzione per costituzione Società Consortile
Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente	Collaborazione Quadro
Istituto Nazionale di Astrofisica	Collaborazione Quadro
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	Collaborazione Quadro
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	Stazione Interferometrica del Gran Sasso (LNGS)
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	Gestione e utilizzo infrastruttura PEGASO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	Realizzazione di una stazione di monitoraggio geofisico e ambientale presso il test site sottomarino dei LNS
Sincrotrone Trieste	Collaborazione Quadro
Fondazione Ettore Majorana	Collaborazione
Fondazione CCR "Venaria Reale"	Collaborazione (TO)
Regione Piemonte	Progetto Neu-ART (TO)
ICRANET	Collaborazione Quadro (RM)
DAISY-Net	Collaborazione Quadro ICT (BA)
Centro Geotecnologie Università Siena	Collaborazione (FE)
Istituto Zooprofilattico delle Venezie	Collaborazione (LNL)

Tab. 2.11.3 - Convenzioni con altri Enti

Ansaldo Nucleare	Collaborazione Quadro
Fondazione CNAO	Collaborazione Quadro Adroterapia Oncologica
Fondazione CNAO	Accordo attuativo acceleratore CNAO
CERN, Fondazione CNAO	Conoscenze acceleratore CNAO
Fondazione CNAO, EBG Medaustrom	Collaborazione Adroterapia oncologica
Univ.tà Catania, Policlinico di Catania, CSFNMS	Protonterapia (Progetto CATANA) (LNS)
MSFCRS "Enrico Fermi"	Progetto EEE
Ospedale Galliera	Biosusciometro MID (GE)
CNR,ESA, ENEA, LAIT (Regione Lazio)	Progetto MEGALAB (LNF RM2)
Diversi Enti (Bando MSE)	PROGETTO SLIMPORT (PD)
CNAF, Consortium GARR	Memorandum Understanding DANTE
AIF-CNR-INFM, Un.tà Padova, Comune di Padova e la DGUSR per il Veneto	Mostra Sperimentando (PD-LNL)
SOGIN, Università Pavia	Radio farmaci
Società Italiana di Fisica	Collaborazione Quadro
Società Italiana Relatività Generale Fisica della Gravitazione	Collaborazione Quadro

Tab. 2.11.4 – Convenzioni/Rapporti Enti Locali

Provincia Autonoma di Trento/FBK	Collaborazione Quadro
Provincia Autonoma di Trento - FBK	Progetto MEMS2
Provincia Autonoma di Trento -FBK	Progetto AURORA
Regione Abruzzo	Alta Formazione (LNGS)
Comune di Teramo	Museo Fisica e Astrofisica
Regione Piemonte, CNR, INRIM, ENEA	Alta Formazione (TO)
Regione Toscana (Bando Regionale)	Progetto TEMART (FI-LABEC)
Regione Toscana (Bando Regionale)	Progetto ISAV (PI)
Regione Toscana (Bando Regionale)	Progetto Geologia e Radioattività Naturale (FE)
Regione Sicilia	Collaborazione settore medicale
Consorzio Area Ricerca Scientifica e Tecnologica di Trieste	Progetto SISTER (TS)

Tab. 2.11.5 – Medicina

Fondazione CNAO	Collaborazione Quadro Adroterapia Oncologica
Fondazione CNAO	Accordo attuativo acceleratore CNAO
CERN, Fondazione CNAO	Conoscenze acceleratore CNAO
Fondazione CNAO, EBG Medaustrom	Collaborazione Adroterapia oncologica
Univ.tà Catania, Policlinico di Catania, CSFNSM	Protonterapia (Progetto CATANA) (LNS)
Ospedale Galliera	Biosuscettometro MID (GE)
SOGIN, Università Pavia	Ricerca radio farmaci
Fondazione IRCCS Istituto Nazionale Tumori	Collaborazione Radioterapia, Adroterapia, Brachiterapia, Dosimetria Clinica
Regione Sicilia	Applicazioni di fisica particellare e nucleare alla medicina
Ministero Salute	Applicazioni di fisica particellare e nucleare alla medicina

Tab. 2.11.6 – Beni culturali

CNR	Progetto LANDIS (LNS)
Fondazione CCR "Venaria Reale"	Collaborazione (TO)
Regione Piemonte	Progetto Neu-ART (TO)
Regione Toscana (Bando Regionale)	Progetto TEMART (FI-LABEC)
CNR, Un.tà Tor Vergata, e di Milano Bicocca, Politecnico Milano e altri	Collaborazione SCarl COIRICH

Tab. 2.11.7 – GRID - ICT

CNR, ENEA, INGV, INAF, Sincrotrone Trieste, Un.tà Federico II, Un.tà Calabria, COMETA, COSMOLAB, etc	Collaborazione IGI (Italian Grid Infrastructure)
DAISY-Net	Collaborazione Quadro ICT (BA)
CNR,ESA, ENEA, LAIT (Regione Lazio)	Progetto MEGALAB (LNF RM2)
CNAF, Consortium GARR	Memorandum Understanding DANTE
CNR, INGV, Un.tà Bologna, Ferrara, Modena e Reggio Emilia e altri	Collaborazione Grid/Cloud Regione Emilia Romagna DUCK

Tab. 2.11.8 – Formazione diffusione Cultura Scientifica

Società Italiana di Fisica	Collaborazione Quadro
Società Italiana Relatività Generale Fisica della Gravitazione	Collaborazione Quadro
MSFCSR “Enrico Fermi”	Collaborazione
AIF-CNR-INFN, Un.tà Padova, Comune di Padova e la DGUSR per il Veneto	Mostra Sperimentando (PD-LNL)
Regione Abruzzo	Alta Formazione (LNGS)
Comune di Teramo	Museo Fisica e Astrofisica
Regione Piemonte, CNR, INRIM, ENEA	Alta Formazione (TO)

2.10 LE INFRASTRUTTURE DI RICERCA EUROPEE

L'Istituto partecipa attivamente alla costituzione delle infrastrutture europee per la ricerca, sia con proprie iniziative specifiche sia attraverso i programmi europei anche in coerenza con la propria *roadmap* e con la *roadmap* dell'*European Strategy Forum on Research Infrastructures* ESFRI.

L'INFN si è dotato, nel corso degli anni, di importanti attrezzature quali macchine acceleratrici di particelle presso i Laboratori nazionali, potenti sistemi di calcolo avanzato e distribuito di Grid computing nel Centro nazionale di calcolo CNAF (centro di primo livello, cosiddetto Tier1) e nei centri di secondo livello Tier2 presso alcune strutture, sistemi per il calcolo parallelo per la fisica teorica, servizi tecnici avanzati quali le officine meccaniche, i laboratori elettronici, ecc. Accanto ad esse l'Istituto è coinvolto nella realizzazione di infrastrutture di ricerca di valenza europea incluse nella *roadmap* dell'*European Strategy Forum on Research Infrastructures* (ESFRI). La *roadmap* di ESFRI, alla formazione della quale hanno contribuito esperti dell'INFN, è revisionata periodicamente. Accanto a ciò, la realizzazione della nuova macchina acceleratrice SuperB costituisce un poderoso sforzo realizzativo dell'Istituto verso nuove ed avanzate infrastrutture di ricerca.

Nell'ambito del programma CAPACITÀ (CAPACITIES) - Infrastrutture di Ricerca, l'INFN partecipa, e in molti casi coordina, diversi progetti che coinvolgono decine di istituti europei e centinaia di ricercatori, in molti dei cosiddetti “strumenti” del programma (tabella 2.12). Questi progetti vedono la partecipazione di molte sezioni e laboratori INFN.

In particolare lo strumento “*Design Studies*” è appunto dedicato allo studio di fattibilità di infrastrutture di interesse europeo e costituiscono la base per le revisioni della

Strumento	Numero progetti
Design studies	2
Preparatory phase	9
Attività integrate	5
e-infrastructures	11
Contributo UE per l'INFN	22 MEuro

Tab. 2.12: Progetti INFN nelle infrastrutture di ricerca

roadmap di ESFRI. In questo contesto l'INFN ha presentato 5 progetti legati alle nuove tecniche di accelerazione, alla fisica nucleare, particellare ed astroparticellare. Due di questi sono stati recentemente approvati, nei quali l'INFN ricopre ruoli primari coordinando importanti work packages:

- ET (*Einstein gravitational-wave Telescope*) si propone lo studio di rivelatori per onde gravitazionali di terza generazione, rivelatori con una sensibilità più di 100 volte migliore di quella degli attuali rivelatori;
- EURONU è dedicato allo studio di fattibilità di una *neutrino-factory* europea.

Lo strumento *Preparatory Phase* di nuove infrastrutture è, invece, una tipologia di finanziamento riservata alle infrastrutture già presenti nelle *roadmap* di ESFRI. Lo scopo è portare il progetto alla maturità legale, finanziaria e tecnica per essere realizzato. Nella prima call dedicata a 34 infrastrutture di tutte le discipline, l'INFN partecipa a 9 progetti, ed in un caso ne è anche coordinatore:

- KM3Net-PP è un progetto dedicato alla realizzazione di una facility sottomarina per la *neutrino astronomy* ed in generale per la fisica astro particellare. Questo progetto è coordinato dall'INFN (LNS) e coinvolge più di 20 istituti ed università europee;
- SLHC-PP è dedicato all'upgrade di LHC, è coordinato dal CERN e vede la partecipazione di decine di istituti europei;

l'INFN partecipa ad un importante *work package* del progetto;

- FAIR è dedicato alla costruzione della nuova facility FAIR (*Facility for Antiproton and Ion Research*) e coinvolge decine di istituti europei;
- SPIRAL2PP è dedicato alla facility SPIRAL2, è coordinato dal laboratorio francese GANIL (*Grand Accélérateur National d'Ions Lourds*), partecipano 25 istituzioni europee, l'INFN partecipa e/o coordina *work packages* rilevanti;
- ILC-HiGrade (*International Linear Collider and High Gradient Superconducting RF-Cavities*) è dedicato all'International Linear Collider ed in particolare allo studio ad alla ingegnerizzazione delle cavità RF superconduttrici ad alto gradiente. Il progetto è coordinato dal laboratorio tedesco DESY (*Deutsches Elektronen-Synchrotron*) e vi partecipano 6 istituzioni europee. L'INFN partecipa e coordina *work packages* rilevanti;
- PRE-XFEL è relativo alle attività preparatorie per l'implementazione dell' X-ray *Free Electron Laser* europeo. Il coordinamento è di DESY;
- ELI-PP (*Extreme Light Infrastructure*) sarà la prima infrastruttura dedicata allo studio dell'interazione laser-materia con intensità laser nel regime ad alta intensità ($I > 10^{23}$ W/cm²). Il progetto è coordinato dal francese CNRS (*Centre National de la Recherche Scientifique*) e vi partecipano 15 istituti; l'INFN coordina la partecipazione italiana al progetto;
- TIARA coordinato dal CERN ha come scopo l'integrazione dell'R&D sulla fisica degli acceleratori integrando le infrastrutture nazionali in una singola infrastruttura europea;
- HiPER (*High Power laser Energy Research*) è una facility dedicata allo studio di fattibilità della *laser driven fusion* come fonte di energia. L'INFN partecipa se pur marginalmente, alla fase preparatoria del progetto.

Per quanto riguarda lo strumento Attività Integrate (*Integrated Activities*) per le infrastrutture di ricerca sono stati presentati diversi progetti nel campo della fisica particellare, nucleare, astroparticellare e sulle nuove tecniche di accelerazione. Molti di questi progetti mirano ad estendere, consolidare e migliorare i risultati ottenuti nei progetti del VI PQ, coinvolgono decine di istituzioni europee, comunità di migliaia di ricercatori ed hanno un budget totale di circa 10 milioni di euro. Recentemente sono stati approvati 5 grandi progetti:

- HadronPhysics2 è un progetto sulla fisica adronica ed è coordinato dall'INFN; ha come scopo lo studio della *strongly interacting matter* che include la struttura degli adroni, la QCD, ecc. Questa iniziativa integrata è iniziata con successo

nel VI programma quadro e coinvolge praticamente l'intera comunità europea che conduce attività di ricerca in questi campi. Il finanziamento totale è di circa 10 MEuro di cui 3 MEuro per l'INFN;

- EUCARD è un progetto sulle nuove tecniche di accelerazione ed è l'estensione e prosecuzione del progetto CARE finanziato nel VI PQ. EUCARD ha come scopo primario la creazione in Europa di laboratori con acceleratori contribuendo così alla costruzione della European Research Area nella scienza degli acceleratori. Il progetto ha un finanziamento per l'INFN di circa 1 MEuro;
- ELISA è un progetto dedicato al free electron laser ed alla luce di sincrotrone;
- ULICE è un progetto che sfrutta le tecniche nucleari e degli acceleratori per la cura dei tumori;
- AIDA è un progetto per R&D sui rivelatori per le nuove macchine acceleratrici, in particolare per il previsto upgrade in luminosità di LHC.

Nell'ambito dello strumento "*ICT based e-infrastructures*", l'INFN ha presentato ben 15 progetti molti dei quali sono stati approvati. Alcuni di questi progetti sono coordinati dall'INFN:

- EGEEIII e EMI sono progetti tesi a consolidare e a migliorare l'infrastruttura Grid europea ed il middleware;
- EELA-2, EuAsiaGrid, EuIndiaGrid e CHAIN intendono estendere l'infrastruttura e-Science all'America Latina e all'Asia;
- EGI (*European Grid Initiative*), OGF-EU e EGI-INSPIRE sono progetti il cui scopo è definire la struttura per la sostenibilità a lungo termine della Grid europea;
- e-NMR è un progetto il cui scopo è diffondere e unificare l'e-infrastruttura NMR per i sistemi biologici;
- EURETILE è un progetto coordinato dall'INFN nel settore delle "*Advanced Computing Architectures*" e degli "*Embedded Systems*" sulla base del know-how sviluppato negli anni nell' ambito del progetto APE.

Per quanto riguarda i programmi futuri, forte è l'interesse ed il coinvolgimento dell'INFN per le infrastrutture di ricerca. Molti progetti di successo per la fisica nucleare, particellare, astroparticellare e per le nuove tecniche di accelerazione sono nati all'interno di organismi europei quali ApPEC (*Astroparticle Physics European Coordination*), NuPECC (*Nuclear Physics European Collaboration Committee*) e ESGARD (*European Steering Group on Accelerator R&D*) e prevedono la creazione di vere e proprie reti di infrastrutture di ricerca di valenza europea. Molti tra questi progetti iniziati nell'ambito del VI PQ vedono la propria prosecuzione, estensione e consolidamento dei risultati nel VII PQ. La call

appena conclusa sulle iniziative integrate delle infrastrutture di ricerca è dedicata a progetti in aree di ricerca di interesse dell'INFN, in particolare alla fisica nucleare, alla fisica astroparticellare e a ricerca e sviluppo sui rivelatori innovativi. Le comunità dei ricercatori dell'Ente si sono organizzate per presentare nuovi progetti, alcuni di questi saranno coordinati dall'INFN. Questi progetti di respiro internazionale vedono il coinvolgimento di decine di istituzioni europee, comunità di migliaia di ricercatori ed hanno un budget totale di circa 10 milioni di euro.

Anche nel settore delle e-infrastrutture e dell'ICT l'INFN ha molti progetti in preparazione, soprattutto nel campo dell'estensione e dello sfruttamento del supercalcolo reso possibile dalle tecnologie di Grid computing.

L'infrastruttura Grid italiana e europea (IGI – *Italian Grid Infrastructure*, EGI – *European Grid Infrastructure*) e l'infrastruttura europea per l'astronomia neutrinica KM3Net vanno menzionati tra i maggiori coinvolgimenti dell'Istituto, anche nell'ambito dei progetti di ricerca del VII Programma Quadro dell'Unione Europea.

In particolare:

a) IGI

Il progetto INFN-GRID sta evolvendo verso la costituzione di una nuova organizzazione legale che assicuri la sostenibilità a lungo termine dell'e-Infrastruttura Grid Italiana (IGI). Questa gestirà e svilupperà la Grid italiana che permetterà un utilizzo più efficiente di tutte le risorse di calcolo e storage distribuite sul territorio nazionale e la loro integrazione a livello europeo ed internazionale, al servizio della comunità scientifica ed accademica italiana e dell'Area della Ricerca Europea (ERA). Attualmente l'INFN è capofila della *JRU Joint Research Unit* Italiana, a cui aderiscono tutti le maggiori organizzazioni di ricerca del Paese, in attesa della costituzione legale di IGI.

b) KM3Net

Oltre all'attuale grande sforzo impiegato su grandi "tappeti" di rivelatori a terra, ci si aspetta che nasca un nuovo settore, quello dell'astronomia neutrinica, basato su una grande massa d'acqua osservata da un imponente sistema di fotomoltiplicatori installati nelle profondità marine.

L'INFN si propone per la futura localizzazione di una infrastruttura europea della copertura in massa di un chilometro cubo di acqua marina in Sicilia, vicino a Capo Passero, completamente supportata dai Laboratori Nazionali del Sud.

La tecnologia coinvolta in questo progetto rappresenta un ponte verso le scienze geologiche che si possono così giovare di nuovi metodi per l'acquisizione in tempo reale di dati relativi alla stabilità della superficie del fondo marino.

A sostegno delle attività connesse alla realizzazione delle due infrastrutture IGI e KM3Net sono stati recentemente accordati dal MIUR, nell'ambito del decreto ministeriale riguardante la ripartizione del Fondo ordinario per gli enti e le istituzioni di ricerca per l'anno 2010, due finanziamenti straordinari all'INFN:

a) 2 milioni di Euro quale contributo per l'avvio del programma IGI al fine di realizzare una nuova organizzazione legale europea che coordini e realizzi le attività delle infrastrutture Grid nazionali nel settore del calcolo.

b) 1 milione di Euro quale assegnazione finalizzata alla realizzazione dell'infrastruttura di ricerca KM3Net, destinata ad ospitare un telescopio sottomarino per neutrini astrofisici e una rete di osservatori multidisciplinari per lo studio ed il monitoraggio degli ambienti marini profondi.

2.11 LE PARTECIPAZIONI SOCIETARIE

Alcune collaborazioni dell'Istituto si sono tradotte nella costituzione e nella partecipazione a organismi associativi, di cui segue l'elenco:

Consorzio Catania Ricerche: Consorzio al quale l'INFN aderisce dal giugno 1988; soci consorziati sono l'Università di Catania, il CNR, l'INFN, la Camera di Commercio, Industria, Artigianato di Catania, la SIFI s.p.a. e la A.A.T.

Al momento il Consorzio, al quale l'Istituto partecipa esclusivamente con servizi e competenze, è impegnato in diversi progetti: TestPEP FP7-SME-2008-2-243791 (2010-2013); SCOOP – *Italian Solar Concentration technologies for Photovoltaic systems* - Industria 2015 Bando Efficienza Energetica (2009-2011); LAST-POWER - *Large Area silicon carbide Substrates and heteroepitaxial GaN for POWER device applications* e nei prossimi tre anni si prevede di svolgere e portare a termine i programmi di ricerca approvati e presentare nuove proposte di progetti di ricerca su bandi nazionali, regionali, europei. In ogni caso sono stati già approvati diversi progetti per il triennio 2011-2013 e cioè: "B.R.I.D.G. – *Economies- Business Relays for Innovation and Development of Growing Economies* (2011-2012)"; Progetto TestPEP FP7-SME-2008-2-243791 (2010-2013); Progetto SCOOP – *Italian Solar Concentration technologies for Photovoltaic systems* - Industria 2015 Bando Efficienza Energetica (2009-2011); Progetto LAST-POWER - *Large*

Area silicon carbide Substrates and heteroepitaxial GaN for POWER device applications, ENIAC, *Sub-programme* (2010- 2012).

Sono state altresì presentate proposte di progetto su bandi PON e POR ancora in fase di valutazione.

L'ultimo bilancio, relativo all'anno 2009, si è chiuso con una perdita d'esercizio pari a €112.374.

Informazioni più precise sul Consorzio e sulla sua attività sono reperibili alla pagina www.ccr.unict.it.

Consorzio Milano Ricerche: Consorzio al quale l'INFN aderisce dal giugno 1988; soci consorziati sono il CNR, l'INFN, l'Università Cattolica del Sacro Cuore, l'Università di Milano, l'Università di Milano Bicocca e la Fondazione Museo Nazionale della Scienza e Tecnica "Leonardo da Vinci", oltre a undici soci industriali tra i quali l'IBM e la Pirelli.

Al momento il Consorzio è impegnato nel progetto SMELLER per monitoraggio emissione veicoli in tempo reale e sono in fase di avvio 2 progetti su energetica (settore smartGRID e controllo/ottimizzazione MicroGRID) Partecipa inoltre a diversi progetti nel settore ICT applicati a sicurezza e ambiente.

I Programmi di attività del Consorzio si concentreranno nell'effettuare ricerche sulle metodologie di trasferimento tecnologico, attività di promozione e sostegno di attività di ricerca in comune tra Università, EPR, Imprese e P.A. trasferimento di know-how verso piccole e medie imprese. Nel prossimo triennio l'attività del Consorzio si svolgerà tramite la partecipazione a progetti e bandi, nazionali ed internazionali sui settori che riguardano: ICT, Salute e Biotecnologie, Beni Culturali, tecnologia Aeronautica, Settore Agroalimentare.

L'ultimo bilancio, relativo all'anno 2010, si è chiuso con un piccolo utile d'esercizio pari a € 6.736.

Informazioni più precise sono reperibili alla pagina web www.milanoricerche.it.

Consorzio Roma Ricerche: Consorzio al quale l'INFN aderisce dal luglio 1989; soci consorziati sono le tre università romane, la LUISS, il CNR, l'ENEA, l'INFN, la Camera di Commercio di Roma, l'Unicredit, la Finmeccanica e la Tecnopolo s.p.a.

Il Consorzio è impegnato in attività di Trasferimento Tecnologico, e in particolare nelle attività previste dal P.O.R. 2007-2013; nei prossimi tre anni si prevede lo sviluppo di Poli per l'Innovazione Tecnologica alle Imprese Industriali nonché supporto alla creazione di laboratori di ricerca industriali pubblico/privati e la partecipazione ai Bandi di R&D e Trasferimento Tecnologico in ambito

Comunitario, nazionale e regionale.

L'obiettivo è quello di sostenere la competitività delle Imprese industriali, in particolare PMI, attraverso la realizzazione di progetti di Innovazione e Trasferimento Tecnologico e la creazione di un Polo per la Ricerca industriale e lo sviluppo tecnologico.

L'ultimo bilancio, relativo all'anno 2009, si è chiuso con una perdita d'esercizio pari a euro 8.472.

Informazioni più dettagliate sono reperibili alla pagina www.romaricerche.it.

Società Consortile Pisa Ricerche p.a.: costituito in forma di consorzio in data 9 marzo 1987 e al quale l'INFN aderisce sin dalla sua costituzione; i soci sono università (Università di Pisa, Scuola Normale di Pisa e la Scuola Superiore S. Anna), enti pubblici di ricerca (INFN, CNR ed ENEA), enti territoriali (Regione Toscana, Provincia e Comune di Pisa, Comune di San Giuliano Terme) e aziende private, quali Finmeccanica, Piaggio, Avio e altre. La Società opera nel settore del trasferimento tecnologico e svolge attività di valutazione di tecnologie, individuazione di metodologie, realizzazione di prototipi e studi di fattibilità per l'industria. Partecipa a programmi di ricerca regionali, nazionale e comunitari e fornisce supporto a piccole medie aziende delle regioni del centro Italia tramite il programma Competitiveness Innovation Programme della Commissione Europea.

Nel prossimo triennio si prevede attività di ricerca applicata nei settori di competenza (quali informatica, ingegneria dell'informazione, microelettronica, ingegneria strutturale, fluidodinamica, energia e ambiente) e più in generale trasferimento tecnologico per le imprese con l'obiettivo di supportare le aziende locali e nazionali per la creazione di valore industriale avvalendosi delle competenze delle Università ed primari Enti di Ricerca.

Il Bilancio 2009 si è chiuso con un utile d'esercizio pari a €22.283,00

Informazioni più precise sono reperibili all'indirizzo www.cpr.it.

Consorzio Criospazio Ricerche: Consorzio di ricerca del quale l'INFN fa parte dal gennaio 1990; soci consorziati sono le Università di Trento e di Padova, l'INFN, la Camera di Commercio di Trento e la Fondazione Cassa di Risparmio di Trento e Rovereto.

Il Consorzio è attualmente impegnato nelle attività relative al Progetto LISA-Pathfinder; le attività in corso riguardano il test dell'hardware, il disegno delle operazioni, l'effettuazione delle stesse e lo sviluppo dell'analisi dati.

La durata del Consorzio è stata recentemente prorogata

sino al 31 dicembre 2013 per completare il Progetto LISA-Pathfinder, una missione dell'ESA di cui il direttore del Consorzio è il Principal Investigator. Il lancio della missione è previsto per la fine del 2013. La missione è il precursore tecnologico dell'osservatorio di onde gravitazionali LISA.

Obiettivo del Consorzio nel prossimo triennio è supportare il lavoro di ricerca dei soci, segnatamente il gruppo di Trento nel condurre la missione spaziale fino al lancio.

Il bilancio consuntivo 2010 si è chiuso con un utile netto pari a €3.044.

Fondazione CNAO: alla quale l'Istituto partecipa, in qualità di partecipante istituzionale, dal febbraio 2004. Ne fanno parte, in qualità di Fondatori, il Policlinico Mangiagalli e Regina Elena di Milano, il Policlinico San Matteo di Pavia, l'Istituto Oncologico Europeo, l'Istituto Neurologico C. Besta, l'Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura dei Tumori e la Fondazione TERA di Novara; altri Partecipanti istituzionali sono il Politecnico e l'Università di Milano, l'Università e il Comune di Pavia. Aderisce alla Fondazione, in qualità di Partecipante, anche la Fondazione CARIPLO.

La Fondazione ha il compito di realizzare e gestire il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica e al momento è impegnata nella qualificazione fisico-radiobiologica dei fasci di adroni e, quanto all'INFN, nella messa a punto degli acceleratori e negli aspetti di radiobiologia. Poi l'attività si concentrerà sugli aspetti di ricerca radiobiologica e messa a punto della linea sperimentale. Nei prossimi tre anni il programma di attività consiste nella sperimentazione dei trattamenti di adroterapia, secondo i protocolli e le modalità definite e già approvate dal Ministero della Salute, a seguito del quale prenderà avvio la fase di gestione (trattamenti e ricerca) del CNAO. L'obiettivo è di chiudere la fase di sperimentazione fisico-radiobiologica-clinica entro i primi 18 mesi (con il trattamento di 230 pazienti) e successivamente iniziare i trattamenti di routine. Avviare, a partire dal 2012, la linea di ricerca con fasci di adroni nella sala sperimentale dedicata.

L'ultimo bilancio disponibile si è chiuso con un risultato d'esercizio pari a zero.

Notizie più precise sui partecipanti e sulle attività della Fondazione CNAO sono reperibili alla pagina web www.cnao.it.

Consorzio Ferrara Ricerche: Consorzio del quale l'INFN fa parte dal marzo 2005 e al quale aderiscono, oltre all'INFN, l'Università di Ferrara tramite la Fondazione

Universitaria Nicolò Copernico, la Azienda Ospedaliera Univ.à "Sant'Anna", la Azienda Unità Sanitaria Locale di Ferrara la Provincia e il Comune di Ferrara, e imprese private (Hera S.p.A. e la Berco S.p.A.).

Il Consorzio è attualmente impegnato in numerosi progetti di ricerca in ambito nazionale, europeo ed internazionale che coinvolgono diversi ambiti scientifici, tra cui quello della salute (scienze mediche, farmaceutiche, biologiche, etc.) e quello delle scienze tecniche (fisica, ingegneria, architettura).

Per il prossimo triennio i programmi di attività prevedono ancora attività di supporto e promozione della ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico, ponendosi come interlocutore privilegiato per Università, Centri di Ricerca, Enti Pubblici, Imprese Industriali, in Italia e all'estero, favorendo l'incontro tra i generatori di know how, le organizzazioni industriali ed il mondo del lavoro.

Nel prossimo triennio l'obiettivo è di consolidare e migliorare i risultati conseguiti nel triennio precedente sia in tema di partecipazione a progetti di ricerca, sia nell'organizzazione di eventi ad esse collegati.

Il bilancio 2009 si è chiuso con un utile d'esercizio pari a €45.668,00.

Informazioni più precise sono reperibili alla pagina web www.consorzioferrrararicerche.it.

Consorzio COMETA: Consorzio costituito nel febbraio 2005 in risposta all'avviso pubblico MIUR 1575/2004 (P.O.N. 2000-2006) e del quale l'INFN fa parte fin dalla sua costituzione. Soci del Consorzio sono le Università di Catania, Messina e Palermo, l'INFN, l'INAF, il CNR, l'INGV e il Consorzio S.C.I.R.E. È anch'esso uno dei partner della collaborazione IGI (*Italian Grid Infrastructure*).

Attualmente il Consorzio è coinvolto nelle attività di diffusione del paradigma della Grid sia a livello nazionale che internazionale, attraverso un'intensa attività di training. Ha, inoltre, partecipato ad un bando PON 2007/2013 ASSE I "Interventi a sostegno della ricerca industriale" con un progetto denominato PAPRICA che coinvolge più di 40 soggetti pubblici e privati e di cui si aspetta l'esito. È in corso l'attività di concertazione con altri Enti per la partecipazione al bando PON e R&C "Distretti tecnologici e relative reti" e "Laboratori pubblico-privati e relative reti", per la costituzione di distretti nel campo della bio-medicina, dei beni culturali e dell'industria tecnologica. Inoltre ha presentato diversi progetti nell'ambito della linea di intervento 4.1.1.1 del POR FESR Sicilia 2007-2013.

Per il prossimo triennio Il Consorzio porterà avanti le attività di ricerca legate a 4 progetti per cui ha ricevuto

finanziamenti dalla U.E. ed ad 1 progetto che rientra nelle azioni "Industria 2015". Tali progetti sono legati ad attività di ricerca nel campo della salute, dei beni culturali e dell'innovazione industriale della mobilità sostenibile.

L'obiettivo è di offrire sia al settore pubblico che a quello privato, oltre alle notevoli capacità di hardware anche supporto specifico alle applicazioni, agli utenti, nonché formazione specifica. I benefici attesi sono principalmente due: 1) Integrazione con il territorio siciliano partecipando ad attività capaci di valorizzare i servizi offerti dal Consorzio; 2) Incrementare le proprie competenze specifiche nel settore in cui opera.

Il bilancio relativo all'anno 2009 si è chiuso con una perdita d'esercizio pari a euro 925.374,95, dovuta sostanzialmente all'ammortamento d'esercizio e interamente coperta dal fondo riserva.

Notizie più dettagliate sul consorzio possono essere rintracciate alla pagina web: www.consorzio-cometa.it.

Consorzio CYBERSAR: denominazione esatta è "Consorzio Cybersar per il Supercalcolo, la modellistica computazionale e la gestione di grandi database". Costituisce la continuazione del Consorzio COSMOLAB, costituito in risposta all'Avviso MIUR 1574/2004 e del quale l'INFN fa parte fin dalla sua costituzione nel febbraio 2005, al pari del Consorzio COMETA. Ne fanno parte, oltre all'Istituto, le Università di Cagliari e Sassari, l'INAF, il CRS4, la TISCALI Italia srl e la NICE srl. È uno dei partner della collaborazione IGI nell'ambito del quale al momento svolge le sua attività.

Per il prossimo triennio è prevista la realizzazione di progetti di ricerca nell'ambito del supercalcolo, della modellistica computazionale e della gestione di grandi database, in particolare in ambito GRID (con la partecipazione all'iniziativa di Grid Italiana (IGI)), *Cloud Computing* e *Digital Library*.

L'obiettivo è di incrementare la partecipazione, come proponenti, partner tecnologici o fornitori di servizi, a progetti di ricerca finanziati su fondi pubblici (in particolare della EU e regionali). Collaborare con imprese (in particolare regionali) in progetti di innovazione tecnologica.

Il bilancio d'esercizio 2009 si è chiuso con una perdita d'esercizio pari a €507,00 con l'inserimento delle imposte di competenza dell'esercizio.

Informazioni più precise sul consorzio e sulla sua attività sono reperibili alla pagina www.cybersar.com.

Consorzio RFX: Consorzio del quale l'INFN fa parte dal gennaio 2006; gli altri soci consorziati sono il CNR,

l'ENEA, l'Università di Padova e la Acciaierie Venete s.p.a.

Le attività del Consorzio si inquadrano nello studio sperimentale dei plasmi per la fusione termonucleare controllata, utilizzando la macchina RFX al massimo della sua potenzialità, e nella partecipazione al progetto internazionale ITER per la fusione realizzando a Padova la Test-Facility per l'iniezione di un fascio di atomi neutri, NBI, nel plasma della macchina. Attualmente il Consorzio è impegnato nella manutenzione della macchina RFX e della strumentazione relativa e in campagne sperimentali con la macchina; gestione gare per le infrastrutture, edifici e impianti per ITER il Consorzio sta procedendo alla realizzazione delle infrastrutture che ospiteranno la test facility. Nell'ambito delle attività del Consorzio l'INFN è particolarmente impegnato nello sviluppo di un prototipo della sorgente e nello studio della dinamica dei fasci della test facility.

Per il prossimo triennio si prevede di proseguire la collaborazione relativa alla partecipazione al programma europeo sulla fusione termonucleare controllata mediante il pieno utilizzo della macchina RFX e la partecipazione al progetto ITER, realizzando a Padova la TEST FACILITY per lo sviluppo dell'iniettore di neutri NBI e della sorgente di ioni relativa. L'obiettivo è di procedere alla sperimentazione alla macchina RFX al massimo delle sue potenzialità, al completamento delle infrastrutture per ospitare la test facility e all'approvvigionamento dei materiali e della strumentazione per il NBI.

L'ultimo bilancio d'esercizio, relativo all'anno 2009, si è chiuso con un disavanzo di esercizio pari a 653.444 euro. Informazioni più precise sono reperibili alla pagina web www.igi.cnr.it.

CRDC Nuove Tecnologie per le Attività Produttive

S.C.ar.I.: Società consortile della quale l'INFN fa parte dal maggio 2007; gli altri soci sono le Università di Napoli "Federico II", la Seconda Università di Napoli e la Parthenope, nonché l'Università di Salerno, l'Università del Sannio, il CNR e l'ENEA.

L'attività che la Società si propone di svolgere è di ricerca pre-competitiva ed applicata, trasferimento tecnologico e spin-off, formazione nei settori dell'elettronica, dell'energia e dei materiali.

Nel prossimo triennio si prevede di intraprendere iniziative idonee allo sviluppo di un centro regionale per l'innovazione di prodotto e di processo a beneficio principale, anche se non esclusivo, delle piccole e medie imprese.

Gli obiettivi sono il trasferimento tecnologico, i servizi e

la formazione nei settori dell'ingegneria industriale, con particolare riferimento all'innovazione di prodotto e di processo, in aree tecnologiche quali elettronica, energia e materiali.

Il bilancio 2009 registra un utile d'esercizio paria € 3.155,00

Consorzio per l'Incremento degli Studi e delle Ricerche dei Dipartimenti di Fisica dell'Università di Trieste:

Consorzio costituito dal Ministero e del quale fanno altresì parte l'Università di Trieste, la SISSA, l'ENEA, la Sincrotrone Trieste, il CNR, l'INAF, l'ICPT l'OGS, la Provincia e il Comune di Trieste e la Camera di Commercio di Trieste. È munito di personalità giuridica pubblica.

Il Consorzio sostiene iniziative di Enti di ricerca del territorio locale sulle ricerche in fisica. Sostiene finanziariamente il Collegio per la Fisica L. Fonda (borse di studio a favore di studenti iscritti alle Facoltà scientifiche dell'Università di Trieste). Convenzione con l'Area Science Park (borsa di dottorato di Ricerca in Nanotecnologie, in collaborazione con la Sincrotrone).

Nel prossimo triennio si prevede di continuare quanto iniziato negli anni precedenti, soprattutto rispondendo alle esigenze scientifiche degli Enti di ricerca del territorio locale sulle ricerche in fisica.

Il Consorzio è attualmente impegnato in due progetti (per le Nanotecnologie e sulla Criptografia quantistica) e nel Sexten Center for Astrophysics.

Il bilancio d'esercizio 2009 si è chiuso con un avanzo d'amministrazione pari a € 440.535,69.

CoRICH-Italian Research Infrastructure for Cultural Heritage- S.C.ar.l.:

Società consortile costituita nel settembre 2010 e della quale fanno parte il Consiglio Nazionale delle Ricerche, l'Università di Roma Tor Vergata, il Politecnico di Milano, l'Università di Milano Bicocca e due Società private (KANSO srl e EFM srl).

La recente costituzione della Società non consente ad oggi indicazioni su di piani di attività: il Comitato tecnico scientifico sta predisponendo i piani di lavoro, coordinando le competenze dei partner anche in vista della partecipazione a bandi regionali, nazionali ed europei per analisi di materiali e strutture, datazioni, di manufatti di interesse storico, artistico, archeologico.

Obiettivo è realizzare una struttura distribuita di ricerca per la conservazione e analisi del patrimonio culturale; assicurare agli enti di tutela accesso alla strumentazione dei laboratori della struttura; intensificare lo scambio

di know-how; promuovere iniziative di diffusione e pubblicizzazione; in particolare, l'INFN sarà impegnato in attività relative ad analisi composizionali di manufatti artistici con tecniche nucleari, e in datazioni di reperti storici e archeologici col metodo del radiocarbonio, utilizzando la Spettrometria di Massa con Acceleratore.

L'INFN inoltre, insieme alla Fondazione CRUI, il CNR e l'ENEA, fa parte in qualità di socio promotore dell'Associazione Consortium GARR, (www.garr.it), costituita con il compito di gestire e implementare la rete di telecomunicazioni a larga banda per la comunità scientifica e accademica italiana.

Partecipa inoltre all'Associazione "Festival della Scienza", organismo senza scopo di lucro finalizzato alla promozione, valorizzazione e divulgazione della cultura scientifica e tecnologica, con particolare attenzione alle risorse scientifiche e tecnologiche della Regione Liguria; ne fanno altresì parte l'Università di Genova, il CNR e altri enti, territoriali e non.

2.12 LE RISORSE UMANE

Per lo svolgimento dei propri compiti istituzionali l'INFN si avvale di personale dipendente e di personale associato alle attività dell'Istituto, in massima parte dipendente dalle Università, mediante associazione scientifica o tecnologica per collaborazione con coinvolgimenti non prevalenti e di incarico di ricerca o di collaborazione tecnica per collaborazioni con coinvolgimento preponderante. In tal modo si realizza quello stretto collegamento con l'Università che è caratteristica tradizionale dell'Istituto.

La figura 2.21 sintetizza la distribuzione del personale dipendente e associato, sia a tempo indeterminato, sia a tempo determinato.

IL PERSONALE DIPENDENTE

Le posizioni di personale sono suddivise tra vari profili professionali: personale ricercatore e tecnologo (livelli I-III) e personale tecnico-amministrativo (livelli IV-IX).

Le distribuzioni del personale dipendente a tempo indeterminato e a tempo determinato e dei relativi costi in servizio al 31-12-2010 sono riassunte rispettivamente tabella 2.13a e in tabella 213b.

L'evoluzione temporale della dotazione organica e del personale dipendente in servizio è mostrata in figura

DISTRIBUZIONE PERSONALE

INFN

- 1 Dirigente
- 610 Ricercatori
- 230 Tecnologi
- 692 Tecnici
- 301 Amministrativi
- 197 Associati Borsisti, Assegnisti

UNIVERSITÀ

- 843 Associazioni con incarico di ricerca
- 109 Associazioni con incarico di collaborazione tecnica
- 651 Associazioni scientifiche/tecnologiche/tecniche
- 1280 Laureandi, Dottorandi, Borsisti, Assegnisti

ALTRI ENTI

- 158 Associazioni scientifiche/tecnologiche/tecniche

SENIOR

- 217 Associazioni scientifiche/tecnologiche/tecniche

ATTRIBUITI DAL PRESIDENTE

- 56 Incarichi di ricerca e associazioni scientifiche

STRANIERI

- 41 Associazioni

ALTRE ASSOCIAZIONI

- 23 Associazioni scientifiche/tecnologiche E.P. e contratti art. 19



Fig.2.21: Distribuzione del personale dipendente e associato. dipendente e associato.

Situazione al 31 dicembre 2010

Profilo	Dotazione organica	In servizio al 1-1-2010	assunti nel corso dell'anno	in corso di assunzione	passaggi di profilo ex art. 85 CCNL	cessati nel corso dell'anno		In servizio al 31-12-2010
						n.	costo (in mil. di €)	
Dirigente I fascia	1	1				1	126.839,96	
Dirigente II fascia	1	1						1
Ricercatore	616	582	12	37	1	22	2.710.108,42	610
Tecnologo	247	209	29		-1	7	641.842,91	230
CTER	604	577	12			11	536.777,06	578
Operatore Tecnico	110	111				4	160.559,24	107
Ausiliario Tecnico	7	7						7
Funzionario di Amministrazione	68	61				3	146.280,68	58
Collaboratore di Amministrazione	243	233	5			2	85.947,16	236
Operatore di Amministrazione	9	7						7
	1.906	1.789	58	37	0	50	4.408.355,43	1.834

Tab. 2.13a: Distribuzione del personale dipendente a tempo indeterminato e dei costi relativi, al 31 dicembre 2010.

Personale a Tempo Determinato

Profilo	Personale in servizio al 31 dicembre 2010		2011		2012		2013				
	n.	costo	Variazioni	in servizio al 31.12.2011	costo	Variazioni	in servizio al 31.12.2012	costo	Variazioni	in servizio al 31.12.2013	costo
			n.				n.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ricercatore	26	1.239.368,26	-10	16	762.688,16		16	762.688,16	-8	8	381.344,08
Tecnologo	37	1.763.716,37	-8	29	1.382.372,29		29	1.382.372,29		29	1.382.372,29
CTER	37	1.440.115,11	-10	27	1.050.894,81		27	1.050.894,81		27	1.050.894,81
Operatore Tecnico	1	32.529,25		1	32.529,25		1	32.529,25		1	32.529,25
Ausiliario Tecnico		0,00			0,00			0,00		0	0,00
Funzionario di amministrazione		0,00			0,00			0,00		0	0,00
Collaboratore di amministrazione	1	35.185,58		1	35.185,58		1	35.185,58		1	35.185,58
Operatore di amministrazione		0,00		0	0,00			0,00		0	0,00
	102	4.510.914,57	-28	74,00	3.263.670,09		74	3.263.670,09	-8	66	2.882.326,01

Tab. 2.13b: Distribuzione per profili del personale dipendente in servizio al 31-12-2010.

2.23. Si può notare che, a fronte di una riduzione della dotazione organica da 2014 a 1906 avvenuta nel 2005, l'Istituto ha completato le assunzioni a tempo indeterminato, coerentemente con il fabbisogno richiesto dalle proprie attività e compatibilmente con le restrizioni di legge sulle assunzioni, giungendo ora alla quasi saturazione della pianta organica. Si noti anche l'andamento correlato relativo al personale a tempo determinato.

- Progetti nel campo dell'Energia, tra cui una partecipazione alla costruzione di ITER e di IFMIF-EVEDA, e problematiche connesse allo sviluppo dei reattori di quarta generazione.

Tali progetti sono in parte finanziati con fondi dell'Unione Europea, delle Regioni o con interventi governativi straordinari in ottemperanza di accordi internazionali.

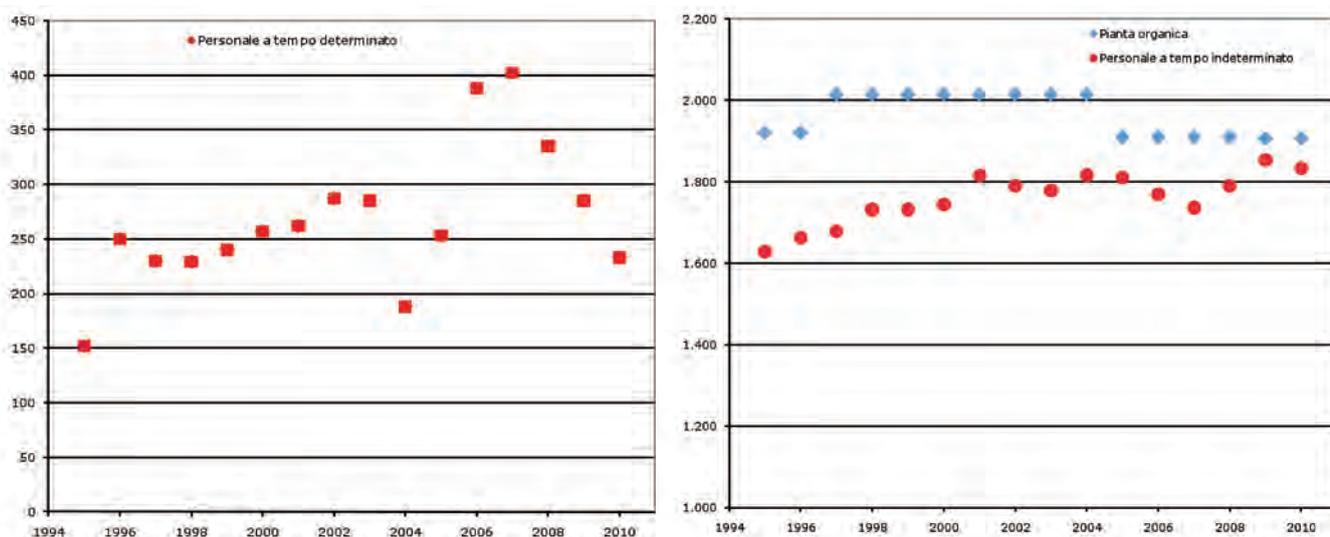


Fig. 2.23: Evoluzione temporale della pianta organica e del personale dipendente in servizio.

Il fabbisogno di personale è sostanzialmente determinato, sul piano operativo, dalla programmazione pluriennale delle imprese scientifiche a cui l'Ente partecipa a livello nazionale ed internazionale. Tali partecipazioni implicano, da un lato, la conduzione di esperimenti di grandi dimensioni presso laboratori internazionali (es. CERN) e nazionali (i quattro Laboratori Nazionali dell'Ente), e dall'altro, la realizzazione di avanzate infrastrutture tecnico-scientifiche presso i Laboratori Nazionali e in ambito europeo, coerentemente con il PNR ed in accordo con la programmazione messa in atto da ESFRI. Fra queste meritano una particolare citazione il progetto SPES presso i LNL, il progetto NEMO (LNS) e l'infrastruttura KM3net, a cui vanno aggiunti i progetti strategici e speciali di carattere applicativo e di trasferimento tecnologico, quali ad esempio:

- Lo sviluppo dell'infrastruttura GRID e l'istituzione di IGI (*Italian Grid Infrastructure*);
- Applicazioni mediche, tra cui la partecipazione alla fase preclinica di qualifica e caratterizzazione del fascio nonché alle attività di radiobiologia del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO)

Inoltre, con l'approvazione del progetto bandiera SuperB da parte del MIUR le attività ad esso connesso subiranno una forte accelerazione impegnando un congruo numero di personale dipendente a tempo determinato ed indeterminato.

La posizione di *leadership* e di eccellenza, che l'Istituto ricopre nello scenario internazionale, può essere seriamente compromessa in un futuro prossimo, se il quadro normativo non permetterà almeno il ripristino della sostituzione del turnover nel breve periodo ed una sia pure ragionevole aumento della Pianta Organica nel medio periodo.

La tabella 2.14 illustrano rispettivamente la programmazione delle assunzioni per gli anni 2011, 2012, 2013 e la situazione dei contratti a tempo determinato che gravano sul bilancio ordinario nel rispetto del limite fissato dalla Legge che è pari al 35% della spesa sostenuta per le stesse finalità nell'anno 2003.

Il numero di posizioni a tempo indeterminato, messe in gioco con la programmazione di cui sopra per ogni profilo e la loro temporizzazione, tiene conto di un rapporto ottimale fra le varie figure professionali necessarie allo svolgimento dei

Anno 2011															
Profilo	Dotazione organica vigente al 31-12-2010	personale in servizio al 31-12-2010	assunzioni previste per il 2010 dal Piano 2010-2012 approvato dal Miur	Posti disponibili al 1-2011 (1-(2+3))		Rimodulazione della distribuzione dei profili nella dotazione organica			Posti disponibili (7-(2+3))		ASSUNZIONI PREVISTE	Costo complessivo assunzioni e rimodulazione organica	Collocamenti a riposo nell'anno	personale in servizio al 31-12-2011 (2+3+9-12)	
				n.	costo	n.	costo	n.	costo	n.					costo
Dirigente I fascia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Dirigente II fascia	1	1	1	0			1	1						1	
Ricercatore	616	610		6	-6	-286.008,06	610	0			-286.008,06	6	749.384,71	604	
Tecnologo	247	230	9	8	6	286.008,06	253	14	8	381.344,08	667.352,14	1	121.513,90	248	
CTER	604	578	15	11			604		2	94.850,87	94.850,87			599	
Operatore Tecnico	110	107		3			110	3	10	389.220,30	389.220,30	4	157.275,48	599	
Ausiliario Tecnico	7	7		0			7	0				1	32.706,13	106	
Funzionario di Amministrazione	68	58	7	3			68	3				1	39.318,87	64	
Collaboratore di Amministrazione	243	236	6	1			243	1				2	71.430,94	240	
Operatore di Amministrazione	9	7	2	0			9	0	20	865.415,25	865.415,25	16	29.959,72	8	
	1.906	1.834	39	33	0	0,00	1.906	33					1.201.590	1.877	

Anno 2012													
Profilo	Dotazione organica vigente al 31-12-2011	personale in servizio al 31-12-2011	posti disponibili 31-12-2011 (1-2)	Rimodulazione della distribuzione dei profili nella dotazione organica		Posti disponibili (6-2)		ASSUNZIONI PREVISTE		Costo complessivo assunzioni e rimodulazione organica	Collocamenti a riposo nell'anno	personale in servizio al 31-12-2012 (2+8-11)	
				n.	costo	n.	costo	n.	costo				
													Variazioni
Dirigente I fascia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	
Dirigente II fascia	1	1	0			1	1					1	
Ricercatore	610	604	6			610	6				18	1.885.638,72	586
Tecnologo	253	248	5			253	5	2	95.336,02	95.336,02	8	852.142,67	242
CTER	604	599	5			604	5				3	117.956,61	596
Operatore Tecnico	110	106	4			110	4						106
Ausiliario Tecnico	7	7	0			7	0						7
Funzionario di Amministrazione	68	64	4			68	4						64
Collaboratore di Amministrazione	243	240	3			243	3	3	105.556,74	105.556,74			243
Operatore di Amministrazione	9	8	1			9	1	1	32.529,25	32.529,25			9
	1.906	1.877	29	0	0,00	1.906	29	6	233.422,01	233.422,01	29	2.855.738,00	1.854

Anno 2013																
Profilo	Dotazione organica vigente al 31-12-2012	personale in servizio al 31-12-2012	posti disponibili 31-12-2012 (1-2)	Rimodulazione della distribuzione dei profili nella dotazione organica				Posti disponibili (6-2)	ASSUNZIONI PREVISTE		Costo complessivo assunzioni e rimodulazione organica	Collocamenti a riposo nell'anno		personale in servizio al 31-12-2013 (2+8-11)		
				Variazioni		Nuova dotazione organica (1+4)			n.	costo		n.	costo		n.	costo
				n.	costo	n.	costo									
Dirigente I fascia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Dirigente II fascia	1	1	0			1	1						1			
Ricercatore	610	586	24			610	24	11	524.348,11	524.348,11	4	423.369,05	593			
Tecnologo	253	242	11			253	11				2	212.086,38	240			
CTER	604	596	8			604	8				6	232.309,82	590			
Operatore Tecnico	110	106	4			110	4				1	32.706,13	105			
Ausiliario Tecnico	7	7	0			7							7			
Funzionario di Amministrazione	68	64	4			68	4	1	42.973,58	42.973,58			65			
Collaboratore di Amministrazione	243	243	0			243					2	71.430,94	241			
Operatore di Amministrazione	9	9	0			9							9			
	1.906	1.854	52	0	0,00	1.906	52	12	567.321,69	567.321,69	15	971.902,32	1.851			

Assegni di Ricerca														
Profilo	Personale in servizio al 31 dicembre 2010		2011				2012				2013			
	n.	costo	Variazioni	in servizio al 31.12.2011		Variazioni	in servizio al 31.12.2012		Variazioni	in servizio al 31.12.2013		costo	n.	
				n.	costo		n.	costo		n.	costo			
Assegni per la collaborazione all'attività di ricerca (art. 51 legge 449/1997)	110	2.697.472,80		110	2.697.472,80		110	2.697.472,80	110	2.697.472,80			2.697.472,80	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			11	

Nota: l'assunzione prevista di n. 2 tecnologi di I livello nel 2011 sarà effettuata mediante concorso pubblico con riserva del 50% dei posti al personale dipendente.

Tab. 2.14: Programmazione delle assunzioni per gli anni 2011, 2012, 2013.

programmi e progetti descritti nel presente documento.

Il piano di assunzioni sopra descritto:

- ha l'obiettivo di inserire da un lato giovani brillanti e, dall'altro, di ottimizzare la ripartizione delle risorse umane nel territorio (sezioni, Laboratori Nazionali e CNAF) e fra le varie linee scientifiche dell'Istituto.
- contiene l'impegno di procedere all'avviamento numerico di personale disabile per i posti che si rendano disponibili nella dotazione organica a seguito di cessazione di personale appartenente a profili per il cui accesso è richiesto il solo requisito della scuola dell'obbligo.
- prevede l'assunzione di personale disabile che risulti idoneo nelle selezioni pubbliche anche in misura superiore alla riserva riferibile a ciascuna procedura

Accanto alle posizioni a tempo indeterminato, e a complemento di esse, i contratti a termine costituiscono uno strumento essenziale di flessibilità che consente, da un lato, di fronteggiare nella maniera più efficace l'evoluzione temporale dei programmi e, dall'altro, di avvalersi di personale, anche straniero, di alta qualificazione scientifica e tecnica.

L'Istituto è altresì impegnato ad attivare le procedure concorsuali con cadenza biennale per il i livelli apicali di ciascun profilo e i passaggi a livello superiore nel profilo per il personale tecnico-amministrativo. Il numero di posti a concorso è evidenziato nelle tabelle 2.15. Il passaggio ai livelli I e II per i profili di Tecnologo e Ricercatore è attuabile con la riserva di posti al personale dipendente nei concorsi pubblici, secondo il dettato del D.Lvi150 del 2009.

Tuttavia il limite del 20% rispetto alle risorse finanziarie liberate-si per cessato servizio di dipendenti nell'anno precedente rispetto a quello di riferimento, introdotto dal D.Lvi 78/2010, riduce drasticamente l'assunzione di personale per ogni anno del triennio 2011-2013, di fatto non consentendo alcun avanzamento di carriera al personale Tecnologo e Ricercatore in servizio.

L'Istituto è impegnato, vista l'importanza e la criticità della materia, a trovare, nelle sedi istituzionali opportune, una

Progressioni economiche nel livello apicale (*)				
		2011	2012	2013
CTER	IV		158	
OP.TEC.	VI		54	
AUS.TEC.	VII		1	
FUNZ.AMM.	IV		7	
COLLA.AMM.	V		85	
OP.AMM.	VII		2	
			307	

(*) Ai sensi dell'art. 9, c. 21 del DL 78/2010 hanno effetto esclusivamente giuridico

Passaggi al livello superiore nel profilo				
		2011	2012	2013
CTER	IV	140		34
CTER	V	50		7
OP.TEC.	VI	9		3
OP.TEC.	VII	3		
AUS.TEC.	VIII			
FUNZ.AMM.	IV	5		1
COLL.AMM.	V	14		43
COLL.AMM.	VI	10		1
		231		89

Tab. 2.15: Numero di posti a concorso per il triennio 2011-2013, per i livelli apicali e i passaggi a livello superiore per il personale tecnico-amministrativo.

soluzione che soddisfi le legittime aspettative del personale in servizio a tempo indeterminato tanto più oggi che le risorse finanziarie disponibili per i concorsi sono state drasticamente ridotte come sottolineato al punto precedente.

Nella situazione presente di gravi carenze dell'organico, l'Istituto ha ritenuto tuttavia prioritario, negli anni 2011, 2012, 2013, concentrare le risorse finanziarie disponibili per l'assunzione di nuovo personale, creando le condizioni per l'inserimento ,tra l'altro, di un congruo numero di personale dipendente con contratto a tempo determinato.

LE PARI OPPORTUNITÀ

Il Comitato per le pari opportunità (CPO) dell'INFN nasce nel 1999 con lo scopo di tutelare la dignità della persona e di migliorare l'efficienza attraverso la più efficace e sensibile

TAB. 2.16 – Distribuzione del personale INFN a tempo indeterminato (luglio 2010)

	totale	donne	%donne
ricercatori	584	124	21,23
tecnologi	232	32	13,79
tecnici	705	38	5,39
amministrativi	306	253	82,68
totale INFN	1827	447	24,47

ASSOCIAZIONI	totale associazioni
Scientifica Ricercatori/Professori università	450
Scientifica Professori a Contratto	10
Scientifica Dipendenti altri enti	95
Scientifica Istituti secondari	42
Scientifica Enti stranieri (FAI)	1
Scientifica Enti stranieri	40
Scientifica Consorzi Ricerca	2
Scientifica Laureandi Magistrali	160
Scientifica Borse INFN	95
Scientifica Dottorandi, Borse non INFN e Assegni	957
Scientifica Borse Private	0
Scientifica Specializ. Fis. Sanitaria	7
Scientifica Contratti a tempo det. 19	7
Scientifica Personale E.P.	3
Scientifica Senior	189
Scientifica Master	5
Scientifica attribuita dal Presidente	41
Tecnologica Contratti a tempo det. 19	3
Tecnologica Ricercatori/Professori università	92
Tecnologica Altri Enti (laurea o diploma univ.)	15
Tecnologica Laurea Magistrale	13
Tecnologica Borse INFN	101
Tecnologica Dottorandi, Borse non INFN e assegni	138
Tecnologica Consorzi ricerca	4
Tecnologica Personale E.P.	10
Borsisti INFN per Estero	1
Incarico di Ricerca scientifica	813
Incarico di Collaborazione Tecnica	109
Incarico di Ricerca attribuito dal Presidente	15
Incarico di Ricerca tecnologica	30
Associazione Tecnica	99
Associazione Tecnica Senior	28
TOTALE	3575

Tab. 2.17: Distribuzione del personale associato al 21-02-2011.

valorizzazione di tutte le risorse umane, in particolare per migliorare la qualità della vita negli ambienti di lavoro e valorizzare le capacità di tutte le persone, coinvolgendole nel processo di trasformazione del modello organizzativo dell'amministrazione.

Dalla tabella 2.16 si evidenzia una divaricazione nelle carriere delle donne e degli uomini sia per i ruoli di ricercatore e tecnologo che nel settore amministrativo. L'analisi di genere e generazionale dei dati del personale evidenzia un preoccupante invecchiamento del personale dell'Istituto. La frazione di persone sotto i 40 anni è passata dal 30% a fine 2003 al 16% a fine 2008.

Il CPO ha promosso fino ad oggi tre Piani Triennali di Azioni Positive e sta elaborando il quarto, relativo al triennio 2011-2013, che si concentra su tre linee direttrici, intorno alle quali integrare l'ottica della differenza di genere nell'organizzazione del lavoro e nella gestione del personale dell'INFN.

1. Promozione della presenza femminile nei livelli decisionali e statistiche di genere;
2. Sviluppo della cultura di genere: formazione e informazione;
3. Salute e benessere organizzativo;

Occorre citare che la legge 4 nov. 2010, n. 183 (Collegato lavoro), all'art. 21 – Misure atte a garantire pari opportunità, benessere di chi lavora e assenza di discriminazioni nelle amministrazioni pubbliche – istituisce il Comitato unico di garanzia per le pari opportunità, la valorizzazione del benessere di chi lavora e contro le discriminazioni (in sostituzione dei CPO e dei Comitati sul fenomeno del mobbing). L'Istituto è pronto a recepire i mutamenti normativi e a organizzarsi di conseguenza.

IL PERSONALE ASSOCIATO

Si riporta in tabella 2.28 il quadro completo delle associazioni aggiornato al 21 febbraio 2010.

Come risulta evidente anche dalla tabella precedente, la formazione scientifica e tecnologica è uno degli obiettivi istituzionali dell'Istituto, che prepara in modo approfondito e rigoroso, attraverso l'inserimento nelle proprie attività di ricerca, un bacino di giovani con la duplice funzione di:

- Attingere da esso, per una parte, i ricercatori di domani dell'INFN e dell'Università;

- Formare, per l'altra, un nucleo di professionisti in grado di inserirsi in molteplici campi del mondo delle attività industriali di alta tecnologia.

Uno strumento normativo ha consentito, ormai da diversi anni, di attivare assegni per la collaborazione all'attività di ricerca per giovani ricercatori in possesso del dottorato di ricerca. È prevista, infatti, ogni anno, la stipula previa apposita selezione di assegni di collaborazione biennali presso le strutture dell'INFN, e il cofinanziamento di analoghi contratti tramite apposite convenzioni con le Università. Inoltre, nel corso del 2010 l'Istituto ha attuato un'iniziativa, avviata nel 2009, in contatto con l'Industria nazionale in campi di intervento che riguardano sia l'attività industriale sia l'high-tech; a tale scopo sono stati banditi concorsi per assegni per la collaborazione ad attività di ricerca tecnologica dedicati alla valorizzazione, in ambito produttivo, delle metodologie e delle tecnologie legate alle attività di ricerca dell'Istituto.

Gli assegnisti possono essere associati alle attività dell'Ente. L'INFN cura anche un proprio programma annuale di borse di studio.

Partecipa alla vita dell'Istituto senza alcuna sostanziale differenza rispetto al personale dipendente:

- Il personale associato mediante incarico di ricerca, formato da professori e ricercatori universitari che svolgono in modo prevalente la loro attività di ricerca scientifica e tecnologica nell'ambito dei programmi dell'Istituto.
- I tecnici e gli amministrativi dipendenti dell'Università, che collaborano a tempo pieno con l'INFN e sono associati mediante incarico di collaborazione tecnica.

2.13 I "PROGETTI BANDIERA"

Il D.Lgs. n. 213/2009 di riordino degli enti prevede che una quota pari all' 8% del Fondo ordinario per gli enti di ricerca venga utilizzato per dare continuità al contributo finanziario dei "progetti bandiera" proposti dagli enti già avviati nel 2010.

L'Istituto partecipa direttamente a due "progetti bandiera":

- a) "SuperB Factory", di cui l'INFN è responsabile, per la realizzazione di un acceleratore per elettroni e positroni ad alta luminosità. A tale progetto pluriennale

collaboreranno Enti e Università, nonché aziende ed imprese, con ricadute non solo per l'ampliamento delle conoscenze di base ma anche per applicazioni riguardanti gli acceleratori, la rivelazione di particelle, le tecniche avanzate di simulazione, ecc.

Recentemente il decreto ministeriale riguardante la ripartizione del Fondo ordinario per gli enti e le istituzioni di ricerca per l'anno 2010 ha accordato all'INFN un contributo straordinario di 19 milioni di Euro.

- b) "L'ambito nucleare", di cui è capofila il CNR, per il rafforzamento del sistema energetico nazionale avente per obiettivo a lungo termine la realizzazione di nuovi tipi di reattori a neutroni veloci, con standard di sicurezza elevatissimi.

Più in dettaglio:

a) SuperB Factory

Il progetto bandiera SuperB riguarda la costruzione di un acceleratore fortemente innovativo ad altissima luminosità e basso consumo per le collisioni elettrone positrone. In sinergia con tale infrastruttura il progetto prevede l'utilizzazione della luce di sincrotrone ottenibile da questi fasci dalle proprietà uniche per l'analisi di materiali e di sistemi biologici. Tale attività viene svolta in collaborazione con l'Istituto Italiano di Tecnologia. Una descrizione dettagliata del progetto viene sviluppata nel cap 4. IL Miur ha approvato nel bilancio consolidato 2010 un finanziamento di 19 milioni di euro in sintonia con quanto richiesto dal progetto per il primo anno di attività. Nel seguito vengono elencate le attività prioritarie che verranno attivate nel corso del 2011, raccordandosi per il seguito con il piano generale di sviluppo descritto nel capitolo 4. Il progetto ha già riscosso un notevole interesse a livello internazionale come testimoniato agli MOU stipulati per la fase dello sviluppo del TDR previsto nella sua versione finale per la fine del 2011.

Per accrescere e consolidare l' interesse e l' impegno della comunità internazionale è di primaria importanza ufficializzare il piano di finanziamento almeno per i primi anni relativi alla costruzione con un documento programmatico condiviso dal Miur. Questo permetterà inoltre la programmazione degli importanti investimenti iniziali, soprattutto a carattere infrastrutturale.

La definizione del sito dell'infrastruttura in parallelo costituisce l'altra priorità massima, sia perché permette di

stilare un progetto definitivo sia perché fornisce un'identità dalla quale deriva sin dalla fase iniziale del progetto quella forza di attrazione di competenze e collaborazioni che lo caratterizzano. Il sito dei Laboratori nazionali di Frascati, benché capace di ospitare la macchina acceleratrice, costituirebbe una seria limitazione sullo sviluppo delle linee di luce applicative e quindi sulle corrispondenti ricadute.

Terzo elemento da sviluppare sin dall'inizio è la definizione della governance del progetto. Se si osserva quanto avviene in Europa, tutti i progetti di caratura internazionale (X-FEL, FAIR, ESS, ITER) hanno dato luogo a forme di strutture legalmente autonome sulle quali attirare i contributi degli altri stati europei e dalle quali far nascere infrastrutture europee di ricerca con statuto internazionale, ad esempio basate sul modello "ERIC" (*European Research Infrastructure Consortium*).

Quarto elemento sostanziale è la formazione del team di progetto: il bacino di competenze INFN, benché di eccellenza, non sarà sufficiente a coprire tutte le necessità e dovrà avvalersi di quelle competenze straniere che il progetto sta già attirando e che numerose agenzie di ricerca internazionali si sono dichiarate disposte a fornire. Parte dei fondi del progetto saranno quindi dedicati alla formazione di questo team internazionale.

I fondi spendibili nel 2011 saranno quindi relativi a spese di progettazione e di personale. L'avanzo di gestione sarà cumulato con le assegnazioni successive per il trasferimento delle componenti dell'acceleratore di Stanford (SLAC) che il DOE americano ha dichiarato essere disposto a concedere e alle gare per l'infrastruttura.

b) L'ambito nucleare

La partecipazione dell'INFN al progetto bandiera "L'ambito nucleare" in collaborazione con ENEA e con CNR (Ente capofila) consiste nella formazione in ambito nucleare.

L'INFN può giocare un ruolo importante nella formazione nel settore della Energia nucleare. L'esistenza di unità operative presso i dipartimenti di Fisica di tutte le principali Università italiane e la collaborazione di circa 3000 associati, in maggioranza universitari, permette all'Ente un ruolo di coordinamento e supporto tecnico anche in iniziative formative tipicamente universitarie, salvo ovviamente il consenso e la collaborazione delle Università convenzionate.

In questa ottica si colloca il progetto per l'istituzione di un

nuovo Dottorato interuniversitario sulla Energia nucleare per fissione e fusione appoggiato a una contemporanea Scuola Nazionale sul medesimo tema gestita da Università e Enti di ricerca interessati tramite apposita Convenzione.

Dottorato Interuniversitario non significa solo un migliore utilizzo delle risorse, ma anche la possibilità di reperire nuovi talenti in sedi che per ragioni culturali o geografiche non sarebbero in grado di attivare diplomi a questo livello.

La Scuola Nazionale permetterà poi di superare carenze in risorse sia umane che finanziarie purtroppo ora esistenti presso quasi tutte le sedi universitarie, consentendo agli studenti di accedere alle migliori docenze universitarie nazionali e internazionali, ma anche all'importante contributo di docenti ricercatori o di estrazione industriale, indispensabile per una completa formazione in questo settore.

La Scuola permetterà agli studenti del dottorato l'accesso a infrastrutture degli Enti di ricerca di notevole interesse quali reattori di ricerca, laboratori specializzati, acceleratori ecc in Italia e all'estero. Sarà comunque necessaria la disponibilità di una sede nazionale attrezzata per la didattica.

Il Dottorato potrebbe essere realizzato già a partire dal 2011/2012 e la Scuola dovrebbe operare in parallelo almeno nei primi uno/due anni.

Il costo della Scuola Nazionale è valutabile per un anno attorno ai 150000 euro, inclusivi di viaggi e trasferte per docenti e studenti dalle rispettive sedi e delle attrezzature didattiche per la sede centrale, che si suppone possa essere offerta da uno tra Enti e Università interessati. Il costo di una decina di borse di dottorato triennali si aggira in totale attorno a 600.000 euro.

È prevedibile e auspicabile il coinvolgimento di docenti stranieri di chiara fama, in particolare francesi, sia dal mondo della ricerca che dell'industria.

Il Dottorato, se svolto con opportune aperture culturali, può ottemperare alla duplice richiesta di alta formazione per l'industria e la ricerca e di preparazione di nuovi docenti, due esigenze molto sentite e urgenti specialmente se verrà prossimamente riattivata in Italia la produzione di energia da reattori nucleari.

Piano programmatico di attività scientifica

CAPITOLO

3.1 L'INFN E LA SUA MISSIONE SCIENTIFICA

La missione dell'INFN è il progresso nella conoscenza degli aspetti fondamentali dell'Universo, dalle proprietà dei suoi costituenti elementari (micro-cosmo) alle sue caratteristiche sulle scale dei tempi e delle lunghezze più grandi (macro-cosmo). Il risultato più rilevante delle ricerche portate avanti dall'Ente in questi ultimi anni è stata una sempre più approfondita comprensione dell'unità di fondo dei fenomeni relativi alla fisica dei nuclei e dei costituenti subnucleari con quelli relativi all'evoluzione dell'Universo (cosmologia) e di strutture su scala cosmica (astrofisica). Questo significativo progresso è stato indirizzato dalle risposte che la ricerca sperimentale e teorica dell'INFN ha saputo dare o sta cercando di dare ad alcune fondamentali questioni. Vediamone le principali.

1) Anche grazie all'intenso lavoro svolto dall'INFN alle macchine acceleratrici (in particolare al LEP del CERN e più recentemente al Tevatron del Fermilab), oggi abbiamo accurate verifiche sperimentali delle predizioni del Modello Standard delle interazioni fondamentali, teoria che si basa sulla presenza di una nuova simmetria in natura (la "simmetria elettrodebole") dalle cui proprietà (in particolare la cosiddetta "rottura della simmetria elettrodebole") dipendono le masse e interazioni di tutte le particelle elementari. Quale nuova fisica è legata all'origine della massa delle particelle elementari che compongono l'Universo? È questa connessa all'esistenza di una nuova particella elementare, il famoso bosone di Higgs? Quali altre interazioni e mattoni fondamentali della natura comporta questa nuova fisica? Alle più alte energie mai prima raggiunte, potremo vedere il passaggio dai protoni e neutroni ai quark liberi che li costituiscono? Questa è la "terra incognita" dove hanno cominciato ad avventurarsi gli esperimenti dell'INFN all'acceleratore LHC del CERN. È una terra su cui sono concentrati i maggiori sforzi teorici dell'Ente: a LHC troveremo un nuovo mondo di mattoni fondamentali, le nuove particelle delle teorie supersimmetriche, oppure vedremo aprirsi nuove dimensioni spazio-temporali al di là del mondo quadridimensionale trasmesso dai nostri sensi, come suggerito dalla fondamentale teoria delle stringhe?

2) Le particelle elementari della materia hanno masse molto diverse tra loro, si mescolano in modo più o meno intenso e nelle loro interazioni violano (anche se di pochissimo) una simmetria correlata alla presenza di materia e antimateria chiamata CP. Che cosa sta alla base di tutte queste proprietà fondamentali della materia? Pensiamo che la risposta a questo problema, chiamato problema del flavour, sia racchiusa ancora una volta nella nuova fisica oltre il Modello Standard, fisica che studieremo a LHC (frontiera dell'alta energia), ma anche in macchine dedicate allo studio del flavour in cui le energie sono più basse, ma l'intensità (cioè il numero) di particelle che collidono è altissimo (frontiera dell'alta intensità). In particolare il laboratorio nazionale di Frascati è un importante centro di studio della fisica del flavour e potrebbe accrescere la sua rilevanza mondiale nel campo come sede di una macchina ad alta "intensità" dedicata allo studio del quark chiamato beauty.

3) Il mattone fondamentale più misterioso: il neutrino. Curioso destino quello del neutrino, la particella più leggera e che interagisce meno di tutte, ma che racchiude in sé alcune delle domande più fondamentali sull'Universo in cui viviamo. Dal fenomeno di trasformazione di un tipo di neutrino in un altro tipo di neutrino ("oscillazione di neutrini"), sappiamo che i neutrini hanno una massa diversa da zero. Ora, il Modello Standard prevede che i neutrini siano di massa rigorosamente nulla. Quindi le oscillazioni dei neutrini sono un'inequivocabile testimonianza di nuova fisica al di là del Modello Standard. Ma quanto vale la loro massa? E il meccanismo che conferisce loro la massa è lo stesso (quello legato al bosone di Higgs) che dà massa a tutte le altre particelle oppure siamo in presenza di un nuovo meccanismo con nuove particelle? La fondamentale simmetria CP è violata nelle interazioni dei neutrini?

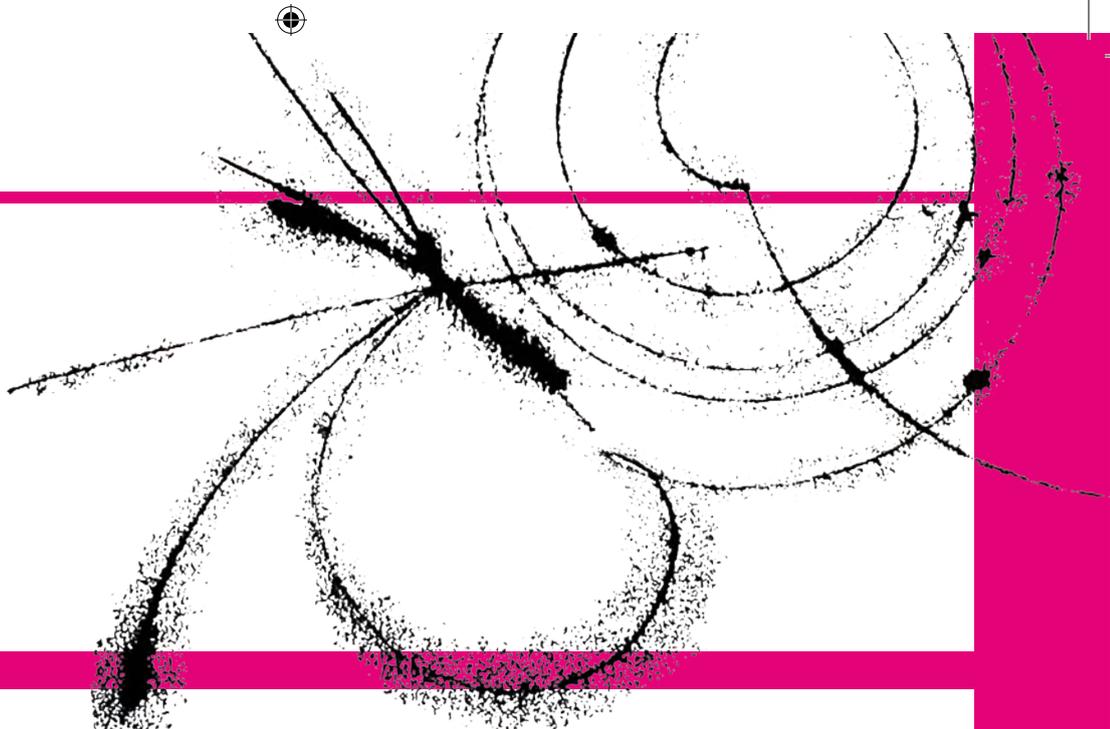
A black and white photograph showing particle tracks from a collision. The tracks are dark, irregular lines of varying thickness and length, radiating from a central point. Some tracks are straight, while others are curved or spiral. The background is white with some faint grid lines. The image is partially overlaid by a thick pink horizontal bar at the top and a vertical pink bar on the right side.

Fig.3.1: Tracce di particelle prodotte nella collisione di antiprotoni con un atomo di neon (CERN 1983).

In particolare, nel nostro laboratorio sotterraneo del Gran Sasso cerchiamo una risposta a queste domande guidati dalle predizioni di teorie legate a quella nuova fisica già investigata nelle frontiere dell'alta energia e alta intensità.

4) Una delle più profonde domande punta dritto alla nostra esistenza: se nell'Universo primordiale ad altissima temperatura doveva esserci una pari abbondanza di materia e antimateria, perché oggi non c'è più traccia di questa antimateria primordiale e perché la materia di cui siamo fatti non è scomparsa nell'annichilazione con l'antimateria pochi istanti dopo il Big Bang?

Più di quarant'anni fa il fisico russo Sacharov ci ha detto che la risposta a questi cruciali quesiti deve stare nella comprensione della violazione della simmetria CP. Nuovamente incontriamo tracce di nuova fisica al di là del Modello Standard perché per originare una asimmetria tra materia e antimateria partendo da una situazione simmetrica nelle loro rispettive abbondanze è necessario avere una più potente sorgente di violazione di CP rispetto a quella presente nel Modello Standard. Più di recente è stato osservato che proprio le nuove particelle responsabili della massa così piccola dei neutrini possono essere alla base della sopravvivenza della materia sull'antimateria.

Ecco che i nostri esperimenti sulla fisica relativa alla violazione di CP e sulla fisica del neutrino si accompagnano alle teorie di nuova fisica per una spiegazione dinamica dell'asimmetria cosmica materia-antimateria ("bariogenesi"). Ma l'antimateria potrebbe esistere in zone dell'Universo lontane da noi, ecco perché ne cerchiamo le tracce nei raggi cosmici con esperimenti nello spazio, ad esempio sulla Stazione Spaziale Internazionale.

5) Ma ancora la materia stessa continua a porci rilevanti domande: se i costituenti fondamentali della materia sono i quark, come si passa dai quark ai protoni e neutroni e come da questi si arriva ai nuclei degli atomi le cui complesse

proprietà influiscono sulla nostra vita quotidiana e che sono state alla base dei fenomeni fisici che 13 miliardi di anni fa seguirono il Big Bang e diedero origine alla prima sintesi di nuclei ("nucleosintesi")? I vari modelli teorici che cercano di rispondere a queste domande vengono vagliati in una vasta gamma di esperimenti, in particolare nei nostri due laboratori nazionali dedicati alla fisica nucleare, quello di Legnaro e quello del Sud. In questi laboratori si stanno concentrando notevoli sforzi per la produzione di nuclei non presenti in natura, i nuclei esotici, con i quali si avrà accesso ad una "terra incognita" della materia nucleare, ancora poco esplorata.

6) E, infine, vi è forse la domanda più difficile e che finora ha fornito alcune delle più sorprendenti risposte: di che cosa è fatto il nostro Universo? Ambiziosamente, noi abbiamo chiamato "mattoni fondamentali" dell'Universo quelle particelle elementari (quark, elettroni, neutrini) di cui pensavamo fosse fatta tutta la materia esistente. Ma non è così. Una messe di osservazioni indipendenti tra loro, a partire dal lontano 1933, ci confermano che, inaspettatamente, la materia costituita dai familiari atomi rappresenta solo una piccola frazione della materia presente nell'Universo, mentre più dell'80% di questa è fatta da particelle che non fanno parte del Modello Standard (la cosiddetta "materia oscura"). È ovvio che compito primario di un Ente come l'INFN è cercare di scoprire che cosa sia la materia oscura. Infatti da dieci anni almeno la cerchiamo in modo diretto nei suoi rarissimi urti con nuclei ordinari nel laboratorio del Gran Sasso, ma anche in modo indiretto con esperimenti spaziali o a terra attraverso i prodotti dell'annichilazione di materia ed antimateria oscura nella nostra galassia o nel centro del Sole (in particolare ricerche di antiparticelle e di fotoni di alta energia negli esperimenti spaziali o di gamma-astronomia sulla superficie terrestre o ricerca di neutrini in esperimenti sottomarini come quello in progettazione al largo delle coste siciliane). Alcuni di questi esperimenti hanno già evidenziato

degli effetti che potrebbero essere dovuti alla “materia oscura” e quindi stiamo guardando con grande interesse ai risultati che verranno da LHC. Infatti la materia oscura costituisce la più formidabile evidenza della presenza di nuova fisica, forse quella stessa fisica che LHC o le “macchine del flavour” ci riveleranno. Il candidato di materia oscura più “accreditato” al momento è proprio la più leggera di quelle nuove particelle supersimmetriche che potremo identificare a LHC.

7) Ma l'Universo non ha finito di sorprenderci con la materia oscura. Ancora più sconvolgente è stato scoprire che la materia (sia essa quella atomica o quella oscura) non rappresenta che circa un quarto di tutta l'energia presente nell'Universo. I restanti tre quarti sono chiamati “energia oscura”. L'origine di questa potrebbe essere legata a deviazioni dalla gravità descritta dalle teorie di Newton prima e di Einstein poi (relatività generale). Nuove teorie dello spazio-tempo vengono studiate dai teorici dell'Ente e intanto sperimentalmente cerchiamo di osservare per la prima volta una delle cruciali predizioni della relatività generale di Einstein, la presenza di onde gravitazionali. In particolare vicino a Pisa l'Ente ha partecipato alla costruzione e alle misure di un apparecchio, chiamato interferometro, atto a rivelare le minutissime conseguenze del passaggio di un'onda gravitazionale.

La realizzazione dei sofisticati esperimenti richiesti per esplorare le fondamentali questioni di cui sopra comporta lo sviluppo di tutte le tecniche e tecnologie necessarie a tali ricerche, il dar vita a nuovi strumenti di misura, oltre all'utilizzo delle tecnologie di punta già esistenti. Questo sforzo di ricerca tecnologica induce un “circolo virtuoso” nei rapporti dell'Ente con le nostre industrie tecnologicamente più avanzate e ha immediate ricadute applicative in settori cruciali per la nostra società (ad es. in campo medico, in quello energetico, in quello spaziale, in quello sottomarino).

La profondità e varietà delle questioni fondamentali sopra menzionate spingono l'Ente ad una vasta attività di ricerca che è tuttavia caratterizzata da un unificante denominatore comune: la ricerca di nuova fisica lungo le tre grandi frontiere dell'alta energia, dell'alta intensità e della fisica astroparticellare. Tre strade che si intersecano in continuazione (per fare un esempio, si pensi alla ricerca di particelle supersimmetriche condotta simultaneamente e sinergicamente a LHC, nella fisica del flavour e attraverso le ricerche dirette e indirette di materia oscura) e che si esplicitano nelle attività delle cinque commissioni scientifiche nazionali dell'Ente.

La ricerca fondamentale, condotta sia attraverso la sperimentazione, sia attraverso metodologie teoriche, e le ricerche tecnologiche e interdisciplinari correlate, coordinate complessivamente dalle 5 commissioni scientifiche nazionali, trovano il loro completamento in un insieme di progetti strategici, progetti speciali, progetti inseriti nella programmazione europea, progetti nazionali e infine progetti regionali che sono indirizzati sia alle applicazioni verso il mondo sociale-produttivo-economico sia agli sviluppi di frontiera preparatori a future sperimentazioni per la ricerca fondamentale o comunque tesi a contribuire alla realizzazione di infrastrutture per lo “spazio europeo della ricerca”.

Passiamo ora a considerare in qualche dettaglio le specifiche attività e prospettive.

3.2 LA FISICA SUBNUCLEARE

L'attività descritta in questo paragrafo è coordinata dalla **Commissione Scientifica Nazionale 1 (CSN1)**. La descrizione dettagliata delle attività della CSN1 è disponibile al sito web: <http://www.infn.it/csn1/>

MISSIONE

Per spingere la frontiera della conoscenza verso limiti sempre più ambiziosi, la sperimentazione in fisica subnucleare moderna utilizza due linee di ricerca complementari. Quella della frontiera dell'energia, esemplificata oggi dal *Large Hadron Collider* (LHC), il più potente acceleratore mai costruito, e quella dell'intensità, in cui si cerca di spingere il numero di collisioni tra i fasci circolanti nell'acceleratore a livelli sempre più alti. Questa linea, fino ad oggi rappresentata dalle “fabbriche per la produzione di mesoni B” (*B factories*) negli USA e in Giappone, potrebbe continuare con maggiore efficacia grazie a una idea sviluppata nell'ambito dell'INFN, la cui validità è stata sperimentata all'acceleratore DAFNE ai Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN.

La fisica subnucleare richiede apparati di grande dimensione ed estrema complessità dove trovano applicazione le tecnologie più moderne nel campo dei rivelatori, dell'elettronica, dei sistemi di acquisizione dati e di calcolo. Le collaborazioni che partecipano alla costruzione di questi apparati sono composte da centinaia (nel caso di LHC, migliaia) di fisici provenienti da istituti e laboratori di tutto il mondo e rappresentano degli esempi molto importanti di vera cooperazione internazionale. Queste collaborazioni sono inoltre dei preziosi punti di accumulazione dove i migliori fisici di tutto il mondo possono entrare in contatto tra loro: i giovani possono così acquisire fondamentali esperienze

nel lavoro di gruppo ad altissimi livelli. In questo contesto i gruppi INFN partecipano con contributi di eccellenza, spesso figurando nei livelli decisionali degli esperimenti, in tutte le fasi del lavoro, dallo sviluppo tecnologico tipico della fase di proposta, passando alle varie fasi di costruzione, sino all'analisi dei dati.

COMPOSIZIONE

La partecipazione dei ricercatori dell'INFN agli esperimenti della Commissione 1 è folta. Si tratta di 1000 scienziati, che pesati per la loro percentuale di partecipazione costituiscono circa 730 FTE, provenienti da tutte le sezioni INFN e ovviamente dal laboratorio specializzato in questo tipo di ricerca (Frascati). Nella CSN1 sono rappresentate tutte le tipologie di ricercatori: i dipendenti dell'Ente, gli universitari associati alle ricerche, i borsisti e assegnisti e gli studenti che preparano la tesi di Dottorato. Inoltre molti tecnologi (informatici, elettronici, meccanici) fanno anche essi parte dei gruppi di ricerca. La tabella 3.1 fotografa la composizione della commissione nell'anno 2009 e fornisce un quadro complessivo dei finanziamenti erogati negli ultimi tre anni.

questi, ponendo limiti sperimentali sempre più stringenti sull'esistenza di nuovi fenomeni e raggiungendo in molti settori risultati di una precisione inattesa per un esperimento che operi ad una macchina adronica (protone- antiprotone). Un ruolo particolare hanno avuto poi quelli effettuati alla "fabbrica di B" a SLAC (BaBar), a quella di ϕ a LNF (KLOE) e al fascio di mesoni K del CERN (NA48), che hanno sfidato la frontiera dell'intensità. Altri esperimenti hanno coperto settori altrettanto importanti. ZEUS alla macchina elettrone-protone di DESY ha studiato la struttura dei nucleoni, così come COMPASS al CERN. Ancora in presa dati è MEG al PSI di Zurigo, che cerca il decadimento di un muone in un elettrone e un fotone, un segno inequivocabile di una fisica al di là del Modello Standard.

Oggi e negli anni a venire è comunque il tempo di LHC: finalmente il grande acceleratore è entrato in funzione e gli esperimenti hanno iniziato a raccogliere i dati. La caccia al bosone di Higgs è iniziata e nel prossimo triennio, superati i risultati esistenti ottenuti al Tevatron (vedi figura 3.2), ci si aspetta di entrare nel vivo della ricerca.

LINEA SCIENTIFICA: CSN1

FTE INFN staff + art.23,15 (anno 2010)	232
FTE Associati staff (anno 2010)	267
Assegnisti, borsisti, dottorandi (anno 2010)	231
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (M€)	70,7
di cui spese per investimenti ((inventario, apparati) 2008-2010 (M€)	19,6

Tab. 3.1: Composizione, risorse finanziarie e investimenti per la CSN1.

ESPERIMENTI

Gli esperimenti in carico alla CSN1 sono molti e diversi, e mirano a coprire i due filoni principali di ricerca descritti sopra. Un ruolo assolutamente preminente in questo momento è occupato dalla sperimentazione al *Large Hadron Collider* del CERN, che si indirizza alla frontiera dell'energia: questi esperimenti (ATLAS, CMS, LHC-b, TOTEM, LHC-f) prendono il testimone da CDF al Tevatron di Fermilab che ha esplorato questo campo fino ad ora.

Stanno nel frattempo terminando l'analisi dei dati raccolti gli esperimenti che hanno illuminato con i loro risultati l'ultimo decennio. Proprio CDF al Tevatron è stato tra

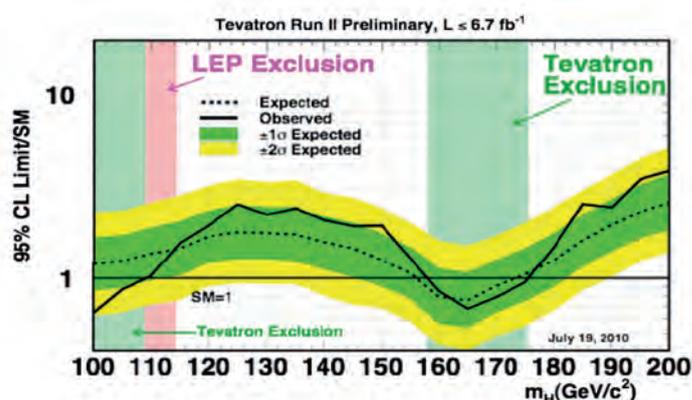


Fig. 3.2: Risultati del Tevatron sulla ricerca del bosone di Higgs. Nella regione di energia presa in considerazione si può escludere la piccola regione di massa intorno a 165 GeV.

La partecipazione italiana agli esperimenti di LHC è estremamente importante. Oltre 550 ricercatori e 100 tecnologi partecipano agli esperimenti supportati dalla CSN1, il 24% del totale, occupando spesso posizioni di rilievo e di grande responsabilità negli organi decisionali delle Collaborazioni. In riferimento al personale e al budget della CSN1, come detto, LHC costituisce l'impegno primario e assorbe la maggior parte delle risorse. La spesa globale sostenuta per questi esperimenti sino ad ora (su un periodo di più di 10 anni) raggiunge i 250 M€. Negli ultimi tre anni, per sostenere la fine delle costruzioni, la messa in opera e il funzionamento la commissione ha dedicato 2/3 del suo budget (quindi circa 50 M€) a LHC. Nella parte di investimenti questa quota

raggiunge e supera i 3/4 del bilancio a disposizione.

Questo grande impegno, umano e finanziario, si riflette nei contributi che i ricercatori italiani hanno dato alla costruzione dei giganteschi apparati di LHC. La realizzazione di questi colossi ha comportato una lunga fase di ricerca e sviluppo, realizzata spesso in collaborazione con industrie nazionali. L'eccellenza dei risultati raggiunti ha permesso ai gruppi italiani di acquisire posizioni di rilievo nella costruzione di gran parte degli apparati sperimentali e anche l'aggiudicazione di importanti commesse alle industrie stesse. Un esempio preclaro di quest'ultimo risultato è la realizzazione da parte di Ansaldo ASG sia del solenoide di CMS sia del magnete toroidale di ATLAS, rispettivamente il più potente e il più grande magnete superconduttore mai costruito. I ricercatori italiani hanno realizzato poi frazioni importanti dei tracciatori interni degli esperimenti (in particolare con tecnologie a silicio), dei calorimetri e dei tracciatori esterni per muoni, insieme alla corrispondente elettronica di lettura e di trigger. Il contributo costruttivo ai tre più grandi esperimenti LHC è descritto in modo grafico in figura 3.3, mentre in figura 3.4 sono mostrati alcuni dei primi risultati di fisica nel run di LHC del 2010.

L'acceleratore dopo una fase di commissioning iniziale è ora operativo alla energia nel centro di massa di 7 TeV e ha raggiunto una luminosità di picco di $2 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ come previsto dai piani operativi iniziali. Gli esperimenti hanno raccolto già una notevolissima quantità di eventi che hanno permesso non solo di verificarne il corretto funzionamento ma anche la produzione di interessanti risultati di fisica nell'ambito del Modello Standard.

La tecnologia di calcolo basata su Grid si è dimostrata funzionale. Gli esperimenti hanno ricostruito gli eventi raccolti in tempo reale e le analisi fisiche sin qui condotte hanno dimostrato le potenzialità del complesso sistema che permetterà le raffinate indagini che condurranno allo studio degli attesi nuovi fenomeni.

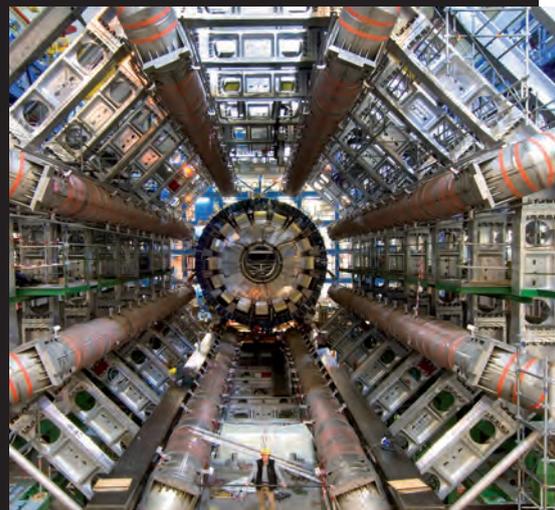
HIGHLIGHT del 2010

- **Le prime analisi condotte dagli esperimenti che operano a LHC, a coronamento di una impresa ventennale: certamente l'highlight più straordinario del 2010.**
- **Il risultato sui limiti alla massa del bosone di Higgs ottenuto da CDF al Tevatron.**
- **Il risultato ottenuto da MEG che indica la possibilità dell'esistenza del decadimento di un muone in un elettrone e un fotone, che sarebbe un segnale di fisica**

ATLAS



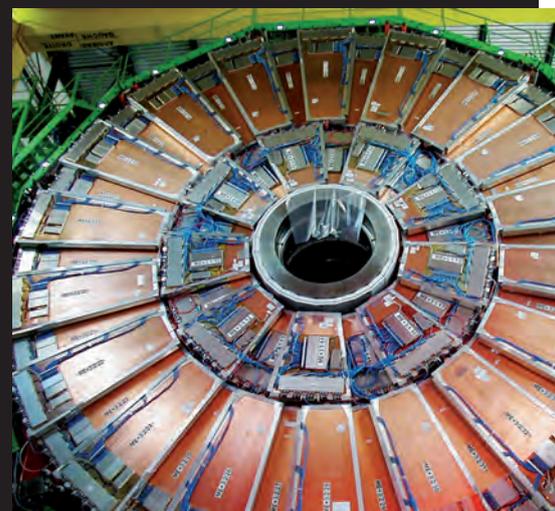
1. Toroide Ansaldo ASG Barrel 100%
2. Tracciamento interno 30%
3. Calorimetri 10%, elettronica 50%
4. Rivelatori muoni 30% Barrel
5. Trigger Muoni camere ed elettronica Barrel 1



CMS



1. Sistema per muoni 50%
2. Tracciatore 30%
3. Calorimetro 40%
4. Magnete: tecnologia e avvolgimento cavo INFN & Ansaldo ASG 100%



LHC-b



1. Sistema per muoni camere 50% elettronica 100%
2. Identificazione di particelle RICH 10%
3. Trigger Calorimetro 100%

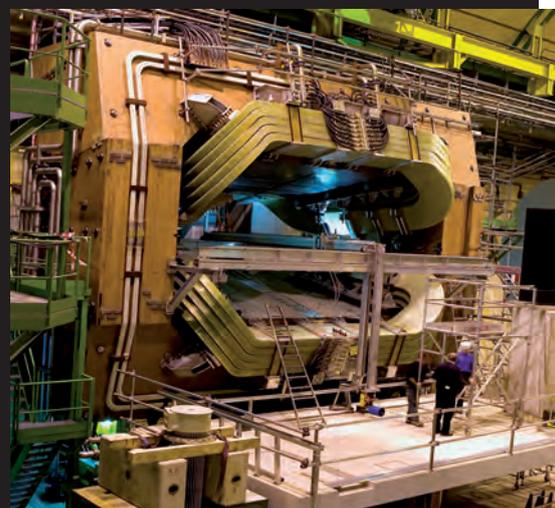


Fig. 3.3 : Sono indicati i rivelatori ai quali i ricercatori della CSN1 hanno dato i maggiori contributi per ciascuno dei tre esperimenti principali (nelle foto

al di là del Modello Standard.

- **L'osservazione di nuovi fenomeni ("jet quenching") nelle collisioni ioni-ioni ad LHC che indicano manifestazioni diverse della fisica adronica ad alte densità di materia ("quark-gluon plasma"), come nei primi istanti della vita dell'Universo.**

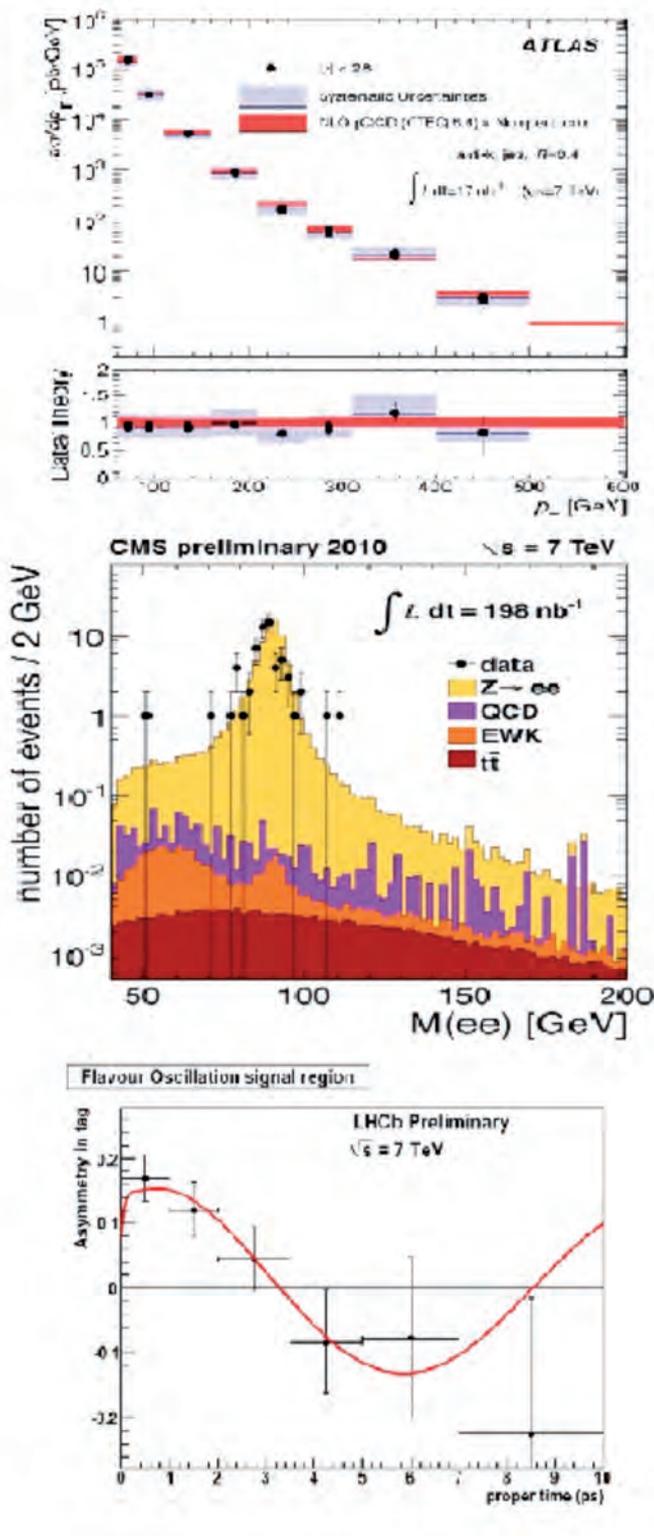


Fig. 3.4: Alcuni dei primi risultati di fisica nel run di LHC del 2010; sezione d'urto di jet in ATLAS; $Z \rightarrow e^+e^-$ in CMS; oscillazione di B_s in LHCb.

PROSPETTIVE E SCENARI

LHC produrrà fisica per ben più di un decennio a venire e questa è la certezza della CSN1 per il futuro. Ci si aspetta innanzitutto la scoperta del bosone di Higgs, la verifica cioè di gran lunga più attesa del Modello Standard, la cui rivelazione costituirebbe un enorme passo in avanti verso la comprensione della struttura del microcosmo. Se il bosone

non fosse osservato, sarebbe necessario rivisitare buona parte delle nostre attuali teorie.

Il secondo, ma non meno importante, obiettivo è di riuscire ad osservare particelle di quella materia che le misure astrofisiche sull'Universo ci indicano come abbondante, addirittura cinque volte maggiore di quella di cui sappiamo dare una spiegazione e della quale è fatto il mondo in cui viviamo. Sono particelle che formano quella che chiamiamo Materia Oscura, che non conosciamo e che speriamo siano osservabili tra i prodotti delle collisioni con gli esperimenti ad LHC.

E in particolare (ma non solo) da LHCb ci si aspetta poi un contributo fondamentale alla comprensione del perché della assenza della antimateria, che all'inizio dei tempi esisteva in quantità uguale alla materia e successivamente è scomparsa. Non è un fatto di poco conto, visto che noi dobbiamo la nostra stessa esistenza a questo fenomeno.

È come è stato per ogni acceleratore, che apre una nuova frontiera di energia, con i suoi esperimenti si spera di esplorare l'ignoto e rivelare le sorprese che esso potrebbe nascondere.

Oltre a questa robustissima base ci saranno tre esperimenti che, sfruttando la frontiera dell'intensità, cercheranno Nuova Fisica attraverso i sottili effetti che essa potrebbe indurre a energie più basse: MEG a PSI (Paul Scherrer Institute) in Svizzera, NA62 al CERN e KLOE a LNF.

Quest'ultimo esperimento continuerà con una seconda campagna di raccolta dati la sua esistenza grazie a uno straordinario sviluppo di fisica degli acceleratori occorso a Frascati a cura del team di fisici e ingegneri del laboratorio. Si è trovato un modo per aumentare di tre volte la capacità dell'acceleratore DAFNE di produrre collisioni (per unità di tempo) grazie a un metodo ingegnoso di focalizzazione dei pacchetti di elettroni, detto *crab waist* (vedi figura 3.5).

Questa idea brillante ha portato al disegno concettuale di un acceleratore che sarà il successore delle "fabbriche di B" che hanno segnato la fisica delle particelle nel decennio scorso (PEPII negli USA e KEKB in Giappone). Questo acceleratore, che supererà di un fattore 100 le loro prestazioni, dovrebbe essere realizzato nell'area dei Laboratori Nazionali di Frascati e costituire un elemento di primato per la fisica delle particelle italiana.

Questo progetto è stato recentemente approvato e ne è iniziato il finanziamento da parte del MIUR. Questa nuova iniziativa influenzerà certamente l'evoluzione delle risorse,

finanziarie e umane, della CSN1.

Le due frontiere (energia e intensità) rimarranno quindi il campo di ricerca della CSN1 a breve, medio e lungo termine. LHC ci promette infatti ben più di una decade di lavoro fruttuoso e nel prossimo decennio la ricerca in Italia sarà anche illuminata dall'esistenza della macchina regina della frontiera dell'intensità (SuperB). Se rimane chiaro che i risultati di fisica di LHC indicheranno i passi successivi di questa ricerca, risulta altresì evidente che le ricerche svolte alla Super-B in sinergia con la fisica di LHC costituiranno un cruciale volano di sviluppo per la nostra esplorazione e comprensione della nuova fisica al di là del Modello Standard.

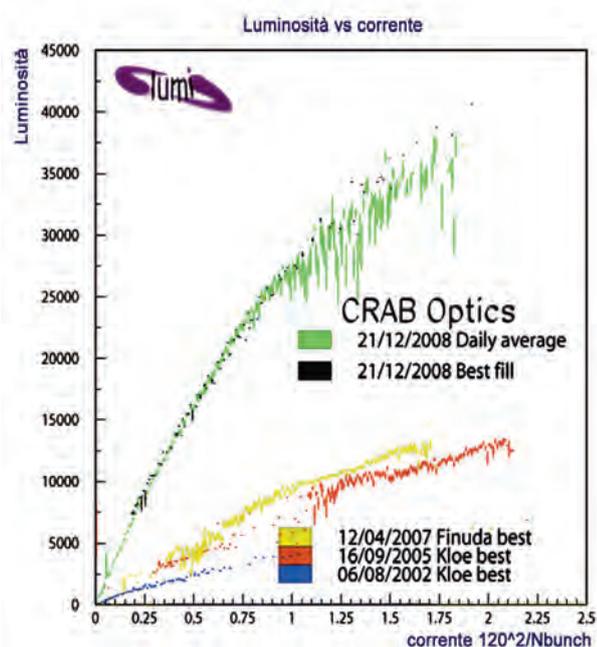


Fig. 3.5: Capacità di DAFNE di produrre collisioni elettrone-positrone per unità di tempo (luminosità) in diverse condizioni di funzionamento. I puntini neri (e verdi) sono il risultato dell'applicazione delle idee sviluppate a Frascati, in blu, giallo e rosso i precedenti risultati.

La conoscenza degli angoli di mescolamento tra i quark al livello del percento, lo studio di nuove manifestazioni di violazione di CP nei decadimenti del quark b, lo studio di processi rarissimi mai prima osservati sia nella fisica del b che del mesone tau ci permetteranno sia di comprendere meglio la natura della nuova fisica che cominceremo ad osservare a LHC sia, addirittura, di estendere il territorio della nuova fisica esplorata da LHC mostrandoci segnali relativi a nuove particelle oltre il TeV attraverso i loro effetti quantistici di tipo virtuale. Inutile dire che la pazienza è d'obbligo e che il futuro verrà disegnato da quanto scoperto a LHC. Per fare un esempio, le misure di precisione necessarie a capire la natura della eventuale Nuova Fisica svelata a LHC, potrebbero richiedere, oltre alla SuperB sulla linea dell'alta intensità, sul versante dell'alta energia la costruzione di un Linear Collider elettrone-positrone, per il quale un vigoroso

programma di ricerca e sviluppo è in corso da molti anni e la comunità è ben preparata.

Si tratterà dunque dal punto di vista del finanziamento di trovare risorse aggiuntive a quelle necessarie allo sfruttamento ottimale degli esperimenti a LHC che già ora assorbono buona parte del bilancio della Commissione e che nei prossimi tre anni vedranno il completamento dei rivelatori con quelle potenzialità mancanti alla partenza e vedranno anche la necessità di dispiegare tutta la potenza di calcolo necessaria per l'analisi dei dati.

Abbiamo di fronte tre anni di capitale importanza per la fisica delle particelle agli acceleratori. LHC coprirà l'intero range di possibilità di massa per il bosone di Higgs e quindi la sua scoperta è una delle attese. Una vasta porzione di spazio delle fasi per le particelle supersimmetriche verrà coperto e quindi è possibile ipotizzarne la scoperta. Grazie a LHCb nuovi limiti verranno esplorati nel campo della fisica del B in attesa che la SuperB prenda il testimone e spinga oltre la frontiera della conoscenza.

MILESTONE DEL PERIODO 2011-2013

- Raccolta di una luminosità integrata a LHC (CERN) negli anni 2011 e 2012 che permetterà ai grandi esperimenti ATLAS e CMS di verificare la validità del Modello Standard attraverso la scoperta (o il suo contrario nel caso di assenza) del bosone di Higgs. Ricerca di particelle di Nuova Fisica fino a scale di massa superiori al Teraelettovolt.
- Analisi dei dati raccolti dall'esperimento LHCb al LHC per la misura della probabilità di decadimento di un mesone B_s in una coppia muone antimuone che costituisce un test molto importante per il Modello Standard.
- Completamento della costruzione di NA62 (CERN) negli anni 2011 e 2012 e inizio della presa dati nel 2013 per la misura del decadimento ultrararo $K \rightarrow \pi \nu \nu$.
- Costruzione nel 2012 con presa dati a partire dal 2013 di nuovi rivelatori dell'esperimento COMPASS (CERN) per una nuova campagna volta allo studio della funzione di struttura trasversa dei partoni che dovrebbe gettare luce sul problema della costruzione dello spin del protone a partire da quello dei suoi costituenti.
- Raccolta di una grandissima statistica all'esperimento KLOE (LNF) che ha iniziato a prendere dati nel 2011 all'acceleratore Dafne che è stato modificato per aumentarne le capacità sulla base delle idee che permetteranno anche la costruzione della SuperB.
- Compimento del ciclo di misure dell'esperimento MEG (PSI) che ha la possibilità di trovare il decadimento muone in elettrone-fotone che costituirebbe la prova

dell'esistenza di una fisica al di là del Modello Standard.

- **Compimento del ciclo, ventinquennale, di misure dell'esperimento CDF (Fermilab) con la possibilità di trovare evidenza del bosone di Higgs in un appropriato intervallo di massa.**
- **Inizio della costruzione del rivelatore per l'acceleratore SuperB.**

3.3 LA FISICA ASTROPARTICELLARE

L'attività descritta in questo paragrafo è coordinata dalla **Commissione Scientifica Nazionale II (CSN2)**. La descrizione dettagliata delle attività della CSN2 è disponibile al sito web: <http://www.infn.it/csn2/>

INTRODUZIONE

La comprensione delle proprietà dei neutrini, la rivelazione diretta delle onde gravitazionali, l'identificazione dei costituenti della materia oscura e la spiegazione dell'assenza dell'antimateria nell'Universo costituiscono oggi alcuni tra gli obiettivi fondamentali alla frontiera della fisica fondamentale e corrispondono agli obiettivi scientifici della Commissione II dell'INFN (CSN2).

Lo studio dei messaggeri dell'Universo, le varie forme della radiazione cosmica, che vanno dalle particelle cariche e dai neutrini alla radiazione elettromagnetica e alle onde gravitazionali, rappresenta un settore che in questi anni vede un continuo, significativo progresso grazie ad un continuo flusso di nuovi risultati sperimentali. Proprio lo studio dei neutrini atmosferici ha portato alla scoperta del fenomeno delle oscillazioni tra i diversi tipi di neutrini, scoperta premiata con il Nobel nel 2002. Questo fenomeno è studiato ai Laboratori del Gran Sasso sia con i neutrini solari (esperimento BOREXINO) che con il fascio di neutrini provenienti dal CERN (progetto CNGS, esperimento OPERA ed esperimento ICARUS). Il 2010 ha portato a dei risultati di grande rilevanza in questo settore: la rivelazione da parte di BOREXINO dei neutrini provenienti dalle profondità della terra, i geoneutrini, la rivelazione del primo candidato di trasmutazione da neutrino mu a neutrino tau nell'esperimento OPERA e l'entrata in funzione dell'esperimento ICARUS con la rivelazione dei primi eventi di neutrino con un rivelatore di grandi dimensioni basato sull'argon liquido.

Nel 2009, studiando accuratamente la composizione dei raggi cosmici carichi nello spazio, prima che vengano assorbiti dalla nostra atmosfera, il satellite Pamela ha ottenuto indicazioni di nuovi fenomeni fisici che potrebbero confermare l'esistenza di una componente dominante della massa dell'Universo

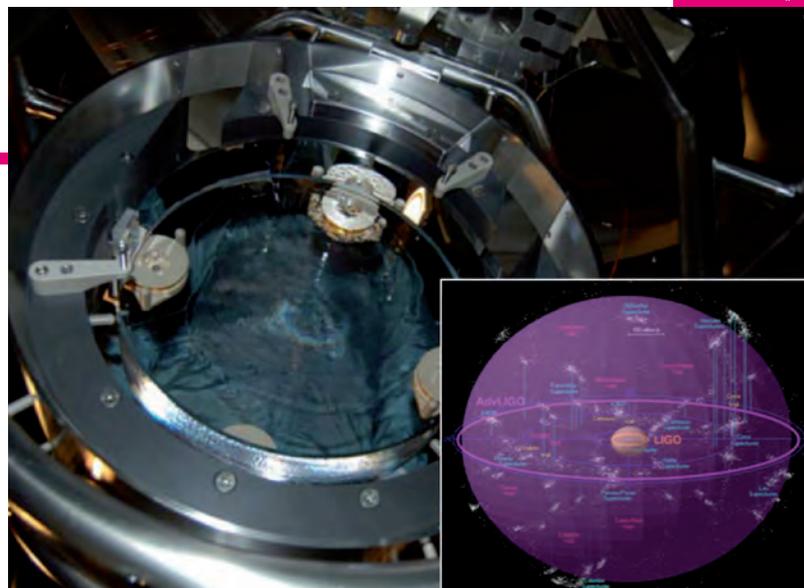


Fig. 3.6: La sensibilità di Virgo, in termini di volume della Galassia che viene osservata dall'interferometro, in funzione dei miglioramenti messi in atto nel 2009 o pianificati fino al 2014, quando il rivelatore raggiungerà una sensibilità 1000 volte maggiore di quella attuale.

composta da particelle che non emettono luce, la cosiddetta materia oscura. Queste indicazioni si aggiungono ai risultati delle misure effettuate nel corso dell'ultimo decennio dall'esperimento DAMA nei Laboratori sotterranei del Gran Sasso. Si tratterebbe di un nuovo tipo di materia dalle 6 alle 8 volte più abbondante di quella di cui siamo composti. Questa linea di ricerca vede l'INFN alla frontiera della competizione internazionale: negli anni futuri, nuovi esperimenti dell'INFN a terra (XENON) e nello spazio (AMS) nonché le misure all'LHC daranno un contributo probabilmente decisivo alla comprensione di questo importantissimo problema della fisica contemporanea.

Nel settore dei raggi gamma, il satellite FERMI (precedentemente chiamato GLAST) ha terminato il suo secondo anno in orbita, producendo una messe di dati che ha rivoluzionato la nostra comprensione delle sorgenti di fotoni di alta energia. Assieme al telescopio Cherenkov MAGIC, Fermi ha dato un contributo determinante all'affermarsi dell'astronomia delle altissime energie, che utilizza raggi gamma di centinaia o migliaia di GeV di energia.

La rivelazione diretta delle onde gravitazionali, previste dalla relatività generale, è una delle grandi sfide della fisica sperimentale contemporanea: nel 2009 è iniziato il potenziamento dell'interferometro Virgo a Cascina, strumento che nel 2014 dovrebbe raggiungere la sensibilità necessaria per l'osservazione di onde gravitazionali da terra.

L'INFN ha una lunga tradizione nel settore disponendo in particolare dell'interferometro VIRGO, attualmente il più sensibile al mondo alle basse frequenze. Dopo l'approvazione avvenuta nel 2009, è continuata nel 2010 la realizzazione del progetto "Advanced VIRGO" che migliorerà di vari ordini di grandezza la sensibilità dell'interferometro (vedi figura 3.6).

I risultati ottenuti dalla comunità italiana nel settore astroparticellare rappresentano il risultato di un continuo sviluppo tecnologico e di una accurata pianificazione, in cui esperimenti esplorativi di prima generazione precedono i grandi esperimenti dotati di sensibilità molto maggiore ma che naturalmente richiedono maggiore impegno economico e maggiori garanzie di ritorno scientifico. Date le dimensioni e la complessità di tali esperimenti, essi sono svolti nell'ambito di collaborazioni internazionali, sia in ambito europeo che globale.

Molti esperimenti astroparticellari prevedono tempi di misura molto lunghi. Si tratta di veri e propri osservatori che ricercano fenomeni rari, che hanno origine al di fuori della Terra: neutrini dal Sole, particelle di origine cosmologica, esplosioni di supernovae, eventi rari nella radiazione cosmica ordinaria, impulsi di onde gravitazionali. In questi casi quindi la programmazione e l'effettuazione degli esperimenti procede in modi diversi da quelli tipici degli esperimenti agli acceleratori e richiede una grande flessibilità. Le misure di eventi molto rari implicano sensibilità non ottenibili in presenza del rumore di fondo causato nei rivelatori da eventi indotti dai raggi cosmici: i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, che forniscono uno schermo adeguato ai raggi cosmici ordinari, sono la sede ideale per questi esperimenti di punta. L'elevato numero di fisici italiani e stranieri che operano nei LNGS dimostra il ruolo mondiale di questi laboratori nelle ricerche in corso.

La composizione del personale e le risorse finanziarie sono descritte in tabella 3.2.

Nel seguito è presentato un breve sommario del consuntivo scientifico del 2010, con l'obiettivo di delineare lo stato delle linee di ricerca senza necessariamente elencare tutte le attività in corso.

LINEA 1 : FISICA DEI NEUTRINI

Gli esperimenti sulla natura dei neutrini sono concentrati principalmente nel Laboratorio Nazionale del Gran Sasso.

Un esperimento leader a livello mondiale nel settore delle oscillazioni di neutrino elettronico è BOREXINO che studia in tempo reale il flusso di neutrini solari. La sensibilità raggiunta dallo strumento è tale che nel 2010 ha pubblicato la prima chiara evidenza di neutrini provenienti dal centro della terra, i geoneutrini, prodotti da fenomeni naturali all'interno del nostro pianeta. Questa scoperta apre delle nuove prospettive a cavallo fra la fisica nucleare e la geologia con interessantissimi risvolti applicativi, che vanno dal monitoraggio in remoto del funzionamento delle centrali nucleari al controllo dello smaltimento di rifiuti radioattivi.

Per meglio studiare le oscillazioni dei neutrini muonici è in funzione dal 2006 il fascio di neutrini dal CERN di Ginevra al Laboratorio del Gran Sasso (CNGS). Dopo avere percorso 732 km nella crosta terrestre, i neutrini vengono rivelati al Gran Sasso dove, nel 2010, è stato rivelato la prima conversione di un neutrino mu in un neutrino tau, un tipo di neutrino che non è presente al momento della produzione del fascio al CERN..

Gli esperimenti previsti al Gran Sasso per rivelare i neutrini provenienti dal CERN sono due: OPERA e ICARUS.

LINEA SCIENTIFICA: CSN2

FTE INFN staff + art.23,15 (anno 2009)	154
FTE Associati staff (anno 2009)	276
Assegnisti, borsisti, dottorandi (anno 2009)	239
Totale risorse finanziarie spese 2007-2009 (M€)	47,1
di cui spese per investimenti (inv., c.a.) 2007-2009 (M€)	13,8

Tab. 3.2: Composizione, risorse finanziarie e investimenti per la CSN2.

ATTIVITÀ DI RICERCA

Le attività della CSN2 possono essere divise in 6 linee scientifiche: fisica del neutrino, ricerca di fenomeni rari, radiazione cosmica in superficie e sotto il mare, radiazione cosmica nello spazio, onde gravitazionali e fisica generale.

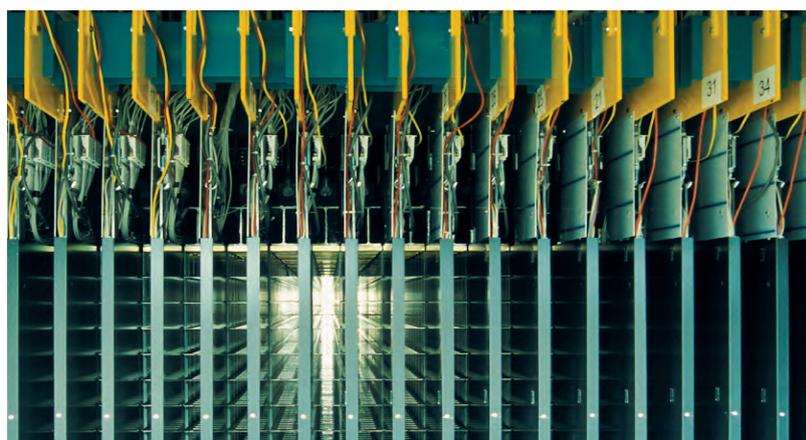


Fig. 3.7: Il rivelatore OPERA ai LNGS studia l'oscillazione del neutrino di tipo muonico (fascio CNGS prodotto al CERN) in neutrino di tipo tauonico (rivelazione ai LNGS) nei 732 km di percorso.

Nel 2010 OPERA (figura 3.7) ha continuato la presa dati, accumulando una statistica tale da rivelare il primo evento di oscillazione di un neutrino mu in un neutrino tau. Sempre nel 2010 è entrato in funzione ICARUS, un innovativo

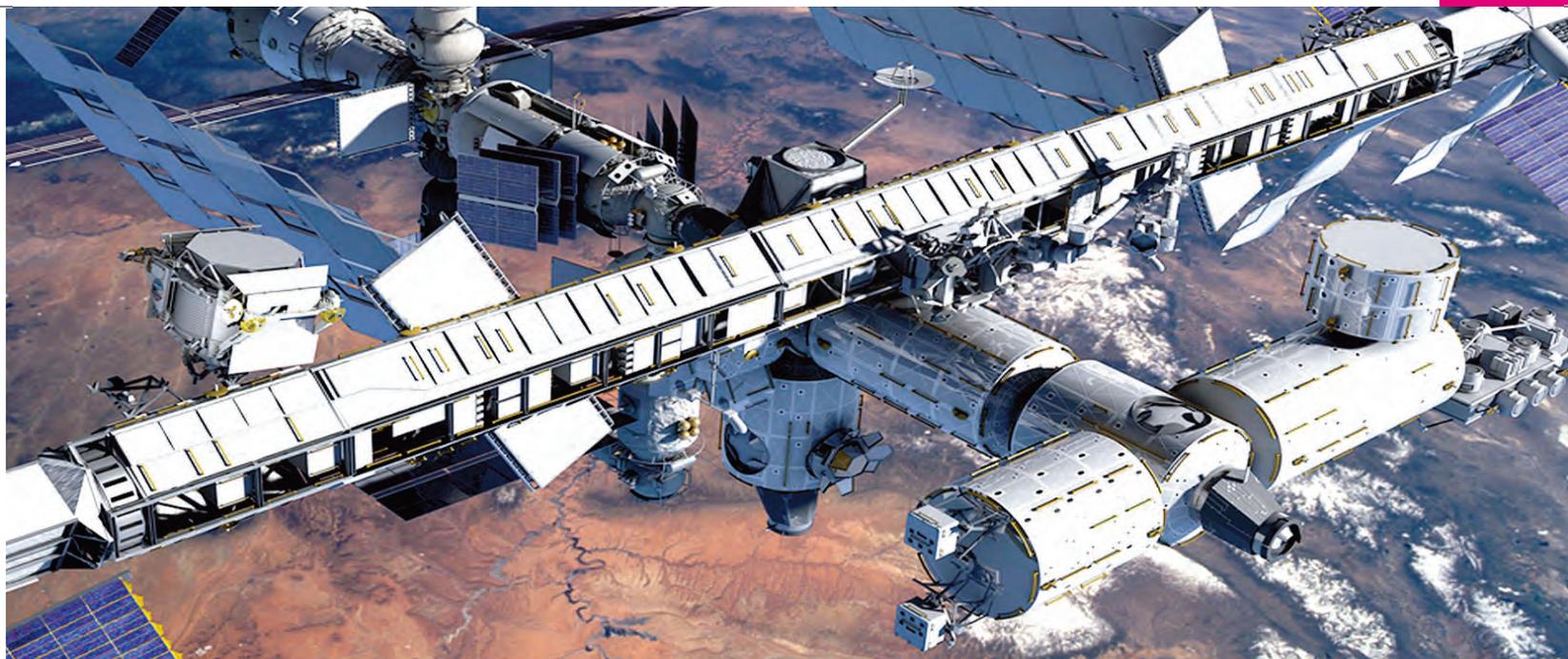


Fig. 3.8: La Stazione Spaziale Internazionale, ora completata, ospiterà a partire dall'anno 2011 l'esperimento AMS.

rivelatore da 600 tonnellate di Argon liquido, tecnologia sviluppata da gruppi italiani, e che ha iniziato a prendere dati con il fascio CNGS rivelando le prime interazioni dei neutrini provenienti dal CERN.

LINEA 2: RICERCA DI FENOMENI RARI

Un altro metodo per la misura della massa del neutrino è collegato alla ricerca del doppio decadimento beta senza neutrini, premesso che il neutrino e l'antineutrino siano la stessa particella.

Nel Laboratorio del Gran Sasso è in corso la realizzazione dell'esperimento CUORE, un grande rivelatore di 1000 cristalli di tellurite con massa totale di 770 kg. È stato da poco inaugurato anche un altro esperimento, GERDA, che mira allo stesso obiettivo utilizzando cristalli di germanio. Entrambi gli esperimenti puntano alla misura del decadimento doppio beta, con una sensibilità per la massa del neutrino dell'ordine del centesimo di eV.

Il tema della materia oscura dell'Universo è uno dei più affascinanti della fisica e l'astrofisica, ma anche uno dei più difficili da studiare. Al Gran Sasso l'esperimento DAMA ha evidenziato una modulazione stagionale di segnali di bassissima energia indotti su un rivelatore ultrasensibile costituito da 100 kg di cristalli ultrapuri di ioduro di sodio. L'osservazione è in linea con quanto atteso dal moto della Terra intorno al Sole, trascinata con tutto il sistema solare attraverso il supposto mare di materia oscura presente nella nostra galassia. I risultati di DAMA hanno suscitato un acceso dibattito nella comunità scientifica internazionale. Nel 2010 è continuato lo sviluppo dell'apparato WARP, un esperimento di nuova generazione per la ricerca della materia oscura usando come rivelatore argon liquido e utilizzando tecniche sviluppate per l'esperimento ICARUS. Utilizzando quale mezzo di rivelazione un altro gas nobile,

l'esperimento XENON ha raggiunto interessanti risultati con 100 litri di xenon liquido e ora, messa a punto la tecnologia, ha in progetto la realizzazione di un rivelatore di 1 tonnellata.

LINEA 3: RADIAZIONE COSMICA IN SUPERFICIE E NELLE PROFONDITÀ MARINE

I raggi cosmici sono stati scoperti più di un secolo fa, ma ancora molto si ignora sulla loro origine e composizione soprattutto ad altissime energie. A energie estremamente elevate sono necessari rivelatori di ampie dimensioni per avere un numero di eventi significativo. Inoltre un campo nuovo si è aperto lo scorso decennio con la scoperta di sorgenti localizzate di fotoni di energia dell'ordine del TeV e con la scoperta di inattesi fiotti di fotoni, associati a fenomeni di energia estremamente elevata: i cosiddetti *gamma ray bursts* la cui origine è ancora sostanzialmente sconosciuta. L'INFN partecipa ai più importanti esperimenti in questo settore, spesso con ruoli importanti. Dall'esperimento ARGO, installato negli altipiani del Tibet e che utilizza la tecnologia italiana degli RPC (*Resistive Plate Counters*), al telescopio Cherenkov MAGIC alle Canarie, dedicato ai raggi gamma al di sopra di 50 GeV e che nel 2010 ha operato con due telescopi attivi, all'esperimento AUGER in Argentina, che coprendo più di 3000 km² è sensibile a raggi cosmici di energia estrema, in grado di attraversare la galassia senza essere deviati dal campo magnetico interstellare.

Anche nello studio della radiazione cosmica di alta energia i neutrini hanno un ruolo di particolare importanza: sono molto più penetranti dei raggi gamma e derivano principalmente da fenomeni adronici. Per essere rivelati richiedono la costruzione di apparati di grandi dimensioni come ANTARES operante al largo di Marsiglia. Nel 2010 è continuata l'attività di KM3NeT: un progetto europeo per arrivare al progetto di un rivelatore da almeno 1 Km cubo nel Mediterraneo

nell'ambito del quale è prevista l'installazione di prototipi di rivelatori a 3500 metri di profondità al largo di Capo Passero, in Sicilia. L'interesse di questo progetto si estende al settore della geofisica e della biologia marina, con importanti risvolti applicativi, data la rilevanza economica dell'ambiente marino per il nostro Paese.

LINEA 4: LA RADIAZIONE COSMICA NELLO SPAZIO

Lo studio dei raggi cosmici primari è ostacolato dall'atmosfera terrestre. Pertanto gli esperimenti per i raggi cosmici sono condotti nello spazio con palloni o satelliti, a parte che per le altissime energie ove sono richiesti apparati molto estesi. Questi esperimenti sono condotti in collaborazione con le agenzie spaziali, in particolare con l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI).

L'apparato PAMELA, lanciato nel giugno 2006, ha continuato regolarmente la raccolta dati nel 2010. PAMELA è un piccolo ma sofisticato esperimento a leadership italiana, basato su un magnete permanente, e caratterizzato da un'alta risoluzione energetica. Nel 2009 PAMELA ha pubblicato una misura accurata del rapporto fra positroni ed elettroni fino ad una energia di circa 80 GeV, mostrando come la percentuale di positroni, rispetto agli elettroni, aumenti drasticamente alle basse energie, un'osservazione che ha destato notevole attenzione per le possibili implicazioni che potrebbero riguardare la natura della materia oscura.

Le stesse tematiche scientifiche saranno affrontate a partire dal 2011 da AMS, uno spettrometro magnetico caratterizzato da una grande accettazione angolare e che permetterà uno straordinario miglioramento in sensibilità nello studio di antimateria e materia oscura. AMS sarà installato sulla Stazione Spaziale Internazionale (figura 3.8) nel corso 2010, e prenderà dati per molti anni.

L'INFN partecipa con le collaborazioni AGILE, prevalentemente italiana, e GLAST (ora chiamato FERMI), a carattere internazionale, a due esperimenti su satelliti dedicati all'astronomia gamma. GLAST/FERMI è stato lanciato con successo a giugno del 2008 e da due anni raccoglie dati di grandissimo interesse. Il nome originario di GLAST è stato modificato in FERMI per sottolineare l'importanza dei contributi di Enrico Fermi per lo studio dei meccanismi di accelerazione dei raggi cosmici e l'impegno dei gruppi italiani nella costruzione di GLAST. I risultati di FERMI spaziano dalla scoperta di pulsar gamma (vedi figura 3.9), alle verifiche di precisione della relatività generale, allo studio di nuove classi di emittitori gamma, alle questioni legate all'accelerazione e alla composizione dei raggi cosmici.

L'attività spaziale dell'INFN ha raggiunto nel 2010 dei risultati scientifici di assoluta importanza, che hanno fornito all'Istituto visibilità e leadership internazionali. È confermata la rilevanza di questo settore nell'ambito delle attività della CSN2, settore su cui l'Istituto è impegnato dalla metà degli anni '90, nell'ambito di una forte collaborazione con l'ASI. Gli sviluppi realizzati nel settore della strumentazione nello spazio dall'INFN in collaborazione con l'industria nazionale sono sorgente di ricadute applicative e arricchimento tecnologico con importanti risvolti per la competitività del sistema industriale nazionale.

LINEA 5: LA RICERCA SULLE ONDE GRAVITAZIONALI

La rivelazione diretta delle onde gravitazionali è una delle grandi sfide della fisica sperimentale contemporanea. È opinione generale che la rivelazione delle onde gravitazionali da sorgenti cosmiche darà luogo alla nascita di una nuova astronomia. L'INFN ha oggi la maggiore copertura al mondo di possibili

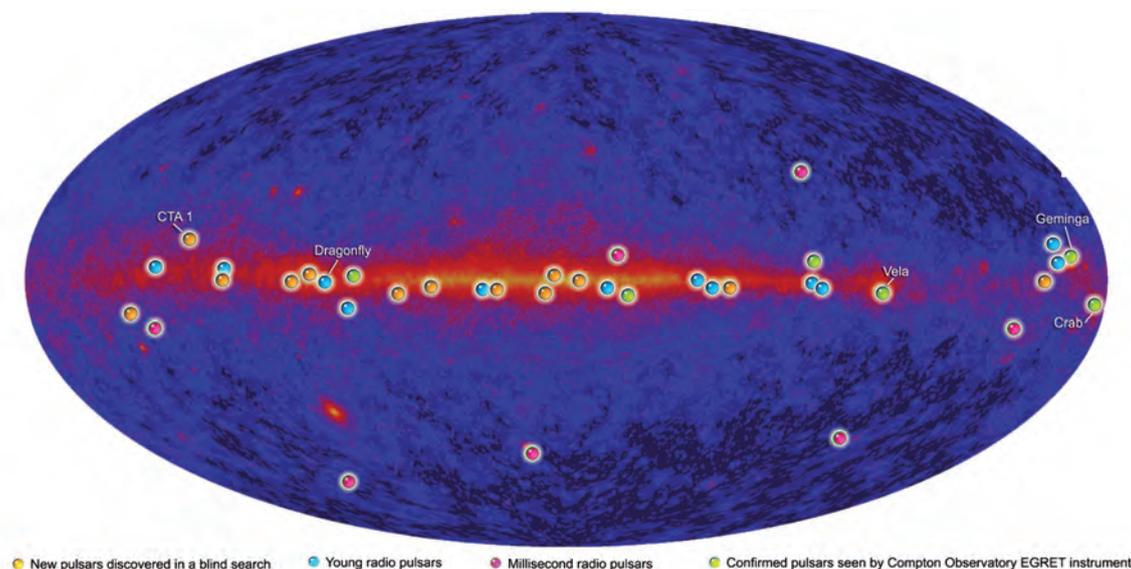


Fig. 3.9: Il cielo gamma di Fermi, con evidenziate le pulsar gamma scoperte da questo strumento.



Fig. 3.10: Vista aerea del YBJ, International Cosmic ray Observatory in Tibet, a 4300 metri di quota. Sulla destra, la sala dell'esperimento italo-cinese ARGO

segnali, avendo due barre risonanti e l'interferometro VIRGO. VIRGO, frutto di una collaborazione italo-francese, è un esperimento innovativo basato sulla rivelazione di spostamenti relativi di masse sospese distanti 3 km, dovuti al passaggio di onde gravitazionali ed osservati tramite sofisticate tecniche interferometriche di raggi laser. L'apparato ha due grandi tunnel ortogonali che ospitano i bracci di un interferometro di Michelson. Dopo anni di sviluppo, esso costituisce, con LIGO negli Stati Uniti, lo strumento più avanzato per la ricerca di onde su una banda di frequenza che spazia da qualche Hertz a migliaia di Hertz.

I buoni risultati ottenuti con VIRGO hanno portato l'INFN all'approvazione del progetto speciale "Advanced VIRGO" in cui la collaborazione italo-francese farà un ulteriore, forse decisivo, passo verso la sensibilità necessaria per la rivelazione diretta delle onde gravitazionali.

Il futuro della ricerca in questo settore vede allo studio nuovi progetti internazionali di terza generazione come il progetto denominato ET (*Einstein Telescope*). Nello spazio invece il progetto LISA a cui l'INFN partecipa nella parte di sviluppo tecnologico chiamata LISA Pathfinder, promette di spingere verso la fine del decennio la sensibilità degli interferometri ben al di sotto del limite di rivelazione.

LINEA 6: RICERCHE IN FISICA GENERALE FONDAMENTALE

Alcune attività della CSN2 sono relative ad esperimenti di fisica generale fondamentale. Ad esempio, l'esperimento MAGIA si propone di fare una misura precisa della costante di gravitazione usando atomi singoli, mentre l'esperimento MICRA si propone come obiettivo principalmente la misura della costante di gravitazione universale G a distanze molto

piccole mediante tecniche interferometriche basate su gas atomici quantistici. Tali misure sono importanti perché alcune teorie, come quella delle stringhe, prevedono deviazioni da quanto previsto dalla legge di Newton. La precisione straordinaria delle tecniche di misura necessaria per questo tipo di esperimenti li rende particolarmente adatti alla valorizzazione dei risultati di queste ricerche da parte del mondo produttivo. Ad esempio le tecniche sviluppate da MAGIA e da MICRA hanno ricadute sui metodi utilizzati negli orologi atomici e quindi nelle tecniche di telecomunicazione ad alta velocità. L'esperimento MIR, sulla verifica dell'effetto Casimir dinamico, richiede lo sviluppo di elettronica ultrasensibile e a bassissimo rumore utile anche in applicazioni di remote sensing. L'esperimento PVLAS, sulla verifica delle proprietà di birifrangenza del vuoto, spinge ai limiti la sensibilità dell'ellissometria di fasci di luce polarizzata, con potenziali applicazioni innovative nel settore delle analisi delle superfici.

PROSPETTIVE DI MEDIO TERMINE

Gli investimenti fatti dall'Istituto nei settori di ricerca della CNS2, hanno posizionato in modo ottimale l'Istituto a livello internazionale. Gli esempi più significativi sono probabilmente i Laboratori del Gran Sasso e VIRGO, ma anche nel settore spaziale sono stati raggiunti risultati di eccellenza.

Per esempio, le prospettive della ricerca delle onde gravitazionali dopo l'upgrade dell'interferometro di Cascina riguardano la realizzazione di un futuro grande laboratorio europeo ma, allo stesso tempo, vedono il settore spaziale protagonista con il progetto LISA.

I Laboratori del Gran Sasso, attualmente sono i laboratori sotterranei più importanti al mondo: oltre alle importanti ricerche

nel settore della fisica del neutrino e delle sue oscillazioni, una forte attività nel settore della ricerca della materia oscura e dei decadimenti ultrarari sono probabilmente le direzioni lungo cui si svilupperanno le attività sperimentali di questa infrastruttura di ricerca, rispondendo in questo modo ad una specifica richiesta della comunità internazionale.

Nel settore spaziale, la messa in orbita di AMS permetterà di effettuare un progresso sostanziale nella ricerca delle componenti rare dei raggi cosmici.

Lo studio dei raggi cosmici ad energie estreme rappresenta infine una consolidata linea di sviluppo dell' INFN, con esperimenti da effettuare sia a terra (AUGER) che nello spazio (JEM-EUSO).

HIGHLIGHT del 2010

- **BOREXINO, presso i Laboratori del Gran Sasso, ha misurato con precisione il flusso di neutrini provenienti dal centro della terra, aprendo una nuova tecnica sperimentale per studiare la composizione del nostro pianeta.**
- **OPERA, presso i Laboratori del Gran Sasso, ha presentato il primo evento al mondo corrispondente all'oscillazione di un neutrino mu in un neutrino tau.**
- **ICARUS, presso i Laboratori del Gran Sasso, ha rivelato le prime interazioni di neutrino con il dettaglio caratteristico di una camera a deriva in Argon Liquido**
- **Nello spazio, Fermi ha pubblicato una misura del flusso di elettroni e positroni da pochi GeV di energia fino al TeV**
- **Sono iniziati i lavori per la realizzazione del potenziamento dell'interferometro VIRGO a Cascina (Advanced Virgo), che prevede di raggiungere nel 2014 la sensibilità per la rivelazione delle onde gravitazionali da terra.**

MILESTONE DEL PERIODO 2011-2013

- **Lancio con uno Shuttle del grande spettrometro magnetico AMS-02 (Aprile 2011) ed inizio della presa dati sulla ISS dove opererà per un periodo di almeno 10 anni .**
- **Inizio delle misure (2011) dell' esperimento GERDA presso i Laboratori del Gran Sasso per la ricerca del decadimento doppio beta e la verifica della teoria del neutrino di Majorana .**
- **Completamento (2011-2012) della presa dati dell' esperimento OPERA presso i Laboratori del Gran Sasso utilizzando il fascio di neutrini provenienti dal CERN per misurare il tasso di trasmutazione tra neutrino mu e neutrino tau.**
- **Lancio di LISA Pathfinder (2012), il dimostratore tecnologico dell' interferometro spaziale LISA per la**

ricerca delle onde gravitazionali

- **Costruzione (2011-2013) del rivelatore CUORE che migliorerà di un ordine di grandezza la sensibilità nella ricerca del decadimento doppio beta ed il test della teoria del neutrino di Majorana.**
- **Completamento (2011-2013) del rivelatore XENON 1T presso i Laboratori del Gran Sasso, per lo studio della materia oscura con metodi diretti.**
- **Inizio della costruzione dell'osservatorio sottomarino di neutrini KM3NET che prevede la realizzazione di una grande matrice di rivelatori al largo della Sicilia meridionale.**
- **Advanced Virgo: emissione bandi gara (fine 2011), inizio costruzione/modifica infrastrutture (fine 2012), inizio installazione strumentazione (fine 2013).**

RISORSE ADDIZIONALI (2011-2113)

Settore Spaziale: provenienza ASI, mediamente 1,5 m€/anno (Pamela, Fermi, AMS, Lisa Pathfinder)

KM3NET : mediamente 2 M€/anno, provenienza MIUR (dal 2010) e EU (2010-2012)

Progetti ERC : mediamente 1,5 M€/anno (non nel bilancio della CSN2) . Junior RARENOISE, Senior LUCIFER

Progetto AdV. Mediamente 2 M€/anno (non nel bilancio della CSN2, ma nel bilancio dell' INFN), (2009-2011)

INFRASTRUTTURE PER LA RICERCA (2011-2013)

Potenziamento dei LNGS per ospitare la nuova generazione di rivelatori per lo studio della materia oscura

Potenziamento del sito di Capo Passero per lo sviluppo del rivelatore sottomarino KM3NET

Potenziamento delle infrastrutture di Calcolo (CNAF) per l'analisi delle grandi quantità di dati prodotte dagli esperimenti a terra e nello spazio della CNS2

INIZIATIVE PER LA FORMAZIONE

Ogni anno vengono realizzate in media 5 conferenze o scuole dedicate ai temi della CNS2 allo scopo di migliorare la conoscenza dei temi scientifici e tecnologici legati a queste ricerche. Tali attività sono sostenute con gli appositi fondi per la formazione messi a disposizione dall' INFN.

3.4 LA FISICA NUCLEARE

L'attività descritta in questo paragrafo è coordinata dalla **Commissione Scientifica Nazionale III (CSN3)**. La descrizione dettagliata delle attività della CSN3 è disponibile al sito web: <http://www.infn.it/csn3/>

ATTIVITÀ DI RICERCA

I progetti di Fisica Nucleare dell'INFN realizzati presso i

laboratori nazionali ed esteri (tra cui il CERN) vedono il forte coinvolgimento dei ricercatori italiani in ambito internazionale con ruoli di responsabilità e seguono orientamenti fortemente sostenuti dall'ESF (*European Science Foundation*) attraverso il NuPECC, comitato di programmazione europeo a cui l'INFN partecipa.

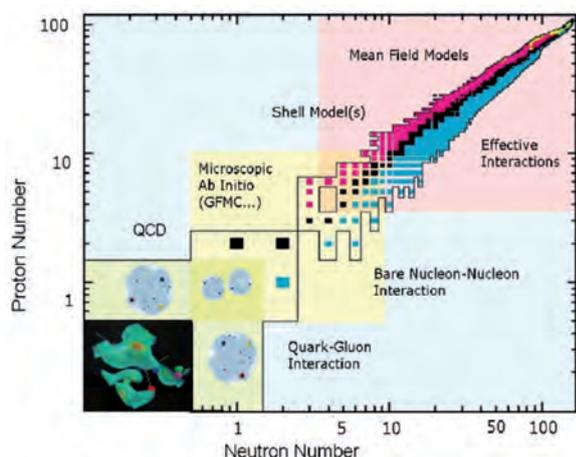


Fig. 3.11: La carta dei nuclei con indicati i diversi modelli e le loro regioni di applicazione, a partire dalla struttura del nucleone fino alla struttura dei nuclei più complessi.

L'obiettivo scientifico della Fisica Nucleare moderna è quello d'indagare l'origine, l'evoluzione, la struttura dei nuclei e dei loro costituenti (detti adroni) e le diverse fasi della materia nucleare. Questa missione rappresenta una sfida molto impegnativa e richiede la risposta a una serie di domande chiave relative alla genesi dell'Universo e alla nucleosintesi primordiale nonché alla comprensione del meccanismo di formazione degli elementi dalle esplosioni stellari.

Il tema unificante è quello di comprendere come oggetti complessi a molti corpi possano essere ricondotti a ingredienti semplici come i loro costituenti, le loro interazioni, le proprietà di simmetria e le leggi di conservazione. La descrizione di questi sistemi richiede modelli teorici diversi a seconda della scala considerata: il modello a quark per i costituenti del nucleo (nucleoni), i modelli a campo medio (shell e collettivi) con interazioni tra nucleoni microscopiche o efficaci per i nuclei (vedi fig. 3.11).

Seguendo la classificazione del NuPECC, la sperimentazione in fisica nucleare dell'INFN è organizzata in 4 linee:

- **struttura e dinamica degli adroni (protoni, neutroni e le particelle soggette alla forza nucleare forte, alla base della formazione dei nuclei);**
- **transizioni di fase della materia adronica;**
- **struttura e reazioni nucleari;**
- **astrofisica nucleare e ricerca interdisciplinare.**

In tutti questi settori i ricercatori INFN (oltre 520 ricercatori equivalenti la cui distribuzione tra le varie categorie professionali e l'ammontare dei fondi investiti per le attività scientifiche della CSN3 nell'ultimo triennio sono mostrati in tabella 3.3) sono fortemente coinvolti, con molte posizioni di leadership in ambito internazionale. Essi ottengono ottimi risultati di alto prestigio non solo nell'ambito della ricerca di base, ma anche per le ricadute di tipo applicativo molto rilevanti per la nostra società. L'attività svolta e l'alta qualità dei risultati collocano l'INFN al più alto livello nel campo della fisica nucleare tra gli istituti di ricerca in ambito internazionale e permettono, grazie allo stretto legame con l'Università, la formazione di studenti e di giovani ricercatori in un settore strategico per lo sviluppo del Paese.

La tabella 3.3 mostra la composizione, riferita al 2010, del personale che svolge le attività di fisica nucleare e le risorse finanziarie utilizzate nel triennio 2008-2010.

LINEA SCIENTIFICA: CSN3

FTE INFN staff + art.23,15 (anno 2010)	150
FTE Associati staff (anno 2010)	194
Assegnisti, borsisti, dottorandi (anno 2010)	180
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (M€)	35,2
di cui spese per investimenti (inv., c.a.) 2008-2010 (M€)	10,4

Tab. 3.3: Composizione, risorse finanziarie e investimenti per la CSN3.

LA STRUTTURA E LA DINAMICA DEGLI ADRONI

La teoria che descrive i quark e le loro interazioni (detta Cromo Dinamica Quantistica, *Quantum Chromo Dynamics* o QCD) non è ancora in grado di spiegare in modo soddisfacente la struttura (osservazione: propongo di eliminare la parola interna) dei nucleoni. Ad esempio, rimane ancora da chiarire come i quark e i gluoni si combinino per generare le ben note proprietà del protone e del neutrone, quali massa, spin e momento angolare, e anche a produrre lo spettro delle risonanze barioniche.

Lo studio della struttura degli adroni con sonde elettromagnetiche, che hanno la capacità di entrare in profondità senza alterare sostanzialmente il sistema, viene condotto in Germania, a Bonn, con fotoni di energia fino a 3 GeV (esperimento MAMBO) e al laboratorio americano JLab, in Virginia, con fotoni ed elettroni di energia fino a 6 GeV (esperimento JLAB12). In particolare, sono in programma misure inclusive ed esclusive di alta precisione con fasci e bersagli polarizzati volte alla ricerca di risonanze

barioniche predette dalla teoria ma non ancora identificate e allo studio delle correlazioni spin-moto orbitale nel nucleone. Si tratta di ricerche di grande interesse in fisica adronica, che costituiscono la motivazione principale dell'innalzamento a 12 GeV dell'energia dei fasci del JLab.

Produrre in laboratorio adroni diversi dai nucleoni e farli interagire con i nuclei permette di comprendere le diverse proprietà dell'interazione forte in presenza di materia nucleare. Di particolare interesse sono i kaoni che contengono un quark con sapore stranezza (quark "strano") e che possono essere catturati o formando atomi kaonici in cui un kaone si muove su "orbita" con raggi circa 1000 volte minori di quelle tipicamente elettroniche (esperimento SIDDARTHA) oppure formando i cosiddetti ipernuclei, dove un nucleone è sostituito da una particella più pesante che contiene un quark "strano" (esperimento FINUDA). La sperimentazione con kaoni presso LNF ha portato alla misura più precisa ora esistente del sistema protone-kaone (idrogeno kaonico) e del ^4He , grazie agli alti valori di luminosità ottenuti per il collisionatore DAFNE e ad una maggiore precisione dei rivelatori. Nel caso dell' ^4He i nuovi dati concordano con la teoria e risolvono una controversia aperta da dati preesistenti tra di loro discordanti.

Anche i risultati sugli ipernuclei, d'interesse per i modelli che descrivono l'interno delle stelle di neutroni, sono molto nuovi e molto selettivi e stanno avendo un impatto importante nel delineare il programma scientifico al laboratorio giapponese JPARC (*Japan Proton Accelerator Research Complex*).

La collaborazione PANDA sta preparando la sperimentazione relativa allo studio molto dettagliato della struttura (propongo di eliminare la parola interna) degli adroni e delle diverse fenomenologie prodotte dall'interazione forte utilizzando come sonda un fascio di antiprotoni (l'antiparticella del protone nel mondo speculare dell'antimateria) presso il laboratorio internazionale FAIR (*Facility for Antiproton and Ion Research*) in costruzione a Darmstadt, Germania. Questo fascio avrà caratteristiche di intensità e purezza uniche al mondo. Attualmente i ricercatori di PANDA sono impegnati in un'intensa attività di R&D per il rivelatore e di simulazione per le prestazioni strumentali e per la fisica. Per i programmi a più lungo termine a FAIR è in corso un'attività per sviluppare una tecnica molto efficace per la polarizzazione di antiprotoni (PAX) per realizzare in futuro studi sullo spin dei quark.

TRANSIZIONI DI FASE NELLA MATERIA ADRONICA

La collisione tra ioni a energie ultrarelativistiche è caratterizzata da densità di energie sufficientemente elevate da permettere una transizione dalla materia adronica ad

uno stato deconfinato di quark e gluoni, la stessa che si presume abbia avuto luogo nell'Universo primordiale, nei primi dieci milionesimi di secondo dopo il Big Bang. Lo studio del quark-gluon plasma è l'ambizioso obiettivo scientifico dell'esperimento ALICE al collisionatore LHC al CERN di Ginevra. L'interazione di ioni Pb a energie di 5.5 TeV assicurerà la produzione di una miriade di particelle (adroni coi loro decadimenti in leptoni) e la loro misura permetterà di comprendere la materia nucleare in condizioni estreme di temperatura e di densità di energia.

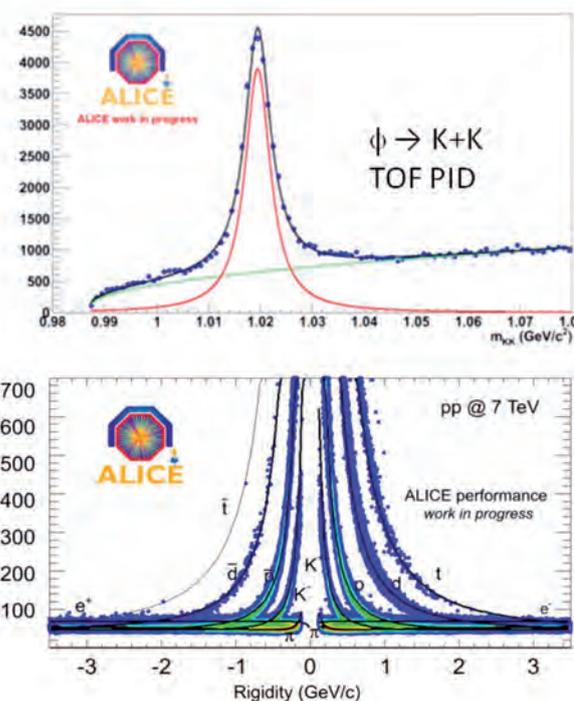


Fig. 3.12: Alcuni risultati ottenuti da ALICE con i dati raccolti nelle collisioni protone protone a 7 TeV. In alto lo spettro di massa invariante delle coppie di KK identificate con il rivelatore a tempo di volo (TOF) e in basso il grafico della perdita di energia per ionizzazione misurata dalla camera a proiezione temporale (TPC) in cui appaiono anche le curve relative ai nuclei di deuterio e trizio e ai corrispondenti antinuclei.

In tutti i suoi diversi aspetti la sperimentazione di ALICE a LHC rappresenta una sfida sia come complessità tecnologica sia come dimensioni e ampiezza della collaborazione. La partecipazione INFN in ALICE ha avuto e ha un ruolo centrale nell'esperimento, dapprima nella costruzione dell'apparato e attualmente nella conduzione della sperimentazione e nell'analisi dei dati, come testimoniato dai vari ruoli di responsabilità. Sfruttando le collisioni protone-protone ALICE ha ottenuto nel 2010 numerosi risultati utili a caratterizzare le collisioni e tra essi quelli sulla formazione di risonanze e di nuclei e anti nuclei (vedi figura 3.12). Va sottolineata l'importanza delle misure di molteplicità delle particelle cariche e del rapporto protone antiprotone alle energie di 0.9 e 7 TeV nel centro di

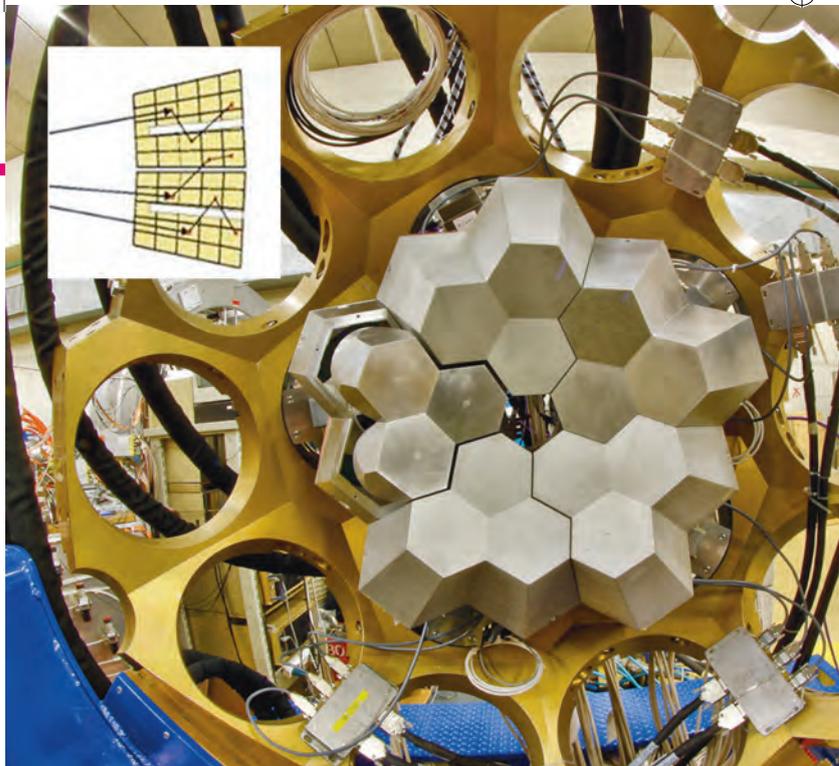


Fig. 3.13: Il dimostratore del rivelatore AGATA, che usa la tecnica del tracciamento dell'interazione gamma con la materia (schematizzata nel disegno), montato ai Laboratori Nazionali di Legnaro.

massa, che forniscono rilevanti verifiche dei modelli teorici. Molti altri risultati saranno disponibili a breve e in particolare anche dalle collisioni tra Pb-Pb acquisite a fine anno a LHC. Nel loro complesso i risultati ottenuti mostrano l'eccellente funzionamento dell'acceleratore LHC e dell'apparato ALICE sia per la parte strumentale sia per l'analisi dati.

STRUTTURA NUCLEARE E MECCANISMI DI REAZIONE

Il problema centrale attualmente affrontato con particolare vigore nei diversi laboratori (Europa, Usa e Giappone) è quello dell'evoluzione delle proprietà caratteristiche dei nuclei e/o della materia nucleare asimmetrica (masse, interazioni, simmetrie, eccitazioni, gradi di libertà collettivi), in presenza cioè di un rapporto anomalo di neutroni e protoni. L'ambizioso programma, che richiede molte informazioni sperimentali, è infatti quello di comprendere i limiti della stabilità nucleare e ottenere in laboratorio nuclei non presenti sulla Terra ma che potrebbero invece esistere in condizioni simili a quelle che si realizzano nel cosmo.

Le collaborazioni INFN impegnate in queste problematiche sono molto attive e utilizzano prevalentemente i fasci di ioni dei laboratori di Legnaro, LNL (esperimenti GAMMA, NUCL-EX, PRISMA, EXOTIC) e di Catania, LNS (esperimenti EXOCHIM, FRAG, MAGNEX, LNS-STREAM) ma anche i fasci di ioni radioattivi dei laboratori esteri, in particolare GANIL in Francia e al GSI *Helmholtz Centre for Heavy Ion Research* (Darmstadt, Germania).

L'argomento su cui la sperimentazione INFN si è focalizzata è quello dei nuclei lontano dalla stabilità e in particolare di quelli ricchi di neutroni, dei quali si studiano le diverse eccitazioni (particella singola e collettive) che portano informazioni

sulle interazioni e sulla materia neutronica, attualmente di grande interesse anche per l'astrofisica, in particolare per la nucleosintesi degli elementi pesanti e per le stelle di neutroni. Esperimenti a LNL e GSI di responsabilità delle collaborazioni INFN hanno dato contributi significativi per isolare interessanti effetti del sistema a moti corpi tra cui gli accoppiamenti di fononi di vibrazione alle particelle, effetti di pairing ed eccitazioni che coinvolgono vibrazioni puramente neutroniche. Esperimenti con l'apparato CHIMERA ai LNS hanno fornito risultati particolarmente interessanti sulla dipendenza dell'energia di simmetria (presente quando vi è un'asimmetria nel numero di protoni e neutroni) dalla densità barionica, rilevanti per la descrizione delle stelle di neutroni. Questi esperimenti saranno successivamente estesi a energie più alte con nuove misure in programma a GSI con la responsabilità INFN.

Ai LNS si sta inoltre realizzando un programma di misure di frammentazione, alcune d'interesse per la cura dei tumori con fasci di particelle nucleari (adroterapia) e altri per creare nuclei nella regione di instabilità protonica. A LNL è iniziata la prima fase del rivelatore AGATA (dimostratore AGATA vedi figura 3.13) della collaborazione internazionale europea che è basata sulla tecnica del tracciamento dell'interazione gamma con la materia. Questo metodo ha un forte potenziale applicativo nell'ambito della tecnologia dell'elaborazione di immagini (*imaging*), oggi impiegata diffusamente in ambito medico e nel settore della sicurezza, per la rilevazione dei materiali illegali attraverso la scansione gamma delle merci viaggianti. Le misure di fisica programmate riguardano lo studio di modi di eccitazioni in nuclei moderatamente ricchi di neutroni, che sono d'interesse e preparatori anche in vista della sperimentazione con fasci radioattivi di prossima generazione, come quelli di SPES o SPIRAL2. A LNS si utilizzeranno sempre di più i fasci radioattivi di nuclei leggeri prodotti sia da EXCYT che con la tecnica della frammentazione in volo.

ASTROFISICA NUCLEARE E RICERCA INTERDISCIPLINARE

Poiché le stelle sono vere centrali di energia nucleare galattica, è importante, per capire la loro vita, realizzare in laboratorio misure di alta precisione delle reazioni chiave coinvolte. Queste reazioni nucleari giocano un ruolo essenziale nell'origine ed evoluzione delle nostre galassie, sulle abbondanze degli elementi e sui flussi di neutrini. L'esperimento LUNA al Laboratorio Nazionale del Gran Sasso si è concentrato recentemente su reazioni nucleari riguardanti la combustione dell'idrogeno nel ciclo CNO che coinvolge i nuclei di Carbonio, Azoto e Ossigeno ed

è la principale sorgente d'energia delle stelle più massive. È inoltre iniziata una misura finalizzata a capire perché i modelli di nucleosintesi primordiali prevedano una quantità di ${}^6\text{Li}$ che è 2-3 ordini di grandezza inferiore rispetto alle misure in stelle povere di metalli. I programmi a più lunga scadenza richiedono invece un nuovo acceleratore con energie di 4-5 MeV.

È proprio grazie a uno studio sistematico di numerosi meccanismi e reazioni nucleari che oggi siamo in grado di fare passi avanti nella comprensione del processo della nucleosintesi. Sfruttando tecniche particolari, ad esempio la cinematica inversa (esperimento ERNA a Caserta) e quella detta del cavallo di Troia (esperimento ASFIN ai LNS), si sono e si stanno misurando reazioni utili a questo importante scopo. Sono di rilievo in questo contesto i dati relativi ad affrontare il problema della scarsità degli elementi Li, B e Be e utili per i modelli che descrivono i fenomeni che avvengono all'interno delle stelle, la produzione di neutrini solari inclusa.

Lo studio delle reazioni neutrone-nucleo sta attualmente ricevendo molta attenzione in molti laboratori, non solo perché la cattura neutronica riveste grande importanza per la nucleosintesi degli elementi più pesanti del ferro ma anche per contribuire alle tecnologie nucleari emergenti. La collaborazione n-TOF al CERN è fortemente impegnata in questi studi, ha ottenuto risultati di grande interesse e ha un programma ben delineato per i prossimi anni ed in particolare farà ricerca utile per gli sviluppi nel campo di produzione dell'energia nucleare mediante fissione. Sono inoltre allo studio possibili attività con nuove sorgenti di neutroni anche presso i laboratori INFN.

Nel campo della fisica fondamentale lo studio dell'antimateria fornisce una verifica stringente alle interazioni e simmetrie che stanno alla base dei modelli teorici. L'attività sulla spettroscopia dell'antiidrogeno (l'atomo più semplice di antimateria), sulle sezioni d'urto di antiprotoni a energie di pochi keV e sulla verifica della simmetria CPT sono in corso al CERN con le collaborazioni ASACUSA e AEGIS.

PROSPETTIVE

Tutte e quattro le linee scientifiche della CSN3 hanno prospettive, anche a lungo termine, certamente di grande interesse.

Per la dinamica dei quark ci si aspetta l'estensione del programma di fisica da 6 a 12 GeV a JLAB e la preparazione del nuovo esperimento PANDA con un programma di fisica che si basa sull'uso di antiprotoni alla facility internazionale

FAIR che appartiene alla lista ESFRI. PANDA fornirà verifiche molto stringenti sull'interazione tra quark, gluoni e quark-gluoni (teoria QCD), sulla struttura interna del nucleone e sulle proprietà delle particelle nella materia nucleare.

L'esperimento JLAB12 ha come obiettivo quello di completare la preparazione del nuovo tracciatore indispensabile per partire con la sperimentazione con i fasci a 12 GeV. Un altro obiettivo è quello di portare avanti la realizzazione del rivelatore per neutroni.

Per l'ambizioso studio del quark-gluon plasma e quindi della materia dopo il Big Bang, è chiaro che l'esperimento ALICE a LHC avrà la possibilità di produrre fisica nuova con alto potenziale di scoperta nei prossimi dieci anni. ALICE deve potenziare i centri GRID come previsto nei piani pluriennali e iniziare l'upgrade dei rivelatori per la presa dati a LHC dopo il 2016 che sarà fatta con fasci di più alta energia e maggiore intensità.

Per lo studio della struttura e delle reazioni nucleari si è aperta un'era nuova con i fasci di nuclei radioattivi. Ci si focalizzerà sui nuclei sempre più lontani dalla valle di stabilità le cui proprietà sono determinanti per capire il cosmo, la vita delle stelle, la nucleosintesi e la produzione d'energia. Questo programma è fortemente legato ai miglioramenti previsti agli acceleratori esistenti ai LNL e LNS, al completamento della prima fase di AGATA e, a più lungo termine, al progetto SPES. Queste attività, anche se incentrate presso i nostri laboratori Nazionali, sono in stretta collaborazione internazionale e la realizzazione dei programmi scientifici necessita lo svolgimento di attività comuni presso i laboratori esteri in Europa (incluso il CERN), Usa e Giappone. Sono particolarmente consolidate da molti anni le collaborazioni con GANIL per SPIRAL2 e GSI-FAIR per NUSTAR. Con GANIL è in corso da anni un accordo di collaborazione formalizzato tra INFN e IN2P3.

Per l'astrofisica nucleare bisognerà portare avanti l'upgrade di LUNA con un acceleratore di 3-4 MeV. In quest'ambito si rafforzerà la collaborazione internazionale. Il tema di punta è quello di capire la produzione e l'abbondanza di carbonio oltre ad altri aspetti legati alla nucleosintesi dei nuclei leggeri.

Le prospettive di ricerca in Fisica Nucleare sono senza dubbio molto attraenti anche per le loro sempre maggiori ricadute applicative in settori strategici come quello medico e dell'energia e meritano quindi d'essere perseguite con adeguate risorse di personale e strumentazione.

HIGHLIGHT DEL 2010

- **Prima evidenza dell'effetto di nuclei alone negli isotopi**

ricchi di neutroni del Be basato sul confronto di misure realizzate ai LNS e al CERN ISOLDE.

- Risultati sulla molteplicità delle particelle cariche, sulle distribuzioni di impulso trasverso e sul rapporto di produzione protoni-antiprotoni per le collisione p-p alle energie nel centro di massa di 0.9, 2.36 e 7 TeV e sul flusso ellittico e la soppressione della produzione di particelle cariche ad alto impulso trasverso nelle collisioni centrali di nuclei di piombo all'energia di massa di 2.76 TeV nel sistema nucleone-nucleone ottenuti con il rivelatore ALICE.
- Prime misure di spettroscopia gamma con il rivelatore AGATA ai LNL accoppiato allo spettrometro PRISMA e ad altri rivelatori di particelle cariche.
- Misura di atomi kaonici di ^4He a LNF, di rilievo perché risolvono un problema aperto dovuto a precedenti risultati discordanti; inoltre, essi confermano chiaramente le predizioni della teoria esistente.

MILESTONE DEL PERIODO 2011-2013

- Realizzazione dei nuovi rivelatori per apparato CLAS a JLAB(USA) e inizio della sperimentazione a 12 GeV per studiare la struttura del nucleone e la dinamica dei quarks
- Risultati finali relativi a misure sugli degli atomi kaonici realizzate al LNF per verificare i limiti a bassa energia del modello di quantum cromodynamics.
- Misure con ALICE a LHC finalizzate a trovare effetti nuovi che caratterizzano il quark-gluon plasma.
- Ampliamento delle strutture di calcolo basate sulla GRID per l'esperimento ALICE che richiede un'intensa attività d'analisi.
- Completamento della fase di misure di spettroscopia gamma a LNL con l'apparato AGATA costruito in collaborazione europea. Inizio della seconda campagna di misure con fasci radioattivi presso il laboratorio GSI
- Inizio di un'attività ai LNS con fasci radioattivi prodotti da frammentazione e utilizzando l'apparato CHIMERA ampliato con un nuovo sistema di rivelazione.
- Completamento di una serie di misure per la descrizione della nucleosintesi di Big Bang con l'apparato LUNA al LNGS e studio di fattibilità per una serie di nuove misure con un nuovo acceleratore per energie di qualche MeV.

3.5 LA FISICA TEORICA

L'attività descritta in questo paragrafo è coordinata dalla Commissione Scientifica Nazionale IV (CSN4). La descrizione dettagliata delle attività della CSN4 è disponibile al sito [web: https://web.infn.it/CSN4/](https://web.infn.it/CSN4/)

MISSIONE

Lo studio delle questioni fondamentali della fisica delle particelle e nucleare sta entrando in un periodo di grande interesse dovuto allo sviluppo di fronti sperimentali di fondamentale importanza lungo le tre linee dell'alta energia (LHC), dell'alta intensità (fisica del "flavour") e della fisica astroparticellare (in particolare ricerche dirette e indirette di materia oscura).

La fisica teorica partecipa a queste ricerche con la formulazione di modelli teorici che estendono il Modello Standard delle interazioni fondamentali, sia per includere la fisica della simmetria elettrodebole, che per descrivere candidati particellari di materia oscura. Sono note le potenziali connessioni tra i due temi, così come le possibili relazioni con la fisica del sapore e/o la fisica dell'unificazione. Importantissimo risulta inoltre lo studio delle possibili manifestazioni fenomenologiche di interazioni forti alla scala di Fermi, quella che sarà esplorata da LHC o, nel contesto di teorie supersimmetriche, lo studio di configurazioni fenomenologicamente peculiari e della loro origine nel contesto di nuovi meccanismi di rottura di simmetria. Analogamente è essenziale proseguire l'attività di analisi dei dati provenienti dagli esperimenti di astrofisica, ad esempio nello studio delle correlazioni tra segnali di materia oscura potenzialmente rilevabili nei diversi esperimenti sia in generale che in modelli definiti. La correlazione tra segnali diretti ed indiretti di materia oscura e la produzione ed identificazione della stessa a LHC costituisce una delle più interessanti tematiche di teorie di nuova fisica oltre il Modello Standard. A questi studi si affianca l'attività di ricerca sulla fisica del sapore, inclusi i meccanismi di leptogenesi nel contesto di teorie unificate, lo studio del mescolamento dei fermioni in modelli con e senza la presenza di supersimmetria alla scala debole o dimensioni extra, vale a dire nuove dimensioni oltre alle 3+1 dello spazio e del tempo rispettivamente.

Vi è poi un importante settore della fisica teorica che, in luogo di seguire un percorso di tipo "bottom-up", ovvero, un percorso che, partendo dalla fenomenologia, giunge all'elaborazione di teorie di nuova fisica, percorre invece un cammino di tipo "top-down", cioè da astratte teorie spesso basate su sofisticati strumenti matematici giunge ad implicazioni fenomenologiche da confrontare con risultati sperimentali o già presenti o, più sovente, da ottenere nei prossimi esperimenti.

Vi è poi un importante settore della fisica teorica che, in luogo di seguire un percorso di tipo "bottom-up", ovvero, un percorso che, partendo dalla fenomenologia, giunge all'elaborazione

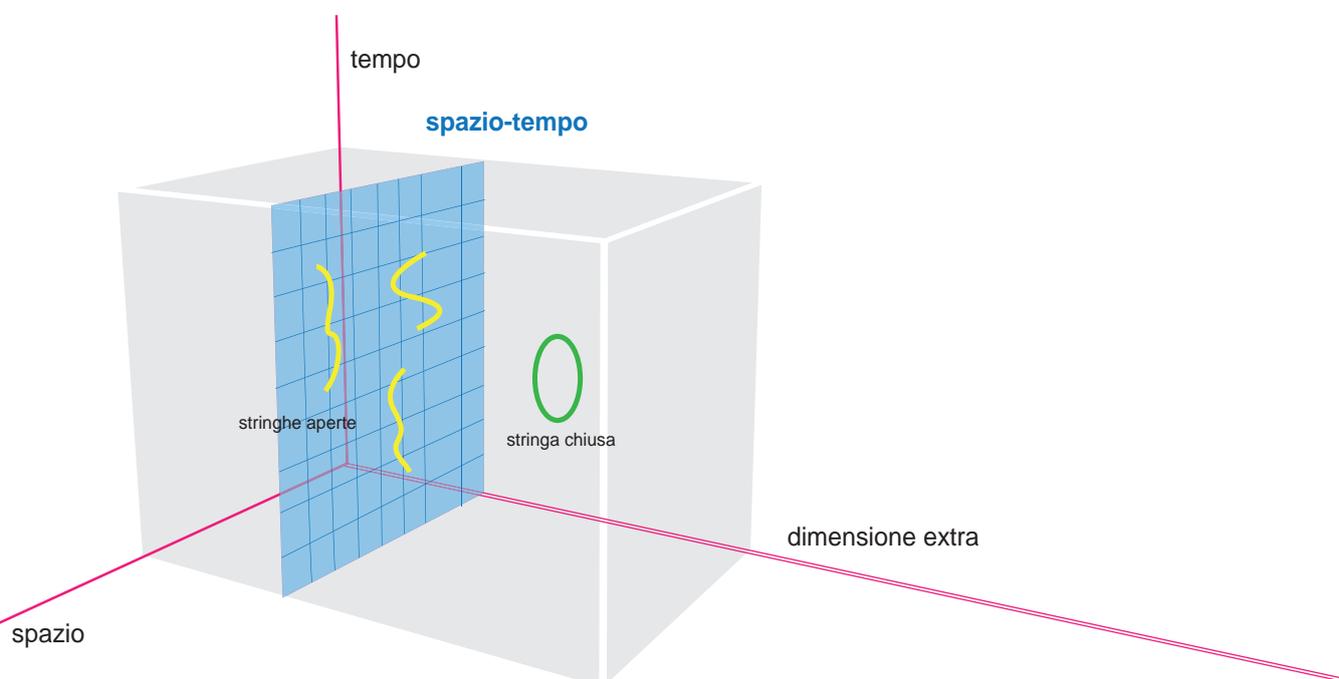


Fig. 3.14: Rappresentazione della relazione tra spazio-tempo, stringhe (aperte o chiuse) e dimensioni extra (da un disegno di Gabriele Veneziano).

di teorie di nuova fisica, percorre invece un cammino di tipo "top-down", cioè da astratte teorie spesso basate su sofisticati strumenti matematici giunge ad implicazioni fenomenologiche da confrontare con risultati sperimentali o già presenti o, più sovente, da ottenere nei prossimi esperimenti. Esempio tipico di quest'ultimo modo di procedere è rappresentato dalle teorie di corda ("string theory") in cui, per la prima volta, è stato possibile ottenere una teoria quantizzata della gravità unificata con la descrizione delle altre interazioni fondamentali, elettrodebole e nucleare forte.

SETTORI DI RICERCA

L'attività coordinata dalla CSN4, sviluppata in stretta collaborazione col mondo accademico, non si esaurisce nei temi menzionati precedentemente, ma ha importanti estensioni nello studio degli aspetti più formali della teoria dei campi e di stringa, nella fisica matematica, nella fisica statistica, nella biofisica, turbolenza o modelli economici. In effetti tale attività è organizzata in sei settori qui brevemente illustrati:

a) STRINGHE E TEORIA DEI CAMPI

Superstringhe, Supergravità, Teorie Supersimmetriche; Dimensioni Extra; Gravità Quantistica e Cosmologia; Dinamica Non-perturbativa nelle Teorie di Gauge; QCD a grandi distanze e applicazioni alla meccanica statistica; Fenomeni Critici e Gruppo di Rinormalizzazione. Stretta connessione con gli altri settori della CSN4, organizzazione di svariati workshop al centro GGI di Arcetri, organizzazione di conferenze internazionali e scuole, moltissime tesi di laurea e di dottorato.

b) FENOMENOLOGIA DELLE PARTICELLE

Fisica del Neutrino; Fisica dei Sapori; Fisica oltre il Modello Standard (BSM); QCD; Miscellanea di Fisica

Adronica. Stretta connessione con le ricerche della CSN1, in particolare LHC e SuperB Factory, organizzazione di svariati workshop al centro GGI di Arcetri, organizzazione di conferenze internazionali e scuole, moltissime tesi di laurea e di dottorato.

c) FISICA ADRONICA E NUCLEARE

Fisica degli Ioni Pesanti; Materia adronica e modelli di QCD; Struttura e Reazioni; Fasci Radioattivi; Studi Numerici delle Fasi di QCD. Stretta connessione con le ricerche delle CSN1 e CSN3, partecipazione alle attività di LHC e Jefferson Lab, organizzazione di svariati workshop al centro GGI di Arcetri, organizzazione di conferenze internazionali e scuole, molte tesi di laurea e di dottorato.

d) METODI MATEMATICI

Relatività Generale e Fisica gravitazionale, incluse le onde gravitazionali; Geometria non commutativa e Gruppi quantistici; Struttura algebrica in teorie di campo; Metodi di quantizzazione; Stabilità dinamica a livello classico e quantistico; *Entanglement*, *Randomness* e *chaos*; stati *pseudo-random* da *chaotic maps*; Geometria di sistemi dinamici e sistemi integrabili. Stretta connessione con il settore a), importanti attività riguardanti le proprietà matematiche della meccanica quantistica per applicazioni a Computer Science e Crittografia, organizzazione di conferenze e scuole, molte tesi di laurea e di dottorato.

e) ASTROPARTICELLE E COSMOLOGIA

Fisica delle stelle di neutroni; Deconfinamento dei quark; Supernovae; Sorgenti di radiazione astrofisiche; Neutrini in fisica, astrofisica e cosmologia; Sorgenti di onde gravitazionali, Buchi neri; Cosmologia; Inflazione; Materia oscura ed energia oscura; Analisi dei dati e simulazioni numeriche; Fenomenologia alla scala di Planck; Teorie

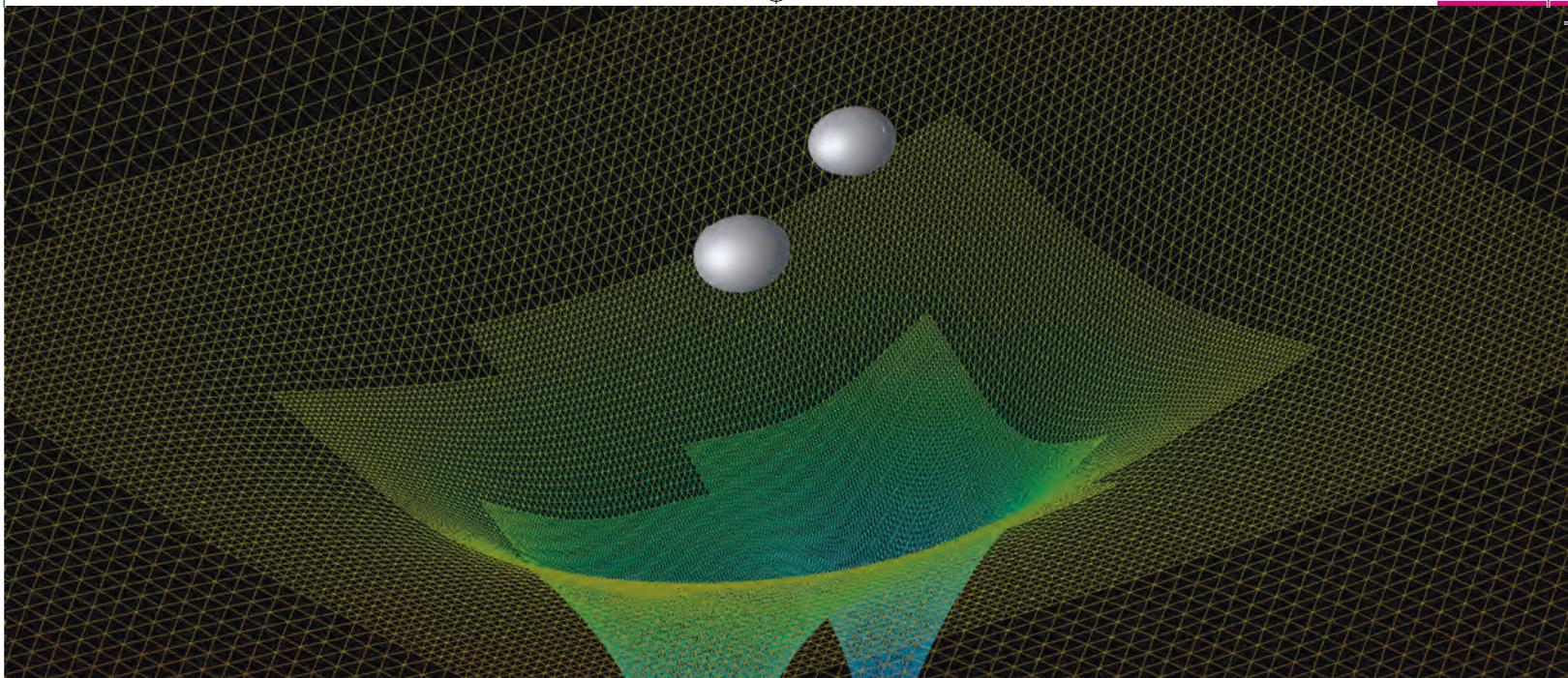


Fig. 3.15: Simulazione al computer della coalescenza di un sistema binario di buchi neri nello spazio tempo curvo.

della gravità. Stretta connessione con le ricerche delle CSN2, organizzazione di svariati workshop al centro GGI di Arcetri, organizzazione di conferenze internazionali e scuole, moltissime tesi di laurea e di dottorato.

f) **TEORIA DEI CAMPI E MECCANICA STATISTICA**

Metodi non-perturbativi in teorie di campo applicate a sistemi statistici; Biofisica quantitativa; Turbolenza; Sistemi disordinati e *spin glasses*; Reti neurali. Attività interdisciplinari in stretta connessione con biologi, chimici, ricercatori in medicina, ingegneri, anche per applicazioni tecnologiche, organizzazione di conferenze internazionali e scuole, moltissime tesi di laurea e di dottorato.

Nell'ambito di tali attività, la ricerca teorica in ambito INFN ha svolto, e certamente svolgerà nel futuro, un ruolo chiave, con contributi di grande rilievo, ampiamente riconosciuti a livello internazionale, come dimostrato dal grandissimo numero di citazioni e inviti a tenere i maggiori seminari di rassegna alle maggiori conferenze internazionali. Molto sviluppata è inoltre la collaborazione, e la pubblicazione di lavori congiunti, con ricercatori provenienti da prestigiosi istituti e laboratori di tutto il mondo, nonché lo scambio di giovani ricercatori mediante l'assegnazione di borse di dottorato o post-dottorali, finanziate attraverso progetti italiani o europei, o finanziati direttamente da istituti di ricerca esteri. La produzione scientifica annua ammonta a circa 1200 lavori, pubblicati su riviste internazionali con *referee*.

Per i complessi calcoli numerici richiesti dalle attività di ricerca nel campo dell'astrofisica, fisica nucleare, fisica dei collisionatori adronici e meccanica statistica, nel 2010 la CSN4 ha realizzato un cluster di PC (1024 cores per un potenza complessiva di circa 10 Teraflops, 1 GB di RAM per core) presso la sezione di Pisa dell'INFN. Tale

cluster é entrato in funzione nell'estate 2010 a appena 6 mesi dall'approvazione del progetto.

LINEA SCIENTIFICA CSN4

FTE INFN staff + art.23,15 (anno 2010)	95
FTE Associati staff (anno 2010)	368
Assegnisti, borsisti, dottorandi (anno 2010)	100
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (M€)	8,1
di cui spese per investimenti (inventario, apparati) 2008-2010 (M€)	1,2

Tab. 3.4: Composizione, risorse finanziarie e investimenti per la CSN4.

La CSN4 rappresenta un organismo strategico per lo sviluppo della fisica teorica in Italia, con uno spettro di settori di interesse più ampio di quello di stretta competenza INFN. Questo ruolo è stato possibile grazie a un'attitudine culturale saggia e aperta e con il mantenimento di una stretta collaborazione col mondo accademico. Molti dei risultati più significativi sono il frutto di una fertilizzazione incrociata dell'INFN con le Università e con altri enti di ricerca italiani e stranieri.

HIGHLIGHT 2010

- Intenso e importante lavoro teorico in preparazione ai dati di LHC, in particolare algoritmi generali per calcoli NLO di jets di QCD a LHC
- Studio teorico dei risultati di PAMELA e FERMI sui positroni sia dal punto di vista di eventuale rivelazione indiretta di materia oscura sia per quanto riguarda la caratterizzazione di incertezze astrofisiche
- Studio di diversi scenari di inflazione cosmologica e dei loro possibili test dall'osservazione della radiazione di

fondo cosmica del satellite Planck.

- Interpretazione di segnali di violazione di CP nei decadimenti del mesone B in termini di nuova fisica alla scala elettrodebole.

COMPOSIZIONE

Alle attività di ricerca della CSN4 contribuiscono circa 1000 scienziati provenienti da tutte le sezioni dell'INFN e dai quattro laboratori nazionali.

La tabella 3.4 riassume la composizione del personale e le risorse finanziarie.

Iniziative specifiche

La CSN4 si articola in 52 progetti di ricerca denominati "Iniziative Specifiche", che aggregano ricercatori di diverse sezioni per conseguire comuni finalità scientifiche. Le iniziative scientifiche, ripartite nei sei settori di ricerca, sono valutate ogni tre anni da *referee* esterni (nella quasi totalità stranieri, appartenenti a prestigiosi enti di ricerca) e le assegnazione dei fondi di ricerca dipendono dalla valutazione conseguita dalle iniziative. I campi di ricerca di maggior investimento riguardano i settori di Stringhe e Teoria dei Campi, Fenomenologia delle Particelle e Fisica Astroparticellare e Cosmologia.

GALILEO GALILEI INSTITUTE (GGI)

Una delle iniziative di maggior successo della CSN4 è costituita dall'Istituto Galileo Galilei (GGI) di Arcetri. Il GGI si è conquistato una fama internazionale, e rappresenta già una solida tradizione, nell'organizzazione di workshop internazionali a cui hanno partecipato scienziati provenienti da tutto il mondo. I fondi necessari al funzionamento del centro, forniti a questo scopo dall'INFN, permettono di organizzare circa tre workshop l'anno, di durata variabile tra 8 e 12 settimane, oltre ad alcune scuole post-dottorali, miniworkshop e meeting di varia natura. Qualche esempio preso dal recente passato/prossimo futuro:

Fig. 3.16: L'Istituto Galileo Galilei (GGI) per la fisica teorica ad Arcetri (FI).



2010

- > *Indirect Searches for New Physics at the time of LHC, (Febr 15 - March 26)*
- > *Dark Matter: Its Origin, Nature and Prospects for Detection, (April 26 - June 19)*
- > *AdS4/CFT3 and the Holographic States of Matter, (Aug 30-Nov 5)*

2011

- > *Large-N Gauge Theories, (April 4 - June 24),*
- > *High-energy QCD after the start of the LHC, (Sept 5 - Oct 21), 7 weeks*
- > *Interpreting LHC Discoveries, (31 Oct - 25 Nov), 4 weeks*

TRAINING E ALTRE ATTIVITÀ EDUCATIVE

In ambito CSN4 vengono date circa 390 tesi universitarie per anno (circa 150 triennali, 140 specialistiche o magistrali, e 70 tesi di dottorato). Con propri fondi, la CSN4 finanzia alcune scuole nazionali e internazionali per studenti di dottorato e borsisti post-dottorali (Scuola di Parma, Scuola B. Touschek a Frascati, Scuola di Otranto, ICTP, Laces al GGI, Scuola congiunta CSN1-CSN4 su LHC), e visite scientifiche per 150 giornate-uomo al GGI e per 400 giornate-uomo all'ICTP. La CSN4 promuove attivamente lo scambio di ricercatori tramite una serie di convenzioni tra l'INFN e ITEP, JINR e IGEP (Russia), MEC (Spagna), MIT (USA).

MILESTONE DEL PERIODO 2011-2013

- Sviluppo di un approccio di ricerca sinergico nei riguardi delle tre maggiori problematiche teoriche connesse con la ricerca sperimentale particellare di questo decennio: meccanismo sottostante la rottura spontanea della simmetria che descrive le interazioni elettrodeboli (fisica all'LHC), spiegazione dei rapporti di massa e dei mescolamenti con violazione di CP tra i costituenti fondamentali della materia (quarks e leptoni) (in particolare fisica dei mesoni B da studiare alla macchina acceleratrice SuperB e nell'esperimento LHCb), nuove particelle elementari costituenti la materia oscura, ovvero più dell'80% della materia dell'Universo che non è fatta di protoni e neutroni (ricerca di materia oscura al laboratorio sotterraneo del Gran Sasso e negli esperimenti spaziali quali PAMELA, FERMI e AMS/02).
- La ricerca teorica sopraddetta sarà condotta in stretta collaborazione con le componenti sperimentali dell'Ente operanti nell'ambito delle CSN1, CSN2 e CSN3. Al fine di favorire ancor più tale proficuo connubio teorico-sperimentale, verrà maggiormente enfatizzato il ruolo giocato dal Galileo Galilei Institute (GGI), dove nell'ottobre 2011 si terrà un workshop di

fisica astroparticellare congiuntamente organizzato dalle CSN2 e CSN4.

- Si proseguirà (con il completamento di alcuni specifici progetti di ricerca teorica) il lavoro teorico necessario per sfruttare al meglio i risultati che arriveranno dalla macchina SuperB, tenendo in considerazione i complementari dati che nel frattempo giungeranno da LHC e Tevatron.
- Realizzazione e accesso a un'infrastruttura di Supercomputer, con una potenza di almeno un Petaflop, per calcoli al reticolo necessari nella fisica del sapore (*flavor physics*) ed essenziali per discriminare segnali di nuova fisica nelle misure a SuperB e LHC (in particolare nell'esperimento Alice).
- Rafforzamento dell'internazionalizzazione delle attività della CSN4 con un aumento di periodi di collaborazione passati dai nostri ricercatori in istituzioni straniere nel quadro di accordi o programmi internazionali e, parallelamente, notevole enfasi ad inviti di maggiore durata rivolti a studiosi stranieri di alto livello.

3.6 LE RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI

L'attività descritta in questo paragrafo è coordinata dalla **Commissione Scientifica Nazionale V (CSN5)**. La descrizione dettagliata delle attività della CSN5 è disponibile al sito **web: <http://www.infn.it/csn5/>**

L'INFN, attraverso la Commissione Scientifica Nazionale 5 (CSN5), promuove e sviluppa la ricerca nel campo della fisica degli acceleratori, dei rivelatori di radiazione, dell'elettronica, dell'informatica e della fisica interdisciplinare. In quest'ambito il ruolo svolto dall'Istituto è praticamente unico a livello nazionale realizzando anche una funzione di guida e coordinamento fra ricercatori di differenti discipline (Nucleare, Particellare, Astroparticellare, Struttura della Materia, Ingegneria Elettronica e Informatica, Biologia, Medicina, Chimica), e rafforzando tra l'altro il raccordo dell'INFN con l'Università e gli altri enti nazionali di ricerca: CNR, INAF, IIT (Istituto Italiano di Tecnologia), ASI, INAF.

Le nuove frontiere della ricerca sui rivelatori e l'elettronica associata seguono i grandi progetti sperimentali che impegnano l'INFN. Grande attenzione è rivolta ad esempio alla progettazione VLSI (*Very Large Scale Integration*) analogica e digitale, allo studio di nuovi processi costruttivi, all'analisi e sintesi di architetture digitali ad alte prestazioni per applicazioni di trigger, acquisizione dati e computing on-line. Tali attività, svolte nell'ambito delle

grandi collaborazioni internazionali, già guardano alle richieste del dopo LHC (SLHC) e agli esperimenti della "fisica del sapore" di alta precisione da realizzarsi in Italia con il progetto SuperB. Inoltre si porrà grande attenzione allo sviluppo di nuovi e più avanzati sistemi di rivelazione di raggi X o gamma per radioastronomia su satellite e per esperimenti di fisica interdisciplinare basati sull'uso della radiazione elettromagnetica dal lontano infrarosso ai raggi X, e si sviluppano nuove tecniche dosimetriche basate su tecnologie nucleari.

Sul fronte delle ricerche interdisciplinari, molte delle applicazioni delle tecniche sviluppate dall'INFN sono di grande impatto socio-economico in vari settori. Si pensi ad esempio alle attività nel campo della biomedicina: l'imaging medico, la terapia del tumore (sviluppo di piani di trattamento in radioterapia con fasci di protoni e ioni), la dosimetria e lo studio dell'evoluzione cellulare, la modellistica neurologica. Inoltre saranno spinte le attività legate allo sviluppo ed applicazione interdisciplinare della luce di sincrotrone, realizzate nell'ambito di SuperB. Tali attività vedono l'INFN interagire attraverso gli esperimenti finanziati dalla CSN5 con le principali istituzioni di ricerca e di controllo nazionali e regionali operanti nel settore sanitario quali l'Istituto Superiore di Sanità, Ministero della Salute, Enti (ITT, CNR, INGV), Fondazioni ed Aziende Sanitarie nazionali e regionali. Sarà incoraggiato l'attività di trasferimento tecnologico anche attraverso lo sviluppo di appositi accordi di collaborazione con le associazioni industriali di categoria (CONFINDUSTRIA e CONFAPI)

Ma l'INFN, attraverso le attività promosse dalla CSN5, ha assunto una posizione di guida a livello nazionale anche nel campo delle indagini ambientali (in particolare per il controllo della qualità dell'aria), e in quello dell'analisi di reperti di interesse artistico, archeologico e storico, attraverso lo sviluppo e l'impiego di tecniche originali di misura nucleare. Anche in questi settori è molto intensa l'interazione con altre istituzioni di ricerca e con i principali enti preposti alla tutela dell'ambiente e del patrimonio.

HIGHLIGHT 2010

- **XDXL, un esperimento per lo sviluppo di rivelatori al silicio di grande superficie (7x7 cm), ha ottenuto una risoluzione in energia che oggi rappresenta il migliore risultato a livello internazionale per rivelatori di queste dimensioni. Tali rivelatori presentano grande interesse anche nell'ambito delle attività legate ai futuri reattori per la produzione di energia nucleare.**
- **SOIPD ha realizzato un primo prototipo di rivelatore a pixel di silicio su substrato isolante in tecnologia**

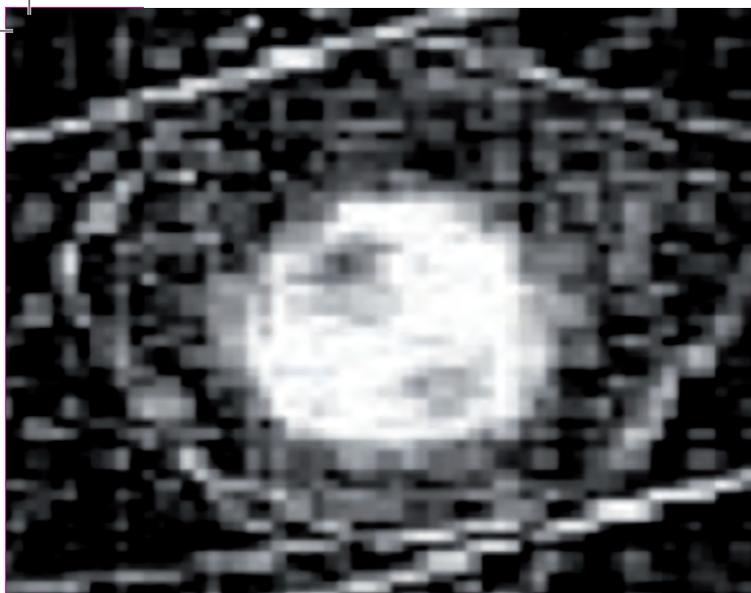


Fig. 3.17: Immagine tomografica di un fantoccio ottenuta da PRIMA+.

CMOS. Tale rivelatore con pixel analogici e digitali è stato completamente caratterizzato. È stato così possibile per la prima volta studiare l'effetto di "back gating" che ha finora rappresentato la principale limitazione nell'utilizzo di questi materiali come rivelatori di particelle.

- SALAF ha sviluppato un prototipo di nuove cavità RF acceleranti in banda X ad onda stazionaria a 11.424 GHz in rame e molibdeno (figura 3.18). È stato messo in evidenza un comportamento peggiore dal punto di vista della tensione di scarica per il molibdeno rispetto al rame, aprendo così una nuova strada per questo tipo di cavità verso la frontiera dei 100 MV/m. Alla luce di questi innovativi risultati anche il CERN ha deciso di seguire questa soluzione per le cavità di CLIC.
- L'esperimento PRIMA+ ha ottenuto prima immagine tomografica (figura 3.17) di un fantoccio, utilizzando il dispositivo di pCT
- L'acquisizione è stata fatta con il fascio di protoni da 62 MeV utilizzato
- clinicamente presso i laboratori Nazionali del SUD dell'INFN. L'immagine è stata ricostruita con algoritmo FBP corretto all'interno della nostra collaborazione per tener conto del MCS. Trattandosi di un test preliminare la statistica di conteggio è stata bassa ma incoraggiante per le prese dati previste nel 2011.
- Questa è la prima tomografia sperimentale ottenuta con protoni in Europa e che anche negli Stati Uniti, a nostra conoscenza, era stata ottenuta un'unica immagine test nel 2007 (a cui per ora non è seguita nessuna altra pubblicazione), utilizzando però un apparato incompleto e non assolutamente ottimizzato. Alla luce della rilevanza del risultato ottenuto, siamo ora concentrati verso l'ulteriore sviluppo del sistema al fine di ottenere un apparato di tomografia per protoni realmente innovativo, di grande funzionalità e tecnologicamente al meglio dello stato dell'arte, in grado di aumentare significativamente l'accuratezza nel trattamento adroterapico.

PROSPETTIVE

Nei prossimi tre anni in particolare, in una prospettiva temporale comunque proiettata anche oltre il triennio, verrà posta particolare attenzione allo studio e allo sviluppo di sistemi di rivelazione per i futuri esperimenti e dell'elettronica associata. Una linea di ricerca privilegiata sarà quella dei circuiti integrati tridimensionali. Lo sviluppo della tecnologia di integrazione verticale, sfruttando le potenzialità offerte dall'evoluzione delle tecnologie microelettroniche ad alta densità, potrà aprire la strada per la realizzazione di sistemi di tracciatura che superino le attuali limitazioni intrinseche dei sensori a pixel ibridi e dei MAPS (*Monolithic Active Pixel Sensors*) CMOS, e per sviluppare dimostratori di tracciatori sottili a pixel. Infatti i futuri esperimenti di fisica delle alte energie alla SuperB, a SLHC e ad ILC saranno caratterizzati da stringenti richieste per i sistemi di tracciatura che dovranno operare ad alto ritmo di conteggio con una minima quantità di materiale. In questo ambito saranno studiate anche altre soluzioni basate sull'impiego di silicio su substrato isolante e su diamanti sintetici policristallini. Grande rilievo nella prossima decade si darà anche allo sviluppo di tecniche di trasmissione dati digitale ad alta velocità, di sensori, convertitori e strumentazione metrologica di interesse per la fisica fondamentale, applicata e interdisciplinare, e alla moderazione del danno da radiazione attraverso lo studio di nuovi processi e di appropriate tecniche di progetto.

Nel campo della fisica degli acceleratori si svilupperanno, nel medio termine, le linee di ricerca relative all'incremento della luminosità, alle tecniche innovative per massimizzare l'emittanza dei fasci, al miglioramento dell'accettanza delle strutture acceleranti e alla realizzazione di tecniche di accelerazione a plasm. Grande attenzione sarà rivolta allo studio ed alla ricerca necessari per gli sviluppi di macchina collegati alla realizzazione di SuperB, con particolare riguardo ai sistemi di diagnostica di fascio, alle sorgenti ad alta brillantezza di elettroni e alla generazione di luce di sincrotrone. Gli studi sulla produzione di fasci di raggi X monocromatici (ottenibili per *scattering* da pacchetti di elettroni e luce laser), da una parte promettono un innovativo imaging biomedico in vivo, dall'altra fanno nascere studi teorici sulla possibilità di emissione di raggi X coerenti, mediante processo FEL (*Free Electron Laser*), sia in regime quantistico che classico. Grazie alla tecnica dell'*Inverse Compton Scattering* (ICS) nella prossima decade sarà possibile realizzare sorgenti di raggi X quasi monocromatiche realizzate facendo collidere un fascio di elettroni ultraveloce – con impulsi dell'ordine dei picosecondi e di alta brillantezza – con impulsi laser di alta energia, con la possibilità di selezionare le energie dei raggi X e la risoluzione temporale in maniera estremamente

accurata. Nella diagnostica medica questa disponibilità di sorgenti (quasi) monocromatiche, (parzialmente) coerenti, e di piccole dimensioni spaziali (decine di micrometri) permetterà l'utilizzo di tecniche innovative non possibili con le sorgenti convenzionali. A energie molto più elevate, sorgenti ICS saranno usate come primo stadio per la produzione di positroni polarizzati per collider lineari. Sorgenti basate su ICS sono in costruzione o in fase di progetto in diversi laboratori. L'INFN, grazie al fascio di elettroni di SPARC e al laser del progetto PLASMONX, sta realizzando ai LNF una sorgente ICS di punta, con la quale saranno realizzati esperimenti di fisica interdisciplinare che la CSN5 intende sostenere nel prossimo triennio. Proseguirà nel medio termine l'attività di sviluppo di sistemi di accelerazione innovativi per applicazioni in campo medico anche in collaborazione con l'industria e/o con enti di ricerca di altri paesi europei.

L'applicazione della fisica fondamentale alla salute dell'uomo e all'ambiente sta diventando un'esigenza primaria e riconosciuta della ricerca moderna.

Nel campo dell'adroterapia, oltre alle già citate attività di fisica degli acceleratori, cresceranno gli studi di modellistica e radiobiologia, che hanno inoltre ricadute anche sull'attività umana nello spazio. Argomenti portanti saranno in questo campo gli studi di radiobiologia, le misure di sezioni d'urto di frammentazione nucleare e le simulazioni connesse che permetteranno, nel campo della radioterapia, la realizzazione di piani di trattamento più mirati. Saranno inoltre studiati sistemi innovativi di imaging del tipo *Proton Computed Tomography* e PET-Online. Queste attività saranno realizzate in sinergia con i progetti strategici INFN-MED e NTA.

Nel complesso, va sottolineato che la CSN5 possiede le conoscenze di base e le competenze specialistiche delle tecniche più avanzate per lo sviluppo di sensori e rivelatori di radiazione, nella costruzione di sofisticate macchine acceleratrici e nelle tecniche di simulazione e manipolazione di dati. È quindi in grado di operare in modo efficace il loro trasferimento al mondo della medicina, in particolare al campo dell'imaging medico e della Radioterapia. Tuttavia, affinché questo trasferimento abbia successo, sia da un punto di vista scientifico che sociale, è necessario che l'Istituto nella prossima decade operi in stretta cooperazione e sinergia con la fisica medica operativa e con il mondo medico. Nel tracciare la prospettiva futura bisognerà programmare investimenti su tecniche e tecnologie consolidate da trasferire al mondo industriale, che a sua volta le sviluppi nei suoi aspetti di affidabilità e riproducibilità per l'utilizzo operativo in campo medico. In una prospettiva di più lungo termine, sarà altresì necessario investire su nuove idee che seppure ora

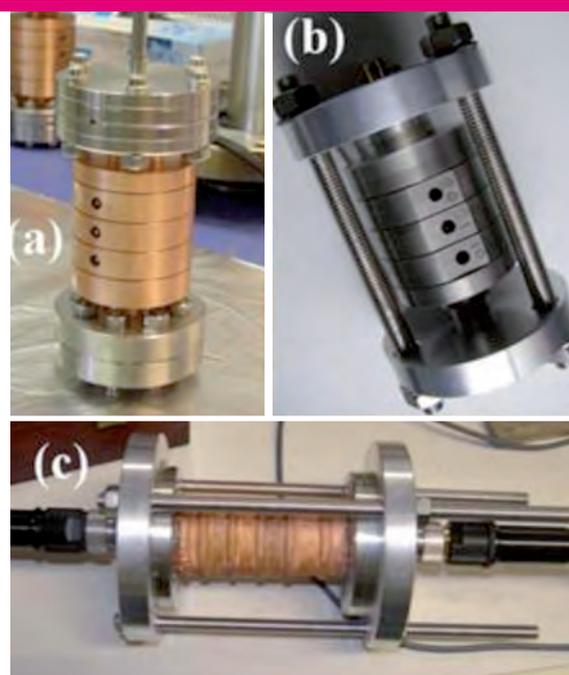


Fig. 3.18: Tre cavità acceleranti in banda X prodotte dall'esperimento SALAF prodotte ai LNF: a) rame brasato; b) molibdeno brasato; c) rame elettroformato

alla frontiera della conoscenza potranno, se ben indirizzate e coordinate, portare nel futuro a sviluppi strategici nella prevenzione, diagnosi e terapia. In particolare, i campi di ricerca biomedica nei quali l'INFN si impegnerà, attraverso la CSN5 e i progetti speciali e strategici ad essa connessi, saranno la lotta contro il cancro ed il trattamento delle malattie degenerative del sistema nervoso.

Nel campo della fisica ambientale è prevedibile un incremento di specifiche iniziative di ricerca attraverso la realizzazione nel prossimo triennio di un Laboratorio di Radioattività Ambientale ai LNGS per le analisi di radionuclidi cosmogenici, primordiali e antropici e le loro applicazioni nel campo della Fisica Terrestre e dell'Ambiente, e della non proliferazione nucleare. In particolare, saranno oggetto di studio la fluidodinamica terrestre (atmosfera e oceanica) mediante modelli di trasporto di radionuclidi, e la caratterizzazione di xenon e krypton come rilasci da fall-out radioattivi delle centrali nucleari e dei test nucleari sotterranei. Le attività saranno svolte in collaborazione con Istituti di Ricerca e Organizzazioni Internazionali quali l'IAEA (*International Atomic Energy Agency*) e l'ICTP (*International Centre for Theoretical Physics*). Sempre in tema di controlli ambientali, continuerà lo sviluppo delle metodologie di analisi con fasci ionici delle polveri fini in atmosfera, e saranno messe a punto le analisi con spettroscopia di massa con acceleratore per la determinazione dello ^{129}I , tracciante di eventuali perdite di impianti nucleari. Continuerà infine l'attività interdisciplinare rivolta al mondo della conservazione dei beni culturali anche attraverso la ricerca e sviluppo di strumentazione portatile per analisi non distruttive.

LINEA SCIENTIFICA: CSN5

FTE INFN staff + art.23,15 (anno 2010)	87
FTE Associati staff (anno 2010)	321
Assegnisti, borsisti, dottorandi (anno 2010)	194
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (M€)	14,8
di cui spese per investimenti (inv., c.a.) 2008-2010 (M€)	4,3

Tab. 3.5: Composizione, risorse finanziarie e investimenti per la CSN5.

Il panorama di sviluppo mostrato ben evidenzia la vitalità della comunità dei ricercatori INFN nel campo delle ricerche tecnologiche e interdisciplinari, l'elevato impatto di questa ricerca sulla fisica particellare, astroparticellare e nucleare e le ricadute in altri settori scientifici e della società. Tale attività richiede sicuramente nei prossimi anni un incremento della quota di finanziamento destinata alla CSN5 di almeno il 20% rispetto a quella attuale, e la crescita del numero di ricercatori dedicati a questi esperimenti seppure a tempo parziale. Inoltre la CSN5 si propone come incubatore privilegiato per lo sviluppo di programmi di ricerca da svolgere in collaborazione sia con l'industria italiana ed europea sia con l'Università e con altri Enti di ricerca, con strutture sanitarie di respiro nazionale e regionale, con i Ministeri della Salute e dell'Ambiente e dei Beni Culturali e più in generale con tutte le istituzioni che possono trarre giovamento dall'applicazione delle tecnologie proprie del nostro ente. La CSN5 darà il suo supporto allo sviluppo dei progetti speciali e strategici dell'INFN. In particolare si porrà grande attenzione ai programmi di ricerca collegati ai progetti speciali Super-B, SPARC e SPES ed alle sinergie con INFN-MED ed NTA.

La tabella 3.5 riassume la composizione del personale e le risorse finanziarie.

MILESTONE DEL PERIODO 2011-2013

- **Misure di frammentazione nucleare per adroterapia al GSI (dic 2011)**
- **Realizzazione Sorgente Thomson ai LNF (dic 2011)**
- **Prime immagini tomografiche con fasci di protoni ai LNS e a LLMUC (giugno e dicembre 2011)**
- **Rivelatori a Silicio ad integrazione verticale (dicembre 2011)**
- **Prime immagini con sorgente Thomson (giugno 2012)**
- **Prototipo di rivelatore a diamante sintetico a pixel (dicembre 2012)**
- **Primo prototipo di sistema di piani di trattamento con fasci di ioni carbonio (dicembre 2012)**

- **Convettore per la produzione di fasci di neutroni ai LNL (dicembre 2012)**
- **Accelerazione di fasci di protoni in plasmi generati da impulsi laser ad alta potenza (dicembre 2012)**
- **Misure e modelli radiobiologici per l'interpretazione degli effetti di fasci di ioni con la materia vivente per applicazioni in adroterapia e per la radioprotezione nei viaggi umani spaziali (dicembre 2012)**
- **Sistemi di diagnostica per radiazione XFEL (giugno 2012)**
- **Rivelatori a pixel in silicio e diamante sintetico per esperimenti a SuperB (giugno 2013)**
- **Sorgente ECR per adroterapia e per acceleratori alta intensità (dicembre 2013)**

3.7 IL CALCOLO E LE RETI

L'attività descritta in questo paragrafo è coordinata dalla **Commissione Nazionale Calcolo e Reti (CCR)**. La descrizione dettagliata delle attività della CCR è disponibile al sito web: <http://www.infn.it/CCR/>

ATTIVITÀ 2010

L'INFN ha potenziato notevolmente negli ultimi anni i centri di calcolo presenti presso le sue sedi, in risposta alle sempre crescenti esigenze di risorse di calcolo necessarie per le proprie attività scientifiche, in particolare quelle derivanti dalla sperimentazione a LHC. L'incremento delle risorse riguarda in particolare sia il CNAF, che svolge il ruolo centrale di sede per le elaborazioni primarie di dati scientifici e di archivio permanente dei dati a servizio di tutto l'INFN, sia tutte le sedi dei Tier-2 della federazione WLCG.

Per sopperire alle necessità di calcolo della fisica teorica in varie linee di ricerca, che riguardano interazioni fondamentali, astrofisica teorica, meccanica statistica, fluidodinamica turbolenta, sorgenti di onde gravitazionali, ecc., e che richiedono oggi la disponibilità di risorse di calcolo dell'ordine di alcuni Teraflops, è stato realizzato nel 2010 un nuovo cluster per il calcolo parallelo, basato sull'impiego di processori commodity interconnessi attraverso una rete di comunicazione a bassa latenza (*Infiniband*). La collocazione del cluster in uno dei centri INFN recentemente realizzati per LHC presso la sezione di Pisa ha permesso di sfruttare in modo sinergico le esperienze già acquisite in tali sedi nella gestione di grandi sistemi di calcolo e nell'utilizzo dei servizi forniti dall'infrastruttura Grid INFN.

Il consolidamento operato a livello di hardware, software e definizione di servizi prosegue anche in altre sedi in linea con la strategia generale dell'INFN tesa ad ottenere:

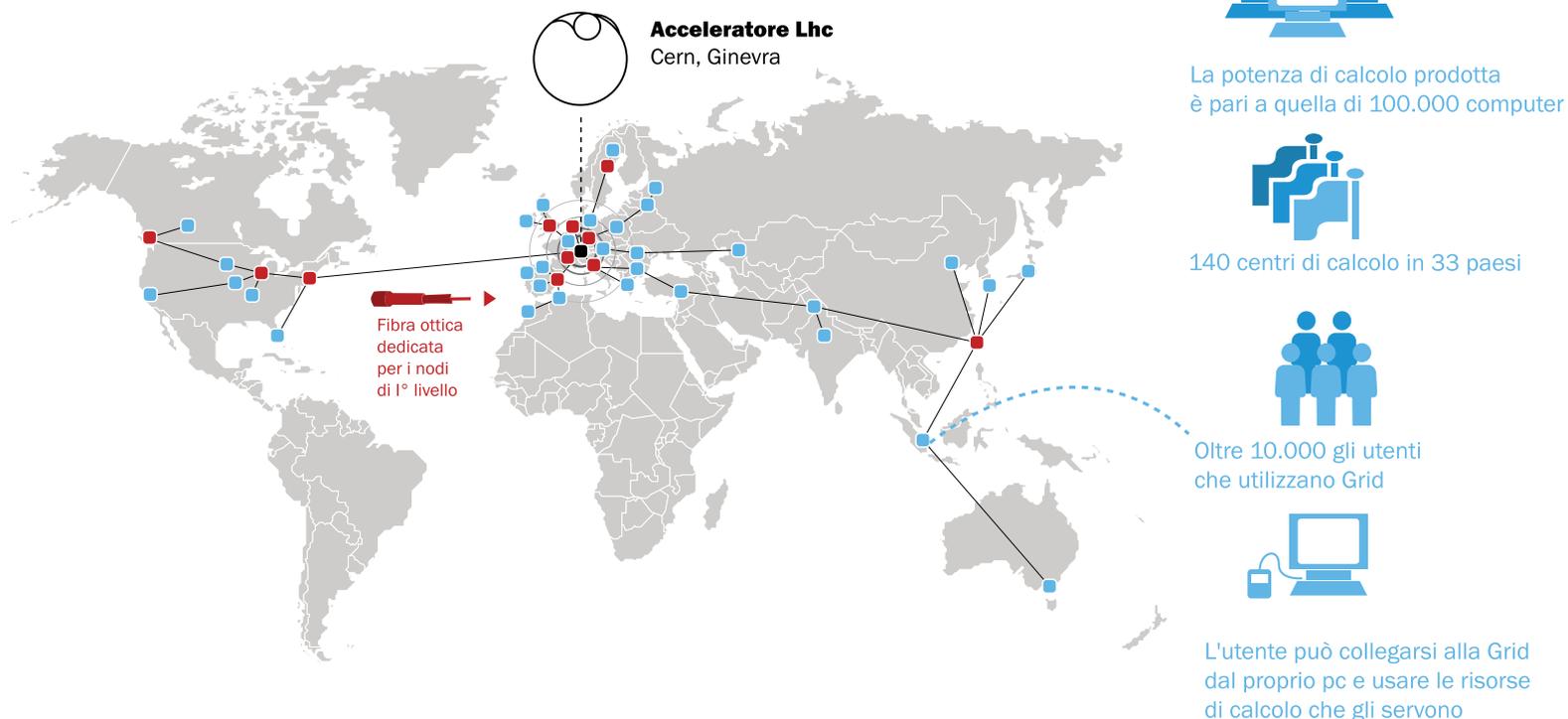


Fig. 3.19: La rete planetaria GRID unisce e utilizza contemporaneamente la potenza di calcolo e la memoria di decine di migliaia di computer.

- un incremento sostanziale dell'affidabilità e una riduzione dei consumi elettrici realizzata attraverso l'impiego di impianti specificatamente progettati per utenze informatiche ad alta densità di potenza dissipata e dotati di adeguati livelli di ridondanza;
- lo sfruttamento ottimale delle risorse di calcolo tramite l'efficace condivisione in un ambiente applicativo eterogeneo in grado di gestire applicazioni scientifiche multi-disciplinari, in qualche caso originate anche in ambienti di ricerca industriale;
- l'ottimizzazione dell'impiego del personale.

Con gli ultimi interventi effettuati nel 2010, l'INFN dispone oggi di un insieme unico in Italia di centri dedicati al calcolo scientifico. Esso è costituito, oltre che dal CNAF, da una dozzina di installazioni particolarmente rilevanti, collocate presso i Laboratori Nazionali e le Sezioni.

È importante sottolineare come, in riferimento a tutto il ciclo di vita delle infrastrutture di calcolo, l'INFN abbia cercato negli ultimi anni di creare uno stretto livello di coordinamento nazionale delle attività legate al calcolo. Ciò pur garantendo l'autonoma azione delle sedi che, giovandosi dell'iniziativa del proprio personale, possono riuscire a cogliere le opportunità di sinergie con altre istituzioni e finanziatori locali come, ad esempio, le Università, i centri di ricerca e gli enti locali. Un caso esemplare di sinergia è costituito dai centri di supercalcolo realizzati al Sud presso Università e Consorzi regionali (Napoli, Catania e Cagliari) nell'ambito

del PON Ricerca 2000-2006.

La Commissione Calcolo e Reti dell'INFN è il principale strumento di cui si serve l'INFN per realizzare tale coordinamento che si realizza sia attraverso il vaglio delle richieste di finanziamento per gli apparati destinati ai servizi centrali di ciascuna sede, sia attraverso promozione di attività e progetti specifici.

Nel 2010 la Commissione ha proposto finanziamenti per il potenziamento delle infrastrutture dei siti INFN sulla base delle seguenti priorità:

- favorire la costituzione di infrastrutture nazionali e di soluzioni esportabili;
- implementare soluzioni che portino ad un migliore impiego del personale dei servizi;
- perseguire una razionalizzazione dell'utilizzo delle macchine utilizzate per i servizi centrali;
- consolidare le risorse di calcolo delle unità operative in un'ottica di infrastruttura condivisa.

Nel corso del 2010 ha avuto inizio il dispiegamento del sistema di autenticazione e autorizzazione nazionale (progetto AAI) che permette non solo di accedere ai servizi e alle risorse di calcolo dell'INFN con un'unica credenziale, ma anche di integrarsi con analoghi sistemi di altre istituzioni nazionali e internazionali. L'adozione graduale di tale infrastruttura consentirà un'interazione più efficiente degli utenti con i servizi, una semplificazione nella gestione degli stessi e benefici significativi sul fronte della sicurezza. Il primo nucleo del nuovo sistema di AAI è operativo dall'estate

e viene al momento utilizzato per l'autenticazione di accesso ai servizi centrali di dipendenti ed associati.

Da rilevare anche il consolidamento del sistema ridonato di server per la gestione di licenze *software* su base nazionale. Il servizio di *auditing* per la sicurezza, effettuato da un nucleo di esperti dell'Ente attraverso controlli sistematici e finalizzato a valutare il livello di vulnerabilità dei principali servizi informatici operanti nelle sedi INFN, ha prodotto il primo rapporto.

Infine, nel 2010 il piano per la formazione del personale in campo informatico, strumento recentemente introdotto dalla CCR per coordinare le iniziative promosse a livello nazionale, è stato in larga misura realizzato (14 corsi sui 18 previsti). Ha compreso attività formative rispondenti alle esigenze sia dei gruppi di ricerca, che del personale dei servizi e degli utenti dei servizi informatici, attraverso varie tipologie di corsi fra cui una nuova Scuola Internazionale dedicata allo sviluppo di applicazioni scientifiche su larga scala

PROSPETTIVE

La sfida principale che il sistema di calcolo distribuito dell'INFN dovrà affrontare nei prossimi anni, sarà rappresentata dalla prevista rapida crescita delle attività di elaborazione ed analisi dei dati prodotti dai quattro esperimenti a LHC. Ormai terminata la fase di adeguamento degli impianti tecnologici, i centri INFN coinvolti dovranno aumentare considerevolmente le proprie capacità e fornire agli esperimenti servizi operanti in condizioni di funzionamento a regime. Ciò dovrà avvenire garantendo la piena disponibilità delle risorse anche per altre attività sperimentali e teoriche che, in alcuni casi, già ora dispongono di grandi moli di dati o li stanno velocemente accumulando.

Adeguamento alla rete

Come evidenziato da studi e proiezioni messi a disposizione Come evidenziato da studi e proiezioni messi a disposizione su iniziativa della CCR già da qualche anno, la crescita delle esigenze di calcolo scientifico dell'INFN richiede, in particolare per la sperimentazione al LHC, un rapido adeguamento della rete della ricerca italiana GARR ai moderni standard tecnologici già adottati da altre analoghe reti in Europa e negli Stati Uniti.

Il progetto di nuova rete GARR-X, basata sul noleggio di fibre spente e la gestione di apparati trasmissivi proprietari, risponde a tali esigenze e dovrebbe essere gradualmente realizzato a partire dall'inizio del 2011. Per l'INFN è prioritario poter trarne da subito il massimo vantaggio, per cui sono

già state individuate le risorse finanziarie necessarie per l'ammodernamento degli apparati di connessione alla rete geografica che interesserà nel 2011 i centri Tier2 per LHC e successivamente tutti i rimanenti siti in funzione delle relative necessità. Oltre a permettere i trasferimenti di dati a velocità dell'ordine di 10 Gbps, la rete GARR-X permetterà anche di sviluppare più elevati livelli di integrazione fra i siti INFN. Un esempio in questo senso di applicazione già da ora funzionante è il collegamento a 10 Gbps realizzato dall'INFN fra i nodi di calcolo residenti presso la Sezione di Padova e il sistema di storage ospitato presso i Laboratori Nazionali di Legnaro. Nell'attesa dell'avvento di GARR-X, i trasferimenti di dati di LHC hanno raggiunto i limiti di banda dei collegamenti attuali e si sta quindi procedendo al duplicamento delle capacità di banda dei siti Tier1 e Tier2 della federazione WLCG.

Potenziamento dei servizi a livello nazionale

Proseguirà nei prossimi anni l'impegno della CCR per rafforzare gli strumenti e i servizi forniti a livello nazionale. In particolare si perseguiranno i seguenti obiettivi:

- estensione del sistema di autenticazione e autorizzazione nazionale (progetto AAI) a tutte le sedi dell'INFN.
- ulteriore diffusione nei centri INFN degli strumenti che facilitano la condivisione delle risorse, con particolare riferimento alle possibilità, offerte dalle tecnologie di virtualizzazione, di disaccoppiare le applicazioni dalle specifiche caratteristiche dell'ambiente di esecuzione;
- promozione di un piano per la l'accertamento continuo dell'efficienza energetica dei centri di calcolo INFN che fornisca la base per eventuali interventi migliorativi, verificandone poi l'efficacia di implementazione;
- ampliamento degli strumenti collaborativi messi recentemente a disposizione degli utenti su base nazionale e adozione di tecnologie VoIP (*Voice over IP*) per l'integrazione delle varie modalità di comunicazione utilizzate nell'Ente;
- estensione dei contratti nazionali e semplificazione della gestione attraverso l'implementazione nel nuovo sistema informativo dell'INFN di funzionalità ad hoc già inserite nel corrente piano di sviluppo del sistema stesso.
- consolidamento e supporto delle tecnologie wireless basate sullo standard IEEE 802.1x (progetto TRIP), integrazione con il Servizio EduROAM per la *Mobility*. Integrazione del sistema AAI INFN nell'ambito di federazioni a livello nazionale (ad es. GARR IDEM) ed internazionale.

3.8 I PROGETTI STRATEGICI E I PROGETTI SPECIALI

Attività di rilevanza determinante nella programmazione

scientifico dell'Istituto sono svolte come Progetti Strategici, seguiti da appositi comitati scientifici. Attività relative allo sviluppo e alla realizzazione di infrastrutture di ricerca di rilevanza nazionale o internazionale sono svolte come Progetti Speciali seguiti da appositi comitati tecnico-scientifici.

In questo paragrafo saranno descritti i progetti strategici:

- INFN-MED (Applicazioni alla Medicina)
- INFN-E (Applicazioni all'Energia)
- NTA (Nuove Tecniche di Accelerazione)

E i progetti speciali:

- APE
- SPARC
- SPES
- INFN-GRID
- SuperB-TDR
- ELN

PROGETTO STRATEGICO INFN-MED

Descrizione generale del progetto e attività svolte nel 2010

L'applicazione del patrimonio scientifico e tecnologico dell'INFN alla medicina è uno dei settori applicativi nel quale l'Ente è tradizionalmente impegnato. In questo campo l'INFN vanta ormai una notevole esperienza maturata da almeno un ventennio. Con questa premessa già dal 2009 è stato avviato il progetto strategico INFN-MED, che mira a coordinare e promuovere le attività di interesse medico che, giunte ad uno stadio maturo di R&S, possono puntare a realizzare, in cooperazione con soggetti esterni (le istituzioni cliniche e le industrie del settore), prodotti innovativi pienamente utilizzabili in ambito clinico.

Gli obiettivi del progetto sono:

a) valorizzare maggiormente in senso applicativo (mirando all'interazione diretta con l'utilizzatore o il produttore dell'applicazione finale) le attività tecnico-scientifiche di interesse medico condotte dall'Istituto nell'assolvimento dei propri compiti istituzionali;

b) mantenere e rafforzare la "leadership" dell'INFN a livello internazionale in attività di ricerca che necessitano di sviluppi tecnologici mirati e che, per dimensione e programmazione temporale, richiedono una concentrazione di sforzi organizzativi e finanziari. Si pensi ad esempio tutto il settore connesso all'adroterapia.

c) offrire, soprattutto nei confronti di privati, enti, utenti e collaboratori esterni, una struttura di riferimento unica

all'interno dell'INFN per il settore medico applicativo in grado di mettere a punto convenzioni ed accordi operativi.

INFN-MED prende in considerazione le attività che derivano dai programmi di ricerca e sviluppo, soprattutto di carattere interdisciplinare condotti nell'INFN. Sulla base dell'esperienza acquisita, la Giunta Esecutiva dell'INFN ha inizialmente identificato per INFN-MED le seguenti aree di interesse:

1. **Trattamento di immagini.**
2. **Software per adroterapia e dosimetria**
3. **Macchine Acceleratrici per adroterapia.**
4. **BNCT (*Boron Neutron Capture Therapy*).**
5. **Rivelatori per la diagnostica medica e la dosimetria.**

Il referaggio scientifico delle attività affidate ad INFN-MED è prerogativa delle Commissioni Scientifiche Nazionali di riferimento, in particolare la 3a (fisica del nucleo) e la 5a (ricerca tecnologica ed interdisciplinare). Sarà compito di tali Commissioni indicare nel futuro quali attività, nate al loro interno, avranno raggiunto il grado di maturazione di R&S tale da chiedere a INFN-MED di proseguire sulla linea dell'applicazione.

INFN-MED ha a disposizione un budget annuale da utilizzare per fornire un supporto di avvio per i progetti considerati maturi, avviandoli, in genere, verso la definizione di un finanziamento esterno all'INFN tenendo conto di tutti i relativi accordi e convenzioni che possono rivelarsi necessari. A tale proposito si vuole evidenziare che affinché un progetto specifico ricada sotto il controllo di INFN-MED deve sussistere almeno una delle seguenti condizioni:

- Fase di R&D ormai assestata;
- La concreta prospettiva di una collaborazione industriale o l'avviamento di una procedura brevettuale;
- La possibilità di finanziamento esterno;
- La dichiarazione esplicita di interesse immediato di esponenti del settore medico disponibili a farsi carico della responsabilità di utilizzo del prodotto

La gestione del Progetto è affidata ad un Coordinatore Nazionale, che si avvale di un Comitato di Progetto costituito di norma dai Responsabili dei Sottoprogetti. Il monitoraggio del Progetto è affidato alla Giunta Esecutiva che si avvale di un Comitato di *Referees*, nominato dal Presidente, sentiti i Presidenti delle CSN di riferimento. Periodicamente la Giunta Esecutiva riferisce al Consiglio Direttivo sullo stato del Progetto. Periodicamente il Consiglio Direttivo aggiorna gli obiettivi del Progetto.

Per ogni sottoprogetto il Comitato di Progetto ha il compito di analizzare e monitorare:

a. Gli obiettivi e i prodotti

b. Le risorse umane e finanziarie

c. Il piano temporale e le milestones

d. I finanziamenti esterni e/o la potenzialità di attrarre finanziamenti esterni.

Per ognuno dei sottoprogetti di INFN-MED sono state avviate alcune linee operative che possono essere riassunte nel modo seguente:

1. *Imaging*: Si stanno avviando i contatti con partner industriali interessati al trasferimento di software di post-elaborazione immagini a scopo diagnostico, con particolare attenzione al settore dell'analisi delle tomografie polmonari per la ricerca automatica di noduli, sulla base di quanto sviluppato dalla collaborazione MAGIC-5 (software denominato M5L).

Inoltre, su proposta proveniente dal Ministero della Salute si vuole contribuire a creare una collaborazione ampia con altri enti di ricerca allo scopo di proporre database di interesse oncologico. A tale proposito si propongono progetti pilota nell'ambito del VII e VIII programma quadro Europeo. Dall'attività di imaging stanno anche emergendo delle proposte di strumenti di collaborazione fra medici basati su applicazioni web, destinati soprattutto a migliorare l'efficacia di diagnosi quando molti centri diversi sono coinvolti.

2. Prosegue lo sviluppo di piani di trattamento per adroterapia (TPS) in collaborazione con la IBA e sarà presto rilasciata la prima versione del prodotto. Si dovrà pensare all'eventuale prosecuzione di accordo industriale per ulteriori sviluppi e per il mantenimento. In particolare si sta programmando una versione futura basata su applicazione diretta di codici monte carlo. Ricordiamo che l'INFN ottiene da questo accordo finanziamento di personale e royalties sul prodotto. Oltre ai piani di trattamento, il progetto strategico si sta occupando

della valorizzazione di altri prodotti software da impiegare nella dosimetria, come ad esempio nel caso dell'esperimento DISO.

3. Macchine acceleratrici: INFN-MED dopo aver assicurato il completamento del progetto SCENT per la progettazione di un ciclotrone innovativo per adroterapia con ioni, ha portato a compimento anche il progetto denominato MISHA (figura 3.20), per la realizzazione di una nuova sorgente di ioni. Questa sorgente non solo servirebbe per il sincrotrone del CNAO (Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica) a Pavia, ma sarebbe interessante anche per la fisica nucleare in genere. La realizzazione effettiva di MISHA è legata al reperimento di un finanziamento esterno integrativo a quello ordinario.

4. BNCT: In attesa di capire se esistono le condizioni per realizzare una sorgente di neutroni ad alta intensità (per esempio nell'ambito del progetto SPES ai Laboratori di Legnaro), INFN-MED intende sostenere altre iniziative, quali l'esperimento PSIHO per la sperimentazione insieme alla ELEKTA, ditta che tratta linac per elettroni, di modifiche di acceleratori esistenti di elettroni in modo da introdurre in essi convertitori per l'elettroproduzione di neutroni.

5. Rivelatori per la diagnostica: il Progetto Strategico, dopo aver seguito fino a completamento l'attività volta alla certificazione del rivelatore magnetico MID per la misura non invasiva del sovraccarico di ferro nel corpo umano, in collaborazione con il Centro di Microcitemia dell'Ospedale Galliera di Genova, sta fornendo assistenza all'esperimento ECORAD (figura 3.20) per la brevettazione di un dispositivo innovativo che unisce insieme ecografia e scintigrafia, basato sull'uso di cristalli ad alta risoluzione. Inoltre INFN-MED sta cercando di valorizzare altri prodotti nati nella Commissione V, soprattutto nel settore dello sviluppo di elettronica (per. es. l'attività MicroSi) verso possibile industrializzazione.

Strutture INFN e altre istituzioni partecipanti

Fig. 3.20: Disegno della sorgente MISHA

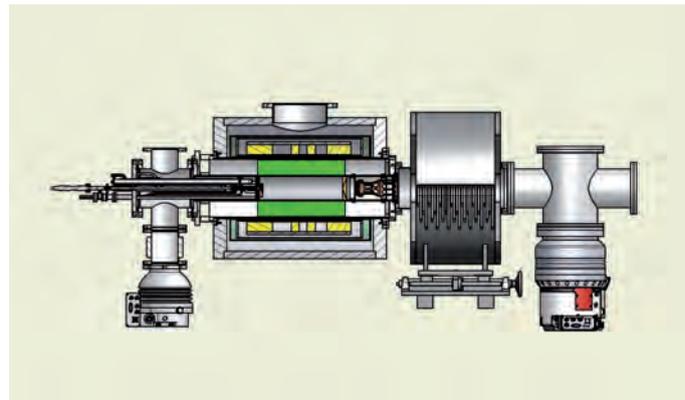
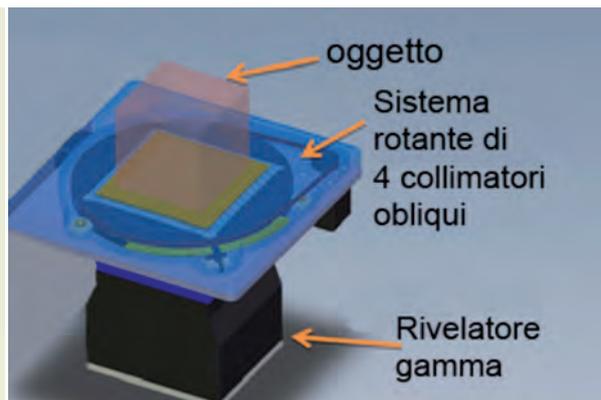


Fig. 3.21: Gamma-camera di ECORAD realizzata con cristallo di scintillatore $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$ integrata con sonda ecografica



Le strutture inizialmente coinvolte in modo diretto su progetti di interesse INFN-MED sono le seguenti sezioni e laboratori INFN: Catania, Genova, Milano, Napoli, Pavia, Roma Tor Vergata, Roma Tre, Pisa, Torino, LNF, LNL, LNS. Abbiamo la collaborazione dell'Istituto Superiore di Sanità, tramite il gruppo collegato di Roma. Esternamente all'INFN concorrono l'Ospedale Galliera di Genova, il CNAO, l'Università di Torino (spin-off per monitor di fasci in adroterapia) e la IBA. Nel 2010 sono stati coinvolti circa 45 ricercatori Full Time Equivalent, ma già nel 2011 saliamo a 58 e si stima un ulteriore aumento negli anni successivi.

INFN-MED ha partecipato alla stesura di un accordo quadro fra INFN e Ministero della Salute, in via di perfezionamento. Questo accordo permetterà di estendere in maniera organica e con maggiore efficienza il riconoscimento del ruolo e delle possibilità dell'INFN nel campo della medicina.

Una delle prime possibilità che emerge dal confronto con le esigenze espresse dal Ministero della Salute, è la creazione di una collaborazione ampia con altri enti di ricerca allo scopo di proporre database di interesse oncologico. A tale proposito si propongono progetti pilota nell'ambito del VII e VIII programma quadro Europeo.

Sorgenti di finanziamento e ammontare

INFN-MED gode di un finanziamento INFN da destinare all'avvio dei progetti sotto il suo controllo che si attesta fino adesso su 200 kEuro/anno, tuttavia sta aumentando il numero di proposte che arrivano all'attenzione di INFN-MED e sarebbe auspicabile aumentare la disponibilità finanziaria.

HIGHLIGHTS 2010

• **Nel 2010 le realizzazioni di maggiore importanza sono state il *Technical Design Report* della sorgente di ioni MISHA e l'avvio della procedura di trasferimento tecnologico dello strumento eco-scintigrafico ECORAD.**

Prospettive a medio termine

Per tutti i sottoprogetti di INFN-MED sono previste evoluzioni pluriennali delle attività già avviate, ma sono sicuramente possibili anche nuovi sviluppi. Per esempio: nell'ambito dell'imaging medicale stanno emergendo sviluppi interessanti per analisi di risonanze magnetiche della testa, allo scopo di ottenere una diagnosi precoce della malattia di Alzheimer. Gli stessi gruppi di ricerca hanno implementato le già citate applicazioni basate su *Web Services* che riscuotono grande interesse nel mondo clinico.

Inoltre sta emergendo a livello nazionale la possibilità di iniziare uno screening polmonare su grande scala, poichè i primi studi mostrano che un tale approccio contribuisce ad una sensibile

riduzione della mortalità. In questo caso, il già citato software sviluppato nell'INFN per la "*Computer Assisted Diagnostics*" (M5L) può diventare uno strumento indispensabile, perchè permettere di ridurre in modo significativo i tempi di refertazione di una TAC ad alta risoluzione. In questo caso è possibile pensare di nuovo a soluzioni tipo *Web Services*, possibilmente realizzati nel contesto di un accordo fra INFN ed un suo spin-off.

Dal punto di vista delle macchine acceleratrici molto dipende dall'evoluzione delle scelte che saranno effettuate per i nuovi possibili centri di adroterapia. Sarà comunque importante assicurare l'impegno per la realizzazione del progetto MISHA. Inoltre sarà di cruciale importanza per l'INFN coordinare, con l'aiuto del CNAO nuove proposte per adroterapia. In questo senso sono di particolare interesse i progetti della Regione Sicilia e la corrispondente possibilità di accesso ai fondi PON.

Prospettive a lungo termine

Più in generale, INFN-MED si trova di fronte a sfide di ampia portata che vanno oltre la delimitazione semplificativa degli attuali sottoprogetti. Per esempio è compito di INFN-MED anche quello di stabilire una rete di rapporti con diversi enti e istituzioni che operano nel settore dello sviluppo tecnologico-scientifico per la medicina allo scopo di estendere maggiormente la portata dei progetti INFN.

Sicuramente il settore dell'adroterapia in generale rappresenta uno dei principali interessi strategici per l'ente. In questo quadro INFN-MED può essere il canale privilegiato attraverso il quale passano i rapporti fra l'INFN e il CNAO. Dopo il completamento del commissioning del sincrotrone, l'INFN ha interesse a partecipare alle attività di sperimentazione al CNAO. In queste l'INFN ha lo spazio per contribuire in modo da valorizzare ulteriormente lo sviluppo di prodotti che nascono dal suo patrimonio tecnico-scientifico

Altre opportunità suscettibili di trasferimento tecnologico verso l'esterno nella sfera d'interesse di INFN-MED potrebbero arrivare dai risultati ottenuti nell'ambito della ricerca su nuove tecniche di accelerazione, quali le nuove sorgenti modulabili di raggi X connesse ai progetti SPARC e SPARX. È infine da avviare un progetto denominato LARAMED per la produzione di radionuclidi innovativi, sfruttando il nuovo ciclotrone da 70 MeV che sarà acquisito per il progetto SPES ai Laboratori Nazionali di Legnaro. Questo progetto si inquadra nei temi del già citato accordo fra INFN e Ministero della Salute ed è stato presentato pubblicamente anche alla Regione Veneto. C'è l'interesse esplicito degli ambienti regionali e nazionali della medicina nucleare. Inoltre sono già avviati contatti per collaborazioni a livello internazionale con il centro francese di Arronax, mentre sono in preparazione contatti con l'Istituto

Demokritos di Atene e con IAEA di Vienna.

Dal punto di vista del personale, INFN-MED non intende promuovere attività che richiedano nuove risorse da parte dell'Ente. Al contrario è interesse di INFN-MED stimolare la creazione di nuove opportunità d'impiego presso soggetti esterni per i giovani ricercatori che si formano attraverso le attività applicative di interesse medico promosse dall'ente.

In questo senso si può citare ad esempio il finanziamento di assegni di ricerca da parte della IBA nell'ambito dell'accordo per lo sviluppo di nuovi piani di trattamento.

TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

A tutte le attività per cui viene proposto il controllo di INFN-MED è richiesta la definizione della situazione della proprietà intellettuale e dei piani per il trasferimento tecnologico. In alcuni casi, come citato precedentemente per ECORAD; è possibile pensare a brevetti. In altri casi sono contemplati accordi di collaborazione industriale e anche la possibilità della creazione di spin-off

PROGETTO STRATEGICO INFN-ENERGIA

L'INFN ha attivato fin dal 2006 una serie di iniziative volte al rilancio delle ricerche sulla Energia Nucleare, quali la convenzione con l'Ansaldo Nucleare per gli studi sulla fissione e la partecipazione con CNR ed ENEA al Consorzio RFX per gli studi sulla fusione, oggi unificate nel Progetto Strategico INFN/Energia. La gestione del programma è affidata a un Coordinatore che si avvale di un Comitato di Progetto costituito da responsabili dei singoli sottoprogetti. L'inclusione di nuovi sottoprogetti avviene su proposta della Giunta Esecutiva o di una delle CSN, per un periodo non superiore a tre anni, fino alla presentazione di uno studio di fattibilità o alla costruzione di un prototipo.

Per quanto riguarda la **Fissione Nucleare**, le attività in corso si articolano su diverse linee programmatiche:

a) Trasferimento tecnologico: l'applicazione cioè di nuove tecnologie, sviluppate dall'Istituto nel corso delle ricerche di base, a problematiche tipiche dei programmi sulla Energia Nucleare. Fanno parte di questa linea:

Tre progetti per il controllo della contaminazione ambientale e delle fughe di radiazioni nei depositi di scorie radioattive. Tra questi hanno già ottenuto risultati preliminari la proposta (DNMR) di una rete di fibre scintillanti per la segnalazione di fughe da fusti contenitori di sostanze radioattive nei depositi (LNS/Sez. Mi), che ha riscosso tra l'altro interesse e effettiva collaborazione da parte di Ansaldo/Nucleare e Sogin (Garigliano), e lo sviluppo (SPECTX) di nuovi rivelatori *silicon drift* per il monitoraggio ad

elevata risoluzione e angolo solido di raggi X (Sez.Ts);

Due progetti per la rivelazione non invasiva di eventuali sorgenti radioattive e materiali strategici nei containers ai porti e ai varchi. I due prototipi, realizzati con tecnologie diverse quali la tomografia con muoni cosmici mediante camere RPC (MUSTEEL) (Sez.Pd, Tecnogamma, Acciaierie Beltrame) o la rivelazione diretta di γ o neutroni con scintillatori a grande area caricati al gadolinio (PIC) (Sez.Ge, JRC(Ispra), Ansaldo Nucleare) stanno ambedue raggiungendo una fase avanzata di costruzione e test. Il primo (MUSTEEL) ha ottenuto nel 2010 un finanziamento dall'UE nell'ambito del FP7.

Un progetto di nuovi rivelatori per il monitoraggio esterno della potenza e del burn up nei reattori di potenza tramite la rivelazione dei flussi di antineutrini emessi dal nocciolo. Un primo prototipo è già stato costruito (Sez.Ge) e testato presso i reattori di Cernavoda (RO) per la misura dei fondi.

Tutti questi progetti erano stati approvati nell'ambito di Convenzioni dell'Ente con industrie nazionali quali Ansaldo o Gilardoni che ancora ne seguono realizzazioni e sviluppi. È inoltre in itinere una Convenzione tra il JRC (*Joint Research Centre*) e l'INFN che ratificherà, tra l'altro, una collaborazione in atto tra INFN/E e l'*Institute for civil security* del JRC a Ispra su quella parte del programma che riguarda l'uso di tecniche nucleari per problemi di sicurezza civile.

b) Attività formative: INFN/E ha organizzato assieme ad Ansaldo Nucleare e alle Università di Genova e del Consorzio CIRTEN, un Master a Genova su "Scienza e Tecnologia degli impianti nucleari" attivato dal Novembre 2009 per la durata di un anno con finanziamento della Regione Liguria. È prevedibile che iniziative di questo tipo potranno, in concomitanza con l'annunciato rilancio nell'utilizzo dei reattori nucleari in Italia, rappresentare anche in futuro un impegno rilevante per l'Ente e in particolare per INFN/E.

c) Studio di un Centro di formazione e ricerca: pensato sia per l'addestramento di giovani ingegneri, fisici e tecnici e la promozione culturale nel settore (masters, stages, dottorati, ecc.) in collaborazione con Università e Industria che per lo studio della trasmutazione delle scorie radioattive a vita lunga tramite fissione veloce nei reattori di nuova generazione. Tale Centro dovrà essere attrezzato con infrastrutture adeguate, cioè da un lato di reale attualità scientifica, dall'altro di massima sicurezza e sostenibilità. La proposta di INFN/E, attualmente allo studio in collaborazione con Ansaldo Nucleare, di un generatore di neutroni di bassa potenza (< 1 MW) tramite un piccolo reattore veloce al piombo del tipo ADS, cioè sottocritico e controllato da un fascio di protoni di qualche decina di kW,

potrà soddisfare ambedue le esigenze. Il recente acquisto da parte dei Laboratori Nazionali di Legnaro di un ciclotrone per fasci di protoni da 70 MeV e 50 kW potrebbe fare di questo laboratorio, già impegnato nella ricerca sulla Fusione Nucleare, un valido candidato per la sede del Centro. Questo progetto, che ha riscosso l'adesione anche di Enea, Sogin e Politecnico di Milano, potrà costituire la prima fase di una più potente infrastruttura per il bruciamento delle scorie da installare nell'ambito del futuro Parco Tecnologico Nucleare attualmente in studio alla Sogin.

d) Fisica del reattore: consiste nel rilancio, nell'ambito delle attività di Fisica teorica dell'Istituto, delle ricerche sulla Fisica dei neutroni e sulle teorie di trasporto, sia coagulando le pochissime competenze rimaste nel settore, sia contribuendo a formarne delle nuove tra i ricercatori delle nuove generazioni. Una attività teorica di questo tipo costituisce un presupposto necessario per lo sviluppo di progetti sulla produzione di Energia Nucleare sia per fissione che per fusione. Il programma, partito per ora presso la sezione di Genova in collaborazione col Politecnico di Torino, sullo studio del comportamento dinamico e cinetico dei reattori di nuova generazione, fornirà elementi importanti per il disegno dell'ADS.

Per quanto riguarda la **Fusione Nucleare** le attività in corso si articolano su due linee programmatiche distinte e complementari:

ITER: il contributo dell'INFN a ITER consiste essenzialmente nel progetto e nella costruzione, nell'ambito del Consorzio RFX con ENEA, CNR e Università di Padova, di una *test facility* per il sistema di Iniezione a Atomi Neutri (NBI), che costituirà uno dei principali metodi di riscaldamento ausiliare del plasma e verrà realizzato dal Consorzio presso il centro di ricerca CNR di Padova. Il 2009 si è concluso con l'approvazione definitiva del programma NBI come parte essenziale del progetto internazionale ITER per lo studio della produzione di energia da fusione nucleare. Il Laboratorio di Legnaro supporta il progetto contribuendo allo studio della dinamica dei fasci e sviluppando il progetto criogenico di raffreddamento delle varie componenti del sistema. Compito del laboratorio è lo studio anche delle alte tensioni in vuoto. Nel 2010 è stato completato il progetto della sorgente di ioni negativi che dovrà essere montata ai LNL e lo studio della dinamica del fascio di ioni.

IFMIF: nell'ambito del Broader Approach, un accordo tra il Giappone e alcuni Paesi Europei per la realizzazione di sistemi e infrastrutture complementari a ITER, l'INFN ha assunto una importante responsabilità nella progettazione e realizzazione

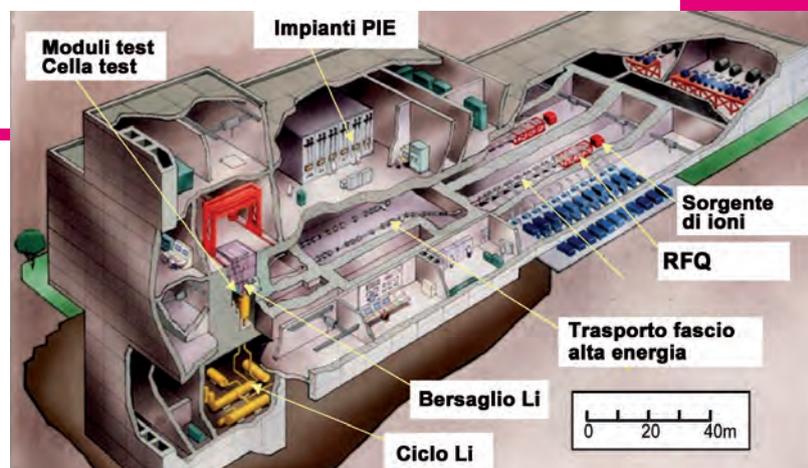


Fig. 3.22: Schema di IFMIF, il doppio acceleratore di protoni ad altissima intensità per lo studio dei materiali per la produzione di energia da fusione nucleare.

dei primi stadi di IFMIF, un doppio acceleratore di protoni ad altissima intensità (40 MeV, 130 mA) dedicato alla produzione di fasci di neutroni (circa 10^{17} n/sec) per lo studio dei materiali da utilizzare nei reattori. La parte del progetto sin ora finanziata corrisponde ad un acceleratore di 9 MeV e piena corrente, che verrà costruito da una collaborazione europea (principalmente CEA-Commissariat à l'Énergie Atomique Francia e CIEMAT-Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas Spagna, oltre all'INFN) ed installato in un'infrastruttura specifica costruita dal JAEA (Japan Atomic Energy Agency) presso Rokkasho nel nord del Giappone. La progettazione e costruzione viene realizzata dall'INFN in tre delle sue unità operative, i Laboratori Nazionali di Legnaro e le sezioni di Padova e Torino. Nel 2010 sono state realizzate due cavità di test in rame ed è stato messo a punto il loro piano di produzione. I campi elettrici sono stati testati per la conformità con le specifiche di progetto su un prototipo di alluminio a dimensioni reali.

Il 2008 ed il 2009 sono stati impiegati nella fase progettuale, con un *Preliminary Design Review* nel giugno 2008 che ha validato le principali scelte relative alla progettazione fisica ed alle scelte realizzative. La struttura progettata è notevolmente più corta ed efficiente di quanto proposto in precedenza, mentre l'approccio costruttivo utilizzato consente di estendere a questo acceleratore l'esperienza nella realizzazione di strutture in rame con strettissime tolleranze meccaniche, guadagnata con RFQ per protoni di più alta frequenza (progetto TRASCO – TRAsmutazione SCORie). Sono stati inoltre costruiti e validati alcuni prototipi degli elementi critici. Con il 2010 comincia la parte realizzativa con la costruzione dei 18 moduli che costituiscono la struttura. Parte importante del progetto è costituita dallo sviluppo di tutti i sottosistemi, vuoto, raffreddamento e controllo della frequenza, integrazione meccanica e funzionale nell'acceleratore. Sono previsti dei test parziali in Europa seguiti dall'installazione e test con il fascio in Giappone (presso il laboratorio di Rokkasho) a partire dal 2013. L'INFN contribuisce con proprio personale al programma di integrazione delle varie componenti dell'acceleratore in Giappone.

PROGETTO STRATEGICO NTA

Il Progetto Speciale NTA (Nuove Tecniche di Accelerazione) ha l'obiettivo di sostenere e sviluppare ricerche, anche attraverso collaborazioni internazionali, nel campo della scienza degli acceleratori e, con più alta priorità, nel settore delle tecnologie ad essi correlate.

La realizzazione di nuovi acceleratori di particelle influenza (e, a sua volta, è influenzata da) un largo spettro di attività scientifiche e tecnologiche. Per questo la ricerca avanzata di tecnologie per nuovi acceleratori è vitale non solo per la fisica delle particelle elementari, ma anche per favorire l'affermarsi di tecnologie innovative in molti campi. Le tante applicazioni presenti e future delle macchine acceleratrici vanno dalle utilizzazioni propriamente scientifiche (schematizzate nella tabella 3.6) al loro uso medicale ed industriale (alcuni esempi a fondo pagina).

Nel triennio 2011-2013 attraverso il Progetto Strategico NTA, saranno sviluppate ricerche nei settori identificati dalla comunità scientifica di riferimento a livello internazionale come quelli di maggior interesse scientifico e tecnologico. Le attività di ricerca saranno portate avanti presso i Laboratori Nazionali di Frascati, di Legnaro e del Sud e presso le Unità Operative di Bologna, Catania, Ferrara, Genova, Milano, Milano Bicocca, Napoli, Pavia, Pisa, Roma, Roma

Tor Vergata, Roma Tre e Trieste. La tabella 3.7 riassume le ricerche in corso di svolgimento e che si concluderanno nel triennio 2011-2013: nella prima colonna è riportata l'area di ricerca, nella seconda lo scopo della ricerca stessa e nella terza colonna la sigla utilizzata all'interno del Progetto Strategico NTA. I risultati fin qui ottenuti in queste attività hanno permesso all'INFN di consolidare il suo ruolo di primo piano in campo internazionale nello sviluppo di concetti e di tecnologie per i futuri acceleratori.

A medio e lungo termine la sfida per le attività di Ricerca e Sviluppo consisterà nel produrre fasci di vari tipi di particelle (elettroni, protoni, neutroni, muoni, ioni) a più alte energie, con più alta intensità, con più alta brillantezza e, per i collisori, con più alta luminosità. Questi obiettivi dovranno essere raggiunti a costi socialmente sostenibili per quanto riguarda sia i costi di produzione, sia le spese di funzionamento, sia l'ammontare di potenza elettrica necessaria. Nella tabella 3.8 sono riportati i principali problemi che dovranno essere risolti al fine di progettare e realizzare i principali acceleratori (indicati nella prima riga della tabella stessa) all'attenzione della comunità scientifica internazionale. Su tali temi l'INFN, attraverso il Progetto Strategico NTA, è già oggi operante e tali temi saranno anche al centro delle sue attività a medio termine.

Campo di interesse	Acceleratore	Temi di studio
Fisica atomica	Fasci di ioni a bassa energia	Processi di collisione atomica, studio di stati eccitati, collisioni elettrone-ione, potere frenante degli elettroni nei solidi.
Fisica della materia condensata	Sorgenti di Radiazione di Sincrotrone	Studi di strutture cristalline con raggi X.
Fisica della materia condensata	Sorgenti di neutroni da spallazione	Studi di scattering di neutroni su metalli, cristalli, liquidi, e materiali amorfi.
Scienze dei Materiali	Fasci di Ioni	Analisi di materiali dopo attivazione con protoni e raggi X; Studi di emissione di raggi X; spettrometria di massa con acceleratore.
Chimica e biologia	Sorgenti di Radiazione di Sincrotrone	Studi del legame chimico; dinamiche e cinematiche biologiche; cristallografia di proteine e di virus.

Tab. 3.6: Applicazioni delle macchine acceleratrici ad uso scientifico.

Applicazioni delle macchine acceleratrici ad uso medico e industriale.

- >> Diagnostica medica con radioisotopi prodotti con fasci accelerati
- >> Terapie antitumorali con radiazioni, utilizzando: protoni, ioni pesanti, pioni, raggi X da Linac ad elettroni, neutroni da Linac a protoni
- >> Individuazione di pozzi petroliferi con sorgenti di neutroni
- >> Implantazione ionica con fasci di ioni positivi
- >> Polimerizzazione, vulcanizzazione, sterilizzazione di cibo, produzione di membrane microporose etc.
- >> Datazione archeologica per mezzo di spettroscopia di massa con acceleratori.

Area di ricerca	Obiettivi	Sigla dell'attività di ricerca
Teoria degli acceleratori	Studi su "Crab-waist" e "Crab-crossing" per massimizzare la luminosità di macchina	Super-B/LNF
Simulazioni computerizzate	Damping Ring per ILC: definizione del lattice e valutazione dell'effetto di nuvola elettronica sui positroni (a), definizione del lattice magnetico di SuperB (b), studio di "spin tracking" per elettroni polarizzati(c), studi di interazioni fascio-fascio(d)	a) ILC/LNF b), c), d) SuperB/ LNF-Pi
Cavità a RF superconduttrici	Realizzazione di cavità s.c. con tecniche di spinning(a); R&S di materiali s.c. con temperatura critica maggiore del Niobio per cavità ad alto beta (a); "sputtering" di Niobio con Magnetron (a); cavità s.c. in terza armonica (b)	a) Shamash/LNL b) ILC/Mi
Controlli a RF e sistemi di "feedback"	Elettronica di controllo per criomoduli(a), "bunch-by-bunch feedback" trasverso e longitudinale per macchine a bassa emittanza (b)	a) ILC/Pi b) SuperB/LNF
Criogenia	Progettazione e realizzazione di criomoduli per X-Fel (Desy, in costruzione) e ILC (in progettazione)	ILC/Mi
Sorgenti	Sorgenti di ioni, per fasci ad alta brillantezza, basate su <i>Electron Cyclotron Resonance</i> (a); fotocatodi per "cannoni" ad alta brillantezza(b); generazione di fasci di raggi X, 20-500 keV ad alta cromaticità, rapidità e brillantezza di picco(c)	a) Helios/LNS b) ILC/Mi c) Plasmonx/LNF-Bo-Mi-Na-Pi
Diagnostica dei fasci e relativa strumentazione	Rimozione della "e-cloud" con film sottili di materiali innovativi	Imca/LNF
Magneti	Modifica dei poli di magnete wiggler per ottimizzazione dei campi(a), studio di un quadrupoli "split" per focheggiamento finale(b)	a) ILC/LNF b) SuperB/LNF
Magneti superconduttori	Dipolo sc curvilineo per cicli rapidi	a) DISCORAP/ Ge-LNF-Mi.
Acceleratori a laser-plasma	Accelazione sfruttando alti gradienti generati nella interazione laser-plasma con auto iniezione o iniezione esterna	Plasmonix/LNF-Bo-Ct-Pi-Mi-Na-Rml
Tecnologie ed infrastrutture di sostegno alle attività di Ricerca & Sviluppo	Kickers rapidi per iniezione/estrazione in anelli di accumulazione (a); Deflettori a RF, Monitor a RF della posizione dei fasci. Partecipazione alla progettazione e realizzazione della Clic Test Facility (CTF3 al Cern) (b)	a) ILC/LNF b) CLIC/LNF

Tab. 3.7: Classificazione delle ricerche svolte nel progetto strategico NTA

Argomenti R&D	Possibili Applicazioni						
	n Factory	Muon Collider	e+e- Collider	VLHC+ SLHC	Sorgenti di luce da LINAC	Medicina, Fusione, Industria	Sorgenti di Neutroni
Nuvola di elettroni (e-cloud)	x	x	x	x		x	x
Fondo di ioni (Ion effects)	x	x	x		x	x	
Radiazione coerente di sincrotrone			x		x		
Effetti di carica spaziale	x	x	x	x	x	x	x
Scie di pacchetti corti (Short bunch wakes)			x		x		
Simulazioni al computer	x	x	x	x	x	x	x
Teoria	x	x	x	x	x	x	x
Strumentazione	x	x	x		x	x	x
Alti gradienti nc ¹	x	x	x				
Alti gradienti sc ²	x	x	x	x	x		x
Raffreddamento elettronico							
Raffreddamento stocastico ³				x			
Raffreddamento per ionizzazione	x	x					
HOM damping			x		x		x
Emittanze ultra-basse		x	x		x		
Sorgenti ultra-brillanti ⁴			x		x		
Sorgenti di positroni			x				
Targhette per alte potenze	x	x	x				x
Magneti sc ⁵	x	x	x	x			
Fixed Field Alt Grad	x	x				x	
Accelerazione con laser ⁶			x			x	
Campo-scia dei fasci			x				
Impianti e attrezzature per test	x	x	x			x	

¹ Cavità e amplificatori implementazione di potenzialità ed efficienza

² Cavit , processi e materiali

³ Microonde e ottiche

⁴ Sorgenti di fotoni ncrf, scrf e dc

⁵ Struttura dei magneti, processi e materiali

⁶ Laser plasma, linac

Tab. 3.8: Problematiche e possibili applicazioni studiate in NTA.

HIGHLIGHT del 2010

- Sono continuati gli studi sui Damping Ring, che i relativi test su DAFNE hanno portato ad una esperienza riconosciuta in tutto il mondo.
- I magneti dipolari superconduttivi curvi, ritenuti improponibili fino al progetto e sperimentazione lanciato in NTA, sono ora una soluzione di riferimento: il prototipo messo a punto da DISCORAP (con la collaborazione di Ansaldo) nel 2011 sarà sottoposto a test risolutivi per poter proporre la loro realizzazione su scala industriale.
- Nel 2010, presso i LNF, sono state ottenute le prime accelerazioni mediante interazione laser-plasma. L'attività del complesso Flame (laser di alta

potenza) – SPARC (iniettore a RF di alta brillantezza) entrerà nei prossimi tre anni nella piena fase sperimentale. L'utilizzazione di questa strumentazione integrata, iniettore RF-laser (di assoluto interesse internazionale), consentirà di produrre altissimi gradienti di accelerazione, e ci si attende che possa aprire la strada ad una nuova era nell'accelerazione di particelle elementari.

- Gli studi sul progetto SuperB stanno procedendo speditamente, a conferma del fatto che il progetto SuperB rappresenta un'attività di importanza strategica per l'INFN e per la sua collocazione in campo internazionale.

PROGETTO SPECIALE APE

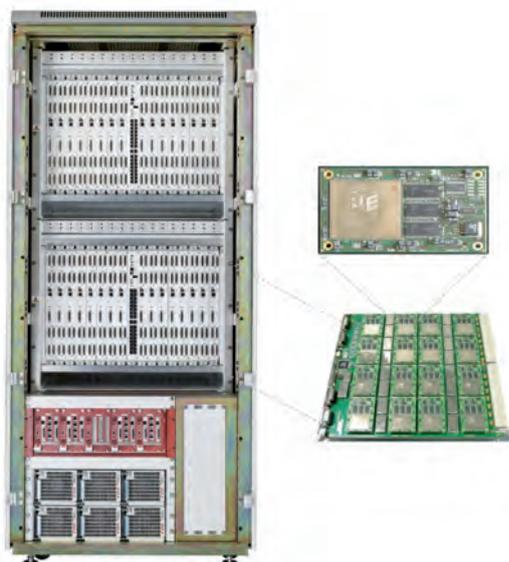
Il SuperCalcolo in ambito INFN: stato e prospettive

La simulazione numerica rappresenta uno strumento fondamentale per le ricerche di base dei gruppi teorici e sperimentali. In ambito INFN sono tradizionalmente attive comunità scientifiche che utilizzano supercalcolatori per lo studio numerico delle interazioni forti (LQCD, *Lattice Quantum Chromo Dynamics*, capace di spiegare con metodi statistici ed algoritmi numerici le proprietà della materia subnucleare), di problemi di Meccanica Statistica, della dinamica dei fluidi in regime turbolento e della biologia computazionale. La simulazione numerica per tali problemi scientifici richiederà, nel prossimo futuro, enormi potenze di calcolo, tipicamente dell'ordine del PetaFlops¹, e sistemi di calcolo non tradizionali caratterizzati da elevata efficienza computazionale, basso consumo elettrico ed alta integrazione.

Nel corso degli ultimi venti anni, l'INFN ha sviluppato macchine di calcolo parallelo attraverso il progetto speciale APE/APE100/APEMille/apeNEXT (figura 3.23); ciò ha permesso alla comunità scientifica italiana (e, più generalmente, europea) di tenere il passo con il progresso della ricerca nel campo delle interazioni forti in regime non-perturbativo (*Lattice Gauge Theory*).

Nelle diverse fasi di evoluzione del progetto, le macchine APE sono sempre state fortemente connotate da caratteristiche architettoniche che hanno, di fatto, costituito un vero e proprio paradigma, rivelatosi vincente nel campo del calcolo parallelo a elevate prestazioni, e che oggi si trovano implementate nei supercomputer commerciali di ultima generazione. In particolare: il processore elementare di

Fig. 3.23: Supercomputer apeNEXT: le numerose unità di calcolo operanti in parallelo ne garantiscono le alte prestazioni.



calcolo VLSI custom (che garantisce straordinaria efficienza computazionale sulle applicazioni d'interesse), la rete di comunicazione interprocessore con connettività punto-punto a primo vicino a griglia tridimensionale (ad alte prestazioni e bassa latenza), un eccellente rapporto potenza dissipata/prestazioni che garantisce alta integrazione e ridotti costi realizzativi e di esercizio. L'ultima realizzazione, apeNEXT, è costituita da un insieme di supercomputer installati all'Università di Roma "La Sapienza" capaci di complessivi 12 TeraFlops e utilizzati da vari gruppi teorici inseriti in più ampie collaborazioni internazionali.

Sempre nello stesso ambito, l'apertura di una seconda linea di ricerca, apeNET, ha permesso di realizzare sistemi di calcolo basati su PC Clusters commerciali equipaggiati da reti dedicate 3Dimensionali di derivazione APE ed implementate su componenti programmabili (FPGA). Tali sviluppi hanno portato all'installazione di due sistemi da 96 e 128 nodi di calcolo (rispettivamente presso la Sezione INFN di Tor Vergata e presso l'ECT* di Trento) interconnessi dalla rete apeNET e caratterizzati, contrariamente ai cluster interconnessi da network commerciali, da scalabilità (quasi lineare) delle performance con il numero dei processori.

Il progetto APE, nelle sue varie evoluzioni, ha anche consentito all'Italia di presidiare le attività di ricerca sul calcolo parallelo e le relative tecnologie di sviluppo (software e hardware) e di generare rilevanti risultati di trasferimento tecnologico, ad esempio nel settore del computing dedicato ad alte prestazioni (Quadrics, società di Finmeccanica, nella metà degli anni '90 e più recentemente EUROTTECH) e dell'elettronica per sistemi *embedded* (ATMEL Roma). Si tratta di tecnologie e competenze strategiche per l'Italia e l'Europa ed infatti membri del gruppo APE coordinano e partecipano con ruoli di leadership ad importanti progetti europei (progetti FP6 SHAPES ed HARTES e progetto FP7 EURETILE) nel settore delle "Advanced Computing Architectures" e degli "Embedded Systems" derivati dal know-how sviluppato negli anni in ambito APE. Non bisogna inoltre dimenticare come questa iniziativa abbia permesso la formazione di alcune decine di ricercatori e tecnologi specializzati nella progettazione di sistemi su silicio e software di sistema, un'esperienza unica e strategica per il panorama italiano e di grande valore scientifico e tecnologico a livello europeo.

Al fine di conservare la posizione competitiva raggiunta a livello internazionale, la collaborazione ha intrapreso iniziative di ricerca e sviluppo per arrivare alla realizzazione di supercomputer nella fascia del PetaFlops (1000 TFlops) utilizzando tecnologie *state-of-the-art*. La roadmap di breve/medio periodo, nell'orizzonte temporale del piano triennale,

prevede la realizzazione di sistemi ibridi “cpu commerciali - reti dedicate” secondo le seguenti molteplici linee di sviluppo:

• **Progetto apeNET+.**

Nell’arco del 2010 la collaborazione ha finalizzato lo sviluppo della nuova generazione di *apeNET* denominata *apeNET+* (figura 3.23) con l’obiettivo di realizzare l’infrastruttura di *network* efficiente per i cluster di PC da impiegare nel calcolo scientifico. L’Hardware di *apeNET+* attualmente in fase avanzata di costruzione, mostra una capacità di trasferimento complessiva pari a 360 Gbit/s per nodo di calcolo grazie anche all’integrazione del *network processor* di nuova generazione sviluppato dalla collaborazione nell’ambito del progetto europeo SHAPES. All’inizio del 2011 sarà possibile prototipare un mini-cluster da 4-8 nodi scalabile entro la fine del 2011, a sistemi “armadio”² da 64 (128) processori multi-core e 10 TeraFlops di potenza di calcolo complessiva.

• **Progetto AURORA.**

Coordinato dalla EUROTTECH spa e cofinanziato dalla Provincia Autonoma di Trento, si prefigge di realizzare macchine di calcolo basate su processori commerciali INTEL interconnessi da una rete toroidale 3Dimensionale (contributo originale dell’INFN al progetto) con elevata densità di processori per volume (pari a circa 4 volte un cluster di PC standard) e con un obiettivo di progetto, da realizzare a partire dal 2011, di sistemi con prestazioni dei 10-20 TeraFlops per armadio.

• **PC Cluster accelerati con GPU (*Graphic Processing Unit*): progetto QUONG.**

L’emergere di nuove architetture di calcolo per la grafica ad alte prestazioni (*Graphic Processing Unit, GPU*), spinte da un mercato dei videogiochi valutato in 10 miliardi di \$ per anno, caratterizzate da elevate potenze di calcolo (1 TeraFlops per singolo chip), notevole rapporto Flops/Watt e Flops/\$ e con caratteristiche architetture estremamente favorevoli per il calcolo scientifico, permette di progettare sistemi ibridi CPU+GPU in grado di scalare alle centinaia di TeraFlops per armadio. In questo ambito l’INFN si propone di

realizzare, una piattaforma parallela scalabile al PetaFlops, basata su meccanica commerciale e processori *commodities* Intel, accelerata attraverso GPU di ultima generazione ed interconnessa dal network apeNET+.

L’interesse applicativo per questa nuova architettura di calcolo permette all’INFN di coagulare, intorno al progetto, un gruppo composto da ricercatori esperti in molteplici ambiti di ricerca: tra questi si evidenziano gruppi INFN attivi in ambito teorie di campo su reticolo, bio-computing, gravitational waves analysis, progettazione di sistemi di trigger ai colliders ma anche fisici computazionali, internazionalmente riconosciuti, esperti di fluidodinamica applicata alla medicina, sistemi complessi, genomica computazionale, neural network. L’adozione della piattaforma di calcolo QUONG in tali molteplici aree di ricerca garantisce l’applicazione di un modello già sperimentato, con le passate generazioni di sistemi APE, che ha portato rilevanti risultati scientifici e notevole visibilità nazionale ed internazionale.

Nella tabella 3.9 si riportano le caratteristiche del sistema QUONG che sarà possibile integrare nel 2011 ed una previsione per le *performances* dei sistemi realizzabili nel periodo 2012-14.

Dalla tabella 3.9 risulta evidente che già dal 2011 sarà possibile installare *sistemi armadio* di dimensione standard composti da nodi di calcolo multiprocessore e acceleratori GPU-based al costo di circa 250 kEuro per armadio e con una potenza di calcolo di picco di ~ 60 TFlops in singola precisione e ~ 30 TFlops in doppia precisione.

Dal 2011 sarà quindi possibile realizzare una installazione di classe PetaFlops (peak singola precisione) con circa 20 armadi e un volume di occupazione di poco superiore all’attuale installazione di apeNEXT di Roma.

Nella tabella 3.9 è anche riportata una previsione degli indici di *performances* di costo e prestazioni per singolo armadio basata sullo scaling tecnologico atteso per le unità GPGPU. Si evidenzia come il costo per un’installazione di classe multi-PetaFlops potrebbe scendere a circa 3 MEuro per PetaFlops con annessa una sensibile riduzione dei costi operativi dovuti

	Sistema Ibrido “multi processore - GPU con apeNET+			
	Peak Perf/rack (TeraFlops)		Cpsto per Rack (KEuro)	# armadi per sistema PetaFlop
	singola precisione	doppia precisione		
2011	56	30	~250	20
2012-2014 (previsione)	>100	>50	~300	<10

Tab. 3.9: Caratteristiche dei sistemi multi-processore.

² Con armadio o *rack* intendiamo un sistema meccanico ed elettronico di circa due m³ di volume in grado di ospitare elettronica attiva e paragonabile, per dimensioni, ad armadi standard per cablaggi di rete.

ad un più basso consumo ed ad una più alta integrazione.

Il progetto QUonG potrà fare leva sul co-finanziamento dell'UE, realizzato attraverso la partecipazione dell'Ente a progetti Europei FP7 in questa particolare area di ricerca, e la collaborazione di selezionati partners internazionali accademici ed industriali. Nell'ambito del progetto Europeo EURETILE, coordinato dall'INFN, sarà infatti possibile proseguire in maniera sinergica lo sviluppo del network processor ottimizzato per l'architettura QUonG e lo studio di nuovi modelli di programmazione efficiente per le architetture *many-core*.

Strutture INFN e altre istituzioni partecipanti

Al progetto APE collaborano ad oggi ricercatori e tecnologi afferenti alle sezioni INFN di Roma e Roma Tor Vergata, mentre le sezioni di Ferrara, Milano Bicocca ed il gruppo collegato di Parma sono coinvolte nel progetto AURORA.

In aggiunta presso le sezioni di Roma, Roma Tor Vergata, Ferrara, Milano Bicocca, Parma, Pisa, Bari sono presenti gruppi di fisici teorici che utilizzano i sistemi APE per ricerche in LGT, biologia computazionale, fluidodinamica.

I principali partner tecnologici, accademici, nazionali ed internazionali che collaborano con l'INFN in questa area di ricerca grazie a collaborazioni stabilite anche in sede di progetti europei sono riportati nel seguente elenco non esaustivo:

- **Università di Pisa, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione**
- **Università di Cagliari, Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica**
- **Università di Roma Sapienza, Dipartimento di Ingegneria Elettronica**
- **Università di Padova, Dipartimento di Elettronica e Informatica**
- **RWTH Aachen University, ISS**

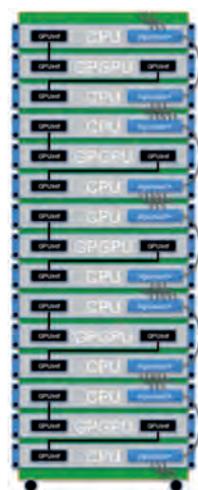
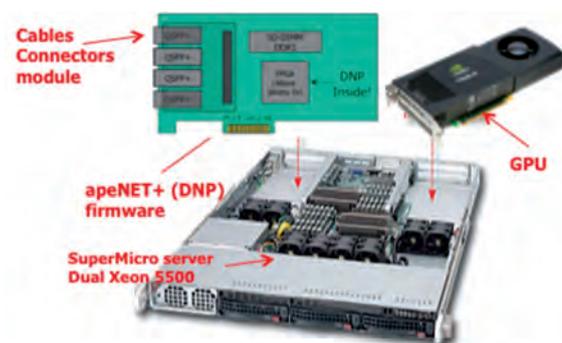


Fig. 3.24: Progetto QUonG: CPU+GPU con apeNET+



- **Swiss Federal Institute of Technology Zurich, CH**
- **Università di Julich e Wuppertal**

Principali partner industriali:

- **Atmel**
- **Eurotech spa**
- **Sky Technology**
- **Finmeccanca-Quadrics, nel passato**

Sorgenti di finanziamento e ammontare

Le principali fonti di finanziamento per le attività collegate al progetto APE sono, oltre al budget ordinario INFN, il contributo per la partecipazione a progetti Europei FP6 ed FP7. Come evidenziato nella tabella 3.10 nel periodo 2006-2009 la partecipazione al progetto SHAPES ha generato un cofinanziamento pari a 800 KEuro utilizzato principalmente per il reclutamento di giovani ricercatori e tecnologi da impiegare nelle attività di ricerca e sviluppo. Nel periodo 2010-2013, nell'ambito delle attività del progetto FP7 EURETILE da noi coordinato, potremo contare su un budget significativamente più corposo (2100 KEuro) che impiegheremo per il reclutamento del gruppo di progetto e per finanziare le attività di prototipazione di *hardware many-core*.

Nella tabella 3.10 sono inoltre indicate le previsioni di spesa per la realizzazione dell'installazione di classe PetaFlops la cui roadmap prevede nel 2011 l'integrazione di un prototipo di armadio completo da 60 TeraFlops per un costo pari a 300 KEuro e nei 2 anni successivi un investimento pari a circa 2 MEuro per anno per la costruzione del sistema finale.

APE Budget		
fondi ordinari INFN in KEuro	preventivo	assegnato
2007	200	100
2008	330	300
2009	687	300
2010	120	120+300*
fondi esterni (Progetti EU) in KEuro		
	Finanziamento complessivo	Quota per INFN
2006-2009 (SHAPES)	6800	800**
010-2013 (EURETILE)	4500	2100***

Tab. 3.10: Finanziamenti del progetto APE.

Note:

* Nell'ambito del progetto AURORA, la convenzione INFN - Provincia Autonoma di Trento (PAT) prevede un finanziamento per la fase preliminare e la realizzazione di un piccolo prototipo di 1.8 MEuro di cui 300 KEuro a carico dell'INFN.

PROGETTO SPECIALE SPARC e PROGETTO SPARX

Introduzione

Il progetto Speciale SPARC è stato avviato dall'INFN nel 2003 a seguito dell'approvazione da parte del MIUR del progetto Strategico "impianti innovativi multiscopo per la produzione di radiazione X e ultravioletta, coerente ed incoerente ad alta intensità per applicazioni avanzate nel campo delle strutture biologiche e molecolari e dei materiali" finanziato sui fondi FISR. Il progetto SPARC è realizzato mediante una collaborazione con CNR, ENEA, l'Università di Roma Tor Vergata (proponenti principali). Inoltre hanno contribuito numerose università italiane (Sapienza, Milano, Lecce), centri europei (DESY, PSI, Lund, Daresbury, Soleil, CEA) e USA (UCLA e SLAC).

Lo scopo principale del progetto è la realizzazione di un prototipo di Laser ad Elettroni Liberi operante in regime di auto-amplificazione (SASE), costituito da un Linac da 150 MeV e un ondatore a magneti permanenti lungo 12 metri che emette radiazione coerente nel visibile (500 nm, armonica fondamentale) e con un significativo segnale nelle armoniche superiori fino all'ultravioletto. Inoltre il progetto prevede di sperimentare metodi e schemi innovativi idonei alla generazione di radiazione coerente X.

Nel corso degli anni il programma si è arricchito di nuovi obiettivi e opportunità:

a) L'approvazione da parte dell'INFN dell'esperimento PLASMONX, che prevede l'uso del Linac di SPARC per realizzare un sistema di accelerazione a onde di plasma e la generazione di radiazione pulsata monocromatica X mediante *Thomson back-scattering*. In funzione di entrambi gli esperimenti è stato approvato da NTA l'installazione di un laser ad elevata potenza (300 TW) da in prossimità del bunker di SPARC. Inoltre, l'INFN mediante il Progetto Speciale SPARC ha finanziato la realizzazione di due linee di fascio, una per ciascun esperimento, che si aggiungono alla linea di fascio FEL.

b) La partecipazione al progetto europeo EUROFEL (VI PQ UE) che ha finanziato il completamento del sistema magnetico necessario all'esperimento di dinamica dei fasci riguardante la compressione longitudinale del pacchetto di elettroni (*velocity bunching*), e l'installazione dei dispositivi necessari all'esperimento di "Seeding" finalizzato alla coerenza longitudinale della radiazione.

c) L'approvazione da parte del MIUR del progetto SPARX (proponenti CNR, ENEA, INFN, Univ. Roma Tor Vergata)

mediante un finanziamento FIRB di 10 MEuro dedicato alle attività di R&S per la generazione di radiazione X, da implementare su SPARC. Le attività previste riguardano la realizzazione di un *Gun* per elettroni supersimmetrico con catodi innovativi, sviluppo tecnologie RF in banda X, sistemi di sincronizzazione e timing elettro-ottici e ottici, incremento di energia del Linac (in banda C), sviluppo di diagnostica elettroni e fotoni, sviluppo di tecniche di seeding e generazione di armoniche FEL.

d) La firma dell'Accordo Quadro con MIUR e Regione Lazio per la creazione di un centro di eccellenza nel Lazio basato su una sorgente FEL.

e) la partecipazione al progetto europeo IRUVX-FEL (VII PQ UE) riguardante la Preparatory Phase del Consorzio Europeo EuroFEL che coordinerà le attività delle *user-facilities* e *test-facilities* FEL in Europa.

f) la partecipazione al progetto europeo TIARA (VII PQ UE).

Attività in corso

L'attività sperimentale riguarda la generazione di impulsi ultracorti e multipli, lo sviluppo di un prototipo di RF Gun supersimmetrico ad elevata frequenza di ripetizione, sviluppo di sistemi di sincronizzazione al femtosecondo, test di strutture acceleranti in banda C (presso KEK-Giappone), test di tecniche di *seeding*, con "cascade" e generazione di armoniche.

Installazione 2011

- Linea di fascio di elettroni per esperimento *Thomson back-scattering*
- Linea di fascio di elettroni per esperimento *Plasma Wave Acceleration*
- Sistema RF di potenza in banda C (Modulatore e Klystron), sezioni di accelerazione.

HIGHLIGHT 2010

Nel 2010 sono stati ottenuti rilevanti risultati avendo realizzato con successo il primo esperimento di "seeding" in Europa su FEL, e essendo stata verificata per la prima volta la fattibilità di uno schema basato su "seeding, e cascade" con generazione di armoniche. In tale configurazione è stato ottenuto un segnale coerente in terza armonica a circa 67 nm con un fascio di elettroni a circa 150 MeV. Questi risultati si aggiungono quelli ottenuti nel 2009 quando è stato raggiunto il regime di auto amplificazione coerente nel visibile, è stato osservato un significativo segnale di radiazione in terza

armonica nel vicino UV, ed è stato osservato il regime di "velocity bunching" nella dinamica dei fasci di elettroni nel Linac.

Prospettiva a medio termine

Le attività avviate con il progetto SPARC hanno avuto il merito di stimolare, durante un entusiasmante periodo durato circa 5 anni, nuove idee, l'elaborazione di proposte in buona parte accolte e finanziate, la realizzazione e test di dispositivi innovativi, la formazione di un team di giovani ricercatori brillanti e competenti.

Nella prospettiva di medio termine va perseguito il consolidamento delle attività nate e sviluppatasi intorno a SPARC presso i LNF. È emerso con estrema chiarezza che l'insieme della strumentazione sviluppata con SPARC e PLASMONX costituiscono di fatto un laboratorio unico al mondo. Per tale motivo tutti i ricercatori coinvolti, hanno dato origine ad una struttura di coordinamento chiamata LI²FE (Laboratorio Interdisciplinare Integrato di Fotoni ed Elettroni). Il comitato LI²FE, formato dai responsabili delle attività, con rappresentanti INFN, CNR, ENEA e di alcune Università, è nato principalmente per coordinare le attività di sviluppo e sperimentazione in corso e renderle compatibili con nuove proposte, e di favorire in particolare la partecipazione di gruppi sperimentali interessati all'utilizzo.

Essendo il Progetto Speciale SPARC ormai in una fase di completamento, ed essendo ormai a buon punto anche le installazioni finanziate da NTA, appare evidente che tutta l'attività sperimentale futura dovrà essere organizzata in modo unitario intorno ad un unico laboratorio (LI²FE un embrione).

Prospettiva di lungo periodo

Nel 2010 è stato deciso che il progetto SPARC sarà realizzato presso i LNF, con lo scopo di potenziare le attività già avviate con il prototipo SPARC. In corso lo studio di fattibilità e il progetto di una nuova sala sperimentale, a valle della sala SPARC, necessaria all'installazione della test-facility SPARC/X. Notevoli vantaggi si possono intravedere grazie alle sinergie con le attività già approvate nell'ambito di SPARC e di PLASMONX che rende possibile la creazione di un centro di eccellenza per studi avanzati su:

- nuove tecniche di accelerazione, con strutture acceleranti ad alta frequenza ed elevato gradiente (banda C e X) e con PWFA (Plasma Wake Field Acceleration).
- generazione di fasci di elettroni ultrabrillanti
- sorgenti di radiazione coerente e incoerente ad impulso

ultracorto esplorando il regime sub-femtosecondo.

PROGETTO SPECIALE SPES

Selective Production of Exotic Species

(Produzione Selettiva di Specie esotiche)

Il progetto SPES è inserito in una rete di collaborazioni che è mostrata in figura 3.25.

Obiettivi

- 1) Realizzare un sistema ISOL di seconda generazione che fornisca fasci di ioni ricchi di neutroni per lo studio della fisica nucleare fuori dalla valle di stabilità.
- 2) Fornire una struttura di ricerca in grado di soddisfare, oltre agli obiettivi scientifici, esigenze applicative di interesse nazionale e internazionale.

Ecco alcune delle caratteristiche tecniche principali del progetto:

Metodo di produzione di fasci esotici: fissione dell'uranio indotta da fascio di protoni su bersaglio diretto di UCx. Estrazione del fascio con tecnica ISOL.

Fissioni in bersaglio: 10^{13} fissioni al secondo.

Riacceleratore: sistema PIAVE-ALPI, energie di fascio 5-10 MeV per nucleone. Caratteristiche di fascio attualmente non disponibili nel panorama internazionale.

Facility della stessa classe: HIE-ISOLDE e SPIRAL2 (in fase di realizzazione).

Principali linee di attività

Nell'ambito del progetto SPES è stata valutata la realizzazione di tre aree per attività sia applicative che di Fisica fondamentale:

- 1) Area ISOL con produzione di fasci di ioni esotici e selezione isotopica ad alta risoluzione.
- 2) Laboratorio per l'uso del secondo fascio di protoni del ciclotrone, per la produzione di radioisotopi innovativi per applicazioni mediche nel campo della diagnostica e della terapia.
- 3) Laboratorio per la produzione di neutroni utilizzando il fascio del ciclotrone e bersagli di vari materiali (Litio, Berillio, Tungsteno, ecc.) per lo studio dei reattori nucleari di IV generazione e applicazioni nel campo dei materiali, dell'industria, della medicina e dell'astrofisica,

Il progetto è stato suddiviso in fasi successive di realizzazione e finanziamento. Ogni fase permette l'utilizzo della struttura con un grado maggiore di funzionalità come riassunto nella tabella 3.11.

Principali risultati conseguiti nel 2010

Nel 2010 è stata completata la gara e firmato il contratto per l'acquisizione del ciclotrone.

è entrato in funzione, presso i Laboratori Nazionali di Legnaro, il sistema di *Front-End ISOL* e si sono iniziati i test di caratterizzazione del sistema bersaglio-sorgente.

Si sono sviluppate le tecniche di produzione dei carburi e in particolare del carburo di Uranio.

Si sono sviluppate le tecniche di produzione dei carburi e in particolare del carburo di Uranio.

Per validare la produzione prevista di fasci instabili con l'uso del bersaglio di UCx, sono stati realizzati vari esperimenti presso i laboratori ISOLDE del CERN e HRIBF a Oak Ridge (USA). I risultati degli esperimenti sono in fase di pubblicazione. In fase di progetto un sistema di test sotto fascio da installare a LNS per lo studio dei fasci di SPES e di EXCYT (facility ISOL a LNS operativa dal 2007).

è stata progettata la linea di trasferimento e selezione ad alta risoluzione dei fasci instabili.

è stato organizzato un primo workshop a carattere nazionale (LNL, 29 Ott. 2008) sulla fisica con i fasci di SPES, a cui hanno partecipato oltre 70 fisici e tecnologi. Un secondo workshop, a carattere internazionale, è stato organizzato nel 2010 (LNL, 15-19 Novembre 2010). Hanno partecipato oltre 150 fisici presentando circa 30 lettere di intenti per esperimenti con SPES.

Progetto di rilevanza scientifica

SPES-ISOL

L'attività principale del Progetto SPES è lo sviluppo della Fisica Nucleare fondamentale per lo studio dei nuclei lontani dalla valle della stabilità con fasci instabili. Il Progetto SPES prevede l'uso del metodo ISOL per la produzione dei fasci instabili utilizzando una potenza sul bersaglio primario di circa 10 KW. I fasci saranno prodotti utilizzando la reazione di fissione dell'Uranio indotta da protoni. Come driver di protoni si utilizzerà un ciclotrone da 35-70 MeV ad alta intensità (fino a 500 micro A). Il rate di fissioni previsto nel bersaglio di produzione è di 10^{13} fissioni al secondo e permetterà di ottenere fasci di intensità uno-due ordini di grandezza superiori a quanto attualmente disponibile. I fasci prodotti saranno preaccelerati e iniettati nell'acceleratore lineare superconduttivo ALPI dei LNL. Il progetto è in fase di realizzazione. Compete a livello internazionale con SPIRAL2 in Francia, HIE-ISOLDE al CERN, up-grade di HRIBF in USA (Oak Ridge National Lab), ISAC in Canada (TRIUMF).

Progetti di rilevanza applicativa

I progetti applicativi sono attualmente a livello di studio di fattibilità: si sono creati due gruppi di studio per l'uso del

fascio del ciclotrone in attività applicative.

Progetti basati sull'uso del fascio di protoni del CICLOTRONE

LINCE:

Legnaro Italian Neutron Center

Il fascio di protoni del ciclotrone permette di generare neutroni con uno spettro energetico non disponibile ai reattori nucleari e con caratteristiche spettrali che possono essere calibrate con moderatori opportuni o agendo direttamente sul fascio di protoni.

SPES partecipa a UCANS (*Union for Compact Accelerator-driven Neutron Sources*). L'Unione per le sorgenti compatte di neutroni basate su acceleratori è nata nel 2010 ed ha lo scopo di dare supporto e coordinamento ad una comunità in via di rapida espansione soprattutto in USA, Cina e Giappone.

Sono stati presentati, da una collaborazione di ricercatori di vari enti (INFN, CNR, Uni Roma2, Padova, Camerino), due progetti che utilizzano il ciclotrone come "driver" per la produzione di neutroni:

- **FARETRA (FAst REactor simulator for TRAnsmutation studies)** per l'uso di neutroni in applicazioni energetiche. Ha lo scopo di produrre un fascio di neutroni con caratteristiche spettrali simili a quelle previste per i reattori di IV generazione (da qualche KeV a qualche MeV). Tale fascio sarà utilizzato per misure integrali di sezioni d'urto di fissione e di cattura su attinidi e frammenti di fissione a breve vita media, o per misure di attivazione di parti strutturali e materiali per raffreddamento per i reattori veloci di IV Generazione

- **LIFAN (Legnaro Intense FAst Neutron facility)** per la produzione di fasci di neutroni per irraggiamento di dispositivi elettronici con la realizzazione di un fascio per SEE (*Single Event Effect*) e per irraggiamenti diretti con fasci di protoni da 70 MeV. La facility produce un fascio simile allo spettro atmosferico (limitato a 70 MeV) e permette di studiare il comportamento di sistemi complessi sottoposti a danneggiamento neutronico. Queste misure sono di estremo interesse per l'avionica, la strumentazione nucleare e in generale per la componentistica elettronica.

LARAMED:

LAboratorio Radioisotopi per la MEDicina

Il progetto LARAMED ha come obiettivo l'uso dei fasci di protoni del ciclotrone di SPES per lo sviluppo di un laboratorio per la produzione di radioisotopi innovativi per la ricerca e le applicazioni in medicina.

Il ciclotrone di Legnaro costituisce il secondo esempio al

mondo di macchina costruita per accelerare i protoni con correnti di 0,3-0,5 mA fino ad un'energia di 70 MeV (il primo esempio il ciclotrone ARRONAX, Nantes, Francia). Questa energia permette di aprire canali di reazione per la produzione di radionuclidi innovativi per la medicina mentre l'alta corrente permette la produzione di elevate quantità di radioisotopi (fino a 10 volte più di un ciclotrone standard). Questa facility raggiunge un grado di eccellenza nell'ambito della produzione di radioisotopi per la medicina e consente alla medicina nucleare di sperimentare radionuclidi attualmente non disponibili e, quindi, di continuare nella ricerca di innovative soluzioni diagnostiche e terapeutiche. Il nuovo ciclotrone permetterà anche di produrre, con rese più elevate, alcuni radionuclidi che sono già impiegati in medicina nucleare e fungere da centro di distribuzione per officine farmaceutiche che producono radiofarmaci.

Il progetto è stato presentato al Ministro della salute alla Regione Veneto e alla comunità scientifica di riferimento in un incontro organizzato da INFN, Facoltà di Medicina - Università di Padova e Associazione Italiana Medicina Nucleare il 29 Novembre 2010.

GENERATORE di Neutroni ADS:

Il fascio di protoni può essere di interesse per sostenere un ADS (*Accelerator Driven System*) di ricerca (proposta INFN-Ansaldo). Questa attività è in fase di studio in una collaborazione ANSALDO- INFN- ENEA- Politecnico Milano- Politecnico Torino- SOGIN.

Collaborazioni internazionali e interazioni con altre componenti della rete di ricerca

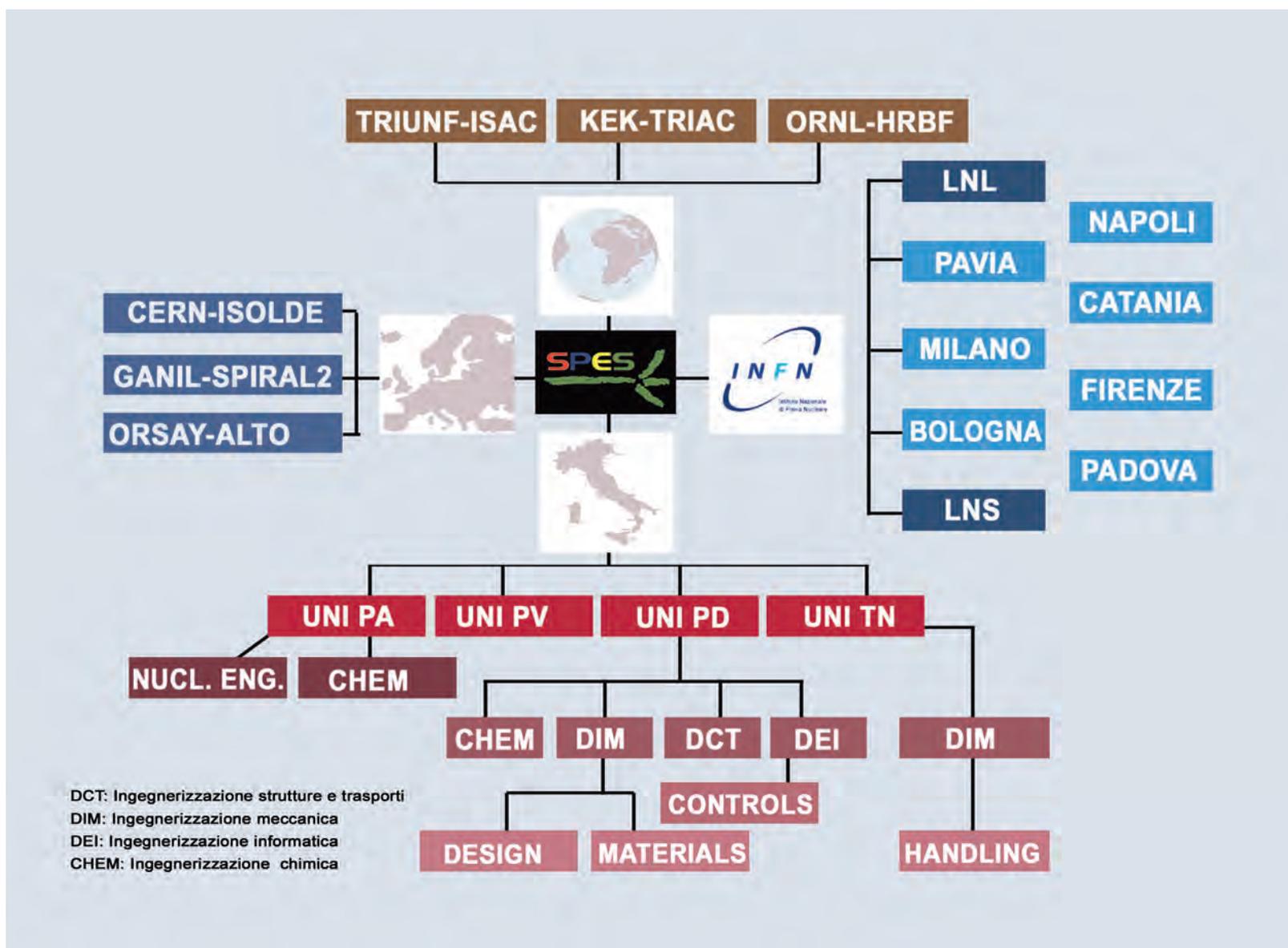


Fig. 3.25: Rete delle collaborazioni di SPES.

Tab 3.11 Costo complessivo delle fasi di realizzazione del progetto SPES

	Facility ISOL: fasci di ioni ricchi di neutroni, 1013 f/s, A= 60-160, 10AmeV. Driver protoni: Ciclotrone con due uscite indipendenti. Energia= 35-70 MeV, corrente interna 0,750 mA distribuita su due uscite (corrente massima su una uscita 0,5 mA). Alta Intensità (TRASCO): linac per protoni da 5MeV 20mA. Fasci di neutroni prodotti per conversione dei fasci di protoni del Ciclotrone e di TRASCO.		
	Costo stimato globale	~ 70-100 Meuro	
FASE ALFA	Fase Ciclotrone: sistema ISOL per fasci esotici non da fissione e non riaccelerati. Produzione di neutroni con fascio del ciclotrone	20 Meuro	Finanziamento 2009-2011
FASE BETA	Fase riaccelerazione: produzione, trasporto, selezione ad alta risoluzione e riaccelerazione di fasci esotici da fissione. Messa in funzione del secondo bersaglio ISOL.	27 Meuro	Finanziamento 2012-2015
FASE DELTA	Fase sorgente di neutroni: progetto e realizzazione di una facility di neutroni che utilizza il fascio di protoni del ciclotrone.	10 Meuro per la realizzazione di due strutture di misura con neutroni (progetto LINCE)	Finanziamento 2012-2015 in collaborazione con altri enti.
FASE GAMMA	Fase laboratorio per produzione radioisotopi per scopi medici e ricerca applicata con fasci di protoni e neutroni del ciclotrone	10-30 Meuro a seconda del livello di produzione dei radioisotopi (progetto LARAMED)	Finanziamento 2012-2015 in collaborazione con altri enti.

Tab. 3.12 Costo annuo previsto per la realizzazione di ciascuno progetto

PROGETTO SPES: costi previsti in Milioni di €	Facility ISOL: fasci di ioni ricchi di neutroni, 1013 f/s, A= 60-160, 10AmeV. Driver protoni: Ciclotrone con due uscite indipendenti. Energia= 35-70 MeV, corrente interna 0,750 mA distribuita su due uscite (corrente massima su una uscita 0,5 mA). Fasci di neutroni prodotti per conversione dei fasci di protoni del Ciclotrone. Uso diretto del fascio di protoni per produzione radioisotopi.			
		2011	2012	2013
SPES ISOL		12	9	8
LINCE		0	1	3
LARAMED		0	5	12

Risorse finanziarie

Il progetto utilizza risorse finanziarie INFN.

Per le attività applicative sono in corso contatti con Università e USL sul territorio veneto per il loro coinvolgimento nella realizzazione di parti di interesse specifico.

Consuntivo 2009-2010

Le attività previste come highlights per il 2009 sono state tutte completate:

- Definizione del progetto preliminare per l'edilizia e le

infrastrutture.

- Definizione delle caratteristiche del ciclotrone e attivazione della gara di acquisto.
- Installazione del Front-End della facility ISOL completo di bersaglio, sorgente a ionizzazione superficiale, estrattore e prima parte di trasferimento del fascio a 30 keV .
- Studio di nuovi materiali per bersagli ISOL con la produzione di pastiglie di carburo di uranio con nano tubi e test sotto fascio a ISOLDE.
- Workshop sulla fisica di SPES (LNL, 29 Ottobre 2008).

HIGHLIGHT 2011

- Per il prossimo anno sono previsti i seguenti obiettivi:
- Definizione del progetto esecutivo per l'edilizia e le infrastrutture.
- Validazione del progetto di costruzione del ciclotrone.
- Produzione di fasci con sorgente laser utilizzando, in laboratorio, il Front-End ISOL.
- Sviluppo sorgente FEBIAD (sorgente a plasma per

produzione alogeni)

- Progettazione di un sistema ISOL per misure di produzione sotto fascio a LNS.
- Studio di nuovi materiali per bersagli ISOL con la produzione di pastiglie di carburo di uranio a diverse densità.
- Preparazione di un TDR aggiornato per la facility ISOL e dei TDR per i progetti applicativi LINCE e LARAMED.

Tab 3.13 Obiettivi generali (milestone) realizzabili nel triennio per i progetti più rilevanti

	2011	2012	2013
SPES ISOL	Assegnazione commessa edilizia. Validazione progetto Ciclotrone. Produzione fasci ISOL in laboratorio. Sviluppo sorgente LASER e FEBIAD. Sviluppo materiali per bersagli ISOL.	Realizzazione edilizia. Monitoraggio avanzamento lavori ciclotrone. Progettazione sistema di trasporto fascio. Progettazione sistema di preaccelerazione. Misure di produzione sotto fascio a LNS.	Completamento edilizia. Completamento ciclotrone in sede ditta costruttrice. Inizio costruzione Separatore ad alta risoluzione. Inizio costruzione preacceleratore. Sviluppo Charge Breeder. Progetto Beam Cooler
LINCE	Preparazione TDR	Progetto e realizzazione prototipi di bersagli di conversione Progetto linea di trasporto fascio protoni. Sviluppo sistemi controllo	Costruzione bersagli di conversione. Acquisizione strumentazione di misura e radioprotezione. Implementazione edilizia
LARAMED	Preparazione TDR	Implementazione edilizia. Progettazione facility. Progetto linea di trasporto fascio protoni e bersagli di produzione.	Acquisizione linea di trasporto fascio protoni. Impiantistica di sicurezza. Acquisizione celle di manipolazione. Realizzazione prototipi bersagli.

Fig. 3.27

Prospettive a medio termine

Il ciclotrone, con due fasci di protoni estratti contemporaneamente, permette di soddisfare due utenze senza sensibili interferenze: la facility ISOL ed una facility applicativa possono essere operate contemporaneamente.

A medio termine SPES si presenta come un progetto in grado di fornire fasci di nuclei esotici di grande interesse per la comunità internazionale di Fisica Nucleare.

Un'utenza applicativa può essere installata, in una prima fase, nel secondo bunker ISOL. Tra le utenze applicative basate sul ciclotrone, quelle con il maggior grado di realizzabilità a medio termine sono: facility per neutroni e sviluppo radioisotopi per la medicina.

Strategia a lungo termine

Possibili strategie a lungo termine per SPES sono rappresentate in figura 3.26.

Per la fisica dei fasci esotici SPES rappresenta una facility di riferimento per EURISOL. Può migliorare le caratteristiche di intensità dei fasci secondari con due vie alternative: progettando un bersaglio diretto che utilizzi tutta la potenza disponibile dal fascio di protoni, sviluppando un bersaglio a due step per produrre in modo privilegiato nuclei molto ricchi di neutroni (vedi progetto di upgrade di ORNL-HRIBF, USA). Può estendere la produzione di fasci esotici a isotopi a breve vita-media sviluppando un sistema IGISOL che estrae direttamente gli ioni generati nella fissione dell'Uranio

irraggiato con il fascio di protoni.

Questi sviluppi permetterebbero di mantenere una rilevanza scientifica di piena concorrenza con SPIRAL2 e HIE-ISOLDE.

Le tre *facility* europee potrebbero formare una rete per la Fisica Nucleare specializzandosi in fasci e tematiche specifiche. Un PAC Europeo potrebbe distribuire l'utenza in relazione al tipo di fascio richiesto e alla strumentazione disponibile nei vari laboratori.

Il progetto SPES si presta in modo particolare all'attivazione di collaborazioni tra vari enti in relazione alle competenze specifiche che il progetto sviluppa e ai campi applicativi che apre:

- Sviluppo di carburi e tecniche di caratterizzazione di materiali a 2000°C.
- Competenze nello sviluppo di bersagli di conversione per neutroni.
- Possibilità di dotare il Paese di una *facility* per neutroni

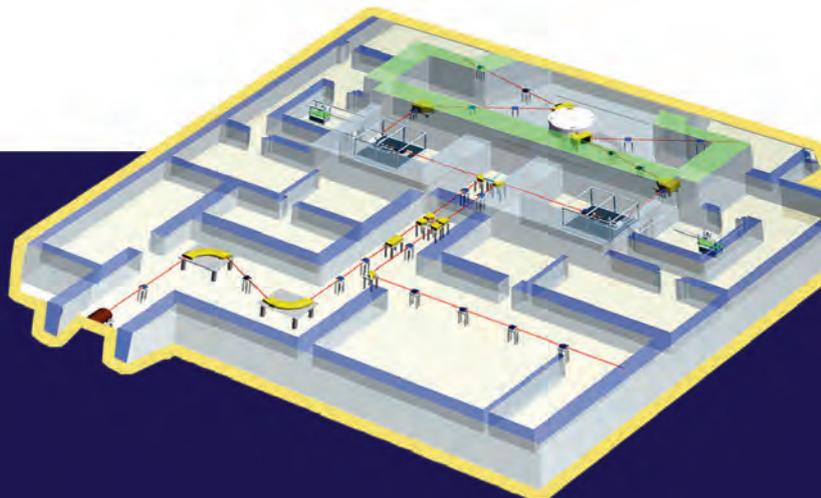
alternativa ai reattori nucleari (consorzio tra enti di ricerca - INFN, ENEA, CNR - e industria).

- Sviluppo di nuovi radiofarmaci. Collaborazione scientifica tra SPES e ARRONAX in Francia, unico laboratorio per la ricerca di nuovi radioisotopi a scopo medico prodotti con protoni di energia superiore a 30 MeV. L'INFN potrebbe partecipare ad una collaborazione con università e ditte farmaceutiche fornendo infrastrutture e fascio di protoni.

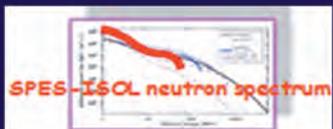
Il progetto SPES permette rilevanti attività applicative senza sacrificare la ricerca di base. Rappresenta bene le capacità di ricaduta della ricerca dell'INFN in aree cruciali per il Paese come la Sanità e l'innovazione tecnologica. Risorse esterne, sia finanziarie che di personale, concordate con altri enti quali ENEA, CNR, università, regioni e/o realtà industriali, sono necessarie per attivare questo programma.

La figura 3.27 e la figura 3.28 mostrano uno schema del laboratorio ciclotrone con la sorgente.

Fig. 3.26: Possibili strategie a lungo termine per SPES.
 Fig. 3.27: Isometrico laboratorio Ciclotrone e sorgenti ISOL.
 Fig. 3.28: Sorgente ISOL.



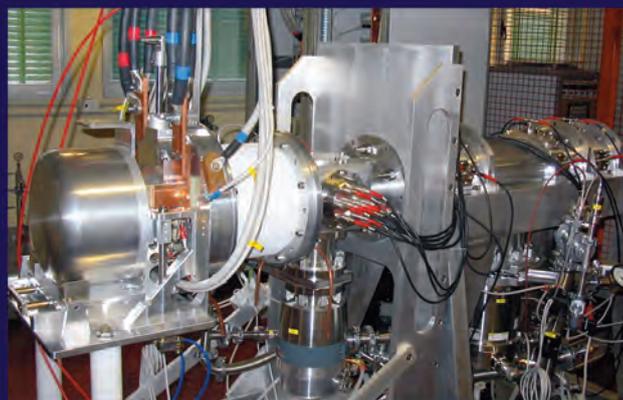
Rete europea per la Fisica Nucleare con fasci esotici



Consorzio per studio materiali e facility italiana neutroni



Centro studi e sviluppo radio farmaci



Tab 3.14 - Tabella riassuntiva - Progetto SPES

Principali linee di attività	Ricerca in fisica nucleare con fasci di ioni instabili. Applicazioni di fasci di neutroni Produzione di radioisotopi di interesse medico								
Principali risultati conseguiti nel 2010	Completata gara e firmato contratto per acquisizione Ciclotrone. Messo in funzione sistema ISOL in laboratorio. Workshop internazionale e presentazione Lettere di Intenti.								
Costo annuo previsto per la realizzazione di ciascun progetto nel triennio 2011-2013	2011 > 12M€			2012 > 15M€			2013 > 25M€		
	ISOL	LINCE	LARAMED	ISOL	LINCE	LARAMED	ISOL	LINCE	LARAMED
	12			9	1	5	8		
	2011			2012			2013		
Obiettivi generali SPES_ISOL	<ul style="list-style-type: none"> • Assegnazione commessa edilizia. • Validazione progetto Ciclotrone. • Produzione fasci ISOL in laboratorio. • Sviluppo sorgente LASER e FEBIAD. • Sviluppo materiali per bersagli ISOL. 			<ul style="list-style-type: none"> • Realizzazione edilizia. • Monitoraggio avanzamento lavori ciclotrone. • Progettazione sistema di trasporto fascio. • Progettazione sistema di preaccelerazione. • Misure di produzione sotto fascio a LNS. 			<ul style="list-style-type: none"> • Completamento edilizia. • Completamento ciclotrone in sede ditta costruttrice. • Inizio costruzione Separatore ad alta risoluzione. • Inizio costruzione preacceleratore. • Sviluppo Charge Breeder. • Progetto Beam Cooler 		
Obiettivi generali LINCE	<ul style="list-style-type: none"> • Preparazione TDR 			<ul style="list-style-type: none"> • Progetto e realizzazione prototipi di bersagli di conversione • Progetto linea di trasporto fascio protoni. • Sviluppo sistemi controllo 			<ul style="list-style-type: none"> • Costruzione bersagli di conversione. • Acquisizione strumentazione di misura e radioprotezione. • Implementazione edilizia 		
Obiettivi generali LARAMED	<ul style="list-style-type: none"> • Preparazione TDR 			<ul style="list-style-type: none"> • Implementazione edilizia. • Progettazione facility. • Progetto linea di trasporto fascio protoni e bersagli di produzione. 			<ul style="list-style-type: none"> • Acquisizione linea di trasporto fascio protoni. • Impiantistica di sicurezza. • Acquisizione celle di manipolazione. • Realizzazione prototipi bersagli. 		
Progetti di rilevanza scientifica	SPES ISOL: Realizzazione di un sistema ISOL di seconda generazione che fornisca fasci di ioni ricchi di neutroni per lo studio della fisica nucleare fuori dalla valle di stabilità.								
Progetti di rilevanza applicativa	<p>LINCE: Produzione di neutroni con uno spettro energetico non disponibile ai reattori nucleari e con caratteristiche spettrali calibrate con moderatori opportuni o agendo direttamente sul fascio di protoni. Applicazioni allo studio di sezioni d'urto per reattori di IV Generazione, studio di danneggiamento di dispositivi elettronici.</p> <p>LARAMED: uso dei fasci di protoni del ciclotrone di SPES per lo sviluppo di un laboratorio per la produzione di radioisotopi innovativi per la ricerca e le applicazioni in medicina.</p> <p>GENERATORE di Neutroni ADS: Il fascio di protoni può essere di interesse per sostenere un ADS (Accelerator Driven System) di ricerca (proposta INFN-Ansaldo). Questa attività è in fase di studio in una collaborazione INFN-ENEA-SOGIN.</p>								
Risorse finanziarie	Il progetto utilizza risorse finanziarie INFN. Per le attività applicative sono in corso contatti con Università e USL sul territorio veneto per il loro coinvolgimento nella realizzazione di parti di interesse specifico.								
Collaborazioni internazionali e interazioni con altre componenti della rete di ricerca	SPES coinvolge in ambito nazionale varie sezioni INFN e i Laboratori Nazionali di Legnaro e del SUD. Ha una forte collaborazione con l'Università di Padova e con Ingegneria Nucleare dell'Università di Palermo. Per i progetti applicativi sono in corso contatti con Università, ENEA, CNR ed enti locali per promuovere la partecipazione e la sinergia. In ambito internazionale SPES è inserito in una rete di collaborazioni scientifiche con CERN, paesi europei, USA, Canada, Giappone.								
Infrastrutture di ricerca da acquisire	Per il raggiungimento degli obiettivi proposti devono essere acquisite le seguenti infrastrutture di ricerca: Ciclotrone da 70MeV ad alta intensità, infrastruttura di maneggiamento e selezione ad alta risoluzione del fascio di ioni (beam handling), preacceleratore per iniezione in acceleratore Lineare ALPI, sistema di bersagli per irraggiamento ad alta potenza (35kW sul bersaglio) sistema di maneggiamento di bersagli in Camera calda								

PROGETTO SPECIALE INFN-GRID

Attività 2010

Il progetto speciale INFN-GRID ha continuato a fornire la struttura unitaria di governance delle numerose attività Grid delle sezioni, laboratori ed esperimenti dell'INFN, tramite l'apposito INFN-GRID Executive Board. Tra queste, oltre a quelle di base che comprendono lo sviluppo e la manutenzione dei servizi software grid (middleware), l'operazione coordinata dell'infrastruttura dei centri di calcolo INFN distribuiti sul territorio nazionale e le attività di training, sono da menzionare – per il loro valore strategico nel contesto internazionale e per il ruolo di coordinamento a livello europeo svolto dall'INFN – quelle rivolte all'estensione della Grid Europea all'Asia, all'America Latina e ai paesi dell'Africa limitrofa, a conferma della vocazione mediterranea ed internazionale del nostro paese.

L'obiettivo originario in Italia ed in Europa di INFN GRID è stato quello di sviluppare e rendere operativa una nuova tecnologia capace di soddisfare i bisogni degli esperimenti INFN, in particolare LHC, ma oggi è diventato quello più generale di soddisfare con questa tecnologia quelli di tutto il mondo della ricerca. È ormai infatti divenuta prassi comune, per molti settori scientifici, poter condividere in modo sicuro e controllato risorse ICT e dati sparsi in tutto il mondo.

INFN Grid ha oggi la responsabilità del coordinamento dello sviluppo del middleware grid europeo denominato "gLite" oltre a quelle che riguardano componenti specifici per la gestione delle Organizzazioni Virtuali, per la gestione dei carichi di lavoro (*Workload Management System*), il sistema di accounting, il miglioramento della fruibilità della grid attraverso nuove interfacce web, la creazione di Standard Internazionali tramite le collaborazioni con vari attori internazionali per permettere un'interoperabilità delle GRID a livello mondiale e lo sviluppo di nuovi componenti che rendono disponibile all'utente l'ambiente virtuale che desidera (CLOUD)

Continua a mantenere il coordinamento della gestione operativa della Infrastruttura Italiana di calcolo distribuito e della *Training Infrastructure* GILDA, divenuta di uso comune per tutta l'Europa.

Costituisce a livello di governance tecnica e manageriale l'anello di congiunzione fra la Infrastruttura Grid Italiana (IGI), gestita da una *Joint Reserach Unit* (JRU) a cui aderiscono tutti le maggiori organizzazioni di ricerca del paese, e la *Grid Europea gestita dall'European Grid Initiative* (EGI).

Negli ultimi anni, infatti, si è assistito alla crescita e al consolidamento a livello europeo e mondiale del calcolo distribuito, inteso come strumento abilitante per il progresso della conoscenza, che facilita lo sviluppo della scienza, stimola e facilita le collaborazioni scientifiche a

livello internazionale e ne favorisce l'aumento di scala e l'interdisciplinarietà. I servizi software denominati "Grid" permettono oggi ai ricercatori europei l'accesso sicuro e trasparente a un esteso bacino di risorse informatiche e di dati forniti da più di 300 centri di calcolo. Questi in un recente passato erano organizzati in una serie di domini amministrativi completamente indipendenti, ma oggi sono integrati e aperti a livello pan-europeo e internazionale, mentre l'accesso e la condivisione di risorse e dati – grazie all'utilizzo di protocolli e middleware grid standardizzati – risulta per l'utente indipendente dalle specificità locali delle risorse messe a disposizione.

Nel corso del 2010 da parte dell'INFN, dei partners della *Joint Reserach Unit* (JRU) e del MIUR è continuato lo sforzo volto a garantire la sostenibilità a lungo termine dell'e-Infrastruttura Grid Italiana (IGI) con la costituzione di una nuova organizzazione legale. Questa riunirà e consoliderà le competenze esistenti in un unico organismo che gestirà e svilupperà la Grid italiana in modo da permettere non solo un utilizzo più efficiente di tutte le risorse di calcolo e storage distribuite sul territorio nazionale e la loro integrazione a livello europeo ed internazionale, al servizio della comunità scientifica ed accademica italiana e dell'Area della Ricerca Europea (ERA), ma anche una espansione di questa tecnologia nel pubblico impiego e in altri settori della società.

Notevoli passi avanti sono stati fatti per il consolidamento della grid Europea. L'INFN, come coordinatore della JRU IGI, con il CERN e le Istituzioni responsabili delle maggiori grid nazionali come e-Science Grid in UK, D-Grid in Germania, *Institute des Grilles* del CNRS in Francia etc si è fatto promotore dell'European Grid Initiative (EGI) avente lo scopo di garantire la sostenibilità futura dell'e-Infrastruttura Europea. Sono stati definite le funzionalità e i ruoli rispettivi delle organizzazioni nazionali, chiamate genericamente *National Grid Initiatives* (NGI) e di quella europea chiamata EGI.eu, oltre al business model per la loro sostenibilità. Nel corso del 2009 questa proposta era stata accettata da 36 paesi, dal CERN e da EMBL che con la firma del *Memorandum of Understanding* hanno dato vita al primo organo di governo dell'infrastruttura grid europea, l'EGI Council che da allora ne dirige le attività. All'inizio del 2010 è stata creata la nuova organizzazione legale EGI.eu di cui sono stakeholders tutte le NGI europee.

Ad aprile si è concluso con successo il progetto di riferimento è EGEE III, (36 MEuro) dove l'Italia è stato il partner maggiore dopo il CERN, che ha continuato il processo di consolidamento ed espansione dell'e-infrastruttura di

produzione europea fino ad includere più di 300 centri di calcolo con più di 120.000 processori e 50 Petabyte di storage. La e-Infrastruttura di EGEE III è stata usata quotidianamente con successo da numerose applicazioni, dalla Fisica delle Alte Energie alla Biologia, dalla Chimica Computazionale all'Osservazione della Terra grazie ad un controllo operativo costante ed efficace a cui l'INFN contribuisce in modo significativo.

Le *National Grid Initiatives* hanno dato il via a maggio 2010 al nuovo progetto Europeo EGI InSPIRE (32 MEuro), coordinato da EGI.eu, che continuerà a sostenere l'evoluzione della grid europea nei prossimi anni.

È continuato da parte di INFN-GRID lo sviluppo del *middleware* necessario a livello nazionale e non sufficientemente coperto dai progetti Europei con la continuazione dello sviluppo del

nuovo *Storage Element* basato sui *files system* paralleli (*Storm*) che è ora diventato uno dei prodotti ufficiali utilizzati al Tier1 e in più di 40 centri europei e uno dei prodotti inclusi nelle attività di sviluppo del nuovo progetto Europeo per lo sviluppo e l'interoperabilità del *middleware* chiamato *European Middleware Initiative - EMI*.

Di grande rilevanza è stato lo sviluppo del un nuovo componente *Worker Node on Demand Service (WNODES)* che consente di rendere disponibile in tempo reale l'ambiente virtuale richiesto dall'utente rendendo l'infrastruttura grid molto più flessibile e un' interfaccia di tipo cloud che permette di rendere disponibile tutta l'infrastruttura come un insieme di ambienti virtuali di calcolo e storage creati secondo la domanda dell'utente (*Infrastructure as a Service – IaaS*) che possono essere facilmente acquisiti da chiunque via WEB o



Fig. 3.29: l'Infrastruttura Italiana Grid IGI.

un insieme di servizi applicativi che possono attivati, usati e pagati secondo necessità (*Software as a Service*). Nel 2010 WNODES è stato messo in produzione al Tier1 del CNAF che oggi rappresenta a livello europeo il sistema di calcolo con il maggior numero di CPU virtualizzate (>4000).

Particolare cura è stata dedicata al consolidamento dell'infrastruttura GRID dell'INFN (Tier1, Tier2, Tier3) sia per garantire il calcolo a LHC (WLCG-World-wide LHC Computing GRID) che l'analisi dei dati degli esperimenti in corso come Babar a SLAC, CDF al Fermilab. Nel 2010 sono iniziate le attività di analisi dei dati raccolti dagli esperimenti a LHC che hanno dimostrato la grande stabilità robustezza e le notevoli prestazioni dell'infrastruttura grid di WLCG basata su EGI e IGI.

Significativo è stato anche il contributo dell'INFN ai progetti Europei FP7 completati nel 2010 che hanno garantito in particolare:

- l'estensione dell'uso di EGEE da parte di nuove comunità scientifiche come e-NMR e a livello geografico (EU-Asia Grid). In quest'ultimo l'INFN è stato il coordinatore del progetto
- La realizzazione di un sistema di build e test comune per il middleware europeo (ETICS II)
- la standardizzazione dei servizi del middleware secondo le specifiche dell'Open Grid Forum e un più attivo contributo Europeo a questa attività OGF-EU

È continuata l'attività del progetto FIRB LIBI in fase avanzata di costruzione di un laboratorio di bio-informatica nazionale basato sullo sfruttamento via Grid di risorse di calcolo distribuite per l'analisi delle basi di dati del settore.

A livello nazionale l'Infrastruttura GRID Italiana (IGI) ha continuato ad estendersi a più di 50 sedi e a decine di Organizzazione Virtuali che si basano su di essa per svolgere quotidianamente le propria attività di computing. È gestita unitariamente ed efficacemente dalla *Joint Research Unit* (JRU), denominata "Italian Grid Infrastructure" (IGI), creata con un *Memorandum of Understanding* (MoU) nel 2007 dalle maggiori Istituzioni di Ricerca, Università e centri di calcolo Italiani.

L'INFN in Italia non solo coordina l'operazione dei Servizi della Grid di produzione, ma anche la *Certification Authority* nazionale riconosciuta in tutto il mondo e il servizio di Certificazione e Pre-produzione dedicato al test e alla messa in funzione delle nuove componenti software di EMI o nazionali.

IGI e, a livello europeo EGI, rispondono alla strategia di

Lisbona dell'UE di costruire uno Spazio Europeo della Ricerca in un'Europa la cui economia sia basata sulla conoscenza e sulle tecnologie. Sotto questo aspetto le infrastrutture di ricerca ed in particolare le ICT e-infrastrutture svolgono un ruolo centrale. In questa ambiziosa nuova visione europea l'INFN è pienamente inserito e con ruoli significativi al pari degli altri grandi paesi.

L'importanza delle e-infrastrutture per la ricerca e la competitività europea, come espresso in numerose raccomandazioni dell'*e-Infrastructure Reflection Group* costituito dai delegati dei ministri della ricerca europea e dal Consiglio per la Competitività Europea, è ormai riconosciuta universalmente, al fine di rispondere alle seguenti esigenze:

- Reti a larga banda
- *High Throughput computing* (calcolo a elevate capacità)
- *High Performance computing* (calcolo ad alte prestazioni e calcolo parallelo)
- Servizi Grid/Cloud/Virtualizzazione per l'accesso e la condivisione di risorse di calcolo, archivi e dati globalmente distribuiti (internet dei servizi)

Finanziamenti 2010

Vanno distinti in apparati e servizi per la Grid di produzione nazionale e contributi all'acquisizione di risorse di calcolo e storage sia per il centro di livello 1 (Tier-1) al CNAF, sia per quelli di secondo e terzo livello (Tier-2 e Tier-3) presso le strutture, come riassunto in tabella 3.12.

Apparati e Servizi Grid	700 k€
Tier-1 CNAF	2,7 M€
Tier-2 e Tier-3	1,5 M€

Tab. 3.15: Finanziamenti del progetto Grid.

Attività e fabbisogni nel 2011 e negli anni seguenti

Le Grid hanno oggi pienamente dimostrato la loro potenzialità per la ricerca scientifica. Tutti i maggiori esperimenti dell'INFN, ma anche degli altri settori scientifici, basano ormai a livello internazionale i loro modelli di calcolo su questa tecnologia. Il loro sviluppo (unito a quello della sempre crescente introduzione della virtualizzazione dei servizi) ha portato da un lato ad un consolidamento e ad una maggiore efficienza di utilizzo, oltre ad una maggiore affidabilità e fruibilità, delle infrastrutture di calcolo e storage distribuite, dall'altro ha oltrepassato il dominio stesso del paradigma di calcolo per la ricerca, grazie alla successiva introduzione di un modello nuovo di computing distribuito - denominato *Cloud Computing* -

in cui sia il modello di business che il rapporto client-server precedentemente utilizzato sono mutati profondamente. Il *Cloud Computing* ha permesso ad aziende come Google e Amazon di offrire servizi di uso generale per il computing distribuito, fino al punto di diventare degli importanti punti di riferimento per numerosi utenti, non solo nel mondo della ricerca, ma anche in quello dell'industria e nella società in generale. Tutti maggiori paesi come USA, UK and Giappone hanno sviluppato programmi consistenti per lo sviluppo di Cloud pubblici nazionali che dovrebbero consentire, grazie alle sinergie possibili, significative risparmi nei costi dell'ICT oltre ad un notevole miglioramento dei servizi.

GRID e Clouds rappresentano quindi tecnologie ed infrastrutture digitali di primissima importanza non solo per lo sviluppo della scienza collaborativa e applicativa in questo momento storico, ma anche di tutta la società e INFN-GRID, insieme agli partners italiani di IGI, grazie agli sviluppi pionieristici avvenuti in Italia, ha un know how ed una padronanza quasi completa di queste tecnologie, anche in vista di ulteriori sviluppi.

Le necessità di nuove comunità di utenti del mondo della ricerca ha già evidenziato l'importanza strategica per le Infrastrutture Digitali di poter ri-orientare tempestivamente le attività di sviluppo e supporto di nuovi prodotti tecnologici innovativi ICT, come quelli di Grid e Cloud, in modo da poter continuare a fornire robusti servizi infrastrutturali di uso generale ai propri utenti. Queste infrastrutture hanno la funzione di agire da "motore innovativo" accelerando la transizione da nuove applicazioni ICT per la ricerca, a innovazioni consolidate di cui l'intera società può beneficiare. In un futuro prossimo sarà possibile non solo creare on demand e ospitare sulle risorse fisiche ICT ogni sorta di servizio virtuale richiesto dagli utenti (Internet dei servizi) ma anche ampliare l'offerta includendo una vasta gamma di servizi pre-esistenti che l'e-Infrastruttura può rendere disponibili.

L'importanza cruciale delle Infrastrutture Digitali per la ricerca e per la competitività europea è stata sottolineata nelle recenti comunicazioni della Commissione al Parlamento europeo e nelle risoluzioni approvate dal Consiglio Europeo per la Competitività del 4 dicembre 2009. Tali risoluzioni hanno raccomandato il potenziamento delle attività ICT come motore di innovazione e sviluppo per superare la crisi attuale e rendere l'Europa più forte e competitiva e in particolare hanno evidenziato che le "e-infrastrutture partecipano in modo sostanziale agli obiettivi della strategia 2010".

Nel 2011 il progetto INFN-Grid continuerà a costituire un elemento fondante della nuova *Italian Grid Infrastructure*-IGI destinata poi a divenire il punto di riferimento fra la GRID

Italiana IGI e la Grid Europea EGI. In sostanza INFN-GRID continuerà a fungere da struttura di *governance*, tramite l'apposito *INFN-Grid Executive Board*, delle numerose iniziative Grid dell'INFN fra cui, oltre a quelle verso la *World-Wide LHC Computing Grid* e le altre già citate, vanno di nuovo menzionate – per il loro valore strategico nel contesto internazionale – quelle rivolte all'estensione della Grid all'Asia, all'America Latina e ai paesi dell'Africa limitrofa, a conferma della vocazione mediterranea del nostro paese.

Inoltre continuerà lo sviluppo ed il consolidamento del middleware Grid, anche attraverso il nuovo progetto *European Middleware Initiative (EMI)*, all'interno della nuova collaborazione gLite creata nel 2009 dai partner impegnati nello sviluppo del *middleware* in EGEE III.

Specificamente per il consolidamento dell'Infrastruttura di EGI, il riferimento per le attività è il progetto europeo EGI-Inspire di durata triennale che è iniziato il primo maggio 2010 e si svilupperà nei prossimi anni in modo da rendere sostenibili i servizi offerti da EGI e in parallelo dalle National Grid Initiatives come IGI.

In linea con quanto avviene negli altri paesi europei, la JRU IGI deve consolidarsi come un'organizzazione legale (IGI-NGI Consortium) grazie anche al finanziamento speciale erogato all'INFN come ente attuatore a questo scopo alla fine di 2010 da parte del MIUR. Questo permetterà di:

- Consolidare, anche tramite contratti di lunga durata, le competenze acquisite in quasi 10 anni di partecipazione ai più importanti progetti europei;
- Gestire in modo unitario le varie realtà di calcolo avanzato che si sono realizzate negli ultimi anni grazie anche a numerosi progetti nazionali ed europei; in particolare: INFN-Grid, S- PACI, ENEA Grid, Consorzi e Centri Nazionali di supercalcolo (CINECA, CASPUR, CILEA, ecc.), i datacenter meridionali Grisù COMETA, SCOPE-UNINA, CYBERSAR;
- Sviluppare e realizzare un *Cloud* pubblico nazionale, anche in collaborazione con le maggiori industrie ICT nazionali, che sia in grado di offrire servizi *on demand* di Grid e Cloud via web non solo per il mondo della ricerca ma anche per la pubblica amministrazione, l'economia, la finanza, il mondo produttivo, la società in generale.

Durante il 2011 l'INFN sarà completamente impegnato quindi nella reliazzaione della nuova organizzazione indipendente IGI che inizierà le sua attività come una struttura dotata di

grande autonomia all'interno dell'INFN finché, dopo aver preso in consegna dai partners della JRU la gestione delle attività d'interesse generale, non diventerà un'organizzazione separata ed autonoma, secondo il modello seguito per il GARR in passato.

Le attività di IGI relative all'operazione e allo sviluppo dell'e-infrastruttura nazionale e dei relativi servizi per il mondo della ricerca necessitano di circa 60 persone a tempo pieno, come descritto successivamente.

L'obiettivo è di capitalizzare l'esperienza e la posizione di leadership maturata nel settore delle infrastrutture Grid a livello nazionale e internazionale per raggiungere un duplice obiettivo.

Da un lato si vuole consolidare e rendere sostenibile il supporto generale alle attività di Ricerca, oggi finanziato in gran parte tramite progetti, con il consolidamento in tutti i paesi delle nuove organizzazioni NGI, come IGI supportate dai governi, dall'altro si persegue l'obiettivo di offrire nuovi servizi 'on demand' di nuova generazione non solo alla ricerca, ma a tutto il settore pubblico (e al resto della società). L'obiettivo è avere costi sempre più competitivi, per ottenere una razionalizzazione e un miglior sfruttamento degli investimenti pubblici nelle infrastrutture ICT con una notevole semplificazione nella loro gestione da parte di ciascuna Amministrazione (e/o Impresa), una facilitazione nella messa in funzione di nuovi servizi per i cittadini, mettendo così tempestivamente a disposizione della società il know how acquisito dal mondo della ricerca italiano sulle nuove tecnologie (grid e cloud) e sulla virtualizzazione delle risorse.

Per quanto detto, l'INFN ha giocato un ruolo di primo piano in Italia, in Europa e auspicabilmente nel Mediterraneo, ai fini dell'offerta di tecnologie e servizi per la ricerca e per il mondo produttivo e sociale nel settore del calcolo avanzato e dell'accesso on demand all'internet dei servizi.

Nel futuro, l'INFN intende rafforzare la cooperazione con gli altri attori italiani nel settore delle Grid avviando una stretta collaborazione con la nuova costituenda organizzazione IGI, di cui sarà uno dei partners fondatori, al fine di consolidare gli investimenti effettuati, sia finanziari sia di know-how, e la posizione di guida strategica nel contesto internazionale a supporto delle comunità che operano in ambito scientifico ed applicativo.

PROGETTO SPECIALE SUPERB-TDR

SuperB è un progetto sostenuto da una collaborazione

SuperB è un progetto bandiera sostenuto da una collaborazione internazionale e approvato dal MIUR con il primo finanziamento nel 2010. Si propone di costruire una e+e- *Super Flavor Factory* asimmetrica ad alta luminosità ($>10^{36}$ $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$), situata possibilmente nell'area Frascati - Roma Tor Vergata ovvero in un sito da individuare nei primi mesi del 2010. Il programma scientifico di SuperB è focalizzato sulla Nuova Fisica ed è complementare con i programmi di LHC ed ILC. Gli studi possibili con questa facility costituiranno un'opportunità unica per la comprensione profonda di Nuova Fisica scoperta con LHC, e qualora non fosse trovata ad LHC, potrà spingere la sua sensibilità a discernere segnali di Nuova Fisica presente ad energie più alte di LHC aiutando a definirne la scala.

Il SuperB Conceptual Design Report, firmato da 85 istituzioni è stato pubblicato nel marzo 2007. Dopo di ciò si è aperta una nuova fase: preparare un Technical Design Report che consenta di fornire tutti gli elementi per la costruzione di SuperB. In questa fase è importante il monitoraggio continuo dei progressi per validare simulazioni, risultati di test, tempi, costi e solidità della collaborazione. A tale scopo l'INFN ha avviato nel 2009 il progetto speciale SuperB-TDR, finalizzato al completamento del Technical Design Report entro il 2011.

Nel 2009 erano state definite le richieste sui parametri della macchina in relazione principalmente al programma di fisica, ma guardando comunque alla ottimizzazione nel riutilizzo di componenti già esistenti di acceleratore, nell'economia e flessibilità di esercizio:

- Energie dei due fasci (~ 4 e 7 GeV)
- Luminosità di picco $> 10^{36} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- Bassa emittanza
- Polarizzazione di uno dei 2 fasci
- Dissipazione per RF minore di 20 MW
- Possibilità di operare a bassa energia

Questi parametri erano stati preliminarmente approvati dal Mini-Mac, il comitato di review del progetto del collisore SuperB e successivamente congelati nel corso del 2010:

- La lunghezza dell'anello è stata fissata a 1250m
- La polarizzazione sarà sul fascio di elettroni a bassa energia
- Le energie dei fasci saranno 6.7 GeV per i positroni e 4.18 GeV per gli elettroni.
- La dissipazione di potenza RF stimata è di 17 MW.

Inoltre il collisore SuperB potrà essere utilizzato come sorgente di luce di sincrotrone ad alta brillantezza con

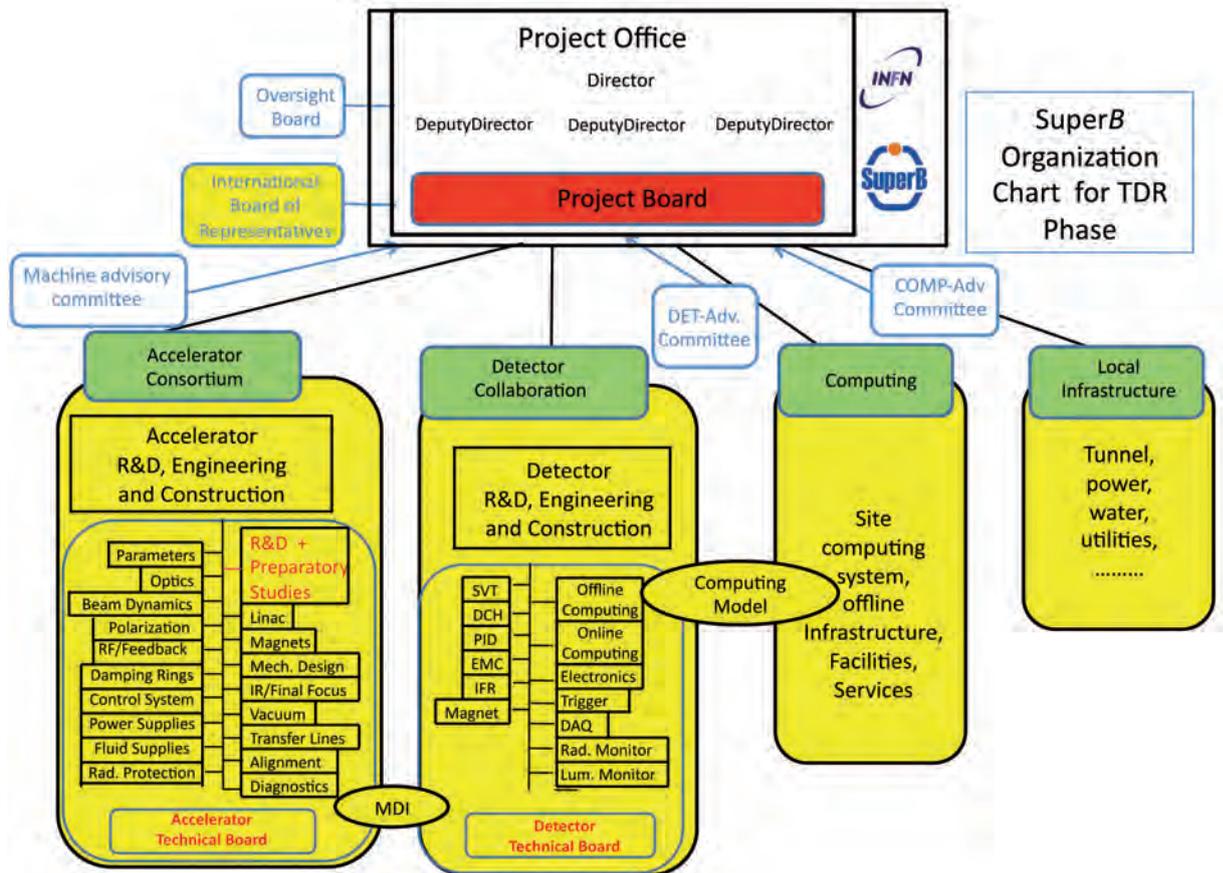


Fig. 3.30: Struttura manageriale del progetto SuperB-TDR.

applicazioni in fisica dei materiali, biologia, e fisica applicata. A tale proposito è stata attivata una collaborazione con Istituto Italiano di Tecnologia (IIT)

Attività 2010

Il 2010 è stato un anno cruciale per il progetto SuperB. Le attività sono state coordinate da una struttura manageriale intenzionale mostrata in figura 3.30. Nel Project Board è particolarmente significativa la presenza con responsabilità dei ricercatori dell'Istituto.

La collaborazione internazionale che partecipa al progetto è distribuita in 6 paesi europei (Italia, Francia, Norvegia, Polonia, Spagna, Regno Unito), inoltre nel Nord America (Canada, Stati Uniti) e in Russia.

- In Italia partecipano al progetto ricercatori e tecnologi delle sezioni di: Bari, Bologna, Ferrara, Milano, Napoli, Padova, Pavia, Perugia, Pisa, Roma, Roma Tor Vergata, Roma Tre, Torino, Trieste e dei LNF, ove è concentrata l'attività di progettazione e R&S sulla macchina.
- In Francia partecipano laboratori del IN2P3: Annecy-Lapp, Grenoble-Lpsc, Orsay-Lal, ParisVI-Lpnh, Strasburgo-Iphc ed il Laboratorio di Saclay-CEA.
- In Norvegia, Bergen.
- In Polonia, Cracovia.
- In Spagna, Barcellona e Valencia.
- Nel Regno Unito: Daresbury (Cockcroft Institute), Oxford

(John Adams Institute), Queen Mary, Rutherford Appleton Laboratory, Imperial College, Bristol, Birmingham e Liverpool.

- In USA: Slac, LBNL, Caltech, Ohio, Cincinnati Maryland, Princeton.
- In Canada: MacGill, Montreal, British Columbia, Triumf, Victoria.
- In Russia, Novosibirsk (BINP).

Un notevole progresso è stato fatto anche nello studio delle caratteristiche geologiche dell'area dei LNF attraverso una campagna di indagine geologica con carotaggi a varie profondità. Tali sondaggi sono stati finanziati con i fondi del progetto speciale, così come le misure di vibrazioni sismiche sul sito., mostrate in Fig. 3.31.

Un gruppo di lavoro ha preparato un documento con le specifiche necessarie per la selezione del sito, tenendo anche conto della possibilità di collocare l'anello dell'acceleratore in superficie invece che nel sottosuolo. Questa possibilità viene considerata nella prospettiva di prevedere operative fin dall'inizio le linee di luce.

Tale documento è stato sottoposto alla valutazione di un comitato internazionale di esperti del CERN, CNAO, Desy, Orsay, SLAC e dei laboratori dell'INFN.

Nel 2010 sono stati preparati i documenti intermedi (Progress Reports) su fisica, rivelatore ed acceleratore che

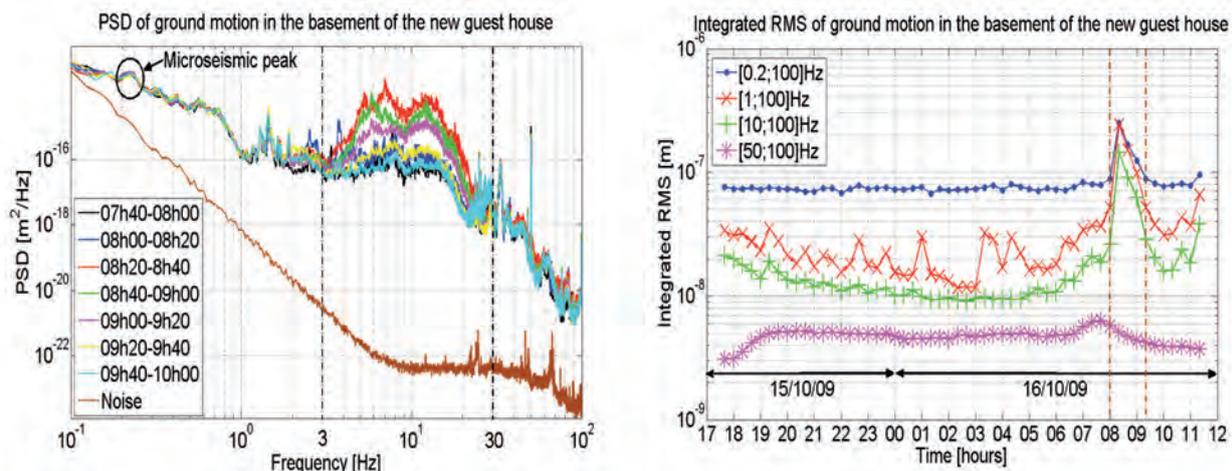


Fig. 3.31: Densità spettrale di potenza e media quadratica integrata dei movimenti del terreno ai LNF.

rappresentano dei passi intermedi prima della pubblicazione del TDR.

- *Accelerator: SuperB Collaboration* M.E.Biagini et al.
arXiv:1009.6178v1 [physics.acc-ph]
- *Detector: SuperB Collaboration* E.Grauges et al.
arXiv:1007.4241v1 [physics.ins-det]
- *Physics: SuperB Collaboration* B.O'Leary et al.
arXiv:1008.1541v1 [hep.ex]

Memorandum di intesa sono stati firmati nel corso del 2010 con il Canada, la Francia, la Russia e gli Stati Uniti, con l'impegno di partecipare congiuntamente alla attività di R&D per il completamento del TDR, prevedibile per la fine del 2011.

Il finanziamento totale per il 2010 ha avuto due contributi: il primo da parte della CSN1 all'esperimento P-SuperB, pari a 573 kEuro; il secondo contributo, dato al progetto speciale SuperB-TDR per la preparazione del *Technical Design Report*, è stato di 457 kEuro.

PROGETTO SPECIALE ELN (ELOISATRON)

Descrizione generale del progetto

L'obiettivo del progetto è dimostrare che, partendo da tecnologie esistenti è possibile, con una serie di R&D tecnologicamente in grado di essere realizzate nel giro di pochi anni, dimostrare la fattibilità di un collider a protoni con parametri di energia e luminosità superiori di almeno un ordine di grandezza a quelli di LHC. In parallelo con queste attività di ricerca e sviluppo scientifico-tecnologiche, il progetto ELN dedica notevole attenzione alle ricerche puramente teoriche legate ai limiti estremi di energia e luminosità che è possibile ottenere. La fisica, sia online sia offline, legata alle massime energie ottenibili e i rivelatori in grado di ottenere risultati analizzabili fanno parte integrante del progetto.

Lo studio di fattibilità di un futuro protosincrotrone superconduttore, con parametri di energia e luminosità superiori a quelli di LHC di almeno un ordine di grandezza, è stato portato avanti da parecchi anni nell'INFN grazie al Progetto Speciale ELN (Eloisatron). A tale studio si affianca anche, nell'ambito del Progetto stesso, quello delle molteplici implicazioni fisiche e tecnologiche di una simile impresa.

Strutture INFN e altre Istituzioni partecipanti

Il Progetto ELN si avvale di una vasta collaborazione internazionale che ha come sede centrale Bologna (Università e INFN). Le attività della collaborazione internazionale si articolano su gruppi di lavoro localizzati a: Amburgo (DESY), Berkeley (LBNL), Ginevra (CERN), Houston (HARC, Texas A&M Univ.), Los Angeles (UCLA), Mosca (ITEP, NPI-State Univ.), New York (Columbia Univ.), Salerno (Università e INFN), San Pietroburgo (PNPI), Twente (Univ.) e Vilnius (Univ.).

Partecipano inoltre al Progetto ELN: la Fondazione "Ettore Majorana" e Centro di Cultura Scientifica (FEMCCS), la *World Federation of Scientists-World Laboratory* (WFS-WorldLab) e il MIUR.

Attività svolte nel 2010

Le attività del Progetto ELN sono proseguite secondo le sue quattro linee guida: 1) studi teorici e fenomenologici sulla fisica a molte centinaia di TeV, a partire dai livelli di energia accessibili adesso o nell'immediato futuro (LHC); 2) studi teorici sul collider adronico ai massimi livelli di energia ($\sqrt{s} = 200 \text{ TeV} - 1 \text{ PeV}$) e luminosità ($10^{34} - 10^{36} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$); 3) R&S su cavità rf e magneti superconduttori di nuova generazione; 4) R&S su rivelatori di particelle capaci di operare in condizioni estreme di risoluzione spaziale e temporale, oltre che di resistenza alle radiazioni.

HIGHLIGHT 2010

Nel 2010 sono stati studiati, in particolare, temi e obiettivi di fisica (interazioni protone-protone, protone-nucleo e nucleo-nucleo ad altissima energia, fisica "leading" a LHC, dinamica di QCD a piccolo x, fisica di una nuova forma di materia adronica deconfinata fatta di quark e gluoni) e tecniche sperimentali di rivelazione e di accelerazione di particelle, con particolare riguardo al problema della collimazione dei fasci adronici e a quello delle loro possibili applicazioni in altri campi.

Per quanto riguarda le attività di R&S, è da segnalare un risultato di grande rilevanza ottenuto nel 2009 e portato avanti nel 2010: un prototipo di rivelatore MRPC (Multigap Resistive Plate Chamber) con il quale è stata ottenuta una risoluzione temporale di soli 20 ps: un record mondiale.

Prospettive a medio termine

Con l'avvio di LHC si aprono nuovi orizzonti per la fisica nucleare e subnucleare. È dunque più che mai opportuno che l'INFN, attraverso una collaborazione internazionale che si articoli su scala mondiale (e non solo europea), rivolga la propria attenzione al futuro della fisica adronica nell'era post-LHC, con grande anticipo rispetto alle eventuali scoperte di LHC.

Nel triennio 2011-2013, nel quadro del Progetto ELN, dovranno dunque essere potenziate le attività di ricerca e sviluppo che puntano alle più moderne tecniche di rivelazione di particelle e di accelerazione, anche alla luce delle linee strategiche già emerse in ambito europeo (CERN, ECFA, ESFRI, FALC, etc.) e nazionale (INFN).

Prospettive a lungo termine

L'upgrade di LHC in un futuro relativamente prossimo, sia in termini di luminosità sia in termini di energia, sarà di grande valore per gli studi già fatti nell'ambito del progetto ELN. La realizzazione di un supercollider adronico ha bisogno della realizzazione di nuovi prototipi di dipoli magnetici con grandi dimensioni ed elevate intensità di campo (anche tramite l'utilizzo di materiali superconduttori innovativi), nonché di nuovi prototipi di cavità rf (radio-frequenza). Dovranno proseguire dettagliate simulazioni Monte Carlo che consentano di indagare sulle potenzialità fisiche del supercollider. Se i finanziamenti lo permetteranno, sarà anche studiata la possibile realizzazione di un futuro collider elettrone-protone.

Per quanto riguarda i rivelatori di particelle, saranno di cruciale importanza, da un lato, la costruzione di nuovi prototipi che costituiscano tappe consolidate per nuove ricerche e sviluppi tecnologici, dall'altro, la verifica della

loro possibile realizzazione su larga scala. Di particolare rilevanza sarà l'attività di R&D per quanto riguarda la risposta in risoluzione temporale dei rivelatori. Sarà necessaria una intensa attività di R&D per la costruzione di rivelatori di particelle i cui prototipi possano essere sottoposti a test al CERN in modo da verificare quali parametri migliorare per ottenere risoluzioni temporali ancora più potenti di quelle finora ottenute. Uno degli obiettivi principali del progetto ELN riguarda infatti lo studio dei rivelatori di particelle per far fronte alle enormi difficoltà legate alla molteplicità delle particelle prodotte in ogni interazione e alla luminosità della macchina che deve essere progettata in modo da ottenere valori massimi di questo cruciale parametro. Parametro che viene subito dopo quello del livello di energia.

La redazione di un ELN TDR (*Technical Design Report*) dovrà essere parte effettiva della pianificazione operativa.

3.9 I PROGETTI EUROPEI

Attività 2009-2010

Il 2008 ha visto la conclusione di molti progetti di ricerca iniziati nel VI PQ (Programma Quadro) dell'Unione Europea e l'inizio di altrettanti progetti del VII. La partecipazione dell'INFN al VI PQ è stata molto attiva e fruttuosa; il tasso di successo dei progetti presentati è stato superiore al 70% ed il finanziamento totale della Commissione Europea è stato di circa 30 MEuro. Anche nell'ambito dei primi bandi del VII programma quadro l'INFN ha presentato svariati progetti di successo.

Il VII programma quadro della commissione europea (2007-2013) presenta delle novità importanti rispetto al precedente: la durata, 7 anni, il *budget* di circa 50 miliardi, aumentato del 74%/anno, ma soprattutto si nota un cambiamento rispetto alla ricerca. Per la prima volta infatti è stato stanziato un budget specifico per la ricerca di base, il programma IDEAS con uno stanziamento di 1.06 GEuro/anno. Ancora più importante per l'INFN è il finanziamento dedicato alla fase preparatoria ed alla costruzione di infrastrutture di ricerca di valenza europea incluse nella roadmap dell'*European Strategy Forum on Research Infrastructures* (ESFRI). La roadmap di ESFRI, alla formazione della quale hanno contribuito esperti dell'INFN, è revisionata periodicamente. Una revisione della roadmap si è conclusa nel 2008.

Particolare rilevanza nell'ambito del VII FP è la creazione dello **Spazio Europeo della Ricerca** (*European Research Area, ERA*), il cui scopo principale è quello di favorire l'integrazione ed il coordinamento delle attività e delle politiche nazionali nel settore della ricerca.

La costruzione di nuove infrastrutture il miglioramento e

l'integrazione di quelle esistenti assumono notevole rilevanza nella realizzazione di ERA. È proprio tramite l'accesso alle infrastrutture esistenti e tramite la creazione di consorzi per la costruzione di nuove infrastrutture che si possono superare le frammentazioni esistenti sulle pratiche e sulle politiche nazionali nel settore della ricerca. Recentemente, a questo scopo, la Commissione Europea ha anche messo a punto uno strumento che facilita la costituzione di consorzi per le infrastrutture europee di ricerca (*European Research Infrastructure Consortium - ERIC*).

L'INFN è un attore importante nella costruzione di ERA partecipando attivamente e promovendo, come si vedrà in seguito, numerosi progetti sulle infrastrutture di ricerca. Sfruttando l'esperienza acquisita nella partecipazione ad importanti progetti del VI PQ e grazie anche ad un miglior coordinamento, l'INFN ha partecipato attivamente e con successo già alle prime *call for proposal* del VII PQ in tutti i programmi. Degli oltre 140 progetti presentati nei primi bandi, più di 30 sono stati approvati, in particolare nell'ambito delle infrastrutture di ricerca, dove l'INFN ha una consolidata esperienza e *know-how* nel campo delle cosiddette e-infrastrutture grazie alla pluriennale esperienza nelle tecnologie del calcolo intensivo distribuito GRID (Grid computing), e nei programmi IDEE e Marie Curie dedicati ai giovani ricercatori. Il tasso di successo in queste prime call è stato di circa il 30% da confrontare con il 15% della media italiana. Il finanziamento complessivo della commissione europea per l'INFN relativamente a questi primi progetti approvati è di circa 19 MEuro. Vedi figure 3.32 e 3.33.

La partecipazione dell'INFN al programma COOPERAZIONE (COOPERATION), il cui scopo è incentivare la cooperazione e rafforzare i legami tra l'industria e la ricerca in un quadro transnazionale, è limitata: fra le 11 priorità, quella relativa all'ICT (*Information and Communication Technology*) riguarda direttamente le attività INFN, mentre le tecniche nucleari e le applicazioni degli acceleratori di particelle sono trasversali a diverse aree tematiche (*Health, Environment, Food, Nanoscience, Energy, Security*).

Nell'ambito del programma CAPACITÀ (CAPACITIES) - Infrastrutture di Ricerca, l'INFN partecipa, e in molti casi coordina, diversi progetti che coinvolgono decine di istituti europei e centinaia di ricercatori, in molti dei cosiddetti "strumenti" del programma (tabella 3.16). Questi progetti vedono la partecipazione di molte sezioni e laboratori INFN. In particolare lo strumento "Design Studies" è appunto dedicato allo studio di fattibilità di infrastrutture di interesse europeo e costituiscono la base per le revisioni della

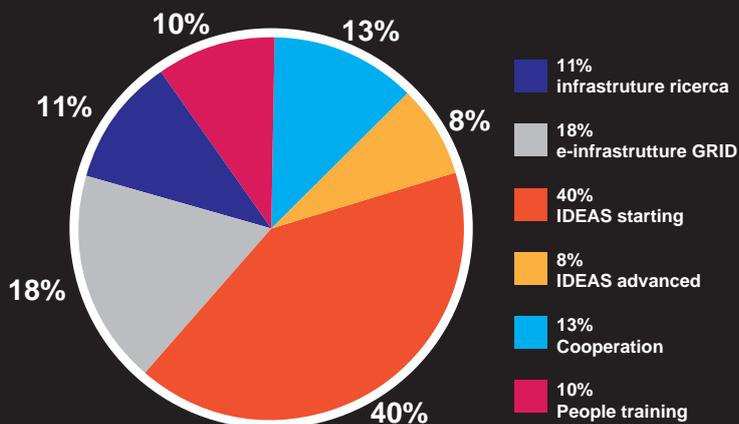


Fig. 3.32: Progetti presentati nelle varie tipologie

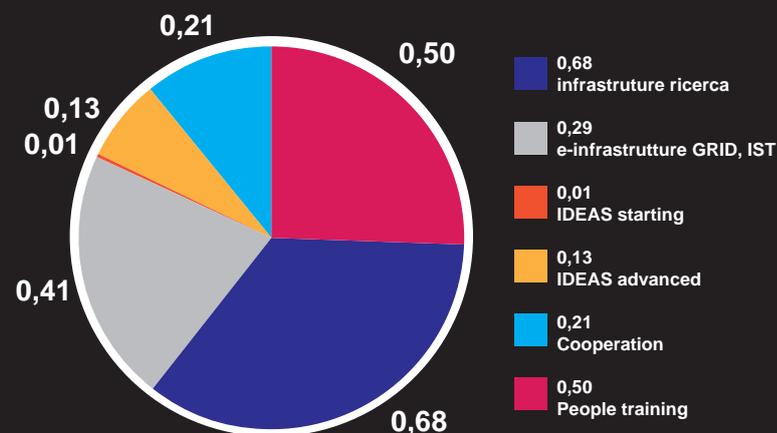


Fig. 3.33: Tasso di successo nelle varie tipologie di progetti UE

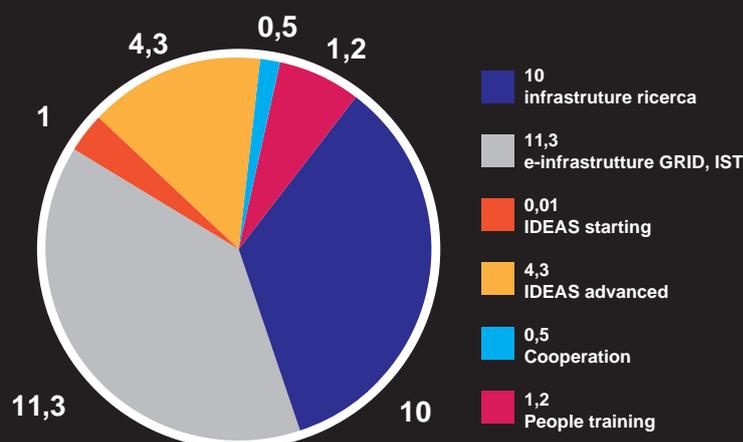


Fig. 3.34: Budget (ME) per le diverse tipologie

Strumento	Numero progetti
Design studies	2
Preparatory phase	9
Attività integrate	5
e-infrastructures	11
Contributo UE per l'INFN	22 ME

Tab. 3.16: Progetti INFN nelle infrastrutture di ricerca

roadmap di ESFRI. In questo contesto l'INFN ha presentato 5 progetti legati alle nuove tecniche di accelerazione, alla fisica nucleare, particellare ed astroparticellare. Due di questi sono stati recentemente approvati, nei quali l'INFN ricopre ruoli primari coordinando importanti *work packages*:

- ET (*Einstein gravitational-wave Telescope*) si propone lo studio di rivelatori per onde gravitazionali di terza generazione, rivelatori con una sensibilità più di 100 volte migliore di quella degli attuali rivelatori che corrisponde ad una sensibilità, intesa come volume esplorato, circa 1 milione di volte quella attuale;
- EURONU è dedicato allo studio di fattibilità di una *neutrino-factory* europea;

Lo strumento *Preparatory Phase* di nuove infrastrutture è, invece, una tipologia di finanziamento riservata alle infrastrutture già presenti nelle roadmap di ESFRI. Lo scopo è portare il progetto alla maturità legale, finanziaria e tecnica per essere realizzato. Nella prima call dedicata a 34 infrastrutture di tutte le discipline, l'INFN partecipa a 9 progetti, ed in un caso ne è anche coordinatore:

- KM3Net-PP è un progetto dedicato alla realizzazione di una *facility* sottomarina per la *neutrino astronomy* ed in generale per la fisica astro particellare. Questo progetto è coordinato dall'INFN (LNS) e coinvolge più di 20 istituti ed università europee;
- SLHC-PP è dedicato all'upgrade di LHC, è coordinato dal CERN e vede la partecipazione di decine di istituti europei; l'INFN partecipa ad un importante *work package* del progetto;
- FAIR è dedicato alla costruzione della nuova *facility FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research)* e coinvolge decine di istituti europei;
- SPIRAL2PP è dedicato alla *facility* SPIRAL2, è coordinato dal laboratorio francese GANIL (*Grand Accélérateur National d'Ions Lourds*), partecipano 25 istituzioni europee, l'INFN partecipa e/o coordina *work packages* rilevanti;
- ILC-HiGrade (*International Linear Collider and High Gradient Superconducting RF-Cavities*) è dedicato all'*International Linear Collider* ed in particolare allo studio ad alla ingegnerizzazione delle cavità RF superconduttrici ad alto gradiente. Il progetto è coordinato dal laboratorio tedesco DESY (*Deutsches Elektronen-Synchrotron*) e vi partecipano 6 istituzioni europee. L'INFN partecipa e coordina *work packages* rilevanti;
- PRE-XFEL è relativo alle attività preparatorie per l'implementazione dell'*X-ray Free Electron Laser* europeo. Il coordinamento è di DESY;
- ELI-PP (*Extreme Light Infrastructure*) sarà la prima infrastruttura dedicata allo studio dell'interazione laser-materia con intensità laser nel regime ad alta intensità ($>10^{23}$

W/cm²). Il progetto è coordinato dal francesce CNRS (*Centre National de la Recherche Scientifique*) e vi partecipano 15 istituti; l'INFN coordina la partecipazione italiana al progetto;

- TIARA coordinato dal CERN ha come scopo l'integrazione dell'R&D sulla fisica degli acceleratori integrando le infrastrutture nazionali in una singola infrastruttura europea .
- HiPER (*High Power laser Energy Research*) è una *facility* dedicata allo studio di fattibilità della laser driven fusion come fonte di energia. L'INFN partecipa se pur marginalmente, alla fase preparatoria del progetto.

Per quanto riguarda lo strumento Attività Integrate (*Integrated Activities*) per le infrastrutture di ricerca sono stati presentati diversi progetti nel campo della fisica particellare, nucleare, astroparticellare e sulle nuove tecniche di accelerazione. Molti di questi progetti mirano ad estendere, consolidare e migliorare i risultati ottenuti nei progetti del VI PQ, coinvolgono decine di istituzioni europee, comunità di migliaia di ricercatori ed hanno un budget totale di circa 10 milioni di euro. Recentemente sono stati approvati 4 grandi progetti:

- HadronPhysics2 è un progetto sulla fisica adronica ed è coordinato dall'INFN; ha come scopo lo studio della *strongly interacting matter* che include la struttura degli adroni, la QCD, ecc. Questa iniziativa integrata è iniziata con successo nel VI programma quadro e coinvolge praticamente l'intera comunità europea che conduce attività di ricerca in questi campi. Il finanziamento totale è di circa 10 MEuro di cui 3 MEuro per l'INFN;
- EUCARD è un progetto sulle nuove tecniche di accelerazione ed è l'estensione e prosecuzione del progetto CARE finanziato nel VI PQ. EUCARD ha come scopo primario la creazione in Europa di laboratori con acceleratori contribuendo così alla costruzione della *European Research Area* nella scienza degli acceleratori. Il progetto ha un finanziamento per l'INFN di circa 1 MEuro;
- ELISA è un progetto dedicato al free electron laser ed alla luce di sincrotrone;
- ULICE è un progetto che sfrutta le tecniche nucleari e degli acceleratori per la cura dei tumori.

Infine è stato recentemente approvato il progetto AIDA per R&D sui rivelatori per le nuove macchine acceleratrici, in particolare per il previsto upgrade in luminosità di LHC.

Nell'ambito dello strumento "ICT based e-infrastructures", l'INFN ha presentato ben 15 progetti molti dei quali sono stati approvati. Alcuni di questi progetti sono coordinati dall'INFN (vedi anche paragrafo 3.9):

- EGEEIII e EMI sono progetti tesi a consolidare e a migliorare

l'infrastruttura Grid europea ed il *middleware*;

- EELA-2, EuAsiaGrid, EuIndiaGrid e CHAIN intendono estendere l'infrastruttura e-Science all'America Latina e all'Asia;
- EGI (*European Grid Initiative*), OGF-EU e EGI-INSPIRE sono progetti il cui scopo è definire la struttura per la sostenibilità a lungo termine della Grid europea;
- e-NMR è un progetto il cui scopo è diffondere e unificare l'e-infratstruttura NMR per i sistemi biologici;
- EURETILE è un progetto coordinato dall'INFN nel settore delle "*Advanced Computing Architectures*" e degli "*Embedded Systems*" sulla base del know-how sviluppato negli anni nell'ambito del progetto APE.

Per quanto riguarda invece l'aspetto delle risorse umane e della mobilità, nell'ambito del programma PERSONE (PEOPLE) del VII PQ, il cui scopo è favorire la mobilità e la progressione di carriera dei ricercatori, sono stati presentati svariati progetti dello strumento *Research and Training Network* che coinvolgono ampie comunità internazionali intorno a programmi di formazione e scambi di giovani ricercatori.

I ricercatori INFN hanno anche ottenuto notevoli risultati nel programma IDEE (IDEAS), il cui scopo fondamentale è favorire l'emergere di idee innovative investendo su progetti di eccellenza di ricercatori brillanti, sia giovani che esperti, e offrendo al ricercatore possibilità di costruirsi un proprio gruppo di ricerca. La prima *call*, dedicata ai giovani ricercatori (strumento ERC *Starting Grants*), ha ricevuto più di 9000 proposte in tutte le discipline con la possibilità di finanziarne circa 200; il 50% dei progetti si colloca nel campo della fisica e dell'ingegneria. Un progetto presentato da una ricercatrice INFN è stato finanziato. Il progetto, di durata quinquennale, ha come scopo l'applicazione di recenti tecniche della meccanica statistica ai rivelatori di onde gravitazionali (<http://www.rarenoise.Inl.infn.it/>).

Nei primi due prestigiosi bandi IDEAS dedicati ai ricercatori senior (strumento "ERC *Advanced Grants*") l'INFN ha ottenuto ottimi risultati. Nella prima *call* sono stati presentati più di 3000 progetti in tutte le discipline di cui 997 per la fisica e l'ingegneria. Un progetto che ha come nodo principale l'INFN ed in particolare i Laboratori Nazionali di Frascati è stato selezionato: il progetto ha come titolo "*Supersymmetry, Quantum Gravity and Gauge Fields*", e si propone di studiare una serie di aspetti fondamentali della fisica dei buchi neri, della teoria delle stringhe e della teoria dei campi di spin elevato. Nella seconda *call* sono state presentate circa 800 proposte nel pannello relativo alla fisica e all'ingegneria. Per la Fisica fondamentale sono state selezionate 9 proposte,

tre delle quali vedono come principal investigator ricercatori italiani. Uno di questi progetti, che ha scelto l'INFN come host institution, ha come scopo principale lo studio della massa del neutrino; il progetto è stato finanziato con un budget di circa 3,3 MEuro e verrà effettuato nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN.

Mettendo a frutto l'esperienza dei passati PQ, l'INFN ha migliorato l'organizzazione interna, il supporto informativo e amministrativo ai responsabili dei progetti e la diffusione delle opportunità offerte dal VII PQ. La Commissione per i Rapporti con l'Unione Europea (CRUE), istituita dall'INFN nel 2003, ha tenuto diversi seminari nelle cinque commissioni scientifiche nazionali e ha organizzato un ciclo dedicato di corsi di formazione per il personale amministrativo.

Prospettive future

Per quanto riguarda i programmi futuri, forte è l'interesse ed il coinvolgimento dell'INFN per le infrastrutture di ricerca. Molti progetti di successo per la fisica nucleare, particellare, astroparticellare e per le nuove tecniche di accelerazione sono nati all'interno di organismi europei quali ApPEC (*Astroparticle Physics European Coordination*), NuPECC (*Nuclear Physics European Collaboration Committee*) e ESGARD (*European Steering Group on Accelerator R&D*) e prevedono la creazione di vere e proprie reti di infrastrutture di ricerca di valenza europea. Molti tra questi progetti iniziati nell'ambito del VI PQ vedono la propria prosecuzione, estensione e consolidamento dei risultati nel VII PQ. La *call* appena conclusa sulle iniziative integrate delle infrastrutture di ricerca è dedicata a progetti in aree di ricerca di interesse dell'INFN, in particolare alla fisica nucleare, alla fisica astroparticellare e a ricerca e sviluppo sui rivelatori innovativi. Le comunità dei ricercatori dell'Ente si sono organizzate per presentare nuovi progetti, alcuni di questi saranno coordinati dall'INFN. Questi progetti di respiro internazionale vedono il coinvolgimento di decine di istituzioni europee, comunità di migliaia di ricercatori ed hanno un budget totale di circa 10 milioni di euro.

Anche nel settore delle e-infrastrutture e dell'ICT l'INFN ha molti progetti in preparazione, soprattutto nel campo dell'estensione e dello sfruttamento del supercalcolo reso possibile dalle tecnologie di *Grid computing*.

Inoltre l'INFN prevede di partecipare ai nuovi schemi delle azioni Marie Curie per il cofinanziamento di programmi regionali, nazionali ed internazionali relativi alla mobilità dei ricercatori e di continuare a partecipare ai programmi

di training per i giovani ricercatori. Anche i prossimi bandi IDEE, sia per giovani che per ricercatori esperti, vedranno un'ampia e qualificata partecipazione dei ricercatori INFN. Infine i ricercatori dell'INFN resteranno attenti a cogliere le opportunità offerte dal programma COOPERAZIONE in tutti quei casi in cui le tecniche nucleari e con acceleratori sono rilevanti.

L'INFN continuerà a migliorare anche la struttura di supporto scientifico e logistico- amministrativo ai progetti.

3.10 I PROGETTI CONGIUNTI CON ALTRI ENTI NAZIONALI E REGIONALI

Numerose e significative sono le attività congiunte con altri enti ed Istituzioni, oltre a quelle già descritte nell'ambito dei progetti strategici e speciali nei paragrafi 3.8, soprattutto in ambito applicativo nei settori Medicina, Beni Culturali, Grid-ICT, formazione e diffusione della cultura scientifica. Di seguito si illustrano solo alcuni casi esemplari di attività svolte in collaborazione; per l'elenco completo si rimanda al successivo paragrafo 5.1:

- Il Laboratorio LABEC di Sesto Fiorentino (Firenze)
- Il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO)
- Il Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics (GGI)
- Il Centro Enrico Fermi
- La Fondazione Ettore Majorana (FEMCCS)
- La Fondazione Bruno Kessler (FBK)
- Il Consortium GARR

IL LABORATORIO LABEC

Il laboratorio LABEC è una grande struttura della sezione di Firenze, che occupa locali del Dipartimento di Fisica dell'Università di complessivamente oltre 1500 m². È basata come strumento principale su un acceleratore di particelle di tipo Tandem, da 3 milioni di Volt di tensione massima di terminale, col quale si effettuano numerose importanti applicazioni interdisciplinari di tecniche della fisica nucleare, di notevole impatto sociale e culturale.

Nato inizialmente per applicazioni nel campo dei Beni Culturali, grazie alla versatilità delle attrezzature e all'originalità delle tecniche sviluppate, ha progressivamente esteso il campo di applicazioni anche al settore dei problemi ambientali (di particolare importanza e attualità il controllo della qualità dell'aria con la misura della composizione delle polveri fini in atmosfera), alla geochimica, alla scienza dei materiali in generale.

L'acceleratore Tandem del LABEC consente sia misure



Fig. 3.35: Analisi di composizione dei pigmenti su una tela del Mantegna alla facility di microfascio esterno a scansione del Laboratorio per i Beni Culturali di Firenze (LABEC).

di Accelerator Mass Spectrometry (AMS) – in particolare datazioni archeologiche col metodo del 14C – che di Ion Beam Analysis (IBA) per sofisticate determinazioni non distruttive di composizione di materiali.

La caratteristica peculiare del LABEC è quella di svolgere un'estesa attività di ricerca e sviluppo di nuove tecnologie nucleari applicative (finanziata dall'INFN attraverso la Commissione Scientifica Nazionale 5), grazie alla quale si possono mantenere costantemente ai massimi livelli le attività più standard "di servizio" svolte a favore di dipartimenti universitari e altri Enti pubblici nel campo delle scienze umane, Sovrintendenze, Enti di tutela del patrimonio culturale, Enti di tutela della salute e dell'ambiente.

Per quanto concerne queste attività "di servizio", il LABEC continua a produrre annualmente oltre duecento datazioni 14C di reperti archeologici o storici, nell'ambito di collaborazioni con gruppi di studiosi del settore ed enti di tutela; partecipa a campagne di indagini diagnostiche preliminari al restauro di opere d'arte di ogni tipologia; effettua migliaia di misure di composizione delle polveri fini in atmosfera, nell'ambito di campagne di monitoraggio della qualità dell'aria in collaborazione con Agenzie di protezione ambientale, in Italia e all'estero.

Riguardo alle attività di ricerca e sviluppo, invece, al LABEC si sono realizzati negli ultimi anni numerosi canali di fascio e nuovi set-up di misura, taluni con caratteristiche pionieristiche e tuttora uniche nel panorama mondiale: sono correntemente

usati fasci estratti in atmosfera (una tecnica introdotta proprio dai ricercatori del LABEC, poi divenuta uno standard a livello internazionale in particolare per le analisi sui Beni Culturali), anche con dimensioni micrometriche e sistemi di scansione, per ricavare non distruttivamente non solo la composizione di un campione ma anche la distribuzione spaziale delle sue componenti; sistemi di fasci a impulsi brevissimi, un centinaio di ps (pico-secondi); sistemi di microfasci estratti di intensità controllata fino a poche particelle al secondo, con scansione su bersagli per effettuarne ad esempio una sorta di "radiografia" con particelle. Grazie ad alcune di queste realizzazioni, presso il LABEC si svolge anche una intensa attività di supporto per esperimenti di fisica nucleare basati in altri e più grandi laboratori sia nazionali che all'estero, ad esempio test preliminari di rivelatori e misure di danno da radiazione.

Va sottolineato infine il ruolo che il LABEC svolge – grazie al fatto di essere inserito in una struttura locale dell'INFN, a stretto contatto col Dipartimento di Fisica - sia per la didattica universitaria nell'ambito di laboratori per studenti, che per l'addestramento alla ricerca e la formazione di competenze superiori (in diversi ambiti: impiantistica, elettronica, vuoto, rivelatori, acquisizione e analisi dati) a livello di tesi di laurea, laurea specialistica e dottorato.

Le elevate competenze e il prestigio del LABEC sono ampiamente riconosciuti a livello internazionale. Nel 2009 la rivista del NuPECC *Nuclear Physics News International* ha dedicato al LABEC un articolo nella serie dei *Laboratory portraits*.

Le attività del LABEC portano da un lato a una continua rilevante produzione di lavori scientifici, su riviste ISI e libri; dall'altro alla partecipazione in progetti pubblici finalizzati (campagne di studio di manufatti storico-artistici, campagne di monitoraggio dell'ambiente in ambito regionale, nazionale e mondiale). In particolare, nel corso degli ultimi tre anni, il LABEC si è inserito in una rete regionale di collaborazioni per la ricerca e i servizi, insieme ad altri enti pubblici come università, istituti del CNR, la Sovrintendenza regionale toscana, l'Opificio delle Pietre Dure, ricevendo finanziamenti dalla Regione Toscana per il pagamento di personale a tempo determinato per un totale di circa seicentomila euro. LABEC. Ha partecipato e partecipa inoltre a progetti regionali e internazionali nel campo del monitoraggio dell'inquinamento atmosferico (ad esempio i progetti PATOS – PArticolato in TOScana - e il suo seguito PATOS2) e del clima, quali la collaborazione EPICA (*European Project for Ice Coring in Antarctica*).

Nell'ultimo anno, uno sviluppo molto importante al LABEC

ha riguardato l'uso dell'AMS in problemi ambientali, in particolare la misura della concentrazione di ^{14}C nel particolato atmosferico. Si tratta di un argomento estremamente innovativo e di grande rilevanza. La misura della concentrazione di ^{14}C nel particolato, infatti, consente di ricavare informazioni decisive per determinare l'origine della componente carboniosa delle polveri fini, che spesso è quella maggioritaria: dalla misura della quantità di ^{14}C si può capire se la fonte di questa componente dell'inquinamento è naturale o antropica, causata ad esempio dalla combustione di petrolio e derivati. La sfida sperimentale è legata – in aggiunta al fatto che la concentrazione da misurare è dell'ordine o inferiore a un atomo ogni mille miliardi – all'esiguità della massa del materiale su cui effettuare l'analisi (le poche centinaia di microgrammi che si raccolgono sui filtri del particolato). Queste attività rappresentano la frontiera della ricerca tecnologica in questo settore, che vede nel mondo impegnati solo due o tre laboratori. Al LABEC, le tecniche di preparazione e di misura con l'acceleratore che si è iniziato a sviluppare hanno dimostrato che questa sfida tecnologica si può affrontare, e si vuole quindi proseguire in questa direzione.

Oltre alle attività portate avanti usando le tecniche che usano l'acceleratore, di recente all'interno del LABEC si sono sviluppate anche strumentazioni portatili altamente competitive per la diagnostica dei Beni Culturali, per venire incontro all'esigenza che spesso si presenta di analizzare opere inamovibili, ad esempio gli affreschi. Sfruttando le ampie competenze sviluppate con le tecniche di acceleratore, si sono "trasferite" alcune soluzioni applicative anche alla strumentazione portatile. Si è realizzato ad esempio un innovativo sistema per le analisi di fluorescenza X con strumentazione portatile, che supera le tradizionali limitazioni di questo tipo di strumentazioni riuscendo a estenderne la capacità analitica nelle misure di composizione dei materiali anche agli elementi a numero atomico basso, fino al sodio. Grazie a questa strumentazione innovativa, già nel corso del 2010 il gruppo del LABEC è stato chiamato dalle Sovrintendenze e dall'Opificio delle Pietre Dure a svolgere numerose campagne di analisi in situ, in preparazione a interventi conservativi. Sono stati analizzati ad esempio affreschi di Giotto in Santa Croce a Firenze, il grande crocifisso ligneo del Maestro di Figline, nella stessa chiesa, l'affresco della Resurrezione di Piero della Francesca al Museo Civico di Sansepolcro, una Madonna con bambino di Raffaello, e molte altre opere importanti. Anche questo nuovo filone di sviluppo di tecniche con strumentazione portatile appare perciò molto promettente e fecondo.

Le prospettive di attività per il prossimo triennio e quelle a più lungo termine dipendono tuttavia drasticamente da quello che potrà essere lo sviluppo del personale. In effetti, mentre la strumentazione disponibile è tuttora ai massimi livelli, grazie all'investimento di strumentazione (valutabile intorno ai 5 milioni di euro) che l'INFN ha effettuato nel LABEC nel corso degli ultimi anni, una grave criticità per il laboratorio è la precarietà di buona parte del personale che vi affersce. Molto del lavoro continua ad essere portato avanti da assegnisti di ricerca o studenti di dottorato, e per una struttura delle dimensioni e delle potenzialità del LABEC, lo staff permanente è largamente sottodimensionato sia per il supporto tecnico di manutenzione delle impegnative attrezzature che per la conduzione delle attività di ricerca e di servizio (ad esempio l'acceleratore può solo saltuariamente essere utilizzato in turni notturni).

Se sarà possibile nel prossimo triennio stabilizzare almeno una parte del personale precario, attualmente presente grazie ai finanziamenti esterni, recentemente ottenuti dalla Regione Toscana, saranno possibili una serie di sviluppi metodologici, quali quelli sopra accennati, oltre al potenziamento dei sistemi di microfascio esterno a scansione, al miglioramento dei livelli di sensibilità e precisione delle datazioni col ^{14}C e all'allestimento delle procedure per la misura in AMS di un altro radioisotopo, lo ^{129}I , che riveste grande importanza, tra l'altro, per il monitoraggio dei possibili livelli di contaminazione legati direttamente o indirettamente alle attività delle centrali nucleari.

LA FONDAZIONE CNAO

La Fondazione CNAO (Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica), in stretta collaborazione con l'INFN, sta completando la realizzazione del primo centro italiano (figura 3.38), secondo in Europa, dedicato alla cura dei tumori con l'utilizzo di ioni idrogeno e ioni carbonio. Il trattamento dei tumori attraverso l'utilizzo di fasci di particelle di alta energia è in continuo aumento presso i centri stranieri, soprattutto americani e giapponesi. In Italia è già da anni in funzione, presso i Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN, a Catania, un laboratorio denominato CATANA che, in collaborazione con l'università di Catania, permette la cura del melanoma dell'occhio con l'irraggiamento di ioni idrogeno prodotti dall'acceleratore dei LNS.

Il numero dei pazienti trattati e delle indicazioni cliniche è in costante crescita. L'azione delle particelle sulle celle tumorali provoca la rottura della doppia elica nella struttura del DNA e porta alla morte delle cellule tumorali. In

particolare, i protoni e gli ioni leggeri (figura 3.34) hanno il vantaggio di penetrare nel corpo fino ad una profondità, correlata alla loro energia iniziale, rilasciando poca energia durante il tragitto e concentrandone il rilascio alla fine del loro percorso. Questo comportamento è comunemente indicato come *picco di Bragg*. Il rilascio di energia ad una profondità controllabile e la facilità di penetrazione, rendono questa tecnica estremamente precisa ed attraente rispetto al più diffuso irraggiamento effettuato con elettroni o raggi X che rilasciano la loro energia negli strati superficiali diminuendo man mano con la profondità. La tecnologia necessaria alla generazione, trasporto, raggiungimento della necessaria energia delle particelle per il trattamento specifico ed infine, loro trasporto fino al paziente, è quella basata sull'utilizzo di un acceleratore di particelle di tipo circolare, denominato sincrotrone, avente circa 25 m di diametro. Le particelle, gli ioni, generati da un plasma confinato in una sorgente dedicata, subiscono una prima accelerazione e manipolazione e quindi vengono immessi nell'anello circolare, il vero e proprio sincrotrone, che ne innalza l'energia fino a quella necessaria per l'irraggiamento. A questo punto un sistema di estrazione permette di estrarre gli ioni dall'anello e li indirizza, tramite una opportuna linea di trasporto, in una delle tre sale di trattamento dove il paziente attende di essere "trattato" (figura 3.39).

L'INFN è l'unico istituto in Italia dotato di un laboratorio, i Laboratori Nazionali di Frascati, dove già dagli anni '60 del secolo scorso esiste una tradizione nella realizzazione di acceleratori circolari, oltre ad avere nei Laboratori Nazionali di Legnaro e nei Laboratori Nazionali del Sud, Catania, di più recente realizzazione, acceleratori lineari che producono e lavorano con ioni dedicati ad esperimenti di fisica fondamentale. Questa tradizione ed esperienza è stata messa a disposizione della Fondazione CNAO, appositamente istituita per progettare e costruire il CNAO a Pavia.

Nel Novembre del 2003 l'INFN ha firmato un accordo di collaborazione con il CNAO, attraverso il quale l'INFN è divenuto co-responsabile con il CNAO nella costruzione del complesso di acceleratori. La collaborazione ha coperto il periodo 2003-2009 ovvero tutta la fase di progettazione, costruzione, installazione e messa in funzione del CNAO. Nel 2009 è stato firmato un nuovo accordo di collaborazione tra INFN e CNAO finalizzato all'utilizzo per scopi scientifici dell'acceleratore ed in particolare per studi avanzati nel campo della radiobiologia.

L'accordo di collaborazione ha coinvolto vari laboratori e

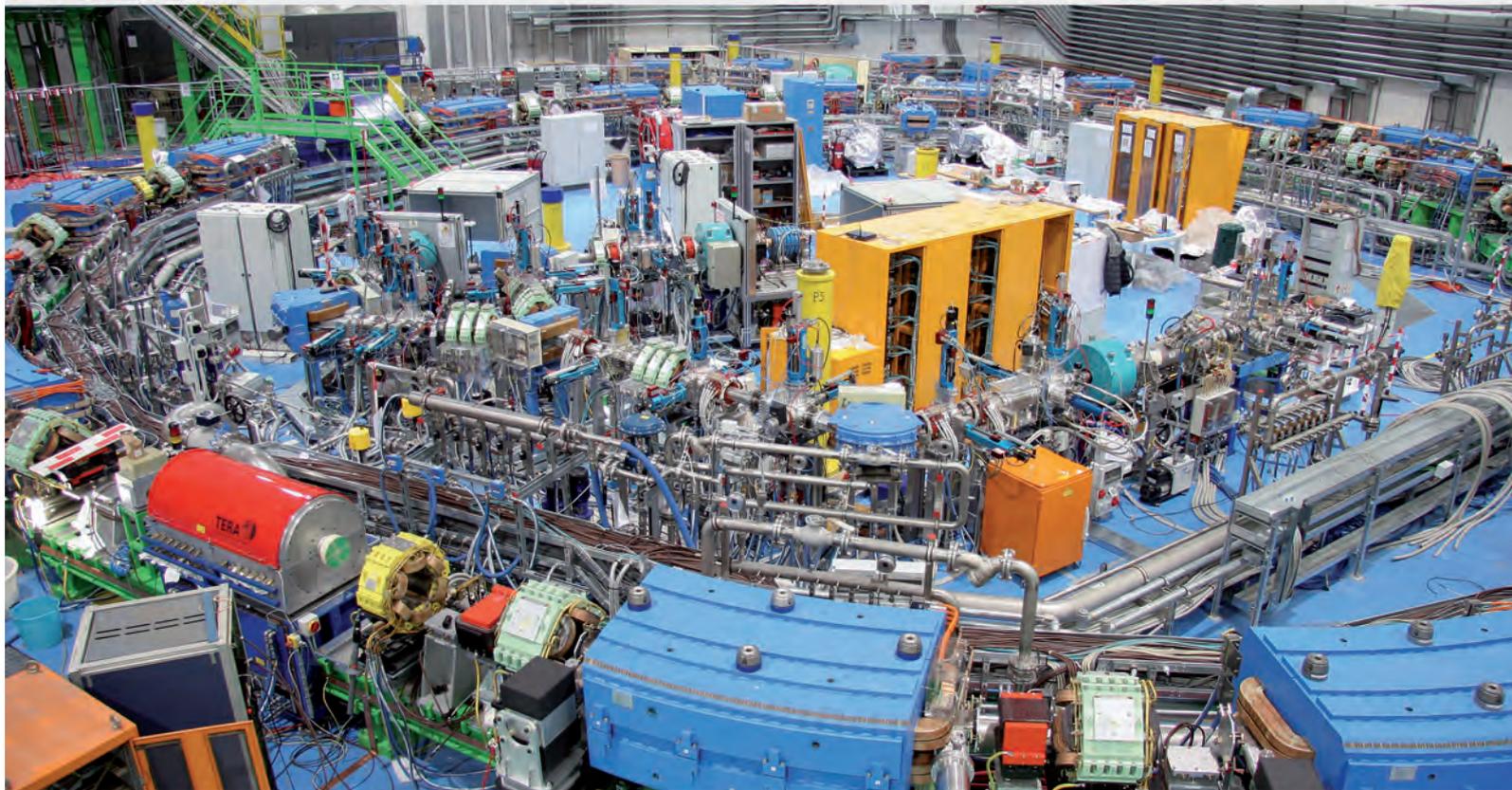


Fig. 3.36: Controllo dei tumori radioresistenti con ioni di carbonio.

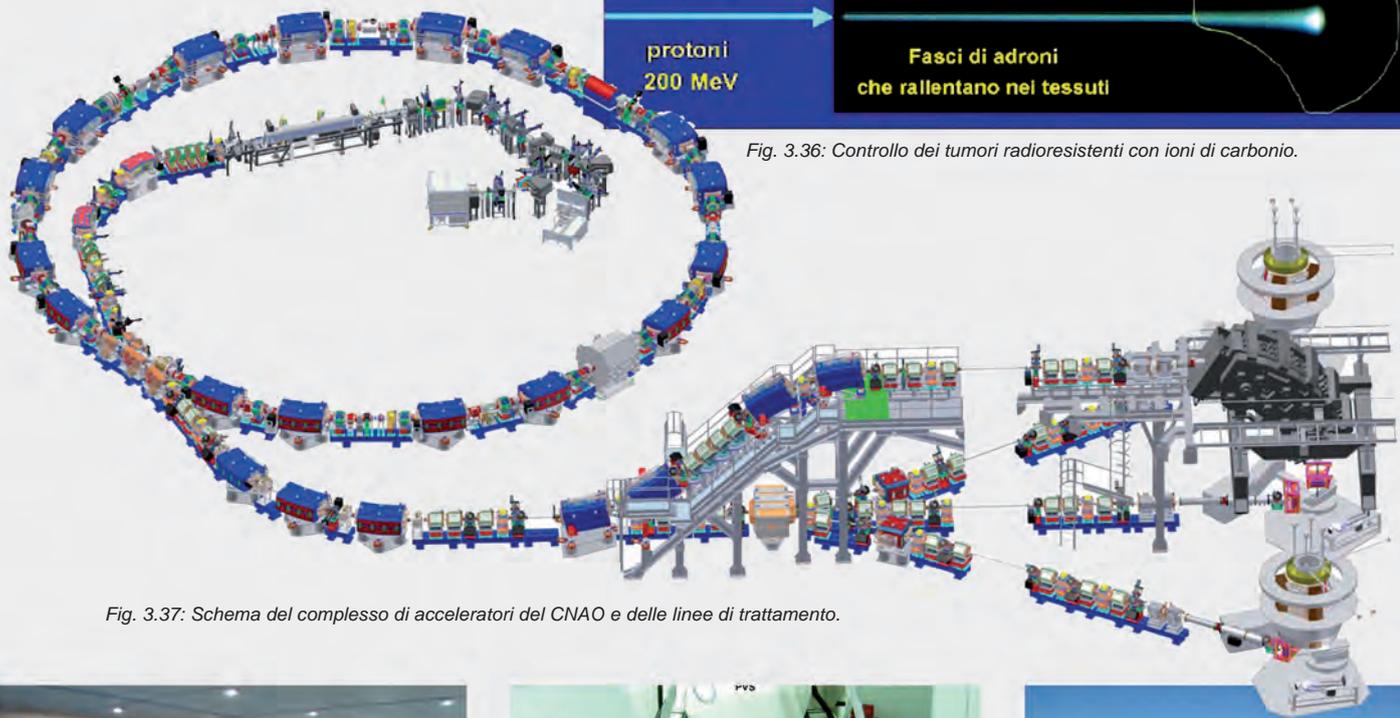


Fig. 3.37: Schema del complesso di acceleratori del CNAO e delle linee di trattamento.



Fig. 3.38: Vista del sincrotrone.



Fig. 3.39: Sala di trattamento (in allestimento).



Fig. 3.40: Vista aerea del centro CNAO a Pavia.

Sezione dell'INFN, tra cui i Laboratori Nazionali di Frascati, i Laboratori Nazionali di Legnaro, i Laboratori Nazionali del Sud (Catania), nonché le Sezioni di Milano, di Torino, di Genova e Pavia. Ciascuna unità è stata coinvolta nel raggiungimento di uno o più obiettivi specifici ben individuati e con precise responsabilità che vanno dalla progettazione alla costruzione, alla misura e verifica delle caratteristiche di progetto, alla installazione e messa in funzione delle apparecchiature scientifiche o parti del complesso di acceleratori. In questa impresa hanno contribuito diversi istituti ed enti pubblici e privati; tra questi si ricordano: la Fondazione Policlinico Ospedale Maggiore (Mi), la Fondazione Istituto Neurologico C. Besta (Mi), la Fondazione Istituto Nazionale dei Tumori (Mi), l'Istituto Europeo di Oncologia (Mi), la Fondazione Policlinico San Matteo (Pv), la Fondazione TERA (No) e, oltre l'INFN, il CERN di Ginevra, il GSI (Darmstadt), il LPSC (Grenoble), il NIRS (Chiba, Giappone), l'Università di Milano, il Politecnico di Milano, l'Università di Pavia, il Comune di Pavia, la Fondazione Cariplo. Tra questi, principalmente l'INFN e il CERN hanno curato gli aspetti tecnologici, ossia le fasi di progettazione, costruzione, installazione e messa in funzione degli acceleratori.

Attualmente il CNAO è in fase di *commissioning*. Completata la fase di progettazione, costruzione ed installazione, già da oltre un anno è iniziata la fase di funzionamento con la generazione e caratterizzazione dei fasci di ioni idrogeno e ioni carbonio, la loro accelerazione attraverso due strutture acceleranti, il quadrupolo a radiofrequenza e l'acceleratore lineare, che preparano i fasci di particelle in modo da avere le corrette caratteristiche per essere iniettate all'interno dell'acceleratore circolare.

Con l'inizio del 2010 è stata avviata la fase di accumulazione ed accelerazione dei fasci nel sincrotrone (figura 3.36) ed a seguire la loro estrazione e trasporto su almeno una delle tre linee di trasporto che permettono di guidare le particelle nelle sale di trattamento dove i pazienti attenderanno per essere irraggiati. Nell'ottobre del 2010 un primo fascio di protoni è stato accelerato fino all'energia minima di estrazione, 60 MeV, e successivamente fino a quella massima di progetto, 250 MeV. A seguire, i fasci sono stati estratti dal sincrotrone e il 26 ottobre il primo fascio di H⁺ veniva trasportato e misurato nella prima delle tre sale di trattamento. Essendo già stata acquisita l'autorizzazione al trattamento di cellule in vitro e di cavie, inizierà quanto prima la prima fase della sperimentazione medica che brevemente si può riassumere come segue: in una prima fase i fasci irraggeranno dei "fantocci" al fine di caratterizzare i fasci stessi di particelle;

una seconda fase prevede l'irraggiamento di cellule in vitro e poi di una particolare razza di topi, la stessa utilizzata nel centro giapponese, in modo da avere una analisi comparata dell'efficacia della dose con la quale le cavie sono state irraggiate; ed infine una terza fase, in cui è previsto irraggiare pazienti umani, prima con fasci di protoni e poi con ioni carbonio. La sperimentazione clinica è prevista durare 18 mesi e si prevede di trattare circa 230 pazienti. Alla fine di questo periodo i protocolli clinici per i trattamenti dovrebbero essere stati completamente definiti e si potrà iniziare il trattamento sistematico dei pazienti affetti da tumore. A regime il CNAO effettuerà circa 20.000 sedute all'anno e saranno trattati 3.000/3.500 pazienti. Le patologie cliniche che potranno essere trattate includono: sarcomi dell'osso e delle parti molli, tumori del sistema nervoso centrale e paraspinale, tumori del distretto cervico cefalico, melanomi dell'occhio e delle mucose, tumori non a piccole cellule del polmone, tumori primitivi del fegato, neoplasie dell'età pediatrica, tumori ginecologici, tumori del pancreas.

Le attività a medio termine proseguiranno con l'installazione della linea sperimentale dedicata alla radiobiologia. Si tratta di una ulteriore linea che trasporterà i fasci estratti dal sincrotrone in una opportuna sala, già realizzata, dove potrà essere effettuata ricerca clinica, radiobiologia e fisica. Per quest'ultima, come si è detto, nel 2009 è stato firmato un accordo quadro di collaborazione tra INFN e CNAO.

Più a lungo termine, è prevista una fase di espansione del CNAO con la realizzazione di ulteriori due sale di trattamento dove poter alloggiare delle "teste" rotanti che permetteranno di poter irraggiare i pazienti da qualsiasi direzione, mentre, allo stato attuale, due sale di trattamento prevedono l'irraggiamento con un fascio fisso orizzontale ed una sala è predisposta per l'irraggiamento con fascio fisso, sia orizzontale che verticale (figura 3.37).

IL GALILEO GALILEI INSTITUTE FOR THEORETICAL PHYSICS (GGI) DI ARCETRI (FIRENZE)

Il *Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics* (GGI) è stato fondato dall'INFN ed è sostenuto finanziariamente dall'INFN e dall'Università di Firenze. Organizza e ospita workshop avanzati di fisica teorica (tipicamente tre ogni anno) soprattutto nel settore della fisica delle particelle; ciascun workshop è dedicato a un tema specifico alla frontiera della ricerca, dura in genere da 2 a 3 mesi e vede la partecipazione di un numero giornaliero di partecipanti da 20 a 30, selezionati all'interno della comunità internazionale.

Annualmente sono oltre 250 i fisici che partecipano a questi workshop. Lo scopo di ogni workshop è promuovere la

discussione, il confronto e la collaborazione fra i partecipanti anche al fine di produrre risultati significativi nell'avanzamento della conoscenza nel corrispondente campo di ricerca. Scuole post dottorali, meeting brevi e conferenze si aggiungono alle attività consolidate del GGI.

La commissione scientifica nazionale di fisica teorica dell'INFN (CSN4) ne è stata promotrice e tuttora costituisce il riferimento principale del GGI dal punto di vista scientifico. Si veda anche il paragrafo 3.5.

IL CENTRO ENRICO FERMI PER IL PROGETTO EEE

L'obiettivo del Progetto "La Scienza nelle Scuole: *Extreme Energy Events* (EEE)" è quello di portare la Scienza nel cuore dei giovani attraverso un'azione di incentivazione culturale diretta, che nasce quando gli studenti sentono di essere diventati protagonisti nella costruzione di uno strumento e nella elaborazione di dati, che sono alla frontiera del pensiero scientifico.

Il Progetto EEE è frutto di una collaborazione tra INFN, CERN, MIUR, EMFCSC, Centro Fermi e gli Istituti Scolastici coinvolti, distribuiti su tutto il territorio nazionale.

Agli Istituti Scolastici viene reso disponibile un "Laboratorio Avanzato", particolarmente potente per lo studio dei Raggi Cosmici e in particolare per lo studio degli sciame di particelle prodotte dai Raggi Cosmici di altissima energia, di cui non si conoscono ancora le origini. Questi sciame possono produrre coincidenze tra stazioni di rivelazione anche molto lontane tra loro ed è proprio sulla grande distanza tra le stazioni che punta il Progetto.

Studenti ed Insegnanti costruiscono con le loro mani, al CERN a Ginevra, i loro rivelatori in modo da partecipare personalmente alla realizzazione del Progetto. Come rivelatore si è scelta una terna di MRPC (*Multigap Resistive Plate Chamber*). Questo rivelatore, inventato da Antonino Zichichi e collaboratori, detiene il record mondiale nella misura dei tempi di volo delle particelle subnucleari. La terna di MRPC permette di identificare la direzione dei muoni dello sciame cosmico. Quindi, tramite la misura delle direzioni e dei tempi di arrivo, è possibile identificare la direzione del primario e rigettare coincidenze accidentali, indipendentemente dalla distanza relativa tra le stazioni.

Attualmente gli Istituti Scolastici coinvolti sono 32, distribuiti su tutto il territorio nazionale e prossimi a sezioni INFN, che li supportano per quanto riguarda la manutenzione e l'analisi dei dati. Tuttavia, in prospettiva studenti e docenti

saranno autonomi, sia per quanto riguarda la raccolta dei dati sia per la loro interpretazione.

L'obiettivo finale del prossimo triennio è il coinvolgimento di cento Scuole e l'estensione della ricerca di coincidenze, attese e non, non solo tra questi siti, ma anche tra loro e siti lontani, in sinergia con analoghe stazioni installate in Cina, Russia, USA e Australia.

LA FONDAZIONE ETTORE MAJORANA (FEMCCS)

La Fondazione Ettore Majorana e Centro di Cultura Scientifica non è una Accademia né una Università come quelle a tutti note. È una Istituzione nata nel cuore della Scienza di Frontiera per opera di Bell, Blackett, Rabi, Weisskopf e Zichichi.

Lo scopo della Fondazione a livello nazionale ed internazionale è stato quello prima di creare e poi di mantenere in Italia una piattaforma culturale di alto livello scientifico, che possa permettere ai giovani ricercatori di conoscere quali sono le problematiche di maggiore attualità ed interesse nei vari campi della ricerca scientifica, ai ricercatori più esperti di studiare e discutere con i loro colleghi più qualificati i risultati delle loro ricerche.

Poiché le varie discipline scientifiche su cui si articola l'attività della Fondazione hanno diversi livelli di interesse e di profondità nell'ambito delle tematiche scientifiche, l'attività delle varie Scuole si adegua a queste esigenze le quali implicano anche una funzione di incentivazione per quelle discipline poco coltivate in Italia, ma di grande interesse scientifico.

L'attività della Fondazione non si limita tuttavia alla programmazione e allo studio delle problematiche di interesse rigorosamente scientifico: essa è estesa anche allo studio e all'approfondimento delle problematiche provenienti dalle discipline umanistiche, allo scopo di legare la cultura rigorosamente scientifica a proficui scambi di idee su temi di grande attualità per impostare lo studio di problemi interdisciplinari e per promuovere aggiornamenti sui risultati ottenuti e sui progressi fatti.

Quello che distingue Erice è lo spirito che anima tutti i partecipanti: studenti e docenti. L'obiettivo primo è imparare. Non si rilasciano diplomi né titoli di alcun tipo. Come novecento anni fa. Lo studente ascolta la lezione e dopo l'interruzione per la colazione si apre la parte più divertente. Lo studente può rivolgere al professore qualsiasi domanda. Anche la più banale. Non sarà punito. È interesse di tutti conoscere i pensieri dei giovani cervelli esposti alle

novità scientifiche delle quali avevano, forse, immaginato tanti dettagli, ma difficilmente quelli che frullano nella testa del docente. Dato un problema, i modi di affrontarlo sono diversi.

L'originalità della Fondazione Ettore Majorana è nell'essere riuscita a creare un "ponte" tra l'insegnamento universitario e i laboratori scientifici. Questo "ponte" ha le sue radici nei periodi in cui un docente può stare vicino a uno studente. E questo avviene proprio dando a studenti e docenti le stesse strutture logistiche, creando così un'atmosfera di interazione culturale che l'Università non può dare.

Dal 1963 la Fondazione Ettore Majorana e Centro di Cultura Scientifica di Erice, Sicilia, costituisce un polo di attrazione per tutta la comunità scientifica internazionale grazie alle sue 123 scuole post-universitarie avanzate (la più antica è quella di Fisica Subnucleare), a cui hanno contribuito i maggiori esperti mondiali nei più svariati campi del sapere, cercando di abbattere le barriere ideologiche, politiche, razziali, inventate non dalla Scienza, ma dai suoi peggiori nemici.

Ogni anno dal 1963 autori di scoperte ed invenzioni, tra i quali ben 125 Premi Nobel (di cui 76 hanno avuto il Nobel dopo la loro partecipazione a Erice, e 49 erano già premi Nobel quando hanno cominciato a partecipare alle attività del Centro), insegnano a studenti provenienti da tutto il mondo i più recenti risultati raggiunti sulla frontiera della Scienza. In 49 anni di attività hanno partecipato alle Scuole post universitarie e ai Workshops di Erice oltre centomila ricercatori, provenienti da 140 diverse nazioni.

Notizie più dettagliate sulle strutture della Fondazione FEMCCS, sulle attività e sui partecipanti sono reperibili alla pagina web www.ccsem.infn.it.

LA FONDAZIONE BRUNO KESSLER (FBK)

La Fondazione Bruno Kessler (FBK) è promossa e sostenuta dalla provincia di Trento ha una forte vocazione per la ricerca scientifica le tecnologie correlate e le relative applicazioni. Da alcuni anni l'INFN ha rapporti privilegiati di collaborazione sia nello sviluppo di sensori di silicio (per i quali FBK ha un centro di produzione tra i più avanzati in Europa ed ha già lanciato diversi spin-off anche motivati dalla collaborazione con l'INFN), sia per quanto riguarda le tecniche di calcolo avanzato. Entrambe le linee stanno dando ottimi risultati. Un esempio significativo dei risultati della collaborazione con l'INFN, sono i fotomoltiplicatori di silicio (SiPm), questi interessantissimi sensori stanno conoscendo, a solo tre anni dall'inizio dello sviluppo, un

successo internazionale. L'avvio di uno spin-off da cui l'INFN trarrà proventi sotto forma di royalty ha avuto luogo nel corso del 2010. La convenzione tra i due enti è stata recentemente rinnovata. Entrambi i partner, INFN ed FBK sostengono con entusiasmo la collaborazione.

IL CONSORTIUM GARR

Nelle sue attività di ricerca, l'INFN fa largo uso di applicazioni avanzate, che presentano requisiti di rete molto elevati e che richiedono soluzioni specifiche; fra questi LHC, *Computing Grid* è l'esempio più eclatante in termini di molidi dati trasmesse e di estensione intercontinentale della sua operatività.

I servizi relativi ad una efficiente connessione telematica tra le proprie sedi (laboratori e sezioni) e da e verso i laboratori internazionali sono oggi assicurati dal *Consortium GARR* (www.garr.it), un'associazione senza fini di lucro fondata nel 2001 di cui l'INFN è socio fondatore, insieme a CNR, ENEA e Fondazione CRUI. Questa esternalizzazione di servizi non *core-business* garantisce un servizio ad oggi adeguato ed è effettuata con 49 collegamenti per un totale di 48 gigabit al secondo di banda. Le statistiche 2009 e 2010 dimostrano l'affidabilità del servizio e, soprattutto, il grande utilizzo che l'INFN fa della rete, soprattutto nel trasferimento dei dati da e verso il CERN e da e verso i laboratori nazionali ed il CNAF. Il progetto GARR-X del GARR, già concretamente avviato, consentirà di mantenersi al passo con gli altri enti di ricerca europei, soprattutto per quanto riguarda il trasferimento delle grandi moli di dati connesse al grid computing, e più in particolare ai Tier1-Tier2 di LHC e, ci si auspica, di SuperB.

Tra i servizi gestiti dal GARR, vi è anche il servizio di videoconferenza (<http://vconf.garr.it/>), centralizzato e multi-punto (nel corso del triennio in evoluzione verso l'alta definizione), ed il servizio di *certification authority* (ca.garr.it), necessario per l'accesso alle griglie computazionali.

Nel corso del triennio 2011-2013, una particolare attenzione verrà posta allo sviluppo e al supporto delle tecnologie *wireless e della Mobility* che rappresentano sempre di più uno strumento di base del lavoro di ricerca e di formazione. Di particolare rilievo è il servizio GARR AAI IDEM per la gestione dell'identità federata, finalizzata al controllo degli accessi a risorse e servizi applicativi accessibili via web (repository di dati, risorse di calcolo, riviste elettroniche, piattaforme di e-learning, Videoconferenza, ecc), nell'ambito della quale è prevista un'attività di collaborazione a livello internazionale, che attraverso il meccanismo del Confederazioni, possa estendere i benefici

dell'autenticazione e autorizzazione degli utenti anche fuori dall'Italia, allargandone quindi le potenzialità.

3.11 I PROGETTI FIRB, PRIN

Progetti FIRB

L'Istituto ha applicato e ricevuto finanziamenti a valere sul programma FIRB (Fondo per gli Investimenti della Ricerca di Base) del MIUR ed in particolare per il progetto SPARX e per il progetto LIBI, di cui si è parlato nel paragrafo 3.8. Con Decreto 490/Ric del 3 Agosto 2010 sono stati ammessi a finanziamento i seguenti progetti partecipanti al bando "Futuro in Ricerca" del Dicembre 2008:

a) della linea di intervento 1 (riservata a dottori di ricerca di età non superiore a 32 anni, non ancora strutturati) sono stati ammessi al finanziamento due progetti a Coordinamento INFN ed ulteriori due progetti a cui l'Istituto partecipa come Unità di Ricerca,

b) della linea di intervento 2 (riservata a giovani docenti o ricercatori di età non superiore a 38 anni, già strutturati) sono stati ammessi a Finanziamento tre progetti a coordinamento INFN.

Il finanziamento totale a carico del MIUR è di 1.864.440 €. Al bando FIRB **Futuro in Ricerca** 2010 l'INFN partecipa come Unità di Ricerca con 26 progetti di cui sette di linea 1 (dottori di ricerca di età inferiore a 33 anni, non strutturati),

otto di linea 2 (dottori di ricerca di età inferiore a 38 anni, non strutturati) ed undici di linea 3 (docenti e ricercatori di età inferiore a 40 anni, già strutturati). I progetti proposti coprono le linee scientifiche dell'INFN e si caratterizzano per un forte contenuto di innovazione tecnologica e di interdisciplinarietà.

Progetti PRIN

Tradizionalmente ricercatori dell'INFN e i colleghi universitari associati partecipano ai Progetti di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) in stretta collaborazione con le università su tematiche di interesse dell'Istituto. A tale scopo l'Istituto ha cofinanziato le ricerche con un contributo, per ogni singola linea di ricerca, non superiore al 2% del budget assegnato a ciascuna di essa; specificamente, il bando relativo all'anno 2008 – concretamente eseguito nel corso del 2009 e 2010 – ha visto l'Istituto coinvolto anche con 9 unità di ricerca direttamente coordinate da propri ricercatori.

Nondimeno, la dimensione complessivamente limitata delle partecipazioni, la crescente onerosità amministrativa per la rendicontazione e, soprattutto, la riduzione progressiva delle risorse disponibili hanno portato l'Istituto ad escludere, per i nuovi bandi, ogni tipo di finanziamento diretto in aggiunta alla disponibilità di personale e di attrezzature comunque già presenti presso le proprie strutture.

La tabella 3.17 riassume l'esito delle ultime assegnazioni.

	Anno del bando PRIN			
	2005	2006	2007	2008
Stanziamiento iniziale (Euro) dopo pubblicazione del bando	1.000.000	1.000.000	797.000	400.000
Impegno effettivo (Euro) dopo approvazione MIUR	635.271	645.500	336.964	536.000
Impegno effettivo dello stanziamento iniziale	63%	64%	32%	134%
Impegno effettivo	22	19	14	24
Numero progetti partecipati	24	34	20	27

Tab. 3.17: Quadro sinottico dei cofinanziamenti dei progetti PRIN da parte dell'INFN.

3.12 I PROGETTI REGIONALI E I PROGETTI LOCALI

L'Istituto, attraverso le sue strutture (Sezioni e Laboratori nazionali) ha avanzato proposte e ha ricevuto finanziamenti su programmi regionali o locali. In particolare si segnalano i seguenti progetti regionali, attivi nel 2010 e la cui scadenza rientra nel piano triennale 2011-13.

struttura: Sezione di TORINO

titolo del progetto: neu_ART

- durata: 1/12/2009 - 30/11/2012
- finanziamento alla struttura/finanziamento complessivo del progetto: 283 k€ / 675 k€
- ente/i finanziatore/i: Regione Piemonte
- partners: Dip. Fis. Sper. Univ di Torino e Centro Conservazione e Restauro (CCR) di Venaria Reale
- ente resp. del progetto: INFN Sezione di Torino
- risorse della struttura impegnate nel progetto: laboratorio tecnologico e in piccola misura CdC

Note (ricadute sulla società, rapporti con l'Industria, trasferimento tecnologico, ecc.):

Presenza salone DNA - in progress

struttura: Sezione di PISA

titolo del progetto : Isolatori Sismici per Advanced Virgo (ISAV)

- durata: 1/11/2010 – 31/10/2013
- finanziamento alla struttura / finanziamento complessivo del progetto: 450 k€ / 589 k€
- ente finanziatore: Regione Toscana - POR CREO FSE 2007-2013.
- partners: INFN; "Scienza Machinale s.r.l." (sede in Navacchio, Comune di Cascina - Pisa).
- ente resp. del progetto: INFN Sezione di Pisa
- risorse della struttura impegnate nel progetto: 1 tecnologo, 2 tecnici, 3 borsisti, disponibilità di laboratori del servizio di Alte Tecnologie, supporto amministrativo.

Note (ricadute sulla società, rapporti con l'Industria, trasferimento tecnologico, ecc.):

Il progetto si inserisce in modo complementare nel programma di ricerca INFN "Advanced Virgo" implementando una collaborazione con Scienza Machinale, partner del presente progetto, di elevato impatto professionale. La collaborazione riguarda l'area di sviluppo della sensoristica per spostamenti micrometrici e la progettazione, nonché la realizzazione, realizzazione di particolari mecatronici avanzati, mediante attività di co-design effettuata presso i locali della ditta, dove i giovani ricercatori potranno usufruire delle strutture e dei software tools che SM metterà a disposizione congiuntamente all'esperienza del proprio personale senior progettista mecatronico.

struttura: Sezione di GENOVA

titolo del progetto: Magnetic Iron Detector 2 (MID2)

Il Consiglio Direttivo del 27 Febbraio 2009 ha approvato la Convenzione MID2 tra l'INFN, gli Ospedali Galliera e l'Associazione Ligure Talassemici per la definizione e lo sviluppo di un nuovo modello Magnetic Iron Detector avente per oggetto della presente convenzione è la definizione dei rapporti di collaborazione per il perfezionamento e la realizzazione di un modello di MID (nel seguito MID2) con caratteristiche tali da consentirne l'impiego routinario in attività clinico mediche da parte di personale ospedaliero.

- durata: 2009-2011
- finanziamento alla struttura / finanziamento complessivo del progetto: 100 k€ / 500 k€
- ente finanziatore: Associazione Ligure Talassemici, Fondazione CARIGE, Parco Scientifico Tecnologico della Liguria, INFN, E.O. Ospedali Galliera
- partners: INFN; Associazione Ligure Talassemici, E.O. Ospedali Galliera
- ente resp. del progetto: INFN Sezione di Genova
- risorse della struttura impegnate nel progetto: Personale tecnico ed amministrativo. Strumentazione. Locali

Note (ricadute sulla società, rapporti con l'Industria, trasferimento tecnologico, ecc.):

Il suscettometro MID 1 (EU 1 644 739 and US 7,412,275 B2 patents) è utilizzato dal 2005 dall'Ospedale Galliera, ha misurato un migliaio di pazienti evitando centinaia di biopsie epatiche. Nel 2009, il consorzio UNI.T.I. tra l'Università di Genova e Sviluppo Italia ha giudicato il progetto MID idoneo a diventare uno spin-off universitario.

Inoltre: è stata proposta una borsa di dottorato. Per una descrizione del problema medico e del MID fatta dal dott. Forni, responsabile

del Centro della Microcitemia e delle Anemie Congenite e qualche immagine del MID vedere <http://mdwebtv.videoplaza.it/player.asp?idpal=6591>. È stato presentato un poster dall'INFN alla Prima Conferenza Nazionale sulla Ricerca Sanitaria, organizza l'8 e 9 novembre 2010 a Cernobbio dal Ministero della Salute.

struttura: Sezione di FIRENZE

titolo del progetto: TemArt - Tecniche avanzate per la conoscenza materica e la conservazione del patrimonio storico-artistico

- durata: febbraio 2010 – gennaio 2012
- finanziamento alla struttura/finanziamento complessivo del progetto: 343 k€ / 3.240 k€
- ente finanziatore: Regione Toscana (POR-FESR 2007-2013)
- partners: 13, di cui 5 pubblici (Università di Firenze e Siena, CNR, INFN, MIBAC [Opificio Pietre Dure]) e 8 privati (sia grandi che piccole imprese toscane)
- ente resp. del progetto: CNR-IFAC [Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara"]
- risorse della struttura impegnate nel progetto: Laboratorio LABEC

Note (ricadute sulla società, rapporti con l'Industria, trasferimento tecnologico, ecc.):

Si tratta di un progetto molto articolato. TemArt mira da una lato a mettere a disposizione di Sovrintendenze e altri Enti di tutela le grandi potenzialità degli Enti di ricerca, tra cui l'INFN, nelle applicazioni ai beni culturali; dall'altro intende trasferire alcune delle competenze create all'interno degli Enti di ricerca al mondo produttivo.

struttura: LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO

titolo del progetto: Progetto Speciale Multiasse "Gran Sasso in rete"

Ambito: Programma Operativo FSE Abruzzo 2007 – 2013, Ob. CRO - Protocollo d'Intesa tra INFN e Regione Abruzzo

- Durata: novembre 2008/settembre 2011
- Finanziamento all'INFN: con affidamento diretto delle risorse per effetto del contesto derogatorio alla ordinaria disciplina degli affidamenti di risorse nell'ambito della Programmazione di Fondo Sociale Europeo di cui alla "Scheda Università" condivisa tra Regioni, Ministero del Lavoro e Commissione Europea, adottata dal Comitato Risorse Umane del QSN 2007/2013.
- Finanziamento complessivo del progetto: € 2.395.783,00
- Ente finanziatore: Regione Abruzzo, Direzione Politiche Attive del Lavoro, Sistema Integrato Regionale di Formazione ed Istruzione
- Partners: Consortium GARR, PMI abruzzesi, Centri di ricerca italiani ed esteri, Università italiane ed estere
- Ente responsabile del progetto: INFN - LNGS, Servizio Alta Formazione
- Risorse della Struttura impegnate nel progetto: Team di gestione 4 persone, 2 consulenti per assistenza nelle procedure di gestione economico-finanziaria fondi POR FSE e relativa rendicontazione, n. totale personale dipendente e collaboratori INFN impegnati dalla progettazione (novembre 2008) a dicembre 2010: n. 58 di cui personale a contratto al 100% n. 9. Ciascuna risorsa afferisce al Progetto per una media di circa il 20% del tempo di lavoro.
- Collaborazione con la Regione Abruzzo: La Regione Abruzzo e l'INFN hanno avviato una collaborazione, giunta ormai alla terza edizione, attraverso cui innescare un ciclo virtuoso di sviluppo basato sulla valorizzazione del capitale umano che acquisisce conoscenze e trasferisce competenze al mondo produttivo.

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, allo scopo di rafforzare il radicamento sul territorio, hanno deciso di mettere a disposizione il proprio know how, per essere riconosciuti non solo come Centro di Ricerca di eccellenza ma anche come luogo di Alta Formazione.

- Rapporti con le PMI abruzzesi: I percorsi di Alta Formazione erogati dai Laboratori Nazionali del Gran Sasso costituiscono un motore di sviluppo per le imprese operanti nei settori ad alto contenuto di tecnologia implementando modelli formativi innovativi basati anche sulla modalità e-learning e favorendo l'aggiornamento e l'evoluzione di competenze finalizzate ad incrementare le capacità di chi già si trova nel mercato del lavoro e/o che voglia acquisire nuovi saperi.

Il modello formativo implementato ha dato risposte efficaci alle esigenze di crescita e di innovazione delle aziende abruzzesi, in particolar modo a piccole e medie imprese.

Dal mondo scientifico alla realtà produttiva: L'obiettivo dei Progetti POR FSE gestiti dai Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN mira a costruire una rete professionale che possa organizzarsi in sistema delle competenze tecnologiche della Regione per giungere alla condivisione di risorse, conoscenze ed esperienze professionali.

- Trasferimento del know how: L'analisi dei fabbisogni di formazione e di affiancamento per l'innovazione tecnologica, fra le imprese del territorio abruzzese, ha individuato nel settore impiantistico l'ambito più opportuno per gli obiettivi condivisi con la Regione. I contenuti

formativi sono frutto dell'esperienza "sul campo" sviluppata nel corso di ben due decenni dai Laboratori del Gran Sasso.

Gran Sasso in rete, una buona prassi: Il Comitato di Sorveglianza del POR FSE Abruzzo 2007 - 2013 ha evidenziato il Progetto come buona prassi del Piano Operativo 2007-2008.

Responsabilità sociale dei LNGS verso il territorio: un Ente pubblico di Ricerca, responsabile per definizione verso la società, offrendo il proprio doveroso contributo allo sviluppo ed al miglioramento della qualità della vita favorisce un'interazione virtuosa tra ricerca, impresa e territorio. Di seguito alcuni indicatori chiariscono l'impatto del Progetto e dell'azione INFN sul territorio abruzzese.

- La formazione dei giovani abruzzesi
 - n. 20 interventi formativi a giovani abruzzesi diplomati e laureati
 - n. 9 Assegni di ricerca a giovani abruzzesi
- La formazione degli adulti su argomenti tecnologici attraverso l'e-learning
 - n. 256 allievi
 - n. 169 aziende abruzzesi
 - n. 87 studenti università abruzzesi
- L'orientamento alle discipline scientifiche (in collaborazione con l'Associazione Insegnamento per la Fisica, sezione di L'Aquila)
 - n. 3000 studenti di Scuole abruzzesi, primarie e secondarie inferiori e superiori coinvolti in Laboratori scientifici
 - n. 53 Scuole abruzzesi
 - n. 50 studenti partecipanti alle 2 edizioni della Scuola Estiva di Fisica
 - n. 45 insegnanti di materie scientifiche "in aggiornamento"

- Il Centro di Fisica Astroparticellare

Il Centro di Fisica Astroparticellare (CFA) riserva grandi possibilità di sviluppo in un settore di ricerca di grande interesse sia dal punto di vista della ricerca pura sia per le sue ricadute formative e tecnologiche. La pratica quotidiana di collaborazione su specifici progetti di ricerca tra docenti e giovani ricercatori è lo strumento migliore per trasferire conoscenze e competenze nel campo della ricerca scientifica e tecnologica. Il modello organizzativo adottato, basato sulla stretta interconnessione tra ricerca e formazione, fa del CFA un esperimento pilota (unico in Italia nel settore) sul modello dei migliori centri di ricerca e formazione italiani e stranieri. L'attività, articolata su 4 macro-aree di interesse per la Fisica Astroparticellare: Fisica del Neutrino, Materia Oscura, Onde Gravitazionali e Fisica della Radiazione Cosmica, accoglie l'organizzazione di lezioni e seminari "Academic Training" tenuti da eminenti personalità internazionali e l'erogazione di assegni di ricerca annuali su tematiche inerenti le 4 macro-aree di attività del Centro.

- Azioni di Comunicazione: newsletter quindicinale inviata a circa 1600 iscritti, comunicati stampa, video delle attività del Progetto, interviste a testimonial e stakeholders del Progetto, ecc.

- Portale del Progetto: <http://gransassoinrete.lngs.infn.it>

struttura: LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

titolo del progetto: APPLICAZIONI BIOMEDICHE DI FASCI DI PROTONI

- durata: triennio 2005 - 2008, prorogata per il triennio 2008-2011
- finanziamento alla struttura/finanziamento complessivo del progetto: circa 50.000 Euro/anno in media per l'INFN
- ente/i finanziatore/i: AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA POLICLINICO "GASPARE RODOLICO" DI CATANIA
- partners: INFN, Azienda Policlinico Gaspare Rodolico, UNICT, Centro Siciliano di Fisica Nucleare e Struttura della Materia
- ente resp. del progetto: LNS + Azienda Ospedaliera Gaspare Rodolico
- risorse della struttura impegnate nel progetto : circa 25 BTU/anno di fascio di protoni del CS (1 BTU = 8 ore)
- ogni altra informazione significativa (ricadute sulla società, rapporti con l'Industria, trasferimento tecnologico, ecc.): oltre 200 pazienti trattati finora con un follow up positivo intorno al 90%. In assenza di questa convenzione sarebbero andati all'estero, in altri centri di trattamento, con ovvio, pesante aggravio della spesa da parte del sistema sanitario.

I Laboratori Nazionali, il CNAF e le infrastrutture di ricerca

IV CAPITOLO

4.1 I LABORATORI NAZIONALI: LNF, LNGS, LNL, LNS

In questo paragrafo saranno descritte le attività e le prospettive dei quattro Laboratori Nazionali:

LNF: Laboratori Nazionali di Frascati

LNGS: Laboratori Nazionali del Gran Sasso

LNL: Laboratori Nazionali di Legnaro

LNS: Laboratori Nazionali del Sud

I LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI (LNF)

Il Laboratorio (sito web: <http://www.lnf.infn.it/>)

Nei Laboratori Nazionali di Frascati lavorano circa 400 persone, divise nella Divisione Ricerca, la Divisione Acceleratori, la Divisione Tecnica e l'Amministrazione.

La caratteristica principale dei Laboratori Nazionali di Frascati è quella di saper costruire acceleratori di particelle. Attualmente sono in funzione a Frascati due acceleratori, DAFNE (figura 4.1), un acceleratore materia-antimateria con elettroni e positroni, che detiene il record mondiale di Luminosità a bassa energia e l'acceleratore lineare SPARC (figura 4.2), usato per produrre luce LASER con elettroni oscillanti in campo magnetico, detto FEL (Free Electron LASER). I LNF sono tra i quattro laboratori nel mondo che hanno realizzato la luce LASER con questa tecnica e gli unici nel mondo ad avere un anello di accumulazione elettroni-positroni con alta luminosità. Le competenze tecniche e scientifiche della Divisione Acceleratori e della Divisione Tecnica, che contano oggi circa centoventi dipendenti, sono uniche in Italia, e rare in Europa: una vera e propria ricchezza dell'INFN messa al servizio della società. In questo momento, infatti, la Divisione Acceleratori e la Divisione Tecnica, oltre a fare ricerca scientifica di base, sono impegnate nella costruzione e nella messa in opera di un acceleratore di protoni e ioni carbonio per la terapia medica al Centro Nazionale per la Adroterapia Oncologica (CNAO) in un nuovo ospedale a Pavia e hanno da poco terminato il disegno costruttivo di un LASER ad elettroni liberi per raggi X (SPARX), utilizzabile per studi di struttura della materia, biologia, scienze dei materiali ecc, nell'area di ricerca romana e nel campus dell'Università di Tor Vergata.

La Divisione Ricerca, con i suoi 200 ricercatori, ingegneri e tecnici, è impegnata in attività di ricerca a Frascati e in collaborazioni internazionali, con programmi sperimentali in corso al CERN di Ginevra, nel Laboratorio Nazionale Americano "FERMI" (FNAL) a Chicago, nei Laboratori di SLAC a Stanford, in California, al Jefferson National Laboratory (JLAB) in Florida, oltre che nei laboratori italiani di Legnaro, del Gran Sasso e del Sud, a Catania. La stretta collaborazione con gli altri centri di ricerca porta ad un confronto continuo dei ricercatori e dei tecnici con i loro colleghi, confronto che è necessario ed è alla base del mantenimento dell'elevata qualità della ricerca in Italia. La ricchezza culturale che ne deriva ha permesso di far crescere attività complementari alla ricerca in fisica delle particelle: tra queste, l'uso della luce di sincrotrone emessa dagli elettroni di DAFNE, l'uso dei fasci di elettroni, di positroni e di fotoni, estratti dall'iniettore di DAFNE, la ricerca in scienza dei materiali, le applicazioni mediche e spaziali, lo sviluppo di nuovi rivelatori, le tecniche di elaborazione dell'immagine, lo sviluppo di ottiche di raggi X, la dosimetria delle radiazioni ed il controllo ambientale, la gestione di reti informatiche, la costruzione di centri di calcolo avanzato, la fisica teorica.

Una nuova sala sperimentale, dedicata allo studio dell'accelerazione di particelle cariche con onde di plasma generate in un gas rarefatto da un impulso di luce LASER infrarosso molto intenso, è entrata recentemente in funzione nei LNF. Si tratta di una nuova

Laboratorio DAFNE-LIGHT



tecnica che ha anche interessanti applicazioni come la generazione di impulsi di raggi X molto intensi e, quindi, potenziali applicazioni mediche.

La presenza di una grande officina meccanica, di un Servizio di Elettronica, di un potente e moderno Centro di Calcolo, di un Servizio di Fisica Sanitaria, anch'esso unico nell'INFN, grandi aree sperimentali con annessi laboratori in ambiente di pulizia controllata, ma soprattutto il suo personale, abituato alla realizzazione di grandi progetti, fanno dei Laboratori Nazionali di Frascati una risorsa disponibile per altri laboratori, nazionali ed esteri, e dalle Università.

La presenza di un programma di ricerca scientifica e tecnologica di alta qualità tiene questi scienziati e tecnici insieme, permettendo al laboratorio di crescere culturalmente, di attirare e addestrare le nuove generazioni alla ricerca.

Principali risultati scientifici ottenuti nel 2010

Segue un elenco di risultati di grande interesse scientifico, alcuni ottenuti per la prima volta nel mondo.

1) L'acceleratore DAFNE, che ha raggiunto nel 2009 la luminosità record di $4.5 \cdot 10^{32}$, tre volte più elevata della luminosità istantanea ottenuta precedentemente è stato modificato per permettere all'esperimento KLOE di essere installato in sala sperimentale. DAFNE è un acceleratore dedicato alla produzione di mesoni K, particelle che vengono studiate per osservare differenze di comportamento tra la materia e l'antimateria. Il nuovo esperimento, con il rivelatore KLOE2 prenderà dati per due anni in modo da raccogliere una luminosità integrata di $3-4 \text{ fb}^{-1}$.

2) L'esperimento SIDDHARTA (figura 4.4), che nel 2009 ha preso dati in condizioni stabili raccogliendo una luminosità integrata di 600 pb^{-1} , ha iniziato l'analisi dei dati ed ha pubblicato i risultati per l'idrogeno e l'Elio 4 Kaonico. Sono state fatte anche delle misure esplorative per lo studio dello spettro di raggi X del Deuterio Kaonico, per il quale non sono state osservate le linee di emissione, come aspettato teoricamente data la quantità di dati raccolta. Questo

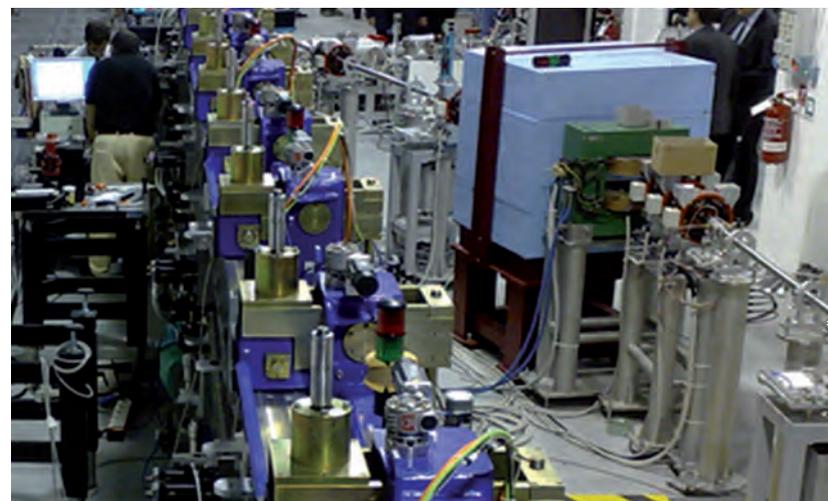


Fig. 4.1: Complesso degli acceleratori DAFNE e dei laboratori di luce di sincrotrone.

Fig. 4.2: Sala sperimentale dell'acceleratore SPARC. Sono visibili, in primo piano, gli ondulatori.

esperimento si potrà fare in un prossimo periodo di presa dati, probabilmente nel 2012. La misura con l'Elio Kaonico è una prima mondiale.

3) Gli esperimenti di produzione di luce LASER con elettroni liberi e sulla dinamica dei fasci, sono proseguiti.

Dopo aver messo a punto una tecnica speciale conosciuta col nome di "velocity bunching", uno dei maggiori risultati ottenuti nei LNF nel corso del 2009, la collaborazione SPARC ha finito la costruzione e la messa in funzione della strumentazione per la produzione di luce LASER forzata (seeding).

La tecnica consiste nell'illuminare i pacchetti di elettroni in modo risonante al fine di rendere più rapida l'emissione della luce laser. Questi esperimenti hanno avuto successo, la possibilità di indurre l'emissione forzata di luce laser è stata dimostrata e, usando questo metodo, sono state prodotte

anche emissioni risonanti alle armoniche superiori.

Si sono poi sviluppate tecniche adatte alla costruzione di serie di pacchetti di elettroni che, opportunamente manovrati nel sistema di accelerazione, possono poi essere inviati su un bersaglio per la produzione di radiazione elettromagnetica con frequenza del THz, di interesse per vari campi di ricerca.

4) Completamento del Laboratorio LIFE (Laboratorio Interdisciplinare Fotoni Elettroni) e montaggio del LASER di potenza "FLAME" (Frascati Laser for Acceleration and Multidisciplinary Experiment). Nel corso del 2010 è stato completato il laboratorio. Sono state completate le linee di trasmissione della luce dal LASER alla camera d'interazione ed è stato messo in funzione il LASER limitandosi però, per il momento, a bassa potenza, un decimo di quella nominale. La sperimentazione è cominciata nel 2010 limitandosi ad esperimenti con la luce laser in gas rarefatti. Si sono fatte le prime accelerazioni di elettroni con la tecnica dell'auto iniezione delle onde di plasma (figura 4.3). Successivamente la luce di FLAME potrà essere portata nella sala sperimentale di SPARC e messa in collisione con gli elettroni del suo LINAC per fare esperimenti di accelerazione e di produzione di raggi X. La vicinanza di un laser di potenza come FLAME, 300 TWatt per 25 milionesimi di miliardesimo di secondo, con i fasci prodotti dal LINAC di SPARC, e quindi la possibilità di farli interagire, rendono il laboratorio LIFE unico al mondo.

5) L'antenna gravitazionale "NAUTILUS" ha continuato l'osservazione del cosmo misurando il fondo di onde gravitazionali in collaborazione con le antenne gravitazionali negli altri laboratori nel mondo. L'antenna ha funzionato correttamente per 12 mesi.

6) La Divisione Acceleratori e la Divisione Tecnica

Fig. 4.3: Immagine dei primi elettroni accelerati con la tecnica dell'auto iniezione in onde di plasma generate con la luce laser di FLAME.

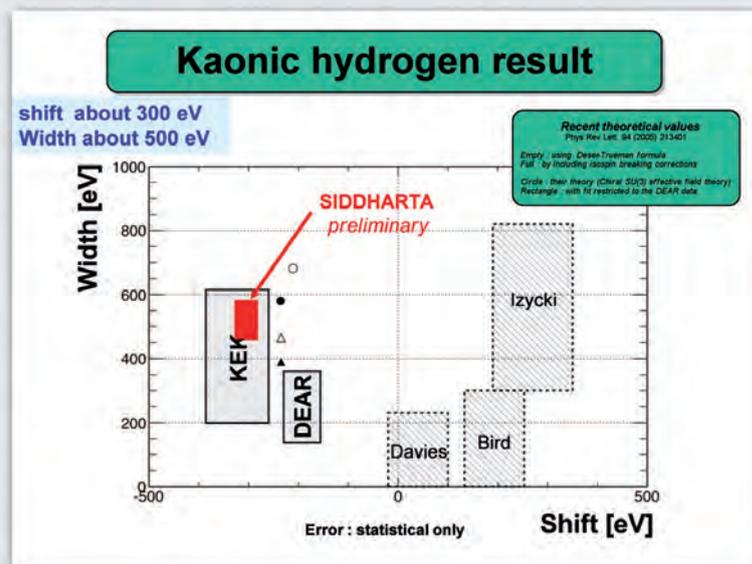
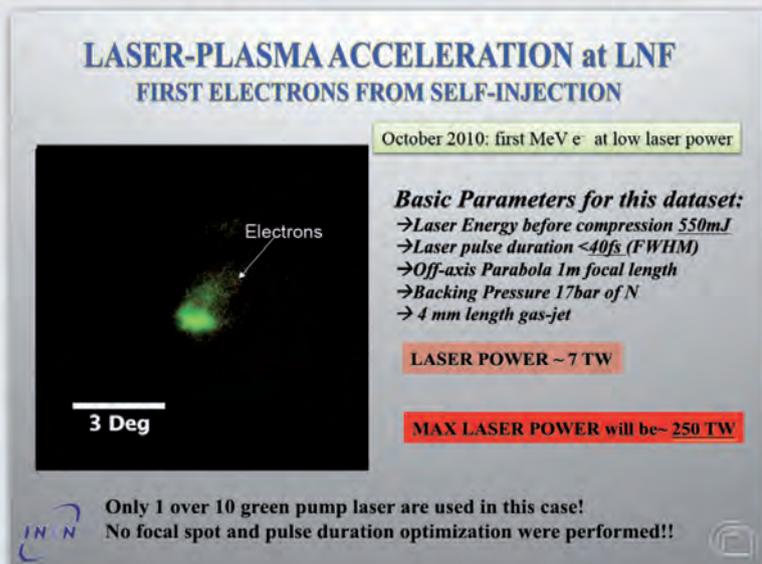
hanno attivamente partecipato al completamento del protosincrotrone del CNAO a Pavia e sono coinvolti nella fase di messa a punto e funzionamento dell'acceleratore.

Attività nei prossimi tre anni

Nei prossimi tre anni continuerà la sperimentazione a DAFNE con l'esperimento KLOE2 migliorato. L'acceleratore sarà modificato per permettere l'installazione del rivelatore attorno alla nuova zona di interazione. Si prevede di ricominciare il funzionamento di DAFNE nel gennaio 2011. Si sono avuti dei ritardi sulla ripartenza della macchina a causa della complessità delle modifiche apportate all'acceleratore. La collaborazione KLOE2 prenderà dati per uno o due anni nell'attuale configurazione mentre a fine 2012 saranno installati i nuovi rivelatori di vertice e la nuova calorimetria in avanti. Si spera di raccogliere 3 fb⁻¹ /anno, grazie al nuovo metodo di incrocio tra i fasci (crab-waist). Con la maggiore luminosità raccolta, tre volte maggiore, potranno essere ripetute con migliore precisione le misure fatte finora e, forse, provare a misurare effetti di violazione diretta di CP.

Continua la sperimentazione con SPARC. Saranno riprovati i metodi di stimolazione esterna per l'emissione della luce laser, conosciuti col nome di "seeding" ed i metodi di produzione di radiazione al THz. Saranno inoltre installate le nuove linee di fascio per il trasporto degli elettroni di SPARC nella camera sperimentale, dove saranno fatti interagire con la luce del laser FLAME per lo studio dello "scattering Thomson" inverso. I fotoni infrarossi di FLAME, urtando contro gli elettroni di SPARC, aumentano la loro energia rimbalzando all'indietro e producendo in questo modo impulsi intensi di raggi X. Questa sorgente di raggi X, molto intensa, si vedrà quanto, e durata temporale molto corta, ha interessanti applicazioni mediche, industriali e di ricerca

Fig. 4.4: Risultati ottenuti dallo spettro di energia dei raggi X emessi nella formazione di atomi kaonici di Idrogeno ottenuto dall'esperimento SIDDHARTA.



di base per la fisica dei materiali. Si prevede di completare questo tipo di misure nel corso del 2012-13.

La luce di FLAME nella camera sperimentale usata per lo studio dell'effetto Thomson inverso, sarà usata anche per generare onde di plasma in gas rarefatti ed accelerare, con i forti campi elettrici prodotti, gli elettroni di SPARC. Questo tipo di sperimentazione costituisce una "prima" in Italia, e porta nei nostri laboratori una tecnologia che attualmente esiste solo in alcuni laboratori nel mondo. Si prevede di iniziare questo tipo di esperimenti nel corso del 2012.

Continueranno le attività di "luce di sincrotrone" e l'uso dei fasci estratti dall'iniettore di DAFNE, elettroni, positroni e fotoni, secondo le richieste degli utenti esterni. Queste attività "di servizio" sono importanti perché mettono a disposizione, dei ricercatori italiani e stranieri, sorgenti di particelle che esistono solo in pochissimi laboratori nel mondo e, per alcuni aspetti, solo a Frascati.

L'antenna gravitazionale "NAUTILUS" continuerà il suo funzionamento per almeno tre anni.

L'approvazione avvenuta a fine 2010 da parte del MIUR del grande progetto internazionale SuperB, descritto in dettaglio in altre parti di questo Piano Triennale (vedi paragrafi 3.8 e 4.3), segna una tappa storica per l'INFN e per i LNF che giocheranno una parte centrale nella definizione operativa di SuperB. Le varie Divisioni opereranno in sinergia tra di loro e coordineranno lo sforzo dell'INFN affinché questo acceleratore, dalle straordinarie caratteristiche, sia realizzato nella tempistica prevista dal programma e che permetterà una campagna di presa dati di straordinario interesse.

Conclusioni e prospettive

Il futuro dei LNF è pieno di iniziative. C'è molto interesse per il potenziamento dell'acceleratore SPARC e del LASER FLAME. Si propone la costruzione di un FEL con energia di 700 MeV capace di produrre luce laser di interesse per la comunità.

Si studia la possibilità di modificare l'acceleratore DAFNE per aumentarne la luminosità e l'energia. Numerosi ricercatori italiani e stranieri sono, infatti, interessati ad usare l'esperimento KLOE nell'intervallo di energia compreso tra 1 GeV e 2,4 GeV. L'interesse di questa sperimentazione, per la quale sono state scritte tre "Lettere d'Intenti", si basa sul fatto che la luminosità dell'acceleratore DAFNE modificato potrebbe essere mille volte più grande di quella usata finora a bassa energia. In questo modo si potrebbero fare

misure fondamentali, con precisioni non ancora raggiunte e di estrema importanza, sia per la verifica del "Modello Standard" che per lo studio della nuova fisica, nel caso venisse scoperta ad LHC.

Infine l'attività legata al progetto SuperB di recente approvazione permetterà ai LNF di mantenere una leadership mondiale nel campo degli acceleratori di particelle di alta energia e di alta intensità.

MILESTONE DEL PERIODO 2011-2013

- **Completamento delle modifiche di DAFNE per l'aumento di luminosità richiesta per l'esperimento KLOE.**
- **Installazione calorimetri e tracciatori per upgrade esperimento KLOE (fine 2012)**
- **Completamento presa dati dell'esperimento KLOE per raggiungere la luminosità di progetto (entro il 2013).**
- **Analisi finale dei dati relativi alle misure sugli atomi kaonici (He3, He4, H, D) per verificare i limiti a bassa energia del modello di quantum cromodynamics nel settore con stranezza (entro 2011).**
- **Studio di fattibilità per ulteriori misure di precisione di atomi kaonici e della fisica di bassa energia kaone-nucleo (entro 2013).**
- **Completamento realizzazione parti esperimento NA62 (entro 2012)**
- **Generazione di treni di impulsi con la tecnica Laser Comb per SPARC (entro 2011).**
- **Caratterizzazione della sorgente al THz, generazione di armoniche nella configurazione FEL Seeded per SPARC (entro 2011).**
- **Aumento dell'energia di SPARC con la nuova struttura in banda C, sperimentazione con SASE e Seeded FEL a piccole lunghezza d'onda, sperimentazione con la sorgente al THz (entro 2012).**
- **Eccitazione di onde di plasma con la tecnica laser COMB (entro il 2013)**
- **Realizzazione della Sorgente Thomson dalla collisione del laser FLAME con il fascio di elettroni di SPARC (dicembre 2011).**
- **Prime immagini con sorgente Thomson (giugno 2012).**
- **Accelerazione di fasci di protoni in plasmi generati da impulsi laser ad alta potenza di FLAME (dicembre 2012).**
- **Definizione operativa Progetto SparX (dicembre 2011)**
- **Avvio della fase preparatoria per la realizzazione del progetto SuperB.**

LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO (LNGS)

Il Laboratorio (sito web: <http://www.lngs.infn.it/>)

I Laboratori (figura 4.5) del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN



Fig.4.5: Gallerie sotterranee dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso

sono un'infrastruttura di ricerca per la fisica astro-particellare unica al mondo in quanto a estensione, complessità e completezza di impianti, come si evince dalla figura 4.6 in cui LNGS vengono confrontati con gli altri laboratori sotterranei nel mondo. La fisica astro-particellare, parola coniata per descrivere un campo di ricerca alla congiunzione tra la fisica delle particelle elementari, l'astrofisica e la cosmologia, ha avuto un enorme sviluppo negli ultimi due decenni: l'INFN con i Laboratori del Gran Sasso non solo ha anticipato questo sviluppo, ma continua ad avere un posto di primo piano nel panorama mondiale.

Situate tra le città dell'Aquila e Teramo, a circa 120 km da Roma, le strutture sotterranee del Laboratorio sono collocate su un lato del tunnel autostradale, lungo circa dieci chilometri, che attraversa il Gran Sasso, direzione Roma, e consistono di tre grandi sale sperimentali, (ognuna delle quali misura circa 100 m di lunghezza, 20 m di larghezza e 18 m di altezza) e tunnel di servizio, per un volume totale di circa 180.000 m³ e una superficie di 18.000 m². Le sale sono servite dagli impianti tecnici e di sicurezza necessari alle complesse attività sperimentali che vi si svolgono e garantiscono adeguate condizioni di lavoro al personale che vi opera.

La facilità di accesso al Laboratorio dall'autostrada consente il trasporto all'interno delle sale di parti di apparati pesanti e di grandi dimensioni, il continuo approvvigionamento di quanto necessario al funzionamento sia del Laboratorio sia degli esperimenti e un facile ricambio del personale operante al suo interno.

I 1400 m di roccia che sovrastano i Laboratori costituiscono una copertura tale da ridurre il flusso dei raggi cosmici di un fattore un milione; inoltre, il flusso di neutroni in galleria è un migliaio di volte inferiore rispetto alla superficie grazie alla minima percentuale di uranio e torio presente nella roccia di



Fig.4.6: Diagramma di confronto tra i laboratori sotterranei con volumi e profondità.

tipo calcareo che costituisce la montagna.

L'assorbimento della radiazione cosmica dovuto alla copertura di roccia, le grandi dimensioni e le notevoli infrastrutture di base ne fanno un luogo unico al mondo per la rivelazione di segnali deboli o rari, d'interesse per la fisica astro-particellare, subnucleare e nucleare.

All'esterno, in prossimità dell'uscita di Assergi dell'autostrada A24, su un'area di 9,5 ettari all'interno di un Parco Nazionale di eccezionale valore ambientale e naturalistico alle pendici del Gran Sasso, sono situati i laboratori di chimica, elettronica, progettazione meccanica e officine, il Centro di Calcolo, la Direzione del Laboratorio e gli uffici.

Il successo internazionale dei LNGS e l'indiscusso primato, nel panorama mondiale dei Laboratori sotterranei destinati alla fisica astroparticellare, sono testimoniati oltre che dalle numerose pubblicazioni, dalla vasta comunità scientifica internazionale costituita da circa 950 scienziati che partecipa alle attività di ricerca che si svolgono nel laboratorio. Circa il 60% di loro sono stranieri provenienti da ventinove paesi diversi in Europa, Stati Uniti e Asia, il rimanente 40% sono italiani appartenenti alle varie sedi dell'INFN e alle principali Università. Al momento gli esperimenti dei Laboratori sono 21 in diverse fasi di realizzazione, gestiti in stragrande maggioranza da Collaborazioni internazionali mediante organi di autogoverno scientifico e di gestione delle risorse, regolati nell'ambito di Memorandum of Understanding sottoscritti da tutti gli Istituti finanziatori. Gli esperimenti dedicati alla fisica della terra o alle scienze ambientali o alla biologia vengono svolti in collaborazione con altri Istituti di ricerca quali l'INGV o l'Istituto Superiore di Sanità attraverso la stipula di specifiche convenzioni.

Principali risultati scientifici ottenuti nel 2010

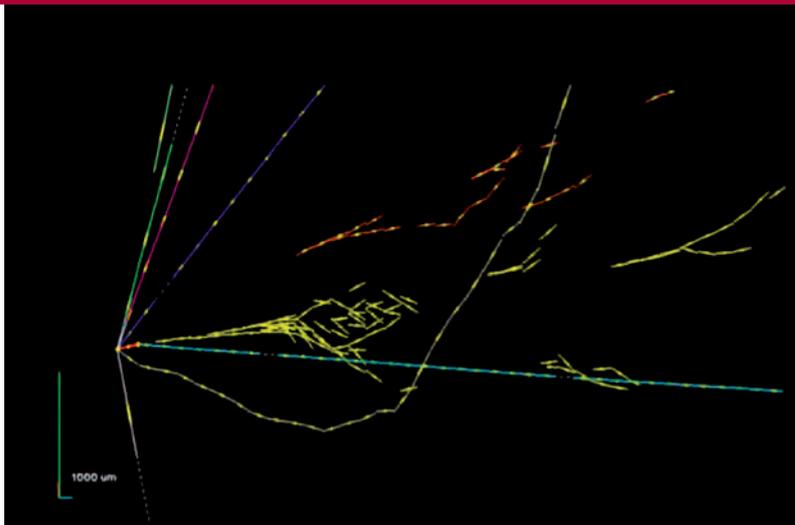


Fig.4.7: Il primo evento di neutrino tau rivelato dall'esperimento Opera

Le linee di attività principali dei LNGS coprono la fisica del neutrino, la ricerca di materia oscura e la fisica nucleare di interesse astro-particellare.

Il progetto CNGS, iniziato nel 2006 e operativo con regolarità dal 2008, consiste di un fascio artificiale di neutrini, tutti di tipo muonico, prodotto dall'acceleratore di protoni SPS del CERN e indirizzato verso i LNGS attraverso la crosta terrestre per una distanza di 732 km. Dentro i Laboratori del Gran Sasso, l'esperimento OPERA è specificatamente dedicato alla rivelazione dei neutrini del CNGS. L'apparato con i suoi centocinquantamila "mattoni" costituiti da strati di piombo e speciali emulsioni nucleari, può essere definito un'enorme macchina fotografica in grado di registrare con straordinaria precisione spaziale l'avvenuta trasformazione di alcuni neutrini dal tipo muonico al tipo tau (ν_τ) durante il percorso dal CERN al Gran Sasso.

La costruzione e la gestione di questo complesso apparato hanno richiesto l'uso di avanzate tecnologie sviluppate anche in collaborazione con le imprese italiane operanti nel campo della robotica, della meccanica di precisione, ottica ed elettronica.

Nel corso del 2010 OPERA ha continuato a raccogliere dati e ha registrato 4246 eventi da interazioni di neutrino che si aggiungono ai circa 3700 del 2009 e ai 1700 del 2008. Nel maggio del 2010 OPERA ha pubblicato la prima evidenza al mondo di rivelazione diretta dell'oscillazione $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ mostrando un evento in cui la particella τ prodotta nella interazione di corrente carica del ν_τ decade in un adrone carico e la cinematica dell'evento è compatibile con il decadimento $\tau \rightarrow \rho (\pi^- \pi^0) \nu_\tau$ (figura 4.7).

L'evento scoperto è statisticamente in accordo con quanto era atteso nel campione di eventi finora analizzato, così come lo sono i 36 eventi *charm* finora identificati, che evidenziano l'alta efficienza dell'esperimento nella rivelazione di tracce a



Fig.4.8: Il sistema di criogenia dell'esperimento ICARUS per la rivelazione dei neutrini, ai Laboratori del Gran Sasso.

vita media corta e quindi la sua abilità nel centrare l'obiettivo di fornire l'evidenza sperimentale diretta dell'oscillazione di neutrini.

L'altro esperimento dedicato al CNGS è ICARUS (figura 4.8), un innovativo apparato che consiste di circa 600 tonnellate di Argon liquefatto, alla temperatura di -186°C . in grado di funzionare come uno straordinario rivelatore di particelle, permettendo una ricostruzione in 3D di qualunque interazione o spostamento di particelle cariche all'interno del suo volume. ICARUS, è entrato in funzione in maggio 2010 registrando spettacolari eventi di interazione di neutrini del fascio CNGS. La capacità di operare in sotterranea un apparato così complesso costituisce inoltre un decisivo passo avanti verso la costruzione di futuri esperimenti di migliaia di tonnellate di Argon liquido.

L'esperienza e il *Know-how* acquisiti dai LNGS nella gestione degli apparati criogenici a servizio del rivelatore ICARUS sono diventati materia di insegnamento in uno dei corsi di e-learning erogati in modalità web 2.0, organizzati dai LNGS nell'ambito del POR Abruzzo, che ha visto una grande partecipazione di imprenditori locali interessati all'utilizzazione di tali tecnologie anche in processi con fonti rinnovabili.

La rivelazione dei neutrini provenienti dal Sole nell'esperimento BOREXINO (figura 4.9) permette di studiare in tempo reale le reazioni di fusione nucleare all'interno della stella a noi più vicina e al contempo lo studio delle proprietà dei neutrini.

L'estrema radiopurezza del rivelatore (un vero record mondiale) ha consentito nel corso del 2010 di pubblicare l'importante risultato della prima misura di neutrini provenienti dall'interno della Terra (geoneutrini) con un'alta significanza statistica. I geoneutrini sono gli antineutrini prodotti nel decadimento di Uranio, Torio e Potassio presenti all'interno della terra e il loro studio ci consentirà di capire l'origine del

calore prodotto dal nostro pianeta, la sua composizione e la sua origine. Osservatori di geoneutrini in diversi parti del globo consentiranno di rivelare i meccanismi che governano l'interno della terra e di avere informazioni sui moti convettivi di trasporto del calore alla base dei fenomeni vulcanici e dei movimenti tettonici. La misura ha suscitato anche l'interesse di una vasta comunità di geofisici.

È stata inoltre pubblicata una misura dei neutrini solari del 8B con una soglia di 3 MeV che si aggiunge alle precedenti misure del flusso di neutrino dal 7Be. È quindi la prima volta che nello stesso esperimento si misura la probabilità di oscillazione dei neutrini sia nella regione dominata dall'effetto materia che nella zona di transizione verso le oscillazioni nel vuoto. Nel corso del 2010 è inoltre iniziata una campagna di purificazione dello scintillatore che consentirà di diminuire ulteriormente gli eventi di fondo.

L'esperimento LVD ha continuato la sua attività di osservatorio per eventi di supernova, facendo parte della rete mondiale SNEWS. L'apparato ha anche rivelato i neutrini del CNGS.

Ai LNGS infine lo studio delle proprietà del neutrino avviene in esperimenti che si prefiggono di rivelare un raro processo di decadimento di alcuni isotopi chiamato "doppio decadimento beta senza neutrini". Tale fenomeno nucleare è legato all'esistenza di una massa dei neutrini e alla loro natura di particelle di Majorana (ovvero con particella e antiparticella coincidenti). Ai LNGS sono dedicati a tale ricerca tre esperimenti.

L'esperimento GERDA nel corso del 2010 ha completato la costruzione del rivelatore con il riempimento dello schermo attivo dei muoni con acqua ultrapura. È quindi iniziato il run tecnico dell'apparato in 'fase I' e si stanno conducendo le prime misure con tre cristalli di germanio non arricchito immersi nell'Argon liquido. Questo run tecnico consente di valutare a pieno il fondo misurato dall'esperimento. Il 9 novembre 2010 è stata festeggiata l'inaugurazione ufficiale dell'esperimento che sancisce l'inizio dell'attività di ricerca.

L'esperimento CUORE rappresenta il più recente e ambizioso sviluppo della tecnica dei "bolometri" di biossido di tellurio, sulla quale l'INFN detiene un'esperienza più che ventennale. Sono stati fatti importanti progressi nella preparazione di CUORE-0, la prima delle 19 torri di cui si comporrà l'esperimento e in generale dell'intero apparato. La collaborazione americana ha ricevuto i finanziamenti per completare in Cina la produzione dei rimanenti 500 cristalli di TeO₂. Nel corso del 2010 sono stati consegnati nel laboratorio ulteriori 4 tonnellate di piombo antico romano a bassa radioattività, proveniente da una nave affondata al largo della Sardegna, che sarà utilizzato per la

schermatura dell'apparato.

La collaborazione COBRA continua nella sua attività di Ricerca e sviluppo in vista di una proposta definitiva di esperimento che dovrebbe quindi essere pronta nei prossimi anni.

Lo studio della composizione dell'Universo è uno dei temi più affascinanti della ricerca attuale. Ai LNGS sono attualmente presenti quattro esperimenti dedicati alla rivelazione diretta di candidati di materia oscura, ciascuno dei quali usa tecnologie diverse. La ricchezza di esperimenti competitivi consente al Gran Sasso di essere un laboratorio assolutamente all'avanguardia in tale classe di studi.

Sono proseguite le prese dati in tutti gli apparati DAMA e si sono pubblicati vari lavori. In particolare nel 2010 sono stati pubblicati i risultati, indipendenti da modelli, ottenuti in due ulteriori cicli annuali da DAMA/LIBRA circa la presenza di particelle di Materia Oscura nell'alone galattico. Un nuovo miglioramento di tale apparato è in completamento al fine di abbassare ulteriormente la soglia energetica software dell'esperimento.

Il rivelatore WARP da 100 litri di argon liquido è in fase di collaudo dovendo superare una fase di difficoltà tecniche riscontrate nel corso del 2010.

Il rivelatore di XENON 100 litri è entrato in funzione ed ha preso dati per vari mesi, durante l'estate si è quindi fermato per manutenzione. Undici giorni di dati presi a fine 2009 sono stati analizzati e pubblicati dimostrando le straordinarie prestazioni del rivelatore dal punto di vista del fondo radioattivo. L'analisi degli altri dati è in corso. La collaborazione ha presentato ai Laboratori e al Comitato Scientifico la proposta di costruire un apparato di una tonnellata di volume fiduciale di XENON (XENON 1t) che si prefigge di guadagnare due ulteriori ordini di grandezza in sensibilità.

Il rivelatore di CRESST, basato sulla tecnica bolometrica con cristalli a temperatura di 10 mK, continua la presa dati con 10 cristalli di CaWO₄, la cui analisi consentirà un accurato studio dei segnali di fondo, che presentano ancora aspetti da investigare. Prosegue inoltre in un criostato ad hoc l'attività di ricerca e sviluppo volta al miglioramento delle prestazioni dei rivelatori da utilizzare.

Le misure di sezioni d'urto di interazioni nucleari di interesse astrofisico ottenute dall'esperimento LUNA nel laboratorio sotterraneo del Gran Sasso sono di grande interesse per capire i meccanismi che generano l'energia e producono gli

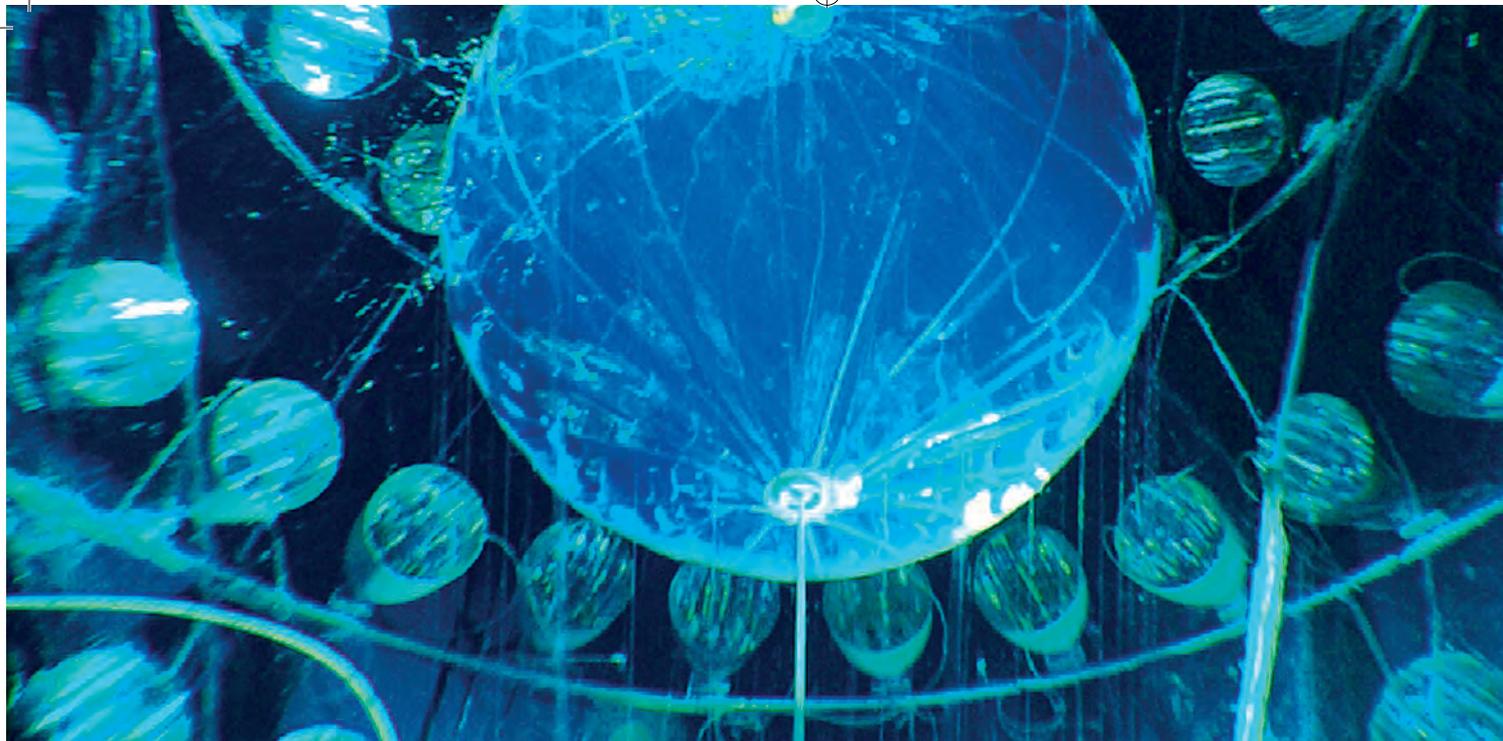


Fig. 4.9: L'esperimento Borexino per la rivelazione dei neutrini, ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

elementi all'interno delle stelle. Nel corso del 2010 le attività hanno riguardato la misura della reazione $D(\alpha, \gamma)^6\text{Li}$, fondamentale per la produzione di ^7Li nella nucleosintesi primordiale e la reazione $p(^{17}\text{O}, \gamma)^{18}\text{F}$, fondamentale nel ciclo CNO per la produzione di ossigeno e fluoro. In particolare, per la prima reazione sono stati stimati i fondi indotti dal fascio ed è stata effettuata una presa dati di circa un mese la cui analisi è in corso. Per la seconda reazione invece è stata messa a punto la tecnica di produzione dei bersagli di ossigeno che sono stati anche irraggiati con fascio di protoni studiandone la stabilità e le impurezze.

Nel peculiare contesto sperimentale dei Laboratori del Gran Sasso dedicati alla fisica astro-particellare e alla ricerca di eventi rari, è di fondamentale importanza per molti esperimenti selezionare e utilizzare i materiali a bassissimo contenuto di radioattività naturale e realizzare condizioni di contaminazione estremamente bassa da parte di elementi più o meno comuni nell'ambiente (ad es. potassio, piombo, torio, uranio, le terre rare, etc...).

È quindi per questo che i LNGS si sono dotati di un Laboratorio specializzato in spettrometria gamma tra i più grandi e con le migliori prestazioni al mondo. I rivelatori al germanio iperpuro operanti nel laboratorio sotterraneo consentono misure di valori di radioattività naturale estremamente basse, non possibili in superficie. Parimente importante è il Servizio di Chimica e Impianti chimici che gestisce due spettrometri di massa con analizzatore di massa quadrupolare, di cui l'ultimo acquisito, il Finnigan ELEMENT 2 commercializzato dall'azienda Thermo Electron presenta specifiche tecniche e prestazioni uniche a livello mondiale.

L'analisi tramite spettrometria di massa è complementare alla tecnica che utilizza la spettrometria gamma, le potenzialità dell'una e dell'altra combinate insieme permettono di ampliare notevolmente il campo delle applicazioni e migliorare la

qualità delle misure.

Le due tecniche trovano numerose applicazioni, al di là delle specifiche necessità degli esperimenti operanti nei LNGS, in campo geologico e idrogeologico, nelle scienze ambientali tramite lo studio dell'atmosfera e degli oceani, nella scienza dello spazio (misure di meteoriti, campioni prelevati su Marte o da comete), produzione industriale (p.e. per la selezione dei materiali impiegati nella produzioni di circuiti integrati per computer ed elettronica per evitare malfunzionamenti a causa di contaminanti radioattivi), analisi e datazioni di campioni archeologici.

I LNGS hanno implementato, nell'ambito del POR Abruzzo, specifici programmi di formazione per l'utilizzazione di queste strumentazioni di alta tecnologia.

L'esperimento ERMES studia radionuclidi cosmogenici e primordiali in matrici solide e fluide all'interno dei LNGS mediante spettrometria gamma HPGe ed a scintillazione liquida per la caratterizzazione del fondo di neutroni. Nel corso del 2010 sono proseguiti le analisi e gli studi sui campioni di acqua prelevati nei vari siti del laboratorio sotterraneo allo scopo di indagare ulteriormente sulle variazioni anomale della concentrazione di attività di uranio in acqua, osservate nel corso del 2009 e associabili con i processi geodinamici dell'evento sismico aquilano. È la prima evidenza sperimentale al mondo di tale fenomenologia. In precedenza, ERMES aveva ottenuto il migliore risultato al mondo per la datazione da radiocarbonio (estensione del massimo limite di datazione a 62,000 BP), citato nell'*Handbook of Radioactivity Analysis* (Academic Press).

Il Laboratorio ospita inoltre esperimenti di interesse geofisico, quali UNDERSEIS che gestisce una rete di sismometri e GIGS costituito da un interferometro di tipo Michelson-

Morley, e l'esperimento PULEX2 di interesse biologico.

È infine da sottolineare che la peculiarità e complessità degli esperimenti operanti nei 180000 m³ del Laboratorio sotterraneo, in stretta interconnessione con il tunnel autostradale, la necessità di assicurare la massima sicurezza anche dal punto di vista ambientale, implicano l'installazione e l'utilizzazione di rilevanti impianti tecnologici, avanzati sistemi di gestione e controllo funzionale anche a distanza, uso di reti ultraveloci e affidabili di trasmissione di dati, robusti servizi di sicurezza e monitor ambientale. Le elevate competenze specialistiche acquisite in tali ambiti dal personale dei LNGS sono oggetto di programmi di formazione rivolti al territorio e alla sua realtà produttiva.

Attività nei prossimi tre anni

Le attività del Laboratorio sull'orizzonte del Piano Triennale 2011-2013 saranno governate da una parte dagli esperimenti già approvati e presenti nel Laboratorio, dall'altra dalla necessità di iniziare a costruire esperimenti di seconda generazione per la ricerca di materia oscura.

Gli esperimenti in questo momento in presa dati e che hanno già prodotto risultati di fisica continueranno nel prossimo triennio a essere operativi fino al pieno raggiungimento del loro obiettivo di ricerca:

BOREXINO continuerà nello studio dei neutrini solari avvalendosi di un'ulteriore diminuzione degli eventi di fondo e a seguito della campagna di purificazione dello scintillatore in corso. L'obiettivo è di misurare in tempo reale anche le componenti di energia più bassa dello spettro di neutrini emessi; l'esperimento inoltre contribuirà a fornire, attraverso la misura di geoneutrini, importanti informazioni sul nostro pianeta.

OPERA continuerà la presa dati accumulando eventi da neutrini del CNGS per confermare e aumentare la significanza statistica del risultato ottenuto nel corso del 2010 sulla prima evidenza diretta delle oscillazioni di neutrini.

ICARUS continuerà la presa dati sul fascio CNGS e continuerà nell'analisi e nella ricostruzione degli eventi raccolti e prodotti anche da interazioni di neutrini atmosferici, nell'intento di dimostrare sperimentalmente tutte le potenzialità dell'apparato.

Continueranno le prese dati e gli sviluppi con tutti gli apparati DAMA. In particolare, per DAMA/LIBRA si realizzeranno nuovi sviluppi di parti elettroniche che miglioreranno ulteriormente le prestazioni di tale apparato. Proseguirà inoltre l'attività di R&D verso un eventuale apparato da 1 tonnellata.

LVD continuerà a operare come osservatorio dei neutrini da collassi.

LUNA completerà nel prossimo triennio il programma di misure, di quelle sopra citate e di altre reazioni quali la $^{17}\text{O}(p,\alpha)^{14}\text{N}$,

e le catture protoniche con diseccitazione gamma su bersagli di ^{18}O , ^{22}Ne e ^{23}Na . Inoltre è allo studio il progetto di installare nei laboratori sotterranei del Gran Sasso un acceleratore con tensione di terminale 3.5 MV che consentirebbe di studiare reazioni chiave del ciclo di combustione dell'elio e reazioni che producono le sorgenti di neutroni per il processo s. In particolare sono in fase di realizzazione un progetto tecnico di bonifica del sito dell'interferometro (pavimentazione, impiantistica, sicurezze ed altro) ed uno di installazione di una macchina a stadio singolo e di apposita schermatura nel medesimo sito.

L'esperimento WARP-100 riprenderà la sua attività dopo aver risolto alcuni problemi tecnici riscontrati.

L'esperimento XENON-100 prosegue nell'analisi di tutti i dati raccolti nel 2010 che dovrebbero confermare l'ottimo funzionamento del rivelatore, già mostrato dal primo risultato basato solo su alcuni giorni di acquisizione. La presa dati continuerà per tutto il 2011. È in corso la procedura di esame della proposta di XENON 1t che, se approvata, impegnerà pesantemente la collaborazione nella realizzazione di questo apparato che si prefigge di aumentare di due ordini di grandezza la sensibilità nella rivelazione di candidati di materia oscura.

L'esperimento CRESST sarà in presa dati con 18 moduli e prosegue l'analisi volta alla piena comprensione dei segnali di fondo, contemporaneamente continuerà la fase di ricerca e sviluppo sui cristalli.

Per quello che attiene la ricerca di candidati di materia oscura, è da rilevare la posizione di assoluto favore dei LNGS per merito della presenza in contemporanea nel Laboratorio di esperimenti con tecniche diverse e che utilizzano nuclei diversi. Questo non solo aumenta le potenzialità di una scoperta nel Laboratorio o comunque consentirà di porre dei limiti sempre più stringenti, ma i risultati degli attuali esperimenti, in termini di sensibilità raggiunta e capacità di reiezione dal fondo, costituiranno la base indispensabile per la scelta della tecnica migliore da utilizzare per raggiungere una sensibilità di 10^{-10} pb di sezione d'urto negli esperimenti del prossimo decennio. In tale ambito i LNGS partecipano anche al programma di Ricerca e Sviluppo DARWIN finanziato dalla comunità europea sulla fattibilità di apparati con liquidi criogenici di grande massa e bassissimo fondo radioattivo.

Tra gli esperimenti che hanno come scopo la ricerca di eventi di decadimento doppio beta senza neutrini, GERDA, completato il run tecnico per la comprensione e misura dei fondi, nei prossimi mesi inizierà a inserire i rivelatori di germanio all'interno del criostato e a raccogliere dati. Il completamento di questa prima fase ha come obiettivo la verifica dei controversi risultati pubblicati da una parte della collaborazione HdMo. In una seconda fase nuovi

cristalli saranno prodotti e inseriti nel criostato allo scopo di raggiungere una sensibilità molto superiore. Il programma e l'orizzonte temporale dell'esperimento eccedono quindi il presente piano triennale.

L'esperimento CUORE, dopo il successo di CUORICINO, è già un esperimento di seconda generazione, con i suoi circa 1000 bolometri di TeO₂ e una massa di 740 kg. È ancora in fase di costruzione e ci si aspetta il completamento per il 2014. Il programma e l'orizzonte temporale di CUORE vanno ben al di là del presente piano triennale.

Per COBRA, ci si aspetta che nel prossimo triennio completi il suo programma di ricerca e sviluppo e arrivi a una proposta definitiva di esperimento.

Infine è da menzionare il programma LUCIFER approvato e finanziato dalla comunità europea attraverso un ERC Advanced Grant, che ha iniziato la sua attività. Il programma si propone di realizzare un rivelatore a cristalli di seleniuro di zinco (ZnSe) che accoppi la tecnica bolometrica usata nell'esperimento CUORE alla rivelazione della luce di scintillazione tipica dei rivelatori di materia oscura.

Conclusioni e prospettive

Il panorama a lungo termine che copre il prossimo decennio è chiaramente più difficile da tracciare, anche perché alcune scelte discenderanno inevitabilmente dai risultati scientifici ottenuti dalla comunità, sia al Gran Sasso sia in altri laboratori, e dai risultati di LHC.

È anche da considerare che i LNGS, data la loro posizione all'interno di un parco nazionale, difficilmente si potranno espandere nell'attuale sito e quindi il volume dei futuri esperimenti sarà necessariamente limitato dalla capacità delle sale esistenti. Questo aspetto è rilevante per alcuni programmi scientifici, quali lo studio delle violazioni di parità nel settore dei neutrini o la ricerca del decadimento del protone che potrebbero richiedere masse e volumi enormi, non realizzabili al Gran Sasso, a meno di realizzare nuovi scavi in zone non vincolate. La comunità scientifica internazionale sta delineando per i prossimi esperimenti sulla fisica delle oscillazioni dei neutrini vari scenari che dipendono in primo luogo dai risultati aspettati nei prossimi anni dagli esperimenti quali DOUBLECHOOZ, T2K, DAYA BAY ecc. sulla misura dell'angolo di mescolamento dei neutrini θ_{13} . Anche con le attuali dimensioni, tuttavia, i LNGS potrebbero ancora avere un ruolo in alcuni di questi scenari nel caso della realizzazione di *Neutrino Factory* a distanza di 1500 km (Rutherford lab) o di Beta Beams a base CERN con ioni ad alto Q.

In questo momento il Gran Sasso possiede una leadership negli esperimenti con altissime prestazioni dal punto di vista

del basso livello di radioattività. Si tratta di un vantaggio competitivo rispetto ad altri laboratori che andrà mantenuto e sfruttato, cercando di massimizzare il potenziale di scoperta nelle ricerche sul doppio decadimento beta e sulla materia oscura. Queste ricerche saranno quindi sicuramente le linee principali di sviluppo dell'attività scientifica del Laboratorio nel prossimo decennio.

È da sottolineare che gli esperimenti già approvati per il doppio beta coprono un lungo arco temporale e l'eventuale estensione di GERDA a una fase tre, in sinergia con altri analoghi esperimenti, e la realizzazione di CUORE II che possa utilizzare tellurio arricchito per un incremento ulteriore di sensibilità, danno al programma del Laboratorio in questo campo una prospettiva di lungo respiro.

Viceversa, per gli esperimenti di materia oscura, quelli attuali esprimeranno appieno le loro potenzialità prima della fine del presente Piano Triennale e quindi è importante iniziare a costruire esperimenti con massa intorno alla tonnellata che inizino a dare risultati prima della fine del decennio; in tale ambito la tecnica dello Xenon liquido è già matura abbastanza per consentire la realizzazione di un apparato da una tonnellata di massa utile per le misure. Per passare alla fase successiva con apparati di massa di decine di tonnellate, i fattori di merito nella scelta dei rivelatori per la materia oscura riguardano vari aspetti quali la capacità di reiezione del fondo e la sensibilità raggiungibile in rapporto anche al costo, la possibilità di avere più di una segnatura degli eventi da materia oscura quali la dipendenza dai nuclei utilizzati, la possibilità di misurare la modulazione annuale del segnale, ed ove possibile la misura della direzionalità.

Le misure di sezioni d'urto, di processi di fusione di interesse astrofisico, costituiranno inoltre una linea di ricerca unica nel panorama internazionale e di grande impatto scientifico. Inoltre, vanno incoraggiate le nuove proposte concernenti questioni aperte in fisica che potrebbero giovare all'ambiente sotterraneo.

Misure legate alla sismicità del territorio e poste in correlazione con misure di radioattività in un ambiente di bassissimo fondo radioattivo, l'utilizzazione della spettrometria gamma e spettrometria di massa per applicazioni in discipline diverse, continueranno ad allargare l'orizzonte scientifico del Laboratorio verso aspetti di grande impatto ambientale e sociale.

L'attività scientifica dei LNGS è in questo momento al suo apice per numero e competitività di esperimenti, i numerosi e importanti risultati scientifici raggiunti nei LNGS ne sono la testimonianza, a conferma dell'unicità nel panorama mondiale di questa infrastruttura di ricerca capace di attirare ricercatori

da ogni parte del pianeta. Tuttavia a fronte dell' incremento del numero e complessità degli esperimenti al Laboratorio del Gran Sasso, non è stato possibile un proporzionale aumento delle risorse finanziarie e umane necessarie a operare e gestire una così rilevante attività di ricerca. Al contrario le possibilità di reclutamento di personale stanno riducendosi sempre di più superando il livello di guardia; inoltre l'assottigliamento delle risorse destinate alle infrastrutture e all'impiantistica contrasta con le necessità di funzionalità e sicurezza del Laboratorio e degli esperimenti installati e operanti al suo interno.

Va inoltre sottolineato che un laboratorio di eccellenza come i LNGS costituisce un centro unico al mondo di alta formazione per i giovani ricercatori operanti nel campo della fisica astroparticellare ed è importante poter continuare a mantenere questa posizione di preminenza internazionale mediante un flusso continuo e programmato di menti giovani e brillanti.

MILESTONE DEL PERIODO 2011-2013

- **Completamento della purificazione dello scintillatore liquido di Borexino, presa dati con fondo ancora più basso per misurare altre componenti di bassa energia dello spettro dei neutrini solari e incrementare la statistica della misura dei geoneutrini.**
- **Completamento della presa dati dell'esperimento ICARUS con il fascio CNGS e dimostrare le potenzialità del rivelatore per altre sorgenti di neutrini e verso apparati di centinaia di Ktonnellate (2011).**
- **Completamento del run tecnico di WARP per la ricerca della materia oscura.**
- **Definizione di un programma di sviluppo per la ricerca di materia oscura con la tecnica dell'Argon liquido.**
- **Pubblicazione di nuovi dati a soglia più bassa e eventuale conferma del segnale di modulazione annuale dell'esperimento DAMA per la ricerca della materia oscura.**
- **Completamento della presa dati di XENON 100 per la ricerca della materia oscura.**
- **Completamento della prima fase della presa dati dell'esperimento CRESST per la ricerca della materia oscura e definitivo giudizio delle potenzialità della tecnica che accoppia rivelazione di fononi e luce di scintillazione.**
- **Continuazione del programma di R&D Lucifer verso un rivelatore di 1 t di isotopo per la ricerca del decadimento doppio beta senza neutrini.**
- **Completamento delle misure di LUNA delle sezioni d'urto nucleari di interesse astrofisico e inizio del programma con un acceleratore da 3.5 MV nella zona dell'interferometro del laboratorio sotterraneo.**
- **Prosecuzione degli studi di interesse geofisico all'interno del laboratorio sotterraneo.**

- **Studio approfondito da parte dell'esperimento GERDA del controverso segnale osservato presso i Laboratori del Gran Sasso da parte di un precedente esperimento sulla ricerca del decadimento doppio beta e verifica della teoria del neutrino di Majorana.**
- **Completamento (2011-2012) della presa dati dell'esperimento OPERA presso i Laboratori del Gran Sasso utilizzando il fascio di neutrini provenienti dal CERN e analisi dati per la conferma della trasmutazione tra neutrino mu e neutrino tau.**
- **Costruzione (2011-2013) del rivelatore CUORE che migliorerà di un ordine di grandezza la sensibilità nella ricerca del decadimento doppio beta ed il test della teoria del neutrino di Majorana.**
- **Completamento (2011-2013) del rivelatore XENON 1T presso i Laboratori del Gran Sasso, per lo studio della materia oscura con metodi diretti.**

I LABORATORI NAZIONALI DI LEGNARO

Il laboratorio ([sito web: http://www.lnl.infn.it/](http://www.lnl.infn.it/))

Legnaro oggi

La missione principale dei LNL è lo sviluppo delle conoscenze nella fisica e astrofisica nucleare di base assieme alle applicazioni delle tecnologie nucleari connesse.

Il laboratorio (figura 4.10), situato nelle vicinanze di Padova ed in prossimità di svincoli autostradali ed aeroporti nazionali ed internazionali, si estende su una superficie di circa 20.000 mq ed ha a disposizione un'ulteriore area edificabile di circa 50.000 mq per lo sviluppo di nuovi progetti.

Dispone di una staffa di 110 dipendenti e si avvale di circa 150 associati (dottorandi, borsisti e personale universitario); circa il 60% del personale dipendente ed associato è laureato o dottore di ricerca.

Si è dotato nel tempo di cinque macchine acceleratrici, tutte utilizzate con continuità dalla comunità scientifica nazionale ed internazionale per studi in fisica nucleare degli ioni pesanti (TANDEM-XTU e ALPI-PIAVE), e per applicazioni volte allo studio dei materiali, alla fisica dei neutroni e per ricerche interdisciplinari (AN2000 e CN). Nell'ambito della fisica nucleare ed astrofisica nucleare il laboratorio fa riferimento ad un ampio bacino di utenza di circa 600 ricercatori, più della metà non italiani e di provenienza europea.

Accanto alle attività di Fisica Nucleare, il laboratorio ospita l'antenna gravitazionale ad altissima sensibilità Auriga per la rivelazione delle onde gravitazionali. Dispone di un centro di calcolo di primordine con un ruolo significativo nell'analisi degli eventi prodotti alla grande macchina LHC del CERN. Ha un ruolo importante nel contesto internazionale per lo studio delle proprietà quantistiche del vuoto. Ha competenze di eccellenza

nel campo degli acceleratori ed importanti impegni in questo settore a livello internazionale.

Attività di eccellenza sono individuabili nel campo dei rivelatori per raggi gamma, per i quali sono stati realizzati importanti apparati di ampio utilizzo nella comunità internazionale (fra cui GASP ed EUROBALL) ed è in corso di completamento il prototipo denominato Dimostratore di AGATA, che verrà inaugurato nella primavera 2010. Di particolare interesse sono i rivelatori al silicio per ioni pesanti sviluppati in collaborazione con il laboratorio di Ganil per applicazioni nei futuri progetti Spes e Spiral2.

L'eccellenza nella tecnologia degli acceleratori è testimoniata dalla realizzazione del LINAC superconduttivo ALPI-PIAVE, dai contributi portati alla realizzazione di acceleratori per il CNAO, il CERN e TRIUMF e dalla partecipazione a progetti internazionali per acceleratori dedicati a programmi di fusione nucleare (sviluppo dell'acceleratore RFQ per IFMIF-EFVEDA, della NBTF per RFX).

Attivo da cinquant'anni, LNL opera in stretta collaborazione con gli altri laboratori nazionali dell'INFN, fra cui in particolare il Laboratorio Nazionale del Sud (LNS), e con i più importanti laboratori esteri di livello internazionale, attivi nel campo delle ricerche in fisica nucleare. Tali attività si svolgono nell'ambito di accordi internazionali come quello con ISOLDE-CERN e con Spiral2-GANIL, nell'ambito di un Laboratorio Europeo Associato costituito con lo scopo di condividere sviluppi tecnologici e finalità scientifiche nel campo della Fisica Nucleare con Fasci di ioni stabili ed esotici. A livello europeo, LNL è riconosciuto come "*Large Scale Facility*".

Il futuro del laboratorio ruota attorno al progetto speciale SPES (*Selective Production of Exotic Nuclear Species*), i cui studi e le cui fasi preliminari sono già avviati: SPES, descritto più in dettaglio nella Sezione riguardante i Progetti Speciali, è dedicato primariamente allo studio di nuove specie nucleari ricche di neutroni. Al tempo stesso tale progetto permette sviluppi applicativi relativi alla produzione di radio-farmaci di tipo sperimentale ed innovativo (ma anche convenzionale) e alla fisica dei neutroni, con particolare riguardo ai temi dell'energia, scienza dei materiali e salute.

Recenti risultati salienti (highlight) del laboratorio

Nel corso del 2009 i LNL hanno fornito complessivamente circa 4000 ore di fascio all'utenza, per misure effettuate utilizzando la maggior parte degli apparati sperimentali dei laboratori.

Si è proceduto alla messa a punto del Dimostratore di AGATA, per il quale si sono effettuati tre test sperimentali sotto fascio, l'ultimo dei quali ha permesso di verificarne l'utilizzo in coincidenza con lo spettrometro per ioni pesanti Prisma. Tali test sono stati risultati essenziali per poter garantire l'inizio della sperimentazione con il Dimostratore, come concordato

con gli altri partner europei del progetto, nell'anno 2010.

Il 2010 è stato per i Laboratori l'anno di inizio della sperimentazione con il nuovo rivelatore gamma ad alta risoluzione, il cosiddetto Dimostratore di **AGATA** (figura 4.11). Questo rivelatore, realizzato da un consorzio di numerosi laboratori europei e con capacità di "tracking" di raggi gamma, ha caratteristiche di efficienza, localizzazione dell'interazione e capacità risolutiva di gran lunga superiori a quelle degli apparati di precedente generazione. Visti i risultati estremamente interessanti già ottenuti, la campagna di misura continuerà nel 2011, utilizzando anche lo spettrometro a grande angolo solido PRISMA. Il complesso AGATA-PRISMA costituisce un potente strumento di indagine in grado di richiamare la presenza di molti sperimentatori da tutta l'Europa.

È stata completata la messa a punto dello spettrometro a tempo di volo "RFD". L'apparato, atto alla selezione degli ioni prodotti in reazioni di fusione-evaporazione, è stato sviluppato e finanziato dall'Istituto di Fisica Nucleare di Cracovia in collaborazione con i LNL. Le misure effettuate hanno avuto come obiettivo lo studio della vita media degli stati eccitati di nuclei speculari prossimi alla "*drip line*" di protone.

Nell'ambito del progetto Fazia (figura 4.12) sono stati condotti con successo i test dei primi prototipi di rivelatori al silicio "*neutron doped*" in grado di fornire una discriminazione in massa degli ioni sulla base della forma dei segnali. Tale progetto, parte della "*preparatory phase*" di Spiral2, ha come obiettivo studi di termodinamica nucleare in reazioni con fasci esotici.

Per il progetto SPES sono state definite le caratteristiche del Ciclotrone ed ne è stata completata la procedura di acquisto. È in corso la procedura per la realizzazione dell'edificio che dovrà contenere la macchina, mentre è stato installato il Front-End della facility ISOL (figure 4.13, 4.14) completo di bersaglio, sorgente a ionizzazione superficiale, estrattore e prima parte di trasferimento del fascio a 30 keV.

Nell'ambito della fisica degli acceleratori si è completata l'installazione della nuova sorgente ECR (figura 4.15) dell'iniettore PIAVE. Tale apparato, attualmente operativo, permette di incrementare l'intensità dei fasci del complesso Piave-Alpi di almeno un ordine di grandezza rispetto alla precedente sorgente.

Si è proceduto con l'incremento in potenza delle cavità basso beta di Alpi e si sono aggiunte quattro ulteriori cavità acceleranti al sistema.

Nell'ambito del progetto IFMIF, il cui accordo è stato recentemente approvato dall'INFN, è stato realizzato il prototipo del RFQ del progetto IFMIF ed è stata completata la lavorazione al CERN dei sei moduli del RFQ del progetto

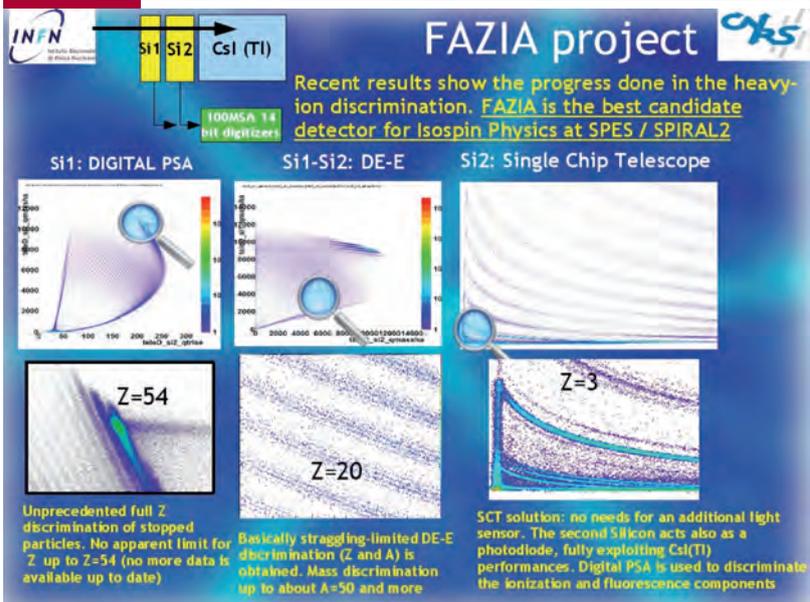


Fig. 4.10: Vista aerea dei Laboratori Nazionali di Legnaro.
 Fig. 4.11: Risultati recenti di FAZIA.

alta intensità per la realizzazione di una sorgente di irraggiamento di neutroni unica in Italia.

È stato definitivamente approvato il programma NBTF, che prevede la realizzazione di un complesso accelerante per lo studio e l'ottimizzazione di un fascio di deutoni da iniettare nel reattore del progetto internazionale ITER per la fusione. Il complesso vede come attore principale il consorzio RFX, cui partecipa l'INFN e che si avvale delle competenze presenti nel laboratorio.

Fig. 4.12: Front-end del bersaglio ISOL.



Il laboratorio si è dotato di una cabina di trasformazione elettrica da 132 kV e potenza erogabile fino a 40 kVA:

LNL nel prossimo triennio

SPES-alpha, la prima fase del progetto SPES, già approvata e finanziata dall'INFN, si realizzerà entro il triennio, mediante l'acquisizione, l'installazione ed il collaudo di un ciclotrone a protoni (energie da 30 a 70MeV e correnti fino a quasi 1A) e la costruzione dell'edificio per ospitare la macchina ed i laboratori ad essa annessi.

Il progetto prevede nel triennio l'utilizzo di un bersaglio in Carburo di Uranio (UCx) capace di fornire 10^{13} fissioni al secondo sotto l'azione del fascio di protoni del ciclotrone. Ove abbinato ad un opportuno bersaglio, il ciclotrone potrà anche essere utilizzato come un'intensa sorgente di neutroni (dell'ordine di 10^{14} n/s).

Con il contributo di molte Sezioni e Laboratori dell'INFN, ed in particolare dei LNS, proseguirà l'intensa attività di progettazione e di simulazione delle parti da realizzare, nonché di costruzione di prototipi per poter passare velocemente alla realizzazione delle apparecchiature necessarie alle successive fasi del progetto SPES.

Particolare attenzione sarà anche dedicata allo studio di applicazioni che potranno vedere la luce nel triennio successivo. In questo ambito, di particolare interesse è la realizzazione di una **sorgente di neutroni**, per ricerche nel campo dei reattori nucleari di nuova generazione e per lo studio dell'effetto di flussi di neutroni sulla componentistica elettronica.

Verrà anche definito il progetto per un centro di produzione di **radiofarmaci sperimentali e innovativi**, attività alla quale si prevede di dedicare una delle due uscite del Ciclotrone.

Nel campo del nucleare da fusione, due sono i principali impegni del laboratorio:

- la realizzazione dell'acceleratore RFQ ad alta intensità del progetto IFMIF, parte essenziale della macchina per la studio

Fig. 4.13: Il modello in alluminio, scala 1:1, dell'acceleratore RFQ per IFMIF.

dei materiali da utilizzare nei reattori a fusione.

- la collaborazione alla realizzazione della *Neutral Beam Test Facility*, il laboratorio per lo studio dell'iniettore di potenza nel plasma nell'ambito del progetto ITER e come supporto al consorzio RFX.

Proseguiranno le attività nelle quali il laboratorio ha raggiunto livelli di eccellenza, in particolare per quanto riguarda la microbiologia e la microdosimetria. Per queste attività il Laboratorio dispone già di un'ottima strumentazione come il micro-fascio installato presso l'acceleratore CN. È in corso di progettazione un nuovo apparato di "microfascio-a-singolo-ione" per ioni pesanti, da installare in tempi brevi anche sulla linea di radiobiologia dell'acceleratore Tandem-ALPI.

Continuando il lavoro già in corso, finanziato dalla Regione Toscana, saranno potenziate le attività nel settore della Geologia Nucleare, dedicate alla creazione di carte tematiche della radioattività nelle rocce, nei suoli e nell'ambiente. Vedi anche scheda illustrativa del progetto ITALRAD (par. 2.13). Si cercherà inoltre di mantenere un funzionamento ottimale, compatibilmente con le risorse disponibili, delle piccole macchine (CN e AN2002) per consentire, soprattutto agli utenti esterni, la continuazione delle proprie ricerche in ambito interdisciplinare.

In prospettiva

Il Laboratorio dell'INFN di Legnaro, assieme a quello di Catania, va considerato come presidio nazionale delle conoscenze di base in Fisica Nucleare e delle competenze nel campo delle tecnologie nucleari. I Laboratori di Legnaro e Catania, in sinergia fra di loro, sono ricchezze per il paese ed al servizio del paese che val la pena di mantenere e di potenziare.

Va mantenuta la duplice missione dei LNL, per lo sviluppo delle conoscenze nella fisica e astrofisica nucleare di base assieme alle applicazioni delle tecnologie nucleari connesse, avendo presente che i due filoni sono inscindibili: la ricerca

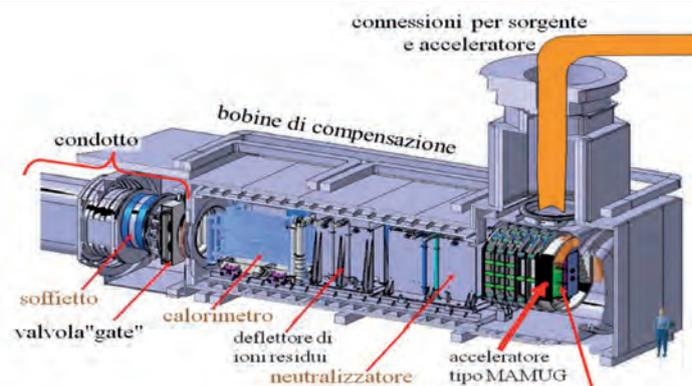


Fig. 4.14: Schema di NBTF.

di base priva di applicazioni appare sterile, mentre un laboratorio di moderne tecnologie, avulse dall'apporto di nuove conoscenze, è destinato ad invecchiare rapidamente. Nel campo delle applicazioni di tecnologie nucleari, va rafforzata la collaborazione con gli enti territoriali e nazionali, ma va anche perseguito ogni sforzo per incrementare la cooperazione con le Aziende.

In questo quadro, Legnaro ha tre principali linee di sviluppo, corrispondenti ad altrettante diramazioni del progetto SPES: **SPES-beta** consiste nella riaccelerazione degli ioni esotici prodotti dal bersaglio di UCx nel complesso ALPI-PIAVE ad energie tra 5 e 10 MeV per impiegarli, mediante reazioni di trasferimento, nella formazione ed esplorazione di nuclei ricchi di neutroni in condizioni estreme. Il progetto, assieme alla "facility" francese Spiral2 di GANIL attualmente in costruzione, permetterà una ricerca di assoluta frontiera nel campo della fisica nucleare, da realizzarsi in sinergia e in collaborazione con le strutture dell'INFN, in particolare con i LNS, con il laboratorio francese e con altri laboratori europei. Per questa fase, non ancora approvata dall'INFN, è previsto un costo di 27 Meuro ed una realizzazione nel 2013-2014.

SPES-gamma consiste nella realizzazione di un centro per la produzione e distribuzione di radio farmaci di tipo innovativo e sperimentale - oltreché di tipo convenzionale - basato sulla seconda uscita del Ciclotrone da 70 MeV. Un centro di tale tipo sarebbe unico nel Paese, e sostanzialmente gemello del progetto francese ARRONAX in fase di costruzione. Permetterebbe alla comunità della medicina e farmacologia nucleare una sorgente continua e ricchissima di nuovi isotopi per la sperimentazione clinica e contribuirebbe a garantire l'approvvigionamento di radio-farmaci convenzionali nel Nord Est del paese. Già adesso sono in fase di definizione progetti preliminari: i costi sono previsti in circa 15 Meuro ed i tempi di realizzazione in tre anni dall'approvazione. Per il finanziamento ed il successo dell'iniziativa sono necessari il sostegno di Enti territoriali e la partecipazione di Aziende e Istituzioni del settore sanitario, assieme alla collaborazione con Università. Vedi anche schede illustrative dei progetti LARAMED e LISAR (par. 2.13).

Fig. 4.15: La nuova sorgente ECR.

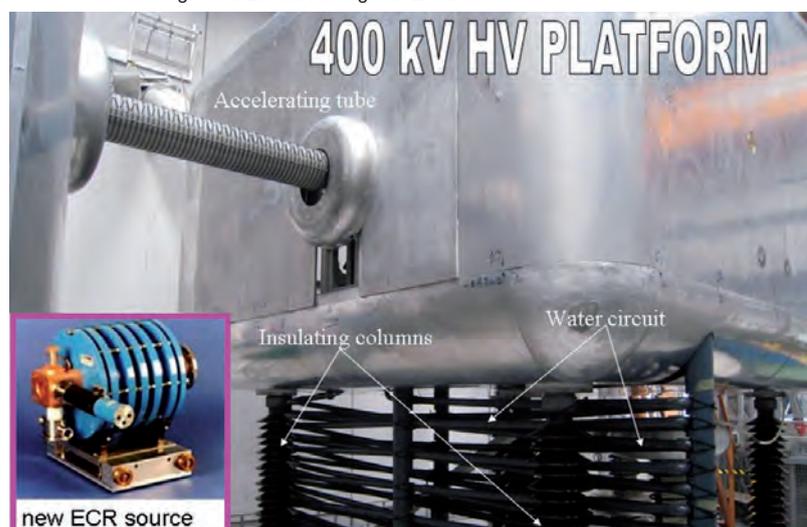




Fig. 4.16: Laboratori Nazionali del Sud

Fig. 4.17: L'acceleratore Tandem Van De Graaff da 15 MV dei Laboratori Nazionali del Sud.

Fig. 4.18: Il Ciclotrone Superconduttore K800 (vista dell'esterno).

Fig. 4.19: Il Ciclotrone Superconduttore K800 (vista dell'interno).

SPES-delta riguarda lo sviluppo di una infrastruttura di ricerca principalmente dedicata alla fisica dei neutroni, con applicazioni a temi dell'energia, delle proprietà dei materiali e della salute. È in progetto una sorgente di irraggiamento di neutroni, per lo studio dell'effetto di neutroni sulla componentistica elettronica nonché per la fisica dei futuri reattori di IV generazione, mediante la realizzazione di un simulatore di reattore veloce. Vedi anche la scheda illustrativa del progetto LINCE (par. 2.13). Più in prospettiva, in collaborazione con ANN è allo studio il progetto di un reattore subcritico pilotato dall'acceleratore

Riguardo alle piccole macchine, si punterà a farne un polo di eccellenza per la fisica interdisciplinare, con particolare attenzione agli aspetti applicativi e al mondo dell'imprenditoria, in un'ottica anche di finanziamento o di cofinanziamento esterno.

Si provvederà inoltre a soddisfare gli impegni assunti nell'ambito del programma IFMIF (figura 4.15) e a fornire supporto adeguato al progetto NBTf (figura 4.14) in collaborazione con il consorzio RFX.

MILESTONE DEL PERIODO 2011-2013

- Completamento della campagna di misure con AGATA agli acceleratori TANDEM-ALPI-PIAVE
- Completamento della fase Alpha del progetto SPES: edilizia ed impiantistica per il nuovo ciclotrone, installazione e commissioning del ciclotrone.
- Sviluppo della fase Beta di SPES, per la produzione di fasci di ioni radioattivi: adeguamento degli acceleratori esistenti e dell'impiantistica criogenica per le necessità del progetto, realizzazione del bersaglio di UCX e del charge breeder e progettazione definitiva delle altre componenti e della strumentazione sperimentale.
- Realizzazione di un centro per la produzione di radionuclidi di interesse medico e a carattere innovativo e sperimentale (LARAMED, fase gamma di SPES), basato sul nuovo ciclotrone.
- Sviluppo di una sorgente neutronica, basata sul nuovo ciclotrone, per la simulazione di reattori di IV generazione e per studi dell'effetto della radiazione neutronica su componentistica elettronica (fase delta di SPES).
- Completamento dell'acceleratore RFQ per il progetto IFMIF-EVEDA nell'ambito del Broader Approach, riguardante lo studio degli effetti di irraggiamento neutronico sui materiali dei futuri reattori a fusione nucleare.
- Completamento della campagna di misure della radioattività di rocce e suoli nella regione Toscana e nella regione Veneto, e possibile estensione al territorio nazionale.

I LABORATORI NAZIONALI DEL SUD (LNS)

Il Laboratorio (sito web: <http://www.lns.infn.it/>)

I LNS (figura 4.16) sono nati come laboratorio dedicato alla ricerca di base nel dominio della fisica nucleare e alle attività multidisciplinari e di ricerca tecnologica collegate. A tale scopo i LNS si sono dotati di due acceleratori di ioni pesanti, un acceleratore elettrostatico Tandem ed un ciclotrone basato su tecnologie superconduttive (CS). Nel tempo gli argomenti di ricerca affrontati nei LNS si sono estesi anche ad altri campi in cui l'INFN svolge la sua funzione istituzionale ed in particolare alla fisica astroparticellare con l'avvio del progetto di osservatorio sottomarino di neutrini cosmici denominato progetto NEMO.

L'edificio principale dei LNS, che comprende uffici, laboratori, sale acceleratori e sale misura, è situato all'interno del campus dell'Università di Catania e presenta una superficie coperta utilizzabile di circa 17.800 m². Fa parte dei Laboratori anche una seconda costruzione di recente ultimazione, collocata anch'essa all'interno del campus con una superficie coperta utilizzabile di circa 2.200 m², supporto logistico di mensa per il personale e residenza per gli ospiti. Inoltre, parallelamente allo sviluppo delle ricerche di fisica astroparticellare, i LNS hanno acquisito e ristrutturato, negli scorsi anni, due costruzioni situate nelle aree portuali di Catania e di Portopalo di Capo Passero, che costituiscono le stazioni a terra di riferimento per i due siti sottomarini, rispettivamente di test e di destinazione dell'osservatorio di

attività dell'INFN ed un numero periodicamente variabile di titolari di assegni di ricerca e borsisti, sia dell'INFN che di altri enti, che si attesta mediamente intorno alle 30 unità. Ci sono poi, in media, una trentina di studenti laureandi, specializzandi e dottorandi, associati alle attività dell'INFN, che studiano e lavorano alle rispettive tesi. In totale quindi operano all'interno dei LNS oltre 210 persone.

Principali risultati scientifici raggiunti nel 2010

I due acceleratori, operativi ormai da diversi anni, rappresentano le infrastrutture intorno alle quali si svolge gran parte delle attività sperimentali dei LNS nel campo della fisica nucleare di base e negli ambiti applicativi e multidisciplinari collegati. L'acceleratore Tandem SMP13 (figura 4.18) è in grado di produrre fasci di ioni ad energie che vanno dai pochi MeV fino ad alcune centinaia di MeV, con le caratteristiche di elevata risoluzione energetica e affidabile stabilità che sono tipiche degli acceleratori elettrostatici. Il Ciclotrone Superconduttore (figure 4.18 e 4.19) è uno dei pochissimi acceleratori europei oggi in grado di fornire fasci ionici ad energie di diverse decine di MeV/nucleone, le cosiddette energie di Fermi che coprono una regione energetica di particolare interesse per quanto riguarda il comportamento della materia nucleare.

Insieme alla gran varietà di fasci di elementi presenti in natura (fasci stabili) le due macchine possono anche produrre fasci di elementi radioattivi, altamente instabili e quindi non presenti in natura.



neutrini cosmici, e che hanno superfici coperte utilizzabili di circa 750 m² e 1.000 m² rispettivamente.

Il personale dei LNS comprende attualmente poco più di 100 dipendenti INFN a tempo indeterminato, una quindicina circa di dipendenti INFN con contratti a termine e altrettanti docenti universitari associati con incarico di ricerca. A questi si aggiungono alcuni dipendenti di altri enti associati alle

Fig.4.20-4.21: Vista esterna e vista interna del rivelatore di particelle cariche CHIMERA ai Laboratori Nazionali del Sud.

Attività	Tandem	Ciclotrone
Fisica Nucleare	82%	60%
Applicazioni	18%	24%
Protonterapia	--	16%

Tab. 4.1: Distribuzione del tempo di fascio degli acceleratori dei LNS.

Il complesso EXCYT fa uso del metodo chiamato ISOL per produrre all'interno di un bersaglio spesso una gran varietà di specie nucleari, grazie all'interazione con un fascio di ioni stabili accelerato dal CS. Gli elementi prodotti vengono diffusi grazie ad un processo attivato termicamente, all'esterno del bersaglio e quindi avviati, dopo opportuna selezione, alla fase di post-accelerazione effettuata dal Tandem. Dal momento che tutto il processo dura tempi dell'ordine della decina di millisecondi, si possono ottenere fasci di ioni instabili che hanno vite medie di quest'ordine di grandezza. Il fascio di 8Li , primo fascio prodotto da EXCYT, ha recentemente permesso di studiare il fenomeno del clustering esotico, aspetto peculiare della struttura dei nuclei lontani dalla stabilità.

Un altro metodo di produzione di fasci radioattivi presso i LNS (FRIBs) utilizza il fenomeno della frammentazione in volo di un fascio primario accelerato dal CS. Tale processo produce una gran varietà di frammenti con velocità prossima a quella del fascio primario, che, opportunamente selezionati e focalizzati, costituiscono un fascio secondario che può quindi essere utilizzato per la sperimentazione. In questo caso, essendo il processo di produzione molto più rapido che con il metodo ISOL, si possono ottenere fasci di specie radioattive ancora più instabili, cioè con tempi di vita molto più piccoli, tipicamente dell'ordine dei microsecondi. Esperimenti con i fasci prodotti da FRIBs hanno evidenziato, per la prima volta, il decadimento esotico di stati eccitati del ^{18}Ne attraverso l'emissione di due protoni correlati.

Nella sperimentazione nucleare un ruolo cruciale quanto quello degli acceleratori viene giocato dalla qualità degli apparati di rivelazione.

Tra gli apparati presenti nei LNS merita una speciale

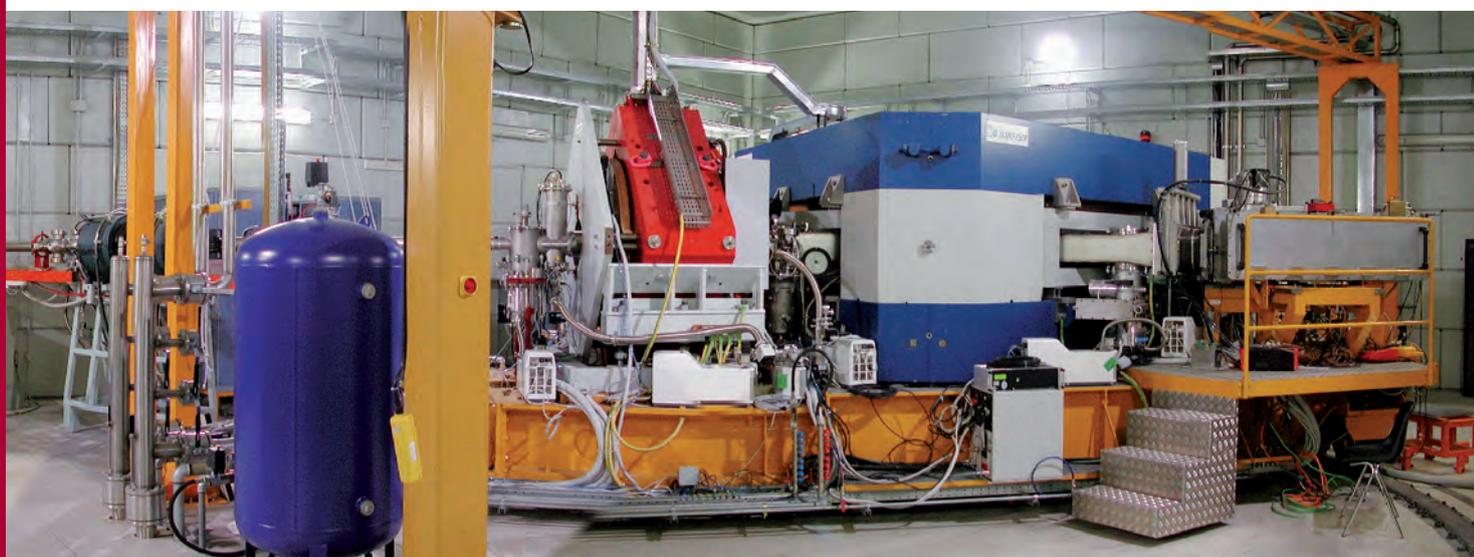
menzione il multirivelatore CHIMERA (figura 4.21) che con i suoi 1200 rivelatori telescopici ricopre praticamente tutto l'angolo solido attorno alla zona di interazione fascio-bersaglio e rappresenta lo stato dell'arte nel panorama dei sistemi di rivelazione di particelle cariche e frammenti per la fisica alle energie di Fermi. Una recente campagna di esperimenti eseguiti con Chimera ha messo in evidenza la dipendenza dei meccanismi di reazione tra ioni pesanti dall'isospin.

Lo spettrometro magnetico MAGNEX (figura 4.22) consente di misurare, con alta risoluzione energetica e in un ampio intervallo angolare, i prodotti delle reazioni indotte dai fasci Tandem e dai fasci di CS ad energie inferiori ai 30 MeV/nucleone. MAGNEX rappresenta lo strumento ideale per studi di spettroscopia di nuclei stabili ed instabili e per studi di astrofisica nucleare come ha dimostrato, nel corso del 2010, la scoperta di stati di moto collettivo in nuclei ricchi di neutroni.

Il complesso MEDEA-SOLE-MACISTE è progettato per la rivelazione di raggi gamma e particelle leggere cariche in coincidenza con frammenti pesanti emessi ad angoli molto piccoli. Attualmente è in fase di verifica la possibilità di rivelare con gli stessi moduli del rivelatore anche i neutroni, cosa che permetterà un più completo studio della struttura e dei modi di diseccitazione dei nuclei ricchi di neutroni.

Sono poi presenti alcuni sistemi modulari di rivelazione (Hodo-CT, CLAD, ecc.), la cui geometria può di volta in volta essere cambiata per adattarsi all'esperimento da effettuare. Tali sistemi possono essere installati all'interno delle due grandi camere di reazione CICLOPE e CT2000 che sono state progettate e costruite rispettando criteri di spazi e movimentazioni interne che le rendono ideali per esperimenti a energia intermedia e a bassa energia rispettivamente. Un

Fig. 4.22: Lo spettrometro magnetico MAGNEX ai Laboratori Nazionali del Sud.



esempio di risultato di particolare interesse ottenuto grazie alla estrema precisione di posizionamento dei rivelatori all'interno della CT2000 riguarda la prima osservazione di una risonanza del 19F a bassissima energia che ha notevoli riflessi sulla valutazione dei rate di reazione e quindi dei rapporti isotopici nelle stelle AGB.

Di grande impatto sociale è l'utilizzo del fascio di protoni del CS per la terapia del melanoma oculare (progetto CATANA, figura 4.23) nell'ambito della Convenzione stipulata tra l'INFN e l'Azienda Policlinico dell'Università di Catania. Oggi il sistema è ampiamente collaudato ed è funzionante a regime, permettendo ai LNS di rappresentare il primo, e a tutt'oggi unico, centro italiano nel quale i fasci ionici vengono utilizzati a scopi terapeutici. Nello scorso triennio sono stati sottoposti alla terapia 70 pazienti, portando il numero totale di casi trattati dall'inizio dell'attività intorno a 211. La percentuale di successo della terapia, cioè di regressione o di arresto della crescita del tumore, si attesta intorno al 95%, dato sovrapponibile a quello degli altri centri che, nel mondo, effettuano trattamenti simili.

L'assegnazione del tempo di fascio ai diversi esperimenti è avvenuta, come per tutti i Laboratori Nazionali dell'INFN, in seguito alla valutazione delle proposte di esperimento da parte di un Comitato Scientifico Internazionale. Gli esperimenti sono stati proposti sia dall'utenza interna che da quella esterna, quantificabile annualmente in circa 300 ricercatori, più di un terzo dei quali proveniente da istituti e laboratori non italiani. Nel corso del triennio 2008-2010 i due acceleratori dei LNS hanno fornito fasci all'utenza per un totale di circa 15.150 ore, di cui 7.450 ore di fasci accelerati dal Ciclotrone e 7.700 ore di fasci accelerati dal Tandem. Nella tabella 4.1 è riportata la distribuzione del tempo di fascio dei due acceleratori. percentualmente assegnato alle

Fig. 4.23: Particolare della linea di fascio CATANA per la terapia del melanoma oculare.



varie tipologie di esperimenti, mediato negli ultimi tre anni. Dal 2010 i due Laboratori Nazionali di fisica nucleare di bassa energia dell'INFN (LNS e LNL) partecipano all'attività di accesso transnazionale nell'ambito del Grant Agreement ENSAR (n. 262010) e vengono offerti come un'unica facility all'utenza europea interessata a realizzare esperimenti presso le nostre infrastrutture di ricerca.

Infine è da sottolineare che i LNS hanno contribuito alla diffusione della cultura scientifica nel territorio in cui operano, con la organizzazione di una serie di manifestazioni e mostre aperte al pubblico, e con incontri di informazione scientifica e di orientamento realizzati anche nell'ambito di una produttiva collaborazione con gli istituti scolastici superiori.

Attività nei prossimi tre anni

Nel corso del triennio considerato sono previsti ulteriori sviluppi riguardanti gli acceleratori ed i sistemi di produzione di fasci instabili. Essi riguardano alcune modifiche, peraltro già progettate ed in fase di realizzazione, riguardanti le due sorgenti ioniche ECR e la linea di iniezione del Ciclotrone, che permetteranno un incremento delle intensità dei fasci primari del CS ed una estensione della loro varietà. Questo determinerà una immediata ricaduta positiva anche sulle intensità dei fasci instabili di EXCYT e di FRIBs.

Inoltre è in fase di realizzazione e si prevede che verrà ultimata nei primi mesi del 2011, una serie di modifiche alla linea di estrazione del CS e alle linee di trasporto del fascio che permetteranno di ottenere un ulteriore incremento della trasmissione dei fasci FRIBs lungo le linee, valutabile in un fattore compreso tra 10 e 30. Queste modifiche renderanno possibili esperimenti con fasci ancora più lontani dalla stabilità di quelli finora ottenuti.

È anche previsto lo sviluppo di nuovi fasci di EXCYT, oltre a quelli di ^8Li e ^9Li finora prodotti. La richiesta degli utenti dei LNS è orientata verso lo sviluppo di un fascio di ^{15}O , particolarmente interessante soprattutto per esperimenti di astrofisica nucleare, disciplina in cui da tempo operano i ricercatori dei LNS con risultati apprezzati dalla comunità scientifica internazionale.

Tra le possibilità di sviluppo di costo contenuto si colloca l'uso di una sorgente di ^{252}Cf per produrre, per fissione spontanea, una serie di frammenti che, opportunamente ionizzati ed accelerati dal CS, potrebbero costituire fasci di ioni instabili di massa intermedia alle energie di Fermi, risultando quindi complementari ai fasci che saranno prodotti da SPES. Si stanno attualmente valutando le intensità che si possono ottenere per le varie specie

isotopiche, che dipendono ovviamente dalla attività della sorgente stessa, insieme alle implicazioni tecnologiche e di carattere radioprotezionistico. Nel caso che la facility risultasse realizzabile, verrà redatto un apposito rapporto tecnico e l'eventuale avvio del progetto potrebbe aver luogo entro il triennio 2011-2013. Per confronto con una analoga iniziativa già in fase di realizzazione negli USA, si stima un tempo di realizzazione del progetto non inferiore a 5 anni ed un costo complessivo dell'ordine di alcuni milioni di Euro.

È cominciato nel 2010 e verrà completato nel corso della prima metà del 2011 l'assemblaggio dei 40 moduli del multirivelatore per neutroni EDEN, di proprietà dell'Institut de Physique Nucleaire di Orsay (IPNO), temporaneamente trasferito nei LNS per essere accoppiato allo spettrometro MAGNEX. L'insieme dei due apparati permetterà di eseguire, nell'ambito di una ampia collaborazione italo-francese, esperimenti esclusivi che coinvolgono la formazione di nuclei ricchi di neutroni, sulla cui struttura potranno essere dedotte informazioni più dettagliate.

I fasci dei LNS verranno ancora ampiamente utilizzati anche per ricerche applicative e multidisciplinari. Esempi di queste attività sono rappresentate dagli studi di radiobiologia, di dosimetria, di analisi di reperti storici ed archeologici, di comportamento della materia in seguito ad irraggiamento con fasci ionici, di danneggiamento di componenti elettronici provocato da radiazioni. Quest'ultima attività è di particolare interesse per i componenti destinati ad essere utilizzati in missioni spaziali. Proprio in relazione ad essa è stata recentemente installata e messa a punto una nuova postazione di misura grazie alla quale i LNS, nel corso del 2010, hanno ricevuto l'autorizzazione dell'European Space Agency a certificare ufficialmente la resistenza alle radiazioni di componenti da utilizzare nei satelliti. L'iniziativa si svolge nell'ambito di un contratto di ricerca stipulato tra l'INFN e l'azienda privata MAPRad srl.

Nello stesso quadro di attività applicative si inserisce la partecipazione dei LNS al progetto strategico INFN-MED con un programma di misure già in parte eseguite con gli acceleratori dei LNS e da completare nel prossimo futuro presso il laboratorio tedesco GSI. Scopo degli esperimenti è la determinazione delle sezioni d'urto di frammentazione di ioni pesanti da utilizzare per la definizione dei protocolli di trattamento adroterapico.

Al progetto strategico INFN-E va invece riferito il programma di misura di produzione di neutroni da bersaglio di Berillio bombardato con il fascio di protoni del CS, da completare

entro il 2011, programma che è correlato alla progettazione di un generatore di neutroni sottocritico, nel quadro dei rapporti con l'Ansaldo Nucleare. In collaborazione con la ditta Ansaldo Nucleare, nell'ambito del progetto INFN-E sono stati progettati e sono nella fase di realizzazione test di dispositivi particolarmente efficienti ed economici per il monitoraggio remoto dei siti di stoccaggio delle scorie radioattive, basati su fibre ottiche sensibili al singolo fotone.

La stretta collaborazione esistente con l'Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali del CNR porterà all'estensione delle campagne di misura in situ, non distruttive, su reperti archeologici utilizzando i sistemi portatili di analisi sviluppati negli anni scorsi nel quadro delle attività del laboratorio LANDIS. A questo proposito è bene ricordare che, nel corso del 2009, presso i LNS è stato attrezzato un laboratorio (ALFA) specializzato nella produzione di sorgenti radioattive di ^{210}Po , da utilizzare in questi sistemi portatili. Il Laboratorio ALFA è attualmente l'unico in Europa in grado di produrre tali sorgenti e ne ha già prodotti due esemplari.

Il gruppo che si occupa di sorgenti ioniche continua a lavorare, nel quadro di collaborazioni internazionali, allo sviluppo di modelli innovativi, come ad esempio la sorgente superconduttiva progettata e in via di realizzazione per il costruendo sistema di acceleratori FAIR al GSI di Darmstadt. Le competenze in questo ambito verranno spese anche come contributo della comunità INFN alla realizzazione della European Spallation Source che verrà installata in Svezia nei prossimi anni.

È da ricordare anche l'apporto che i LNS hanno dato e continueranno a dare al centro nazionale di adroterapia, CNAO, in fase di ultimazione a Pavia. Questo contributo non si limita all'aspetto delle sorgenti, ma mette a frutto tutta l'esperienza sin qui maturata sulla terapia adronica delle patologie oncologiche nell'ambito del progetto CATANA, sopra menzionato.

L'esperienza acquisita nella gestione e nello sviluppo degli acceleratori e del sistema EXCYT viene messa a frutto in questi anni con la partecipazione alla realizzazione del progetto SPES, il progetto INFN di fasci radioattivi di massa intermedia che verrà installato nei Laboratori Nazionali di Legnaro. I LNS sono coinvolti nello sforzo di portare a compimento quella che rappresenta la più impegnativa impresa della fisica nucleare italiana di bassa energia nel futuro più immediato. Un più modesto, ma tuttavia importante, contributo viene dato anche al progetto francese di fasci radioattivi, SPIRAL2, basato sul metodo ISOL, con la progettazione e costruzione di due sistemi (chopper) che

consentono il pulsaggio del fascio stabile primario.

Altra attività portante dei LNS è rappresentata dal progetto NEMO, che riguarda la progettazione e la realizzazione di un'infrastruttura sottomarina comprendente un telescopio per neutrini cosmici di alta energia con dimensioni dell'ordine del km³. A questa attività, che si colloca nell'ambito della ricerca di fisica astroparticellare, partecipano nove unità operative INFN, alcuni gruppi universitari e altri istituti di ricerca italiani interessati all'utilizzo delle infrastrutture sottomarine per ricerche multidisciplinari, come ad esempio, l'INGV, il CNR e l'OGS.

La collaborazione italiana NEMO partecipa al consorzio europeo KM3NeT, inserito nella roadmap europea per le grandi infrastrutture di ricerca elaborata dall'European Strategy Forum on Research Infrastructures e finanziato con due progetti: uno di Design Study nell'ambito del VI Programma Quadro ed uno di Preparatory Phase nell'ambito del VII Programma Quadro. Il Design Study, da poco concluso, ha studiato le soluzioni tecnologiche proposte dai membri del consorzio e definito un disegno tecnico preferibile con alcune opzioni alternative. Il progetto si trova ora nella Preparatory Phase, il cui coordinamento è affidato all'INFN e in particolare ai LNS, ed ha, come obiettivo da raggiungere entro il 2012, la definizione degli aspetti legali, finanziari e di governance, nonché l'organizzazione della produzione.

Continuano intanto le attività applicative e multidisciplinari che utilizzano le conoscenze e le strutture sviluppate nell'ambito del progetto NEMO, come ad esempio quelle condotte all'interno di ESONET, network di eccellenza che comprende una serie di osservatori sottomarini europei di monitoraggio ambientale; due dei tre siti cablati del network che si trovano in acque profonde appartengono all'INFN (test site di fronte al porto di Catania e sito al largo di Capo Passero).

Nella stessa ottica rientra il progetto SUSI (FP7-Infrastructures-2011-2) che prevede la realizzazione di un archivio di dati acustici marini raccolti da diverse istituzioni e resi disponibili attraverso la GRID a tutte le comunità scientifiche interessate. Sono partner dei LNS, il CIBRA, l'INGV, la NATO, il GARR, nonché varie altre istituzioni di ricerca italiane e straniere.

I LNS hanno partecipato nel 2010 a bandi PON emessi nell'ambito del FP7 (2007-2013), con la presentazione di progetti relativi allo sviluppo di sistemi di monitoraggio biologico e geologico dell'ambiente sottomarino ad alte profondità, in collaborazione con l'INGV, e allo studio di sorgenti ioniche per acceleratori dedicati all'adroterapia.

Hanno inoltre partecipato con un proprio progetto ad un

bando della Regione Siciliana relativamente ad opere da effettuare su edifici pubblici allo scopo di realizzare produzione di energia da fonti alternative e interventi sulle strutture finalizzati al risparmio energetico.

È prevista infine nel 2011 la partecipazione ad un bando PON Ricerca e Competitività 2007-2013, recentemente emesso dal MIUR, che riguarda la costituzione, unitamente ad altri enti di ricerca, università e aziende private, di Distretti di Alta Tecnologia nelle Regioni della Convergenza.

Conclusioni e prospettive

Nei LNS si svolgono molteplici attività di ricerca nucleare, astroparticellare e di applicazione di tecniche nucleari ad altri domini disciplinari, che vengono generalmente condotte nell'ambito di collaborazioni internazionali. Nell'arco di tempo di riferimento del presente Piano Triennale il programma di sviluppo dei LNS comprende, da un lato, l'ampliamento delle intensità e della varietà dei fasci ionici, stabili e radioattivi, producibili con gli acceleratori esistenti, obiettivo che necessita di impegni finanziari complessivamente contenuti. In questo ambito si inserisce anche la fase di studio della menzionata possibilità di accelerare frammenti di fissione da sorgenti radioattive. Dall'altro lato, di più ampio respiro e di maggiore impegno appare la realizzazione dell'osservatorio di neutrini cosmici, il cui avvio è comunque subordinato all'intervento finanziario di enti esterni all'INFN.

I presupposti perché le attuali attività continuino ad essere svolte efficientemente e le nuove iniziative possano decollare con alta probabilità di successo ci sono e si fondano saldamente sulla maturità acquisita dal personale e sulle sue capacità di adeguamento ai nuovi programmi di sviluppo dei LNS. È importante poter continuare a contare sulle professionalità altamente specializzate maturate durante questi anni.

Dal punto di vista delle strutture esistenti, c'è una crescente preoccupazione per l'invecchiamento degli acceleratori che necessitano di importanti interventi volti a prevenire guasti irreparabili che, dopo quasi trenta anni di funzionamento del Tandem e oltre quindici del CS, divengono giorno dopo giorno più probabili. Meriterebbe un investimento anche tutto il sistema di impianti e di servizi di base dei LNS, anch'essi ininterrottamente operativi da oltre trenta anni, la cui affidabilità è presupposto indispensabile per continuare a svolgere le attività di ricerca attuali ed intraprendere le imprese future.

MILESTONE DEL PERIODO 2011-2013

- **Inizio della costruzione dell'osservatorio sottomarino di neutrini KM3NET che prevede la realizzazione di una**

grande matrice di rivelatori a 3500 m di profondità, al largo dell'estrema punta meridionale della Sicilia.

- Completamento dello studio di fattibilità di una facility per fasci radioattivi alle energie di Fermi, utilizzando i frammenti prodotti da una sorgente naturale di ^{252}Cf e accelerati dal Ciclotrone Superconduttore, ed eventuale stesura del TDR relativo.
- Sviluppo di un fascio post-accelerato di 150 e campagna di esperimenti di astrofisica nucleare e di struttura nucleare.
- Campagna di esperimenti con i fasci radioattivi prodotti per frammentazione e con il multirivelatore per particelle cariche CHIMERA.
- Campagna di esperimenti sulla struttura dei nuclei leggeri ricchi di neutroni, utilizzando l'accoppiamento dello spettrometro magnetico MAGNEX con il multirivelatore per neutroni EDEN dell'IPNO.
- Completamento dei due laboratori multidisciplinari sottomarini al largo della costa orientale e sud orientale siciliana e loro utilizzo in misure di interesse oceanografico e geofisico.
- Misure sistematiche di sezioni d'urto di frammentazione nucleare e simulazioni connesse finalizzate alla formulazione dei piani di trattamento di adroterapia.
- Progettazione della sorgente MISHA da dedicare all'adroterapia e costruzione di una sorgente ECR a 24 MHz che permetterà di estendere le potenzialità del Ciclotrone Superconduttore dei LNS. Partecipazione al progetto europeo ESS, con la progettazione di una sorgente di protoni ad alta intensità.
- Potenziamento dei sistemi di analisi non distruttiva per la caratterizzazione di reperti di interesse storico ed artistico e sviluppo delle tecniche relative.
- Sviluppo di sistemi di monitoraggio di scorie radioattive ad alta efficienza e basso costo.

4.2 IL CNAF

IL CNAF è il centro nazionale dell'INFN dedicato alla ricerca e allo sviluppo nel campo delle discipline informatiche e telematiche e alla gestione dei relativi servizi per le attività di ricerca dell'Istituto.

Contribuisce come centro di riferimento nazionale sia per lo sviluppo software, sia per la realizzazione dell'infrastruttura generale GRID e CLOUD su rete geografica. Inoltre gestisce vari servizi nazionali che nel tempo sono stati gradualmente potenziati, contribuendo in tal modo ad accrescere l'efficienza globale e ridurre i costi complessivi.

Dal 2003 il CNAF ospita il centro nazionale di calcolo

Composizione del personale nel 2010 e risorse finanziarie nell'ultimo triennio dei laboratori nazionali (esclusi gli esperimenti); sono inclusi i dati dei gruppi collegati di Cosenza (collegato a LNF) e de L'Aquila (collegato a LNGS)

Laboratorio Nazionale: LNF

FTE INFN staff + art. 23, 15 (anno 2010)	349
FTE Associati staff (anno 2010)	67
Assegnisti, borsisti, dottorandi (anno 2010)	65
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (M€)	37
di cui spese per investimenti (inv., c.a.) 2008-2010 (M€)	5,5
di cui spese per funzionamento 2008-2010 (M€)	21,2

Laboratorio Nazionale: LNGS

FTE INFN staff + art.23,15 (anno 2010)	93
FTE Associati staff (anno 2010)	23
Assegnisti, borsisti, dottorandi (anno 2010)	62
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (M€)	27
di cui spese per investimenti (inventario) 2008-2010 (M€)	2,5
di cui spese per funzionamento 2008-2010 (M€)	14,5

Laboratorio Nazionale: LNL

FTE INFN staff (109)+art.23 (11), art. 15 (4) (anno 2010)	128
FTE Associati staff (anno 2010)	80
Assegnisti, borsisti, dottorandi (anno 2010)	55
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (M€)	27,3
di cui spese per investimenti (inv., c.a.) 2008-2010 (M€)	3,3
di cui spese per funzionamento 2008-2010 (M€)	11,7

Laboratorio Nazionale: LNS

FTE INFN staff + art.23,15 (anno 2010)	121
FTE Associati staff (anno 200)	36
Assegnisti, borsisti, dottorandi, specializzandi (anno 2010)	56
Totale risorse finanziarie spese 2008-2010 (M€)	28,2
di cui spese per investimenti (inv., c.a.) 2008-2010 (M€)	3,0
di cui spese per funzionamento 2008-2010 (M€)	20,3
(fondi INFN+esterni)	

Tab. 4.2: Composizione del personale e finanziamenti (esperimenti esclusi) dei Laboratori Nazionali.

dell'INFN Tier1, nato per gli esperimenti a LHC, ma presto divenuto un punto di riferimento per il calcolo di molti esperimenti dell'INFN ed in particolare per CDF, BABAR, VIRGO, PAMELA, SuperB.

Il 2010 ha rappresentato il primo lungo periodo di funzionamento a regime degli impianti completati nel corso dell'anno precedente. I lavori infrastrutturali hanno portato la potenza elettrica gestibile in sala a 5 MWatt e la potenza frigorifera a 2 MWatt, con una capacità di generazione continua di 4.8 MWatt. L'esperienza acquisita nel 2010 ha confermato che è stato raggiunto l'obiettivo chiave del progetto, ovvero la completa ridondanza di tutte le componenti dell'infrastruttura, al fine di garantire la massima affidabilità e disponibilità dei servizi, anche in caso di guasti.

CNAF PLAN SEPTEMBER 2010												
Experiment	inizio 2010			meta' 2010 (opzione)			2011			2012		
	CPU	DISK	TAPE	CPU	DISK	TAPE	CPU	DISK	TAPE	CPU	DISK	TAPE
	HS06	TB-N	TB	HS06	TB-N	TB	HS06	TB-N	TB	HS06	TB-N	TB
ALICE	6793	1008	884	12120	1351	1433	22200	1501	2400	27740	2489	4484
ATLAS	9880	1468	1286	19080	1995	1370	22600	2480	3000	22300	2700	3900
CMS	10807	1603	1406	13169	1781	2217	18300	2400	6500	19591	3263	8411
LHCB	3396	504	442	6600	504	442	9750	525	520	9750	555	663
Total LHC TIER1	30876	4580	4018	50969	5631	5462	72850	6906	12420	79381	9007	17458
BaBar	4860	350	0	4860	400	0	2360	350	0	1600	350	0
SuperB (dal 2011)	0	0	0	0	0	0	2500	50	0	2500	50	0
CDF	5160	220	15	6200	270	15	7000	300	15	7000	300	15
LHCB TIER2	3600	0	0	5700	0	0	6400	0	0	6400	0	0
TOTALE GRUPPO I	13620	570	15	16760	670	15	18260	700	15	17500	700	15
AMS2	128	9	30	388	73	50	432	93	50	720	161	55
ARGO	600	120	380	800	140	566	800	160	752	800	184	1086
AUGER	0	0	0	800	60	0	1200	110	0	200	60	0
FERMI/GLAST	600	60	40	1400	60	40	1400	60	40	600	60	40
MAGIC	320	20	30	320	20	30	450	30	50	500	30	60
PAMELA	280	48	48	400	48	64	600	60	80	280	48	64
Virgo	4000	300	300	7508	515	348	7500	469	348	6000	660	660
TOTALE GRUPPO II	5928	557	828	11616	916	1098	12382	982	1320	9100	1203	1965
All experiments	50424	5707	4861	79345	7217	6575	103492	8588	13755	105981	10910	19438
All w/ overlap factor	42020	5188	4861	66121	6561	6575	86243	7807	13755	88318	9918	19438
CNAF TOTAL (PLAN)	42020	5188	4861	66121	6561	6575	86243	7807	13755	88318	9918	19438
CNAF to be procured	19200	2800	2400	31598	1760	1714	20317	1102	5294	13461	3310	5683
CNAF procured	20540	3217	6000	34000	2000							
CNAF actual	43360	5605	8461	69863	7218	8461						

Tab. 4.3: Il piano di sviluppo delle risorse al Tier1.

Anche il sistema completo di supervisione e controllo ha funzionato come previsto permettendo la gestione automatica dell'impianto.

L'analisi dell'efficienza di utilizzo delle CPU e dello storage del centro dal momento dell'attivazione dei nuovi impianti nell'aprile del 2009 mostra che non c'è stata nessuna interruzione di servizio fino a fine 2010 e che tutti i nuovi impianti (elettrico, raffreddamento, ecc.) hanno funzionato egregiamente e senza inconvenienti di sorta.

La tabella 4.3 mostra le risorse pianificate ed effettivamente disponibili nel 2010 e negli anni successivi per i vari esperimenti. La pianificazione dei bisogni per gli anni futuri viene aggiornata di anno in anno seguendo i risultati della presa dati. Le stime attuali prevedono una crescita quasi lineare delle necessità di CPU e storage nel Tier1 e Tier2, in linea con l'aumento previsto della quantità di dati da analizzare.

Nel 2010 il CNAF ha avviato per la prima volta una procedura di acquisizione di server destinati sia al Tier1 che ai Tier2 degli esperimenti LHC, facendosi carico di uniformare i requisiti in un unico capitolato tecnico.

La figura 4.21 mostra l'utilizzo della CPU al CNAF durante il 2010 da parte dei vari esperimenti, che corrisponde ad un ottimo livello di utilizzo di tutte le risorse disponibili.

Il CNAF ha continuato ad essere il punto di riferimento per

l'operatività dell'infrastruttura Grid di produzione dell'INFN, Italiana (IGI) ed Europea all'interno dei progetti EGEE III e WLCG. Per questi il CNAF ha continuato a supportare il Regional Operation Centre della Federazione Italiana che è anche uno dei Grid Operation Centre che operano l'infrastruttura europea di EGEE III e di LCG.

Il Servizio Operativo di Grid del CNAF si occupa di garantire un buon livello di funzionalità dell'infrastruttura INFN-GRID in collaborazione con i gestori dei siti, fornendo supporto specialistico di primo e secondo livello agli utenti degli esperimenti, e agli operatori Grid dei siti INFN. Il servizio gestisce i servizi Grid centrali per autenticazione, sottomissione di job, data transfer, monitoraggio e accounting in INFN-GRID. Inoltre, collabora con i centri operativi Grid nazionali presenti in Europa, si occupa di formazione degli utenti e gestori di Grid, partecipa ad attività di sperimentazione e certificazione del middleware Grid e contribuisce ad attività di sviluppo di tool operativi per *monitoring e accounting*.

Nel corso del 2010 è stato ulteriormente consolidato il sistema di raccolta e visualizzazione dei dati di accounting per computing e storage forniti dai siti italiani per la WLCG. Il sistema di accounting è stato migliorato grazie ad una intensa attività di validazione, e la configurazione di tutti i servizi centrali Grid in Italia è stata migliorata per aumentarne la robustezza. È stato messo a punto un sistema di monitoraggio della sottomissione di job in Grid il quale viene anche utilizzato per l'implementazione di un sistema di load balancing e

failover del servizio WMS, utilizzato dagli esperimenti LHC. Il Servizio Grid ha poi contribuito alla definizione e formazione di EGI (*European Grid Initiative*), una nuova organizzazione per la futura sostenibilità delle attività Grid in Europa. Vedi, a tal proposito, anche i paragrafi 3.8 e 4.3.

Le attività passate e i piani per il prossimo futuro del settore R&S hanno l'obiettivo principale di fornire agli esperimenti un'e-infrastruttura generale di calcolo e storage sempre più performante, basata su tecnologie di Calcolo Distribuito, ora Grid e Cloud, sia al CNAF/Tier1, sia a livello nazionale e internazionale.

Nel 2010 il CNAF/R&S ha continuato la sua attività nel settore del calcolo distribuito e la sua partecipazione a progetti nazionali, europei e internazionali di Grid (INFN-GRID, EGEE-III, ETICS II OGF EU, WLCG...). In particolare sono stati avviati due nuovi progetti europei (EMI e EGI/*Inspire*) con l'obiettivo rispettivamente di garantire la manutenibilità, l'interoperabilità e lo sviluppo del *middleware* utilizzato in Europa e di curare gli aspetti operativi dell'infrastruttura GRID europea ora funzionante a pieno regime per gli esperimenti al LHC.

Numerosi sono i pacchetti *softwares* sviluppati e costantemente aggiornati dal gruppo R&S del CNAF per l'accesso, l'uso e la gestione delle risorse di calcolo e storage su Grid. Inoltre sono iniziate nuove attività, in collaborazione con il Tier1, sull'utilizzo della virtualizzazione sia con la sottomissione di

job in Grid, selezionando specifici ambienti virtuali, sia con lo sviluppo di una nuova interfaccia "*Cloud*" in *resource sharing* con Grid.

Piani di sviluppo per i prossimi anni

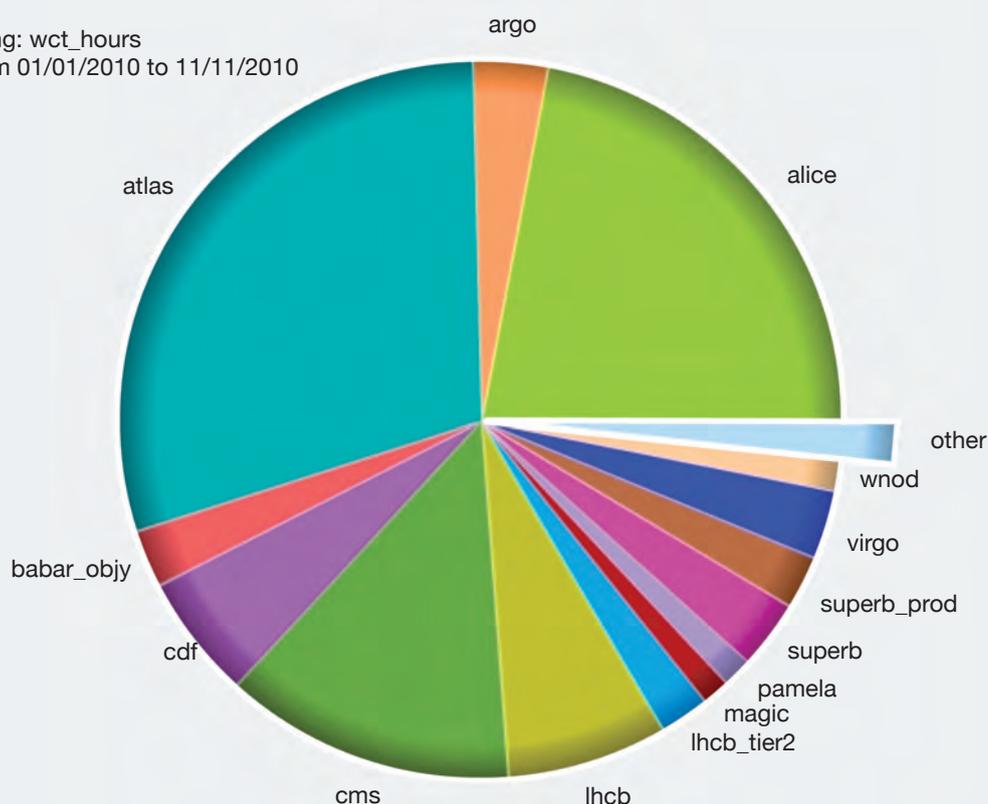
Con il potenziamento degli impianti infrastrutturali, il Tier1 del CNAF è in grado di ospitare le risorse per gli esperimenti a LHC fino al 2013 e oltre, secondo quanto previsto dagli attuali piani preliminari per il calcolo di LHC approvati dall'Ente. Da notare anche che il centro si caratterizza per la modernità e la semplicità dei sistemi di gestione adottati, ad es. per l'uso di tutte le risorse di calcolo e di storage, in parte basati su soluzioni commerciali, in parte sviluppati o integrati dal CNAF.

Le linee di sviluppo sono definite dalle necessità di completamento di alcuni servizi, dalla necessità di interoperabilità con altri *middleware* presenti in EMI, dalla necessità di aprirsi all'uso di altri sistemi di autenticazione, dall'integrazione con le policy di autorizzazione e con i sistemi di *accounting*, e da ultimo dall'introduzione della "virtualizzazione".

Nella seconda metà del 2011 diventerà operativa la nuova rete della ricerca (GARR) basata sull'utilizzo di fibre spente e il CNAF potrà quindi adattare il numero di collegamenti a 10 Gbps che connettono il centro con il CERN e gli altri centri Tier1 e Tier2 in funzione delle crescenti necessità degli esperimenti al LHC.

Fig. 4.24: Distribuzione dell'utilizzo delle risorse di calcolo da parte dei vari esperimenti.

Global accounting: wct_hours
Time period: from 01/01/2010 to 11/11/2010
(315 days)



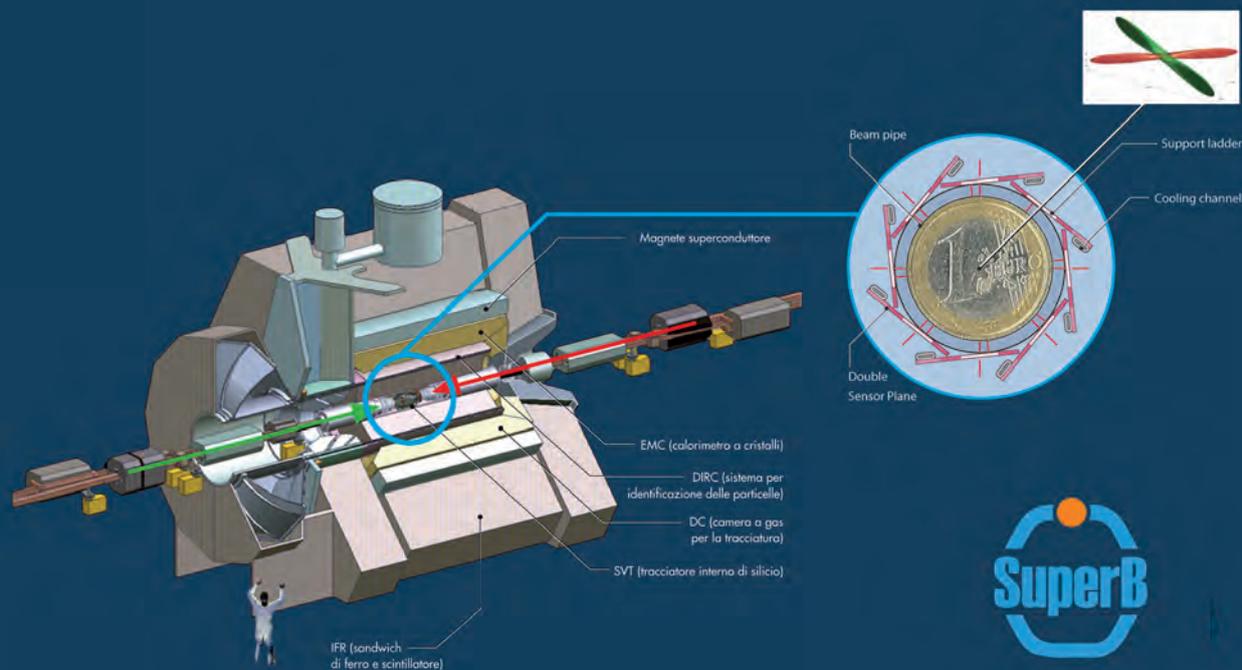


Fig. 4.25: Schema del collisore elettrone-positrone Super-B.

Attualmente i due collegamenti esistenti operano in condizioni di saturazione e si è reso indispensabile far attivare temporaneamente una nuova linea a 10 Gbps che entrerà in funzione a fine 2010.

Il CNAF ha la responsabilità di parecchi servizi svolti a livello nazionale: nel corso del 2010 i server web di esperimenti e progetti che sono stati installati su server dedicati al CNAF (<http://web.infn.it/index.php>) sono arrivati a oltre una quarantina; sono diverse centinaia le mailing list per il dominio Infn @lists.it attive, è sempre attivo il sistema di backup per i mail server INFN, il DNS primary server è tuttora gestito dal Centro e così pure uno dei tre server AFS nazionali. Il gruppo multimediale ha continuato la sua attività sia come produzione video, che come streaming. Il Centro gestisce le video e fonocherenze per tutto l'INFN che complessivamente vengono usate circa 55K ore al mese. Il CNAF istruisce e gestisce contratti nazionali per manutenzioni hardware di apparati installati in tutte le sedi ed acquisti e manutenzioni di software distribuito a livello nazionale per quasi 1 M€l'anno.

4.3 LE NUOVE INFRASTRUTTURE DI RICERCA: SUPERB, KM3NET, GRID

L'Istituto partecipa attivamente alla costituzione delle infrastrutture europee per la ricerca, sia con proprie iniziative specifiche sia attraverso i programmi europei (*Design Study, Preparatory Phase, ICT-Infrastructure*) anche in coerenza con la propria roadmap (vedi paragrafo 2.10) e con la roadmap dell'*European Strategy Forum on Research Infrastructures ESFRI* (vedi paragrafo 3.9).

Tra le infrastrutture più significative, citiamo:

SuperB
KM3NeT
GRID

IL PROGETTO SUPERB

L'INFN ha approvato nel 2009 il Progetto Speciale SuperB-TDR finalizzato alla preparazione del Technical Design Report del progetto SuperB, che è stato approvato come progetto bandiera nel 2010.

Si tratta di un progetto di integrato che comprende la realizzazione di un collisore elettrone-positrone di nuova generazione, denominato SuperB, dell'apparato sperimentale e dell'organizzazione delle strutture di calcolo necessarie a soddisfare le esigenze del programma scientifico.

Il programma scientifico si propone di investigare la fisica al di là del modello standard con lo scopo di rispondere alle domande irrisolte sui meccanismi alla base del funzionamento della materia a livello microscopico, responsabili dell'evoluzione dell'universo immediatamente dopo il Big Bang.

Questo obiettivo può essere raggiunto seguendo la via dell'altissima energia, metodo utilizzato ad LHC, e dunque attraverso la produzione di nuove particelle e lo studio della loro dinamica. SuperB utilizza un metodo complementare che consiste nella ricerca di piccolissimi effetti non previsti dalle teorie oggi universalmente accettate aumentando a bassa energia il numero di reazioni prodotte in laboratorio. L'investigazione sperimentale con questo secondo metodo può essere realizzata a costi decisamente inferiori al primo, grazie alle nuove tecniche di accelerazione sviluppate in ambito INFN e che permetteranno di ottenere luminosità maggiori di $10^{36} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$. Inoltre sarà possibile polarizzare il fascio di elettroni a livello dell'80%, aprendo la strada a

misure altrimenti non accessibili.

Il programma di fisica della SuperB consiste nello studio delle piccole deviazioni dalle previsioni del modello standard nei decadimenti di *charm*, *beauty* e leptoni tau prodotti nelle annichilazioni $e^+ e^-$. Questo programma scientifico è così sommarizzato:

- Sottoporre il paradigma CKM ad un test al livello dell'1%, attraverso un ampio insieme di misure sui decadimenti di mesoni con b, migliorando di almeno un ordine di grandezza la precisione ottenuta dagli esperimenti BABAR e BELLE.
- Migliorare di un fattore fra 10 e 100 la sensibilità alla violazione del sapore leptonic (LFV) nei decadimenti di leptoni tau (τ), con possibilità di scoperta, che rappresenterebbe un segnale non ambiguo della presenza di nuova fisica. Queste misure sono complementari ad esperimenti dedicati sui muoni e possono permettere di distinguere fra modelli diversi di violazione.
- Esplorare la violazione di CP nei decadimenti del *charm*.
- Studio con alta statistica della spettroscopia, alla scoperta di nuovi stati.
- La polarizzazione, caratteristica unica di questa macchina, costituisce uno strumento essenziale nelle misure sul tau in quanto consente
- Il controllo dei fondi fisici irriducibili nei decadimenti LFV del τ .
- Esplorare la violazione di T nella fisica del τ .
- Esplorare una possibile struttura magnetica del τ .

Questa macchina può essere anche essere operata ad una energia appena superiore alla soglia di produzione dei mesoni con charm che permette di effettuare misure sulle fasi coinvolte nel meccanismo di violazione CP nel settore del *charm*.

Per raggiungere la sensibilità sperimentale necessaria per la scoperta di nuova fisica è necessario raccogliere un numero di eventi circa 100 volte superiore quelli raccolti in BABAR e BELLE.

Le caratteristiche dell'acceleratore SuperB rendono possibile realizzare tali misure in meno di 5 anni con i seguenti parametri:

- Energia nel CM aggiustabile: dalla soglia di produzione di τ fino alla produzione di $Y(4s)$
- Boost di Lorentz $\beta\gamma \sim 0.238$ ($\sim 4.18 \times 6.7 \text{ GeV}$)
- Luminosità $> 10^{36} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} U Y(4s)^{-1}$
- Luminosità integrata $> 75 \text{ ab}^{-1}$ in 5 anni (stima basata sul comportamento delle B-Factories PEP-II e KEKB)

- Polarizzazione (65-85%) di uno dei due fasci
- Potenza dissipata in totale $< 30 \text{ MW}$.

Questi parametri sono stati esaminati dal comitato di valutazione della macchina (MiniMac) che li ha giudicati compatibili con il progetto di acceleratore sotto studio e che è basato sull'impiego di nano-fasci, ottenibili grazie agli sviluppi portati avanti con successo presso i Laboratori Nazionali di Frascati.

Dopo il *Conceptual Design Report* (CDR) pubblicato nel 2007, un documento preliminare al TDR, ma già contenente larga parte delle informazioni tecniche e costituito dalle tre sezioni:

- programma di fisica
- acceleratore
- rivelatore

nel 2010 sono stati pubblicati tre documenti intermedi (Progress Report), già citati nel cap 3.

Il completamento del Technical Design Report è atteso per la fine 2011.

Il collisore ad alta luminosità SuperB, oltre all'impiego discusso brevemente sopra, con il fine, attraverso misure di precisione, di studiare processi che consentano di capire le caratteristiche della nuova fisica al di là della teoria standard, si presta in modo naturale ad impieghi multidisciplinari con importanti ricadute nello sviluppo di nuove tecnologie. A questo proposito è evidente il ruolo importante che riveste la sinergia con i programmi dell'IIT che caratterizza in modo determinante le ricadute applicative di SuperB; infatti è possibile ad esempio uno sfruttamento ottimale dell'acceleratore come sorgente di luce pulsata ad alta brillantezza. Le caratteristiche di tale sorgente sono competitive rispetto alle macchine esistenti, come mostrato in Fig 4.26. In proposito è importante sottolineare che la realizzazione di varie linee di luce rende l'infrastruttura la prima al mondo che combini ricerche di frontiera nell'indagine delle forze fondamentali del Cosmo con una facility interdisciplinare per lo sviluppo di nuove tecnologie di Imaging, Life-Nanoscience e Analisi fine della materia organica, inorganica e biologica. I piani dettagliati della parte relativa all'IIT sono descritti nel Piano Scientifico di quell'istituto. Gli impieghi in scienza della materia e per applicazioni biotecnologiche permetteranno un periodo di impiego di SuperB per alcune decadi, ben al di là del tempo di vita di un acceleratore per fisica fondamentale che solitamente è dell'ordine di un decennio.

Nella fase di preparazione e costruzione dell'acceleratore e del rivelatore sarà dedicata una particolare attenzione a tutti

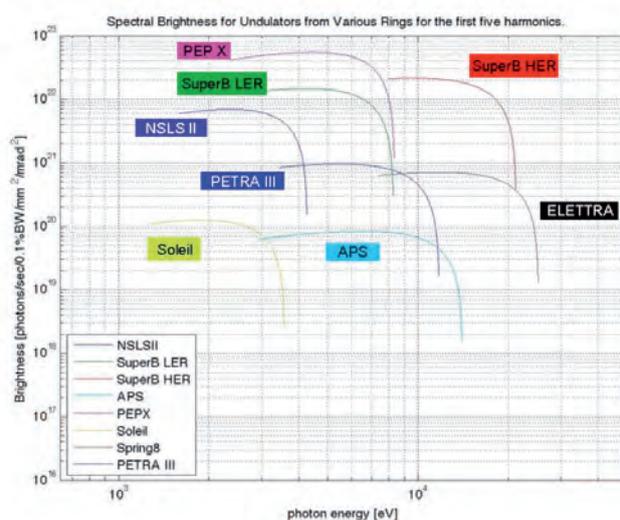
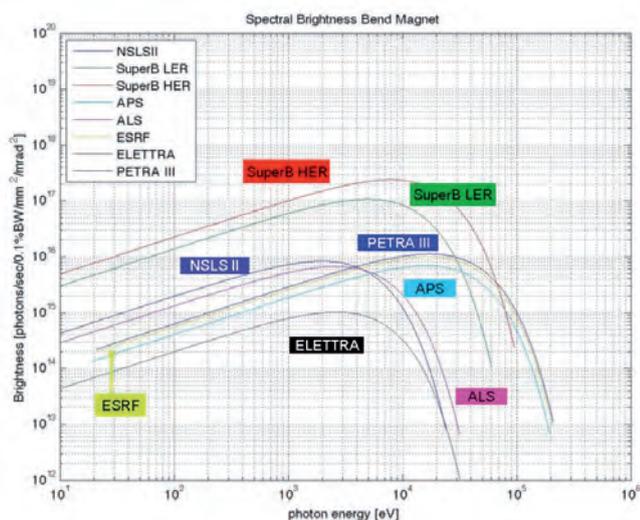


Fig. 4.26: Caratteristiche spettrali della luce di sincrotrone prodotta in SuperB nei magneti di piegatura e negli ondulatori.

gli sviluppi capaci di ricaduta tecnologica su altre discipline e sulle tecnologie ad esse correlate.

Vista la natura internazionale del progetto con una larga partecipazione di fisici e di acceleratoristi da vari paesi dell'Unione Europea, ma anche dalla Russia, dagli USA, e dal Canada, è necessaria una organizzazione efficiente per garantire uno sforzo ben coordinato sia in personale che in componenti strumentali, senza sprechi o sovrapposizioni. Questo può essere ottenuto, oltre che con MOU bilaterali, anche con la possibile costituzione di una ERIC (European Research Infrastructure Consortium) come previsto dalle norme europee.

Il sito verrà identificato entro i primi mesi del 2011 sulla base delle raccomandazioni di un comitato internazionale di review, già citato nel cap. 3. Successivamente verranno effettuati gli studi geologici e sismici, gli studi di impatto ambientale, la preparazione del piano delle sicurezze, le valutazioni relative alla produzione di radiazione, la convocazione di una conferenza dei servizi, il progetto esecutivo delle infrastrutture. Entro il termine del triennio che si apre è previsto il completamento delle infrastrutture.

Sull'acceleratore è previsto lo sviluppo del Linac, dei damping rings, delle transfer lines e, in collaborazione con il gruppo di acceleratoristi e ingegneri di SLAC, la organizzazione per lo smontaggio e successivo trasporto in Italia di componenti (magneti, supporti meccanici e radiofrequenza, ecc.) della B-Factory PEP-II, che possono essere riutilizzati nella costruzione di SuperB. Successivamente sarà possibile la messa in funzione del linac iniettore, dei damping rings, delle transfer lines e l'inizio dell'installazione dei componenti nei due anelli principali.

La realizzazione del rivelatore mostrato in Fig. 4.26, anche esso in larga parte basato sul riutilizzo di parti dell'apparato

dell'esperimento BABAR di SLAC, anche essi da trasferire in Italia, implica comunque un programma aggressivo di R&S su parti cruciali come il rivelatore di vertice, il sistema di identificazione di particelle, parte del calorimetro elettromagnetico, una camera a deriva ad alta accettazione ed il rifacimento dei rivelatori di muoni.

Infine sarà necessario sviluppare l'infrastruttura di calcolo capace di immagazzinare ed analizzare la grande mole di dati che verranno raccolti a SuperB. Essa si baserà sulla infrastruttura distribuita GRID, incentrandosi su alcuni grandi centri di calcolo localizzati principalmente nel sud Italia.

L'INFRASTRUTTURA KM3NeT

KM3NeT è un'infrastruttura di ricerca multidisciplinare il cui principale obiettivo è l'osservazione di neutrini di alta energia di origine cosmica. I neutrini sono particelle prive di carica e interagiscono così debolmente con la materia che possono raggiungere la Terra dal cuore denso dei più potenti acceleratori cosmici e dai confini più remoti del cosmo preservando la direzione di origine. Rappresentano quindi una sonda ideale per la comprensione dell'origine dei raggi cosmici e dei meccanismi che governano gli ambienti astrofisici più estremi, in cui le particelle cariche vengono accelerate fino a energie milioni di volte più elevate delle energie raggiungibili con i più potenti acceleratori oggi esistenti, come LHC. L'avvio dell'astronomia con neutrini aprirà una nuova finestra di osservazione che consentirà di estendere la nostra conoscenza dell'Universo "violento" in cui lampi di luce gamma brillano per brevi istanti con intensità pari a miliardi di miliardi di Soli, Nuclei Galattici Attivi emettono enormi quantità di energia, stelle massicce esplodono e buchi neri inghiottono enormi quantità di materia. La realizzazione di un telescopio per neutrini di alta energia,

a causa della rarità dei segnali prodotti da interazione neutrino-materia e della difficoltà di rivelazione dei neutrini, può essere affrontata solo utilizzando miliardi di tonnellate di mezzi naturali come l'acqua o il ghiaccio a migliaia di metri di profondità. La tecnica consolidata per la realizzazione del rivelatore si basa sul tracciamento dei muoni secondari prodotti nelle interazioni di neutrini con il mezzo trasparente (ghiaccio o acqua) in prossimità del rivelatore. Questi muoni relativistici producono radiazione elettromagnetica Cherenkov, che può essere rivelata da un'opportuna matrice di alcune migliaia di sensori ottici (fotomoltiplicatori), consentendone il tracciamento. In questo schema il mezzo naturale svolge sia la funzione di rivelatore che di schermo per attenuare il fondo prodotto dai raggi cosmici. Le sfide tecnologiche che una simile impresa comporta hanno richiesto molti anni di studi di fattibilità e un'intensa attività di ricerca e sviluppo. Oggi, grazie all'esperienza dei progetti pilota di prima generazione, le tecnologie sono mature per affrontare la realizzazione di osservatori di neutrini della scala del km³.

Per osservare l'intero cielo sono necessari due telescopi di neutrini posizionati in emisferi opposti. La costruzione di IceCube, un telescopio da un kilometro cubo che osserva l'emisfero Nord, nelle profondità dei ghiacci dell'Antartide, è stata completata a fine 2010. Il telescopio proposto dalla collaborazione europea KM3NeT, installato nel Mediterraneo, grazie alla rotazione della terra osserverebbe l'87% del cielo, compreso il Centro Galattico e la maggior parte del Piano Galattico in cui sono stati individuati numerosi oggetti candidati come sorgenti di neutrini di alta energia. La costruzione di un telescopio per neutrini nelle profondità del Mar Mediterraneo (a circa 3000 m di profondità) richiede la soluzione di problemi tecnologici molto complessi, dovuti alle condizioni ambientali estreme: pressioni enormi (centinaia di bar), corrosione dei componenti da parte dell'acqua marina, ecc. Inoltre, data la limitata accessibilità del telescopio, la strumentazione deve avere un alto grado di affidabilità e ridondanza tale da minimizzare il numero e la complessità degli interventi di manutenzione. Le operazioni di posa, che devono essere effettuate con robot controllati dalla superficie, devono essere sicure, "robuste" e precise. Il progetto KM3NeT sfrutta l'esperienza accumulata dai progetti pilota operanti nel Mar Mediterraneo (Antares, Nemo, Nestor) e il know-how di altre discipline e industrie operanti ad alte profondità marine.

KM3NeT, grazie all'unicità del suo potenziale scientifico multidisciplinare e alla maturità del progetto dal punto di vista tecnologico, è stato selezionato nel 2006 dal panel di ESFRI

(*European Science Forum for Research Infrastructures*) tra le 35 infrastrutture di ricerca ad alta priorità e successivamente confermato nel processo di revisione del 2008.

L'infrastruttura KM3NeT offre anche un'eccezionale possibilità di ricerca per un ampio spettro di attività scientifiche e tecnologiche che comprendono scienze ambientali, geologia, geofisica, oceanografia e biologia marina, consentendo per la prima volta il monitoraggio in linea ed in tempo reale di grandezze fisiche e biologiche di grandi masse d'acqua anche a profondità abissali. Inoltre l'infrastruttura potrà fornire informazioni rilevanti per il sistema di allerta sismico; in particolare KM3NeT costituirà un nodo importante in un network globale di osservatori sottomarini integrato con la rete EMSO (*European Multidisciplinary Seafloor Observatory*), che è un'altra delle grandi infrastrutture europee di ricerca individuate da ESFRI e coordinata dall'INGV.

KM3NeT è un consorzio europeo a cui partecipano 21 istituzioni di 10 paesi. Oltre all'Italia, rappresentata dall'INFN, sono presenti Cipro, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Olanda, Regno Unito, Romania e Spagna. Nel progetto sono coinvolte nove tra laboratori e sezioni dell'INFN e le Università ad esse collegate: Bari, Bologna, Catania, Genova, Napoli, Pisa, Roma 1, LNF e LNS, con una partecipazione di circa 80 ricercatori e tecnologi.

Il consorzio KM3NeT è stato finanziato dalla Commissione Europea con due progetti. Un Design Study, sviluppato dal 2006 al 2009 nell'ambito del VI Programma Quadro che ha usufruito di un contributo di 9 M€. Un progetto di *Preparatory Phase*, iniziato nel 2008 e che si concluderà nel 2012, finanziato nell'ambito del VII Programma Quadro con un contributo di 5 M€. Il coordinamento di quest'ultimo progetto è affidato all'INFN.

Il *Design Study* ha studiato le soluzioni tecnologiche proposte dai membri del consorzio e definito un disegno tecnico, con alcune opzioni alternative di backup, illustrato in un *Technical Design Report*.

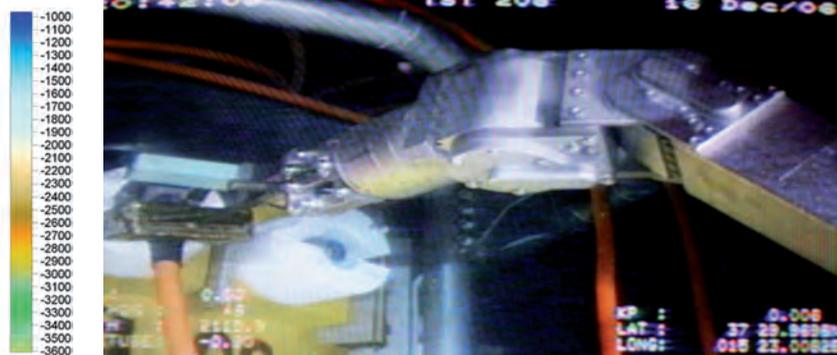
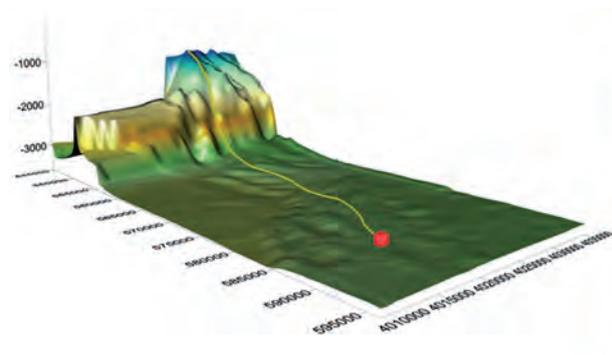
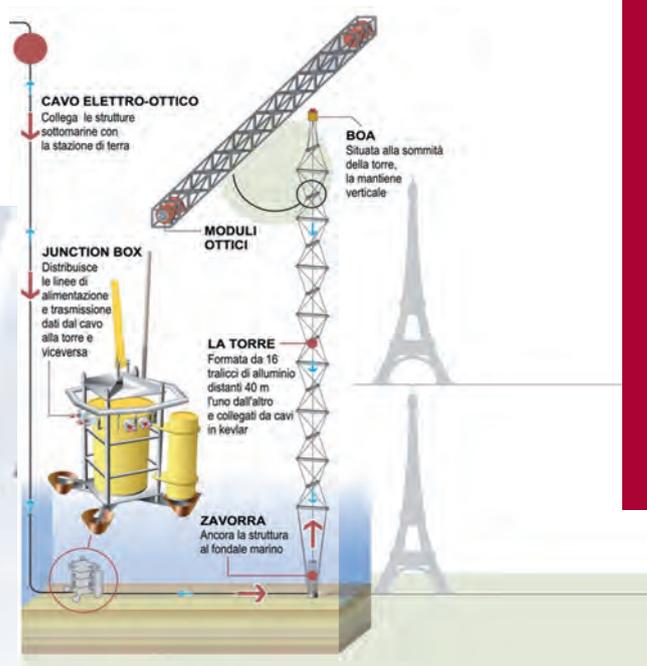
Un'infrastruttura di ricerca come KM3NeT avrà bisogno di una struttura internazionale di governance che permetta ai paesi finanziatori di stabilire un'adeguata entità legale, di coordinare lo sviluppo del progetto e di prendere le decisioni strategiche e finanziarie necessarie. L'esatta definizione di questa struttura è uno degli obiettivi principali del progetto di *Preparatory Phase*. Un candidato naturale per la struttura legale può essere l'*European Research Infrastructure Consortium* (ERIC) recentemente approvato dalla EC. Tra gli obiettivi del progetto vi è anche l'esplorazione di potenziali

Fig. 4.27: Grafica con lo schema della torre NEMO

Fig. 4.28: Schema di posizionamento del cavo sottomarino nel sito di Capo Passero.

Fig. 4.28: Foto scattata durante le operazioni di connessione della torre al box di alimentazione alla profondità di 2000 m.

Fig. 4.29: Deployment di un prototipo meccanico della torre NEMO



sorgenti di risorse finanziarie su scala regionale, europea ed internazionale.

Per l'installazione del telescopio KM3NeT sono stati candidati tre siti: uno al largo di Tolone (Francia), dove è installato l'esperimento ANTARES, uno al largo di Pylos (Grecia), studiato dalla collaborazione NESTOR, ed uno al largo di Capo Passero (Italia), proposto dalla collaborazione NEMO dell'INFN. Su questi siti sono già presenti delle infrastrutture. Considerazioni tecniche e valutazioni sulle performance del telescopio indicano comunque la necessità di costruirlo in più blocchi indipendenti. Pertanto l'infrastruttura potrà essere installata in un singolo sito o distribuita su più siti.

L'INFN ha avviato un'attività di Ricerca & Sviluppo in questo settore attraverso la collaborazione NEMO, finanziando, nel corso degli ultimi dodici anni, lo studio e la caratterizzazione del sito sottomarino di Capo Passero, l'ideazione dell'architettura generale del telescopio, lo sviluppo di tecnologie innovative per il progetto e la realizzazione di prototipi. Alcune di queste attività sono state cofinanziate

dal MIUR e dalla Regione Sicilia attraverso il progetto LAMS sul PON 2001- 2006, il progetto SIRENA su fondi MIUR e il progetto PEGASO sul POR Sicilia 2000-2006. Le competenze acquisite sono confluite nel consorzio KM3NeT consentendo alla collaborazione italiana di assumere all'interno del consorzio un ruolo di grande visibilità.

Da parte dell'INFN un importante investimento è stato fatto nella realizzazione delle infrastrutture sottomarine. Una è stata realizzata al largo di Catania a 2000 m di profondità per attività di test di prototipi e applicazioni multidisciplinari, ed una sul sito di Capo Passero a 3500 m di profondità. Ciascuna di queste infrastrutture comprende una stazione di terra, un cavo elettro-ottico sottomarino e le infrastrutture di profondità per la connessione degli apparati sperimentali. Entrambe sono oggi operative. Presso il Test Site di Catania è stato installato ed operato nel 2007 l'apparato pilota NEMO Fase-1. La stazione ospita esperimenti di carattere multidisciplinare tra cui l'osservatorio SN-1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), dotato

di strumenti per il monitoraggio sismico ed ambientale. In parallelo con le attività mirate alla costruzione del telescopio per neutrini, grande attenzione è stata posta nello sviluppo delle ricerche multidisciplinari, in collaborazione con altri enti ed istituti di ricerca nazionali e stranieri. Nell'ambito del progetto ESONET, che ha come obiettivo la realizzazione di una rete di osservatori permanenti multidisciplinari lungo le coste europee, è stato lanciato un programma mirato alla realizzazione di una stazione di monitoraggio acustico per lo studio del rumore di fondo acustico ed il monitoraggio di segnali di origine biologica, che sarà installata presso il Test Site dei LNS al largo di Catania ad inizio 2011 ed operata in comune da ricercatori INFN, INGV, CNR e CSIC (Spagna).

Negli anni recenti l'INFN si è dotato di una infrastruttura sottomarina sul sito candidato di Capo Passero (figura 4.24). Il sito, a 3500 m di profondità e a circa 80 km dalla costa, è connesso a terra con un cavo elettro-ottico di 100 km di lunghezza. L'infrastruttura sottomarina alloggia un convertitore di potenza DC/DC da 10 kW realizzato da Alcatel sulla base di un progetto innovativo specificamente sviluppato per applicazioni sottomarine (figura 4.29). La potenza installata potrà essere espansa installando ulteriori convertitori, fino a raggiungere la potenza necessaria per un telescopio di dimensioni di circa 2 km³, stimata in circa 50 kW. Anche il numero totale delle fibre-ottiche (20) è sufficiente per il trasporto dei dati di un apparato di tali dimensioni. In una stazione di terra, collocata nell'area del porto di Portopalo di Capo Passero (SR) sono alloggiati la parte di terra del sistema di potenza e gli apparati di acquisizione dati. L'edificio comprende anche una seconda parte, che ospiterà un padiglione per l'assemblaggio ed il test di grandi strutture meccaniche, la cui ristrutturazione è programmata in futuro.

Con il progetto PEGASO, cofinanziato dalla Regione Sicilia e realizzato dall'INFN in collaborazione con l'INGV, si è anche acquisita una infrastruttura per le operazioni in acque profonde che comprende un robot controllato dalla superficie in grado di ispezionare e manipolare la strumentazione di profondità e di un sistema adatto all'installazione ed al posizionamento con grande precisione delle strutture sottomarine più pesanti.

Nel corso del 2010 è stato eseguito con successo un test della struttura meccanica a torre verificandone il principio di funzionamento. A seguito di ciò si è avviata la progettazione e la costruzione di una torre completamente strumentata che sarà installata sul sito di Capo Passero nella primavera del 2011.

Nel *Technical Design Report* il consorzio KM3NeT ha

delineato lo sviluppo temporale delle azioni previste per arrivare alla costruzione del telescopio, che comporta l'avvio della fase di costruzione a fine 2011 dopo il completamento dei test sui prototipi. Per quanto riguarda le dimensioni dell'apparato, la collaborazione si è posta l'obiettivo finale molto ambizioso di superare di almeno sei volte su tutto il cielo osservabile la sensibilità di ICECUBE. Il raggiungimento di questo obiettivo comporta la realizzazione di un apparato composto da circa 300 strutture di rivelazione a torre, ciascuna di 800 m di altezza e spaziate tra di loro di 180 m, occupanti un volume totale di 5 km³ (figura 4.27). Il costo complessivo è valutato in circa 220 milioni di Euro.

La complessità di un tale apparato impone che sia realizzato con più cluster, ciascuno comprendente un centinaio di strutture. I cluster potranno essere collocati o in un singolo sito, separati da alcuni chilometri, o in più siti. Grazie alla sua modularità, l'acquisizione di dati scientifici potrà essere avviata sin dall'installazione delle prime strutture e la costruzione potrebbe avanzare per stadi successivi, di crescente potenzialità, modulata sulla disponibilità delle risorse.

Come prospettiva a medio termine si propone l'avvio della costruzione di un cluster di circa 80 torri sul sito di Capo Passero, per un budget previsto di 70 milioni di Euro. Questo apparato consentirà l'osservazione del cielo australe con sensibilità circa due volte superiore a quella di ICECUBE e due ordini di grandezza superiore a quella degli apparati ad oggi operanti nell'emisfero nord (ANTARES e BAIKAL).

La Regione Siciliana ha espresso intenzione di concorrere al reperimento dei fondi necessari per la costruzione della struttura a Capo Passero, ricorrendo a fondi strutturali.

Nell'ambito del progetto Preparatory Phase è stato recentemente portato a termine un processo mirato alla scelta tra le varie opzioni arrivando alla proposta di una unità di rivelazione con struttura a "torre" del tipo sviluppato dalla collaborazione italiana equipaggiata con moduli ottici multi-PMT di avanzata concezione. Coerentemente con questo schema la collaborazione europea KM3NeT ha avviato la costruzione di un "pre-production model" dell'unità di rivelazione modulare del telescopio la cui installazione è programmata ad inizio 2012. Anche per quanto riguarda il sistema di trasmissione e distribuzione della potenza, la collaborazione KM3NeT sta convergendo sulla soluzione DC/DC sviluppata dalla collaborazione italiana ed installata sul sito di Capo Passero.

GRID

Da molti anni l'Istituto ha dedicato sforzi e risorse nella

costruzione di una Grid di produzione italiana al fine di prepararsi ad affrontare l'impegno dell'analisi dei dati all'LHC. Questo scopo è stato perseguito a vari livelli: con il proprio progetto speciale INFN-GRID (vedi paragrafo 3.8) e con i numerosi progetti in collaborazione sia italiani (ad es. FRIB Grid.it) sia europei, rivolti alla costruzione di una Grid europea per la ricerca, come DataGrid, Egeel, II, III ed ora alla sua gestione sostenibile con l'*European Grid Initiative* (EGI) ed il progetto EGI InSPIRE e allo sviluppo e consolidamento di un middleware europeo open con il progetto *European Middleware Initiative* -EMI (vedi paragrafo 3.9).

La Grid dell'INFN, insieme con altre Grid italiane e con la collaborazione con altri enti, consorzi e università sta evolvendo verso l'*Italian Grid Infrastructure* come nuova organizzazione autonoma che sarà parte integrante dell'*European Grid Infrastructure* e potrà meglio favorire l'adozione di queste tecnologiche all'interno di tutto il settore pubblico fungendo da motore d'innovazione, grazie alle sue attività collaborative a livello internazionale. Nell'ambito di IGI l'INFN continuerà a svolgere un ruolo leader nel settore, grazie alla lunga, consolidata e riconosciuta esperienza. Per ogni ulteriore dettaglio si rimanda ai citati paragrafi 3.8 e 3.9.

4.4 PROFILI FINANZIARI DELLE NUOVE INFRASTRUTTURE DI RICERCA

SUPERB

Come descritto precedentemente, il Progetto SuperB ha come obiettivo la costruzione di un collisore e+e- per la fisica fondamentale con una luminosità cento volte superiore a quella raggiunta finora, e con la possibilità di produrre luce di sincrotrone pulsata ad alta brillantezza.

Il progetto si inquadra in un programma di rafforzamento e di rilancio dell'eccellenza maturata in Italia nello sviluppo di nuovi acceleratori che si afferma sempre più come settore strategico per l'innovazione con applicazioni in settori multidisciplinari. Le intensità necessarie al raggiungimento degli obiettivi scientifici sono infatti rese possibili grazie all'impiego innovativo di nano-fasci di elettroni e positroni. Le conoscenze per la produzione e controllo dei nano-fasci sono state sviluppate da ricercatori italiani e dimostrate in esperimenti eseguiti ai Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN nel corso del 2008.

Nel seguito viene descritto una scaletta temporale del Progetto SuperB ed una stima dei costi.

Tab. 4.4: Scaletta temporale del Progetto SuperB e stima dei costi	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Sviluppo Acceleratore (130 M€) Costruzioni infrastrutture. sviluppo damping rings. sviluppo transfer lines messa in funzione Linac, damping lines, transfer lines, costruzioni facility end-user	20	50	60							
Sviluppo centri Calcolo (43 M€) Sviluppo progettazione costruzione centro di calcolo per analisi dati	5	15	23							
Completamento acceleratore (126 M€) Installazione componenti negli archi acceleratore, installazione zona interazione, messa in funzione acceleratore				42	42	42				
Utilizzo installazione (80 M€) Costi operazione e manutenzione acceleratore							20	20	20	20
Totale infrastrutture tecniche (379 M€)	25	65	83	42	42	42	20	20	20	20
Overheads INFN (34.3 M€ equivalente al 9%)	2.3	5.9	7.5	3.8	3.8	3.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Cofinanziamento INFN (150 M€)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Costo Totale del progetto (563.3 M€)	42.3	85.9	105.5	60.8	60.8	60.8	36.8	36.8	36.8	36.8

Scaletta temporale del Progetto SuperB

Nelle due tabelle che seguono sono riassunti i profili temporali indicativi per la costruzione dell'acceleratore SuperB e dell'esperimento che verrà installato sull'acceleratore.

Descrizione delle fasi di attività e del relativo finanziamento

Nella tabella seguente si riassumono sinteticamente le risorse finanziarie totali richieste su un decennio, relative ai sei anni di costruzione e ai successivi di operazione dell'infrastruttura in milioni di euro:

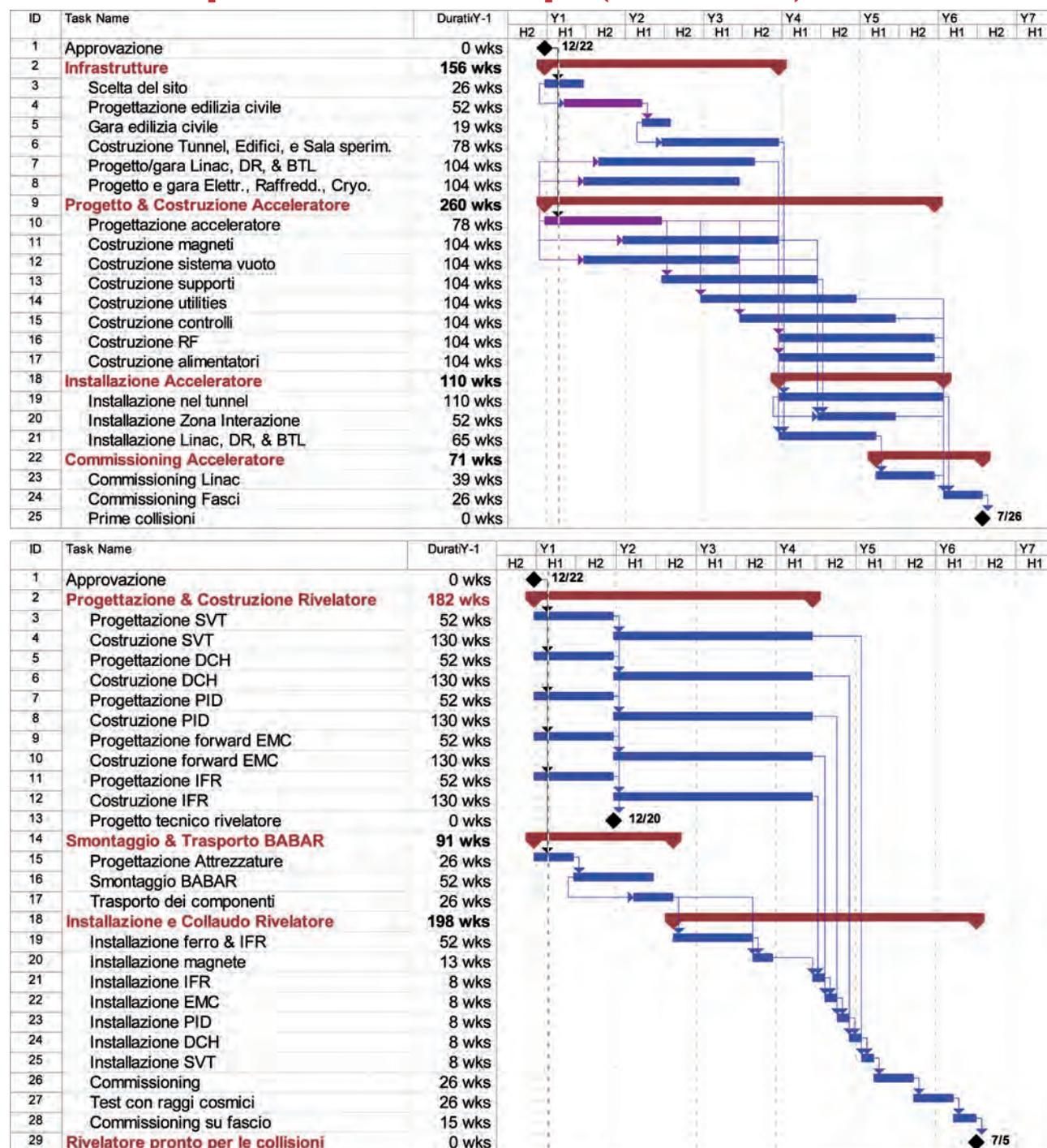
La parte dei costi relativi all'infrastruttura necessaria per la sperimentazione dell'IIT non è compresa nella tabella.

Parte dei costi di operazione potrebbero essere coperti da accordi su Large Scale Facilities europee nell'ambito dell'VIII Programma Quadro (FP8) o mediante accordi specifici bilaterali in un'ottica di reciprocità con l'impegno italiano in altre infrastrutture di ricerca europee.

Copertura finanziaria

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare copre le spese del progetto esecutivo e le spese delle risorse umane dei

Tab. 4.5: risorse finanziarie totali richieste su un decennio, relative ai sei anni di costruzione e ai successivi di operazione dell'infrastruttura SuperB (in milioni di euro).



profili tecnico, amministrativo, tecnologo e ricercatore per la progettazione e costruzione della SuperB e dei centri di calcolo ad esso connessi nonché delle infrastrutture tecnologiche necessarie alla prototipizzazione degli elementi dell'acceleratore. Inoltre si occupa della formazione di giovani laureati e dottorati con competenze specifiche nel settore degli acceleratori.

Il personale dell'Istituto direttamente coinvolto stimabile in circa 75 ricercatori e tecnologi, 65 tecnici e 10 amministrativi all'anno. Includendo anche una valutazione dei costi di mantenimento delle strutture tecnologiche di supporto coinvolte, il supporto dell'Istituto globale valutabile in circa 15 Milioni di Euro annui per l'intera durata del progetto per un totale di circa 150 Milioni di Euro nell'arco temporale dei dieci anni complessivi di durata che si aggiungono a quelli richiesti per la realizzazione materiale del progetto. I fondi indicati come overheads saranno principalmente dedicati ad un programma di formazione di giovani da inserire sia nella ricerca sugli acceleratori che negli sviluppi tecnologici ad essa collegati valutabile in circa centoventi unit ed in un programma di ospitalità di esperti internazionali chiamati a collaborare al progetto.

Ulteriori fonti di cofinanziamento potranno essere negoziate per la fase II, come già accennato, e per la fase III nell'ambito di MOU internazionali concernenti l'utilizzazione dell'infrastruttura.

KM3NET

Obiettivo del progetto

Come visto precedentemente, il progetto prevede la costruzione ed installazione presso il sito di Capo Passero, ad una profondità di 3500 metri sotto il livello del mare ed una distanza dalla costa di circa 80 km, di un rivelatore composto da 80 torri.

L'assemblaggio e la realizzazione dei componenti del rivelatore avverrà su 3 siti di integrazione.

Le voci che riguardano il personale, il potenziamento delle infrastrutture e la contingenza, rappresentano l'impegno di cofinanziamento di responsabilità INFN negli anni indicati. Per la voce relativa al rivelatore, sono in corso trattative con la Regione Sicilia, la cui precedente amministrazione aveva espresso all'INFN una disponibilità per un finanziamento vicino all'intera somma prevista da questa voce.

Tab. 4.6: Scala temporale del progetto

	2010				2011				2012				2013				2014				2015			
	I	II	III	IV																				
Prototipi	■				■																			
Progetto	■				■				■															
Gare									■				■											
Forniture									■				■											
Assemblaggio													■				■							
Posa													■				■							
Presenza dati																	■							

Tab. 4.7: Flusso di spesa

	2010				2011				2012				2013				2014				2015				Totale
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Rivelatore									15 MC				20 MC				15 MC				5 MC				55 MC
Contingenza																					5 MC				5 MC
Potenziamento infrastrutture					1.5 MC				3.5 MC																5 Me
Personale					1 MC				1 MC				1 MC				1 MC				1 MC				5 MC
Totale					2.5 MC				19.5 MC				21 MC				16 MC				11 MC				70 MC

GRID

Come descritto in 4.3 il progetto Grid sta evolvendo verso IGI, l'Italian Grid Infrastructure. Le attività della nuova organizzazione legale IGI saranno realizzate all'interno di unità tecniche di cui sono state stimate le necessità di personale sulla base delle attività svolte oggi dai partner della Joint Research Unit e riportate nella tabella seguente. Una descrizione dettagliata delle attività e dei fabbisogni finanziari è contenuta nel documento IGI: organizzazione, attività e finanziamento allegato (in corso di finalizzazione). In una fase iniziale la nuova organizzazione IGI sarà avviata come una struttura all'interno dell'INFN, dotata di grande autonomia gestionale, che assumerà progressivamente la responsabilità della gestione ed evoluzione dei servizi grid d'interesse generale ora forniti da INFN-GRID e dagli altri partners della JRU.

Il costo unitario del personale è stato così stimato: 54 contratti per il personale delle unità (51200 euro/anno/persona lordi) e 6 contratti per personale senior per il coordinamento delle unità (80000 euro/anno/persona lordi). Il valore medio (pesato) del costo dei contratti risulta quindi di 54000 euro/anno/persona lordi. Alla spesa per il salario del personale si aggiunge una quota fissa ("overhead"), stimata forfettariamente nel 30% del salario, che comprende

le spese accessorie necessarie per l'ambiente di lavoro del personale (cancelleria, ufficio, calcolatori, assicurazioni, etc.). L'importo richiesto per le missioni sarà utilizzato per le missioni nazionali ed internazionali per la partecipazione a riunioni (sia interne che di coordinamento con altri progetti, soprattutto a livello europeo), workshop, conferenze, eventi di training e disseminazione che sono fondamentali per il successo della infrastruttura Grid distribuita di IGI.

I calcolatori necessari per i servizi (che comprendono sia i servizi grid 'core' sia i test bed per lo sviluppo e la certificazione del middleware), attualmente ammontano a 290 unità; attualmente questi sono forniti e mantenuti dall'INFN. In futuro saranno gradualmente sostituiti con nuovi calcolatori (il 25% ogni anno) con i fondi di IGI.

È stato previsto un contributo per le spese di funzionamento e gestione delle due sedi principali che ospiteranno i servizi ed il personale di IGI; questo comprende un contributo per l'affitto dei locali, le spese di climatizzazione, energia elettrica, pulizia, e tutti i servizi accessori necessari.

Tab. 4.8: Attività e personale per le varie Unità di IGI (sintesi)

Unità	Risorse umane permanenti necessarie	Risorse umane temporanee necessarie
Supporto agli utenti	5	0,2
Gestione operativa	21	4,0
Ricerca e pianificazione	8	0
Release Middleware	5	0,5
Formazione	5	0
Porting applicazioni	4	0,5
Gestione amministrativa e pubbliche relazioni	5	0
Coordinamento Unità	6	0
TOTALE	60	5,2
TOTALE FTE richiesti	60	0

Tab. 4.9: Costi (K€) di IGI, suddivisi per anno, a partire dal 2011.

Anno	2011	2012	2013	2014
Personale (FTE)	60	60	60	60
Personale costo unitario	54	54	54	54
Over-head (30%)	16,2	16,2	16,2	16,2
Missioni	6	6	6	6
Totale personale (salario +overhead +missioni)	4572	4572	4572	4572
contrib. spese gestione per 2 sedi	100	100	110	110
HW per servizi	200	200	200	200
Materiale per disseminazione, training, eventi, licenze	200	200	200	200
TOTALE	5072	5072	5082	5082

Cooperazione e accordi con enti ed organismi nazionali ed internazionali

V CAPITOLO

L'attività dell'Istituto si svolge, in misura significativa, in collaborazione con altri soggetti nazionali ed internazionali, pubblici e privati. Il ricorso a forme di collaborazione da parte dell'Istituto costituisce un aspetto importante della sua attività, derivante naturalmente dall'interdisciplinarietà di alcuni settori scientifici e dalla necessità di condividere le risorse disponibili; il ricorso a forme di collaborazione costituisce inoltre una modalità tramite la quale rendere disponibili all'esterno i risultati delle attività svolte e utilizzarli in settori differenti da quelli istituzionali.

I livelli di eccellenza raggiunti dall'Istituto nei settori istituzionali e in quelli complementari (calcolo, GRID, ecc.) hanno permesso l'attivazione di importanti collaborazioni, in ambito locale, nazionale e internazionale, nelle quali l'Istituto ha un ruolo di capofila o comunque presta di regola un apporto significativo.

Per la sua rilevanza verranno trattate separatamente le collaborazioni con le Università e le collaborazioni internazionali nonché, in ossequio al dettato legislativo, quelle relative alla partecipazione a Consorzi, Fondazioni, Società ed Organismi associativi. In questa parte verranno pertanto sinteticamente trattate le principali collaborazioni con altri enti nazionali, distinguendo tra enti di ricerca ed altri enti.

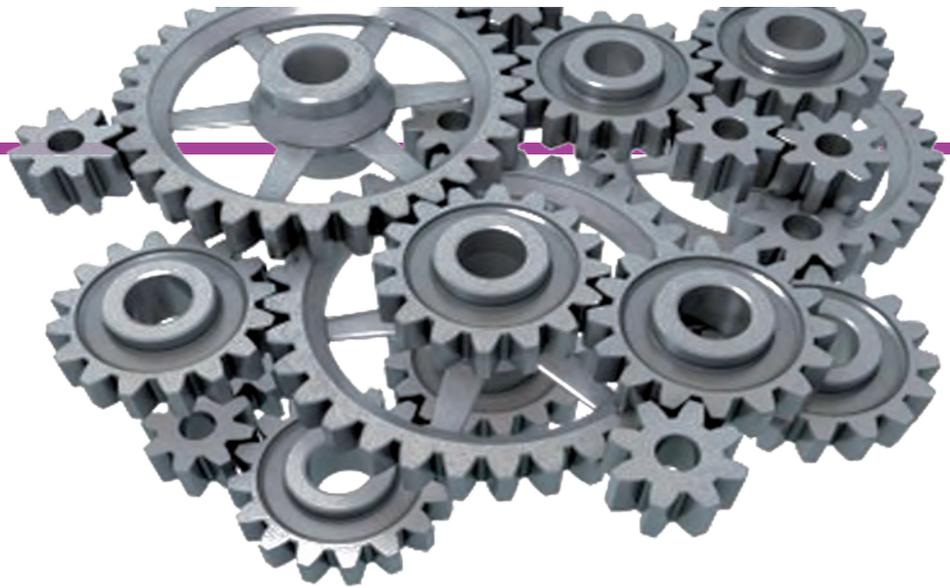
5.1 LE COLLABORAZIONI E GLI ACCORDI NAZIONALI

L'Istituto da tempo intrattiene rapporti di collaborazione con i principali enti pubblici nazionali di ricerca (CNR, ENEA, ASI, INGV, Sincrotrone Trieste e INAF). La ricerca di base richiede spesso ingenti risorse finanziarie, umane e strumentali, nonché conoscenze e competenze specifiche, non disponibili presso una sola istituzione; il ricorso a forme di collaborazione tra enti che svolgono attività di ricerca in settori affini o contigui, sia pur in parte, consente ad entrambi di ripartire i costi e di utilizzare le risorse strumentali e le competenze dell'altro, permettendo così lo svolgimento di attività altrimenti non eseguibili e la partecipazione a grandi collaborazioni nazionali e internazionali.

La necessità di coordinare le attività reciproche in settori di comune interesse ha condotto da tempo alla stipula di apposite Convenzioni Quadro con i principali enti pubblici di ricerca nazionali; queste convenzioni, basate sul riconoscimento del comune interesse ad attivare iniziative comuni, a loro volta regolate da specifici accordi, hanno la funzione di agevolare l'attivazione fornendo strumenti operativi dedicati; la partecipazione dell'Istituto a collaborazioni con altri EPR (e non solo) ha spesso consentito – come detto – la realizzazione di iniziative comuni con risultati altamente positivi, altrimenti non ottenibili, a vantaggio delle comunità scientifiche di riferimento e, in diversi casi, più ampie.

Collaborazioni specifiche e progetti congiunti con altri enti sono stati descritti anche in dettaglio nei paragrafi precedenti, in particolare nei paragrafi da 3.8 a 3.11. Qui si ribadiscono alcuni degli esempi più significativi.

Vale la pena citare la collaborazione SPARX, realizzata congiuntamente al CNR e all'ENEA, finalizzata alla realizzazione di un laser ad elettroni liberi suscettibile di trovare applicazione in diversi settori quali la genetica, la biologia, o la collaborazione LANDIS con il CNR e relativa allo sviluppo di strumentazione portatile per indagini non distruttive al settore dei Beni Culturali.



Particolarmente importanti, per le risorse utilizzate e per il respiro internazionale, sono poi le collaborazioni attivate con l'ASI e relative agli esperimenti AMS, PAMELA, FERMI, grandi collaborazioni internazionali, rese possibili grazie anche all'apporto dell'Istituto e cui partecipano diversi enti di ricerca italiani, coordinati tra loro.

Con l'INGV sono attive collaborazioni finalizzate al monitoraggio sismico di alcune zone del territorio nazionale, in particolare presso i LNGS, e sono state attivate iniziative comuni che hanno condotto, nell'ambito dell'iniziativa denominata PEGASO, alla realizzazione di una infrastruttura suscettibile di utilizzo in ambito marino ad elevate profondità con pochi paragoni a livello mondiale.

L'Istituto è altresì capofila della collaborazione IGI (Italian Grid Infrastructure) – cui partecipano tra i vari il CNR, l'ENEA, l'INGV, l'INAF, la Sincrotrone Trieste, l'Università di Napoli Federico II e l'Università della Calabria, i Consorzi COMETA e COSMOLAB – finalizzata alla realizzazione di una infrastruttura di Grid nazionale che partecipi e assicuri il collegamento con l'infrastruttura Europea di Grid (*European Grid Infrastructure*), settore nel quale l'INFN ha una riconosciuta eccellenza.

L'iniziativa ha ricevuto nell'ultimo anno nuovo impulso grazie anche al ruolo assicurato dall'Istituto che ha ricevuto dal Ministero un finanziamento per "l'avvio attività del programma internazionale IGI/EGI".

L'apporto fornito all'iniziativa dall'Istituto, in termini di competenze e di risorse di calcolo, rappresenta un contributo fondamentale di cui potranno beneficiare utenti di diverse discipline scientifiche ulteriori rispetto a quelle degli enti partecipanti.

L'Istituto inoltre rivolge una particolare attenzione alla formazione scientifica e alla diffusione della cultura nei settori istituzionali e, in tale ambito, sostiene, anche

finanziariamente, le attività svolte dalla Società Italiana di Fisica e dalla Società Italiana di Relatività Generale e di Fisica della Gravitazione.

È anche grazie a rapporti di collaborazione che si sono svolte attività di diffusione della cultura scientifica, quale la mostra "Astri e Particelle" - già ospitata presso il Palazzo delle Esposizioni a Roma e la Città della Scienza a Napoli e in via di sistemazione presso il Museo della Fisica e dell'Astrofisica a Teramo -, vista da oltre 180.000 visitatori e realizzata insieme ad ASI e INAF, e il progetto EEE, in collaborazione con il Centro Fermi, rivolto agli studenti delle scuole secondarie superiori dove riscuote un interesse crescente.

Il ricorso a forme di collaborazione costituisce – come già anticipato – una modalità di azione tramite la quale rendere disponibili all'esterno i risultati delle attività svolte. L'Istituto, infatti, nello svolgimento delle sue attività ha sviluppato conoscenze e competenze suscettibili di trovare utilizzo in ulteriori settori, quali la medicina, l'energia e i Beni Culturali, attivando al riguardo diverse collaborazioni che hanno condotto a importanti realizzazioni.

In ambito medico l'Istituto ha prestato un apporto fondamentale per la realizzazione del sincrotrone CNAO a Pavia per il trattamento di patologie oncologiche con fasci di particelle – sperimentato con successo e oramai entrato nella fase di sperimentazione clinica – e, in collaborazione con l'Ospedale Galliera di Genova, di un biosuscettometro per la misurazione non invasiva del ferro nel corpo umano, risultato vincitore del concorso INVENTION patrocinato da "Il Sole 24 ore"; a Catania presso i LNS, è attivo, in collaborazione con l'Università di Catania e la locale Azienda Ospedaliera, il progetto CATANA per il trattamento con fasci di particelle di

alcuni tumori oculari e, a Pavia una collaborazione con la SOGIN e la locale Università per la ricerca nel campo dei radio farmaci.

I livelli di eccellenza raggiunti in ambito medico hanno condotto alla definizione di Accordi Quadro di Collaborazione – con il Ministero della Salute, la Regione Sicilia e la Fondazione IRCCS Istituto Nazionale dei Tumori di Milano – basati sul riconoscimento dell'importanza delle applicazioni della fisica di base alla medicina e alla salute, da un lato, e alla disponibilità presso l'Istituto di conoscenze e competenze suscettibili di trovare applicazione al mondo della medicina, in particolare al campo dell'Imaging morfologico e della Radioterapia, dall'altro.

Nel settore dell'energia è attiva una Convenzione, del tipo "Quadro", con l'Ansaldo Nucleare e l'Istituto partecipa al Consorzio RFX per lo sviluppo dell'energia nucleare. Nel settore dei Beni Culturali infine, oltre alla citata collaborazione con il CNR, è attivo il LABEC, in collaborazione con l'Università di Firenze, che ad oggi costituisce un punto di riferimento nell'applicazione delle tecnologie proprie della fisica delle particelle al settore dell'analisi, conservazione e restauro di Beni Culturali; l'Istituto inoltre è socio fondatore della Società COIRICH, per la realizzazione di una Infrastruttura distribuita per la ricerca multidisciplinare nel settore della conservazione e restauro dei Beni Culturali.

L'Istituto infine, Ente di Ricerca a carattere nazionale, è presente con le sue strutture di ricerca in numerose Regioni italiane e ha attivato collaborazioni con gli enti locali preposti.

Quello regionale infatti, allo snodo tra locale e nazionale, costituisce l'ambito ideale per attivare iniziative concrete di crescita del territorio di concerto con le Regioni e gli altri enti locali, istituzionalmente preposti.

Alle citate collaborazioni SPARX, che vede il coinvolgimento anche della Regione Lazio, e nel settore medicale con la Regione Sicilia, si aggiungono altre collaborazioni attivate con la Regione Abruzzo, in tema di Alta Formazione, e con la Regione Piemonte, in tema di formazione alla ricerca, nonché con enti locali della Regione Veneto, in tema di diffusione della cultura scientifica; l'Istituto infine ha allestito e gestisce il Museo della Fisica e dell'Astrofisica in Teramo, in collaborazione con il locale Comune.

Segue nelle tabelle da 5.1 a 5.8 un elenco delle

Tab. 5.1: Convenzioni con le Università

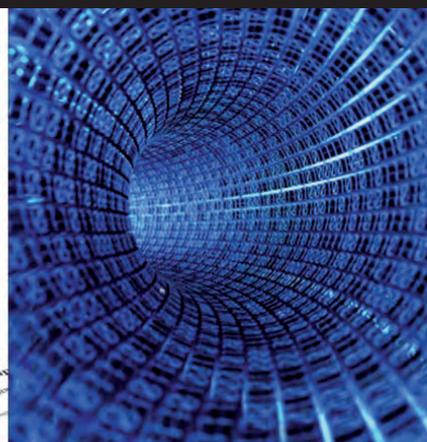
Università di Bari	Sezione
Università di Bologna	Sezione
Università di Bologna	CNAF
Università di Cagliari	Sezione
Università di Catania	Sezione
Università di Ferrara	Sezione
Università di Firenze	Sezione
Università di Genova	Sezione
Università di Lecce	Sezione
Università di Milano	Sezione
Università di Milano Bicocca	Sezione
Università di Napoli Federico II	Sezione
Università di Padova	Sezione
Università di Pavia	Sezione
Università di Perugia	Sezione
Università di Pisa	Sezione
Università di Roma La Sapienza	Sezione
Università di Roma Tor Vergata	Sezione
Università di Roma TRE	Sezione
Università di Torino	Sezione
Università di Trieste	Sezione
Università di Roma Tor Vergata	Lab. Nazionali di Frascati
Università dell'Aquila	Lab. Nazionali del Gran Sasso
Università di Padova	Lab. Nazionali di Legnaro
Università di Catania	Lab. Nazionali del Sud
Università di Brescia	Gruppo collegato a Sez. Pavia
Università di Cosenza	Gruppo collegato a Lab. Naz. Frascati
Università dell'Aquila	Gruppo collegato a Lab. Naz. Gran Sasso
Università di Messina	Gruppo collegato a Sez. Catania
Università di Parma	Gruppo collegato a Sez. Milano Bicocca
Università del Piemonte Orientale	Gruppo collegato a Sez. Torino
Università Salerno	Gruppo collegato a Sez. Napoli
Università di Siena	Gruppo collegato a Sez. Pisa
Università di Trento	Gruppo collegato a Sez. Padova
Università di Udine	Gruppo collegato a Sez. Trieste
Istituto Superiore di Sanità	Gruppo Collegato a Sez. Roma
Politecnico di Bari	Collaborazione Quadro (Sez. Bari)
Università di Bergamo	Collaborazione Quadro (Sez. Pavia)
Università di Camerino	Collaborazione Quadro (Sez. Perugia)
Politecnico di Milano	Collaborazione Quadro (Sez. Milano)
Univ. di Modena e Reggio Emilia	Collaborazione Quadro (Sez. Bologna)
Università di Roma La Sapienza (Dip.to Energetica)	Laboratori Nazionali di Frascati
Scuola Int. Superiore Studi Avanzati	Collaborazione Quadro
Scuola Normale Superiore Pisa	Collaborazione Quadro (Sez. Pisa)
Politecnico di Torino	Collaborazione Quadro (Sez. Torino)
Università di Urbino	Collaborazione Quadro (Sez. Firenze)
Seconda Università di Napoli	Collaborazione Quadro (Sez. Napoli)
Università di Napoli Parthenope	Collaborazione Quadro (Sez. Napoli)

Tab. 5.2: Convenzioni con Enti Pubblici di Ricerca

Agenzia Spaziale Italiana	Collaborazione Quadro
Agenzia Spaziale Italiana	Progetto AMS
Agenzia Spaziale Italiana	Progetto LISA/PATHFINDER
ASI (Durata Progetto)	Progetto AMS
Consiglio Nazionale delle Ricerche	Collaborazione Quadro
CNR	Progetto LANDIS (LNS)
CNR-INFN	Progetto SPARC (LNF)
CNR, INGV, Un.tà Bologna, Ferrara e Modena e Reggio	Infrastruttura GRID/Cloud Regione Emilia Romagna DUCK
CNR, ENEA, Un.tà Tor Vergata, MIUR, Regione Lazio	Progetto SPARX
CNR, ENEA, INGV, INAF, Sincrotrone Trieste, Un.tà Federico II, Un.tà Calabria, COMETA, COSMOLAB, etc	Collaborazione IGI (Italian Grid Infrastructure)
CNR, ENEA, Un.tà Tor Vergata	Convenzione per costituzione Società Consortile
Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente	Collaborazione Quadro
Istituto Nazionale di Astrofisica	Collaborazione Quadro
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	Collaborazione Quadro
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	Stazione Interferometrica del Gran Sasso (LNGS)
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	Gestione e utilizzo infrastruttura PEGASO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	Realizzazione di una stazione di monitoraggio geofisico e ambientale presso il test site sottomarino dei LNS
Sincrotrone Trieste	Collaborazione Quadro
Fondazione Ettore Majorana	Collaborazione
Fondazione CCR "Venaria Reale"	Collaborazione (TO)
Regione Piemonte	Progetto Neu-ART (TO)
ICRANET	Collaborazione Quadro (RM)
DAISY-Net	Collaborazione Quadro ICT (BA)
Centro Geotecnologie Università Siena	Collaborazione (FE)
Istituto Zooprofilattico delle Venezie	Collaborazione (LNL)

Tab. 5.3: Convenzioni con altri Enti

Ansaldo Nucleare	Collaborazione Quadro
Fondazione CNAO	Collaborazione Quadro Adroterapia Oncologica
Fondazione CNAO	Accordo attuativo acceleratore CNAO
CERN, Fondazione CNAO	Conoscenze acceleratore CNAO
Fondazione CNAO, EBG Medaustrom	Collaborazione Adroterapia oncologica
Univ.tà Catania, Policlinico di Catania, CSFNSM	Protonterapia (Progetto CATANA) (LNS)
MSFCRSR "Enrico Fermi"	Progetto EEE
Ospedale Galliera	Biosusciometrometro MID (GE)
CNR, ESA, ENEA, LAIT (Regione Lazio)	Progetto MEGALAB (LNF RM2)
Diversi Enti (Bando MSE)	PROGETTO SLIMPORT (PD)
CNAF, Consortium GARR	Memorandum Understanding DANTE
AIF-CNR-INFN, Un.tà Padova, Comune di Padova e la DGUSR per il Veneto	Mostra Sperimentando (PD-LNL)
SOGIN, Università Pavia	Radio farmaci
Società Italiana di Fisica	Collaborazione Quadro
Società Italiana Relatività Generale Fisica della Gravitazione	Collaborazione Quadro



Tab. 5.4: Convenzioni/rapporti con enti locali

Provincia Autonoma di Trento/FBK	Collaborazione Quadro
Provincia Autonoma di Trento - FBK	Progetto MEMS2
Provincia Autonoma di Trento -FBK	Progetto AURORA
Regione Abruzzo	Alta Formazione (LNGS)
Comune di Teramo	Museo Fisica e Astrofisica
Regione Piemonte, CNR, INRIM, ENEA	Alta Formazione (TO)
Regione Toscana (Bando Regionale)	Progetto TEMART (FI-LABEC)
Regione Toscana (Bando Regionale)	Progetto ISAV (PI)
Regione Toscana (Bando Regionale)	Progetto Geologia e Radioattività Naturale (FE)
Regions Sicilia	Collaborazione settore medicale
Consorzio Area Ricerca Scientifica e Tecnologica di Trieste	Progetto SISTER (TS)

Tab. 5.5: Medicina

Fondazione CNAO	Collaborazione Quadro Adroterapia Oncologica
Fondazione CNAO	Accordo attuativo acceleratore CNAO
CERN, Fondazione CNAO	Conoscenze acceleratore CNAO
Fondazione CNAO, EBG Medaustrom	Collaborazione Adroterapia oncologica
Univ.tà Catania, Policlinico di Catania, CSFNSM	Protonterapia (Progetto CATANA) (LNS)
Ospedale Galliera	Biosuscettometro MID (GE)
SOGIN, Università Pavia	Ricerca radio farmaci
Fondazione IRCCS Istituto Nazionale Tumori	Collaborazione Radioterapia, Adroterapia, Brachiterapia, Dosimetria Clinica
Regione Sicilia	Applicazioni di fisica particellare e nucleare alla medicina
Ministero Salute	Applicazioni di fisica particellare e nucleare alla medicina

Tab. 5.6: Beni culturali

CNR	Progetto LANDIS (LNS)
Fondazione CCR "Venaria Reale"	Collaborazione (TO)
Regione Piemonte	Progetto Neu-ART (TO)
Regione Toscana (Bando Regionale)	Progetto TEMART (FI-LABEC)
CNR, Un.tà Tor Vergata, e di Milano Bicocca, Politecnico Milano e altri	Collaborazione SCarl COIRICH

Tab. 5.7: GRID-ICT

CNR, ENEA, INGV, INAF, Sincrotrone Trieste, Un.tà Federico II, Un.tà Calabria, COMETA, COSMOLAB, etc	Collaborazione IGI (ItalianGridInfrastructure)
DAISY-Net	Collaborazione Quadro ICT (BA)
CNR, ESA, ENEA, LAIT (Regione Lazio)	Progetto MEGALAB (LNF, RM2)
CNAF, Consortium GARR	Memorandum Understanding DANTE
CNR, INGV, Un.tà Bologna, Ferrara, Modena e Reggio Emilia e altri	Collaborazione Grid/Cloud Regione Emilia Romagna DUCK

Tab. 5.8: Formazione e diffusione della cultura scientifica

Società Italiana di Fisica	Collaborazione Quadro
Società Italiana Relatività Generale Fisica della Gravitazione	Collaborazione Quadro
MSFCSR "Enrico Fermi"	Collaborazione
AIF-CNR-INFN, Un.tà Padova, Comune di Padova e la DGUSR per il Veneto	Mostra Sperimentando (PD, LNL)
Regione Abruzzo	Alta Formazione (LNGS)
Comune di Teramo	Museo Fisica e Astrofisica
Regione Piemonte, CNR, INRIM, ENEA	Alta Formazione (TO)

collaborazioni e degli accordi e delle convenzioni in atto.

Accordi e convenzioni

1. Convenzioni con le Università

2. Convenzioni con enti pubblici di ricerca

3. Convenzioni con altri enti

4. Convenzioni/rapporti Enti locali

5. Medicina

6. Beni culturali

7. GRID-ICT

8. Formazione diffusione Cultura Scientifica

Particolarmente importante, anche per le ricadute sul territorio, è poi la collaborazione con la Provincia Autonoma di Trento e con la Fondazione Bruno Kessler che ha prodotto le collaborazioni MEMS, in tema di microsistemi innovativi, e AURORA, in tema di supercalcolo, collaborazioni attivate in settori nei quali l'INFN riveste posizioni di assoluta eccellenza e alle quali presta un contributo insostituibile.

Diverse sono poi le collaborazioni finalizzate ad attività di trasferimento tecnologico, realizzate da consorzi ricerche a carattere regionale, cui l'Istituto partecipa e di cui si darà conto nel seguito.

5.2 LA PARTECIPAZIONE A CONSORZI, A SOCIETÀ, A FONDAZIONI

Alcune collaborazioni dell'Istituto si sono tradotte nella costituzione e nella partecipazione a organismi associativi, di cui segue l'elenco:

Consorzio Catania Ricerche: Consorzio al quale l'INFN aderisce dal giugno 1988; soci consorziati sono l'Università di Catania, il CNR, l'INFN, la Camera di Commercio, Industria, Artigianato di Catania, la SIFI s.p.a. e la A.A.T.

Al momento il Consorzio, al quale l'Istituto partecipa esclusivamente con servizi e competenze, è impegnato in diversi progetti: TestPEP FP7-SME-2008-2-243791 (2010-2013); SCOOP – Italian Solar Concentration technologies for Photovoltaic systems - Industria 2015 Bando Efficienza Energetica (2009-2011); LAST-POWER - Large Area silicon carbide Substrates and heteroepitaxial GaN for POWER device applications e nei prossimi tre anni si prevede di svolgere e portare a termine i programmi di ricerca approvati e presentare nuove proposte di progetti di ricerca su bandi nazionali, regionali, europei. In ogni caso sono stati già approvati diversi progetti per il triennio 2011-2013 e cioè:

“B.R.I.D.G. Economies- Business Relays for Innovation and Development of Growing Economies (2011-2012)”; Progetto TestPEP FP7-SME-2008-2-243791 (2010-2013); Progetto SCOOP – Italian Solar Concentration technologies for Photovoltaic systems - Industria 2015 Bando Efficienza Energetica (2009-2011); Progetto LAST-POWER - Large Area silicon carbide Substrates and heteroepitaxial GaN for POWER device applications, ENIAC, Sub-programme (2010-2012).

Sono state altresì presentate proposte di progetto su bandi PON e POR ancora in fase di valutazione.

L'ultimo bilancio, relativo all'anno 2009, si è chiuso con una perdita d'esercizio pari a €112.374.

Informazioni più precise sul Consorzio e sulla sua attività sono reperibili alla pagina www.ccr.unict.it.

Consorzio Milano Ricerche: Consorzio al quale l'INFN aderisce dal giugno 1988; soci consorziati sono il CNR, l'INFN, l'Università Cattolica del Sacro Cuore, l'Università di Milano, l'Università di Milano Bicocca e la Fondazione Museo Nazionale della Scienza e Tecnica “Leonardo da Vinci”, oltre a undici soci industriali tra i quali l'IBM e la Pirelli. Al momento il Consorzio è impegnato nel progetto SMELLER per monitoraggio emissione veicoli in tempo reale e sono in fase di avvio 2 progetti su energetica (settore smartGRID e controllo/ottimizzazione MicroGRID) Partecipa inoltre a diversi progetti nel settore ICT applicati a sicurezza e ambiente.

I Programmi di attività del Consorzio si concentreranno nell'effettuare ricerche sulle metodologie di trasferimento tecnologico, attività di promozione e sostegno di attività di ricerca in comune tra Università, EPR, Imprese e P.A. trasferimento di know-how verso piccole e medie imprese. Nel prossimo triennio l'attività del Consorzio si svolgerà tramite la partecipazione a progetti e bandi, nazionali ed internazionali sui settori che riguardano: ICT, Salute e Biotecnologie, Beni Culturali, tecnologia Aeronautica, Settore Agroalimentare.

L'ultimo bilancio, relativo all'anno 2010, si è chiuso con un piccolo utile d'esercizio pari a €6.736.

Informazioni più precise sono reperibili alla pagina web www.milanoricerche.it.

Consorzio Roma Ricerche: Consorzio al quale l'INFN aderisce dal luglio 1989; soci consorziati sono le tre università romane, la LUISS, il CNR, l'ENEA, l'INFN, la Camera di Commercio di Roma, l'Unicredit, la Finmeccanica e la Tecnopolo s.p.a.

Il Consorzio è impegnato in attività di Trasferimento Tecnologico, e in particolare nelle attività previste dal

P.O.R. 2007-2013; nei prossimi tre anni si prevede lo sviluppo di Poli per l'Innovazione Tecnologica alle Imprese Industriali nonché supporto alla creazione di laboratori di ricerca industriali pubblico/privati e la partecipazione ai Bandi di R&D e Trasferimento Tecnologico in ambito Comunitario, nazionale e regionale.

L'obiettivo è quello di sostenere la competitività delle Imprese industriali, in particolare PMI, attraverso la realizzazione di progetti di Innovazione e Trasferimento Tecnologico e la creazione di un Polo per la Ricerca industriale e lo sviluppo tecnologico.

L'ultimo bilancio, relativo all'anno 2009, si è chiuso con una perdita d'esercizio pari a euro 8.472.

Informazioni più dettagliate sono reperibili alla pagina www.romaricerche.it.

Società Consortile Pisa Ricerche p.a.: costituito in forma di consorzio in data 9 marzo 1987 e al quale l'INFN aderisce sin dalla sua costituzione; i soci sono università (Università di Pisa, Scuola Normale di Pisa e la Scuola Superiore S. Anna), enti pubblici di ricerca (INFN, CNR ed ENEA), enti territoriali (Regione Toscana, Provincia e Comune di Pisa, Comune di San Giuliano Terme) e aziende private, quali Finmeccanica, Piaggio, Avio e altre. La Società opera nel settore del trasferimento tecnologico e svolge attività di valutazione di tecnologie, individuazione di metodologie, realizzazione di prototipi e studi di fattibilità per l'industria. Partecipa a programmi di ricerca regionali, nazionale e comunitari e fornisce supporto a piccole medie aziende delle regione del centro Italia tramite il programma Competitiveness Innovation Programme della Commissione Europea.

Nel prossimo triennio si prevede attività di ricerca applicata nei settori di competenza (quali informatica, ingegneria dell'informazione, microelettronica, ingegneria strutturale, fluidodinamica, energia e ambiente) e più in generale trasferimento tecnologico per le imprese con l'obiettivo di supportare le aziende locali e nazionali per la creazione di valore industriale avvalendosi delle competenze delle Università ed primari Enti di Ricerca. Il Bilancio 2009 si è chiuso con un utile d'esercizio pari a € 22.283,00.

Informazioni più precise sono reperibili all'indirizzo www.cpr.it.

Consorzio Criospazio Ricerche: Consorzio di ricerca del quale l'INFN fa parte dal gennaio 1990; soci consorziati sono le Università di Trento e di Padova, l'INFN, la Camera di Commercio di Trento e la Fondazione Cassa di Risparmio di Trento e Rovereto.

Il Consorzio è attualmente impegnato nelle attività relative al Progetto LISA-Pathfinder; le attività in corso riguardano il test dell'hardware, il disegno delle operazioni, l'effettuazione delle stesse e lo sviluppo dell'analisi dati. La durata del Consorzio è stata recentemente prorogata sino al 31 dicembre 2013 per completare il Progetto LISA-Pathfinder, una missione dell'ESA di cui il direttore del Consorzio è il Principal Investigator. Il lancio della missione è previsto per la fine del 2013. La missione è il precursore tecnologico dell'osservatorio di onde gravitazionali LISA.

Obiettivo del Consorzio nel prossimo triennio è supportare il lavoro di ricerca dei soci, segnatamente il gruppo di Trento nel condurre la missione spaziale fino al lancio.

Il bilancio consuntivo 2010 si è chiuso con un utile netto pari a € 3.044.

Fondazione CNAO: alla quale l'Istituto partecipa, in qualità di partecipante istituzionale, dal febbraio 2004. Ne fanno parte, in qualità di Fondatori, il Policlinico Mangiagalli e Regina Elena di Milano, il Policlinico San Matteo di Pavia, l'Istituto Oncologico Europeo, l'Istituto Neurologico C. Besta, l'Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura dei Tumori e la Fondazione TERA di Novara; altri Partecipanti istituzionali sono il Politecnico e l'Università di Milano, l'Università e il Comune di Pavia. Aderisce alla Fondazione, in qualità di Partecipante, anche la Fondazione CARIPLO.

La Fondazione ha il compito di realizzare e gestire il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica e al momento è impegnata nella qualificazione fisico-radiobiologica dei fasci di adroni e, quanto all'INFN, nella messa a punto degli acceleratori e negli aspetti di radiobiologia. Poi l'attività si concentrerà sugli aspetti di ricerca radiobiologica e messa a punto della linea sperimentale.

Nei prossimi tre anni il programma di attività consiste nella sperimentazione dei trattamenti di adroterapia, secondo i protocolli e le modalità definite e già approvate dal Ministero della Salute, a seguito del quale prenderà avvio la fase di gestione (trattamenti e ricerca) del CNAO. L'obiettivo è di chiudere la fase di sperimentazione fisico-radiobiologica-clinica entro i primi 18 mesi (con il trattamento di 230 pazienti) e successivamente iniziare i trattamenti di routine. Avviare, a partire dal 2012, la linea di ricerca con fasci di adroni nella sala sperimentale dedicata.

L'ultimo bilancio disponibile si è chiuso con un risultato d'esercizio pari a zero.

Notizie più precise sui partecipanti e sulle attività della

Fondazione CNAO sono reperibili alla pagina web www.cnao.it.

Consorzio Ferrara Ricerche: Consorzio del quale l'INFN fa parte dal marzo 2005 e al quale aderiscono, oltre all'INFN, l'Università di Ferrara tramite la Fondazione Universitaria Nicolò Copernico, la Azienda Ospedaliera Univ.à "Sant'Anna", la Azienda Unità Sanitaria Locale di Ferrara la Provincia e il Comune di Ferrara, e imprese private (Hera S.p.A. e la Berco S.p.A.).

Il Consorzio è attualmente impegnato in numerosi progetti di ricerca in ambito nazionale, europeo ed internazionale che coinvolgono diversi ambiti scientifici, tra cui quello della salute (scienze mediche, farmaceutiche, biologiche, etc.) e quello delle scienze tecniche (fisica, ingegneria, architettura).

Per il prossimo triennio i programmi di attività prevedono ancora attività di supporto e promozione della ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico, ponendosi come interlocutore privilegiato per Università, Centri di Ricerca, Enti Pubblici, Imprese Industriali, in Italia e all'estero, favorendo l'incontro tra i generatori di know how, le organizzazioni industriali ed il mondo del lavoro.

Nel prossimo triennio l'obiettivo è di consolidare e migliorare i risultati conseguiti nel triennio precedente sia in tema di partecipazione a progetti di ricerca, sia nell'organizzazione di eventi ad esse collegati.

Il bilancio 2009 si è chiuso con un utile d'esercizio pari a € 45.668,00.

Informazioni più precise sono reperibili alla pagina web www.consorzioferrararicerche.it.

Consorzio COMETA: Consorzio costituito nel febbraio 2005 in risposta all'avviso pubblico MIUR 1575/2004 (P.O.N. 2000-2006) e del quale l'INFN fa parte fin dalla sua costituzione. Soci del Consorzio sono le Università di Catania, Messina e Palermo, l'INFN, l'INAF, il CNR, l'INGV e il Consorzio S.C.I.R.E. È anch'esso uno dei partner della collaborazione IGI (Italian Grid Infrastructure).

Attualmente il Consorzio è coinvolto nelle attività di diffusione del paradigma della Grid sia a livello nazionale che internazionale, attraverso un'intensa attività di training. Ha, inoltre, partecipato ad un bando PON 2007/2013 ASSE I "Interventi a sostegno della ricerca industriale" con un progetto denominato PAPRICA che coinvolge più di 40 soggetti pubblici e privati e di cui si aspetta l'esito. È in corso l'attività di concertazione con altri Enti per la partecipazione al bando PON e

R&C "Distretti tecnologici e relative reti" e "Laboratori pubblico-privati e relative reti", per la costituzione di distretti nel campo della bio-medicina, dei beni culturali e dell'industria tecnologica. Inoltre ha presentato diversi progetti nell'ambito della linea di intervento 4.1.1.1 del POR FESR Sicilia 2007-2013.

Per il prossimo triennio Il Consorzio porterà avanti le attività di ricerca legate a 4 progetti per cui ha ricevuto finanziamenti dalla U.E. ed ad 1 progetto che rientra nelle azioni "Industria 2015". Tali progetti sono legati ad attività di ricerca nel campo della salute, dei beni culturali e dell'innovazione industriale della mobilità sostenibile.

L'obiettivo è di offrire sia al settore pubblico che a quello privato, oltre alle notevoli capacità di hardware anche supporto specifico alle applicazioni, agli utenti, nonché formazione specifica. I benefici attesi sono principalmente due: 1) Integrazione con il territorio siciliano partecipando ad attività capaci di valorizzare i servizi offerti dal Consorzio; 2) Incrementare le proprie competenze specifiche nel settore in cui opera.

Il bilancio relativo all'anno 2009 si è chiuso con una perdita d'esercizio pari a euro 925.374,95, dovuta sostanzialmente all'ammortamento d'esercizio e interamente coperta dal fondo riserva.

Notizie più dettagliate sul consorzio possono essere rintracciate alla pagina web: www.consorzio-cometa.it.

Consorzio CYBERSAR: denominazione esatta è "Consorzio Cybersar per il Supercalcolo, la modellistica computazionale e la gestione di grandi database". Costituisce la continuazione del Consorzio COSMOLAB, costituito in risposta all'Avviso MIUR 1574/2004 e del quale l'INFN fa parte fin dalla sua costituzione nel febbraio 2005, al pari del Consorzio COMETA. Ne fanno parte, oltre all'Istituto, le Università di Cagliari e Sassari, l'INAF, il CRS4, la TISCALI Italia srl e la NICE srl. È uno dei partner della collaborazione IGI nell'ambito del quale al momento svolge le sua attività.

Per il prossimo triennio è prevista la realizzazione di progetti di ricerca nell'ambito del supercalcolo, della modellistica computazionale e della gestione di grandi database, in particolare in ambito GRID (con la partecipazione all'iniziativa di Grid Italiana (IGI)), Cloud Computing e Digital Library.

L'obiettivo è di incrementare la partecipazione, come proponenti, partner tecnologici o fornitori di servizi, a progetti di ricerca finanziati su fondi pubblici (in particolare della EU e regionali). Collaborare con imprese (in particolare regionali) in progetti di innovazione tecnologica.

Il bilancio d'esercizio 2009 si è chiuso con una perdita d'esercizio pari a €507,00 con l'inserimento delle imposte di competenza dell'esercizio.

Informazioni più precise sul consorzio e sulla sua attività sono reperibili alla pagina www.cybersar.com.

Consorzio RFX: Consorzio del quale l'INFN fa parte dal gennaio 2006; gli altri soci consorziati sono il CNR, l'ENEA, l'Università di Padova e la Acciaierie Venete s.p.a.

Le attività del Consorzio si inquadrano nell'ambito del Progetto ITER e al momento nello studio sperimentale dei plasmi per la fusione termonucleare controllata, utilizzando la macchina RFX al massimo della sua potenzialità, e nella partecipazione al progetto internazionale ITER per la fusione realizzando a Padova la Test-Facility per l'iniezione di un fascio di atomi neutri, NBI, nel plasma della macchina. Attualmente il Consorzio è impegnato nella manutenzione della macchina RFX e della strumentazione relativa e in campagne sperimentali con la macchina; per ITER il Consorzio sta procedendo alla realizzazione delle infrastrutture che ospiteranno la test facility. Nell'ambito delle attività del Consorzio l'INFN è particolarmente impegnato nello sviluppo di un prototipo della sorgente e nello studio della dinamica dei fasci della test facility.

Per il prossimo triennio si prevede di proseguire la collaborazione relativa alla partecipazione al programma europeo sulla fusione termonucleare controllata mediante il pieno utilizzo della macchina RFX e la partecipazione al progetto ITER, realizzando a Padova la TEST FACILITY per lo sviluppo dell'iniettore di neutri NBI e della sorgente di ioni relativa. L'obiettivo è di procedere alla sperimentazione alla macchina RFX al massimo delle sue potenzialità, al completamento delle infrastrutture per ospitare la test facility; e all'approvvigionamento dei materiali e della strumentazione per il NBI. L'ultimo bilancio d'esercizio, relativo all'anno 2009, si è chiuso con un disavanzo di esercizio pari a 653.444 euro. Informazioni più precise sono reperibili alla pagina web www.igi.cnr.it.

CRDC Nuove Tecnologie per le Attività Produttive S.C.ar.l.: Società consortile della quale l'INFN fa parte dal maggio 2007; gli altri soci sono le Università di Napoli "Federico II", la Seconda Università di Napoli e la Parthenope, nonché l'Università di Salerno, l'Università del Sannio, il CNR e l'ENEA.

L'attività che la Società si propone di svolgere è di ricerca pre-competitiva ed applicata, trasferimento tecnologico

e spin-off, formazione nei settori dell'elettronica, dell'energia e dei materiali.

Nel prossimo triennio si prevede di intraprendere iniziative idonee allo sviluppo di un centro regionale per l'innovazione di prodotto e di processo a beneficio principale, anche se non esclusivo, delle piccole e medie imprese.

Gli obiettivi sono il trasferimento tecnologico, i servizi e la formazione nei settori dell'ingegneria industriale, con particolare riferimento all'innovazione di prodotto e di processo, in aree tecnologiche quali elettronica, energia e materiali.

Il bilancio 2009 registra un utile d'esercizio pari a € 3.155,00.

Consorzio per l'Incremento degli Studi e delle Ricerche dei Dipartimenti di Fisica dell'Università di Trieste: Consorzio costituito dal Ministero e del quale fanno altresì parte l'Università di Trieste, la SISSA, l'ENEA, la Sincrotrone Trieste, il CNR, l'INAF, l'ICPT l'OGS, la Provincia e il Comune di Trieste e la Camera di Commercio di Trieste. È munito di personalità giuridica pubblica.

Il Consorzio sostiene iniziative di Enti di ricerca del territorio locale sulle ricerche in fisica. Sostiene finanziariamente il Collegio per la Fisica L. Fonda (borse di studio a favore di studenti iscritti alle Facoltà scientifiche dell'Università di Trieste). Convenzione con l'Area Science Park (borsa di dottorato di Ricerca in Nanotecnologie, in collaborazione con la Sincrotrone).

Nel prossimo triennio si prevede di continuare quanto iniziato negli anni precedenti, soprattutto rispondendo alle esigenze scientifiche degli Enti di ricerca del territorio locale sulle ricerche in fisica.

Il Consorzio è attualmente impegnato in due progetti (per le Nanotecnologie e sulla Criptografia quantistica) e nel Sexten Center for Astrophysics.

Il bilancio d'esercizio 2009 si è chiuso con un avanzo d'amministrazione pari a € 440.535,69.

CoRICH - Italian Research Infrastructure for Cultural Heritage - S.C.ar.l.: Società consortile costituita nel settembre 2010 e della quale fanno parte il Consiglio Nazionale delle Ricerche, l'Università di Roma Tor Vergata, il Politecnico di Milano, l'Università di Milano Bicocca e due Società private (KANSO srl e EFM srl).

La recente costituzione della Società non consente ad oggi indicazioni su di piani di attività: il Comitato tecnico scientifico sta predisponendo i piani di lavoro, coordinando le competenze dei partner anche in vista della partecipazione a bandi regionali, nazionali ed

europei per analisi di materiali e strutture, datazioni, di manufatti di interesse storico, artistico, archeologico.

Obiettivo è realizzare una struttura distribuita di ricerca per la conservazione e analisi del patrimonio culturale; assicurare agli enti di tutela accesso alla strumentazione dei laboratori della struttura; intensificare lo scambio di know-how; promuovere iniziative di diffusione e pubblicizzazione; in particolare, l'INFN sarà impegnato in attività relative ad analisi composizionali di manufatti artistici con tecniche nucleari, e in datazioni di reperti storici e archeologici col metodo del radiocarbonio, utilizzando la Spettrometria di Massa con Acceleratore.

L'INFN inoltre, insieme alla Fondazione CRUI, il CNR e l'ENEA, fa parte in qualità di socio promotore dell'Associazione Consortium GARR, (www.garr.it), costituita con il compito di gestire e implementare la rete di telecomunicazioni a larga banda per la comunità scientifica e accademica italiana.

Partecipa inoltre all'Associazione "Festival della Scienza", organismo senza scopo di lucro finalizzato alla promozione, valorizzazione e divulgazione della cultura scientifica e tecnologica, con particolare attenzione alle risorse scientifiche e tecnologiche della Regione Liguria; ne fanno altresì parte l'Università di Genova, il CNR e altri enti, territoriali e non.

5.3 LE COLLABORAZIONI E GLI ACCORDI INTERNAZIONALI

L'INFN, per la natura delle ricerche che promuove e coordina, è inserito in un contesto di collaborazioni internazionali.

Più specificamente:

- collabora a esperimenti nei maggiori centri di ricerca europei e mondiali;
- adotta convenzioni, a carattere scientifico e per la diffusione della cultura scientifica, con istituzioni estere;
- finanzia l'ospitalità, presso le proprie strutture, di ricercatori stranieri con appositi fondi (Fondo Affari Internazionali);
- finanzia programmi di borse di studio per lo scambio di ricercatori.

Gli ultimi due punti saranno trattati in dettaglio nel paragrafo 7.6.

È in ragione della natura internazionale della collaborazione scientifica nel campo della fisica, che

è improprio operare una netta distinzione tra attività interna e internazionale dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. La gran parte della attività scientifica promossa e condotta dall'Istituto si svolge infatti nell'ambito di collaborazioni internazionali, sia presso laboratori stranieri e internazionali, sia presso proprie strutture, che includono scienziati di tutto il mondo.

Ciò premesso, è possibile tuttavia identificare i casi in cui tale collaborazione assume particolare rilevanza distinguendo tra attività svolta all'estero e attività svolta in Italia.

Nel primo caso, merita certamente massimo rilievo l'attività condotta dall'Istituto presso il CERN di Ginevra. L'Italia è tra i paesi fondatori del Laboratorio europeo e, per tramite dell'INFN, è tuttora uno dei membri più attivi. È significativo al riguardo che presso il Laboratorio operano gruppi di ricerca INFN, per complessivi circa 1000 ricercatori, impegnati in tutti gli esperimenti condotti con la macchina LHC (CMS, ATLAS, ALICE, LHCb).

Ciò detto, l'Istituto è anche molto impegnato nelle attività sperimentali che si svolgono presso altri grandi Laboratori all'estero quali, per citarne alcuni: FERMI LAB, SLAC, BNL, e TJNAF (Stati Uniti); PNPI, BINP e JINR (Federazione Russa); CIAE e IHEP (Cina); RIKEN e KEK (Giappone); BARC (India), DESY e GSI (Germania); ESRF (Francia), ecc.

In Italia, la collaborazione internazionale è soprattutto concentrata presso i quattro Laboratori Nazionali dell'Istituto dove sono in funzione, e a disposizione della comunità scientifica, i più grossi apparati sperimentali. E così, presso i Laboratori Nazionali di Frascati, sulla macchina DAFNE, citiamo gli esperimenti KLOE, FINUDA e DEAR. Presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, particolare menzione va fatta per gli esperimenti BOREXINO, CUORE, ICARUS, LVD, DAMA e per il progetto CNGS (CERN Neutrinos to Gran Sasso). Ai Laboratori Nazionali di Legnaro le attività sperimentali utilizzano il complesso di acceleratori TANDEM e ALPI, mentre ai Laboratori Nazionali del Sud è in funzione il moderno Ciclotrone Superconduttore. Tra le attività svolte in Italia si rammenta anche che a Cascina, nei pressi di Pisa, è in funzione l'antenna interferometrica VIRGO, che costituisce un rilevante progetto condotto in joint-venture con il CNRS-IN2P3 francese.

A complemento delle informazioni si fornisce in tabella 5.9 un elenco delle Istituzioni scientifiche straniere, e relativi paesi, con le quali l'INFN ha concluso nel tempo

Tab. 5.9: Accordi di collaborazione scientifica internazionale

Armenia	State Committee of Science of the Ministry of Education and Science
Argentina	Comision Nacional de Energia Atomica (CNEA)
Australia	Melbourne University
Belgio	Ion Beam Applications (IBA) International Association for the promotion of cooperation with scientists from the New Independent States of the former Soviet Union (INTAS)
Brasile	Università Statale di Campinas Università di S. Paolo
Bulgaria	Institute of Nuclear Research and Nuclear Energy (INRNE)
Canada	Canada's National Laboratory for Particle and Nuclear Physics (TRIUMF)
Rep. Ceca	Czech Academy of Sciences
Corea del Sud	Research Institute of Basic Science (RIBS), Seoul
Cina	China Institute of Atomic Energy (CIAE), Beijing Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing Institute of High Energy Physics (IHEP), Beijing National Natural Science Foundation of China (NSFC) South East University of Nanjing (SEU), Nanchino
Francia	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Paris Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3), Paris
Germania	Deutsches Elektronen Synchrotron (DESY), Amburgo Gesellschaft f�r Schwerionenforschung (GSI), Darmstadt Max-Planck Gesellschaft zur F�rderung der Wissenschaften, Monaco
Giappone	Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN), Tokyo National Laboratory for High Energy Physics (KEK) Nagoya University, Nagoya Institute for Chemical Research (ICR), Kyoto University Japan Aerospace Exploitation Agency (JAXA) Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)
Grecia	University of Athens University of Crete University of Ioannina University of Patras University of Thessaloniki National Center for Scientific Research (NCSR) "Demokritos" National Technical University of Athens Foundation of Research and Technology (FORTH)
India	Bhabha Atomic Research Center – BARC
Israele	Israel Commission for High Energy Physics (ICHEP)
Polonia	H. Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics in Krakow (INPK), Cracovia
Regno Unito	Particle Physics and Astronomy Research Council (PPARC)
Romania	Institutul National de C&D Centru Fizica Inginerie Nucleara (IFIN-HH)
Federazione Russa	Russian Academy of Sciences (RAS) Petersburg Nuclear Physics Institute (PNPI) Lebedev Physical Institute Budker Institute for Nuclear Physics (BINP), Novosibirsk Novosibirsk State University, Novosibirsk Moscow State Engineering Physics Institute (MEPhI) Institute for Theoretical and Experimental Physics (ITEP), Moscow Joint Institute of Nuclear Research (JINR), Dubna Russian Research Center Kurchatov Institute (RRC KI), Moscow Moscow Institute of Steel and Alloys (MISIS) Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow
Rep. Slovacca	Slovak Academy of Sciences
Spagna	Ministerio de Ciencia e Innovation, Madrid
Stati Uniti d'America	National Science Foundation (NSF) Fermi National Accelerator Laboratory (FERMILAB) Stanford Linear Accelerator Centre (SLAC) Brookhaven National Laboratory (BNL) Thomas Jefferson National Accelerator Facility (TJNAF) Massachusetts Institute of Technology (MIT) Argonne National Laboratory Laboratory of Elementary Particle Physics, Cornell University Brown University Indiana University University of California Los Angeles (UCLA)
Svizzera	European Organization for Nuclear Research (CERN), Ginevra Swiss Federal Institute of Technology (ETHZ), Zurigo Paul Scherrer Institute (PSI), Zurigo
Ucraina	National Academy of Sciences of Ukraine (NASU)

accordi di collaborazione scientifica.

L'INFN inoltre:

- partecipa a programmi europei nei settori del calcolo scientifico e della fisica nucleare;
- insieme a numerose istituzioni di ricerca dei maggiori paesi europei è fondatore di ApPEC (*Astroparticle Physics European Coordination*);
- è socio fondatore del Consorzio italo-francese “*European Gravitational Observatory*” (EGO) (Cascina-Pisa);
- è socio della “*European Science Foundation*” (ESF) di Strasburgo;
- ha propri rappresentanti nel comitato di esperti NuPECC (*Nuclear Physics European Collaboration Committee*), nel comitato scientifico PESC (*Physical and Engineering Sciences*) di ESF (*European Science Foundation*), in ICFA (*International Committee Future Accelerators*) e in ECFA (*European Committee Future Accelerators*);
- è socio della *European Association for the Promotion of Science and Technology* (EUROSCIENCE) di Strasburgo;
- è azionista, insieme al CNR ed all'INFM, dell'*European Synchrotron Radiation Facility* (ESRF) di Grenoble.

Rapporti e convenzioni con le Università

VI CAPITOLO

INFN e Università: simbiosi e sinergia

È infatti in stretta connessione con le Università che l'Istituto svolge la missione di promuovere, coordinare e condurre la ricerca nei propri settori di pertinenza e lo sviluppo delle tecnologie connesse, sempre nel contesto della collaborazione e del confronto internazionale.

È proprio da questa stretta connessione, in termini di strutture, personale e processi di formazione, che è scaturita la sinergia che ha permesso alla ricerca in fisica nucleare e subnucleare del nostro paese di raggiungere e mantenere un alto livello e una dimensione internazionale universalmente riconosciuta.

Simbiosi delle Strutture

Sono trentuno le università dove l'INFN ha proprie strutture. Le 20 Sezioni, e i loro 11 gruppi collegati (vedi tabella 6.1), hanno infatti sede presso altrettanti dipartimenti universitari e realizzano il collegamento diretto, l'integrazione, tra l'Istituto e le Università.

Con ciascuna Università è stipulata una convenzione che regola l'utilizzo di spazi, personale e attrezzature per il perseguimento delle finalità scientifiche di comune interesse (complessivamente l'INFN versa annualmente alle Università convenzionate circa 1,5 milioni di Euro come contributo alle biblioteche e alle spese di gestione delle strutture universitarie. Nel corso del 2010 sono stati finanziati 2,6 milioni di Euro per 49 borse di dottorato e 1,656 milioni di Euro per 5 posizioni a tempo indeterminato di ricercatori universitari, secondo i dettagli descritti nel seguito)

Tab. 6.1: Sezioni e gruppi collegati INFN

SEZIONI

Bari, Bologna, Cagliari, Catania, Ferrara, Firenze, Genova, Lecce, Milano, Milano Bicocca, Napoli, Padova, Pavia, Perugia, Pisa, Roma, Roma "Tor Vergata", Roma TRE, Torino e Trieste

GRUPPI COLLEGATI

Brescia, Cosenza, L'Aquila, Messina, Parma, Piemonte Orientale, Salerno, Siena, Trento, Udine e Istituto Superiore di Sanità

La perfetta integrazione delle Sezioni INFN all'interno delle Università permette di disporre "in loco" di infrastrutture (camere pulite, officine, ecc.) e di servizi tecnici (calcolo e reti, elettronica, meccanica, ecc.) di cui usufruiscono docenti, ricercatori e studenti universitari. Non di rado questa integrazione ha consentito la realizzazione di laboratori congiunti particolarmente avanzati, quale, a titolo di esempio, il LABEC, laboratorio della Sezione di Firenze, che ad oggi costituisce un punto di riferimento internazionale per la ricerca con tecniche nucleari applicata ai settori dei Beni Culturali e del monitoraggio ambientale, e il TIER1 del CNAF, installato presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Bologna, che è il più grande centro di calcolo italiano ed uno dei più importanti in



Europa, che lavora sul calcolo distribuito e rappresenta un punto di riferimento unico nel panorama italiano.

L'INFN dispone inoltre di quattro grandi laboratori nazionali e di due centri scientifici (il CNAF di Bologna ed il consorzio Ego a Casina), con sedi indipendenti al di fuori dei dipartimenti universitari. Le macchine acceleratrici e le grandi apparecchiature e infrastrutture di questi centri sono a disposizione delle Università e più in generale della comunità scientifica nazionale e internazionale.

La presenza dell'Istituto presso le Università, soprattutto, ha l'effetto di riunire la comunità dei fisici nucleari italiani e di indirizzare e coordinare la loro attività, in particolare nelle grandi collaborazioni internazionali che hanno luogo presso i più importanti laboratori di ricerca in Italia e all'estero. Le sezioni ed i Laboratori Nazionali dell'Istituto, riconosciuti centri di eccellenza nel settore della fisica di base, operando in maniera coordinata, costituiscono infatti un'organizzazione strategica che consente lo svolgimento di programmi di ricerca altrimenti non realizzabili con le risorse, finanziarie e non, delle singole Università e del sistema universitario nel suo complesso. In senso lato, l'azione di stimolo e l'opportunità offerta ai docenti, ai ricercatori e agli studenti universitari di sviluppare e partecipare ad avanzate iniziative di ricerca, di ampio respiro e dimensione, rappresentano il contributo fondamentale dell'Istituto nei confronti del mondo universitario.

Personale associato

L'INFN assimila al proprio personale dipendente circa 900 professori e ricercatori universitari (incarichi di ricerca), oltre a circa 100 tecnici universitari (incarichi di collaborazione tecnica), i quali svolgono prioritariamente la propria attività di ricerca nei settori di pertinenza dell'Ente. Questo personale – associato all'Istituto con un incarico gratuito di ricerca – ha le stesse prerogative del personale dipendente dell'INFN, in termini di accesso a strutture, strumentazione

e finanziamenti e di partecipazione alla programmazione, alla gestione e al coordinamento delle attività dell'Ente.

A questi si aggiungono circa 1100 fra professori, ricercatori e tecnici universitari (incarichi di associazione), associati solo per una frazione delle loro attività di ricerca, che hanno comunque accesso a strutture, strumenti e finanziamenti dell'Istituto.

Alta formazione

L'INFN ha interesse e vocazione a seguire, assieme all'Università, il percorso formativo verso la ricerca e l'innovazione tecnologica nel proprio campo di interesse, in particolare tramite il Dottorato di Ricerca per cui l'Ente finanzia direttamente una *quarantina* di borse per ciascun ciclo, nelle Università dove hanno sede le proprie strutture.

Complessivamente, sono associati alle attività dell'INFN oltre 1200 laureandi magistrali, dottorandi, specializzandi, borsisti e assegnisti di ricerca, che perfezionano col lavoro di tesi e di ricerca presso l'Ente la propria formazione professionale. Di essi oltre 500 sono dottorandi e circa 300 sono giovani ricercatori in formazione, in possesso di dottorato di ricerca, vincitori di contratti biennali (assegni di ricerca) dei quali una ottantina a totale carico dell'INFN e i restanti in cofinanziamento con le singole Università.

Sono numeri che testimoniano l'impegno e l'importanza attribuita loro dall'Istituto e, pur nella diversità dei ruoli, la forte interazione con le Università anche per quanto riguarda la didattica, nell'interesse reciproco e, si ritiene, dell'intero sistema Paese.

Un confronto con le informazioni disponibili nella banca dati del Ministero dell'Università e della Ricerca (MIUR) è mostrato in Tabella 6.2, prendendo l'intera Area (02) di Fisica come riferimento. :

	Laurea Magistralis				Ph. D			
	2009	2008	2007	<04-06>	2009	2008	2007	<04-06>
INFN	302	368	333	332	139	163	153	180
MIUR	785	849	854	990	n/a	351	342	388

Tab. 6.2: Laureati magistrali e dottorati che hanno svolto attività in ambito INFN, rispetto ai dati totali MIUR.

Il numero di Lauree di ambito INFN resta sostanzialmente costante, intorno al 30%, dimostrando che l'interesse per i temi di ricerca dell'Ente non è influenzato da fenomeni esterni, correlati spesso a percezioni di ridotte opportunità di lavoro. Per il Dottorato di Ricerca si può notare che, sempre rispetto all'Area di Fisica, l'INFN integra circa il 50% deidotorati, un chiaro segno del continuo interesse indotto dalle proprie attività nelle giovani generazioni. Il database MIUR è mancante di questo dato per l'anno 2009, ma verifiche a campionamento in grandi Atenei come Padova, Pisa e Roma confermano questa percentuale.

Le strutture dell'INFN – nelle Sezioni, nei Laboratori Nazionali e presso i più grandi centri di ricerca mondiali – offrono concrete opportunità a laureandi e dottorandi di inserirsi nell'ambito delle attività di eccellenza scientifica dell'Ente. I giovani sono coinvolti direttamente nei gruppi di ricerca, acquisendo competenze sulle tecniche e le metodologie di indagine che potranno essere utili anche al di fuori della ricerca accademica, nei più diversi settori dell'industria avanzata. Ricercatori e tecnologi dell'INFN contribuiscono direttamente al processo formativo degli studenti, seguendoli nella preparazione delle tesi di laurea (triennale e magistrale) e di dottorato, e tenendo insegnamenti universitari in cui portano la loro diretta esperienza di ricerca.

L'ultima rilevazione dell'apporto fornito alle attività didattiche universitarie, relativa all'anno 2006, ha fornito i dati riportati nella tabella 6.3 (sono indicati il numero di corsi svolti nei vari livelli di formazione e delle tesi seguite, da parte di personale INFN).

Tab. 6.3: Supporto alla didattica

Corsi di Laurea	139
Corsi di Dottorato	40
Corsi di Master	13
Scuole di Specializzazione	10
Tirocini di Formazione	60
Tesi di Laurea	200
Tesi di Dottorato	56

Reciprocamente, l'INFN trae beneficio da questa sua implicazione nell'alta formazione universitaria. L'attività di ricerca richiede capacità professionali altamente qualificate, risorsa non meno importante di quelle finanziarie, e le Università costituiscono la sede ideale cui attingere per assicurare la qualità e la continuità dell'attività di ricerca.

L'interesse al potenziamento delle attività, didattiche e di ricerca, delle Università è testimoniato dall'impegno dell'Istituto nell'assunzione di ricercatori universitari a tempo indeterminato. Nell'anno 2010 l'Istituto ha sottoscritto cinque convenzioni (con le Università di Bari, Pavia, Bologna, Napoli Parthenope e Genova) per l'assunzione a tempo indeterminato di altrettanti giovani ricercatori nei settori Scientifico Disciplinari di attività INFN, a dimostrazione ulteriore della profonda interazione, simbiosi come detto, tra l'Istituto e le Università.

L'INFN è presente anche nei corsi di *Master* (di primo e secondo livello), e ha attivato nel corso degli ultimi anni, assieme alle Università, numerosi corsi orientati a fornire agli studenti un'istruzione caratterizzata da un elevato potenziale applicativo, ad esempio: *Tecniche nucleari per l'Industria, l'Ambiente e i Beni culturali* (Università di Tor Vergata e La Sapienza), *Trattamenti di superficie applicati a Tecnologie Industriali* (LNL), *Complessità e sue applicazioni interdisciplinari* (Università di Pavia), *Progettazione Microelettronica* (Università di Padova), *Information Technology* (LNF), *Basi fisiche e tecnologiche dell'adroterapia e della radioterapia di precisione* (Università di Tor Vergata), *Scienze e Tecnologie degli impianti nucleari* (Università di Genova e Ansaldo Nucleare).

Questi corsi costituiscono un ponte importante tra la ricerca di base e le necessità professionali delle aziende, un processo di trasferimento tecnologico estremamente utile che l'Ente intende perseguire e ampliare attivamente nel prossimo triennio.

Il futuro quadro normativo

Sulla base del recente decreto legislativo sul Riordino degli Enti di ricerca, l'INFN nei prossimi mesi dovrà riformare il

proprio statuto e i regolamenti, che riguardano strutture e personale dell' Ente.

In questo nuovo quadro va mantenuto e rafforzato il rapporto simbiotico fra INFN e Università, in modo da renderlo ancora più sinergico.

Sono da incoraggiare, oltre a quelle già in atto, ulteriori forme di collaborazione con le Università, che prevedano in particolare la presenza dell'INFN in tutte le attività delle scuole di dottorato, dalla *governance*, alla docenza e alla supervisione delle tesi, da svolgersi anche in collaborazione con l'industria.



Piano di sviluppo delle risorse umane e finanziarie

VII CAPITOLO

7.1 LE RISORSE DI PERSONALE DELL'ISTITUTO

La distribuzione del personale dipendente a tempo indeterminato e dei relativi costi in servizio al 31-12-2010 è riassunta in tabella 7.1a. La distribuzione per profili del personale dipendente a tempo determinato in servizio al 31-12-2010 è illustrata in tabella 7.1b.

Situazione al 31 dicembre 2010

Profilo	Dotazione organica	In servizio al 1-1-2010	assunti nel corso dell'anno	in corso di assunzione	passaggi di profilo ex art. 65 CCNL	cessati nel corso dell'anno		In servizio al 31-12-2010
						n.	costo (in mil. di €)	
Dirigente I fascia	1	1				1	126.839,96	
Dirigente II fascia	1	1						1
Ricercoamatore	616	582	12	37	1	22	2.710.108,42	610
Tecnologo	247	209	29		-1	7	641.842,91	230
CTER	604	577	12			11	536.777,06	578
Operatore Tecnico	110	111				4	160.559,24	107
Ausiliario Tecnico	7	7						7
Funzionario di Amministrazione	68	61				3	146.280,68	58
Collaboratore di Amministrazione	243	233	5			2	85.947,16	236
Operatore di Amministrazione	9	7						7
	1.906	1.789	58	37	0	50	4.408.355,43	1.834

Tab. 7.1a: Distribuzione del personale dipendente a tempo indeterminato e dei costi relativi, al 31 dicembre 2010.

Personale a Tempo Determinato

Profilo	Personale in servizio al 31 dicembre 2010		2011			2012			2013		
	n.	costo	Variazioni	in servizio al 31.12.2011	costo	Variazioni	in servizio al 31.12.2012	costo	Variazioni	in servizio al 31.12.2013	costo
			n.			n.			n.		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ricercatore	26	1.239.368,26	-10	16	762.688,16		16	762.688,16	-8	8	381.344,08
Tecnologo	37	1.763.716,37	-8	29	1.382.372,29		29	1.382.372,29		29	1.382.372,29
CTER	37	1.440.115,11	-10	27	1.050.894,81		27	1.050.894,81		27	1.050.894,81
Operatore Tecnico	1	32.529,25		1	32.529,25		1	32.529,25		1	32.529,25
Ausiliario Tecnico		0,00						0,00		0	0,00
Funzionario di amministrazione		0,00						0,00		0	0,00
Collaboratore di amministrazione	1	35.185,58		1	35.185,58		1	35.185,58		1	35.185,58
Operatore di amministrazione		0,00		0	0,00			0,00		0	0,00
	102	4.510.914,57	-28	74,00	3.263.670,09		74	3.263.670,09	-8	66	2.882.326,01

Tab. 7.1b: Distribuzione per profili del personale dipendente a tempo determinato in servizio al 31-12-2010.

L'evoluzione temporale della dotazione organica e del personale in servizio è mostrata in figura 7.1. Si può notare che, a fronte di una riduzione della dotazione organica da 2014 a 1906 avvenuta nel 2005, l'Istituto ha completato le assunzioni a tempo indeterminato, coerentemente con il fabbisogno richiesto dalle proprie attività e compatibilmente con le restrizioni di legge sulle assunzioni, giungendo ora alla quasi saturazione della pianta organica. Si registra una flessione del personale in servizio per la mancata autorizzazione a procedere alle assunzioni previste nel 2010 con il budget 2009. Si noti anche l'andamento correlato relativo al personale a tempo determinato.

Il fabbisogno di personale è sostanzialmente determinato, sul piano operativo, dalla programmazione pluriennale delle imprese scientifiche a cui l'Ente partecipa a livello nazionale ed internazionale. Tali partecipazioni implicano, da un lato, la conduzione di esperimenti anche di grandi

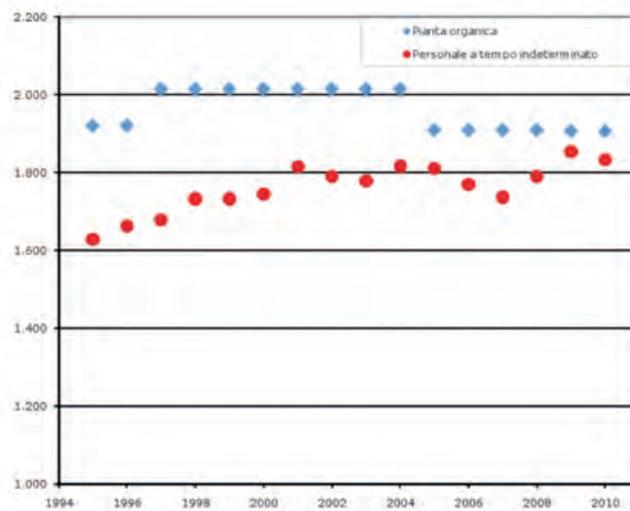
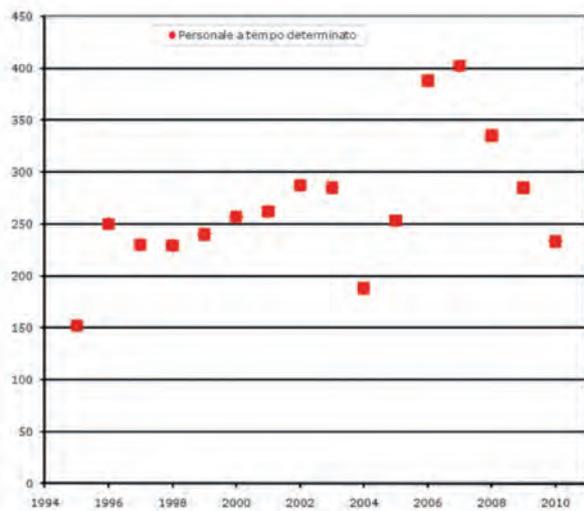


Fig. 7.1: Evoluzione temporale della pianta organica e del personale dipendente in servizio.

dimensioni presso laboratori internazionali (es. CERN) e nazionali (i quattro Laboratori Nazionali dell'Ente), e dall'altro, la realizzazione di avanzate infrastrutture tecnico-scientifiche presso i Laboratori Nazionali e in ambito europeo, in accordo con la programmazione messa in atto da ESFRI.

Sono parte di queste attività:

- La sperimentazione presso LHC al CERN: la fase di presa dati è iniziata con successo in autunno 2009 per tutti gli esperimenti a cui l'INFN partecipa. È necessario assicurare nei prossimi anni un numero adeguato di personale ricercatore e tecnologo da coinvolgere nella fase di presa ed analisi dati, sia presso il CERN che presso le sezioni, avvalendosi di centri TIER1 e TIER2 presenti sul territorio nazionale.
- Ai Laboratori Nazionali di Frascati, la conferma dei risultati sperimentali del cosiddetto crabbed waist presso l'anello DAFNE ha rafforzato l'idea progettuale del collisore denominato Super-B che avrà prestazioni 100 volte più alte di quelle presenti e vedrà la partecipazione di numerose istituzioni scientifiche fra le più qualificate a livello internazionale. Il TDR è in fase avanzata di stesura. Come ampiamente sostenuto dalla comunità scientifica internazionale, la Super-B aprirà nuove finestre di studio

dei fenomeni rari, un campo ove piccole deviazioni dalle predizioni del Modello Standard sarebbero un sicuro segno di nuova fisica.

- Presso i LNGS è continuata la fase di presa dati dedicata allo studio delle oscillazioni dei neutrini con il fascio CNGS proveniente dal CERN e con l'apparato OPERA. L'altro grande apparato, ICARUS, sta per partire con la fase di presa dati.
- Il Progetto SPES presso i LNL, dedicato alla produzione e accelerazione di nuclei instabili di prossima generazione, è in fase di realizzazione per quanto riguarda la cosiddetta fase alfa.
- Il Progetto NEMO (LNS). Continua il collaudo di un dimostratore e delle infrastrutture tecnologiche ad esso associate alle profondità marine di interesse. È in discussione la concreta possibilità di realizzare un osservatorio europeo sottomarino di neutrini da realizzare in Sicilia al largo di Capo Passero.
- Il Progetto Strategico NTA, per la ricerca e lo sviluppo nel campo di nuove tecniche di accelerazione di particelle e delle relative parti tecnologicamente critiche, continua ad essere finalizzato al supporto di linee di interesse scientifico prioritario per la programmazione a lungo termine dell'Istituto.

A dette attività si aggiungono progetti strategici di carattere

applicativo e di trasferimento tecnologico, quali ad esempio:

- Adroterapia: è in fase di qualifica e caratterizzazione a Pavia la macchina per adroterapia del progetto CNAO realizzata con il contributo determinante dell'Istituto. L'Ente ha, inoltre, avviato un importante progetto strategico denominato INFN-MED, articolato in cinque sottoprogetti fra cui quello che riguarda lo sviluppo di un nuovo avanzato *Treatment Planning System* per adroterapia basato su metodiche di calcolo tipiche della fisica nucleare e delle particelle. Questa attività è sviluppata in collaborazione con una primaria industria privata del settore.

- Ai LNF, il progetto SPARC, per ricerca e sviluppo di un laser ad elettroni liberi di nuova concezione con lunghezza d'onda di 500Å (luce gialla), ha prodotto risultati di assoluto valore internazionale. È in fase di avvio il progetto SPARX, che all'interno della linea di sviluppo tracciata con SPARC, prevede la costruzione di un laser a elettroni liberi alla frequenza dei raggi X molli.

- Il progetto INFN-GRID (CNAF) ha come obiettivo lo sviluppo e il coordinamento del *middleware* per il calcolo distribuito e la diffusione del paradigma di GRID ad altre discipline scientifiche.

- L'INFN, per conto del Governo Italiano, partecipa al progetto ITER e al Progetto IFMIF-EVEDA, occupandosi di parti estremamente critiche sul piano concettuale e tecnologico. Trattasi dei sottoprogetti NBI (*Neutral Beam Injection*, ITER) attraverso il Consorzio RFX e del sottoprogetto RFQ del quale l'INFN ha la responsabilità diretta. Quest'ultimo sottoprogetto è finalizzato allo studio dei materiali da impiegare nei reattori di fusione ed è in piena fase costruttiva.

- L'INFN, attraverso l'INFN-E, coordina progetti di R&S nel campo della produzione di energia da fissione e fusione, promuovendo la collaborazione ed il trasferimento tecnologico con l'industria del settore. In particolare il programma RIACE si occupa di temi quali: la sicurezza in ambiente nucleare, la sicurezza nei trasporti ed ai varchi, i sistemi di monitoraggio, la produzione da energia di fissione (generazione quarta, neutronica etc.) e la produzione di energia da fusione (vedi punto precedente).

La posizione di *leadership* e di eccellenza, che l'Istituto ricopre nello scenario internazionale, può essere seriamente compromessa in un futuro prossimo, se il quadro normativo che ha portato ad un serio squilibrio fra posizioni a tempo indeterminato e tempo determinato non verrà corretto rimuovendo il blocco della Pianta Organica e facendo recuperare all'Istituto sul piano finanziario almeno l'inflazione programmata a partire dal 2002. Progressivamente le spese del personale stanno erodendo di anno in anno gli investimenti in ricerca che sono passati nel periodo 2002-

2010 da 100 a 60 M€, impedendo di fatto investimenti significativi nei progetti di medio e lungo termine.

Recentemente, a seguito dell'applicazione del DM 3/12/2008, è stato emesso il bando per 37 posizioni di ricercatore che riavviano, dopo molto tempo, l'immissione in servizio di una nuova generazione di ricercatori così importante per il successo delle iniziative che l'Istituto ha in cantiere a livello nazionale ed internazionale.

Il numero di posizioni a tempo indeterminato, messe in gioco con la programmazione di cui sopra per ogni profilo e la loro temporizzazione, tiene conto di un rapporto ottimale fra le varie figure professionali necessarie allo svolgimento dei programmi e progetti descritti nel presente documento.

Il piano di assunzioni sopra descritto:

- ha l'obiettivo di inserire da un lato giovani brillanti e, dall'altro, di ottimizzare la ripartizione delle risorse umane nel territorio (sezioni, Laboratori Nazionali e CNAF) e fra le varie linee scientifiche dell'Istituto.
- contiene l'impegno di procedere all'avviamento numerico di personale disabile per i posti che si rendano disponibili nella dotazione organica a seguito di cessazione di personale appartenente a profili per il cui accesso è richiesto il solo requisito della scuola dell'obbligo.
- prevede l'assunzione di personale disabile che risulti idoneo nelle selezioni pubbliche anche in misura superiore alla riserva riferibile a ciascuna procedura

L'Istituto è altresì impegnato ad attivare le procedure concorsuali con cadenza biennale per il i livelli apicali di ciascun profilo e i passaggi a livello superiore nel profilo per il personale tecnico-amministrativo. Il numero di posti a concorso è evidenziato nelle tabelle 2.26. Il passaggio ai livelli I e II per i profili di Tecnologo e Ricercatore è attuabile con la riserva di posti al personale dipendente nei concorsi pubblici, secondo il dettato del D.Lvi150 del 2009.

Tuttavia il limite del 20% rispetto alle risorse finanziarie liberatesi per cessato servizio di dipendenti nell'anno precedente rispetto a quello di riferimento, introdotto dal D.Lvi 78/2010, riduce drasticamente l'assunzione di personale per ogni anno del triennio 2011-2013, di fatto non consentendo alcun avanzamento di carriera al personale Tecnologo e Ricercatore in servizio.

Le tabelle 7.2, 7.3, 7.4 e 7.5 illustrano rispettivamente il piano delle assunzioni e i relativi costi, le posizioni da ricoprire per le progressioni economiche e dei passaggi a livello superiore per gli anni 2011, 2012, 2013.

Anno 2011 (20% delle risorse relative alle cessazioni intervenute nell'anno precedente: € 881.671,09)

Profilo	Dotazione organica vigente al 31-12-2010	personale in servizio al 31-12-2010	assunzioni previste per il 2010 dal Piano 2010-2012 approvato dal Mur	Posti disponibili al 1-1-2011 (1-(2+3))	Rimodulazione della distribuzione dei profili nella dotazione organica			Posti disponibili (7-(2+3))	ASSUNZIONI PREVISTE		Costo complessivo assunzioni e rimodulazione dotazione organica (7+8)	Collocamenti a riposo nell'anno		personale in servizio al 31-12-2011 (2+3+9-12)		
					Variazioni		Nuova dotazione organica (1+5)		n.	costo		n.	costo		n.	costo
					n.	costo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Dirigente I fascia	1			1			1	1								
Dirigente II fascia	1	1		0			1	0						1		
Ricercatore	III II I	616	510	6		-286.008,06	610	0			-286.008,06	6	749.384,71	604		
Tecnologo	III II I	247	230	9	8	286.008,06	253	14	8	381.344,08	667.352,14	1	121.513,90	248		
CTER		604	578	15	11		604	11	10	389.220,30	389.220,30	4	157.275,48	599		
Operatore Tecnico		110	107		3		110	3				1	32.706,13	106		
Ausiliario Tecnico		7	7		0		7	0						7		
Funzionario di Amministrazione		68	58	7	3		68	3				1	39.318,87	64		
Collaboratore di Amministrazione		243	236	6	1		243	1				2	71.430,94	240		
Operatore di Amministrazione		9	7	2	0		9	0				1	29.959,72	8		
		1.906	1.834	39	33	0	1.906	33	20	865.415,25	865.415,25	16	1.201.590	1.877		

Anno 2012 (20% delle risorse relative alle cessazioni intervenute nell'anno precedente: € 240.317,95)

Profilo	Dotazione organica vigente al 31-12-2011	personale in servizio al 31-12-2011	posti disponibili 31-12-2011 (1-2)	Rimodulazione della distribuzione dei profili nella dotazione organica			Posti disponibili (6-2)	ASSUNZIONI PREVISTE		Costo complessivo assunzioni e rimodulazione dotazione organica (7+8)	Collocamenti a riposo nell'anno		personale in servizio al 31-12-2012 (2+8-11)		
				Variazioni		Nuova dotazione organica (1+4)		n.	costo		n.	costo		n.	costo
				n.	costo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Dirigente I fascia	1		1			1	1								
Dirigente II fascia	1	1	0			1							1		
Ricercatore	III II I	610	604	6		610	6					18	1.885.638,72	586	
Tecnologo	III II I	253	248	5		253	5	2	95.336,02	95.336,02	8	852.142,67	242		
CTER		604	599	5		604	5				3	117.956,61	596		
Operatore Tecnico		110	106	4		110	4						106		
Ausiliario Tecnico		7	7	0		7	0						7		
Funzionario di Amministrazione		68	64	4		68	4						64		
Collaboratore di Amministrazione		243	240	3		243	3	3	105.556,74	105.556,74			243		
Operatore di Amministrazione		9	8	1		9	1	1	32.529,25	32.529,25			9		
		1.906	1.877	29	0	1.906	29	6	233.422,01	233.422,01	29	2.855.738,00	1.854		

Anno 2013 (20% delle risorse relative alle cessazioni intervenute nell'anno precedente: € 571.147,60)

Profilo	Dotazione organica vigente al 31-12-2012	personale in servizio al 31-12-2012	posti disponibili 31-12-2012 (1-2)	Rimodulazione della distribuzione dei profili nella dotazione organica			Posti disponibili (6-2)	ASSUNZIONI PREVISTE		Costo complessivo assunzioni e rimodulazione dotazione organica (7+8)	Collocamenti a riposo nell'anno		personale in servizio al 31-12-2013 (2+8-11)		
				Variazioni		Nuova dotazione organica (1+4)		n.	costo		n.	costo		n.	costo
				n.	costo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Dirigente I fascia	1		1			1	1								
Dirigente II fascia	1	1	0			1							1		
Ricercatore	III II I	610	586	24		610	24	11	524.348,11	524.348,11	4	423.369,05	593		
Tecnologo	III II I	253	242	11		253	11				2	212.086,38	240		
CTER		604	596	8		604	8				6	232.309,82	590		
Operatore Tecnico		110	106	4		110	4				1	32.706,13	105		
Ausiliario Tecnico		7	7	0		7	0						7		
Funzionario di Amministrazione		68	64	4		68	4	1	42.973,58	42.973,58			65		
Collaboratore di Amministrazione		243	243	0		243					2	71.430,94	241		
Operatore di Amministrazione		9	9	0		9							9		
		1.906	1.854	52	0	1.906	52	12	567.321,69	567.321,69	15	971.902,32	1.851		

Assegni di Ricerca

Profilo	Personale in servizio al 31 dicembre 2010		2011			2012			2013		
	n.	costo	Variazioni	in servizio al 31.12.2011	costo	Variazioni	in servizio al 31.12.2012	costo	Variazioni	in servizio al 31.12.2013	costo
			n.	costo		n.	costo		n.	costo	n.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Assegni per la collaborazione all'attività di ricerca (art. 51 legge 449/1997)	110	2.697.472,80		110	2.697.472,80		110	2.697.472,80		110	2.697.472,80

Tab. 7.2, 7.3 7.4 e 7.5 : Programmazione delle assunzioni per gli anni 2011, 2012, 2013.

Nota: l'assunzione prevista di n. 2 tecnologi di I livello nel 2011 sarà effettuata mediante concorso pubblico con riserva del 50% dei posti al personale dipendente.

Progressioni economiche nel livello apicale (*)				
		2011	2012	2013
CTER	IV		158	
OP.TEC.	VI		54	
AUS.TEC.	VII		1	
FUNZ.AMM.	IV		7	
COLLA.AMM.	V		85	
OP.AMM.	VII		2	
			307	

(*) Ai sensi dell'art. 9, c. 21 del DL 78/2010 hanno effetto esclusivamente giuridico

Passaggi al livello superiore nel profilo				
		2011	2012	2013
CTER	IV	140		34
CTER	V	50		7
OP.TEC.	VI	9		3
OP.TEC.	VII	3		
AUS.TEC.	VIII			
FUNZ.AMM.	IV	5		1
COLL.AMM.	V	14		43
COLL.AMM.	VI	10		1
		231		89

Tab. 7.6: Numero di posti a concorso per il triennio 2011-2013, per i livelli apicali e i passaggi a livello superiore per il personale tecnico-amministrativo.

L'Istituto è impegnato, vista l'importanza e la criticità della materia, a trovare, nelle sedi istituzionali opportune, una soluzione che soddisfi le legittime aspettative del personale in servizio a tempo indeterminato tanto più oggi che le risorse finanziarie disponibili per i concorsi sono state drasticamente ridotte come sottolineato al punto precedente.

Il piano di assunzioni sopra descritto ha l'obiettivo di inserire da un lato giovani brillanti e, dall'altro, di ottimizzare la ripartizione delle risorse umane nel territorio (sezioni, Laboratori Nazionali e CNAF) e fra le varie linee scientifiche dell'Istituto.

È altresì da sottolineare che l'Istituto, alla luce dell'approvazione del MIUR, ha iniziato la fase di preparazione in vista della costruzione della Super B-Factory, aggregando una numerosa partecipazione nazionale ed internazionale già attiva nella definizione del TDR.

L'Istituto è inoltre coinvolto in un numero significativo di progetti strategici, finanziati con fondi dell'Unione Europea, delle Regioni o con interventi governativi straordinari in ottemperanza di accordi internazionali.

Tali progetti coprono attività di primario interesse nazionale e riguardano:

- Lo sviluppo dell'infrastruttura GRID e l'istituzione di IGI

- Applicazioni mediche, tra cui la partecipazione alla fase preclinica di qualifica e caratterizzazione del fascio nonché alle attività di radiobiologia del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO)
- Progetti nel campo dell'Energia, tra cui una partecipazione alla costruzione di ITER e di IFMIF-EVEDA, e problematiche connesse allo sviluppo dei reattori di quarta generazione.

Tali attività hanno richiesto e richiedono nel breve periodo l'attivazione di contratti a tempo determinato (a carico di fondi esterni) durante la fase di progettazione e costruzione, e l'inserimento graduale di un numero ragionevole di personale a tempo indeterminato, per il mantenimento di infrastrutture e del know-how tecnologico, che è quantificabile intorno a un centinaio di unità a partire dai prossimi anni.

L'Istituto è altresì impegnato ad attivare le procedure concorsuali con cadenza biennale per il I° e II° livello dei profili di ricercatore e tecnologo, i livelli apicali di ciascun profilo e i passaggi a livello superiore nel profilo per il personale tecnico-amministrativo. Il numero di posti a concorso è evidenziato nelle tabelle 7.6.

In attesa dell'applicazione delle nuove disposizioni di legge in materia di concorsi riservati al personale interno (D.vo 150/2009), l'Istituto è inoltre impegnato, vista l'importanza e la criticità della materia, a trovare, nelle sedi istituzionali opportune, una soluzione che soddisfi le legittime aspettative del personale in servizio a tempo indeterminato tanto più oggi che le risorse finanziarie disponibili per i concorsi sono state drasticamente ridotte dagli interventi legislativi del 2010. Tali interventi limitano le risorse, per gli anni 2011, 2012, 2013, al 20 % dell'ammontare degli stipendi del personale che ha cessato il servizio nell'anno precedente. Nella situazione presente di gravi carenze dell'organico, l'Istituto ha ritenuto prioritario, negli anni 2011, 2012, 2013, concentrare le risorse finanziarie disponibili per l'assunzione di nuovo personale, creando le condizioni per l'inserimento, tra l'altro, di un congruo numero di personale dipendente con contratto a tempo determinato.

7.2 LE RISORSE FINANZIARIE

Evoluzione finanziaria 1998-2010

Allo scopo di presentare un quadro significativo delle Entrate, sulle quali l'Istituto ha potuto contare, e delle conseguenti Spese, tramite le quali ha finanziato la propria attività di ricerca, è qui analizzata una serie storica di dati tratti dai Bilanci consuntivi dell'Istituto degli ultimi esercizi, rettificati con il sistema dei "prezzi costanti"; in sostanza, sono stati

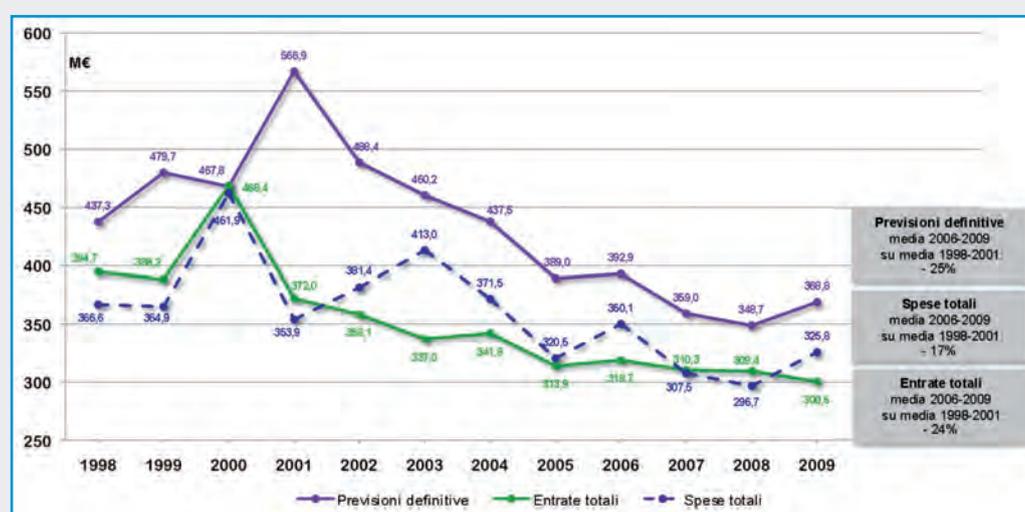
eliminati gli effetti delle variazioni del potere di acquisto della moneta per lo studio delle variazioni in volume:

- adottando un unico sistema di prezzi riferito all'anno 2009, con l'applicazione dei seguenti coefficienti (Fonte: ISTAT):

- rendendo, conseguentemente, possibile comparare nel tempo le variazioni reali intervenute attraverso una serie di grafici per le principali tipologie di andamenti, nonché traendo spunti di riflessione per i prevedibili andamenti futuri.

ANNO	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
COEFFICIENTE	1,2565	1,2370	1,2061	1,1746	1,1467	1,1192	1,0974	1,0790	1,0579	1,0400	1,0075	1,0000

“La competenza”: correlazione tra PREVISIONI, ENTRATE e SPESE TOTALI (prezzi costanti 2009 - milioni di euro)



Evidenze:

Tutti gli andamenti evidenziano sistematiche riduzioni, c.s.:

- le Previsions definitive di spesa scendono del 25,% dal periodo 1998-2001 al periodo 2006-2009, con una media annua semplice del 1,4% ed un picco di segno opposto nel 2001 per la concentrazione di spesa per costruzione apparati originariamente prevista nell'anno;
- le Entrate totali accertate si sono erose del 24% circa dal periodo 1998-2001 al periodo 2006-2009, con una media annua semplice del 2,2%; fra queste, i Trasferimenti dello Stato ordinari ed a destinazione specifica –che, negli anni, hanno costituito dal 91% al 96% delle Entrate totali-- si sono erosi del 26%, con una media annua semplice del 2,4% ed hanno avuto un picco positivo nel 2000 relativo al finanziamento straordinario per il Consorzio GARR;
- le Spese totali impegnate si connotano per un conseguente progressivo contenimento del 17% dal periodo 1998-2001 al periodo 2006-2009, con variazioni annuali molto accentuate, anche di segno opposto, sostanzialmente causate dalla riassegnazione degli Avanzi pregressi e conseguente loro utilizzo negli anni successivi rispetto all'esercizio di origine; si noti che, negli anni in cui l'utilizzo degli Avanzi pregressi è maggiore, si registra un volume di spese impegnate superiore alle entrate accertate nell'esercizio specifico (c.d. "disavanzo di competenza").

Commenti:

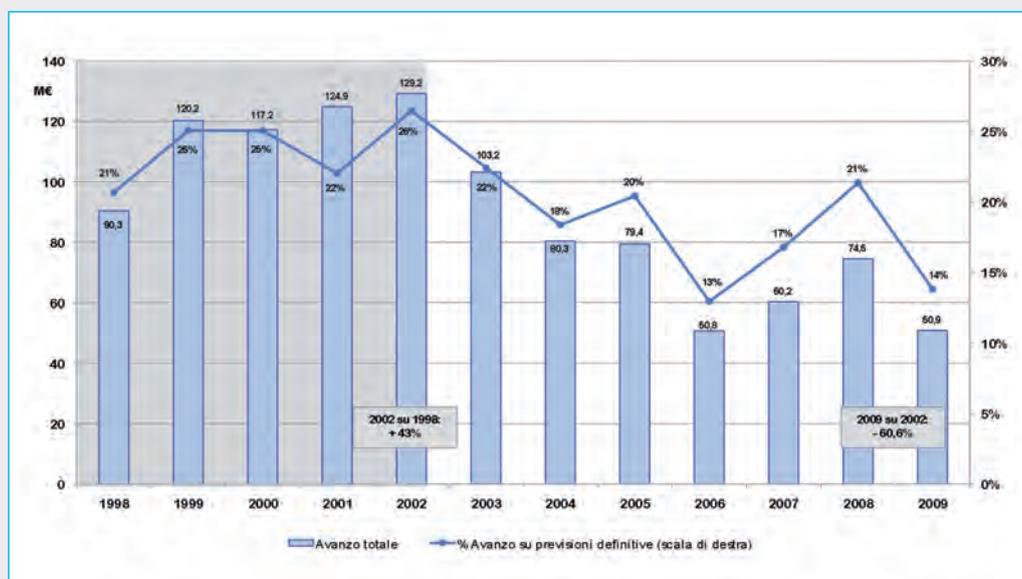
Nell'ambito dell'indubitabile sistematica riduzione di risorse, sembra emergere uno spazio temporale circa triennale nel reale impegno delle risorse disponibili per la spesa rispetto alle previsioni (picchi delle Spese totali nel 2000, 2003, 2006 e 2009), verosimilmente anche a conferma che la convenzionale "competenza" annuale sta stretta al ciclo produttivo della ricerca INFN. Il progressivo decremento di tali scostamenti trova conferma nella sistematica riduzione degli Avanzi (cfr. grafico successivo) ed è all'origine dell'esperienza, rilevata negli ultimi tre esercizi, per cui convivono:

- significativi Avanzi su diversi capitoli di spesa,
- crescenti sottostime di alcune spese obbligatorie nel Bilancio di Previsione.

Permanendo tale situazione, si renderà necessario affinare il processo previsionale, anche triennale, gradualmente basato sempre meno sulla conferma delle spese storiche e più su valutazioni ex novo dei progetti da realizzare e sul relativo timing.

L'eredità agli esercizi successivi: AVANZO DI AMMINISTRAZIONE

(prezzi costanti 2009 - milioni di euro)



Evidenze:

L'Avanzo si connota diversamente nei periodi:

- dal 1998 fino al 2002, per una crescita del 43%, conseguente il combinato effetto delle cospicue risorse disponibili nel bilancio di previsione (cfr. grafico precedente) e dei vincoli di cassa introdotti da specifici provvedimenti governativi che, necessariamente, rallentavano la spesa;
- dal 2002 fino al 2009, per una riduzione del 60,6%, sostanzialmente frutto delle corrispondenti riduzioni nelle assegnazioni del bilancio di previsione.

Rispetto alle Previsioni definitive (scala di destra), esso si mantiene nella media semplice del 21% delle Previsioni definitive, con estremi del 26% nel 2002 e 13% nel 2006; il 2009 è vicino ai minimi con il 14%.

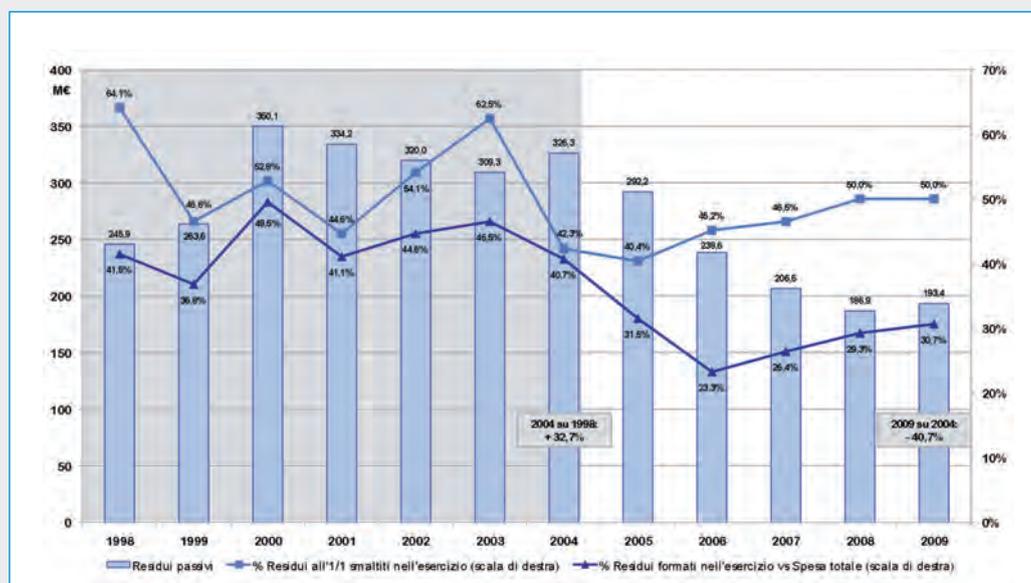
Commenti:

La dimensione dell'Avanzo si conferma essere una rilevante fonte di risorse, generata nell'esercizio di competenza e riassorbita in quelli successivi, specialmente il primo; esso dimostra quanto strutturale sia lo sfasamento temporale fra le assegnazioni "per competenza", tipiche della contabilità di Stato, e gli effettivi impieghi disposti in base ai progetti stabiliti.

La sua progressiva erosione --rilevata sia in termini assoluti sia percentuali sulle assegnazioni previsionali -- verosimilmente anticipa una situazione in cui:

- la parte giuridicamente vincolata sarà dominate, lasciando parti residuali alla libera disponibilità ad integrazione delle previsioni di competenza;
- le Previsioni di competenza dovranno essere ragionate in ottica pluriennale e non solo sull'esercizio di 12 mesi e costruite in maniera analitica per singolo esperimento, progetto, struttura di funzionamento o linea di responsabilità attuativa.

L'eredità agli esercizi successivi: RESIDUI PASSIVI (prezzi costanti 2009 - milioni di euro)



Evidenze:

I Residui passivi –dopo aver conosciuto un incremento del 32,7%, in volume, negli anni dal 1998 al 2004-- scendono del 40,7% dal 2004 al 2009; in particolare, la riduzione rilevata dal 2004 in poi si spiega per:

- l'allentamento dei limiti di cassa disposto dal Ministero, con conseguenti possibilità per l'Ente di velocizzare i pagamenti,
- la minore incidenza percentuale di quelli formati nell'esercizio rispetto alle corrispondenti Spese totali impegnate, dal 41,5% nel 1998 al 30,7% nel 2009, e comunque, mai dal di sotto del 23,3%, rilevato nel 2006;
- lo smaltimento dei residui in vita ad ogni inizio anno --mediante pagamento o cancellazione-- realizzato con picchi oltre il 60%, minimi intorno al 40% e tendenza, dal 2005 in poi, al costante aumento.

Commenti:

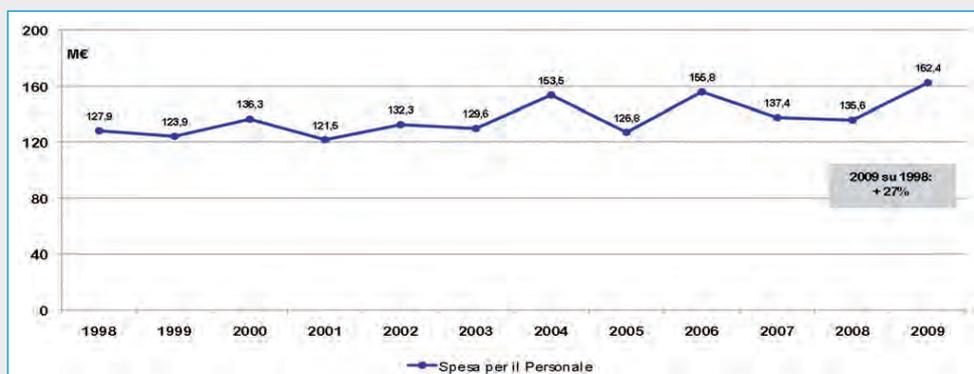
Si consideri che i residui passivi si riferiscono a impegni di spesa, in sostanza, riconducibili a tre diverse nature:

- impegni per i quali è prossimo il ricevimento del bene/servizio acquistato e, quindi, è prossimo anche il pagamento, con la relativa chiusura del residuo; in presenza di disponibilità di cassa, tali residui hanno vita breve;
- impegni per acquisti di beni durevoli e immobilizzazioni tecniche, nonché per il trattamento di fine rapporto del personale, il cui effettivo pagamento avverrà nel medio/lungo termine (in media sono il 63% del totale residui (60,6% al 31.12.2009);
- impegni su procedure in via di espletamento (inclusi i c.d. "impegni di stanziamento") per i quali, ove a fine esercizio non siano state assunte obbligazioni di spesa verso terzi, è normativamente prevista la rilevazione di un'economia di bilancio con generazione di avanzo; di fatto, essi tendono a restare in vita oltre la fine dell'esercizio.

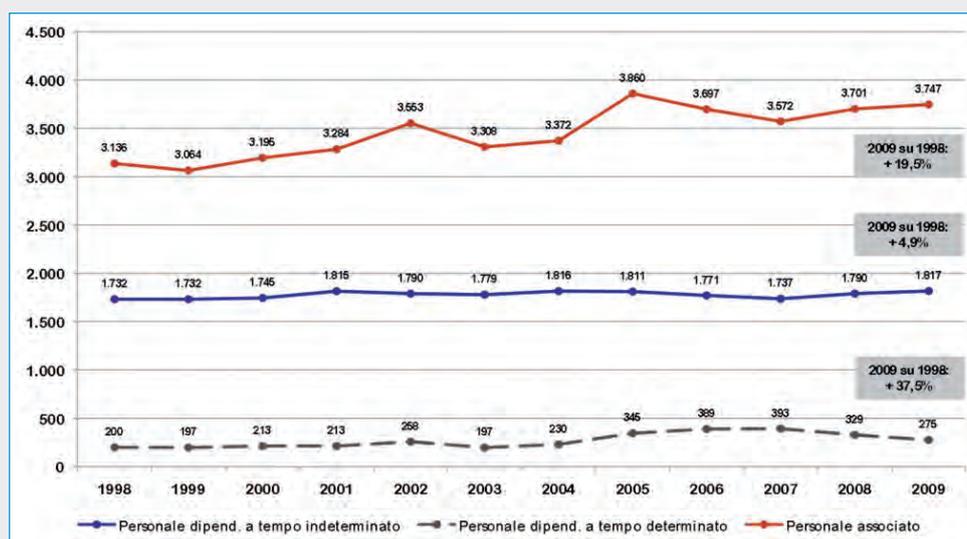
Mentre i residui di tipo a. e b. sono in tendenza fisiologici, quelli di tipo c., da un punto di vista gestionale, hanno natura logicamente riconducibile all'Avanzo; si rimanda, pertanto ai commenti presentati nella scheda precedente.

L'andamento della SPESA PER IL PERSONALE

(prezzi costanti 2009 - milioni di euro)



Numero del personale

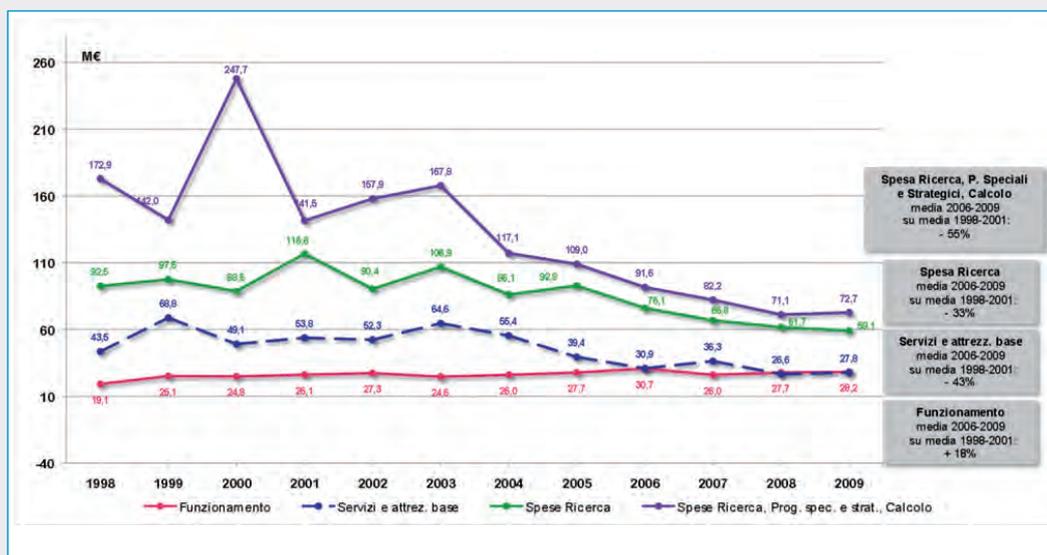


Evidenze:

- La Spesa per il Personale si è sistematicamente incrementata (+27% dal 1998 al 2009), seppure in maniera non lineare, prevalentemente a causa degli effetti retroattivi dovuti ai ritardati rinnovi del CCNL con la conseguente corresponsione di arretrati cumulativi.
- Negli anni 2006 e 2009 i picchi di spesa sono stati così rilevanti da recare effetto visibile sull'andamento della spesa totale, i cui picchi non erano altrimenti giustificati da altre spese.
- Gli incrementi rilevati originano, oltre che dai maggiori oneri introdotti dal CCNL, dalle assunzioni di nuovo personale, in gran parte finanziate con fondi diversi dai trasferimenti ordinari dello Stato; in particolare, dal 1998 al 2009, si sono rilevati i seguenti incrementi nel numero di personale rilevato al 31.12:
 - Personale a tempo indeterminato: +4,9%;
 - Personale a tempo determinato: + 37,5%;
 - Personale Associato: + 19,5%.
- L'incidenza della spesa per il personale sul totale delle spese –utilizzando le classificazioni uniformi evidenziate nei bilanci consuntivi degli anni considerati— è così salita dal 30% nel 2000 al 50% nel 2009.

La correlazione fra Spese di RICERCA, FUNZIONAMENTO e SERVIZI/ATTREZZATURE

(prezzi costanti 2009 - milioni di euro)



Evidenze:

- La Spesa per la Ricerca è qui presentata con due sintesi:
 - quella direttamente controllata dalle Commissioni scientifiche nazionali, che presenta un andamento quasi costantemente decrescente (-33% dal periodo 1998-2001 al periodo 2006-2009);
 - quella inclusiva dei Progetti strategici e speciali e del Calcolo, che, seppure registri un analogo andamento decrescente complessivo (-55% dal periodo 1998-2001 al periodo 2006-2009), evidenzia picchi in corrispondenza di specifici investimenti (ad es.: finanziamento Consorzio GARR nel 2000 e 2002).
- La Spesa per Servizi ed attrezzature di base presenta, anch'essa, un andamento decrescente (-43% dal periodo 1998-2001 al periodo 2006-2009), trattandosi di tipologie di spesa soggette a decisioni periodiche, di norma relative a forniture esterne, più facilmente comprimibili in presenza di una riduzione evidente nelle risorse disponibili.
- La Spesa per il Funzionamento presenta, invece, un andamento pressoché costantemente crescente (+18% dal periodo 1998-2001 al periodo 2006-2009) --pur applicato a valori assoluti più contenuti delle spese suddette-- corrispondentemente all'effetto di trascinamento che l'ordinaria operatività reca con sé in una pluralità di articolazioni logistiche come quelle INFN.

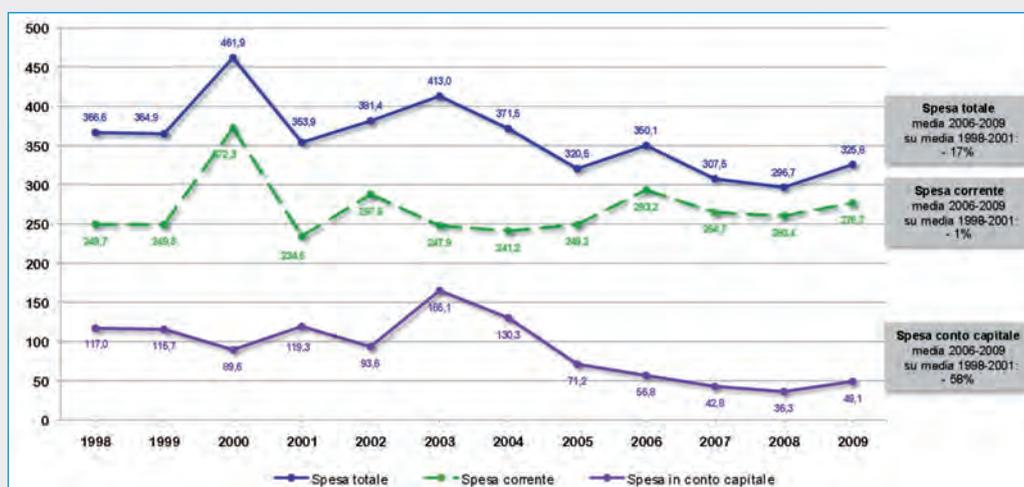
Commenti:

Qui emerge chiara la natura di spesa tendenzialmente variabile della ricerca, che sta sostenendo il carico maggiore derivante dalla compressione delle risorse complessivamente disponibili.

Per altro verso, il costante incremento della Spesa per il Funzionamento, unitamente a quello della Spesa per il Personale (scheda precedente), confermano l'esistenza di un solido trend in crescita, verosimilmente non modificabile se non mediante interventi sulle strutture e sull'organizzazione, salvo, ovviamente, incrementi nelle risorse complessivamente disponibili per l'Ente.

La correlazione fra SPESA TOTALE, SPESA CORRENTE e SPESA IN C/CAPITALE

(prezzi costanti 2009 - milioni di euro)



Evidenze:

- La Spesa in conto capitale presenta un andamento quasi costantemente decrescente (-58% dal periodo 1998-2001 al periodo 2006-2009), con picchi contrari negli anni 2001 e 2003 dipendenti dalla concentrazione della spesa per le realizzazioni in collaborazione con il CERN (LHC e Fasci neutrini ai LNGS), la costruzione di edifici necessari per ospitare nuovi esperimenti presso i Laboratori nazionali ed il progetto VIRGO.
- La Spesa corrente presenta un decremento complessivo dell'1% dal periodo 1998-2001 al periodo 2006-2009, con picchi nel 2000 e 2002 per il progetto GARR ed un curioso andamento "ad onda", con picchi nel 2006 e 2009 prevalentemente causati dagli effetti dei rinnovi contrattuali.
- La Spesa totale decresce dell'11,1% dal 1998 al 2009 come effetto netto dei due opposti andamenti rilevati nella Spesa in conto capitale ed in quella corrente.

Commenti:

"Spesa in conto capitale" e "Spesa corrente" configurano due grandi agglomerati –che, di per sé, classificano tutte le spese a fini tipicamente contabili-- i cui andamenti, comunque, confermano che l'attuale struttura e funzionalità dell'Ente tendenzialmente assorbono risorse crescenti.

In tal modo, la riduzione espressa dalla spesa per interventi di tipo pluriennale –fra i quali spiccano quelli per la ricerca-- oltre a scontare la contrazione complessiva delle Entrate, deve anche compensare una siffatta crescita per trascinamento delle spese correnti.

Il profilo triennale di spesa 2011-2013

Le previsioni di spesa per gli esercizi compresi nel bilancio triennale riflettono il diverso sistema di finanziamento adottato dal MIUR a partire dal 2011 --a seguito del D.Lgs 31.12.2009 n. 213 (riordino degli Enti di ricerca)-- in sintesi consistente in:

- lo stanziamento diretto, a valere sul Fondo ordinario per gli Enti e le Istituzioni di Ricerca, di:
 - * una quota non inferiore al 7% del Fondo per il "finanziamento premiale di specifici programmi e progetti, anche congiunti, proposti dagli enti", e
 - * una quota pari all'8% del Fondo per il "sostegno dei progetti bandiera inseriti nella programmazione nazionale della ricerca e per il finanziamento di progetti di ricerca ritenuti di particolare interesse nell'ambito delle scelte strategiche e/o degli indirizzi di ricerca impartiti dal MIUR";
- la conseguente assegnazione strutturalmente ridotta per il 2011, di competenza dei singoli enti, pari all'87% di quella confermata per il 2010 che, per INFN, significa una riduzione di 35,6 milioni di euro (da 273,8 nel 2010 a 238,2 nel 2011).

Su tale base, le previsioni di entrata e di spesa nel triennio, di seguito presentate, utilizzano i seguenti criteri di riferimento.

ENTRATE

Si assume una base minima di finanziamento del MIUR equivalente a quello previsto per il 2011 anche per i due esercizi successivi (come indicato, per il 2012, nella nota MIUR- Dipartimento Università, Alta Formazione Artistica, Musicale e Coreutica e Ricerca, prot. n. 1454, del 10 dicembre 2010); ad essa è aggiunta:

- un'assegnazione premiale ipotizzata nell'ordine del 10%, derivante dal raggiungimento di obiettivi specifici posti dal MIUR, e
- un'assegnazione vincolata per "progetti bandiera" interamente assorbita da corrispondenti spese, stimata in funzione dei prevedibili fabbisogni di investimento per i progetti approvati (evidenziata separatamente nella tabella allegata).

L'Istituto è, inoltre, attivo --sia a livello centrale, da parte delle Commissioni scientifiche e degli Organi di governo dell'Ente, sia a livello locale, da parte delle singole strutture territoriali-- nella ricerca di "fondi esterni" finalizzati a specifiche finalità di ricerca, tali da integrare

in quantità crescente il trasferimento dello Stato (es.: Unione Europea, Regioni, ASI, altri enti di ricerca, privati); tali fondi non sono inseriti nella previsione triennale sia per la difficoltà di quantificarli in misura ragionevolmente precisa sia perché sono obbligatoriamente destinati a finanziare specifici progetti di ricerca e conseguenti spese da essi dipendenti.

Si conferma, comunque, che ogni Avanzo di Amministrazione generato dai singoli esercizi sarà interamente utilizzato nell'esercizio successivo.

SPESE

I progetti di ricerca dell'Istituto si caratterizzano normalmente per una durata pluriennale che può facilmente raggiungere il decennio, nel corso della quale l'assorbimento di risorse finanziarie varia considerevolmente in funzione della specifica fase di sviluppo (es.: R&D, Ingegnerizzazione, Technical Design Report, Costruzione, Commissioning, Presa dati, Decommissioning).

È, dunque, indispensabile poter contare su un flusso ragionevolmente costante di risorse che, mediando le diverse fasi di avanzamento dei progetti, assicuri la copertura di un volume di spesa sostanzialmente corrispondente, seppure composto da tipologie assai diverse nel tempo.

A parte le spese per progetti finanziati specificamente dal MIUR --esposte per totale nella stessa misura delle entrate, senza dettaglio per specifica tipologia-- si è assunto il mantenimento delle spese per Ricerca, Personale, Funzionamento e Attrezzature e Servizi ai livelli 2011.

Come evidenziato nella seguente tabella, non si può, tuttavia, fare a meno di rilevare che:

- il trend storico delle principali tipologie di spesa presenta caratteristiche sostanzialmente diverse da quelle che sarà necessario imprimerle per il futuro, in considerazione della drastica riduzione di finanziamento pubblico applicata, e
- conseguentemente, potente si presenta la sfida di mantenere l'attuale livello di eccellenza nella ricerca con una siffatta contrazione:

Tipologia di spesa	% sul totale 2009	Variatione 1998-2009 (valori costanti 2009)	Caratteristiche salienti ai fini della previsione pluriennali
Personale	55%	+20% (+1,8% medio annuo)	I rinnovi dei CCNL e l'incremento del personale hanno generato il trend di crescita; l'applicazione della Legge 30.7.10, n. 122, con il relativo limite al rinnovo del turn-over ed il blocco dei CCNL dovrà determinare l'interruzione di questo trend. Nella sostituzione del turn-over si dovranno concentrare le nuove assunzioni su ricercatori e tecnologi.
Funzionamento	10%	+48% (+4,4% medio annuo)	Le dimensioni ormai raggiunte dall'Istituto, con l'attuale articolazione organizzativa, hanno alimentato una dimensione crescente di queste spese, che tendono a diventare fisse. Per il futuro si rende necessaria una significativa razionalizzare delle strutture e semplificazione delle prassi di lavoro.
Ricerca (senza personale)	25%	-58% (-5,3% medio annuo)	La contrazione passata delle Entrate (-24% nel periodo 1998-2009, a "valori costanti" 2009) è stata, sostanzialmente, assorbita da minori spese per la ricerca e per Attrezzature e Servizi. Per il futuro si dovrà quanto meno recuperare maggiori livelli di efficienza, in tutti i settori, liberando risorse per la ricerca.
Attrezzature e Servizi	10%	-36% (-3,3% medio annuo)	
	100%		

Tab. 7.7: profilo di spesa per Ricerca, Personale, Funzionamento e Attrezzature e Servizi.

SPESA AMMINISTRATIVA

Con specifico riferimento alla spesa amministrativa sostenuta per la gestione dell'Ente, oltre alle generali "spese per il funzionamento" – quantificabili nell'ordine del 10% della spesa totale – si può far riferimento alla spesa necessaria per le retribuzioni del personale amministrativo; si fornisce, al proposito, la seguente sintesi:

tipologia delle spese	2011	2012	2013
Spese per il funzionamento	13.360	13.500	13.550
Spesa per il personale amministrativo	12.762	12.748	12.797
Sistema informativo	754	600	400

Tab. 7.8: profilo di spesa 2011 e le risorse disponibili previste per il 2012 e 2013.

La seguente tabella 7.9 illustra le risorse finanziarie disponibili relativamente al triennio 2011-2013.

TAB. 7.9: RISORSE FINANZIARIE DISPONIBILI 2011-2013
(in milioni di euro)

	2011	2012	2013
ENTRATE:			
Assegnazione ordinaria MIUR, incluso "premiale"	262,00	265,00	268,00
Contributo assunzioni straordinarie ricercatori	1,61	1,61	1,61
Entrate diverse	3,66	3,66	3,66
Totale Entrate	267,27	270,27	273,27
SPESE:			
ATTIVITA' DI RICERCA:			
Fisica delle particelle	19,30		
Fisica Astroparticellare	13,01		
Fisica Nucleare	9,91		
Fisica Teorica	2,48		
Ricerche Tecnologiche	3,96		
	48,66	51,66	54,66
Progetti strategici, speciali ed altre iniziative specifiche	7,75	7,75	7,75
Totale Ricerca	56,41	59,41	62,41
FUNZIONAMENTO STRUTTURE:			
LNF	8,00		
LNGS	6,42		
LNL	5,89		
LNS	5,63		
CNAF	1,08		
Sezioni e Gruppi Collegati	9,94		
Organi Direttivi e Strutture Centrali	1,00		
Totale Funzionamento	37,96	37,96	37,96
FONDI CENTRALI E PARTECIP. A CONSORZI			
(include Energia elettrica e Contributi a altri Enti di ricerca)	23,93	26,93	29,93
PERSONALE	146,89	146,89	146,89
FONDO DI RISERVA	2,08	2,08	2,08
Totale Spese	267,27	270,27	273,27
ASSEGNAZIONI VINCOLATE MIUR			
Progetti finanziati specificamente:			
Super B	50	60	60
Programma di Fusione			

7.3 IL CONTRIBUTO DEL PERSONALE ASSOCIATO

Il ruolo ed il contributo del personale associato all'INFN è stato ampiamente evidenziato – nel caso di gran lunga prevalente costituito dal personale universitario – nel capitolo 6. La collaborazione alle ricerche dell'Ente da parte del personale associato, anche non universitario, si esplica nelle attività scientifiche coordinate dalle commissioni scientifiche nazionali e nei progetti strategici e speciali, nei progetti europei e in particolare nei progetti congiunti con altri Enti (vedi capitolo 3), sostenuti quasi sempre da specifici accordi e convenzioni (vedi capitolo 5). Si riporta in tabella 7.10 il quadro completo delle associazioni aggiornato al 31 ottobre 2010.

L'ampiezza e la qualità del contributo del personale associato alle ricerche dell'INFN, in particolare quello universitario, costituisce un eccellente esempio di sinergia fra accademia e enti di ricerca, previsto anche dal Decreto di riforma degli Enti Pubblici di Ricerca, nonché un elemento fondante del successo delle attività nel contesto nazionale e mondiale.

7.4 LA FORMAZIONE E LE AZIONI DI SOSTEGNO DEI GIOVANI

L'Istituto pone particolare attenzione alla formazione dei giovani attraverso le proprie ricerche, sia durante gli studi universitari per il conseguimento della laurea magistrale, sia dopo la laurea con il dottorato e i master universitari, e infine con un vasto programma annuale di borse di studio, di formazione e assegni di ricerca scientifica o tecnologica. Sono stati anche istituiti assegni di ricerca dedicati alla valorizzazione, in ambito produttivo, delle metodologie e delle tecnologie legate alle attività di ricerca dell'INFN, a supporto dell'impegno sul versante del trasferimento tecnologico e di conoscenze verso il mondo sociale ed economico.

Nel 2010 sono state bandite:

- 20 borse di formazione tecnica per giovani diplomati;
- 6 borse di formazione e studio per attività amministrativo-gestionali per diplomati;
- 21 borse di studio per laureandi;
- 20 borse di studio per neolaureati;
- 8 borse di studio per tecnologi (laureati) nei settori meccanico, impiantistico, materiali;
- 24 borse di studio (per laureati) nei settori informatico, elettronico, strumentale e acceleratori;
- 15 borse di studio per cittadini stranieri (fisici teorici);
- 20 borse di studio per cittadini stranieri (fisici sperimentali);
- 6 borse di studio per attività amministrativo-gestionali per laureati;

ASSOCIAZIONI

**totale
associazioni**

Scientifica Ricercatori/Professori università	450
Scientifica Professori a Contratto	10
Scientifica Dipendenti altri enti	95
Scientifica Istituti secondari	42
Scientifica Enti stranieri (FAI)	1
Scientifica Enti stranieri	40
Scientifica Consorzi Ricerca	2
Scientifica Laureandi Magistrali	160
Scientifica Borse INFN	95
Scientifica Dottorandi, Borse non INFN e Assegni	957
Scientifica Borse Private	0
Scientifica Specializ. Fis. Sanitaria	7
Scientifica Contratti a tempo det. 19	7
Scientifica Personale E.P.	3
Scientifica Senior	189
Scientifica Master	5
Scientifica attribuita dal Presidente	41
Tecnologica Contratti a tempo det. 19	3
Tecnologica Ricercatori/Professori università	92
Tecnologica Altri Enti (laurea o diploma univ.)	15
Tecnologica Laurea Magistrale	13
Tecnologica Borse INFN	101
Tecnologica Dottorandi, Borse non INFN e assegni	138
Tecnologica Consorzi ricerca	4
Tecnologica Personale E.P.	10
Borsisti INFN per Estero	1
Incarico di Ricerca scientifica	813
Incarico di Collaborazione Tecnica	109
Incarico di Ricerca attribuito dal Presidente	15
Incarico di Ricerca tecnologica	30
Associazione Tecnica	99
Associazione Tecnica Senior	28
TOTALE	3575

Tab. 7.10: Distribuzione del personale associato all'INFN

- 42 posizioni di Associate (*associated member of the personnel*) presso il CERN nell'ambito degli esperimenti a LHC;
- 63 assegni di ricerca scientifica o tecnologica;

Inoltre sono stati banditi i seguenti premi:

- **Premio Nazionale “Francesco Resmini” per dottorati di ricerca con una tesi nel campo della fisica degli acceleratori e delle nuove tecnologie**
- **Premio Nazionale “Sergio Fubini” per dottorati di ricerca con una tesi nel campo della fisica teorica**
- **Premio Nazionale “Claudio Villi” per dottorati di ricerca con una tesi nel campo della fisica nucleare**
- **Premio Nazionale “Bruno Rossi” per dottorati di ricerca con una tesi nel campo della fisica astroparticellare**
- **Premio Nazionale “Marcello Conversi” per dottorati di ricerca con una tesi nel campo della fisica subnucleare.**

Del ruolo e del coinvolgimento dell'Istituto nelle università si è già detto (vedi capitolo 6). Per la formazione dei giovani

sono altrettanto essenziali le numerose iniziative e attività con le scuole (vedi ad es. il progetto EEE al paragrafo 3.10), di comunicazione e di diffusione della cultura scientifica attraverso mostre, eventi, seminari, come è descritto in dettaglio nel successivo capitolo 8, organizzate sia a livello centrale sia a livello dei laboratori nazionali e delle singole strutture.

7.5 LE AZIONI POSITIVE PER LE PARI OPPORTUNITÀ

Il Comitato per le pari opportunità (CPO)

I CPO delle pubbliche amministrazioni nascono allo scopo di *tutelare la dignità della persona e di migliorare l'efficienza attraverso la più efficace e sensibile valorizzazione di tutte le risorse umane.*

Essi hanno un ruolo di riflessione, propositivo e consultivo.

I compiti dei Comitati riguardano l'individuazione di azioni in favore del personale, *per migliorare la qualità della vita negli ambienti di lavoro e valorizzare le capacità di tutte le*

TAB. 11a – Distribuzione del personale INFN a tempo indeterminato (luglio 2010)

	totale	Donne	%Donne
ricercatori	584	124	21,23
tecnologi	232	32	13,79
tecnici	705	38	5,39
amministrativi	306	253	82,68
totale INFN	1827	447	24,47

TAB. 11b – Distribuzione del personale INFN e del personale associato (luglio 2010)

	totale	Donne	%Donne
ricercatori	643	138	21,46
tecnologi	328	54	16,46
tecnici	748	44	5,88
amministrativi	338	278	82,25
dirigenza amministrativa (*)	13	3	23,08
totale INFN	2070	517	24,98
ricercatori universitari associati	943	110	11,66
tecnici universitari associati	111	13	11,71
totale universitari	1054	123	11,67

(*)Le informazioni indicate riguardano i Direttori di Direzioni e Servizi dell'Amministrazione Centrale.

(**) Le informazioni indicate riguardano personale con ruolo sia di tecnico che di tecnologo

TAB. 11c – Percentuali di donne nei vari organi consultivi e gestionali dell'INFN (luglio 2010)

	totale	Donne	%Donne
presidente e giunta	5	0	0,0
consiglio direttivo	36	4	11,11
commissioni scientifiche e tecniche	188	47	25,00
ORGANI ELETTIVI			
commissioni scientifiche nazionali	115	20	17,39
rappresentanti del personale	142	23	16,20

persone, coinvolgendole nel processo di trasformazione del modello organizzativo dell'amministrazione.

Ai Comitati è richiesto di mettere a fuoco i problemi concreti che ostacolano la parità, formulare proposte ed attuare iniziative inerenti le pari opportunità, assicurando una continua collaborazione con l'amministrazione per quanto riguarda il flusso di informazioni attinenti ai dati statistici del personale e per una flessibile gestione delle risorse umane. (Circolare n. 12 del 24.3.93, Presidenza del Consiglio dei Ministri).

Il CPO INFN nasce nel 1999 e la sua prima attenzione è rivolta all'analisi della fenomenologia di genere del personale INFN.

La distribuzione di genere del personale INFN

La distribuzione di genere del personale INFN nei diversi ruoli è rappresentata nelle tabelle 7.11a, 7.11b, 7.11c. I dati mostrano che, a luglio 2010, le donne rappresentavano il 24.47% del personale INFN a tempo indeterminato. Escludendo i ruoli amministrativi, tale percentuale si riduce al 12,75%. Il confronto fra il personale ricercatore associato e quello dipendente (tabella 7.10b) evidenzia in quest'ultimo una maggiore presenza femminile. Tuttavia nell'INFN, più che nell'Università, è presente una significativa divaricazione nelle carriere delle donne e degli uomini in tutti i ruoli. Ad esempio, solo una donna ogni 3,3 uomini è prima ricercatrice e una su 8.1 uomini è dirigente di ricerca. Per avere una misura di quest'ultimo dato, può essere interessante confrontarlo con l'analogo all'interno del Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) francese, uno dei più grandi Enti per la Ricerca europei, dove troviamo che una donna ogni 3.1 uomini è dirigente di ricerca. Vedi http://www.cnrs.fr/mpdf/IMG/pdf/LivretParite20082009_BD-pdf.pdf

I dati della tabella 7.11c mostrano una minore presenza femminile anche in tutti gli organi consultivi e gestionali dell'Ente.

I giovani e l'INFN

L'analisi di genere e generazionale dei dati del personale evidenzia un preoccupante invecchiamento del personale dell'Istituto. La frazione di persone sotto i 40 anni è passata dal 30% a fine 2003 al 16% a fine 2008. Considerando nel dettaglio il profilo dei ricercatori, a dicembre 2008, la fascia di età con la maggiore presenza complessiva è quella tra i 45-49 anni, con 124 uomini e 41 donne (25% del totale in tale fascia), mentre nel 2003 la fascia più popolata era quella immediatamente precedente, 40-44 anni. Dal confronto fra i due anni, oltre all'invecchiamento generale, si evince che considerando la fascia 40-44 anni le donne diminuiscono del 42% (da 40 a 23), a fronte di una diminuzione fra gli uomini del 20% (da 123 a 98). Le fasce di età sotto i 40 anni si svuotano per entrambi i generi: i ricercatori sotto i 40 anni sono solo

35, ovvero il 6% del totale sia per gli uomini che per le donne. Sempre in un confronto con il CNRS, si nota che la maggiore presenza di personale ricercatore è invece concentrata nella fascia 35-39 anni: il numero di ricercatori al di sotto di 40 anni raggiunge il 29% del totale, e tale percentuale è la stessa sia per gli uomini che per le donne.

Particolarmente problematico risulta quindi essere il rapporto dell'INFN con i giovani, per due ordini di ragioni: a) i reiterati blocchi delle assunzioni e l'innalzamento dell'età pensionabile condannano l'Istituto a vedere sempre più aumentare l'età media del proprio personale; b) la mancanza di sistemi premianti non consente di attrarre e trattenere i giovani migliori.

Se a ciò si aggiunge la generale crisi del mercato del lavoro, non deve stupire il fatto che la fascia d'età 20-35 anni stia sparendo nelle nostre statistiche e, all'interno di essa, le più penalizzate risultano essere proprio le donne. Dunque, dobbiamo registrare che ci stiamo purtroppo allontanando dalle pari opportunità di lavoro per i giovani in generale e per le donne in particolare.

Le azioni positive

Il CPO ha promosso fino ad oggi tre Piani Triennali di Azioni Positive e sta elaborando il quarto, relativo al triennio 2011-2013. Sul solco del percorso già tracciato dai PTAP precedenti (2002-04; 2005-07; 2008-10), il PTAP 2011-2013 si concentra su tre linee direttrici, intorno alle quali integrare l'ottica della differenza di genere nell'organizzazione del lavoro e nella gestione del personale dell'INFN.

L'avvento del comitato unico di garanzia CUG, secondo la legge del 4 novembre 2010, determinerà un riassetto dell'attuale CPO. Il nuovo comitato CUG prendendo l'avvio dal lavoro preparatorio fatto fino ad ora dall'attuale CPO orienterà il lavoro secondo le nuove direttive e necessità sul tracciato che viene descritto di seguito.

1. Promozione della presenza femminile nei livelli decisionali e statistiche di genere

Tra i 6 pilastri che fondano la Strategia 2010-2015 dell'Unione Europea per l'uguaglianza uomo-donna, la promozione di una maggior presenza delle donne in posizioni decisionali e la riduzione del *gender pay gap* assumono un ruolo di primo piano. Le maggiori disparità si registrano infatti proprio nel mondo del lavoro: «le donne sono ancora sovrappresentate nei settori scarsamente retribuiti e sottorappresentate nelle posizioni decisionali (...) Le disparità tra donne e uomini violano i diritti fondamentali, impongono un pesante tributo all'economia e hanno come conseguenza una

sottoutilizzazione dei talenti. Per raggiungere gli obiettivi di Europa 2020, cioè una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva, è necessario utilizzare il potenziale e i talenti delle donne in modo più ampio ed efficiente».

Per questa ragione il CPO INFN pone l'obiettivo della crescita qualitativa e quantitativa della presenza femminile al primo punto, accanto al correlato imprescindibile di un accurato lavoro di analisi della fenomenologia di genere attraverso il monitoraggio attento di tutti i dati che riguardano il Personale INFN (reclutamento, inquadramento, progressioni di carriera, presenza negli organismi, etc.).

2. Sviluppo della cultura di genere: formazione e informazione

Il perdurare di disparità nonostante l'uguaglianza sancita normativamente da molti anni, dà la misura dell'importanza di far crescere una maggiore consapevolezza a livello culturale. Evidentemente il percorso è difficile e, vista la scarsità di risultati di tante "politiche", forse è il caso di innovare anche nei metodi, cercando di modificare più che i principi e le norme – che ci sono ma restano per lo più inattuati – le mentalità e le prassi operative, formando le persone ad un pensiero libero e scevro da pregiudizi, e puntando alla realizzazione del potenziale umano, al di là delle sue declinazioni biologiche.

«I ruoli maschili e femminili continuano a influenzare importanti decisioni individuali riguardanti l'istruzione, le scelte professionali, gli accordi di lavoro, la famiglia e la fertilità. Queste decisioni hanno a loro volta un impatto sull'economia e sulla società. È quindi nell'interesse di tutti che donne e uomini abbiano uguali possibilità di scelta nelle varie fasi della vita» (Strategia per la parità tra donne e uomini 2010-15, com. 491 U.E., sett. 2010).

Al fine di contribuire allo sviluppo della cultura di genere nell'INFN, il CPO promuove una serie di iniziative di sensibilizzazione, informazione e formazione rivolte a tutto il Personale e, in particolare, a persone che rivestono ruoli di coordinamento e responsabilità che implicano la gestione delle risorse umane (responsabili di esperimenti, responsabili di servizi, direttori di strutture, dirigenti, etc.).

3. Salute e benessere organizzativo

Particolare rilievo assumono i temi della *educazione alla salute* e relative proposte per l'adozione di programmi di miglioramento della sicurezza e salute sul lavoro, con particolare riguardo alla prevenzione.

La normativa vigente segna un'evoluzione graduale dal concetto di semplice "prevenzione delle malattie" a quello di "promozione della salute e del benessere". Ciò comporta di dover considerare con eguale attenzione sia le condizioni strutturali e organizzative (cultura organizzativa,

organizzazione e gestione del lavoro, condizioni di lavoro), sia il comportamento del singolo collaboratore, perché il lavoro venga vissuto come occasione di realizzazione del proprio potenziale.

Il Testo Unico in materia di Sicurezza (D.Lgs n. 106/09, già D.Lgs. 81/08) ha introdotto alcune novità nella valutazione del rischio in ottica di genere e riguardo alle fonti di stress lavoro-correlato: «La valutazione dei rischi deve riguardare tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, ivi compresi quelli riguardanti gruppi di lavoratori esposti a rischi particolari, tra cui anche quelli collegati allo stress lavoro correlato, secondo i contenuti dell'accordo europeo dell'8 ottobre 2004. (...) ...nonché quelli connessi alle differenze di genere, all'età, alla provenienza da altri paesi.» (art. 28)

Nella prospettiva di rispetto dei citati obblighi di legge e proseguendo l'esperienza già realizzata nel corso del 2007/8, l'INFN promuove il progetto "Benessere organizzativo e management", proposto dalla Consigliera di Fiducia e sostenuto dal Comitato, che consiste nella realizzazione di una indagine tesa a valutare la percezione dei lavoratori riguardo il grado di benessere organizzativo vissuto nelle Strutture INFN. Il progetto ha un duplice obiettivo: 1) far emergere le criticità ed i punti di forza delle unità organizzative ove viene realizzata l'indagine; 2) avviare un percorso di formazione che metta in grado tutti i partecipanti di individuare e realizzare le necessarie azioni di miglioramento. La realizzazione della ricerca-intervento consentirà la valutazione di diversi aspetti legati alla convivenza organizzativa (la sicurezza sui luoghi di lavoro, i livelli di comfort, lo stress, le relazioni, etc.), al fine di individuare gli aspetti chiave su cui intervenire per favorire lo sviluppo della motivazione e il senso di appartenenza dei lavoratori

Dai Comitati Pari Opportunità ai

Comitati Unici di Garanzia

La legge 4 nov. 2010, n. 183 (Collegato lavoro), all'art. 21 – misure atte a garantire pari opportunità, benessere di chi lavora e assenza di discriminazioni nelle amministrazioni pubbliche – istituisce il *Comitato unico di garanzia per le pari opportunità, la valorizzazione del benessere di chi lavora e contro le discriminazioni* (in sostituzione dei CPO e dei Comitati sul fenomeno del mobbing) e impegna le pubbliche amministrazioni a:

- realizzare la migliore utilizzazione delle risorse umane, assicurando la formazione e lo sviluppo professionale dei dipendenti, applicando condizioni uniformi rispetto a quelle del lavoro privato, garantendo pari opportunità alle lavoratrici ed ai lavoratori, nonché l'assenza di qualunque forma di discriminazione e di violenza morale e psichica;
- garantire parità e pari opportunità tra uomini e donne e

l'assenza di ogni forma di discriminazione, diretta e indiretta, relativa al genere, all'età, all'orientamento sessuale, alla razza, all'origine etnica, alla disabilità, alla religione o alla lingua, nell'accesso al lavoro, nel trattamento e nelle condizioni di lavoro, nella formazione professionale, nelle promozioni e nella sicurezza sul lavoro;

- garantire altresì un ambiente di lavoro improntato al benessere organizzativo, impegnandosi a rilevare, contrastare ed eliminare ogni forma di violenza morale o psichica al proprio interno.

Il progetto europeo GENIS LAB -

The gender in science and technology

L'INFN, in qualità di partner del progetto GENIS LAB (*Support Actions, FP7-Science in Society-2010-1*), nei prossimi 48 mesi sarà coinvolto in un programma di lavoro condiviso con gli altri partners europei: Fondazione Brodolini, Associazione Donne e Scienza, *International Training Centre of the International Labour Organization* (Italia), *Blekinge Tekniska Hogskola* (Svezia), Faculty of Technology and Metallurgy Univ. of Belgrade (Serbia), *Kemijski Institut* (Slovenia), *Leibniz Inst. Fur polymerforschung Dresden E.V.* (Germania), *Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Cientificas* (Spagna). Il progetto si propone di realizzare alcuni cambiamenti strutturali nelle organizzazioni scientifiche coinvolte, al fine di superare i fattori che limitano la partecipazione delle donne nella ricerca attraverso la promozione di azioni comuni e lo scambio di *best practices* e metodologie innovative per la promozione del *mainstreaming* nella scienza. Il progetto opererà su tre livelli: a) a livello della struttura organizzativa promuovendo cambiamenti strutturali interni per sostenere una più equa partecipazione delle donne; b) a livello socio-ambientale attraverso campagne di comunicazione e sensibilizzazione contro gli stereotipi che influenzano il rapporto delle donne con la scienza; c) a livello europeo promuovendo un *network* ed un reciproco scambio di esperienze, buone prassi ed efficaci strumenti gestionali tra le organizzazioni scientifiche coinvolte.

Tavolo di concertazione MIUR-DPO

Con riferimento al Protocollo d'intesa tra la Presidenza del Consiglio dei Ministri – Ministro per le Pari Opportunità ed il Ministro dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca è stato istituito (ottobre 2010) un Tavolo di Concertazione tra il MIUR e il DPO, con funzioni di studio, analisi, indirizzo, coordinamento e pianificazione delle azioni concernenti la materia dei diritti e delle pari opportunità a tutti i livelli della scienza, della tecnologia e della ricerca scientifica. Il TC dovrà indicare soluzioni per consentire una maggiore *diffusione della cultura consapevole delle differenze di*

genere, attraverso analisi sul tema delle donne e carriere scientifiche durante tutto il percorso formativo ed in tutti i settori della ricerca scientifica, proponendo anche azioni per incoraggiare l'adeguamento delle norme statutarie ed i conseguenti regolamenti esecutivi del Sistema della Ricerca ed Universitario nazionale ai principi enunciati nella "Carta europea dei Ricercatori ed al Codice di condotta per la loro assunzione", con particolare riferimento alle procedure di assunzione e progressione di carriera, alle condizioni di lavoro ed agli strumenti di sicurezza sociale. L'INFN è stato invitato a far parte del TC e dei relativi Gruppi di Lavoro.

Il futuro delle P.O.: dalla tutela alla valorizzazione

Al fine di concretizzare gli strumenti normativi esistenti occorre un salto di qualità, possibile solo a condizione di riuscire ad integrare la dimensione della parità e delle pari opportunità a tutti i livelli: nelle organizzazioni, nella vita e nella società.

Si richiede dunque anche all'INFN un rinnovato impegno per la parità tra donne e uomini attraverso il potenziamento della prospettiva di genere in tutte le sue politiche. In particolare, è necessario un approccio diversificato alla gestione delle risorse umane, finalizzato alla creazione di un ambiente di lavoro inclusivo che favorisca l'espressione del potenziale individuale e lo utilizzi come leva strategica per il raggiungimento degli obiettivi organizzativi (*diversity management*).

Uno strumento basilare a tale fine è rappresentato dalle analisi dei dati del personale attraverso statistiche di genere e generazionali che rappresentano un metodo quantitativo essenziale per evidenziare possibili criticità. In questo ambito può essere opportuno citare nuovamente il CNRS che da due anni pubblica un opuscolo " *La parité dans le métiers du CNRS*" allo scopo di comparare la situazione degli uomini e donne all'interno dell'ente per poter individuare quelle pratiche o comportamenti che sfavoriscono le persone, uomini e donne, aventi aspirazioni definiti come appartenenti al genere femminile.

Un altro strumento rilevante è quello del *Diversity Management*: un approccio alla gestione delle risorse umane finalizzato alla valorizzazione delle differenze di cui ciascun individuo è portatore all'interno dell'organizzazione. È un processo di cambiamento, che ha lo scopo di valorizzare e utilizzare pienamente il contributo unico che ciascun dipendente può portare. Questo contributo scaturisce dalla possibilità di ogni persona di sviluppare e applicare, all'interno dell'organizzazione, uno spettro ampio e integrato di abilità e comportamenti che ne riflettono il genere, la nazionalità, l'età, il background e l'esperienza. L'obiettivo di questo approccio "inclusivo" è di fare in modo che il risultato

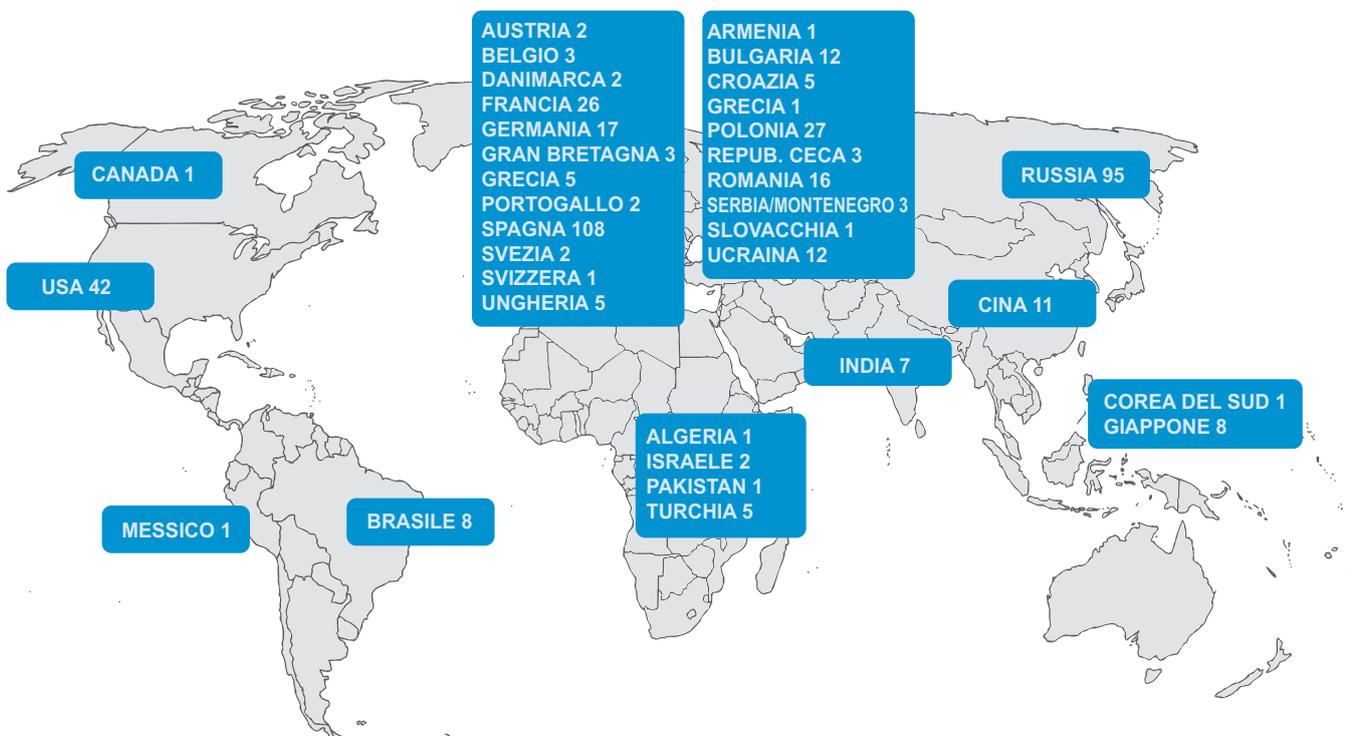


Fig.7.2 : Ricercatori stranieri ospiti presso strutture INFN (FAI) nel 2009 per un totale di 447.

finale sia maggiore della somma delle parti che compongono l'organizzazione.

La gestione e la valorizzazione della diversità diventerà sempre più un punto cruciale per le istituzioni di ricerca per raggiungere alcuni importanti obiettivi, tra i quali: attrarre e trattenere gli alti potenziali, cercare un dialogo costruttivo tra vecchie e nuove generazioni, riconciliare la vita professionale con la vita privata, integrare culture diverse, aumentare la creatività e l'innovazione.

7.6 GLI SCAMBI INTERNAZIONALI DEL PERSONALE DI RICERCA

L'Istituto, consapevole del suo ruolo nel contesto internazionale, ha da sempre promosso e favorito ogni iniziativa intesa a intensificare i rapporti scientifici con le istituzioni e i ricercatori stranieri, sia attraverso appositi programmi di ospitalità di stranieri in Italia, sia attraverso lo scambio di ricercatori sulla base di convenzioni e accordi specifici.

Fondo Affari Internazionali (FAI)

Il Fondo Affari Internazionali (Fondi FAI) è finanziato sugli appositi capitoli denominati "Spese soggiorno ospiti ricercatori" del Bilancio dell'Istituto.

Il Direttore può ospitare presso la propria sezione/laboratorio ricercatori ospiti stranieri per definiti periodi di tempo (minimo due settimane, massimo sei mesi) sulla base di un programma di ricerca definito. Ai ricercatori ospiti stranieri possono essere rimborsate, dietro presentazione dei relativi documenti, le spese di viaggio e soggiorno, purché esse non risultino già previste, nel quadro di accordi di cooperazione internazionale, a carico dell'istituzione di appartenenza.

In figura 7.2 si fornisce un quadro dei soggiorni FAI assegnati nel corso del 2010 a ricercatori ospiti stranieri distinti per nazionalità.

Borse per lo scambio dei ricercatori

Sono attivi diversi programmi per l'assegnazione di borse per scambio di ricercatori, formalizzati in apposite convenzioni bilaterali con istituzioni straniere e Organizzazioni Internazionali (vedi figura 7.3).

1) Borse di studio a favore di giovani ricercatori italiani presso il MIT (Borse Bruno Rossi)

Finalità: conseguimento del PhD in Fisica presso il MIT; Programma scientifico e regolamentazione corso PhD: secondo normativa MIT ;
Selezione candidati: effettuata da apposita Commissione paritetica INFN/MIT;
Supporto finanziario: 1° e 2° anno INFN – 2° e 3° anno MIT – eventuale prolungamento congiunto.

2) Borse di studio a favore di giovani ricercatori italiani presso il MIT (Borse post-doc presso il MIT)

Durata: in corrispondenza con Anno Accademico MIT per 1 o 2 anni;
Finanziamento: a carico INFN.

3) Borse di studio a favore di giovani ricercatori presso il CERN

Tipologie: Senior Fellowship Programme – Junior Fellowship Programme;
Durata: un anno rinnovabile. In casi eccezionali possibile estensione per un terzo anno.
Supporto finanziario: a carico del CERN;
Selezione candidati: 1° livello Stati Membri – 2° livello CERN.

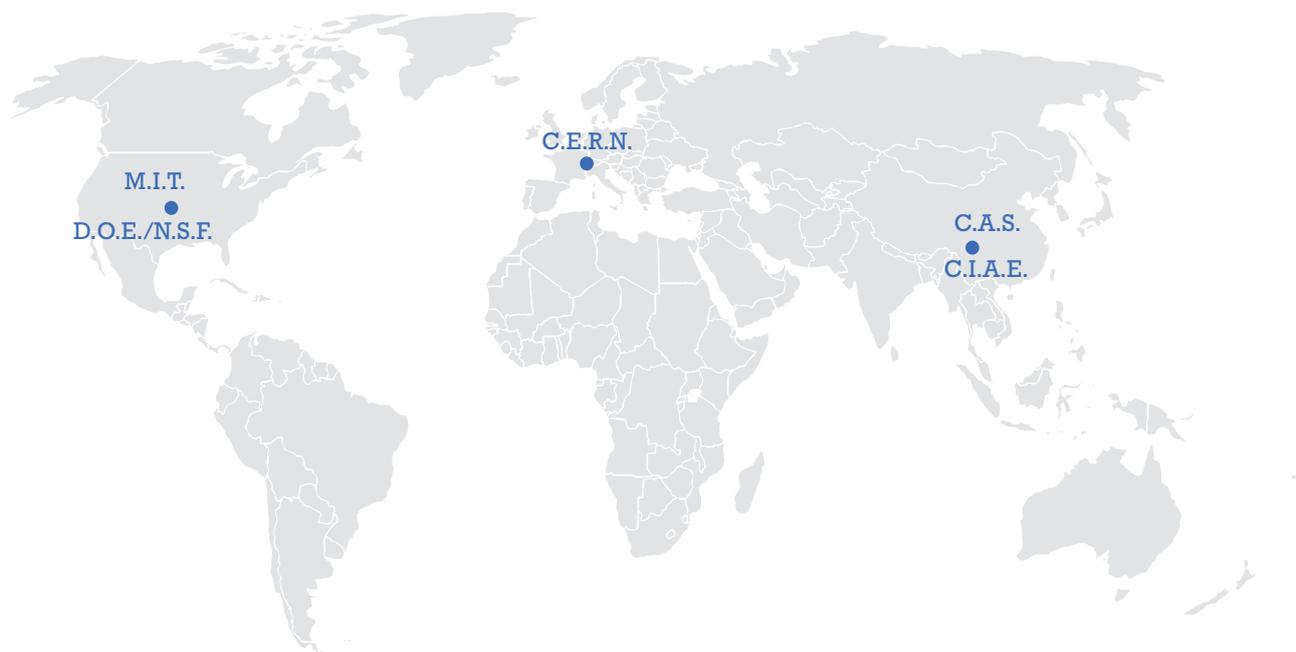


Fig. 7.3: Accordi bilaterali in vigore per scambi borsisti.

4) Borse di studio a favore di ricercatori cinesi (CAS)

Numero e durata: stabilito annualmente da parte di un apposito Comitato congiunto INFN/CAS.;

Finanziamento: a carico INFN;

Sedi di destinazione: sezioni e Laboratori INFN;

Selezione candidati: effettuata da parte della struttura INFN di destinazione su temi di ricerca.

5) Borse di studio a favore di ricercatori cinesi (CIAE)

Numero e durata: 5 borse di durata annuale;

Finanziamento: a carico INFN;

Sedi di destinazione: Laboratori Nazionali di Legnaro e Laboratori Nazionali del Sud;

Selezione candidati: effettuata da parte della sede di destinazione su temi di ricerca prestabiliti.

6) Borse di studio a favore di giovani italiani e statunitensi (Summer Exchange Programme INFN/DOE/NSF)

Numero: 20 borse per fisici italiani presso laboratori USA – 20 borse per fisici USA presso Strutture INFN;

Finanziamento: 10 a carico DOE – 10 a carico NSF – 20 a carico INFN;

Destinatari: laureandi in fisica, ingegneria, informatica;

Durata: soggiorni di 10 settimane (periodo 1° giugno – 30 novembre);

Selezione candidati: effettuata da apposite Commissioni paritetiche INFN/DOE/NSF.

7.7 LE ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E DI INFORMAZIONE DEL PERSONALE

La formazione e lo sviluppo delle risorse umane nell'INFN tra passato e futuro

A oltre dieci anni dal lancio del primo Piano Formativo

Nazionale, la formazione nell'Ente ha fatto molta strada sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo (statistiche ed analisi sono disponibili sul sito della formazione www.ac.infn.it/personale/formazione). Ma la sfida è di migliorare ancora, armonizzando sempre più da un lato le potenzialità delle persone che “sono” l'INFN e dall'altro le esigenze operative e le sfide di eccellenza che attendono il nostro Istituto.

I successi, nella ricerca come in qualsiasi altro campo, si ottengono nella misura in cui si migliorano le relazioni umane, la capacità di “fare squadra”, consentendo a ciascuno di mettere in campo le migliori potenzialità di cui per natura dispone. L'uomo è infatti un essere complesso, che non funziona in modo puramente “meccanico”, ma si muove sulla base di una motivazione, cioè investe nell'azione se quell'azione corrisponde alla base dei suoi valori, dei suoi obiettivi.

Se si vuole ottimizzare il rapporto di lavoro, occorre “umanizzare”, cioè occorre intercettare il valore di cui ciascuno è portatore ed i fini verso cui tende: la formazione nasce proprio da questo, dal convincimento che l'essere umano è un sistema complesso, che ha una sua intrinseca potenzialità da realizzare.

Nel primo Piano Formativo del 1998, si parlava del “faro” che univa gli operatori e che era la ricerca; oggi occorre prendere atto che la ricerca è produttiva se riesce a motivare la creatività dei migliori.

“Formare” significa individuare e sviluppare il potenziale individuale. In questo senso, è importante saper “costruire” un percorso formativo adatto alle potenzialità di ciascuno. Dunque l'offerta formativa, all'inizio “generalizzata”, oggi

dev'essere in grado di farsi sempre più vicina alle capacità di ciascuno e all'esigenza dell'Ente, che è quella di trarre il massimo dalle persone di cui dispone, in funzione dei propri programmi e obiettivi. La spesa formativa, se pianificata oculatamente, è un "investimento sul futuro" e sulle persone con cui si decide di costruire quel futuro.

Assegnazioni 2011

Come avviene già da alcuni anni, l'offerta formativa INFN si articola in diverse aree:

- a) Formazione di base tecnico-gestionale,
- b) Formazione scientifica e tecnologica,
- c) Formazione in materia di igiene e sicurezza.

A causa del taglio del 50% della spesa formativa 2009 operato dal Decreto legge n. 78/2010 convertito nella Legge n. 122/2010, per consentire lo svolgimento del Piano Formativo Nazionale, dei Piani Formativi Locali promossi dalle Strutture (consultabili sulla pagina web della formazione) e delle proposte formative CSN e CCR, per l'anno 2011 la Formazione INFN dispone di uno stanziamento complessivo di 1.100 kE.

Il provvedimento normativo sopra indicato ha stabilito, inoltre, che le attività di formazione devono essere svolte prioritariamente tramite la Scuola Superiore per la Pubblica Amministrazione, ovvero tramite organismi di formazione interni alle singole amministrazioni. La Presidenza del Consiglio dei Ministri con Direttiva n. 10/2010 ha richiesto, infatti, che anche gli Enti pubblici di ricerca quali l'INFN comunichino il Piano Formativo Nazionale al Dipartimento delle Funzione Pubblica ed alla SSPA i quali, definiti gli obiettivi qualitativi e quantitativi di ciascuna attività, procedono all'organizzazione delle attività formative sulla base di apposite convenzioni. Soltanto laddove la SSPA non sia in grado di fornire, in modo diretto od indiretto, l'attività di formazione richiesta, l'Ente potrà rivolgersi all'esterno.

Una ulteriore novità proposta dalla Commissione Nazionale Formazione nel corso del 2009 riguarda la formazione di giovani ricercatori e tecnologi non dipendenti.

Al riguardo, la CNF riflette sull'importanza di formare i giovani ricercatori e tecnologi titolari di contratti di associazione che, non essendo dipendenti dell'Ente, non possono usufruire delle risorse a disposizione della formazione e propone alla Giunta Esecutiva di mettere una cifra in Bilancio dedicata alla formazione di queste categorie. La cifra di riferimento potrebbe variare tra 200 e 500 kE.



A questa tipologia di personale, fino ad oggi, è consentita la fruibilità delle iniziative formative INFN in qualità di uditori e senza ulteriore aggravio della spesa formativa.

Le attività di comunicazione e di divulgazione scientifica

VIII CAPITOLO

L'Ufficio Comunicazione dell'Infn gestisce diverse attività di comunicazione, trasmissione della cultura scientifica e divulgazione, in forme diverse e correlate.

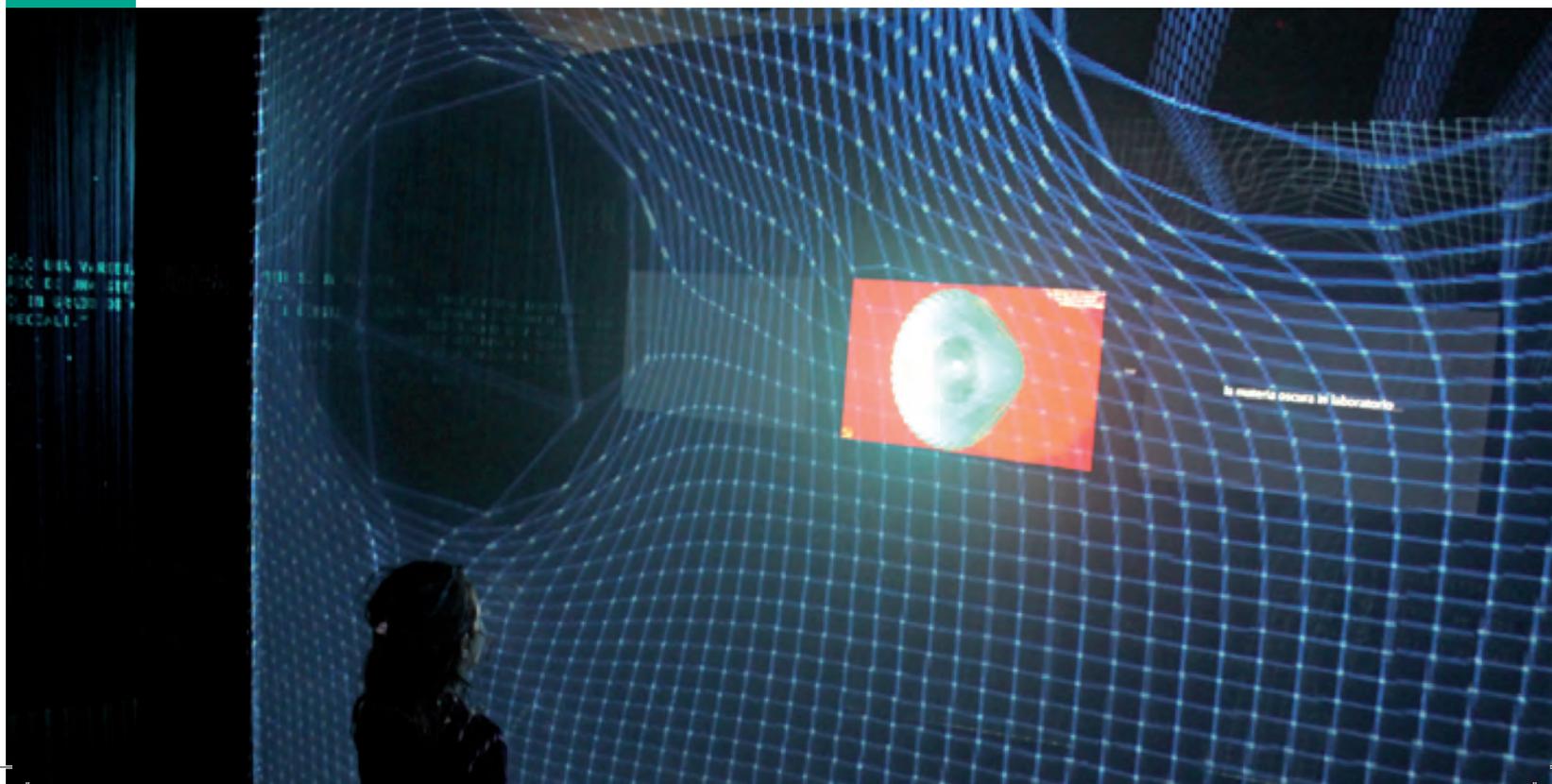
Nei rapporti con i media, in particolare, l'INFN è diventato un importante fonte di informazione e un punto di riferimento per i giornalisti scientifici italiani e le agenzie di stampa: un'opportunità di diffusione di conoscenza nel contesto della fisica fondamentale sempre più conosciuta anche dal grande pubblico.

Sul fronte della divulgazione e della comunicazione museale, va segnalata la riproposizione alla Città della Scienza a Napoli della mostra *Astri e Particelle* dopo il successo della "prima" a Roma. Nel corso del 2010, inoltre, sono state allestite altre due nuove mostre a Torino ("*L'invisibile meraviglia*") e a Genova ("*L'Universo non è più quello di una volta*"). Mostre che hanno già ricevuto richieste per nuovi allestimenti per il 2011.

Le monografie su temi di fisica fondamentale e di frontiera, offerte al pubblico tramite la rivista *Asimmetrie* e distribuite tra gli altri a tutti i licei italiani, rappresentano una rara opportunità di dialogo con il pubblico scolastico – e non solo – e una ricca risorsa di aggiornamento per gli insegnanti.

Dalla sinergia tra i diversi strumenti della comunicazione scaturisce un nuovo linguaggio, fatto di metafore e di immagini, alla portata dei media e del grande pubblico: un patrimonio di informazione che contribuisce sempre più alla condivisione del valore e dei contenuti della ricerca di base, che impegna l'INFN e la sua comunità di ricercatori.

Fig. 8.1: Installazioni di video-arte alla mostra l'"Universo non è più quello di una volta" allestita nell'ottobre 2010 a Palazzo della Meridiana, in occasione del Festival della Scienza di Genova.





8.1 LA COMUNICAZIONE PER I MEDIA E LA COMUNITÀ

LA COMUNICAZIONE DA E VERSO I MEDIA

Nel corso del 2010 l'Ufficio Comunicazione ha ulteriormente espanso l'immagine dell'INFN sui media stampati, online e radiotelevisivi. Dopo il grande exploit del settembre 2008, con l'inizio della circolazione dei fasci in LHC, e i buoni risultati del 2009, occorreva mantenere e rinnovare l'immagine dell'Istituto facendone un punto di riferimento fondamentale per i giornalisti italiani e di altri paesi che si occupano di scienza.

Il bilancio è stato altamente positivo. Nel corso del 2010, infatti, abbiamo nettamente superato di circa il 15 per cento l'ottimo risultato del 2008 per quanto riguarda la presenza sui media cartacei e online, mentre siamo arrivati a sfiorare il risultato del 2008 per quel che riguarda i media radiofonici e televisivi. I riferimenti con il 2007 ci dicono che la presenza dell'INFN sui media si è più che raddoppiata in soli tre anni. Si è consolidata inoltre la convinzione nei media che l'INFN sia il punto di riferimento obbligato per tutto quel che riguarda il CERN di Ginevra e in particolare le ricerche dell'acceleratore LHC.

Sul piano dell'immagine, il lavoro dell'Ufficio Comunicazione ha puntato soprattutto su due brand caratterizzanti l'Istituto: (1) rappresentare una comunità scientifica qualificata in grado anche di attirare ricercatori da molti paesi stranieri; (2) rappresentare un potenziale scientifico e tecnologico di grande importanza per il Paese.

Per questo, assieme alla valorizzazione del lavoro e delle personalità del vertice dell'Istituto, l'Ufficio Comunicazione ha creato le opportunità perché i media citassero e mostrassero ricercatori INFN impegnati in diversi settori di ricerca e in grado di assumere responsabilità di rilievo a livello nazionale e internazionale. Un particolare accento è stato posto sulla componente femminile della comunità.

LA COMUNICAZIONE ISTITUZIONALE

Con il riavvio di LHC, l'attenzione della stampa e della comunità scientifica si è nuovamente concentrata sul CERN di Ginevra. L'Ufficio Comunicazione ha quindi realizzato un sito internet dedicato a LHC in italiano. Il sito internet (<http://www.infn.it/lhcitalia/>) offre informazioni tempestive su LHC e si propone di dar voce alla comunità scientifica italiana impegnata in LHC e nei suoi esperimenti. Al sito si accede direttamente dalla *home page* del sito INFN.

Il sito ha rappresentato un punto di riferimento reale per un pubblico selezionato e attento. Spesso è stato citato dai media (in particolare dalle agenzie di stampa) come fonte di informazione primaria per le notizie in italiano sulla ricerca in LHC. I suoi utenti - di cui viene monitorata giornalmente la presenza - sembrano apprezzare l'aggiornamento tempestivo che è arrivato anche a produrre più di una notizia al giorno e a coprire eventi che si verificassero di domenica o in giorni festivi o nelle ore notturne.

Fig. 8.2: Installazione interattiva sulle applicazioni della fisica all'arte per la mostra *Invisibile Meraviglia*, allestita al Museo di Scienze Naturali di Torino in occasione di ESOF 2010.



LA COMUNICAZIONE INTRANAZIONALE

L'Ufficio Comunicazione rappresenta l'Italia in alcuni network internazionali di outreach, collaborando alla comunicazione e divulgazione dei temi e delle attività di ricerca di interesse comune, a livello europeo e globale.

Nell'ambito del consorzio europeo per la fisica delle astroparticelle, ASPERA - *AStoparticle Physics European Research Area* - l'Ufficio Comunicazione è impegnato nella gestione della newsletter, del sito di interesse divulgativo www.astroparticle.org, nella realizzazione di mostre sulla fisica delle astroparticelle e nella diffusione di comunicati stampa a interesse europeo. Il 2010 è stato caratterizzato dall'impegno nella comunicazione dei sette grandi progetti raccomandati da ASPERA nella roadmap presentata lo scorso anno, all'interno dei quali il ruolo dell'Italia è determinante. Tale impegno proseguirà per tutto il 2011.

All'Ufficio Comunicazione è stata data inoltre la responsabilità della comunicazione istituzionale a livello europeo del progetto per l'infrastruttura ELI (*Extreme Light Infrastructure*), attualmente nella fase preparatoria e finanziato dall'Unione Europea. In stretto contatto con il management del progetto, l'ufficio coordina la produzione di una newsletter quadrimestrale, l'aggiornamento del sito istituzionale (<http://www.extreme-light-infrastructure.eu>), la stesura dei comunicati stampa e partecipa all'organizzazione delle conferenze a livello europeo.



Fig. 8.3: Pubblicazioni periodiche prodotte dai network internazionali di comunicazione e divulgazione nei quali è coinvolto l'Infn.

Quale membro del network europeo per la divulgazione della fisica delle particelle European Particle Physics Outreach Group (EPPOG), l'Ufficio Comunicazione coordina l'edizione italiana delle Masterclasses, lezioni e seminari su argomenti fondamentali della fisica delle particelle indirizzati a studenti e insegnanti delle scuole superiori e seguiti da esercitazioni al computer. Nel 2010 le Masterclasses si sono svolte in nove sedi INFN, ai LNF e contemporaneamente in 22 nazioni europee e negli USA, coinvolgendo più di 6.000 studenti delle scuole superiori.

8.2 LA RIVISTA ASIMMETRIE

La rivista *Asimmetrie* rappresenta l'impegno dell'INFN nella diffusione della cultura scientifica. indirizzata a non-specialisti con particolare attenzione agli allievi delle scuole superiori e ai loro docenti, ha visto crescere quest'anno il numero di libere sottoscrizioni da poco più di 4000 a più di 5000. La rivista, dedicata ai temi di ricerca fondamentali cui l'INFN contribuisce in modo determinante, è distribuita, a una lista di insegnanti delle scuole superiori, costantemente aggiornata ed arricchita e a chiunque ne faccia libera richiesta.

Ogni numero monografico si sviluppa attorno a un tema scientifico di forte impatto, come; l'antimateria, le onde gravitazionali, nuclei e stelle. L'argomento è sviluppato in progressione logica e in modo tale da avvicinare il lettore ai meccanismi e alle fascinazioni che motivano il lavoro quotidiano dei fisici ricercatori. Congegnate partendo da una grafica coinvolgente, rivolta in particolare a un pubblico giovane, le monografie sono imperniate su temi di fisica di frontiera, strutturate in articoli scritti dagli stessi ricercatori, a garanzia della correttezza, completezza e attualità delle informazioni. Alcune rubriche inoltre, dal carattere vivace, gettano un ponte diretto tra il ricercatore e chi legge.

L'accessibilità di *Asimmetrie* al pubblico a cui la rivista si rivolge



Fig.8.4: da sinistra, il logo la copertina e la prima pagina del numero 10 della rivista *Asimmetrie*

Nell'ambito del network mondiale INTERACTIONS e del network europeo *European Particle Physics Communication Network* (EPPCN), sono discusse le strategie di comunicazione di LHC a livello globale e l'uso dei new media per un efficace coordinamento della comunicazione della fisica delle particelle e delle attività di ricerca correlate. L'INFN è inoltre coinvolto nella pubblicazione di notizie di rilievo internazionale sulla *Interactions News Wire* e all'elaborazione di un protocollo di *peer review* delle attività di comunicazione dei diversi paesi.

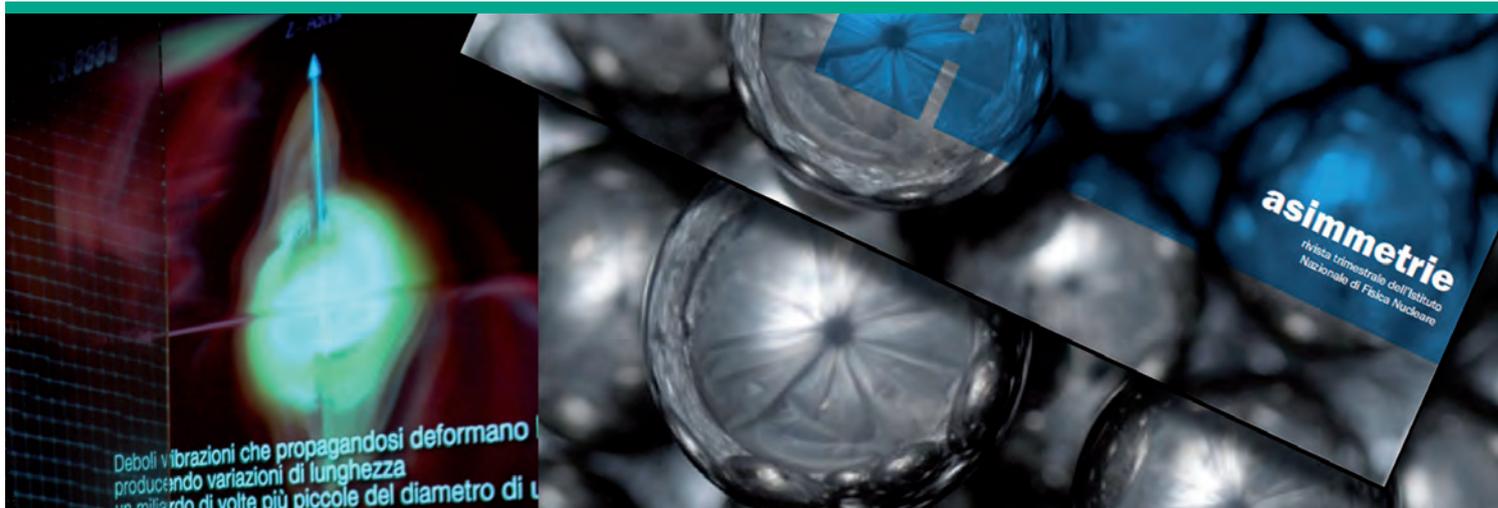


Fig. 8.5: Installazione multimediale sulle onde gravitazionali (a sinistra); copertina del numero "Nuclei e Stelle" della rivista Asimmetrie (a destra).

è garantita dal lavoro professionale dei redattori dell'Ufficio Comunicazione. La tiratura della rivista è passata da 10.000 copie a 15.000. Ad oggi *Asimmetrie* viene distribuito a 3126 scuole medie superiori, e a 5545 ulteriori destinatari (membri del governo, addetti scientifici delle ambasciate, assessorati alla cultura, aziende, docenti e studenti universitari, studenti di scuola media superiore ecc.), la maggior parte dei quali si sono iscritti, compilando il modulo di richiesta di abbonamento gratuito, sul sito della rivista, www.asimmetrie.it. Allo stesso indirizzo sono consultabili e scaricabili tutti i numeri di *Asimmetrie*.

I riscontri avuti fino a oggi da insegnanti, studenti e cittadini abbonati ad *Asimmetrie* sono molto positivi. Una valutazione

verso il pubblico e ha coinvolto a diversi livelli le strutture di comunicazione, le sezioni locali e i laboratori dell'Istituto. L'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) e l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) sono stati invitati dall'INFN a divenire partner della cura scientifica e della produzione della mostra. La mostra, allestita al Palazzo delle Esposizioni di Roma dal 26 ottobre 2009 al 14 febbraio 2010, dal prossimo anno sarà parte permanente del Museo della Fisica e dell'Astrofisica dell'INFN, a Teramo. .

Nel frattempo la mostra ha avuto una sua seconda edizione a Napoli nel corso della primavera-estate del 2010, mentre alcuni exhibit sono stati replicati in altre mostre realizzate dall'INFN nel 2010.

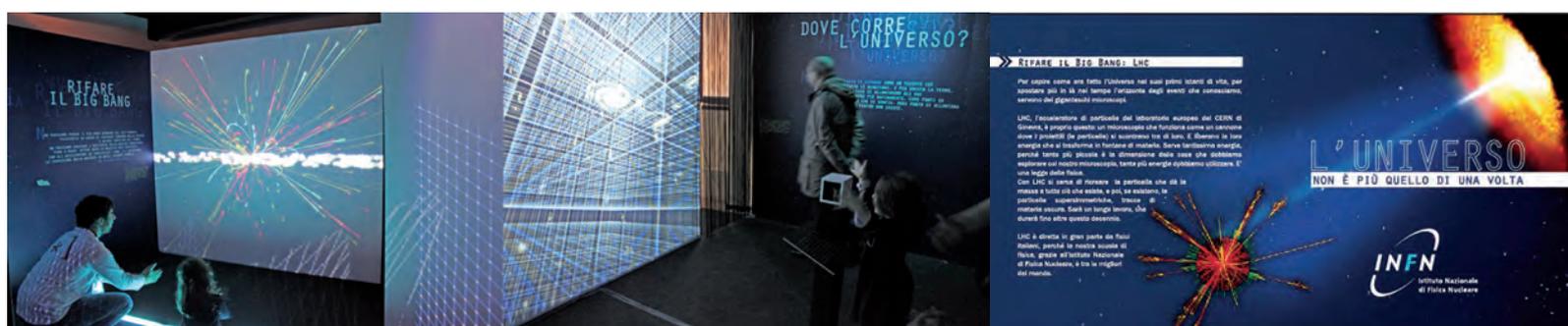


Fig. 8.6: installazioni multimediali e una pagina della brochure della mostra "L'Universo non è più quello di una volta",

statistica delle visite al sito, fatta con gli strumenti ufficiali di Google Analytics, ha messo in evidenza dati significativi e incoraggianti per quanto attiene all'attività del sito.

8.3 MOSTRE E MULTIMEDIA

La mostra "Astri e particelle"

La progettazione e realizzazione della mostra *Astri e Particelle* è stato un evento assolutamente straordinario nell'ambito delle attività INFN di *outreach* e comunicazione

La mostra "L'invisibile meraviglia"

Promossa e realizzata dall'INFN (Ufficio comunicazione e sezione di Torino) in collaborazione con il Dipartimento di Fisica Sperimentale dell'Università degli Studi di Torino e Fondazione Tera, la mostra è stata allestita al Museo di Storia Naturale torinese dall'aprile all'agosto 2010 nell'ambito degli eventi collaterali a ESOF (L'European Science Open Forum) 2010 che si è svolto nel capoluogo piemontese. La mostra, attraverso un percorso espositivo dal carattere immersivo e coinvolgente, ha accompagnato il pubblico in un viaggio

immaginario attraverso i nuovi scenari attesi dalla fisica che si sviluppa in LHC e lo sviluppo delle tecnologie e dalle loro ricadute, presenti e future, della più grande macchina acceleratrice del mondo.

Si è trattato di un percorso animato da installazioni interattive e multimediali e videointerviste che guidava il pubblico tra domande a cui i fisici di tutto il mondo cercano di dare una risposta: dalla materia oscura, alla scoperta dell'asimmetria tra materia e antimateria e dell'esistenza di altre dimensioni. Il pubblico inoltre ha avuto la possibilità di constatare come le tecnologie create dagli scienziati abbiano applicazioni insostituibili nella nostra vita quotidiana, ad esempio per diagnosticare e curare i tumori, per studiare e indagare la conservazione delle opere d'arte o sviluppare nuove reti di calcolo superpotenti.

La mostra "L'Universo non è più quello di una volta"

Allstita dall'INFN per l'edizione 2010 del Festival della Scienza di Genova, la mostra ha avuto un grande successo di pubblico, soprattutto tra i giovanissimi. È stata concepita come un viaggio nelle novità che la conoscenza scientifica ha introdotto anche nel senso comune, oltre che nelle teorie che descrivono l'Universo. Il percorso ha permesso quindi ai visitatori di osservare il nuovo volto del cosmo che viene disegnato dagli esperimenti più avanzati: quelli sotto il mare, o dentro le montagne, o attaccati alla Stazione Spaziale. Ciò che ha caratterizzato in modo particolare la mostra è stata la proposta di giochi interattivi, di immagini in movimento, di voci, in un contesto molto vicino alla visual art. Questa mostra è in qualche modo anche una sintesi delle esperienze fatte con Astri e particelle e con L'invisibile meraviglia.



Fig. 8.7: Un'immagine dell'edizione 2009 dell'iniziativa di divulgazione per le scuole "Fisica in Barca".

LA COMUNICAZIONE MULTIMEDIALE

Uno degli aspetti, a cui l'Ufficio Comunicazione INFN ha dedicato crescente attenzione negli ultimi anni, è stata la realizzazione di prodotti di comunicazione audiovisiva e

multimediale. Si tratta di un linguaggio in rapida evoluzione, ma indispensabile per una comunicazione efficace sia sui media tradizionali che sul web, come nell'ambito di mostre o altre attività di *outreach*.

Particolarmente originali e innovative, e di straordinario successo per la comunicazione di contenuti scientifici, sono le installazioni multimediali e interattive prodotte dall'Ufficio Comunicazione in collaborazione con video-artisti ed esperti di comunicazione digitale, in occasione della mostra Astri e Particelle prima, e quindi delle mostre allestite a ESOF2010 (*European Science Forum 2010*), a Torino, e al Festival della Scienza di Genova.

Estremamente significativa è stata negli ultimi due anni anche la realizzazione di brevi filmati della durata di pochi minuti sui singoli esperimenti o progetti, su idee o temi scientifici più generali o su temi di carattere storico. Una quarantina di video con questo formato sono stati realizzati per le mostre allestite nel 2010 e in altre occasioni, ma sono naturalmente riutilizzabili in tutti i contesti già citati.

Importante per il portato innovativo che implica, è anche la realizzazione nella primavera del 2010 di un catalogo multimediale sfogliabile online della mostra *L'invisibile meraviglia*. Il catalogo, di 64 pagine e contenente filmati, interviste, suoni, voci, è il primo esempio, per quel che ci risulta, di un oggetto di questo tipo pensato e realizzato per una mostra allestita in italiano.

EVENTI DI DIVULGAZIONE

Nel corso dell'ultimo anno sono state numerose le manifestazioni di comunicazione scientifica a cui l'INFN ha partecipato, con iniziative, mostre o installazioni curati dall'Ufficio Comunicazione. Le principali sono state il festival *Sperimentando* di Padova, e la manifestazione *Imparare sperimentando* a Pordenone e il *Festival della scienza Ad/ventura* di Vasto (Chieti) con il laboratorio didattico interattivo e itinerante *La Natura si fa in 4*. A uso delle singole sezioni e dei laboratori INFN, delle scuole e delle manifestazioni che ne fanno richiesta, la mostra interattiva *La Natura si fa in 4* è attiva dal 2007. Ideata e curata dall'Ufficio Comunicazione dell'INFN, la mostra presenta al pubblico le quattro forze fondamentali della Natura e alcuni esperimenti di fisica contemporanea che mirano a spiegarne i risvolti più nascosti.

PROSPETTIVE

Nel corso del 2011 è prevista la partecipazione dell'INFN al festival Massascienza sia attraverso la presenza di

numerosi relatori indicati dall'Istituto, sia attraverso una mostra. I relatori - in questa manifestazione dedicata per questa edizione alla figura di Marie Curie - affronteranno i temi della radioattività, della storia della ricerca sui fenomeni nucleari, delle applicazioni tecnologiche (comprese quelle mediche) delle conoscenze relative.

A Massascienza vi sarà anche una parte della mostra *L'invisibile meraviglia*, relativa alle applicazioni alla medicina e alla storia dell'arte. Un esempio ulteriore della potenzialità di mostre realizzate puntando su una vasta presenza di oggetti multimediali facilmente riproducibili e duplicabili a costi contenuti.

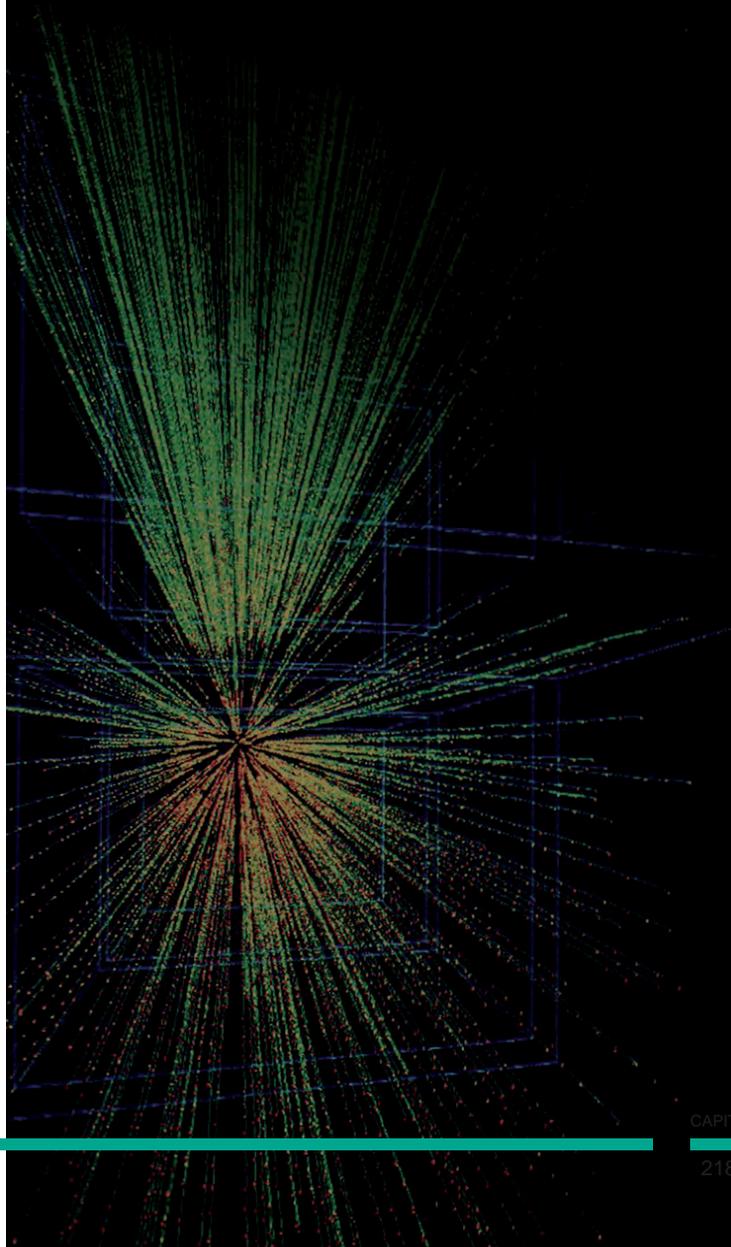
Sempre nel 2011, è prevista la presenza di una mostra concepita ad hoc per la manifestazione La scienza in piazza che si terrà a Bologna. Anche in questo caso, la nuova installazione evolverà dalle esperienze del 2010. Allestita per tutto il mese di febbraio presso Palazzo D'Accursio, nel centro storico di Bologna, la mostra rappresenterà il percorso di innovazione tecnologica che ha accompagnato la ricerca in fisica delle particelle negli ultimi decenni. Protagoniste della mostra dal titolo "*Estremo*", saranno le macchine realizzate dai fisici per scoprire la struttura dell'Universo e la cui ideazione e costruzione ha spinto di volta in volta la tecnologia oltre i propri limiti.

Proseguirà l'impegno nella diffusione della cultura scientifica mediante la pubblicazione periodica della rivista *Asimmetrie*. I riscontri ottenuti incoraggiano la redazione a proseguire il percorso di diffusione del patrimonio di conoscenza proprio della comunità dei ricercatori dell'INFN e delle sue attività di ricerca. Nel 2011 si punterà a migliorare la rivista sotto il profilo del patrimonio iconografico e a implementarne i contenuti con allegati di approfondimento e dossier.

Per l'immediato futuro si è inoltre resa necessaria la produzione di riprese video delle principali *facility* e dei Laboratori Nazionali. È un materiale indispensabile per le relazioni con i media e la cui implementazione si è dimostrata, in più occasioni, necessaria. A partire da questo materiale, l'Ufficio Comunicazione ha inoltre in progetto la produzione di moduli multimediali (video e grafici) su aspetti e progetti INFN di particolare rilievo, adatti alla comunicazione istituzionale e alle attività di divulgazione, condotte anche a livello locale. Un archivio audiovisivo così ricco e articolato, utile in occasione di eventi pubblici e ad uso dei giornalisti, del pubblico interessato e di insegnanti e studenti, sarà valorizzato e reso ulteriormente fruibile nel contesto del nuovo sito dell'Ente.

8.4 LA COMUNICAZIONE E LA DIVULGAZIONE SCIENTIFICA PROMOSSA LOCALMENTE DALLE STRUTTURE

L'attività di comunicazione e di divulgazione scientifica viene svolta anche localmente nelle strutture dell'Istituto (Sezioni, Gruppi collegati e Laboratori nazionali), spesso in collaborazione con le Università, le scuole, e gli enti territoriali, ed è rivolta agli studenti, agli insegnanti ed al pubblico non esperto. Tali attività includono seminari, incontri, visite guidate presso le strutture ed i laboratori in Italia e all'estero.



Le attività di impatto socio-economico e di trasferimento tecnologico

IX CAPITOLO

9.1 TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

La ricerca in Fisica Nucleare e Subnucleare è contraddistinta da aspetti e presupposti che favoriscono il processo di trasferimento di conoscenza e tecnologia verso discipline differenti e verso il mondo produttivo:

- Il livello di complessità delle attività sperimentali è tale che la gran parte degli apparati e delle tecnologie sono sviluppati dagli stessi ricercatori, superando i limiti del *know-how* pre-esistente. Ciò si applica ai sensori e rivelatori, ma anche alla microelettronica, alle tecniche di accelerazione di particelle, all'engineering di sistemi complessi e al software. In termini generali, per perseguire i propri fini scientifici, i ricercatori sviluppano strumenti e metodi innovativi ed originali.
- Gli esperimenti sono imprese internazionali, sviluppate in grandi collaborazioni. Di conseguenza, i ricercatori hanno una naturale attitudine allo sviluppo ed all'impiego di tecnologie con caratteristiche di novità e di unicità e naturalmente al "lavoro di squadra", su base competitiva ma collaborativa e dove l'individualità viene valorizzata.
- Gli esperimenti richiedono impegni internazionali, investimenti considerevoli e, sovente, produzioni quantitativamente e qualitativamente significative a livello industriale. Ciò implica, da parte delle aziende fornitrici, innovazione di prodotti o servizi e una interazione frequente e costruttiva con i ricercatori.

Su questa base, l'INFN sta definendo e implementando una strategia di trasferimento di tecnologia e conoscenza, per passare da risultati significativi ma episodici ad una vera e propria azione di sistema, integrata nel *modus operandi* dell'Istituto.

Alla base del processo c'è il superamento dello schema in cui si assume che gli istituti di ricerca siano produttori di conoscenza e il mondo produttivo ne sia consumatore, per perseguire un modello in cui Istituto e imprese o altre istituzioni conducono azioni di ricerca collaborativa volte all'innovazione di prodotto tramite consorzi, Laboratori congiunti di sviluppo, attività in conto terzi ed eventualmente aziende di nuova creazione (*spin-off company*).

Le azioni alla base del processo possono essere schematizzate come segue:

1. Definizione della normativa inerente le attività svolte in conto terzi, la valorizzazione e gestione della Proprietà Intellettuale (pregressa e risultante), i meccanismi di incentivazione al personale e di partecipazione ai progetti collaborativi, la creazione e partecipazione dell'Istituto e dei suoi dipendenti e collaboratori ad aziende *spin-off*;
2. Attività ricognitiva e formativa presso ogni struttura dell'Istituto, per organizzare e strutturare l'*offerta collaborativa di strutture e tecnologie* e per promuovere le azioni di trasferimento di tecnologia e conoscenza;
3. Attività implementativa, con enfasi sulla ricerca collaborativa che origini dalla proprietà intellettuale, dalle infrastrutture ed attrezzature dell'Istituto;
4. Analisi e partecipazione ai programmi comunitari, nazionali e regionali di sostegno all'innovazione;
5. Implementazione di schemi per promuovere lo scambio di personale tra Istituto e imprese;

6. Analisi dell'impatto sul mondo produttivo via modelli macro-economici;
7. Analisi dell'impatto sulla società analizzando la mobilità e professionalità del capitale umano formato all'interno dell'Istituto;
8. Sinergia con le attività della comunità internazionale, ad oggi coordinate dal *Technology Transfer Network* dei paesi membri del CERN;
9. Adozione di una metrica per la valutazione dell'efficienza ed efficacia del processo.

Queste premesse metodologiche hanno consentito all'Istituto di intraprendere azioni positive per supportare tale processo.

L'Istituto ha concluso il percorso intrapreso circa due anni fa, volto a ridefinire il quadro regolamentare interno sulla materia della proprietà intellettuale e del trasferimento tecnologico. L'INFN, pur dotato di norme che hanno consentito di raggiungere esemplari forme di sinergia con le industrie e il mondo accademico (citiamo ad esempio la collaborazione con l'IBA e il Dipartimento di Fisica dell'Università di Torino), ha avvertito l'esigenza di migliorarle e implementarle per rispondere meglio alle richieste di collaborazione sempre maggiori provenienti dal mondo produttivo, senza però perdere la vocazione naturale per la ricerca di base, che è e resta caratteristica propria dell'Ente.

Il gruppo di lavoro composto da rappresentanti delle varie anime dell'Istituto (direttori di sezione, responsabili di esperimenti e progetti speciali, universitari associati alle attività dell'Istituto), e che ha definito nel corso dell'anno appena trascorso le proposte regolamentari riguardanti la materia, si è consolidato in un Comitato per il Trasferimento Tecnologico con il compito di promuovere, coordinare e istruire tutte le iniziative necessarie alla realizzazione degli

obiettivi definiti sulla materia dal vigente Regolamento Generale dell'INFN, nonché dai più specifici Regolamenti di settore.

9.2 CONTO TERZI

È all'approvazione dei competenti Uffici ministeriali il Regolamento per la ripartizione dei compensi derivanti dalle attività in favore di terzi, come previsto dall'art. 19 del CCNL 2002-2005, relativo al personale del comparto degli enti pubblici di ricerca. L'INFN era già dotato di un Regolamento per la prestazione di attività e servizi a favore di terzi, pubblicato nella GU n. 124 del 30/5/2006, questo rinvia al testo ora in corso di approvazione la definizione dei criteri per la ripartizione e l'assegnazione al fondo di incentivazione del personale di una quota dei corrispettivi derivanti da tali attività. In tale testo è stato proposto di assegnare al predetto fondo una percentuale degli utili, dedotti tutti gli oneri diretti e indiretti, e di prevedere alcune limitazioni sull'impegno di tempo massimo che ciascun dipendente può investire in questo genere di attività, che si svolgono comunque durante l'orario di lavoro.

9.3 SPIN-OFF

Una importante iniziativa di natura regolamentare riguarda la disciplina sugli *spin-off* dell'INFN. Il Regolamento Generale dell'INFN già prevede all'art. 2, comma 3, lett. d) tra le funzioni dell'Istituto la promozione e la partecipazione: "a consorzi, fondazioni e società anche internazionali, stranieri e comunitari, che abbiano come scopo lo sviluppo delle ricerche, le prestazioni di servizi ad esse attinenti o il trasferimento e la valorizzazione di conoscenze in campi di sua competenza e in campi interdisciplinari e di interesse applicativo". È proprio sulla base di tale richiamo normativo che l'INFN ha partecipato e partecipa a varie realtà imprenditoriali, nazionali e internazionali, descritte altrove

nel presente documento.

Con il regolamento approvato dal Consiglio Direttivo dell'Istituto a settembre 2010 e recentemente pubblicato in Gazzetta Ufficiale (Serie generale n. 29 del 5 febbraio 2011) si è disciplinata la procedura autorizzativa che deve essere seguita dal personale, sia dipendente che associato, interessato a promuovere la costituzione di realtà imprenditoriali per la produzione di beni o la fornitura di servizi derivanti in tutto o in parte dall'utilizzazione in contesti innovativi dei risultati ottenuti nell'ambito delle ricerche dell'INFN. Sono state previste differenti forme di collaborazione che l'INFN può prestare alla costituenda società: dal mero conferimento in licenza di conoscenze, con le cautele necessarie a evitare pregiudizi o conflitti d'interesse con le attività istituzionali dell'Ente, fino alla eventuale partecipazione al capitale sociale in qualità di socio. Questo accordo con il Decreto Legislativo 27 luglio 1999, n. 297, contenente il "Riordino della disciplina e snellimento delle procedure per il sostegno della ricerca scientifica e tecnologica, per la diffusione delle tecnologie, per la mobilità dei ricercatori" nonché dal suo regolamento attuativo, contenuto nel D.MIUR 8 agosto 2000 n. 593 recante "Modalità procedurali per la concessione delle agevolazioni previste dal decreto legislativo 27 luglio 1999, n. 297".

9.4 BREVETTI E PROPRIETÀ INTELLETTUALE

Con l'auspicio di incrementare il numero di brevetti senza svilirne la qualità e le potenzialità commerciali, il Comitato ha da subito prestato particolare attenzione ai processi di brevettazione delle conoscenze sviluppate all'interno delle attività istituzionali dell'Ente. L'INFN è infatti attualmente titolare di 8 brevetti, di cui 4 in comproprietà con altri Enti pubblici o privati stranieri. Tutti i brevetti trovano tutela in Italia, uno anche in Francia, uno in Europa, quattro godono di una protezione attraverso un brevetto internazionale, detto PCT (*Patent Cooperation Treaty*). Lo sfruttamento economico dei brevetti attraverso licenze commerciali produce annualmente un utile netto di 30.000 Euro all'anno.

L'avvio del nuovo Comitato ha portato ad un immediato aumento delle richieste di brevettazione delle conoscenze sviluppate dai ricercatori dell'Istituto che, nel giro di pochi mesi, ha portato ad un nuovo brevetto, già acquisito, all'avvio delle procedure per un ulteriore brevetto e a diverse richieste in fase istruttoria. anche se il ridotto lasso di tempo intercorso dall'avvio del Comitato non consente bilanci affidabili, l'interesse mostrato dal personale di

ricerca lascia certamente intravedere importanti possibilità di brevettazione e di trasferimento tecnologico.

A questo ambito può inoltre essere ricondotta l'attivazione di assegni di ricerca destinati alla valorizzazione in ambito produttivo delle conoscenze, delle metodologie e delle tecnologie legate alle attività di ricerca dell'INFN.

Si tratta di assegni di ricerca da svolgersi presso i laboratori e i centri di ricerca di industrie ad elevata capacità e innovazione tecnologica; hanno durata annuale eventualmente prorogabile di un ulteriore anno, d'intesa con l'industria che sostiene la metà dei costi relativi alla seconda annualità, e i settori interessati sono quelli delle tecnologie informatiche (ICT), della sensoristica, dell'elettronica, meccanica e impianti e dell'analisi e qualifica dei materiali.

L'iniziativa, che coniuga trasferimento tecnologico e placement, ha incontrato un notevole interesse da parte del mondo industriale. Sono 116 infatti le industrie, di differenti settori e regioni, che hanno risposto alla call dell'Istituto e tra queste figurano vere e proprie eccellenze italiane (Ferrari, Ducati Corse, IBA, Ansaldo Nucleare, Telespazio, Alenia Aeronautica, Centro Ricerche FIAT, OCEM, Magneti Marelli, Ansaldo Sistemi Industriali, etc.), a testimonianza delle capacità di innovazione tecnologica, nonché formativa, dell'Istituto.

Gli alti livelli di innovazione e di capacità di realizzazione sono la base della forza tecnologica dell'Ente, attraverso la promozione della ricerca su dispositivi, materiali, tecniche e processi mirati alla sua attività sperimentale. Allo stesso tempo alcuni di questi sviluppi, in origine stimolati dalle necessità di costruzione degli apparati sperimentali, possono successivamente trovare una nuova vita negli sviluppi interdisciplinari, a volte in modo rivoluzionario.

Esempi di queste incarnazioni sono le attività nel settore acceleratori, che partono dalle nuove tecniche per le *flavour factories* e si muovono verso la realizzazione di fasci radioattivi e dei *free electron laser*. Gli sviluppi di elettronica a bassa potenza, resistente alle radiazioni, permetteranno di costruire nuovi sensori per le missioni spaziali, mentre nuove tecniche di diagnosi per l'imaging medico sono complementari a iniziative di più ampia portata come l'adroterapia al CNAO o la modellizzazione neurologica.

Il trasferimento della conoscenza è al centro di un impatto di successo della ricerca di base sulla società e il suo sfruttamento è alla base di innovazioni che generano

benefici culturali, economici e sociali. La scala di questo effetto varia a seconda dell'ambiente circostante e delle sue capacità di adozione, che possono andare da iniziative locali o regionali fino a dimensioni strategiche e al ritorno dei capitali su scala nazionale. Il come e il quando le interazioni reciproche tra la ricerca dell'INFN, la società e l'economia hanno luogo, hanno dunque una gamma molto ampia, ma in tutti i casi sono una prova di come la ricerca di base plasmi la vita di tutti i giorni, creando notevoli effetti di ricaduta.

Piano di rimodernamento gestionale

X CAPITOLO

10.1 IL QUADRO NORMATIVO

L'Istituto è ente pubblico nazionale di ricerca, con autonomia organizzativa, finanziaria e contabile in conformità alla legge 168 del 1989.

L'adeguamento dell'INFN al rinnovato sistema della ricerca pubblica è avvenuto attraverso i provvedimenti normativi generali, senza che sia stata necessaria una specifica disposizione per il suo riassetto.

Com'è noto, la legge 137 del 2002 ha delegato il Governo a riordinare e aggregare gli enti pubblici di ricerca. In sua applicazione sono stati emanati decreti concernenti il CNR, l'ASI, l'ENEA e l'INAF. In particolare l'atto riguardante il CNR contiene, all'art. 22, comma 8, un elenco di norme che trovano applicazione verso tutti gli enti di ricerca vigilati dal MIUR, quindi anche presso l'INFN.

Gli ambiti, per i quali i principi normativi sono i medesimi, sono: la promozione a fini produttivi e di trasferimento tecnologico dei risultati della ricerca; la formazione dei ricercatori italiani; le attività di consulenza tecnico-scientifica alle PP.AA.; la fornitura di servizi a terzi; l'operare sulla base di piani triennali di attività, aggiornati per scorrimento annuale e comprendenti la determinazione del fabbisogno di personale; gli strumenti operativi (accordi e convenzioni); le partecipazioni anche in imprese; la costituzione di centri di ricerca internazionali; il commissionare attività di ricerca all'esterno; il dotarsi di propri regolamenti in coerenza con le procedure e le modalità di cui all'art. 8 della citata legge 168; le norme sul personale (ivi compresa la chiamata diretta del 3% dei ricercatori, riservata a soggetti di altissima qualificazione); la reciproca mobilità del personale dell'università e degli enti pubblici di ricerca; la trasmissione al MIUR dei preventivi e consuntivi annuali.

Il decreto legislativo n. 213 del 31 dicembre 2009, emanato dal Governo sulla base della legge delega del 27 settembre 2007 n. 165, avente per oggetto il riordino degli enti di ricerca vigilati dal MIUR, prevede per ciascun ente la formulazione di un nuovo statuto, da deliberare – da parte degli enti – entro sei mesi dalla data di entrata in vigore del decreto legislativo, che specifichi la missione e gli obiettivi di ricerca, tenuto conto del PNR (Programma Nazionale della Ricerca) e degli obiettivi strategici fissati dal Ministero e dall'Unione Europea, nonché dei fabbisogni e del modello strutturale di organizzazione e funzionamento previsti per il raggiungimento degli scopi istituzionali e il buon andamento delle attività. La formulazione e la deliberazione dello Statuto è attribuita, in prima applicazione, ai consigli di amministrazione (per l'INFN al Consiglio Direttivo), integrati da cinque esperti nominati dal Ministro.

Il decreto contiene una norma specifica per l'INFN (art. 9.4) che dispone la riduzione del Consiglio Direttivo dei due componenti dell'ENEA e del CNR e che restano in vigore le venticinque disposizioni relative alla nomina degli organi statuari.

L'Istituto ha dato seguito a quanto previsto dal decreto di riforma adottando il nuovo Statuto, attualmente all'esame del Ministero, e costituendo appositi gruppi di lavoro per il riesame del Regolamento del Personale e di alcuni Disciplinari interni.

IL REGOLAMENTO GENERALE IN VIGORE E I REGOLAMENTI INTERNI

Il Regolamento Generale dell'INFN, a valenza statutaria, attualmente vigente, è comunque quello pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, serie generale, n. 48 del 27 febbraio 2001, suppl. ordinario.



L'atto individua i principi generali che disciplinano l'Istituto (natura giuridica, funzioni, personale, programmazione, fonti di finanziamento, bilancio, controlli interni) e dispone in ordine agli organi e alle strutture.

Di seguito al richiamato Regolamento Generale sono stati emanati i seguenti regolamenti di settore:

- Regolamento generale delle strutture
- Regolamento di amministrazione, finanza e contabilità
- Regolamento recante le norme sui concorsi per l'assunzione di personale a tempo indeterminato
- Regolamento per le associazioni alle attività scientifico-tecniche
- Regolamento del trattamento dei dati sensibili e giudiziari
- Regolamento per la valorizzazione, lo sviluppo e l'applicazione delle conoscenze dell'Istituto
- Regolamento per la prestazione di attività e servizi a favore di terzi
- Regolamento sul trattamento di missione del personale dipendente dell'INFN sul territorio nazionale
- Regolamento per i lavori, le forniture e i servizi in economia.
- Regolamento per l'Attività Negoziante
- Regolamento per il Patrimonio. È inoltre in via d'adozione il regolamento sugli *spin-off* dell'Istituto, attualmente all'esame del Ministero per le verifiche di legge.

È inoltre in via d'adozione il regolamento sugli *spin-off* dell'Istituto, attualmente all'esame del Ministero per le verifiche di legge.

LE DISPOSIZIONI LEGISLATIVE GENERALI

La natura pubblica dell'Istituto, l'impiego di risorse umane e in generale il fatto di essere inseriti nella realtà giuridica del Paese, comportano l'obbligo di attenersi: ai principi sulla trasparenza e sui tempi certi dei procedimenti amministrativi (legge 241 del 1990); all'ordinamento del lavoro alle dipendenze delle amministrazioni pubbliche (decreto

legislativo 165 del 2001); alla tutela dei dati personali (decreto legislativo 196 del 2003); alla cura della sicurezza dei luoghi di lavoro (decreto legislativo 81 del 2008); al controllo della Corte dei Conti (legge 20 del 1994); alle speciali regole in materia di lavori, servizi e forniture (decreto legislativo 163 del 2006); alle regole in materia di ottimizzazione della produttività del lavoro pubblico e di efficienza delle pubbliche amministrazioni (decreto legislativo 150 del 2009) nonché a tutte quelle altre disposizioni generali che riguardano i singoli settori interessati dalle attività dell'Ente.

10.2 IL SISTEMA INFORMATIVO

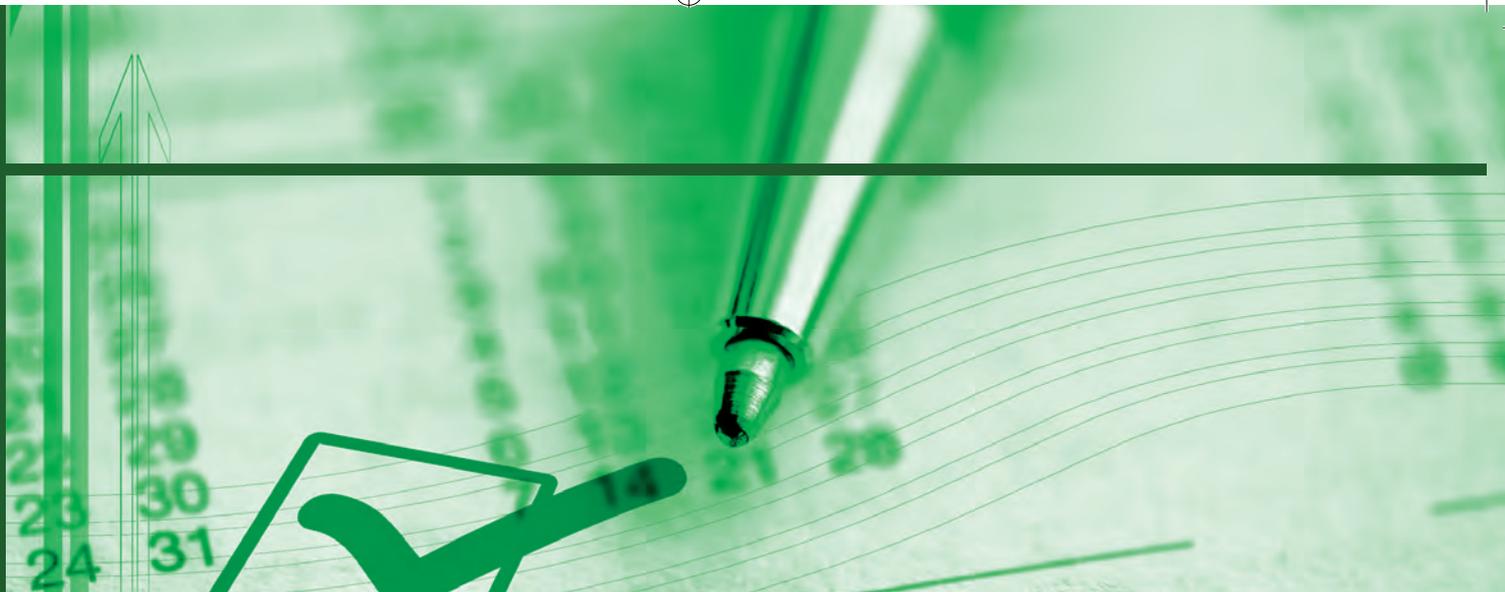
Obiettivi e prospettive 2011-2013

In linea con gli obiettivi del piano triennale 2010-2012, nel corso del 2010 il nuovo sistema informativo dell'Istituto ha ottenuto i seguenti risultati:

- **Consolidamento della gestione amministrativa e contabile.**
- **Diffusione della conoscenza del sistema con uso diffuso di differenti strumenti formativi**
- **Messa a punto del nuovo sistema di rilevazione presenze integrato con il sistema di gestione risorse umane e sua attivazione su cinque strutture.**
- **Evoluzione del Portale Utente e sua completa integrazione nella struttura informatica dell'INFN (autenticazione, autorizzazione, anagrafiche, ecc.)**

Gli obiettivi che il Sistema informativo intende perseguire nel prossimo triennio possono essere così sintetizzati:

- Integrazione di tutte le componenti informative attualmente in esercizio nell'INFN, al fine di garantire un sistema moderno, integrato che possa migliorare l'efficienza nelle sue operazioni e la trasparenza verso il management e gli organi di controllo; in particolare la condivisione di



anagrafiche centralizzate da parte di tutte le applicazioni che cooperano a gestire i dati amministrativi essenziali al corretto funzionamento dell'Istituto.

- Ottimizzazione dei processi amministrativi trasversali all'INFN ovvero che coinvolgono centro e periferia, redistribuzione delle attività sui processi medesimi, profittando delle nuove possibilità offerte dal sistema informativo, al fine di garantire una semplificazione delle procedure, una maggiore efficienza ma anche, e soprattutto, un controllo più semplice e una maggiore trasparenza.
- Disponibilità di dati rivolti al management dell'Istituto sia di tipo economico ma anche di tipo gestionale al fine di massimizzare la adeguatezza della azioni correttive minimizzando i tempi di risposta agli eventi.

Condizione imprescindibile per il raggiungimento degli obiettivi è la costruzione di una struttura organizzativa stabile e adeguata al presidio del sistema informativo e che sappia gestirne e governarne l'evoluzione.

È necessario anche affrontare, al fine di migliorare l'efficienza dell'intera macchina amministrativa, l'insieme di attività ovvero i processi dell'Istituto. In passato l'INFN ha affrontato il miglioramento di singole attività nell'ambito di unità organizzative indipendenti (rendere più efficiente la richiesta di missione, il suo rimborso, la generazione dell'ordine, la sua fatturazione, ecc.). Queste attività sono ora supportate da un sistema informativo integrato e verranno rese via via più efficienti. Questo sicuramente comporta migliorare e integrare il sistema informativo, ma anche allineare l'organizzazione dell'istituto con i miglioramenti introdotti nel sistema informativo.

In parallelo al miglioramento sui processi è auspicabile un importante miglioramento sui dati. Anche in questo

caso l'INFN è abituato ad analizzare dati di singole unità organizzative (la sezione, il laboratorio, il centro, ecc.); sono ora a disposizione dati uniformi che provengono da differenti strutture organizzative e quindi confrontabili ed aggregabili tra di loro. La possibilità di correlare questi dati è un potente strumento di gestione a disposizione del management dell'INFN. L'obiettivo non è solamente individuare tempestivamente azioni di miglioramento nella gestione dei progetti scientifici ma anche di gestire l'andamento dell'Istituto basandosi su analisi numeriche di indicatori secondo le moderne teorie di management ("non si può gestire ciò che non si può misurare", Roberto Kaplan, *Balanced Scorecard*).

Inoltre sarà necessario perseguire un adeguamento della infrastruttura tecnologica alla base del sistema stesso (piattaforma hardware e software).

L'evoluzione del sistema informativo verrà quindi realizzata in modo incrementale e per passi successivi, in modo tale da poter costantemente verificare il livello di miglioramento dell'organizzazione e l'efficienza raggiunta rispetto ai risultati attesi.

Questo modo di procedere consente di verificare costantemente la bontà dell'impostazione, modulare gli investimenti, massimizzare l'uso delle risorse interne e nel contempo minimizzare gli impatti operativi sulle strutture.

Nel seguente paragrafo vengono delineati alcuni degli elementi di sviluppo che, in coerenza con quanto detto, concorrono al raggiungimento degli obiettivi strategici della gestione di INFN.

ALCUNI ELEMENTI DI SVILUPPO DEL SISTEMA INFORMATIVO

Cooperazione

Uno degli aspetti imprescindibili dei prossimi anni sarà la cooperazione. C'è infatti ancora un lungo tratto da



percorrere dopo aver integrato il sistema amministrativo in tutte le strutture dell'INFN, dopo aver avviato i primi passi per integrare il sistema contabile con quello della gestione delle risorse umane.

È fondamentale per l'Istituto portare i sistemi che attualmente servono aree e bisogni diversi a cooperare tra loro attraverso l'uso di anagrafiche condivise e specializzando e rendendo disponibili i servizi delle diverse applicazioni. Sempre più il mondo scientifico ed il mondo amministrativo devono cooperare a livello di sistema informativo, ma anche sistemi più specializzati (ad esempio la gestione delle assicurazioni, la gestione della formazione, la gestione dei concorsi) devono necessariamente condividere dati e fornire servizi reciproci.

Questa sarà la vera sfida del sistema informativo nei prossimi tre anni.

Miglioramento di processi di business

La gestione dei documenti di processo proseguirà nel corso del triennio in esame. L'Istituto si propone di continuare nel processo di eliminazione dell'utilizzo della carta nel prossimo triennio, conseguendo nel contempo ampi livelli di miglioramento dell'efficienza organizzativa. I flussi di lavoro automatizzati, l'uso pervasivo della firma elettronica nei processi per i quali si rendono necessari specifici livelli autorizzativi e di sicurezza, permetteranno di raggiungere l'obiettivo, certamente ambizioso, che l'Istituto si pone.

Nei primi mesi del 2011 verrà reso disponibile il "mandato elettronico" per tutte le strutture dell'Istituto, attività ritardata di un anno per la particolare criticità che riveste

L'introduzione della firma elettronica è il fattore abilitante per l'informatizzazione di alcuni processi importanti e al tempo stesso organizzativamente costosi. A titolo esemplificativo vengono riportati alcuni dei processi che l'Istituto ha in animo

di rendere più efficienti nei prossimi anni:

- Gestione appalti
- Gestione e Rendicontazione dei Progetti
- Budget e pianificazione
- Gestione delibere

Integrazione con la firma Elettronica

Si prevede che i processi che richiedono un qualche livello autorizzativo verranno integrati con la prevista disponibilità della firma elettronica. A titolo di esempio:

- Richiesta di acquisto
- Emissione ordine
- Autorizzazione al pagamento

Gestione dei dati

Si prevede di rendere disponibili modelli di dati e relativi strumenti che permettano una facile navigazione dello spazio disponibile nel sistema informativo INFN. Questi modelli, detti di *data mining* o *business intelligence*, permettono di correlare tra loro dati mantenendo aperte le linee di collegamento tra loro o meglio, non "ingessando" a priori le relazioni dei dati medesimi. La conseguenza è una navigazione dello spazio dei dati intuitiva ma complessa tale da permettere analisi di qualunque livello di interesse.

Un grande sforzo verrà profuso in questa direzione per individuare indicatori sintetici, o piuttosto coerenti con il livello di sintesi attesa, misurati e monitorati, che rappresentino il funzionamento dell'INFN, permettendo di mettere sotto controllo il "sistema azienda".

La valutazione interna

XI CAPITOLO

Nell'ultimo decennio lo scenario della ricerca scientifica è diventato sempre più complesso e di più difficile gestione: vi è stata, in particolare, una crescente influenza contestuale da parte dei governi, dell'industria e della società in generale, che ha reso strategico il compito di valutare le persone, i progetti e il sistema nel suo complesso.

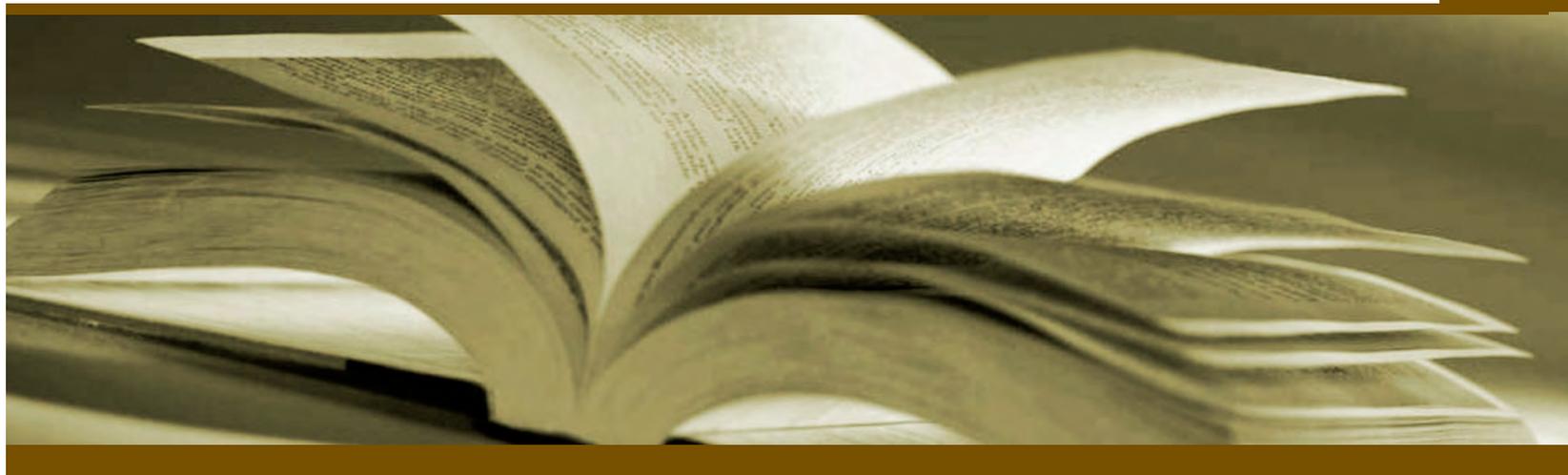
Da un lato esiste infatti una ovvia esigenza dei finanziatori, pubblici e privati, che si pongono come obiettivo la misura della qualità delle entità finanziate, cercando indicatori quanto più possibile oggettivi, ad esempio numerici, e utilizzabili per un ampio numero di realtà disciplinari. Dall'altro lato le realtà operanti nella ricerca hanno esse stesse la necessità di sottoporsi a un vaglio periodico del proprio livello di performance, per poter meglio definire i piani di lavoro e le strategie corrispondenti. Acquisire dunque in modo corretto la valutazione dei meccanismi di finanziamento e dei programmi di ricerca, con l'obiettivo di migliorare sia il sistema al suo interno sia la responsabilità verso l'esterno delle agenzie di finanziamento e delle organizzazioni di ricerca, sta avendo sempre più importanza.

La valutazione degli enti pubblici di ricerca e dei corrispondenti programmi di finanziamento ha di conseguenza ricevuto sempre maggiore attenzione, in particolare da parte delle istituzioni governative. Con la crescente consapevolezza che la ricerca sia alla base di una crescita economica a lungo termine, è infatti più sentita anche la necessità di avere un meccanismo per stabilire l'importanza relativa e l'impatto della ricerca stessa. In questo contesto, l'INFN è da sempre all'avanguardia nello strutturare in modo regolare la verifica della propria attività scientifica. Questa verifica viene realizzata attraverso diversi organi dell'Istituto, dalla Giunta Esecutiva (GE), al Consiglio Direttivo (CD), alle Commissioni Scientifiche Nazionali (CSN), fino al Consiglio di Coordinamento Scientifico (CCS).

Va sottolineato come, fin dal 1997, l'Ente abbia affidato la valutazione complessiva delle proprie attività al giudizio di un Comitato di Valutazione Internazionale (CVI), che redige su base annuale un rapporto sulla qualità della ricerca INFN e fornisce indicazioni e raccomandazioni per migliorarne la *performance globale*. Il CVI è costituito da esperti internazionali della massima autorevolezza, sia nei campi dove l'Istituto conduce le proprie attività di ricerca, sia in settori che sono interessati o connessi a queste attività, come quello industriale e produttivo o più in generale quello economico. Nessun ricercatore, dipendente o associato INFN, è componente del CVI, e questo a garanzia dell'imparzialità del lavoro dal Comitato, che è il solo titolato a emettere un giudizio sull'operato dell'INFN.

Il CVI incontra il Presidente dell'Ente, la Giunta Esecutiva e i Presidenti delle Commissioni Scientifiche, in una riunione di più giorni, nella quale vengono passate in rassegna tutte le iniziative scientifiche dell'Istituto e le linee di programmazione futura. Alla riunione partecipa anche il Coordinatore dei Gruppi di Lavoro sulla Valutazione (GLV), costituiti a partire dall'anno 2000 per istruire il processo di autovalutazione secondo i criteri raccomandati dal Ministero attraverso il CIVR (Comitato di Indirizzo per la Valutazione della Ricerca).

I GLV, uno per ogni linea scientifica dell'Ente, hanno il compito di raccogliere in modo organico in una relazione inviata al CVI i dati oggettivi che descrivano la performance scientifica dell'INFN (inseriti se possibile in un contesto internazionale), insieme a elementi utili a mostrare sia l'attività di alta formazione dei giovani svolta nell'ambito delle ricerche dell'Istituto, sia l'impatto socio-economico e inter-disciplinare delle attività dell'Ente.



Il CVI è anche punto di riferimento per il MIUR, al quale inoltra ogni anno il suo rapporto finale. Nel caso in cui il Ministero realizzi esercizi nazionali di valutazione della ricerca (come nel caso della Valutazione Triennale della Ricerca 2001-2003, gestita dal CIVR) il CVI è altresì responsabile della validazione dei prodotti selezionati della ricerca (identificati dai GLV) e della trasmissione al Ministero degli altri dati legati alla *performance* scientifica dell'Ente, in modo da evitare problemi di auto-referenzialità nel processo di valutazione.

L'approccio utilizzato dall'INFN è quindi basato su una doppia componente: da una parte dati oggettivi espressi attraverso indicatori riconosciuti dagli esperti, dall'altra l'analisi globale del loro significato e delle attività scientifiche dell'Ente in toto da parte di un gruppo di pari. Sarebbe infatti controproducente al fine di una corretta valutazione, in una realtà articolata e complessa come l'INFN, ridurre l'intero processo a un mero elenco di indicatori da confrontare con dati esterni, trascurando la componente storica degli avanzamenti scientifici (esperimenti e ricerche che si trovano in fasi diverse in momenti diversi) o il valore aggiunto derivante dalla realizzazione di una grande infrastruttura di ricerca, rispetto alla pubblicazione di un articolo su una rivista.

Dopo la Valutazione Triennale della Ricerca (VTR 2001-2003), il 2010 segna un passo molto atteso verso un esercizio ministeriale più complesso ed esigente, che copre il quinquennio 2004-2008 (Valutazione Quinquennale della Ricerca, VQR). L'INFN, tramite gli strumenti di valutazione interna sopra elencati, sta procedendo alla preparazione del materiale richiesto. Va ricordato in questo contesto che alcuni parametri presenti nelle Linee Guida per la VQR si adattano difficilmente alla natura delle ricerche condotte dall'INFN e al suo *modus operandi*: si è cercato di aprire un dibattito su questi temi che ci si augura conduca ad una parziale revisione delle richieste stesse, in modo da produrre una reale valutazione oggettiva dell'Ente che sia funzionale

agli interessi ministeriali e governativi.

Nel seguito verranno illustrati alcuni degli elementi che contribuiscono al processo di valutazione della ricerca dell'INFN, al fine di esemplificare il processo stesso e di fornire elementi utili all'interpretazione di quanto descritto sopra.

11.1 PRODUTTIVITÀ SCIENTIFICA

La ricerca fondamentale è alla base delle attività dell'INFN e questo pone l'accento in modo naturale sulle pubblicazioni scientifiche, come uno dei principali riferimenti per la produttività dell'Ente. Durante la VTR 2001-2003 il Ministero aveva raccomandato come sorgente dei dati bibliometrici *Web Of Science (WOS)*, dell'*Institute for Scientific Information (ISI)*, database proprietario della Thomson (consultabile tramite abbonamento). ISI-WOS è stato ed è quindi tuttora utilizzato dai GLV come sorgente di tutti i dati primari che concernono le pubblicazioni: i criteri utilizzati da ISI-WOS garantiscono anche che gli articoli appartengano solo a riviste di rango internazionale, i quali vengono accettati solo dopo un rigoroso processo di *peer review*.

NUMERO DI PUBBLICAZIONI ISI

	2009	2008	2007	<2004-06>
CSN1	195	256	280	296
CSN2	238	219	192	205
CSN3	223	206	266	255
CSN4	1099	1191	1236	1127
CSN5	326	333	325	264
INFN	2478	2539	2492	2423

Tabella 11.1 - Produttività Scientifica INFN.

È tuttavia utile anche ricordare come le pubblicazioni ISI non siano l'unico canale utilizzato per diffondere risultati scientifici nei campi di ricerca propri dell'INFN. Ad esempio, ricercatori INFN contribuiscono in modo significativo alla stesura di rapporti per grandi laboratori internazionali come il CERN e Fermilab, o a progetti editoriali simili come le pubblicazioni on-line, sia nel contesto di collaborazione con colleghi stranieri sia per conto di Organizzazioni Internazionali. Negli anni a venire, inoltre, la diffusione in formato elettronico delle pubblicazioni diventerà il sistema più utilizzato per la comunicazione di risultati scientifici e le politiche editoriali di open access avranno un ruolo sempre maggiore. L'INFN sta seguendo da vicino questa evoluzione, in qualità di membro dell'iniziativa SCOAP3 (*Sponsoring Consortium for Open Access Publishing in Particle Physics*). Il finanziamento attraverso un consorzio sembra il più promettente modello commerciale per le attività dell'INFN.

IMPACT FACTOR MEDIO

	2009	2008	2007	<2004-06>
CSN1	390	310	365	378
CSN2	440	280	289	215
CSN3	260	280	258	260
CSN4	373	347	362	344
CSN5	196	170	154	146

FRAZIONE DI AUTORI INFN (%)

	2009	2008	2007	<2004-06>
CSN1	30	42	37	36
CSN2	53	64	64	75
CSN3	44	51	53	47
CSN4	56	63	58	59
CSN5	61	67	56	66

Tab. 11.2: Alcuni indicatori di produttività scientifica INFN.

Questo approccio è già operativo per la grandi collaborazioni del *Large Hadron Collider* (pagamento di una quota da parte dell'Istituto e corrispondente disponibilità on-line di tutte le pubblicazioni su riviste internazionali di prestigio) e potrebbe modificare ancora più profondamente il panorama globale, se il consorzio dovesse offrire strumenti addizionali come l'analisi delle citazioni o la ricerca di testi.

Nella tabella 11.1 è mostrata la produttività totale dell'INFN

nel 2009, divisa nelle cinque linee scientifiche e confrontata con il risultato medio del triennio 2004-2006 e con quelli degli anni successivi. Il totale in ogni colonna eccede la somma delle singole righe, poiché vi sono ulteriori pubblicazioni che non sono direttamente attribuibili a una singola CSN, ad esempio perché realizzate da autori di diversa estrazione professionale (e.g. uno teorico e uno sperimentale).

Si può notare in particolare il valore molto elevato del numero di pubblicazioni nel campo teorico (CSN4) che riflette l'eccellenza della scuola italiana nel settore. Si osserva anche, su un periodo di molti anni, che la produzione scientifica dell'Ente è costante, un segno dell'ottimo livello di produttività scientifica e della continuità dell'impatto delle ricerche INFN in tutti i settori.

Il numero delle pubblicazioni è solo uno dei parametri che si possono considerare nella valutazione della produttività scientifica. L'utilizzo del database ISI-WOS permette tra l'altro di accedere direttamente ad altri indicatori bibliometrici, come l'*Impact Factor* (IF, ideato appunto da ISI-Thomson), o effettuare analisi più complesse legate al numero di citazioni. Gli *Impact Factor* sono derivati dal *Journal of Citation Reports*, edito da ISI e caratterizzano la qualità delle riviste corrispondenti.

L'*Impact Factor* rappresenta infatti la media delle citazioni degli articoli pubblicati in una determinata rivista su un periodo di due anni. In questo contesto quindi può al più essere utilizzato per confrontare le riviste tra di loro, ma certamente non per estrarre informazioni sulla qualità di un singolo articolo pubblicato. Anche nella prima accezione, estrema cautela deve essere utilizzata nell'uso dell'IF, soprattutto quando si confrontano discipline diverse tra loro, i cui ricercatori pubblicano su riviste con politiche editoriali che possono essere assai variegate.

Nella tabella 11.2 sono quindi riassunti alcuni altri parametri che vengono utilizzati per esemplificare la qualità e le caratteristiche della produttività scientifica dell'Ente. Il valor medio dell'*Impact Factor* risulta costante negli anni per ognuna delle linee scientifiche: è anche degno di nota che vi siano alcuni articoli molto significativi pubblicati su riviste ad altissimo *Impact Factor* come *Nature* o *Science*. Il valor medio della CSN5 è assolutamente tipico delle riviste a carattere tecnologico e strumentale, rispetto a quelle che raccolgono risultati di fisica sperimentale e teorica, ed esemplifica perfettamente il caveat esposto sopra sulla necessità di differenziare la valutazione rispetto alle caratteristiche del settore scientifico di riferimento. È da notare anche il notevole risultato della CSN2 che origina

dalla crescita nel valore dell'IF per alcune prestigiose riviste come *Astrophysics Journal* e dalla pubblicazioni di numerosi articoli proprio su *Nature* o *Science*.

La frazione di autori INFN è indicativa del livello di internazionalizzazione caratteristico delle attività di ricerca dell'Ente, in ogni settore. Anche in questo caso, come in quello dell'IF, occorre ricordare che il valor medio è estratto da distribuzioni multi-modali: nel caso della CSN1, ad esempio, esso risulta dal mediare articoli con uno o pochi autori totali, con gli articoli delle Collaborazioni LHC, che hanno circa tremila autori ciascuno.

Questo esempio è utile anche per illustrare le difficoltà che si incontrano nell'utilizzare il cosiddetto "grado di proprietà" di un articolo (proporzionale direttamente alla percentuale di autori) per definire la qualità e la rilevanza della partecipazione istituzionale alla ricerca corrispondente. Nel caso di grandi collaborazioni internazionali, come quelle in cui operano i ricercatori che afferiscono alla CSN1, il livello di partecipazione si attesta intorno al 15%: questo numero viene a volte erroneamente utilizzato per significare un basso livello del contributo intellettuale INFN alla ricerca in oggetto. Poiché invece si tratta di collaborazioni tra decine di nazioni e centinaia di istituzioni scientifiche, per conoscere il peso reale del contributo INFN rispetto agli altri partner, non si deve considerare il rapporto tra il numero di autori INFN e il totale, ma quello tra il numero di autori INFN e una opportuna media sulle nazioni delle altre istituzioni partecipanti. In questo modo si evidenzia facilmente che il contributo intellettuale dei ricercatori INFN è perfettamente equivalente, e a volte superiore, a quello dei ricercatori degli altri istituti.

La complessità, la dimensione e la durata temporale dei grandi progetti dell'Ente in fisica nucleare, subnucleare e astroparticellare richiede un costante controllo in tutte le fasi degli esperimenti, dalla costruzione, ai test di funzionalità fino alla presa dati e alla loro analisi. La valutazione della ricerca svolge qui due importanti ruoli: da una parte serve a evitare che progetti pluriennali possano incorrere in difficoltà tali da compromettere la buona riuscita dell'esperimento, dall'altra

è uno strumento per verificare la rilevanza data ai ricercatori INFN nel ricoprire ruoli di responsabilità nelle Collaborazioni.

Il primo ruolo è implementato attraverso le Commissioni Scientifiche Nazionali, che utilizzano referee anche esterni per esaminare lo stato di ogni progetto (tipicamente due volte l'anno). Ogni esperimento, all'atto di sottomettere le richieste finanziarie per l'anno successivo, concorda con i referee anche un insieme di milestone da rispettare nello stesso periodo. La tabella 11.3 mostra il grado complessivo di soddisfazione per le milestone concordate, negli anni indicati e per le linee scientifiche più rilevanti in questo contesto: come si vede, una larga percentuale è rispettata dalle Collaborazioni e il meccanismo permette in generale di applicare azioni correttive dove e se necessario. Va anche sottolineato che, proprio per la complessità e internazionalità progetti scientifici, ritardi nella realizzazione dei propri obiettivi possono essere indotti anche da motivazioni esterne all'operato dei gruppi INFN.

Come conseguenza dell'alto livello di internazionalizzazione delle attività considerate è interessante considerare quale sia la frazione dei ruoli di responsabilità (leadership) che vengono assegnati a ricercatori INFN all'interno delle Collaborazioni (la definizione dei ruoli è per lo più definita da accordi approvati dagli organi dirigenziali degli esperimenti). Questo è mostrato, sempre in tabella 11.3, per le tre linee scientifiche citate: il dato più appariscente è che il risultato eccede in media il contributo INFN, sia finanziario che di personale, alle Collaborazioni suddette. Questa è una ulteriore dimostrazione dell'alto ruolo scientifico che l'Istituto riveste in ambito internazionale ed è un importante riconoscimento delle capacità scientifiche e manageriali dei suoi ricercatori.

In questo contesto l'highlight più importante è che dal 2010 tutte e quattro le Collaborazioni internazionali che operano al Large Hadron Collider del CERN a Ginevra sono guidate da scienziati di nazionalità italiana, tre dei quali affiliati direttamente all'INFN e la quarta formatasi anch'essa in ambito INFN.

RISPETTO DELLE MILESTONE (%)

	2009	2008	2007	<2004-06>
CSN1	73	79	79	80
CSN2	56	68	70	79
CSN3	86	83	84	78

RUOLI DI LEADERSHIP (%)

	2009	2008	2007	<2004-06>
CSN1	30	26	26	25
CSN2	57	43	39	51
CSN3	45	37	37	39

Tab. 11.3: Indicatori di performance per le collaborazioni e i Gruppi di ricerca

11.2 UNA PROSPETTIVA EUROPEA PER LA VALUTAZIONE

L'INFN è membro di diverse organizzazioni europee e internazionali, e contribuisce alla definizione dei corrispondenti piani pluriennali di attività, per quanto attiene alla missione dell'Istituto, nel campo della fisica fondamentale, sia teorica che sperimentale.

La *European Science Foundation* (ESF) è una di queste organizzazioni, ed è nata sulla spinta di diverse istituzioni e agenzie (ad oggi 80 in 30 nazioni) che si sono poste come fine la cooperazione e la collaborazione nella ricerca scientifica europea, considerando anche le esigenze degli erogatori delle risorse finanziarie (*stakeholders*). La ESF agisce in stretta collaborazione con altre istituzioni a livello europeo, come la Commissione Europea stessa, ALLEA (*ALL European Academies*) e EUROHORCs (*European Heads of*

Research Councils), di cui l'INFN è pure membro, e anche con partner come NSF (*National Science Foundation*) e NIH (*National Institutes of Health*) negli Stati Uniti e con l'OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*).

L'INFN fa parte di ESF fin dalla sua istituzione nel 1974 (unica altra istituzione italiana insieme al CNR): è rappresentato in strutture interne dell'organizzazione come il *Physics and Engineering sciences Standing Committee* (PESC) e il *Nuclear Physics European Collaboration Committee* (NuPECC). Da alcuni anni il ruolo di ESF si è focalizzato sulla creazione della *European Research Area* (ERA), che dovrà essere caratterizzata da una politica scientifica dinamica, da finanziamenti basati sulla qualità e sul merito, dalla mobilità dei ricercatori, degli studenti e delle risorse finanziarie e dalla realizzazione di infrastrutture di ricerca adeguate.

Una recente azione congiunta di ESF e di EUROHORCs ha portato alla pubblicazione di un importante documento "*EUROHORCs and ESF Vision on a Globally Competitive ERA and their Road Map for Actions*", che in dieci punti definisce il migliore cammino verso la costituzione della *European Research Area*, indicando le azioni corrispondenti e le responsabilità per il processo di trasformazione.



Fig. 11.1: Copertine dei report dell'European Science Foundation.

EUROPEAN SCIENCE FOUNDATION
SETTING SCIENCE AGENDAS FOR EUROPE

MEMBER ORGANISATION FORUM
Evaluation in National Research Funding Agencies: approaches, experiences and case studies
A report of the ESF Member Organisation Forum on Ex-Post Evaluation of Funding Schemes and Research Programmes



EUROPEAN SCIENCE FOUNDATION
SETTING SCIENCE AGENDAS FOR EUROPE

MEMBER ORGANISATION FORUM
Research Careers in Europe Landscape and Horizons
A report by the ESF Member Organisation Forum on Research Careers



Per lo studio di una questione così complessa e per individuare i principali temi per le azioni future, ESF ha deciso di utilizzare le esperienze e le idee dei propri membri, attraverso l'istituzione di diversi Fora di discussione. I Fora della ESF sono infatti strumenti finalizzati allo scambio delle esperienze nazionali e mirano all'identificazione di un insieme condiviso di pratiche, che possano anche essere trasferite in realtà diverse.

Nell'ambito delle analisi sulla mobilità dei ricercatori in Europa, l'INFN ha partecipato attivamente al Forum su *"Research Careers in Europe: Landscape and Horizons"*, che è servito da piattaforma comune per lo sviluppo delle strategie da applicare a livello nazionale e sovranazionale. Gli obiettivi principali del Forum sono stati di:

- sviluppare una roadmap per lo sviluppo delle carriere di ricerca in Europa;
- creare nuove politiche e migliorare quelle esistenti a livello europeo e nazionale, per stimolare la progressione nelle varie fasi della carriera;
- aumentare la visibilità internazionale di ERA come mercato del lavoro comune per i ricercatori.

La partecipazione a questo Forum è stata utile e in qualche modo anche impegnativa per l'INFN. È stata l'occasione per confrontare con altre Organizzazioni, a fronte di norme europee, l'impegno dell'INFN nel sostenere lo sviluppo delle carriere e nel fornire formazione continua ai nostri ricercatori, studenti, ingegneri e personale amministrativo. La nostra performance è risultata di alto livello e le nostre iniziative in accordo con gli orientamenti europei.

Dopo la pubblicazione del Report finale, il Forum proseguirà l'attività nel 2011 e 2012, con una nuova iniziativa *"European Alliance on Research Careers Development"*, per sviluppare una descrizione coerente della struttura della carriera in Europa e una tassonomia che includa sia la ricerca pubblica sia quella privata, allineandosi al punto 2 della *"Roadmap ESF-EUROHORCs"*.

Il secondo Forum che si è concluso con la pubblicazione di un *Report* e nel quale l'INFN è stato fortemente coinvolto ha affrontato il problema della valutazione delle istituzioni di ricerca: *"Evaluation of Funding Schemes and Research Programmes"*. La rilevanza di tale lavoro è stata fortemente apprezzata dal Governing Council di ESF, il quale ha approvato un nuovo Forum fino al 2012, che affronti in particolare il problema di misurare il grado di internazionalizzazione delle Istituzioni. L'obiettivo è quello di progettare (con l'aiuto di esperti del settore) e produrre una serie di indicatori che possano qualificare l'internazionalizzazione delle attività di

ricerca e dei programmi europei. Questi indicatori saranno utili sia per le Organizzazioni membri di ESF sia per i loro governi, per il confronto e la valutazione delle politiche. L'INFN sta guidando questa attività e il primo incontro a Stoccolma ha visto la partecipazione di oltre 30 Organizzazioni, insieme a rappresentanti della Commissione Europea e di istituzioni non appartenenti a ESF (come la NSF negli Stati Uniti). Questa iniziativa è allineata al punto 6 della *"Roadmap ESF-EUROHORCs"*.

Entrambe le iniziative precedenti sono connesse ad uno dei filoni più importanti delle iniziative promosse da ESF, la costituzione di un peer review a livello europeo. L'INFN è stato tra i promotori della standardizzazione dei processi di peer review, includendo i temi del controllo di qualità della valutazione e della trasparenza delle procedure. Questo contribuirà a mettere in atto strategie per altre agenzie nazionali di finanziamento o per le organizzazioni di ricerca stesse. Un *peer review* a livello europeo potrebbe svolgere un ruolo importante nella definizione di norme generali, di criteri comuni di qualità e nel benchmarking nazionale delle comunità scientifiche, consentendo loro di operare più efficacemente in un contesto globale. Il Forum corrispondente, che è operativo da più di due anni, sta avviandosi nel 2011 a concludere i lavori con la realizzazione di una *"Peer Review Guide for Practitioners"*. Questa guida è destinata a tutte le organizzazioni che vogliono implementare processi di selezione, utilizzando i diversi strumenti di finanziamento a loro disposizione. La procedura ha comportato l'elaborazione di un questionario completo che è stato trasmesso a un centinaio di organizzazioni (non solo europee) per estrarre la descrizione quantitativa e qualitativa del loro processo di *peer review* per i diversi strumenti (dai progetti, alle carriere, ai network di ricercatori, ai centri di eccellenza, ecc.). Il materiale è stato poi elaborato per valutare statisticamente quali siano le migliori pratiche per ognuno degli obiettivi. Una versione preliminare della Guida è stata presentata al Governing Council nell'ottobre 2010.

Anche in questo caso vi è un allineamento strategico, al punto 5 della *"Roadmap ESF-EUROHORCs"*.

11.3 CONFRONTO INTERNAZIONALE

La produzione scientifica dell'INFN (come si è visto, circa 2500 articoli all'anno) è distribuita su quasi 400 riviste internazionali, tutte accreditate da ISI. Se da una parte questo è un segno del largo spettro di interessi che viene coperto dalle ricerche (e dai ricercatori) dell'Ente, è anche indicativo della situazione nel mondo delle pubblicazioni

scientifiche e dei suoi editori.

Come abbiamo già notato, il panorama dell'editoria scientifica sta cambiando per la fisica delle particelle e per le altre discipline, anche per l'avvento di riviste *Open Access* e per le corrispondenti modifiche nella politica dei diversi editori. Qualche anno fa abbiamo esaminato quali fossero le riviste accreditate da ISI che entrassero nella classifica "top-ten" delle dieci riviste più utilizzate dall'INFN: in effetti la distribuzione delle pubblicazioni sulle 400 riviste è ben lontana dall'essere uniforme e le prime dieci integrano da sole circa il 40% degli articoli pubblicati.

La tabella 11.4 mostra la graduatoria del 2009 confrontata con i risultati medi che erano stati ottenuti nel triennio 2004-2006. È interessante notare che la posizione in classifica è cambiata in modo sostanziale per riviste come *Journal of High Energy Physics*, uno dei più forti sostenitori della politica di *Open Access*. È anche utile notare che nella nuova graduatoria fa il suo ingresso in ottava posizione *Journal of Physics A*, un'altra rivista *Open Access*, che ora integra una quota considerevole di articoli teorici.

Per rapportarsi a un contesto più internazionale si può esaminare la produttività scientifica globale nelle stesse riviste da parte di alcuni principali paesi europei (almeno un autore che appartiene ad una certa nazione) e agli Stati Uniti come riferimento esterno.

Il livello internazionale delle ricerche condotte dall'INFN si evince facilmente anche esaminando il numero di pubblicazioni realizzate in collaborazione con colleghi stranieri. Questo numero è mostrato nella tabella 11.5, che mostra per ogni linea scientifica la percentuale di pubblicazioni in collaborazione internazionale: i differenti valori per le diverse CSN riflettono semplicemente il differente tessuto sociologico, nonché finanziario, delle linee di ricerca.

% Pubblicazioni in Collaborazione Internazionale

	2009	2008	2007	<2004-06>
CSN1	96	96	95	95
CSN2	64	68	64	72
CSN3	85	91	92	95
CSN4	64	62	60	57
CSN5	24	21	23	20

Tab. 11.5: Percentuale di pubblicazioni INFN in collaborazione con colleghi stranieri

CCSN1 e CSN3 sono esempi di particolare livello, per le quali sostanzialmente tutte le pubblicazioni sono condotte in collaborazione internazionale (tali Commissioni infatti contengono al loro interno i grandi esperimenti al Large

RIVISTA	2009	<04-06>	Rank <04-06>	Rank 2009
PHYS REV D	232	195	1	1
NUCL INSTRUM METH PHYS RES A	180	187	2	2
PHYS LETT B	100	136	3	5
PHYS REV LETT	108	112	4	4
J HIGH ENERGY PHYS	120	90	5	3
PHYS REV C	89	82	6	6
IEEE TRANS NUCL SCI	51	77	7	9
NUCL PHYS B	49	69	8	10
NUCL PHYS A	29	64	9	23
EUR PHYS J C	59	59	10	7

Tab. 11.4: Classifica 2009 "top-ten" delle riviste che ospitano articoli INFN, confrontata con la situazione media 2004-2006.



	INFN	CSN1	CSN2	CSN3	CSN4	CSN5
United States	38	85	58	39	25	20
Germany	36	86	55	51	19	20
France	30	67	43	43	18	15
UK	27	74	28	35	16	11
Spain	27	70	43	25	17	4
Russia	24	81	24	38	9	11
Switzerland	19	51	26	12	10	25
Japan	15	39	26	24	7	2

Tab. 11.6: Percentuale di articoli co-firmati per le principali nazioni con cui l'INFN collabora.

Hadron Collider), ma anche nel campo della fisica teorica (CSN4) si può notare un sempre più marcato indirizzo verso lavori redatti in collaborazione con colleghi stranieri. È interessante conoscere quali siano i partner più importanti per i lavori pubblicati in collaborazione internazionale. La tabella 11.6 riporta il risultato ottenuto considerando tutte le pubblicazioni INFN del 2009 su riviste accreditate da ISI. Il ranking globale dell'INFN si riflette approssimativamente nelle Commissioni Scientifiche, tuttavia i pesi delle varie nazioni sono differenti, un segno della diversa composizione delle collaborazioni rispetto anche ai diversi investimenti degli altri paesi nelle varie linee scientifiche. Per CSN4 e CSN5 si può anche notare l'assenza di una graduatoria evidente, segno che la tipologia della collaborazione con colleghi stranieri è geograficamente più distribuita.

La pubblicazione di un articolo in grandi collaborazioni internazionali è spesso il risultato di un lavoro collettivo e che può occupare molto tempo. Dalla lista degli autori non è poi semplice evincere se vi siano stati contributi particolari e di quale entità da parte di singoli ricercatori. In queste grandi collaborazioni, a causa dell'elevatissimo livello di competitività, non è purtroppo semplice neppure ottenere il diritto a presentare i risultati scientifici ad una conferenza internazionale, che pure è il modo più diretto soprattutto per i giovani ricercatori per farsi conoscere nel settore di competenza.

Per cercare di comprendere quanto venga riconosciuto il contributo dei ricercatori INFN all'interno delle grandi collaborazioni di cui fanno parte si può prendere come indicatore il rapporto tra il numero di presentazioni assegnate a loro nelle più importanti conferenze internazionali e confrontarlo con quello delle presentazioni assegnate ai ricercatori di altre nazioni.

Il confronto è riportato in tabella 11.7, mediando gli anni

2007, 2008 e 2009, e utilizzando un insieme di conferenze riconosciute dalla comunità internazionale delle tre linee CSN1, CSN2 e CSN3 (e che si tengano con cadenza regolare), normalizzando poi il numero di presentazioni alla dimensione delle comunità scientifiche di ognuna delle nazioni considerate. Il risultato mostra che i ricercatori INFN sono particolarmente apprezzati, e che l'attività di educare, istruire e inserire i giovani nell'ambiente scientifico dei grandi esperimenti permette all'Istituto di creare una robusta generazione di scienziati che saranno gli attori degli sviluppi e delle scoperte future.

	CSN1	CSN2	CSN3
ITALIA	13	11	10
GERMANI	11	13	13
FRANCIA	7	7	8
REGNO UNITO	9	3	5
USA	30	27	25
GIAPPONE	3	11	8

Tab. 11.7: Percentuale di presentazioni a conferenza da parte di ricercatori di varie nazioni.

Indice analitico

A

AEGIS 90
AGATA 20, 22, 35, 40, 42, 89, 90, 91, 153, 156
AGILE 84
ALICE 13, 15, 16, 18, 20, 25, 35, 40, 50, 88, 89, 90, 91, 185
ALPI-PIAVE 38, 42, 152, 153, 155, 156
AMS 15, 25, 34, 40, 54, 57, 81, 83, 84, 86, 94, 131, 132, 133, 177, 179
ANTARES 15, 83, 169, 170
APE 14, 24, 25, 57, 58, 60, 65, 100, 101, 109, 110, 111, 124, 130, 131, 137, 140, 161, 164, 179, 180, 185, 197, 201, 202
apeNET 24, 109, 110, 111
ApPEC 50, 54, 60, 130, 187
ARGO 15, 20, 83, 85
ASFIN 15, 90
ATLAS 15, 16, 18, 33, 39, 50, 77, 78, 79, 80, 185
AUGER 15, 20, 34, 83, 86
AURIGA 15, 17
AURORA 55, 58, 110, 111, 180, 181

B

BABAR 15, 20, 162, 166, 167
BESIII 15
BOREXINO 15, 18, 22, 50, 81, 82, 86, 147, 150, 185

C

CATANA 18, 23, 55, 57, 58, 133, 159, 160, 177, 179, 180
CDF 15, 19, 20, 24, 40, 77, 78, 81, 122, 162
CHIMERA 18, 40, 42, 89, 91, 158, 162
CMS 15, 16, 18, 33, 39, 50, 77, 78, 79, 80, 185
CNAF 7, 23, 47, 56, 57, 58, 59, 70, 86, 98, 99, 122, 137, 142, 162, 163, 164, 165, 178, 179, 180, 188, 189, 194, 196, 205
CNAO 15, 17, 18, 21, 25, 55, 57, 58, 63, 67, 102, 103, 125, 131, 133, 134, 135, 142, 144, 153, 160, 177, 179, 180, 182, 183, 194, 196, 222
CNGS 18, 21, 22, 42, 50, 81, 82, 83, 147, 148, 150, 152, 185, 193
COMPASS 15, 40, 77, 80
CPO 70, 71, 207, 208, 209
CRESST 42, 148, 150, 152
CSN1 7, 8, 32, 39, 76, 77, 78, 79, 80, 92, 94, 126, 229, 230, 231, 234, 235
CSN2 7, 8, 11, 33, 40, 81, 82, 84, 85, 86, 93, 94, 95, 229, 230, 231, 234, 235
CSN3 7, 8, 12, 32, 40, 86, 87, 90, 92, 94, 229, 230, 231, 234, 235
CSN4 7, 13, 40, 91, 92, 93, 94, 95, 136, 229, 230, 234, 235
CSN5 7, 8, 14, 33, 36, 41, 95, 97, 98, 229, 230, 234, 235
CUORE 15, 18, 22, 38, 40, 50, 83, 86, 148, 151, 185
CUORICINO 151
CVI 25, 26, 228, 229

D

DAFNE 17, 24, 34, 37, 50, 76, 79, 80, 88, 108, 142, 143, 144, 145, 185, 193
DAMA 15, 18, 22, 42, 50, 81, 83, 148, 150, 152, 185
DARWIN 150
DEAR 17, 50, 185
DESY 15, 18, 19, 50, 51, 60, 77, 112, 126, 129, 185, 186
DISCORAP 24, 107, 108
DOUBLECHOOZ 38, 151

E

EGEEIII 60, 129
EGI 23, 24, 36, 60, 61, 120, 121, 122, 123, 130, 164, 171, 177
EGO 7, 15, 16, 35, 50, 187
ELN 25, 101, 126, 127
EMI 23, 60, 121, 122, 123, 129, 164, 171
ERA 26, 53, 61, 120, 127, 128, 232, 233
ERMES 22, 149
ERNA 15, 90
ESF 26, 50, 53, 54, 87, 187, 232, 233
ET 59, 85, 129
EURETILE 60, 109, 111, 130
EXCYT 39, 89, 114, 158, 159, 160
EXOCHIM 15, 89
EXOTIC 15, 89

F

FAI 50, 52, 71, 206, 211
FAIR 35, 60, 73, 88, 90, 129, 160
FAZIA 154
FBK 15, 25, 58, 131, 137, 180
FEMCCS 25, 126, 131, 136, 137
FERMI 15, 20, 54, 81, 84, 93, 94, 136, 142, 177
FERMILAB 15, 19, 50, 51, 185, 186
FINUDA 17, 50, 88, 185
FLAME 17, 21, 37, 41, 144, 145
FRAG 15, 89

G

GAMMA 15, 89, 116
GANIL 15, 60, 89, 90, 129, 153, 155
GARR 25, 57, 58, 65, 100, 124, 131, 137, 140, 161, 164, 179, 180, 185, 197, 201, 202
GGI 14, 25, 92, 93, 94, 131, 135, 136
GLAST 81, 84
GRID 23, 24, 40, 57, 58, 61, 64, 67, 90, 91, 99, 101, 120, 122, 128, 161, 162, 164, 165, 167, 170, 171, 174, 176, 179, 180, 183, 194, 196

H

HERA 15, 19

I

ICARUS 15, 18, 20, 21, 22, 42, 50, 81, 82, 83, 86, 147, 150, 152, 185, 193
IFMIF 17, 22, 23, 39, 42, 67, 105, 153, 154, 156, 194, 196
IGI 23, 24, 36, 54, 57, 58, 61, 63, 64, 67, 120, 121, 122, 123, 124, 163, 171, 174, 175, 177, 179, 180, 183, 196
ILC 14, 15, 17, 19, 33, 34, 60, 96, 107, 124, 129
INFN-E 23, 39, 101, 160, 194
INFN-GRID 23, 61, 101, 120, 164, 171, 194
INFN-MED 23, 36, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 160, 194
INFN-NTA 24
ISOLDE-CERN 153
ITER 14, 22, 23, 64, 67, 73, 105, 154, 155, 184, 194, 196

J

JEM-EUSO 34, 86
JLAB12 15, 87, 90
JPARC 88

K**K2K** 15**KAONNIS** 15**KEK** 50, 51, 112, 185, 186**KLOE** 15, 17, 33, 34, 37, 40, 41, 50, 77, 79, 80, 143, 145, 185**KM3NeT** 83, 161, 165, 167, 168, 169, 170**KM3NET** 39, 40, 42, 86, 161, 165, 173**L****LABEC** 25, 55, 58, 131, 132, 133, 140, 178, 180, 188**LCG** 23, 163**LHC** 4, 11, 13, 15, 16, 18, 20, 23, 24, 25, 29, 32, 33, 35, 36, 37, 39, 40, 50, 54, 59, 60, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 98, 100, 120, 122, 123, 124, 126, 127, 129, 137, 145, 151, 152, 162, 163, 164, 165, 167, 171, 185, 193, 202, 207, 215, 216, 218, 231**LHCb** 16, 18, 40, 50, 79, 80, 94, 185**LIFE** 21, 144**LISA** 15, 35, 40, 57, 62, 63, 85, 86, 179, 182**LNF** 15, 16, 17, 20, 21, 24, 30, 33, 34, 36, 37, 40, 41, 47, 50, 57, 58, 77, 79, 80, 88, 91, 97, 98, 103, 107, 108, 113, 125, 142, 143, 145, 162, 168, 179, 180, 190, 194, 205, 216**LNGB** 12, 15, 16, 17, 21, 22, 36, 37, 38, 40, 41, 47, 50, 54, 57, 58, 59, 82, 86, 91, 97, 140, 141, 142, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 162, 177, 179, 180, 193, 202, 205**LNL** 15, 16, 17, 20, 22, 23, 24, 29, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 47, 50, 57, 59, 67, 89, 90, 91, 98, 103, 105, 107, 114, 116, 142, 152, 153, 154, 155, 159, 162, 179, 180, 190, 193, 205**LNS** 15, 16, 17, 20, 23, 35, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 47, 50, 55, 57, 58, 59, 67, 89, 90, 91, 98, 103, 104, 107, 114, 117, 119, 129, 133, 141, 142, 153, 154, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 168, 170, 177, 179, 180, 193, 205**LUNA** 15, 35, 40, 42, 89, 90, 91, 148, 150, 152**M****MAGIA** 15, 85**MAGIC** 15, 81, 83, 102**MAGNEX** 42, 89, 158, 160, 162**MAMBO** 15, 87**MEG** 15, 20, 33, 40, 77, 78, 79, 80**MIR** 15, 85**N****NA48** 77**NA62** 15, 33, 40, 41, 79, 80, 145**NAUTILUS** 17, 21, 144, 145**NEMO** 15, 18, 67, 157, 161, 169, 193**n-TOF** 90**NUCL-EX** 15, 89**NuPECC** 50, 53, 60, 87, 130, 132, 187, 232**O****OPERA** 15, 18, 20, 21, 40, 81, 82, 86, 147, 150, 193**OVERTURE** 18**P****PAMELA** 15, 20, 54, 84, 93, 94, 162, 177**PANDA** 15, 35, 88, 90**PAX** 15, 88**PEPII** 34, 79, 166, 167**PLASMON-X** 17**PRISMA** 15, 20, 89, 91, 153**PSI** 15, 33, 40, 51, 77, 79, 80, 112, 186**PVLAS** 15, 85**S****SERSE** 18**SIDDARTHA** 88**SPARC** 14, 17, 24, 36, 37, 41, 57, 97, 98, 101, 103, 108, 112, 113, 142, 143, 144, 145, 179, 194**SPEME** 15**SPES** 17, 22, 24, 35, 38, 42, 67, 89, 90, 98, 101, 102, 103, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 153, 154, 155, 156, 159, 160, 193**SPIRAL2** 60, 89, 90, 113, 114, 118, 129, 160**Spiral2-GANIL** 153**SUPERB** 15, 124, 165, 171**SuperB-TDR** 24, 101, 124, 125, 126**T****T2K** 38, 151**TESLA** 19**TEVATRON** 19**TIER1** 188, 193**TOTEM** 15, 77**U****UA9** 15**V****VIRGO** 12, 15, 16, 20, 35, 50, 81, 85, 86, 162, 185, 202**W****WARP** 15, 18, 42, 83, 148, 150, 152**WLCG** 23, 24, 98, 100, 122, 163, 164**X****XDYL** 21, 95**XENON** 15, 18, 22, 40, 42, 81, 83, 86, 148, 150, 152**Z****ZEUS** 15, 77



INFN CVI Report 2010

**Conclusions of the CVI Meeting
on 11-13 October 2010**

November 3, 2010

Members of the CVI Panel:

P. Drell, SLAC, USA

E. Fernandez, IFAE, Spain

B. Ferrario, SAES Getters S.p.A., Italy

A. Frey, University of Göttingen, Germany

F. Iachello, Yale University, USA

J. Iliopoulos, LPTENS, Paris, France (Chair)

sommario

Capitolo 1. EXECUTIVE SUMMARY

Capitolo 2. INFN ACHIEVEMENTS AND PERSPECTIVES *pag. 6*

Capitolo 3. CSN1: EXPERIMENTAL PARTICLE *pag. 11*

Capitolo 4. CSN2 : ASTROPARTICLE PHYSICS *pag. 14*

Capitolo 5. CSN3: EXPERIMENTAL NUCLEAR PHYSICS *pag. 18*

Capitolo 6. CSN4 : THEORETICAL PHYSICS *pag. 21*

Capitolo 7. CSN5 : TECHNOLOGICAL AND *pag. 23*

Capitolo 8. EDUCATION AND OUTREACH ACTIVITIES *pag. 26*

Capitolo 9. GENERAL CONCLUSIONS AND *pag. 27*

Capitolo 10. POSTSCRIPTUM *pag. 27*

Executive Summary

This year the CVI had its annual meeting in the *Laboratori Nazionali del Sud* (LNS), in Catania. Although, as usual, the main purpose of the meeting was the evaluation of the entire spectrum of INFN performances, scientific, technical and educational, including their socio-economical impact, the visit to Catania allowed us to obtain first hand information on the activities of LNS.

Before the meeting we had received a complete report on the *INFN Scientific Productivity and its Socio-Economic and Inter-Disciplinary Impact* which offered a valuable picture of the entire profile of the Institute. We had a detailed presentation on the scientific program of the LNS followed by a visit of the facilities. The INFN President presented a report on the scientific and technical activities, as well as the questions related to the resources (financial and personnel). We heard comprehensive presentations covering each one of the five sections and a specialised one on the socio-economical impact.

This year is marked by the long awaited first results from LHC. The accelerator is working according to schedule and the detectors perform beautifully. We have been through a series of lean years and we rejoice to the idea that exciting new physics lie ahead.

Based on all this material, as well as the personal expertise of the panel members which covers most of INFN activities, we came to the conclusion that as an institution **INFN remains at a very high level of scientific and technological excellence and compares favourably with similar Institutions world wide.** Italian teams play often a leading role in international collaborations and the Italian School of Particle, Nuclear and Astro-Particle Physics is one of the best in Europe. This leading position is exemplified by the fact that this year the spokespersons of all four major experiments at the LHC come from Italy. In spite of the difficult situation of the institute as regards its financial and human resources, the scientific program is rich and diverse with many important experiments presenting their final results, running or being prepared. The role of the Institute in the Italian educational system remains very strong with an excellent training program for young scientists, complemented by a truly remarkable activity in the domain of dissemination of scientific culture among the general public.

The effort for technology transfer, as well as for scientific and technical collaborations with other institutions and industries, has been pursued, with notable success in several applied fields such as medicine, computing, or cultural heritage. This social impact is further strengthened by INFN's role in the creation of hi-tech industries in the most advanced technological domains. The CVI fully approves the recent policy of the Institute to support the presence of INFN scientists in these industries. All CVI panel members unanimously expressed their appreciation for the scientific and technical achievements of the Institute.

The uncertainty we noticed last year over the financing of some very large, or large, projects whose cost exceeds the INFN regular budget, remains unsolved. The main very large project is the design, construction and operation of a collider dedicated to the study of the $B-\bar{B}$ system. Among the large projects, one which is particularly important for LNS, is the future of the underwater neutrino observatory. These projects are technically very challenging and scientifically very exciting. The CVI encourages the President to continue seeking National and Regional funds. Obtaining these funds will provide a strong incentive to attract other international partners.

The President presented the difficult situation of the Institute related to financial and human resources. **The CVI believes that the situation has reached a critical level**, in spite of the efforts by the management to optimise their use. It puts severe strain on existing and future programs and may jeopardise Italy's position in the field internationally. Indeed, in some other countries research budgets have been increased. **In particular, the absence of promising career opportunities in the Italian University and Research systems, has resulted during the last years in a severe brain drain with many among the brightest young scientists leaving the country.** Unless significant new resources become soon available, the INFN Direction may lose the capabilities of launching new initiatives. **The CVI strongly supports the President in his efforts to recover the budget the Institute lost over recent years.**

The CVI welcomes the decision of the Ministry to conduct an in-depth five-year evaluation of all research Institutions (V.Q.R.) and believes that INFN will rank among the very best Institutions of the country. However, we want to point out that the rules which are supposed to govern this evaluation are ill-adapted to an Institute with such a broad spectrum of activities, often taking place inside large international collaborations, and we wish to strongly urge the authorities to adopt a more flexible approach. Concerning the new rules of governance issued by the Ministry, the CVI considers as very positive the fact that the procedure for the designation of the President, which has



always been based on scientific grounds, is now explicitly recognised and guaranteed. Furthermore it believes that the changes concerning the governance of the Institute could lead to a more efficient day-to-day administration while, simultaneously, allowing for a better definition of long term strategic policy. The CVI urges the Direction to use these new rules to improve performance in both aspects.

In conclusion, the CVI expresses its appreciation to the President and the Members of the Executive Board for their leadership during the recent years which allowed the Institute to maintain its outstanding contribution to science under difficult conditions. They deserve the gratitude of the international scientific community.

INFN ACHIEVEMENTS AND PERSPECTIVES

The broad picture of the present status of INFN and its future perspectives were presented to the CVI panel both in the GLV comprehensive report, which was available prior to the meeting, and the presentation by the President. The activities of the five scientific sections as well as the overall socio-economic impact of the Institute were the subjects of specialised talks and will be reviewed below.

The general picture is one of prolific activity combined with scientific excellence. All sections remain at the frontier of modern research. Italy's international position is very strong inside the large collaborations. Italian teams have played a leading role in the preparation of the LHC experiments and this can be testified by the fact that, at this moment, all four major LHC collaborations are led by Italian physicists. At the end of the first year's run the quality of the data and the excellent performance of the detectors give us confidence that important discoveries lie ahead. The INFN teams appear to be ready to participate in this exciting adventure. The same is true for their contribution in running experiments at Fermilab as well as experiments in neutrino, astroparticle, or nuclear physics. A highlight of the neutrino run in Gran Sasso is the first candidate of a tau production, thus confirming the existence of a $\nu_{\mu}-\nu_{\tau}$ oscillation. The INFN supported research in theoretical physics is at an equally high level. Future projects are challenging and cover an impressive range of topics, from particle accelerators to underwater neutrino observatories and space based gravitational wave antennas.

The Institute's very large project remains the construction of a high intensity electron-positron collider dedicated to the study of the $B-\bar{B}$ system, the Super-B facility. The scientific interest of the project was reviewed in our last year's report. The new elements are the progress towards a complete technical design report as well as the establishment of a first international collaboration around the project. A Memorandum of Understanding has been signed with the United States, France, Russia and Canada. On the other hand, a firm decision on its finance is still pending. The CVI re-iterates the encouragement we expressed last year to the President in his efforts to secure outside funds, since the cost of the project far exceeds the Institute's regular budget.

A large project, whose outcome will influence the future orientation of LNS, is

the underwater neutrino detector, known as KM3. Several Mediterranean sites are in competition for the eventual construction, among which a prominent one is in Sicily. During our visit we were impressed by the progress made by the experimental teams in developing robot systems for deep sea installations. If realised here, the operation of the detector will be ensured by LNS and the INFN Sezione di Catania. A decision on the technology which will be adopted is expected to be made next year, but already, based on the lessons learnt by the operation of a competitor project Amanda and Ice Cube, we know that a volume as large as possible is essential. This, together with the fact that a large part of the finance will probably be regional, implies that a multi-site choice should not be *a priori* excluded.

The President informed the CVI that the elaboration of the INFN long-term strategic policy, which is under way, will incorporate all possible decisions for the funding of these large projects.

In our report last year we included a figure showing the evolution of the Institute budget over the past years. We had already pointed out that the financial situation was critical. We present here a similar graph showing the loss of budget in real terms, *i.e.* at constant 2009 prices. No improvement is in sight.

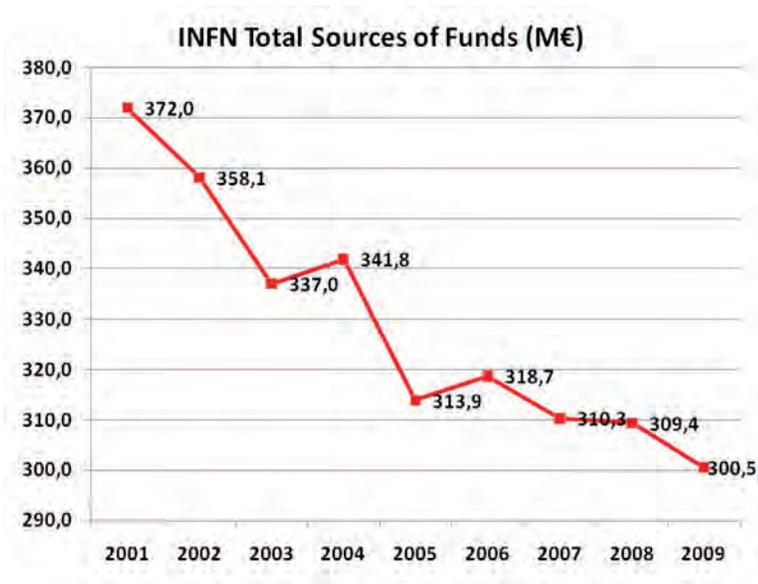


Figure 1: The nine-year trend of total sources of funds managed by INFN adjusted to 2009 constant prices applying the Italian official rate of inflation. It reflects an actual budget decrease of 19.2%.

The consequences of this policy are already visible. In the section regarding theoretical physics we shall comment on the decision not to invest on a state of the art computational tool for performing lattice simulations of quantum chromodynamics. INFN was among the pioneers in this field and for many years Italian teams were playing a leading role. This leadership is now declining and it will soon be lost. Without any drastic steps to reverse the present trend of diminishing budget this decline will soon be felt in the experimental programs. Scientifically important projects will have to be abandoned, or substantially reduced. This will be tragic for Italian physics but also for science in general. It comes in a particularly critical moment when long term investments in technology and infrastructure are starting to produce exciting results. The Italian teams will suffer a serious handicap in the international competition to harvest and exploit these results. The situation in the human resources front is equally worrisome. The lack of positions resulting from the Government policy to reduce the public sector has given rise to a severe brain drain with a significant number of very talented and well trained young Italian physicists leaving the country to find permanent positions abroad. Although this is highly beneficial to foreign Universities and Research Centres, it will become detrimental to the Italian institutions for which the renewal of generations will be only partially fulfilled. No efforts should be spared to convince the Government to ease the application of these hiring restrictions to both the research and the University sectors. During the last years the CVI has repeatedly warned against all these severe budget and personnel restrictions in INFN, but this time we believe we are facing a red alert.

Two years ago we initiated a series of visits to the National Laboratories with the purpose of getting a first hand evidence of the work done there, but also of the specific problems each one is facing. This year our meeting took place at the Laboratori Nazionali del Sud which has a rich and diversified research program ranging from fundamental nuclear physics to applications in radiotherapy. Particularly impressive was the R & D performed in preparation of the underwater neutrino detector. A decision concerning the future of this project will directly impact on the medium and long term development of the laboratory.

A new element in this year's meeting resulted from the government decision to switch from a three year to a five year evaluation plan. All research institutions are required to supply the elements which will allow an in depth evaluation of their activities for the last five years. The CVI approves this plan which is closer to the system applied to other countries. We were presented with a summary of the elements INFN intends



to supply and we are confident that the Institute will rank among the best in the country, given its outstanding international record. We notice however that the rules issued by the Ministry are more applicable to institutions in which research is thematically well defined and performed by small, or even individual, teams. For them indicators such as the number of publications divided by the number of authors may provide meaningful information. They lose all significance for INFN which has a very large spectrum of activities and whose teams are often engaged in large international collaborations including hundreds, and even thousands, of researchers. The CVI strongly urges a more flexible approach, more in line with international practice, in which each discipline is evaluated with criteria adapted to its own activity.

We had noticed already last year that the INFN Direction had initiated a series of measures aiming at a more efficient governing structure. Several new elements appeared this year. The most important concerns the regulations which determine the relations with the Ministry. If the Institute has been so successful in the international scientific scene over many decades, this is due, in particular, to the fact that its successive Presidents were chosen on the basis of their scientific merits and, together with the governing board, they were free to determine the scientific policy of the Institute. Strange as it may sound, this independence was only an established tradition. The CVI notices with satisfaction that, with the new regulations, this sound practice is explicitly recognised and guaranteed. At the same time these new regulations bring some changes in the administration which could lead to an increased efficiency. All research institutions are facing new and difficult challenges, both because of scientific and technical evolutions, but also because they operate in an increasingly complex international environment and have to rely more and more on a diversified profile of financial support. These conditions will make future strategic decisions even more complex. The CVI urges the INFN Direction to use these new rules in order to be better prepared for the difficult strategic decisions it will soon have to make.

As with previous years, the GLV report contained an important section on the socio-economic impact of the Institute as well as its educational role. The CVI judges the performance of the Institute in both these areas excellent. The initiatives aiming at a strengthening of the INFN-Industry relations should be pursued, although they drain manpower at a moment when the resources are limited. Another example of the negative impact of the budget and personnel restrictions on the ability of the Institute to launch novel and ambitious projects. The CVI had several times the occasion to congratulate INFN on its very successful educational policy. We have noticed that the



Italian School of high energy and nuclear physics, both theoretical and experimental, is one of the best in the world. This time we cannot help thinking that, due again to the scarcity of new positions, this considerable effort profits more and more foreign Universities.

The major event of the past year for CSN1 was clearly the successful restart of the LHC at CERN. CSN1 holds the largest budget of the INFN research lines (about 40 %), and within CSN1 the majority of researchers (ca. 65%) and budget (ca. 70%) are devoted to experimentation at the LHC, comprising ATLAS, CMS, LHCb as well as the dedicated forward experimentation with Totem and LHCf. The collaborations have made the best possible use of the unfortunate delay using cosmic rays to reach a truly impressive detector understanding and excellent detector efficiencies. Given this performance it is seriously envisaged to continue running during 2012 at an energy as high as 4.5 TeV per beam and delay for a year the shutdown which will allow to reach the design value of 7 TeV. A decision on this issue is expected to be made early next year. First results have already been presented, with of course much more to come in the next years.

The Grid centres (Tier-1 and Tier-2) are ready to handle the enormous amount of data collected at the LHC. The Italian Tier-1 centre at CNAF is second only to CERN in reliability with an impressive 98%, a major achievement. INFN physicists hold many leadership positions in all four big LHC experiments. This is strongly underlined by the fact that three spokespersons are from INFN and the fourth is of Italian education. In addition, a significant number of physics group convenors and subdetector responsables are associated to INFN, clearly showing the high skills of the researchers and also the appreciation by the collaborations of the outstanding Italian contribution to the detector hardware and commissioning. This is reflected also by the many plenary talks at important international conferences awarded to INFN physicists.

The Tevatron at Fermilab is still collecting data. With foreseen potential run extension a discovery or exclusion of a light Higgs as predicted from electroweak fits is within reach (and difficult for the LHC). The continued strong engagement of INFN in CDF ensures participation in any possible discovery. In addition, the expertise in the newest analysis techniques in hadron collisions gained at the Tevatron will certainly help the analyses at LHC and strengthen Italy's contribution to new physics results.

BaBar and ZEUS, albeit no longer taking data, are still publishing final analyses,

an effort that will and should continue for a few more years in order to fully exploit the valuable data.

Flavour physics is traditionally strongly supported by the Italian physics community with significant participation in BaBar, CDF and LHCb for B-physics as well as NA62 and KLOE at the DAPHNE accelerator at LNF for Kaon physics.

The flagship future project at the high intensity frontier is the Super-B facility. The ingenious techniques developed at Frascati for an accelerator delivering 100 times the luminosity of the first generation B-factories are truly outstanding. The superb skills of the INFN accelerator researchers have yet again been proven by the successful upgrade of the DAPHNE facility, strengthening further the case of Super-B at Frascati. A project as large as Super-B requires obviously strong international participation. The CVI applauds the INFN management for setting up the framework of such a collaboration with MoUs already signed with the US, France, Russia and Canada. Technical Design Reports for the machine and detector have been published recently. The project is very rightly at the top of the Italian government's scientific roadmap and the CVI hopes the government will take a timely decision, as its outcome will greatly influence all future planning, not only within CSN1, but also in the entire Institute. INFN's participation in the MEG experiment at PSI and the Compass experiment at CERN continued. MEG has already shown intriguing first results. The Compass collaboration presented a proposal for a second run (Compass II) which is currently under evaluation. Specific expertise of a few researchers allowed new participation to BESIII at Beijing, P-Mu2e at Fermilab and the R&D project UA9, which complete the attractive CSN1 program.

Possible new discoveries at the LHC and/or Tevatron may well change the physics landscape in the next few years and it is essential to prepare for various scenarios in terms of instrumentation. INFN has a well deserved excellent reputation in this area. The CVI welcomes the activities being started on R&D for the planned LHC upgrade in the tracking and trigger area as well as the more generic R&D on radiation hard devices (e.g. power supplies) and new silicon detectors that not only have potential applications at a future linear collider and Super-B, but are also relevant for technology transfer (e.g. medical or space applications).

In conclusion, CSN1 has a strong and attractive experimental program. The main focus is now on the physics at LHC where after many years of preparation finally the harvest can begin. INFN physicists have a major impact in the collaborations.

There are two significant issues that CSN1 needs to face in the coming period.



First, to maintain the very strong position that the programs currently have, it is of paramount importance that attractive career positions be available to the outstanding young researchers in this field in Italy. Without clear career paths, they will either choose to leave the country (brain drain) or the field will no longer continue to attract the best young research talent. The very stringent current hiring atmosphere has the potential to do significant damage to this research area where INFN has traditionally been a world leader. Additional damage is being done by the recently reduced travel budgets in 2010, now that the LHC is in full swing and presence at CERN is very important.

The second issue that CSN1 must prepare to face is that, while for the near future, INFN is well positioned with its participation in the LHC upgrade, KLOE at the improved DAPHNE and the construction of NA62 under way, the longer term plans depend critically on the decision about the Super-B project. In the next year the Super-B situation is expected to be clarified and CSN1 should initiate a strategic planning study to address the plans and needs for the coming decade in order to maintain a strong and vital program through a period of significant change.

The activities in CSN2 are grouped into the six sectors described below. The budget is the second largest of the five INFN Research Lines, after that of Sub-nuclear Physics. The INFN has the worldwide leadership in some of the fields in this area owing in part to the existence of the Gran Sasso National Laboratory (LNGS), the largest in the world for non-accelerator particle and nuclear physics. For this same reason, some of the experiments taking place in Italy have a significant international participation.

As noted in the 2009 report, most of the experiments in this area are in the phase of full exploitation, producing very significant results, and they deserve full support. The next steps for many of these areas of science will require large multinational projects and planning for the future should take place in the international context. INFN is well positioned to play a leadership role in future large scale experiments. It would be appropriate to begin exploring the possibilities and discussing which areas are the best targets for investment scientifically and technically. In what follows we comment on some specific aspects of the many experiments included in the six sectors, and make some final remarks.

1. Neutrino Physics: neutrino physics (21.2% of the CSN2 budget) includes the accelerator-based CNGS (CERN to Gran Sasso) experiments OPERA and ICARUS-T600 and participation in the long baseline experiment T2K in Japan. During the last year OPERA has seen the first tau-neutrino event in the analysis of a fraction of the collected data. ICARUS-T600 and T2K have both started taking data also within the last year. The BOREX (formerly BOREXINO) experiment has been running since 2007 and has recently published results on the detection of a clear geo-neutrino signal, consistent with the hypothesis that the intrinsic heat production from the Earth is of radiogenic origin. The last year has indeed been very successful in this sector.

2. Search for Rare Processes: Three main areas of research are being pursued in this sector (19.2% of the budget):

- (a) Neutrinoless Double Beta Decay.

This area includes the CUORE (consisting of about 100 cryogenic Tellurium oxide bolometers) and GERDA (enriched Germanium crystals inside a Liquid Argon bath) experiments both at the LNGS. These are leading experiments in the field and have a large international participation. The US participation in CUORE was approved last year and the GERDA cryostat has been cooled at the end of 2009. GERDA is now being commissioned. Both will be able to probe the region of the claimed signal from the Heidelberg-Moscow collaboration and lower the limit on the Majorana neutrino mass if the above result does not hold.

(b) Direct Dark Matter Searches. These experiments try to observe nuclear recoils induced by the interaction of dark matter particles with the target material.

The DAMA/LIBRA experiment (using ultra-low background NaI scintillators), led by INFN scientists, has continued running and the results confirm the positive effect of an annual modulation. New photomultipliers will be installed at the end of this year, with the goal of improving the sensitivity below the present energy threshold.

The commissioning of the WARP-100 (100 litres, double phase, liquid and gas, Argon TPC) has been delayed. The Xenon-100, which uses liquid Xe instead of liquid Ar, has been commissioned and had presented measurements of a short run, showing great promise, as it has obtained the lowest background of all the direct dark matter search experiments. Plans for a Xenon-1ton exist and the Gran Sasso laboratory will be willing to host that experiment, with INFN participation.

(c) Search for Supernova Neutrinos. The LVD detector at LNGS has been in stable operation for years integrated into the Supernova alert system.

3. Cosmic Rays (ground and underwater): This sector (21.6% of the budget) comprises the study of cosmic neutrinos with underwater telescopes and the study of gamma and charged cosmic rays with ground detectors.

INFN participates in AUGER, completed at the end of 2008 and taking data since then. The experiment has confirmed the GZK cut-off but the significance of extreme high energy sources has somewhat weakened since early indications. The ARGO-YBJ experiment in Tibet (INFN-Chinese Academy of Science collaboration) is also taking data and has observed anisotropies in the charged cosmic ray flux at intermediate (median 10 TeV) and low (median 2 TeV) energies.

MAGIC (at La Palma, Canary Islands) is now operating two Air Cherenkov Telescopes (17m diameter each) in stereo mode and is producing many results.

INFN participates in the ANTARES underwater neutrino telescope, which has

been taking data with 12 strings off the French coast near Toulon, and has detected atmospheric neutrinos. R&D on KM3 has also continued at LNS. A mechanical model of a tower has been deployed near Capo Passero, and equipment at 4000m near Catania is being monitored. This work is done in coordination with the KM3NET collaboration funded by the EU.

4. Cosmic Rays in Space:

This sector (14.9% of the budget) includes the Fermi, PAMELA and AMS-2 projects.

The Fermi satellite has now been operating very successfully for two years. The collaboration has more than 100 publications including many source discoveries. The spectrum of electrons plus positrons has been measured from 20 GeV to 1 TeV. These data are compatible with the PAMELA result (see below) but they are not with the claimed excess of positrons around 600 GeV seen by ATIC.

The PAMELA satellite has found that the ratio of positrons to electrons increases with energy from about 10 GeV to 90 GeV (the maximum energy with significant statistics), which is unexpected. The experiment has operated for 3 years and has been extended for an additional two years.

The AMS-2 is a magnetic spectrometer planned for the Space Station, to search for antimatter and dark matter and for CR studies. After tests at the ESA-ESTEC laboratory a decision was taken to run with the conventional magnet used in AMS-1. The experiment has left CERN for the Kennedy Space Centre this summer and will be launched with the last Space Shuttle flight planned for next January.

5. Gravitational Waves:

In this sector (12% of the budget), Italy hosts the VIRGO interferometer located near Pisa, operated by a French-Italian collaboration. VIRGO has reached the design sensitivity with the VIRGO+ upgrade. The Advanced Virgo upgrade has been approved with the goal of improving the sensitivity by another factor of 10. The upgrade will take from the summer of 2011 to 2014, during which the INFN will operate two of the three cryogenic bars, named Auriga and Nautilus, that were operated in the past.

The INFN is also involved in the LISA-Pathfinder (launch planned for 2011), with the aim of testing the feasibility of the future LISA project.

6. General physics:

This sector (1.9% of the budget) includes a number of small experiments, focusing



on fundamental physics. PVLAS eliminated the spurious signal that mimicked an axion-like effect, and is now building a more sensitive detector. MAGIA and MICRA aim at measuring the gravitational constant while MIR will try to measure the dynamic Casimir effect.

In conclusion, the INFN has maintained a very competitive program in the field of astroparticle physics, gravitational waves and neutrinos. Several major first generation experiments are now producing results, obtaining the scientific return of a long-term investment in the field.

Some of the experiments have a natural continuation in second-generation detectors. Major possible future projects that can be envisioned are KM3 or a large Liquid Argon detector at the LNGS but it is too early to decide on a major future program at present.

During the period covered by this evaluation, July 2009-September 2010, several major events have occurred and milestones reached in the experimental nuclear physics program (CSN3) of INFN.

In line 2, Phase transitions in nuclear matter, the ALICE Collaboration, took data for p-p collisions from 900 GeV to 7 TeV, producing with the 900 GeV data the first LHC physics paper, November 28, 2009, a major milestone for LHC. The data taken were sufficient to measure the charged multiplicities as a function of rapidity, and they were published in an article in the Euro-physics Journal in January 2010. This paper and few others in print also in Physical Review Letters are landmarks for future experiments with heavy-ions, in particular, Pb-Pb collisions planned for November 2010. Also Tier-1 of the ALICE GRID in Italy is fully operative and Tier-2 is proceeding. The INFN sites provide 20% of the total computing and data analysis of ALICE.

In line 3, Nuclear structure and reaction mechanisms, the AGATA Demonstrator Detector, a smaller version of the full AGATA detector, was completed at LNL, inaugurated May 9, 2010, and a measurement campaign with Tandem-ALPI accelerator complex was started at LNL. The AGATA demonstrator is part of a European project and will remain at LNL until the end of 2011, will be at FRS at GSI in Germany for a period of 18-24 months, and eventually after that will move to SPIRAL2 at GANIL in France. The excellent energy resolution and high counting rate capability of this detector will allow a deeper study of nuclear properties. Also, plans for the construction of the SPES ISOL facility at LNL have proceeded. Several companies bid for the construction of the cyclotron and the competition was won by a Canadian company with connections with TRIUMF. The cyclotron is expected to be delivered in 2013/14 and will form the first component of the SPES facility. Bids for the construction of the building that will host the cyclotron are expected to be requested within the end of 2010.

In line 1, Quarks and hadron dynamics, the upgrade of JLAB in the USA to 12GeV was approved and detector development started. INFN is contributing to the upgrade of the CLAS spectrometer including new parts such as the forward tracker based on a scintillation barrel.

In addition to these major events, the research program in all areas has continued. Some highlights are:

Line 1. Quarks and hadron dynamics.

The HERMES experiment at DESY is now definitely concluded and data analysed. The experiment of untangling the various contributions to the spin of the nucleon is being continued at JLAB12, with the result that the orbital contribution appears to be large. The new data taken at JLAB in three months have a statistics ten times higher than the data taken at HERMES in six years. The MAMBO experiment in Germany is studying baryonic and mesonic resonances. Hypernuclei and kaonic atoms have been studied in the SIDDHARTA and FINUDA experiments at LNF. R&D for PANDA and PAX at FAIR at GSI has proceeded. These detectors will take advantage of the unprecedented quality of the antiproton beam at the HESR ring of FAIR to study a variety of problems, among which the time-like form factor of the proton.

Line 2. Phase transitions in nuclear matter.

As mentioned above the highlights here are the delivery of a 3.5 TeV proton beam at CERN-LHC and related measurements. Noteworthy is the measurement of the invariant $\mu^+\mu^-$ mass spectrum in the region of the J/Ψ . The invariant mass resolution appears to be close to the design value.

Line 3. Nuclear structure and dynamics.

This line of research has been pursued both at LNL (GAMMA-PRISMA-EXOTIC-NUCLEX) where heavy ion beams with energies in the range 5-10 MeV/u have been delivered, and at LNS (MAGNEX-LNS-STREAM-FRIBS-EXOCHIM) with beams in the range of 50 MeV/u. The research has concentrated on the study of nuclear structure, with measurements of life-times of nuclear states with PRISMA-CLARA at LNL, and of nuclear reactions, with measurements of the isospin dependence of the nuclear equation of state with EXOCHIM-CHIMERA at LNS. Also, INFN has participated in experiments at GSI with the array RISING to study gamma and beta decays in heavy nuclei in connection with the r-process of nucleosynthesis.

Line 4. Nuclear astrophysics and interdisciplinary research.

The program of this line has two areas of research, the study of nuclear reactions for astrophysical applications and the study of the neutron capture process for applications to energy generation. In the first area, highlights are the study of the $^{15}\text{N}(p,\gamma)^{16}\text{O}$ reaction (LUNA at LNGS), and the study of the $^{18}\text{O}(p,\alpha)^{15}\text{N}$ reaction (ASFIN at LNS) at energies around the Gamow peak. In the second area, the highlights are the measurements of neutron capture cross sections (n_TOF at CERN), in particular



$^{240}\text{Pu}(n,\gamma)$ and $^{237}\text{Np}(n,F)$. These are important both for astrophysical applications and for emerging nuclear technologies. Line 4 has also plans for an upgrade to a 4 MeV accelerator, LUNA-2, and would benefit considerably from a decision on the location of this accelerator, LNGS or other.

In conclusion, the INFN program for CNS3 has received a major boost in 2009-2010 with the first data taken at CERN-ALICE (line 2) and the completion of the AGATA demonstrator at LNL (line 3). The program is very much in line with the NuPECC Long Range Plan 2010 and with its recommendations. The quality of the research is excellent and often leading in Europe.

Progress toward developing a second generation mid-size radioactive beam facility at LNL (SPES project) has been made, but this progress should be accelerated if the facility would have to find a niche of research in the European context, before the large scale facilities SPIRAL2 at GANIL and FAIR at GSI will become fully operative.

The goal of developing a program for two of the other laboratories, LNS (line 3) and LNF (line 1), is still on hold, waiting for a decision on the projects NEMO at LNS (CSN2) and Super-B at LNF (CSN1). Once the situation with these two projects becomes clear, INFN will be in a position to address the question of the future of the two laboratories. Their development is necessary to maintain the role that Italy has in experimental nuclear physics in Europe.

In our last year's report we emphasised the particular role played by INFN for Theoretical Physics in Italy. It covers areas such as Theoretical Particle Physics, Theoretical Nuclear Physics, Mathematical Physics and Statistical Physics. In these areas essentially all groups with a significant scientific activity are financed by INFN.

Among the groups supported by INFN several are of world class. In Theoretical Particle Physics Italy has a leading role in Europe and many Italian theorists are holding senior positions at CERN as well as many European and American Universities. In Statistical Physics, and especially the Physics of disordered systems, the Italian School is probably the best worldwide.

The large majority of Theoretical Physics groups supported by INFN belong to the Universities and the senior researchers are often University Professors. INFN support covers running expenses, computing facilities, travel money, organisation of Schools, Workshops and Conferences, as well as student and postdoctoral fellowships and some junior positions. Particularly noteworthy is the Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics in Florence. It functions as a centre for thematic meetings and workshops which bring together experts from all over the world in a given subject for periods from a few weeks to a few months. The programs run so far were of very high scientific level and the Institute stands very well the competition of similar institutions in Europe and the United States (Newton Institute, Henri Poincaré Institute, Santa Barbara Institute, ...). The CVI wishes to congratulate the members of its Scientific Committee.

The record of CSN4 in training young scientists has always been impressive. It counts for half of the PhDs awarded in INFN related subjects. The CVI notices with satisfaction that a considerable effort has been deployed by CSN4 in collaboration with CSN1 in preparing young theorists for the analysis of the LHC results.

However, this bright picture hides a much more gloomy reality. The first worrisome point concerns the travel funds. A recent regulation results, effectively, in a severe reduction. Given their modest amount compared to public expenses and their importance in maintaining the flow of exchange of ideas, so crucial for scientific research, the CVI



wishes to urge the authorities to reconsider the regulation for the research sector. A second point is due to the large implementation of the Italian Theoretical Physics community in the Universities. It makes it vulnerable to the recent budget cuts and, most importantly, the freezing of positions. In our reports over the last two years we emphasised strongly the danger of this policy. Now the brain drain is no more a danger but a fact. The question is now how to prevent its effects from becoming irreversible. Indeed, it takes generations to build a world class School of Theoretical Physics, but a few years may be sufficient to destroy it. The third point concerns the computing and simulation program in theoretical physics. The CVI notices with regret that the critical financial situation of the Institute did not allow for a timely decision to acquire the necessary computing power which would be a match to similar infrastructures we find in the US, other European countries, or Japan. In fact, this amounts to a decision to abandon the project. It is the first concrete victim of the budget cuts. Let us remember that in the past years the APE project had allowed Italy to play a leading role in this field. The physicists involved have developed novel techniques in every aspect of it, starting from the hardware of the computer itself and going to new fast algorithms as well as more theoretical problems, such as that of chiral fermions on the lattice, or the reformulation of the renormalisation program. In all these problems the Italian physicists took often the leading role in international collaborations. A rich harvest of results was obtained which includes the standard questions on the spectrum of light hadrons, but also the computation of the hadronic matrix elements appearing in weak decays, as well as problems outside high energy physics, such as the numerical study of various disordered systems, or the application of statistical mechanical methods to problems of complexity. Although the study of some of these problems can continue using less performing installations, the more demanding ones will have to be abandoned. With the lack of the appropriate facility the expertise of the Italian Theoretical Physics community in this field will soon be lost.

CSN5 covers an important role in developing technologies, designing and realising facilities and tools, as well as experimental methods addressed both to fundamental research and a variety of interdisciplinary applications. Its activities have been carried out according to the usual sectors of Accelerators, Detectors and Computing , Interdisciplinary research.

The CSN5 Budget, in line also with the other CSNs, shows a decrease as already seen last year, along all the three sectors of activities with Interdisciplinary Research accounting for its biggest portion (about 50%). The scientific production in terms of ISI publications, however, remains strong, showing the great interest of the researchers for new developments, particularly due to multi and interdisciplinary activities. It is interesting to notice a steady increase of their average impact factor (from 1,46 in '04-'06 period to 1,96 in 2009). Also the number of talks at international Conferences remains high (even if slightly decreasing compared to the previous year); this can be considered an important sign of the CSN5 commitment in the dissemination of scientific results and the internationally acknowledged quality of its scientific competences. However travel budget cuts may negatively affect this commitment.

Considering the scientific and technological achievements and the projects actually in progress, we want to mention the following.

Related to the area of activities concerning Detectors:

XDXL (project aimed at the development of large size silicon detectors for X and gamma rays in satellite radio-astronomy and radiation for radiation protection), DASIPM1 (based on electric and spectroscopic characterisation of SiPM, also performed for the construction of a small animal PET prototype), SOIPD (experiment aimed at developing pixel detectors based on innovative techniques of Si deposition on insulators in CMOS technology, with potential for the development of new particle detectors; it is important here to keep collaborations with semiconductor companies having similar projects to optimise research efforts).

Related to the Accelerator sector:

HELIOS (in collaboration with GSI in Germany and JYFL in Finland, to improve

the performance of Electron Cyclotron Resonance source and produce ion beams in high charge state, applied, for example, at CNAO Pavia with the result of doubling the transmission beams of carbon in the Linac), SALAF (experiment in collaboration with SLAC, concerning high power tests on 11,424 GHz accelerating cavities with results applied successfully to CLIC cavities, then convincing CERN to follow the solution worked out), and NUVOLA (to analyse and possibly find out how to check and control e-cloud effects in high intensity beam accelerators, resulting in the identification, for the first time, of the chemical secondary electron yield).

Various projects and experiments refer to imaging for medical/biological and environmental together with cultural heritage application where INFN has long reached an excellent scientific quality and maintains a leading position by developing original nuclear techniques measurements. This is a very interdisciplinary areas (involving also disciplines different from physics) which has proved to be very successful with projects such as CATANA and CNAO (inaugurated this year). To be mentioned:

PRIMA (aimed at implementing an image system with protons in proton computed tomography useful in testing and treatment in hadron therapy, allowing to evaluate the distribution of stopping power of proton within tissues and reveal details not visible with standard Xray images), BEATS (experiment based on international collaborations with BNL and UCLA, to take measurements at the inverse Compton Scattering source at ATF-BNL applying the Inline phase contrast imaging; it shows great application potential in the Imaging field), ERMES (experiment aimed at the characterisation of neutron background with HPGe gamma spectroscopy and scintillation liquids, which, for example, showed unprecedented anomalous variation of activity concentration of uranium in water associated with the geodynamic processes in the L'Aquila earthquake), ETRUSCO (addressed to a "tracking laser" providing a direct measurement of the absolute position of satellites with respect of the centre of mass of the Earth; it is co-financed by ASI, INFN and Italian industries to optimise and qualify the retro-reflectors of Galileo-the European constellation of satellite navigation)

It clearly appears that the CSN5 areas of activities are not only important for the fundamental research, which is the primary unrivalled objective of INFN activities in Italy; they entail also an important potential and real socio-economical impact and relevant industrial applications in certain high tech niches.

INFN has shown the right sensitivity to this issue by working out a more accurate Technology Transfer (TT) policy. Since mid 2009 a specific Committee made up of 15 people with different experiences has been set up with the aim to prepare rules for



collaboration and TT with industries and institutions (including an appropriate patent strategy) and rules for starting spinoff companies for INFN staff. The set of rules has been finalised and interesting practical examples of their applications are: collaboration with FBK foundation in Trento in the field of Si sensors; a spinoff company started for production and commercialisation of SIPM from which INFN receives royalties; two products concerning beam monitoring and software developments have been licensed to the Belgian company IBA. The overall funding from TT turns out to be still limited but its existence and its increase potential is a good and promising sign.

Moreover, in order to stress the message that fundamental research can be an important engine for innovation, INFN has established the so called strategic projects. In this frame, especially the competences applicable in the medical field are considered particularly important. CSN5, together with CSN3, has therefore become the reference scientific committee for the strategic INFN-MED project started to promote and coordinate the INFN competences considered ripe for developing innovative products related to imaging, diagnostic, accelerators and related software for medical applications, in collaboration with other institutions and particularly with industries .

In general the CSN5 technological competences appear to be well in line and very synergistic with other INFN strategic projects as foreseen in the 2010-2012 triennial Plan, such as NTA (New Technologies for Accelerators) and INFN-E (applications in the Energy field) besides special projects such as Super-B, SPARC/X and SPES. In consideration of the numerous projects to meet and the available resources, it might be necessary to continue giving accurate attention to planning priorities.

It is recommended to keep further sensitising Italian industries and their Associations (even if sometimes it may turn out to be a challenging task) to exploit the fall out of the technologies and methods stemming from CSN5 (and others CSNs) research and keep soliciting supports also from regions especially as far as health, cultural heritage and environmental applications are concerned, in the light of the interest that at least some of them seem to show.

In summary, CSN5 confirms the high level of competences achieved, often in clearly leading position in the worldwide complex scientific context, and also their relevant socio-economical impact. It is felt therefore important that CSN5, as the other CSNs, receives adequate resources, as foreseen in the 2010-2012 INFN triennial Plan, to keep pace with the INFN scientific challenges ahead and to elaborate sound plans for a longer timescale.

The record of INFN in both these fields has always been outstanding. 50% of all Physics PhDs awarded in Italy, are in INFN related subjects. This percentage is the highest in the world. The scientific level in all stages of higher education is excellent and this is particularly true for the PhD level. In addition to this institutional training a large number of specialised Schools are organised every year to initiate young graduate students and post-docs to the latest scientific and technological developments. During the last year a particular emphasis was put into LHC related subjects. This considerable effort results in a strong attractivity of these research fields among Italian students, in contradistinction with what we see often in other countries in which the brightest students seem to turn away from Physics. The CVI is pleased to acknowledge this fact and wishes to bring it to the attention of the Government authorities in order to plead for the creation of promising career opportunities for these talented young physicists. The present situation leads to a considerable waste of national talent.

The outreach activities are rich and diversified. We find a most impressive list covering all INFN related topics and using a large variety of communication tools: public lectures, exhibitions, radio and TV programs, press releases, multimedia tools, educational material, etc. They aim at all audiences, from school kids to university students, journalists as well as the general public. The public exhibitions organised last year attracted large crowds of visitors. Thanks to these efforts the Italian public has a higher degree of awareness for the latest scientific issues than, probably, in any other country in the world. The CVI was particularly impressed by the very stimulating program addressed to school students in which they are led to participate in a collective effort of real scientific measurements. It expresses its congratulations to the Communication Office of the Institute and to all those who help in this program.

In the presentation made during our meeting we learnt about the relations of INFN with European organisations such as the European Science Foundation and the European Union. A particular section in this year's GLV report is devoted to this subject. The CVI encourages the development of these relations which will enrich the European Research Area to the great benefit of all countries involved.

9

GENERAL CONCLUSIONS AND ACKNOWLEDGEMENTS

All CVI panel members unanimously declare that our last visit to Catania was a most instructive and enjoyable experience. We learnt about new and exciting projects and we had the pleasure to see many scientifically interesting new results. INFN is a research institution of the highest quality and we can only wish it is given the means to continue its road of success. We would like to ask the President to transmit to all the personnel our appreciation for the work done. We would also like to thank him together with the members of the Executive Board, the chairpersons of the scientific sections and the Direction of LNS for organising such a successful meeting as well as for the warm hospitality extended to us.

10

POSTSCRIPTUM

The INFN community has suffered this year the loss of Nicola Cabibbo, former President of INFN and one of the leading figures in the international scene of High Energy Physics. The CVI shares with all the members of the Institute the sadness of this loss and wishes to express to his family and his friends its most sincere condolences.

