



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

# Relazione annuale sulla Performance anno 2016

(D.Lgs n. 150/2009, art. 10, comma 1, lettera b)

## Indice

	<u>Pagina</u>
1. PRESENTAZIONE DELLA RELAZIONE.....	2
2. SINTESI DELLE INFORMAZIONI DI INTERESSE PER GLI STAKEHOLDERS	
2.1. L'amministrazione .....	2
2.2. I risultati raggiunti .....	4
2.3. Le opportunità e le criticità .....	4
2.4. Le risorse finanziarie.....	6
3. OBIETTIVI: RISULTATI RAGGIUNTI E SCOSTAMENTI	
3.1. Albero della performance.....	8/9
3.2. Obiettivi strategici.....	9
3.3. Obiettivi e piani operativi.....	10
3.4. Obiettivi individuali.....	32
4. RISORSE, EFFICIENZA ED ECONOMICITA'.....	37
5. PARI OPPORTUNITA' E BILANCIO DI GENERE.....	40
6. IL PROCESSO DI REDAZIONE DELLA RELAZIONE SULLA PERFORMANCE	
6.1. Fasi, soggetti, tempi e responsabilità.....	44
6.2. Punti di forza e di debolezza del ciclo della performance.....	44

## 1. PRESENTAZIONE DELLA RELAZIONE

La Relazione annuale sulla performance, prevista dall'art. 10, comma 1, lettera b), del d. lgs n. 150/2009 ("decreto"), come modificato dal d. lgs. n. 74/2017, costituisce lo strumento mediante il quale l'INFN evidenzia a consuntivo i risultati organizzativi ed individuali ottenuti nel corso dell'anno precedente rispetto agli obiettivi programmati ed alle risorse.

La funzione di comunicazione verso l'esterno è stabilita dalle previsioni dell'art. 10, comma 8, lettera b) del decreto legislativo 33/2013 che prevede la sua pubblicazione nella sezione "Amministrazione Trasparente" e ribadita dalla modifica all'art. 1° comma 1 secondo il quale il documento deve essere pubblicato sul sito istituzionale di ciascuna pubblica amministrazione.

In base all'art. 27, comma 2, del decreto, la Relazione documenta anche gli eventuali risparmi sui costi di funzionamento derivanti da processi di ristrutturazione, riorganizzazione e innovazione ai fini dell'erogazione, nei limiti e con le modalità ivi previsti, del premio di efficienza di cui al medesimo articolo. La Relazione contiene, infine, il bilancio di genere realizzato dall'amministrazione.

La stesura del documento, in generale, è ispirata ai principi di trasparenza, intelligibilità, veridicità e verificabilità dei contenuti, partecipazione e coerenza interna ed esterna; per i dati di carattere economico-finanziario sono applicati i principi contabili generali di cui all'Allegato 1, del D.Lgs n. 91/2011.

La Relazione annuale sulla Performance è:

- approvata dall'organo di indirizzo politico amministrativo (consiglio direttivo), dopo essere stata definita in collaborazione con i vertici dell'amministrazione ai sensi dell'art. 15, comma 2, lettera b), del decreto;
- validata, ai sensi dell'art. 14, comma 4, lettera c), e 6, del decreto, dall'Organismo Indipendente di Valutazione come condizione inderogabile per l'accesso agli strumenti premiali di cui al Titolo III del decreto.

## 2. SINTESI DELLE INFORMAZIONI DI INTERESSE PER GLI STAKEHOLDERS

### 2.1. L'AMMINISTRAZIONE

L'Amministrazione è organizzativamente articolata nell'Amministrazione Centrale e nelle specifiche amministrazioni delle diverse strutture dell'Istituto (4 Laboratori e 20 Sezioni e 2 Centri Nazionali).

*L'Amministrazione Centrale:*

- gestisce le funzioni amministrative centralizzate, tradizionalmente consistenti in:
  - \* la gestione del personale (stato giuridico e trattamento economico);
  - \* la redazione dei bilanci consuntivi e di previsione nonché la contabilità di alcuni capitoli di spesa a gestione centrale (es.: le entrate, tutte le spese per il personale eccetto le missioni, i contributi a consorzi, i trasferimenti ad altri enti di ricerca);
  - \* i rapporti con gli enti sovraordinati;
  - \* alcune attività di coordinamento e controllo centrale (es.: igiene e sicurezza, rapporti internazionali, ispettorato, adempimenti fiscali, sistema informativo contabile);
- svolge funzioni d'indirizzo, coordinamento e verifica dell'attività amministrativa decentrata;
- assicura i servizi tecnici, professionali e di sorveglianza centrali;
- cura la predisposizione e l'esecuzione degli atti deliberativi di competenza del Consiglio Direttivo dell'Istituto sulla base delle direttive della Giunta Esecutiva.

I *settori amministrativi decentrati*, uno per ogni Laboratorio, Sezione e Centro, assicurano la gestione contabile-amministrativa della spesa afferente alla specifica struttura; in sostanza, essi presiedono alle diverse fasi di gestione della spesa per i capitoli missioni e acquisti di beni e servizi di interesse locale. Il responsabile del procedimento amministrativo delle amministrazioni decentrate è il direttore di ogni struttura.

Nella tabella seguente sono sintetizzati i dati quantitativi che caratterizzano l'attività amministrativa complessiva dell'Istituto.

INFN - Volumi di attività 2016 per struttura"

Articolazione organizzativa		Impegnato al 31.12.2016	Volumi amministrativi complessivi sviluppati nel 2016									Personale amm.vo diretto (t.i.+ t.d.)	Operazioni totali per giorno lavorativo	Operazioni totali per adetto
Laboratori/Sezioni "per area geografica"	Gruppi collegati		Totale	Impegni	Ordini	Missioni	Anticipi	Fatture	Note di carico	Fondo economale	Collabo- razioni			
		(A)									(B)	(A)/210gg	(A)/(B)	
<b>Piemonte-Liguria:</b>														
TORINO	Alessandria	5.078.185,84	10.018	3890	398	2363	2110	689	173	335	60	7,0	48	1431
GENOVA	-	3.810.514,15	7.058	2613	462	1513	1525	645	104	177	19	6,0	34	1176
		8.888.700	17.076	6.503	860	3.876	3.635	1.334	277	512	79	13,0	81	1314
<b>Lombardia:</b>														
MILANO	-	3.955.524,02	8.746	3074	411	1997	2263	703	174	75	49	6,0	42	1458
MILANO Bicocca	Parma	2.364.016,42	4.859	2004	257	1438	505	463	105	76	11	2,0	23	2430
PAVIA	Brescia	1.561.086,48	4.101	1465	157	1020	938	388	56	64	13	3,0	20	1367
		7.880.627	17.706	6.543	825	4.455	3.706	1.554	335	215	73	11,0	84	1610
<b>Triveneto:</b>														
Lab.Naz.Legnaro	-	15.298.645,89	9.198	3543	836	1417	847	1605	408	485	57	5,0	44	1840
PADOVA	-	3.808.086,97	10.630	3692	460	3106	2300	746	144	138	44	7,0	51	1519
TIFPA	-	1.453.859,89	2.457	898	116	540	476	263	111	29	24	1,5	12	1638
TRIESTE	Udine	3.699.994,92	5.911	2017	297	1278	1501	517	115	170	16	4,0	28	1478
		24.260.588	28.196	10.150	1.709	6.341	5.124	3.131	778	822	141	17,5	134	1611
<b>Emilia-Romagna:</b>														
BOLOGNA	-	2.867.771,54	8.237	2757	299	2081	2164	619	102	170	45			
CNAF	-	6.494.112,49	2.144	692	162	372	345	477	39	55	2			
BOLOGNA/CNAF	-	9.361.884	10.381	3.449	461	2.453	2.509	1.096	141	225	47	8,0	49	1298
FERRARA	-	1.832.732,64	4.295	1663	262	899	784	462	128	85	12	2,0	20	2148
		11.194.617	14.676	5.112	723	3.352	3.293	1.558	269	310	59	10,0	70	1468
<b>Toscana:</b>														
PISA	Siena	5.562.118,89	11.057	4086	420	3023	2504	813	79	103	29	7,0	53	1580
FIRENZE	-	2.936.067,82	7.057	2485	451	1290	1539	937	147	82	126	6,0	34	1176
		8.498.187	18.114	6.571	871	4.313	4.043	1.750	226	185	155	13,0	86	1393
<b>Centro:</b>														
ROMA	Sanità	3.794.383,89	10.349	4154	448	2972	1590	820	157	159	49			
ROMA Tre	-	645.070,60	2.273	890	89	674	344	203	37	31	5			
ROMA/ROMA Tre	-	4.439.454	12.622	5.044	537	3.646	1.934	1.023	194	190	54	8,0	60	1578
ROMA Tor Vergata	-	1.357.001,88	4.069	1521	125	1044	899	309	79	65	27	5,0	19	814
PERUGIA	-	1.745.355,78	4.599	1817	138	1135	926	365	52	157	9	4,0	22	1150
CAGLIARI	-	1.269.110,28	1.991	699	99	400	524	207	31	23	8	2,2	9	905
		8.810.922	23.281	9.081	899	6.225	4.283	1.904	356	435	98	19,2	111	1213
<b>Frascati:</b>														
Lab.Naz.Frascati	Cosenza	20.859.615,83	17.390	5663	1045	3181	3959	2424	528	345	245	16,0	83	1087
A.C./Presid.	-	2.048.567,90	7.259	2662	140	2034	1506	604	21	181	111	4,0	35	1815
Ragioneria	-	193.549.298,35	2.029	1488	4	0	387	150	0	0	0	3,0	10	676
		216.457.482	26.678	9.813	1.189	5.215	5.852	3.178	549	526	356	23,0	127	1160
<b>Abruzzo:</b>														
LNGS	Assergi	10.990.677,54	6.043	2596	290	1196	427	1133	132	236	33	6,5	29	930
GSSI	L'Aquila	3.025.686,04	3.165	1407	48	844	380	304	9	102	71	4,5	15	703
		14.016.364	9.208	4.003	338	2.040	807	1.437	141	338	104	11,0	44	837
<b>Mezzogiorno:</b>														
NAPOLI	Salerno	3.366.650,42	9.491	3639	486	2279	1852	716	141	331	47	7,0	45	1356
BARI	-	4.192.786,23	6.796	2253	420	1243	1934	616	131	186	13	6,0	32	1133
LECCE	-	1.331.570,97	2.734	944	149	496	667	303	62	99	14	3,0	13	911
		8.891.008	19.021	6.836	1.055	4.018	4.453	1.635	334	616	74	16,0	91	1189
<b>Sicilia:</b>														
Lab.Naz. Sud	-	10.300.707,68	8.199	2842	747	1167	1141	1757	242	251	52			
CATANIA	Messina	1.374.539,46	3.806	1410	268	803	761	388	99	56	21			
Lab.Naz. Sud/CATANIA	-	11.675.247	12.005	4.252	1.015	1.970	1.902	2.145	341	307	73	13,0	57	923
<b>TOTALE</b>		320.573.741	185.961	68.864	9.484	41.805	37.098	19.626	3.606	4.266	1.212	146,7	886	1268

## 2.2. I RISULTATI RAGGIUNTI

L'esercizio 2016 si è chiuso con i seguenti risultati, presentati comparativamente rispetto al precedente esercizio:

	Esercizio 2016	Esercizio 2015
<u>Gestione finanziaria:</u>		
Avanzo(Disavanzo) finanziario di competenza	295.405.763	215.592.762
Avanzo(Disavanzo) finanziario di gestione	302.456.692	218.946.648
Avanzo di Amministrazione	302.456.692	218.946.648
<u>Gestione economico-patrimoniale:</u>		
Avanzo (Disavanzo) economico di competenza	61.383.529	(16.715.593)
Patrimonio netto	505.036.540	443.653.011

Nel confronto fra i due esercizi, si rileva che la gestione finanziaria di competenza del 2016 chiude in pareggio; ciò si è reso possibile in considerazione degli accertamenti di entrata comprese le partite di giro e del parziale utilizzo dell'avanzo di amministrazione 2015.

## 2.3. LE OPPORTUNITÀ E LE CRITICITÀ

In questi ultimi anni è iniziata, ed è ora in piena attuazione, una trasformazione importante per l'Istituto in funzione della quale si sintetizzano nel prosieguo le principali caratteristiche dell'Ente:

- Una missione molto chiara: forte compattezza della comunità con conseguente grande efficienza dei progetti.
- Rapporto strettissimo con le Università che ha determinato la diffusione capillare sul territorio nazionale. Esso rappresenta una fonte di ricchezza e vivacità culturale, e di un continuo apporto di giovani, ma anche un cruciale sostegno dell'ente all'attività di ricerca delle Università. Permane la difficoltà di riconoscimento anche quantitativo di tale apporto in sede di valutazione sia dell'ente che delle Università interessate.
- Auto-governo responsabile: rappresentatività della comunità e controllo MIUR in buon equilibrio e una gestione interna fortemente orientata dalla scienza. Nel caso dell'INFN, oltre all'ampio coinvolgimento dei ricercatori negli organi di governo, il modello di gestione e organizzazione è lo stesso utilizzato dalla ricerca a livello internazionale, che di per sé prevede una partecipazione e il contributo continuo della comunità scientifica: proposte provenienti da tutta la comunità, revisione e controllo ex-post dei pari, pianificazione degli obiettivi scientifici e delle risorse da parte di organi rappresentativi della comunità scientifica.
- Eccellente capacità di formazione a livello di lauree, dottorati e attività postdottorale (circa la metà delle tesi di Ph.D. in fisica). I giovani si qualificano e ottengono risultati eccezionali all'estero e costituiscono un grande serbatoio di competenze, che spesso trasferiscono alla società. Ambiente scientificamente attraente anche per studiosi, in particolare giovani, dall'estero.
- Ricerca che si svolge in gran parte nell'ambito di grandi collaborazioni internazionali in cui rivestiamo un ruolo di primo piano. Abbiamo un laboratorio mondiale, il CERN, dove siamo leader e uno, unico, come il Gran Sasso a partecipazione straniera maggioritaria.
- Le nostre ricerche fanno uso e richiedono lo sviluppo di tecnologie avanzate insieme al mantenimento di know-how. Questo ha ricadute naturali di alta utilità sociale: adroterapia e strumentazione di diagnostica medica, beni culturali, cloud computing e calcolo HPC, produzione di radioisotopi per la farmaceutica e altro.
- Esistenza da lungo tempo di un sistema di autovalutazione con la presenza di un comitato internazionale.

In questi ultimi anni è iniziata, ed è ora in piena attuazione, una trasformazione importante per l'Istituto. Fermo restando il caposaldo del rispetto della sua Missione, si continua a rivolgere tutte le

energie possibili verso l'Europa sia partecipando in modo organico alle sue infrastrutture di ricerca (come definite nell'ambito di ESFRI), che trasformando laboratori italiani in infrastrutture europee (ERIC). Ciò, insieme a una forte valorizzazione del settore di Ricerca e Sviluppo e a un potenziamento del Trasferimento Tecnologico, nella convinzione di diventare sempre più competitivi nella sfida posta dal programma quadro della UE, Horizon2020.

Sul piano dei risultati scientifici, dopo la scoperta del bosone di Higgs nel 2012 che ha premiato anche uno sforzo ventennale dell'INFN che ci vede orgogliosi protagonisti degli esperimenti a LHC e che ha contribuito alla elezione di Fabiola Gianotti alla direzione del CERN, il 2016 ha visto l'annuncio della clamorosa scoperta delle onde gravitazionali. Tale scoperta è frutto della cooperazione tra le due collaborazioni internazionali LIGO e Virgo operanti agli interferometri gravitazionali situati negli USA e in Italia, a Cascina, rispettivamente.

Ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), il più grande laboratorio sotterraneo al mondo per la ricerca astroparticellare in cui opera una vasta comunità internazionale, otteniamo i migliori risultati al mondo sulla ricerca della Materia Oscura e sul decadimento Doppio Beta senza emissione di Neutrini. È in fase di approvazione l'esperimento di ricerca della materia oscura più grande al mondo, DarkSide con ben 20 tonnellate di Argon ultrapuro, che verrà installato nei LNGS alla fine di questa decade.

È in fase di avanzata realizzazione il progetto KM3NeT ai Laboratori Nazionali del Sud (LNS) attraverso il dispiegamento di una rete di rivelatori nel Mar Mediterraneo al largo di Capo Passero; esso presenta significative potenzialità anche per ricerche interdisciplinari, al di là dello studio dei neutrini emessi nei processi più violenti dell'Universo. Il progetto KM3NeT è entrato a far parte della nuova lista dei progetti ESFRI 2016-2026.

Nel nostro Laboratorio Nazionale di Legnaro (LNL) è in fase di messa a punto l'acceleratore SPES, al servizio della ricerca nucleare di base e con potenzialità straordinarie per la produzione di radiofarmaci, che verranno prodotti in collaborazione col settore privato.

Al LABEC di Firenze le nostre tecnologie hanno un utilizzo importante nel settore dei beni culturali, il polo di Firenze è anche un pilastro di E-RHNS, altro progetto che entra a far parte della Roadmap di ESFRI.

Ai laboratori nazionali di Frascati (LNF), laboratorio storico dell'INFN, continuiamo la via aperta da AdA nella ricerca di punta sviluppando innovative tecniche di accelerazione ed elaboriamo progetti per possibili infrastrutture di ricerca, con vocazione interdisciplinare, da installare nel nostro Paese. Siamo infatti tra i leader del progetto EUPRAXIA, finanziato dalla UE, e ci candidiamo ad ospitare la macchina che verrà progettata.

In campo internazionale va sottolineato il notevole incremento di progetti in collaborazione con la Cina, potenza emergente della fisica. Abbiamo conquistato una partnership privilegiata, specialmente nel campo degli esperimenti scientifici su satellite (DAMPE, Limadou) e nella fornitura di tecnologie mutate dagli esperimenti al Gran Sasso.

Nell'ambito di ESFRI è ormai pienamente definita e operativa una strategia comune dell'INFN con CNR e Sincrotrone di Trieste che identifica l'intera filiera che va dalla costruzione delle macchine acceleratrici fino al loro sfruttamento da parte dell'utenza (esempi ne sono XFEL, ESS, ELI, ESRF, EuroFel, SESAME). È in fase di costruzione da parte dell'associazione EuroGammaS, di cui l'INFN è capofila, l'acceleratore ELI-NP in Romania ed è iniziato l'impegno nella costruzione di parti rilevanti della European Spallation Source (ESS). Siamo partner dell'upgrade ad ESRF, abbiamo completato la fornitura delle cavità superconduttrici a XFEL e contribuiamo in modo determinante al successo di quella straordinaria avventura scientifico-politica che è SESAME.

L'applicazione terapeutica delle radiazioni nucleari e delle particelle cariche rimane uno dei settori considerati strategici dall'INFN. Per quanto riguarda l'adroterapia, l'INFN si sta impegnando a consolidare le competenze sviluppate nel passato nel campo degli acceleratori per la cura dei tumori. In primo luogo si è rafforzato il rapporto con il CNAO, dove l'INFN contribuisce alla realizzazione di una linea di ricerca dedicata. In secondo luogo si sta sviluppando l'attività della nuova struttura TIFPA, costituita dall'INFN a Trento con il locale centro per la protonterapia. Il TIFPA nasce come una struttura non tradizionale dove sin dall'inizio è presente un legame basilare tra l'INFN, l'Università, la

Fondazione Bruno Kessler e l'azienda sanitaria locale che possiede un ciclotrone per la cura dei tumori e sul quale l'INFN sta attrezzando la linea di ricerca.

Registriamo con orgoglio lo straordinario successo in termini di domande di iscrizione del Gran Sasso Science Institute (GSSI), la scuola di dottorato ubicata a L'Aquila, di cui l'INFN è stato ente attivatore sin dalla sua costituzione nel 2012, Centro Nazionale di Alta Formazione dell'INFN. Grazie al suo successo, il GSSI è dal 2016 riconosciuto quale Scuola di Dottorato, la prima nel suo genere a sud di Pisa.

Dedichiamo inoltre un grande sforzo alla divulgazione scientifica attraverso eventi, mostre, convegni, attività nelle scuole.

Sul piano organizzativo è in corso un grande sforzo per pianificare e realizzare un riammodernamento gestionale che veda una razionalizzazione degli aspetti amministrativi e tecnici su base regionale.

Nell'ultimo anno, indubbiamente, sono arrivati segnali importanti e concreti di attenzione al mondo della ricerca. Tuttavia, non possiamo ignorare il fatto che criticità importanti sono ancora presenti nel sistema ricerca del Paese, con conseguenze inevitabili anche sullo svolgimento delle ricerche dell'INFN e sulla realizzazione della sua missione.

Un elemento di forte criticità è rappresentato dal modello odierno di finanziamento, che, data l'attribuzione su base annuale dei finanziamenti, viene a soffrire di una mancata efficiente programmazione pluriennale. Naturalmente, tale criticità si avverte in modo particolarmente rilevante in un contesto di attività di ricerca in ambito internazionale, a partire dalla UE, in cui la programmazione avviene tipicamente su base pluriennale.

Il D.L. 218 del 2016 segna un grande progresso nella possibilità di gestire l'Ente secondo i sani principi dell'autonomia responsabile. Sottolineiamo, però, con preoccupazione il lievitare dei costi del personale a fronte di finanziamenti del FOE che rimangono invece costanti. Si rischia così di vanificare i benefici derivanti dalla benvenuta libertà di poter programmare le risorse umane in relazione all'esigenza dell'articolata attività di ricerca dell'ente, se in corrispondenza non è presente un adeguamento delle risorse finanziarie.

Il rapporto con l'Università presenta significative criticità. C'è una progressiva separazione e chiusura che rende molto difficile il passaggio di personale tra Università e INFN. Un altro aspetto problematico è rappresentato dalla rilevante difficoltà di sfruttare l'attrattività nei riguardi di studiosi (stranieri o italiani) operanti all'estero. Nonostante l'indubbio richiamo rappresentato dalla qualità della nostra ricerca e dal suo elevato grado di internazionalizzazione, vari ostacoli si frappongono ad un efficace piano: offerta economica, prospettiva di carriera, burocrazia e persino l'incapacità di sfruttare, per impacci burocratici, le norme pur esistenti sul rientro dei cervelli.

#### 2.4. LE RISORSE FINANZIARIE

Dal 2011 le Entrate senza vincolo di destinazione, dopo un periodo continuo di contrazione, sono tornate al livello dell'anno 1985. Negli anni addietro si è quindi posta la necessità di contrarre progressivamente le spese in modo tale da rientrare entro i nuovi limiti posti dalle Entrate, e allo stesso tempo di trovare nuove sorgenti di finanziamento. La crescita dei finanziamenti con vincoli di destinazione (fondo esterni o su assegnazioni straordinarie per attività di ricerca a valenza internazionale) rappresenta proprio l'esito di questa politica che ha permesso di attrarre fondi premiali MIUR, fondi su progetti internazionali e fondi europei o regionali. Il livello di spesa di ricerca su fondi con vincolo di destinazione per il 2014 ha superato i fondi spesi per l'attività di ricerca istituzionale (fatta su fondi non vincolati) dell'Istituto.

Il livello globale di spesa corrente dell'INFN negli ultimi anni è attestato intorno ai 300ML€ e questo numero riflette le reali esigenze finanziarie legate alla ordinaria amministrazione dell'Ente. D'altronde, la costante e significativa diminuzione delle entrate senza vincolo di destinazione, unita al fatto che una parte considerevole del bilancio (inferiore comunque al 60%) è costituita da spese di personale che, per loro natura, sono incomprimibili, rappresenta un fattore fortemente limitante, che rischia di pregiudicare i livelli di eccellenza raggiunti dall'INFN nel corso degli anni.

I progetti di ricerca dell'INFN si caratterizzano per una durata pluriennale che può facilmente raggiungere, e in alcuni casi superare, il decennio, e in questo periodo il profilo e il tipo di spesa variano considerevolmente (progettazione, ingegnerizzazione, costruzione, messa in opera e funzionamento). È dunque indispensabile poter contare su un flusso ragionevolmente costante di risorse, o almeno su una programmazione pluriennale di finanziamento che permetta di ottimizzare l'uso delle risorse e la programmazione scientifica. L'ultima legge di stabilità ha dato un segnale che interrompe l'erosione dei finanziamenti, prevedendo per INFN un finanziamento aggiuntivo di 45 ML su 3 anni, ma per rendere autosostenibile sul lungo termine il bilancio INFN, occorre che questa inversione di tendenza si stabilizzi e continui nel tempo.

Tipologia di spesa	% sul totale impegnato 2016	% sul totale impegnato 2015	Scostamento tra le due annualità	Caratteristiche salienti ai fini della previsione pluriennale
Personale	41%	39%	+ 2%	La <u>Spesa per il Personale</u> conferma sostanzialmente il dato dello scorso anno
Funzionamento*	19%	18%	+ 1%	La <u>Spesa per il Funzionamento</u> , con un livissimo incremento, conferma l'inversione di tendenza rispetto al tradizionale andamento crescente (corrispondentemente all'effetto di trascinamento che l'ordinaria operatività recava con sé in una pluralità di articolazioni logistiche come quelle in cui è organizzato l'Istituto)
Ricerca** (senza personale)	33%	37%	- 4%	La <u>Spesa per la Ricerca</u> , inclusiva di quella direttamente controllata dalle CSN, dei Progetti specificamente finanziati con fondi FOE e con Fondi esterni, dei Progetti strategici e speciali, e del Calcolo e reti, evidenzia un lieve decremento.
Attrezzature e Servizi	7%	6%	+ 1%	La <u>Spesa per Servizi ed attrezzature di base</u> presenta un andamento pressoché costante, assestato all'effettiva disponibilità delle risorse.
	100%	100%		

\*le spese di funzionamento includono anche le altre spese a gestione centrale

\*\*le spese di Ricerca includono anche le spese per calcolo, mezzi di calcolo e GRID e progetti strategici e speciali

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) seppure obbligatoriamente destinati a finanziare specifici progetti di ricerca e conseguenti spese da essi specificamente dipendenti.

### 3. OBIETTIVI: RISULTATI RAGGIUNTI E SCOSTAMENTI

#### 3.1. ALBERO DELLA PERFORMANCE

Il processo di formazione e definizione degli obiettivi di performance dell'Istituto è schematicamente rappresentato dal seguente albero dei risultati attesi, definito con delibera di Consiglio Direttivo n. 12254 del 30.03.2012.



MACRO-AREA	OBIETTIVO	INDICATORE	Obiettivo 2016	Risultato 2016	
Grado di attuazione della strategia  (Piano Triennale)	Stato di avanzamento dei progetti di ricerca e degli esperimenti	% obiettivi ( <i>milestones</i> ) raggiunti nell'anno	85%	85%	
		% presentazioni a conferenze da parte di ricercatori INFN paragonate a quelle di D, F, UK nell'anno	25%	56%	
	Ampliamento e consolidamento delle collaborazioni internazionali e delle reti di ricerca	% attività di ricerca svolta in collaborazioni internazionali per la Fisica Nucleare, Subnucleare e Astroparticellare nell'anno precedente	80%	96%	
		% posizioni di responsabilità affidate a ricercatori INFN in collaborazioni internazionali nell'anno precedente	35%	88%	
	Capacità di attrarre collaboratori universitari (totale associazioni: personale)	n. incarichi di ricerca in rapporto al numero di ricercatori e tecnologi dipendenti	90%	77%	
		n. incarichi di associazione in rapporto al numero di ricercatori e tecnologi dipendenti	~ 300%	381%	
	Internazionalizzazione delle iniziative	n. ricercatori stranieri operanti nell'INFN, a tempo determinato, come dipendenti o associati in rapporto al numero di ricercatori e tecnologi dipendenti	>10%	18%	
		% utenti stranieri rispetto al totale presso le infrastrutture nazionali di ricerca (LN)	33%	28%	
Sostenibilità finanziaria	Investimenti in ricerca	% investimenti netti destinati alle attività di ricerca rispetto alle assegnazioni totali concesse dal MIUR all'Istituto	15%	23%	
	Diversificazione delle fonti di finanziamento	% investimenti netti in ricerca coperti con fondi esterni rispetto a quelli finanziati con fondi ordinari	20%	72%	
Efficienza e innovazione organizzativa	Efficienza delle strutture periferiche nella lavorazione di ordini, trasferte, altri servizi per la ricerca	n. di strutture, in percentuale, con indici al di sotto della media nazionale, riferite ai seguenti indicatori: • rapporto tra il numero di mandati e reversali e il numero del personale tecnico e amministrativo • rapporto tra il numero degli impegni di spesa e il numero del personale tecnico e amministrativo • rapporto tra il numero dei ricercatori e tecnologi e il numero del personale tecnico e amministrativo	> 43% > 33% > 46%	45% 31% 175%	
		Efficienza delle procedure per acquisizione di beni, servizi e lavori pubblici di pertinenza di GE e CD	tempi medi di lavorazione imputabili all'organizzazione gestionale amministrativa	< 20 giorni	13 giorni
		Stato di informatizzazione delle procedure amministrative	stato di utilizzo delle procedure informatizzate rispetto la totale delle pratiche evase nell'anno con il nuovo sistema informativo)	80%	100%
	n. giornaliero di ticket per assistenza inviati da parte del personale amministrativo nell'uso del nuovo sistema informativo		< 25	15	
Valorizzazione del capitale umano	Capacità di sviluppare e valorizzare le competenze del personale	n. corsi di formazione svolti nell'anno	>150	266	
		% partecipanti ai corsi di formazione in rapporto al n. totale dei dipendenti	40%	44%	
		% impegni destinati alla formazione sul totale delle assegnazioni per la formazione	80%	78%	
		% dei corsi tenuti da personale INFN ivi compresa la formazione esterna	30%	35%	
	Capacità di assicurare elevati standard di sicurezza sui luoghi di lavoro	n. corsi di valenza generale dedicati alla sicurezza	10	101	
		% personale INFN che ha seguito corsi di formazione in materia di sicurezza	90%	28%	
		n. infortuni all'anno nei luoghi di lavoro (esclusi gli infortuni in itinere)	<10	4	



	Iniziative di divulgazione scientifica per le scuole e il grande pubblico	n. iniziative (mostre, convegni, conferenze, tavole rotonde) di valenza nazionale	>5	~15
		n. iniziative locali per struttura e per anno (mostre, convegni, dibattiti anche in collaborazione con autorità locali)	>1	~14
	Iniziative di divulgazione scientifica per le scuole e il grande pubblico	n. visitatori per anno delle infrastrutture presenti presso i Laboratori Nazionali (Laboratori aperti)	>2.000	~ 5287
		n. studenti coinvolti annualmente in iniziative specifiche di divulgazione e formazione dei Laboratori Nazionali dell'Istituto	>500	~ 2028
		n. insegnanti coinvolti annualmente in iniziative specifiche di divulgazione e formazione presso i Laboratori Nazionali dell'Istituto	>50	~ 245
Trasparenza e Anticorruzione	grado di attuazione del Programma Triennale per la Trasparenza e l'Integrità	% di informazioni pubblicate, ai sensi del d.lgs. 33/2013, nella sezione "Amministrazione Trasparente" presente nella home page del sito istituzionale	100%	95%
	grado di attuazione del Piano Triennale di prevenzione della corruzione	% di azioni effettuate fra quelle complessivamente identificate nel Piano di prevenzione della corruzione per l'anno in oggetto di valutazione	100%	95%

### 3.2. OBIETTIVI STRATEGICI

L'INFN è l'ente pubblico di ricerca, vigilato dal MIUR, dedicato allo studio dei costituenti fondamentali della materia e alle loro interazioni; la sua attività di ricerca, teorica e sperimentale, si estende ai campi della fisica subnucleare, nucleare ed astroparticellare.

L'attività di ricerca di base dell'Ente si rivolge ai grandi quesiti aperti nell'ambito della fisica dei costituenti elementari della materia e delle loro interazioni fondamentali. Due grandi recenti scoperte, di cui l'INFN è stato tra i principali protagonisti, caratterizzano in modo cruciale il nostro cammino di conoscenza delle leggi fondamentali che regolano l'evoluzione dell'Universo: da una parte, la scoperta del bosone di Higgs rappresenta il tassello fondamentale per completare la verifica della validità della teoria nota come Modello Standard nella descrizione dell'Universo a livello microscopico (microcosmo); dall'altra, la teoria che da un secolo descrive l'Universo nelle sue strutture più grandi (macrocosmo), la Relatività Generale di Einstein, ha ricevuto la recente clamorosa conferma di una sua cruciale predizione grazie alla rivelazione diretta delle onde gravitazionali.

Nel corso del 2016 gli esperimenti di fisica subnucleare, effettuati ad acceleratori di particelle, hanno esplorato vari campi del settore, tutti alla frontiera della ricerca in Fisica delle Alte Energie. Al CERN LHC con l'energia nel centro di massa di 13 TeV, ha superato i limiti di disegno in quantità e qualità dei dati forniti agli esperimenti, che sono stati pronti a raccoglierci con un'efficienza altissima. Grazie a tale messe di dati è stato possibile portare avanti incisivamente un programma di ricerca di nuova fisica oltre il Modello Standard raggiungendo importanti nuovi limiti sulle masse di particelle supersimmetriche o di nuove particelle presenti in teorie con nuove dimensioni spazio-temporali, con particolare riguardo a candidati di materia oscura. Un altro importante modo di cercare segnali di tale nuova fisica è mediante ricerche indirette che si avvalgono dello studio dettagliato delle masse e dei mescolamenti tra loro delle particelle elementari (fisica del flavour). L'INFN si è da sempre distinto in questo campo curandone sia gli aspetti teorici (ricordiamo il contributo di Nicola Cabibbo, ad esempio) che sperimentali.

La scoperta delle onde gravitazionali (in cui i fisici e tecnici INFN della collaborazione Virgo hanno dato un significativo contributo) è fondamentale non solo per avvalorare una delle più affascinanti predizioni della teoria della Relatività Generale, ma anche, e forse ancora più importante, per inserire di prepotenza le onde gravitazionali tra i "messaggeri cosmici" (al pari dei fotoni e neutrini di alta energia e dei raggi cosmici carichi), quindi, di fatto, per aver aperto la nuova era della "astronomia gravitazionale". La collaborazione LISA-PF ha ottenuto eccellenti risultati dal prototipo di LISA,

dimostrando la fattibilità del progetto di una futura missione spaziale per l'osservazione di onde gravitazionali di bassa frequenza.

La ricerca e lo studio delle onde gravitazionali rientra nel campo della cosiddetta fisica astroparticellare, ovvero lo studio di processi fisici il cui studio combina sinergicamente aspetti di fisica delle particelle elementari, della cosmologia e dell'astrofisica. L'INFN conduce queste ricerche in vari ambienti, dallo spazio (ricerca di antimateria e radiazioni gamma), alla superficie terrestre (radiazione cosmica e onde gravitazionali), dai laboratori sotterranei (LNGS) alle profondità marine (KM3NeT).

Abbiamo già sopra accennato al fatto che, nel prossimo triennio, il laboratorio del Gran Sasso manterrà una leadership mondiale nel campo della fisica condotta in ambiente sotterraneo grazie a nuovi o rinnovati esperimenti alla ricerca della Materia Oscura e di un rarissimo processo fisico, il doppio decadimento nucleare senza emissione di neutrini (l'esistenza di tale processo mostrerebbe che i neutrini appartengono a una nuova classe di particelle la cui esistenza è stata ipotizzata da Ettore Majorana circa 80 anni fa). E, sempre nell'ambito dello studio delle proprietà dei neutrini, al Gran Sasso, ponendo un generatore di neutrini vicino al rivelatore dell'esperimento Borexino (esperimento SOX), si cercherà di capire se, oltre ai tre tipi di neutrini osservati, esista un nuovo tipo di neutrino, detto neutrino sterile. Sull'esistenza o meno del neutrino sterile sarà possibile dare una risposta definitiva grazie al progetto SBN al Fermilab di Chicago.

Il terzo grande settore della ricerca di base condotta dall'INFN concerne la fisica nucleare. Al momento, il progetto più rilevante in questo campo, ALICE, si svolge a LHC e riguarda lo studio di uno stato della materia che riteniamo essere stato presente ed essenziale nei primissimi istanti dell'Universo in cui, in luogo dei protoni e neutroni che oggi vediamo, erano ancora presenti i quark e i messaggeri delle interazioni nucleari forti, i gluoni, il cosiddetto plasma di quark e gluoni, quali particelle elementari. Nei prossimi tre anni, oltre che nei propri laboratori di fisica nucleare (quello di Legnaro, LNL, e quello del Sud a Catania, LNS), l'INFN porterà avanti programmi di fisica nei laboratori nucleari JLAB negli USA e GANIL in Francia. Infine, nel triennio si porterà a compimento la preparazione dell'importante infrastruttura di ricerca SPES a LNL.

Dopo aver trovato il bosone di Higgs e le onde gravitazionali, abbiamo completato sia l'esplorazione della teoria delle particelle e forze fondamentali nota come Modello Standard che quella della Relatività che sta alla base del Modello Standard cosmologico. Da questo punto in poi, la nostra ricerca si rivolge a una fisica "nuova", cioè oltre il Modello Standard particellare e anche quello Standard cosmologico. In questa nuova avventura della conoscenza non abbiamo una teoria consolidata che ci possa guidare o almeno fornire qualche indizio sulla strada da seguire. Proprio per prepararsi a queste nuove, eccitanti e difficili sfide, l'INFN ha promosso dal 2014 al 2016 il programma di lavoro "What Next?", un grande sforzo dei suoi ricercatori per delineare, accanto a strade già tracciate (di cui la principale è quella di LHC) percorsi innovativi che richiederanno sia lo sviluppo di nuove idee teoriche che di metodologie sperimentali sostenute da originali soluzioni tecnologiche.

### 3.3. OBIETTIVI E PIANI OPERATIVI

La missione dell'Istituto - in sintesi, il progresso nella conoscenza delle leggi fondamentali della fisica e degli aspetti fondamentali dell'Universo - è perseguita mediante una ricerca articolata su cinque linee scientifiche e su una pluralità di strutture di ricerca di cui si delineano gli aspetti salienti. I consuntivi degli impegni, di seguito dettagliati, per singolo esperimento, non includono la spesa per il personale e quelle per il funzionamento delle strutture operative.

#### 3.3.1. FISICA DELLE PARTICELLE (COMMISSIONE SCIENTIFICA NAZIONALE 1-CSN1)

Nel 2015-2016 gli esperimenti dedicati alla Fisica subnucleare, effettuati agli acceleratori di particelle, hanno esplorato molti ambiti fondamentali di questo settore, tutti alla frontiera della ricerca in questo campo a livello internazionale.

Gli esperimenti approvati ed in corso sono in una fase di costruzione o stanno consolidando i propri apparati in vista delle prossime campagne di presa dati. A complemento ed in vista di progetti futuri è stato discusso ed approvato un piano di attività di ricerca e sviluppo mirata ai futuri acceleratori.

Ci sono diverse linee di ricerca attive, la cui composizione e budget sono specificati nella tabella 1. Il numero totale di FTE è rispettivamente pari a 754 nel 2015 e a 792 nel 2016.

Gli esperimenti al CERN, che lavorano a LHC, il più grande acceleratore esistente al mondo, ricoprono un ruolo centrale sia per l'impiego di risorse umane e finanziarie, che per le aspettative di fisica. L'energia di 13 TeV, raggiunta nelle collisioni protone-protone, dopo importanti lavori di consolidamento e miglioramento, è il nuovo punto di lavoro dal giugno 2015. Gli esperimenti con i significativi miglioramenti agli apparati, ai sistemi di selezione ed acquisizione dati hanno saputo far fronte ad una mole di dati, raccolta nel 2016, che ha superato di gran lunga le attese con un incremento del 60%.

Più di 500 fisici e 100 ingegneri, supportati dall'INFN, danno un contributo importante e con ruoli di grande visibilità negli esperimenti ATLAS, CMS, LHCb, LHCf e TOTEM, partecipando sia al lavoro di costruzione, manutenzione e operazione dei rivelatori che all'analisi dei dati raccolti e alla ricerca e sviluppo di nuove tecnologie per la fase ad alta luminosità della macchina, prevista cominciare nel 2026.

Gli studi in corso riguardano sia le misure di precisione di eventi previsti dal Modello Standard (MS) delle particelle che la ricerca di nuovi fenomeni fisici che possano anche mettere in luce nuove particelle per avvalorare i modelli teorici o, ancor più importante, scoprire l'origine della materia oscura.

Sono state aggiornate le misure della massa del quark top sia al Tevatron che a LHC e completata la

CSN1 Sector	FTE	Budget
Hadronic Physics (LHC, Tevatron)	59.7%	53.7%
Flavor Physics (including LHCb)	28.1%	29.0%
Charged Lepton Physics	7.1%	14.4%
Proton Structure	3.4%	2.3%
R&D for Future Applications	1.7%	0.6%

prima combinazione delle misure ai due collider. Dalla scoperta del bosone di Higgs, ultimo tassello mancante al MS, gli esperimenti ATLAS e CMS hanno consolidato e combinato i loro risultati della prima fase di presa dati sulla misura dei suoi parametri (massa, numeri quantici, accoppiamenti a fermioni e bosoni) dopo aver posto per la prima volta un limite sulla sua larghezza. Si sono verificate con l'inizio della nuova fase di presa dati le nuove

analisi per studiare gli accoppiamenti con il quark top e la ricerca della produzione associata di due Higgs. Prosegue la ricerca di segnali di nuove particelle, non previste dal Modello standard, e si estendono i limiti sulle masse di potenziali nuove particelle. Gli esperimenti ATLAS e CMS hanno evidenziato e poi confutato con i dati raccolti nel 2016 in entrambe gli esperimenti un segnale in difotone a massa 750 GeV, che ha suscitato un notevole interesse teorico, dimostrando quanto questo filone di ricerca sia indispensabile per stabilire una traccia di comprensione di nuovi fenomeni fisici.

Dal 2015 TOTEM e CMS utilizzano simultaneamente gli apparati per studiare la fisica diffrattiva e poter misurare proprio nuovi segnali di fisica utilizzando l'accettanza nella zona a piccolo angolo rispetto alla linea di fascio. TOTEM ha pubblicato inoltre l'evidenza di un andamento non-esponenziale della sezione d'urto elastica differenziale pp a 8 TeV e la misura dello scattering elastico pp a 8 TeV nella regione d'interferenza Coulomb-Nucleare con la determinazione del parametro  $\rho$  e della sezione d'urto totale.

Gli esperimenti CMS e LHCb hanno portato a termine la combinazione delle loro misure dei rapporti di decadimento dei processi  $B_d \rightarrow \mu\mu$  e  $B_s \rightarrow \mu\mu$ ; quest'ultimo appare ora per la prima volta con una significatività superiore a 5 deviazioni standard. Anche ATLAS ha portato a termine la misura di

questo canale. A LHCb si sono effettuate: la misura della fase di mixing del  $B_s$  con precisione migliore di 0.1 rad, la miglior misura mondiale dell'angolo gamma della matrice CKM, la misura delle proprietà del decadimento raro  $B_0 \rightarrow K^* I^{\pm}$ , la misura di varie proprietà di adroni contenenti quark  $b$  e  $c$  e l'osservazione di nuovi stati legati di quark pesanti. LHCb ha osservato un eccesso di eventi  $J/\psi$  consistente con due stati di pentaquark, osservati per la prima volta.

Sono stati raggiunti i primi risultati a LHCf sugli studi di produzione di particelle neutre nelle interazioni tra protoni e nuclei di piombo ad altissima energia ad LHC in zone di rapidità molto elevata, finora inesplorate da altri esperimenti. Questo esperimento ha raccolto un campione di dati dedicato a 13 TeV.

Gli esperimenti LHC lavorano al completamento, previsto nel 2018, di diversi consolidamenti degli apparati sperimentali, detti di Fase1, sui quali i gruppi INFN sono molto attivi. E' inoltre in corso un intenso lavoro di R&D per preparare le radicali ristrutturazioni degli esperimenti ATLAS e CMS previste per la presa dati ad altissima luminosità dal 2026, detta Fase2.

L'INFN completerà il processo di R&D partecipando attivamente alla stesura dei documenti di Technical Design Review degli apparati di Fase2 nel 2017 che verrà sottoposto alla revisione puntuale da parte della CSN1.

Al CERN il programma di fisica è ricco e diversificato. La componente italiana si distingue per il contributo, riconosciuto a livello di responsabilità negli esperimenti che studiano la fisica fondamentale, sia per comprenderne la struttura che per evidenziare nuovi fenomeni.

L'esperimento COMPASS al SPS del CERN ha completato le migliorie all'apparato sperimentale e continua il programma di studio della struttura del protone, in particolare quello delle funzioni di struttura in adroni polarizzati. È stato approvato il programma sperimentale fino alla fermata di LHC nel 2019.

Per la parte di fisica dei kaoni l'esperimento NA62, che mira alla misura di decadimenti ultra rari del mesone K carico, ha iniziato la presa dati nel 2015 e raccolto dati fruttuosamente nel 2016 con l'apparato completamente funzionante.

Ai Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) KLOE 2 ha in programma di raccogliere una luminosità integrata di  $5 \text{ fb}^{-1}$  entro inizio 2018 con tutto il rivelatore completamente operativo e la macchina DAPHNE che ha ottimizzato il suo funzionamento. Nel contempo ha pubblicato nuovi limiti sulla ricerca di un bosone-U nel settore della materia oscura. Il programma di fisica prevede di studiare: decadimenti rari del K, decadimenti radiativi della  $\phi$ , misure di sezione d'urto totale, fisica  $\gamma\gamma$ , test della validità della simmetria CPT e dell'invarianza di Lorentz che sondano la fisica alla scala di Plank.

Approvato nel 2015 nel piano What Next INFN, l'esperimento PADME (Positron Annihilation into Dark Matter Experiment) per la ricerca di decadimenti "invisibili" dei fotoni oscuri prodotti nell'annichilazione  $e^+e^-$  è al momento in fase di costruzione per iniziare la presa dati di circa due anni nel 2018. Si utilizza il fascio di positroni del linac di DAPHNE, opportunamente modulato in intensità, selezionato in energia, foccheggiato e collimato dalla linea di trasporto della BTF (Beam Test Facility) su un bersaglio attivo sottile al diamante.

BES-III in Cina ha scoperto un nuovo stato neutro, la  $Z_c(3900)$  e un nuovo stato carico, la  $Z_c(4020)$ , interpretabili come potenziali stati a quattro quark. La collaborazione italiana è fortemente impegnata nella costruzione del nuovo rivelatore di tracce centrale basato sulla tecnica innovativa della GEM cilindrica, ha costruito un primo strato e ha condotto le prove su fascio.

BelleII a KEK in Giappone prosegue la costruzione e la messa in opera del rivelatore. Sono stati effettuati i primi test e si prepara l'avvio della macchina con le prime collisioni nel 2017. La componente italiana ha dato contributi rilevanti che sono stati riconosciuti con ruoli di responsabilità.

L'esperimento MEG al PSI di Zurigo ha pubblicato il risultato definitivo sul  $BR(\mu \rightarrow e\gamma)$  con i dati raccolti fino al 2013, il miglior limite esistente al mondo. La collaborazione MEG sta preparando i nuovi

rivelatori che permetteranno all'apparato sperimentale di migliorare di un ordine di grandezza la sensibilità della misura. La presa dati con l'apparato completo è prevista dopo l'estate 2017.

A Fermilab l'esperimento Mu2E, approvato definitivamente, si propone di misurare in modo complementare questo decadimento e ha avviato la costruzione del rivelatore. I gruppi italiani INFN hanno responsabilità importanti sul calorimetro elettromagnetico e hanno dato contributi fondamentali alla definizione del progetto. La ditta italiana ASG superconducting di Genova ha avviato la costruzione del magnete di trasporto del fascio con il supporto INFN.

L'esperimento g-2 a Fermilab sta completando la costruzione e la messa a punto dell'apparato per avviare la presa dati nel 2017. L'INFN è responsabile del raffinato sistema di calibrazione dei calorimetri e del relativo contributo alla misura di fisica.

L'esperimento UA9 prosegue negli studi di collimazione a LHC con l'utilizzo di "channeling" in cristalli di silicio piegati opportunamente e ha effettuato con successo test sia a 450 GeV che a 6.5 TeV. Si propone ora di sperimentare i cristalli per l'estrazione del fascio.

La proposta tecnica di un nuovo esperimento denominato SHIP di "beam dump" a un nuovo fascio ad alta intensità del SPS del CERN 2016 è stata valutata e richiede una fase di studio sul fascio e la preparazione di uno studio più dettagliato sull'apparato che verrà valutato per la European Strategy.

Proprio per partecipare al meglio alla pianificazione del futuro, la CSN1 ha formalizzato l'attività per i nuovi acceleratori e si ripropone di sviluppare al meglio le competenze con iniziative che coinvolgano anche le strutture di ricerca e industriali italiane.

Di seguito sono elencati gli esperimenti a consuntivo 2016, il personale e le strutture coinvolte, gli impegni di spesa e le relative fasi evolutive (importi in migliaia di euro).

Area di ricerca	Esperimento	Fase dell'esperimento	PETP (*)	Strutture partecipanti	Consuntivo impegni (k€)
Frontiera dell'energia	CMS	Costruzione nuovo rivelatore a pixel e camere GEM in avanti. Presa dati e analisi.	203,09	16	4.757,0
	ATLAS	Costruzione camere New Small Wheel e Trigger FTK. Presa dati e analisi.	179,1	14	4.508,1
	RD_FASE2	R&D per l'upgrade di Fase2 ATLAS e CMS.	55,3	15	623,7
	TOTEM	Completamento upgrade. Presa dati e analisi.	15,9	3	428,6
	LHC-f	Analisi dati raccolti nelle collisioni a 13 TeV. Presa dati.	7,9	2	56,2
Fisica del sapore	KLOE	Presa dati a DAFNE. Manutenzione apparato sperimentale.	20,5	4	389,3
	LHC-b	Analisi dati. Manutenzioni. Upgrade. Presa dati.	90,81	13	1.981,8
	NA62	Analisi dati. Reallineamento specchi del RICH. Presa dati.	44,25	9	841,7
	BELLE2	Costruzione rivelatori e test apparato.	33,0	8	987,7
	BESIII	Presa dati e analisi. Costruzione rivelatore CGEM	28,0	3	437,8
Fisica dei leptoni carichi	MEG	Analisi dati. Costruzione upgrade. Presa dati.	17,15	5	301,8
	GMINUS2	Commissioning sistema a FNAL. Preparazione presa dati.	11,0	3	344,3
	PADME	Implementazione full-simulation. Disegno del calorimetro. Definizione del preamp del target e del FADC per BGO.	8,45	3	733,5
	P-MU2E	Costruzione modulo 0 e test.	15,6	3	380,3
Struttura protone	COMPASS	Analisi dati DY. Installaz. 4 nuovi fotorivelatori. Presa dati.	28,6	2	488,0
Altro	UA9	Studio di collimazione ed estrazione di fascio mediata da cristalli.	3,8	2	66,0
	P-SHIP	Test prototipi e studi di simulazione.	13,15	4	48,1
Totale			775,6		17.373,9

(\*) Personale equivalente a tempo pieno

### 3.3.2. FISICA ASTRO-PARTICELLARE (COMMISSIONE SCIENTIFICA NAZIONALE 2-CSN2)

La comprensione delle proprietà dei neutrini, la rivelazione diretta delle onde gravitazionali, l'identificazione dei costituenti della materia e dell'energia oscura, la spiegazione dell'assenza dell'antimateria nell'Universo, lo studio della radiazione cosmica e l'indagine sui fondamenti della fisica quantistica e della gravitazione costituiscono oggi alcuni tra gli obiettivi più importanti alla frontiera della fisica fondamentale e dell'osservazione dell'universo e rappresentano i principali obiettivi scientifici della CSN2.

Le attività della CSN2 possono essere divise nelle seguenti 4 linee scientifiche.

#### FISICA DEI NEUTRINI

Gli esperimenti di fisica del neutrino si svolgono principalmente in laboratori sotterranei come i Laboratori Nazionali del Gran Sasso e in altre strutture analoghe in vari paesi del mondo. In particolare:

- Nel decennio passato, le attività di fisica del neutrino dell'INFN si svolgevano principalmente presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), utilizzando il fascio artificiale di neutrini tra il Cern ed il Gran Sasso (CNGS) o i neutrini naturali provenienti dal sole o dall'atmosfera. Con l'arresto del fascio CNGS, al Gran Sasso continuano esperimenti con sorgenti naturali come i neutrini solari (es. BOREXINO), mentre gli esperimenti con fasci di neutrini artificiali sono effettuati altrove (es. T2K in Giappone e nel futuro a breve JUNO in Cina). L'obiettivo scientifico primario è lo studio delle proprietà dei neutrini, particelle che nel Modello Standard rappresentano la controparte neutra dei leptoni carichi, e che a causa della debolissima interazione con la materia risultano più difficili da studiare delle altre particelle elementari nonostante siano egualmente importanti dal punto di vista teorico.
- Negli anni '90 lo studio dei neutrini atmosferici ha portato alla scoperta del fenomeno delle oscillazioni tra i diversi tipi di neutrini, scoperta premiata con i premi Nobel nel 2002 e nel 2015. Questo fenomeno è studiato ai Laboratori del Gran Sasso sia con i neutrini solari (esperimento BOREXINO) sia con l'esperimento T2K in Giappone. Un ulteriore progetto per lo studio di oscillazioni in componenti sterili sarà realizzato per mezzo dell'apparato di Borexino, il progetto SOX. La CSN2 ha recentemente approvato la partecipazione di un gruppo INFN all'esperimento JUNO, che studierà le oscillazioni di anti-neutrini da reattore con precisione mai raggiunta prima. L'INFN ha inoltre approvato un programma di ricerca di neutrini sterili al Fermilab utilizzando le capacità del rivelatore ICARUS che è in corso di ricondizionamento al CERN e che sarà portato a Fermilab alla fine del 2017. E' in fase di discussione e approvazione in CSN2 la partecipazione al programma Long Base Line negli USA (DUNE) e quella al progetto di upgrade di T2K.
- La determinazione della massa del neutrino è un tema importante in fisica del neutrino: se i neutrini sono particelle di Majorana, la massa del neutrino può essere determinata tramite il doppio decadimento beta senza neutrini nello stato finale ( $0\nu 2\beta$ ). Se invece sono particelle di Fermi questo processo non è permesso. L'INFN sta sviluppando due esperimenti volti a rilevare il decadimento  $0\nu 2\beta$ : un rivelatore di medie dimensioni che dal 2011 sta acquisendo dati utilizzando cristalli di germanio (GERDA) e un rivelatore di grandi dimensioni in fase di costruzione (CUORE), composto da circa 1000 bolometri criogenici di ossido di tellurio. La costruzione di CUORE, che vede una significativa partecipazione degli Stati Uniti, dovrebbe essere completata nel 2016. Il prototipo di CUORE, CUORE-0 ha preso dati con successo per circa un anno nel 2014-2015, producendo risultati molto incoraggianti. Nel 2016 GERDA ha presentato i primi risultati della fase 2 dell'esperimento che escludono del tutto una precedente osservazione di doppio decadimento beta senza neutrini nello stato finale pubblicata dal gruppo di Heidelberg-Mosca. Nel 2015 si è inoltre avviato un progetto di ricerca e sviluppo denominato CUPID indirizzato a individuare le tecnologie migliori per un esperimento bolometrico di seconda generazione dopo CUORE.

#### L'UNIVERSO OSCURO

Negli ultimi 30 anni si è consolidata l'evidenza astrofisica che la maggior parte dell'Universo (circa il 96%) sia formata da materia e energie di forma sconosciuta e oscure, ovvero non rivelabili direttamente per mezzo di osservazioni astronomiche ottiche o comunque elettromagnetiche. La CSN2 è impegnata da molti anni nella ricerca diretta e indiretta di materia oscura, sia con rivelatori sotterranei prevalentemente al Gran Sasso sia con misure indirette di radiazione cosmica da Terra e dallo spazio. In particolare:



- Da circa un decennio DAMA osserva una modulazione annuale nei conteggi a bassa soglia in cristalli di Ioduro di Sodio, compatibile con l'interazione diretta di particelle debolmente interagenti; a seguito di un miglioramento della sensibilità della strumentazione, DAMA sta raccogliendo in questi anni ulteriori dati a soglia più bassa. Nel 2009, studiando accuratamente la composizione dei raggi cosmici carichi nello spazio, prima che vengano assorbiti dalla nostra atmosfera, la missione italo-russa Pamela ha ottenuto indicazioni di un aumento nel rapporto tra positroni ed elettroni al di sopra di 10 GeV e fino a 100 GeV, che potrebbe essere collegabile all'esistenza della materia oscura. Nel 2014 AMS02 ha pubblicato la prima misura fino quasi alla scala di 500 GeV del flusso di elettroni e positroni, che completa la misura del 2012 e conferma i risultati di Pamela. Nel 2015 AMS-02 ha inoltre pubblicato risultati sul flusso di anti-protoni fino alla scala di 600 GeV che evidenziano anomalie rispetto all'interpretazione più comune in termini di sorgenti astrofisiche di raggi cosmici. Il risultato non consente di concludere se si tratti di indicazione di materia oscura oppure indichi che i meccanismi di produzione, accelerazione e diffusione degli anti-protoni nella galassia debbano essere rivisti.
- L'esperimento Xenon-100 ha presentato due nuove analisi, la prima relativa ad una nuova analisi della modulazione annuale di rinculi nucleari di tipo WIMP, la seconda una misura della sezione d'urto per modelli di natura elettromagnetica, escludendo che i risultati osservati da Dama siano interpretabili in tal senso. L'esperimento XENON1T ha iniziato la presa dati presso i LNGS e inizierà a prendere dati a fine 2015. Sempre presso i LNGS è in corso di presa dati l'esperimento DarkSide-50 dedicato alla ricerca di materia oscura con un rivelatore a base di argon liquido. Questi due esperimenti si svolgono ai LNGS con la partecipazione di ricercatori INFN, ma sono realizzati da due collaborazioni con una forte partecipazione americana, a testimonianza di quanto questa infrastruttura sia in grado di attrarre i migliori ricercatori del settore a livello mondiale. L'INFN ha inoltre recentemente approvato la partecipazione di un piccolo gruppo all'esperimento CRESST. La CSN2 e tutto l'INFN sono inoltre fortemente impegnati per la realizzazione di DarkSide-20t, un esperimento di nuova generazione da 20 tonnellate di Argon Liquido a basso contenuto di Ar-39 che sarà realizzato al Gran Sasso.
- Sempre nel contesto di What's Next, la CSN2 ha approvato la partecipazione INFN alla missione EUCLID dell'ESA (sigla COSMO\_WNEXT) in particolare per lo studio dell'equazione di stato dell'energia oscura.

#### RADIAZIONE COSMICA

I raggi cosmici sono stati scoperti più di un secolo fa, ma ancora molto si ignora relativamente alla loro origine e composizione, soprattutto ad altissime energie dove sono necessari rivelatori di grandissime dimensioni per avere un numero di eventi significativo; un nuovo campo si è aperto nel corso dello scorso decennio con la scoperta di sorgenti localizzate in grado di emettere 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. Gli esperimenti per i raggi cosmici, ostacolati dall'atmosfera terrestre, sono condotti nello spazio con palloni o satelliti, salvo il caso delle altissime energie ove sono richiesti apparati molto estesi. Questi esperimenti, realizzati all'interno delle Sezioni e dei Laboratori dell'INFN, sono condotti in collaborazione con le agenzie spaziali internazionali (NASA; Roskosmos), ed il supporto dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI). L' INFN partecipa, spesso con ruoli importanti, ai più importanti esperimenti in questo settore, sia a Terra sia nello Spazio. In particolare:

- Dal suo completamento alla fine del 2008, il grande rivelatore Auger in Argentina ha funzionato senza interruzioni, confermando con sempre maggiore evidenza l'esistenza del cutoff previsto da GZK. All'aumentare della statistica l'evidenza della presenza di sorgenti di EECR è però diventata più debole ( $2-3 \sigma$ ). E' in corso una intensa attività di R&D, per capire la potenzialità di Auger per la misura della composizione dei raggi cosmici tra il ginocchio e il taglio di GZK nel contesto di un upgrade dell'esperimento. I risultati più recenti evidenziano un progressivo aumento della massa delle particelle in funzione dell'energia. Se questo risultato fosse confermato, sarebbe assolutamente sorprendente e richiederebbe un serio ripensamento dei modelli di accelerazione dei raggi cosmici. La collaborazione sta valutando la possibilità di migliorare l'apparato per poter chiarire meglio la questione. L'INFN è interessato a partecipare a questo sforzo di upgrade se sarà sostenuto da tutta la collaborazione internazionale.
- Con l'approvazione del PON alla fine del 2011, è iniziata la costruzione del rivelatore KM3, a 3500 metri di profondità al largo di Capo Passero in Sicilia. Nel corso del 2013 l'esperimento ICE-CUBE In Antartide ha fornito per la prima volta una evidenza convincente dell'esistenza di un segnale di



neutrini galattici, e conseguentemente della possibilità di effettuare osservazioni astrofisiche basate su questo nuovo tipo di messaggero. L'obiettivo di KM3 è quello realizzare e operare le prime 20 torri, equipaggiando circa il 10% del volume finale, dimostrando la validità tecnologica del progetto. Il PON si è completato nel 2014 e si prevede l'installazione di tutte le torri e stringhe costruite entro la fine del 2016.

- Nel settore dei raggi gamma di alta energia i due telescopi Cherenkov del rivelatore MAGIC operano da più di un anno in modalità stereo, con una soglia che è attualmente al di sotto dei 50 GeV, la più bassa per questo tipo di rivelatori, permettendo a MAGIC di sovrapporre i suoi risultati con le misure di rivelatori spaziali come Fermi ed AGILE. Grazie alla bassa soglia, MAGIC ha potuto per primo rivelare l'emissione di fotoni di altissime energie da parte di una pulsar, Crab (pubblicato su Science), e ha esteso l'osservazione fino a 400 GeV, oltre a rivelare un gran numero di sorgenti lontane (con redshift maggiore di 0.2). Recentemente MAGIC ha osservato intensi fiotti di raggi gamma da un buco nero molto attivo, risultato che è stato pubblicato su Science.
- L'INFN parteciperà all'esperimento CTA, che realizzerà una grande serie di specchi Cherenkov di varie dimensioni in un sito nell'emisfero sud in Cile ed uno nell'emisfero nord a La Palma alle isole Canarie.
- Dal maggio 2011 il grande spettrometro magnetico AMS-02 raccoglie dati sulla Stazione Spaziale Internazionale (ISS) funzionando nominalmente. Esattamente un secolo dopo la scoperta dei raggi cosmici da parte di Victor Hess, la comunità scientifica ha a disposizione uno strumento in grado di effettuare per la prima volta misure di precisione all'energia del TeV. Tra le numerose misure presentate nel 2013, le più interessanti mostrano un appiattimento del rapporto positroni su elettroni al di sopra del 100 GeV e una assenza delle strutture osservate da Pamela nello spettro energetico di protoni e elio intorno ai 200 GV. Nel 2014 AMS02 ha esteso la misura di elettroni e positroni fino a quasi 500 GeV.
- A dicembre 2015 è stato lanciato con successo il satellite DAMPE per lo studio di fotoni e nuclei a energie maggiori di quelle studiabili con AMS. DAMPE sta funzionando correttamente e prendendo dati da inizio 2016.
- Nel contesto di What's Next, la CSN2 ha approvato il progetto LSPE, un esperimento in pallone con micro-bolometri sensibili alla polarizzazione del segnale radio a micro-onde del fondo cosmico. Il lancio è previsto nel gennaio del 2018. Se di successo, LSPE sarà la base per una proposta di missione su satellite per la decade '20-'30. Nel 2016 si è inoltre avviata la partecipazione al progetto QUBIC in Argentina.

In sintesi, l'attività spaziale ha raggiunto 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.

#### ONDE GRAVITAZIONALI, GRAVITA' e MECCANICA QUANTISTICA

La rivelazione diretta delle onde gravitazionali è stata il più importante risultato di fisica del 2016. INFN oggi è particolarmente equipaggiata per l'osservazione diretta di questo fenomeno sull'interferometro VIRGO che entrerà in funzione a primavera 2017; in particolare:

- Il potenziamento di Virgo, progetto Advanced Virgo nell'ambito di una collaborazione Italo-Francese con partecipazione Olandese, rappresenta la priorità della comunità impegnata nella fisica sperimentale delle onde gravitazionali, settore in cui l'Italia ha una tradizione che ha avuto inizio con Edoardo Amaldi. La costruzione di VIRGO-Adv è in corso e si prevede che possa prendere i primi dati nel 2017 in contemporanea con i due interferometri americani di LIGO.
- A dicembre è stato anche lanciato con successo il satellite LISA-PF che ha potuto in pochi mesi dimostrare con eccezionale accuratezza la fattibilità della rivelazione di onde gravitazionali nello spazio con il futuro interferometro LISA.
- Il futuro della ricerca in questo settore vede allo studio nuovi progetti internazionali di terza generazione come il progetto denominato ET (Einstein Telescope) e, nello spazio, il progetto LISA.
- Sono in corso di realizzazione esperimenti ultrasensibili basati su tecniche di ottica quantistica (HUMOR, SUPREMO) che permettono dei test di fisica fondamentale di grande interesse per la CSN2.

- Nel contesto di What's Next, la CSN2 ha approvato il progetto FISH, per la realizzazione di simulazioni quantistiche di teorie di campo non abeliane per mezzo di sistemi di atomi ultra-freddi, bosonici e fermionici.
- Nel settore spaziale, il lancio del satellite LARES, progettato per testare accuratamente l'effetto Lense-Thirring e avvenuto con successo nella primavera del 2012, permetterà un grande miglioramento della sensibilità dei test di gravità generale.

Di seguito sono elencati gli esperimenti a consuntivo 2016, il personale e le strutture coinvolte, gli impegni di spesa e le relative fasi evolutive (importi in migliaia di euro).

Area di ricerca	Esperimento	Fase dell'esperimento	PETP (*)	Strutture partecipanti	Consuntivo impegni (κ€)
Fisica del Neutrino	BOREX	Completamento apparato. Studio nuovo sistema di trigger. Analisi dati fase II. Inizio presa dati SOX.	17,95	4	544,5
	CUORE	Installazione rivelatore e inizio presa dati.	33,22	7	527,9
	CUPID	Realizzazione dimostratore per tecnica dei bolometri ibridi e sviluppi tecnologici per ottimizzazione delle prestazioni.	9,59	4	246,1
	GERDA	Redazione articolo con i dati di fase I. Raccolta di almeno 15 kg*yr con conseguente stima del BI.	9,5	3	104,7
	ICARUS	Spediz. moduli T600 in USA e inizio installazione. Sviluppo	18,8	5	836,4
	JUNO	Commissioning impianti da Daya Bay. Progetto e prototipo per DAQ top tracker. Definizione modello di calcolo.	20,08	7	609,6
	T2K	Presa dati e ripartenza acceleratore.	9,25	3	151,0
Radiazione dall'Universo	AMS2	Presa dati e analisi prestazioni dei rivelatori.	31,92	5	353,3
	AUGER	Analisi dati. Mantenimento monitor dell'apparato. Progetto di potenziamento dell'osservatorio Auger.	32,0	7	998,5
	CTA-RD	Completamento, montaggio e test componenti grande telescopio. Attività su medio e piccolo telescopio.	32,55	10	
	DAMPE_GR2	Attività di supporto alla presa dati e di simulazioni e analisi.	8,4	3	87,9
	FERMI	Attività su Dark Matter, raggi cosmici, sorgenti galattiche e extra-galattiche. transienti. emissione diffusa.	42,3	7	376,4
	GAMMA400	Firma MoU per definizione progettazione e costruzione del tracciatore/convertitore. Finalizzazione progetto e schedula.	13,6	4	21,4
		Mini-Euso: test Engineering Model. Modello di volo, test e	18,7	5	179,0
	KM3	Completam. installaz. 8 torri KM3Net Italia. Integrazione di 4 DU. Installazione 16 stringhe sul sito di Capo Passero.	55,75	10	709,7
	LHAASO	Studio spettro di energia e composizione chimica della radiazione cosmica nel range $10^{12} - 10^{18}$ eV. Studio anisotropia nella distribuz. Direz. di arrivo dei raggi cosmici.	7,74	3	26,4
	LSPE	Polarizz. fondo cosmico di microonde. Anisotr. da perturb. scalari e tensoriali nella metrica dell'universo primordiale.	15,05	5	
	LVD	Osservazione della galassia con il massimo duty cycle. Partecipazione alla rete SNEWS.	3,05	3	93,6
	MAGIC	Testing e implementaz. trigger topologico. Inizio installaz. prototipo del Large Size Telescope da 23 m. di diametro. Analisi dati e pubblicazione. Estensione analisi sui protoni intrappolati e albedo al periodo 2010-2014.	18,7 11,95	3 5	163,8 82,4
L'Universo Oscuro	COSMO_WNEXT	Completamento CDR. Set up lab. test a PD. Validazioni electrical models e definiz. test plan Warm Electronics.	8,7	2	177,0
	CRESST	Raccolta dati. Ottimizzazione dei rivelatori. Training data set. Upgrade test cryostat per misure a basso fondo.	1,8	1	39,5
	DAMA	Presa dati DAMA-Lybra fase 2 e analisi. Presa dati con DAMA/Lxe e DAMA/R&D. Attività apparato DAMA/CRYS.	13,0	3	223,0
	DARKSIDE	Run con UAr di DS-50 e nuovi run di calibrazione con sorgenti radioattive. Presa dati e analisi.	42,7	5	450,5
	NEWS	Realizzaz. facility per il pouring e di una clean room per ospitarla. Misura fondo di un campione di 10 g di emulsioni.	9,9	2	102,9

	QUAX	Misure Longitudinal detection technique a 4 kelvin senza squid. Misure LOT a 4 kelvin con squid.	6,2	3	84,1
	SABRE	Test in sotterraneo veto di scintillatore. Caratterizz. cristallo ultrapuro. Installazione infrastrutture tecniche.	4,3	2	226,9
	XENON	Inizio presa dati di calibrazione. Commissioning MV system.	12,2	3	77,3
Onde Gravitaz., Fisica Quantistica	FISH	Realizzazione e assemblaggio componenti apparato.	5,5	2	287,8
	G-GSASSO-RD	Costruzione GEMS. Analisi dati su GINGERINO in misura.	6,3	2	141,9
	HUMOR	Realizz. di pillars di materiale ad alto indice di rifrazione su film sottile di SIN. Misura di shift di frequenza vs ampiezza.	10,0	3	108,4
	LARASE	Miglioram. modelli dinamici per perturbaz. non-gravitazion. agenti su LAGEOS, LAGEOS II e LARES. Nuove misure.	2,7	1	9,6
	LIMADOU_CSN2	Spedizione in Cina dell'HEPD FM. Test su fascio del QM presso acceleratori. TDR finale in Cina.	14,49	5	35,9
	LISA-PF	Completam. operazioni LISA-PF. Completam. misure su 2 DOF. Analisi dati dai radiation monitors a stato stazionario.	16,7	4	62,5
	MAGIA_ADV	Test sorgente atomica ad alto flusso. Progettazione facility a scala maggiore. Studio noise budget e analisi speriment.	10,0	2	70,8
	MOONLIGHT2	Lancio di INRRI su ExoMars EDM 2016. Consegna di INRRI per il volo MEX-1.	11,6	2	184,7
	PVLAS	Rotazione magneti a 20 Hz. Misure integrate su 1 e 6 secondi di ellitticità con magneti a 20 Hz.	4,7	2	52,0
	SUPREMO	Caratterizz. fascio di acetilene. Aggancio laser di probe al laser di clock. Realizzazione cavità Ramsey preliminare.	4,8	2	66,0
	VIRGO	Inizio run scientifico O2. Completamento installazione del banco di squeezing in aria.	72,1	9	770,4
Totale			667,79		9.921,4

(\*) Personale equivalente a tempo pieno

### 3.3.3. FISICA NUCLEARE (COMMISSIONE SCIENTIFICA NAZIONALE 3-CSN3)

Obiettivo scientifico della Fisica nucleare moderna è indagare l'origine, l'evoluzione, la struttura dei nuclei e dei loro costituenti (detti adroni) e le diverse fasi della materia nucleare, sfida molto impegnativa che richiede 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 queste fenomenologie richiede diversi modelli teorici, quello a quark per i costituenti del nucleo (nucleoni) e per i nuclei i modelli di campo medio (Shell e collettivi) con interazioni tra i nucleoni microscopiche o efficaci.

Seguendo la classificazione del NuPECC dell'European Science Foundation, la sperimentazione in fisica nucleare è organizzata in 4 linee scientifiche.

#### 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 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 può essere condotto sia utilizzando sonde elettromagnetiche che sonde adroniche. Le sonde elettromagnetiche hanno la capacità di entrare in profondità nella materia nucleare senza alterare sostanzialmente il sistema e, grazie all'elevata qualità dei fasci sia di fotoni che di elettroni che si possono ottenere oggi, permettono di effettuare misure di altissima precisione. Già la campagna sperimentale a 6 GeV presso il laboratorio Jlab ha permesso di produrre dati di eccellente qualità. Questo programma sperimentale sta continuando in Germania, a Bonn e Mainz, con fotoni di energia fino a 3 GeV (esperimento MAMBO) su processi complementari a quelli osservati al Jlab; inoltre presso il laboratorio americano JLab, in Virginia (esperimento JLAB12) la ricerca si sta indirizzando verso lo studio di proprietà dinamiche dei quark nei nucleoni

quali le funzioni di struttura GPD. In particolare JLAB12 è impegnato nel completamento dei nuovi rivelatori necessari per lo studio dei processi nucleari indotti da fasci di fotoni ed elettroni con energia fino a 12 GeV. La sperimentazione è iniziata con il commissioning delle sale sperimentali ed include una serie di 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. Inoltre l'elevata qualità dei fasci permetterà uno studio ad altissima precisione di processi di violazione di parità che permetteranno di verificare il Modello Standard e di cercare indicazioni di nuova fisica.

- Altrettanto efficaci per lo studio delle proprietà nucleari sono le sonde adroniche. 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 "orbite" con raggi circa 1000 volte minori di quelle tipicamente elettroniche (esperimento SIDDHARTA), oppure formando i cosiddetti ipernuclei, dove un nucleone è sostituito da una particella più pesante che contiene un quark "strano" (esperimento ULYSSES presso il laboratorio giapponese JPARC (Japan Proton Accelerator Research Complex)). La sperimentazione con kaoni presso LNF ha portato alla misura più precisa ora esistente del sistema protone-kaone (idrogeno kaonico) e del  $^4\text{He}$ , grazie agli alti valori di luminosità ottenuti per il collisionatore DAFNE e ad una maggiore precisione dei rivelatori. 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. SIDDHARTA ha completato l'upgrade del rivelatore ed è in attesa del turno di misura per lo studio del deuterio kaonico previsto alla fine del programma sperimentale di KLOE.
- In parallelo alle attività già finanziate si sta iniziando a discutere la possibilità di estendere gli attuali programmi sperimentali ad energie più elevate mediante l'utilizzo dell'acceleratore EIC (Electron Ion Collider) in fare di studio negli Stati Uniti. Fisici afferenti alla CSN1 e CNS3 stanno partecipando alla definizione preliminare del programma scientifico e della strumentazione necessaria

#### 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. Continua l'analisi dei dati ottenuti dalle misure della prima parte del programma sperimentale che prevedeva lo studio delle interazioni Piombo-Piombo, protone-protone e protone-Piombo. Nel frattempo è ripartita la presa dati ad energie maggiori dopo il lungo shutdown che ha permesso di effettuare la manutenzione dell'apparato.
- L'INFN sta contribuendo all'upgrade del rivelatore ALICE che permetterà di aumentare la precisione nella ricostruzione delle tracce delle particelle prodotte; in particolare al rivelatore di vertice basato su pixel di silicio di cui è stato approvato il TDR e la cui produzione entrerà nel vivo nel 2017.

#### 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 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 molti 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 stanno fornendo 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.

- In quest'ottica è importante il contributo dei due laboratori nazionali LNL e LNS, dotati di strumentazione di avanguardia. Entrambi possiedono uno spettrometro magnetico (PRISMA a LNL e MAGNEX a LNS) e rivelatori a grande accettazione per raggi gamma (EUROBALL a LNL e MEDEA a LNS) e particelle cariche (in particolare CHIMERA ai LNS). In particolare presso i LNS è in corso la fase preliminare delle misure dell'esperimento NUMEN volto alla misura degli elementi di matrice nucleare del doppio decadimento beta senza neutrini.
- 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.
- 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.
- Grazie al finanziamento premiale SPES questa linea prevede primariamente la realizzazione della strumentazione scientifica per instrumentare le linee del fascio di ioni radioattivi, in particolare AGATA per fotoni e FAZIA per particelle cariche. Soprattutto gli esperimenti GAMMA e NUCLEX sono interessati a questa attività. AGATA sta operando a GANIL in attesa di tornare ai LNL per l'inizio della sperimentazione con SPES.
- Legato al progetto SPES sono stati organizzati diversi workshop volti a definire il programma sperimentale. In particolare in ottobre si è tenuto presso i LNL il "Third International SPES workshop" con un'ampia partecipazione internazionale.

#### 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. E' stata inoltre effettuata la misura della cattura radiativa  $^{17}\text{O}(\text{p},\alpha)^{14}\text{N}$ , importante per valutare correttamente i rate di combustione dell'idrogeno nelle stelle. I programmi a più lunga scadenza richiedono invece un nuovo acceleratore con energie di 4-5 MeV in fase di costruzione presso i LNGS.
- La comunità è inoltre impegnata nello studio sistematico dei numerosi meccanismi e reazioni nucleari che stanno permettendo 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 stanno misurando reazioni utili a questo importante scopo.
- 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, ha un programma ben delineato per i prossimi anni ed ha completato una nuova sala sperimentale che sarà dedicata alle misure con bersagli di isotopi rari o instabili. In particolare n-TOF sta contribuendo alla descrizione del processo s che interviene nei meccanismi di nucleosintesi



stellare. In particolare ha realizzato la misura della reazione  $7\text{Be}(n,\alpha)\alpha$  necessaria per spiegare la composizione isotopica del Litio nel nostro Universo.

- Prosegue secondo programma la realizzazione dell'esperimento AEGIS volto alla misura degli effetti di gravità su anti-materia.

Di seguito sono elencati gli esperimenti a consuntivo 2016, il personale e le strutture coinvolte, le previsioni di spesa e le relative fasi evolutive (importi in migliaia di euro).

Area di ricerca	Esperimento	Fase dell'esperimento	PETP (*)	Strutture partecipanti	Consuntivo Impegni (K€)
Dinamica dei quark e degli adroni	ASACUSA	Continuaz. della sperimentazione con antiidrogeno per fare la spettroscopia iperfine dello stato fondamentale dell'idrogeno. Continuaz. misure di spettroscopia laser sull'elio antiprotonico.	7	1	44,4
	JLAB12	HCAL: assemblaggio 3/4 del rivelatore. RICH: completamento test struttura meccanica e invio a JLab; inizio assemblaggio elettronica lettura presso JLab. TRK: completam. assemblaggio ultimi 6 moduli. POLTRAG: predisposizione laboratorio per distillatore HD; test preliminari magnete MgB2. HPS: calibrazioni ECAL LED run ed engineering run. FT: checkout del calorimetro presso JLab e relative calibrazioni con cosmici presso JLab. Simulaz. e ricostruz. nel CLAS12 sw framework.	42,4	10	774,4
	KAONNIS	Realizzazione e caratterizzazione dei moduli di rivelazione basati su SDD FBK; assemblaggio del setup di SIDDARTA-2; run di test e caratterizzazione per atomi kaonici con un prototype con nuovi SDD a JPARC (su fascio kaoni con misura atomi kaonici) oppure al PSI.	20,7	2	123,8
	MAMBO	Test su fascio con bersaglio attivo polarizzato a Mainz; prese dati con fascio polarizzato ed apparato BGO-OD completo per le misure di fotoproduzione di eta ed eta' su protone; analisi preliminare dati per estrazione asimmetrie di fascio di fotoproduzione di eta su protone e di eta' su protone; prese dati con fascio polarizzato ed apparato BGO-OD completo per le misure di fotoproduzione di eta su neutrone.	11,2	6	115,7
	PAX	Preparazione test su fascio di un quadrante del rivelatore; costruzione e commissioning nuova cella apribile; misure di preparazione esperimento precursore EDM.	8	2	85,9
	ULYSSES	Analisi dati raccolti dalla collaborazione E13; definizione e programmazione fase 2 dell'esperimento. Per l'esperimento E05, allestimento apparato sperimentale e presa dati.	4,7	1	7,5
Transizioni di fase nella materia nucleare	ALICE	Upgrade apparato e presa dati.	129,4	11	3.250
	NEWCHIM	Primi test integrazione ACQ GET e CHIMERA; completamento installazione e test elettronica GET su CsI(Tl) CHIMERA; completamento montaggio elettronica GET su FARCOS ed installazione di tutti i telescopi finanziati; integrazione TDR di misure imaging eseguite con FARCOS.	24,1	5	363,8
Struttura nucleare e dinamica delle reazioni	EXOTIC	Progettazione del modulo per la gestione dei megamp; realizzazione delle misure approvate dal PAC LNS. Analisi dati esperimenti effettuati.	5,4	2	49,5
	FAMU	Acquisto componenti mancanti del laser e successivo progressivo assemblaggio e caratterizzazione. Due sessioni di presa dati: a BTF dei LNF per verifica e messa a punto del sistema di rivelazione e al RAL per ottimizzazione delle caratteristiche del fascio di muoni con l'impiego dell'apparato sperimentale e degli oroscopi ad alta granularità e velocità già messi a punto.	13,05	5	357,9
	GAMMA	Commissioning plunger per GALILEO; presentazione Lol per commissioning rivelat. SPIDER a LNL; analisi dati beta-decay campagna EURICA neutron-rich; completam. Il anno campagna sperimentale GALILEO+EUCLIDES+NW; test con sorgenti rivelatori NEDA; test nuova elettronica integrata di TRACE; sviluppo prototipo lettura LaBr3:Ce basato su matrici di SiPM.	47,62	5	1.178,9
	LNS-STREAM2	Completamento analisi dati della reazione $11\text{Be}+197\text{Au}$ effettuata a Triumf; preparazione esperimento $9,11\text{Li}+64\text{Zn}$ ; test di funzionamento spettrometro SOLE con numero ridotto di silici	9,9	1	51,9
	NUCL-EX	SPES: continuaz. studio di effetti di struttura a cluster in sistemi leggeri c/o LNL; Active target: miglioramento del sistema di rivelazione a bersaglio attivo, anche nell'ambito dello scambio di competenze previsto nel progetto GDS con Univ. Leuven e GANIL. FAZIA: montaggio silici sulla meccanica a quartetti prevista e costruz. completa di almeno altri 2 blocchi di FAZIA. Costruzione di altre 32 schede f.e. e montaggio; prosecuzione	22,45	4	328,8

		produzione schede cofinanziate con CNRS. Turni di misura con 4 blocchi di FAZIA ai LNS. Analisi dati esperimenti già realizzati.			
	NUMEN_GR3	Studio del doppio scambio di carica tra ioni pesanti, del singolo scambio di carica e della multi nucleon transfer: acquisizione e studio dei chip di front end selezionati e progettazione delle schede di supporto; simulazioni e disegni di prototipi degli anodi segmentati; test di interfacciamento schede f.e e di r.o. e test di un sistema parziale modulare connesso ai primi prototipi di tracciatore in laboratorio; assemblaggio di prototipi per il nuovo tracciatore a gas; preparazione esperimenti ( $^{18}\text{O}$ , $^{18}\text{Ne}$ ); test dei prototipi degli anodi segmentati; sviluppo del formalismo microscopico delle reazioni di doppio scambio di carica.	15,55	3	148,5
	PRISMA-FIDES	Esperimento di multi nucleon transfer con il sistema $^{206}\text{Pb} + ^{118}\text{Sn}$ ; effettuaz. di una misura della funzione di eccitazione di fusione del sistema leggero con fasci di Si o Ne.	6,7	2	49,7
Astrofisica nucleare e ricerche interdisciplinari	AEGIS	Completamento misure e analisi su compressione antiprotoni; misure con Positronio.	18,3	4	295
	ASFIN2	Analisi dati misure già effettuate; studio delle interazioni $6/7\text{Li} + 6/7\text{Li}$ (effetti di struttura e screening elettronico) a Zagabria; studio della reaz. $3\text{He} + n \rightarrow p + t$ (nucleosintesi primordiale) a Notre Dame; $3\text{He} + 6\text{Li}$ – studio della reazione $3\text{He} + 4\text{He}$ con ANC – FSU; test Treiman-Yang (THM) per la reazione $6\text{Li} + 6\text{Li}$ a LNS; misure di interesse astrofisico con laser (ABC) e Cetal (Magurele); attività ELI-NP	17,9	2	113,3
	ERNA2	L'attività si concentrerà su: assemblaggio e test dei 4 rivelatori aggiuntivi gastly per la $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ ; completamento del commissioning del jet target di elio e formulazione del programma di misura per $^{12}\text{C}+4\text{He}$ con ERNA; completamento misure $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ a $E_{\text{cm}} < 2.6$ MeV; completamento $7\text{Be}+p$	19,9	2	135,3
	LUNA3	Completamento misure delle reazioni previste sia sulla linea del bersaglio gassoso che su quella del bersaglio solido. Attivaz. di un gruppo di lavoro per lo studio della reazione $^{13}\text{C}(a,n)$ con l'acceleratore LUNA 400 per lo sviluppo di bersagli solidi arricchiti in $^{13}\text{C}$ e di rivelatori per neutroni.	24	8	520,1
	N-TOF	Attività sperimentale a pieno regime con le due sale sperimentali che misureranno in parallelo: nella prima sala sperimentale misure di cattura su isotopi del Gadolinio (isotopi pari di interesse astrofisico, dispari per le tecnologie nucleari) e $7\text{Be}(n, p)$ in seconda sala (a completamento delle misure dedicate allo studio del problema cosmologico del litio).	11,3	4	155,1
	VIP	Caratterizzazione di tutti i nuovi SDD dell'FBK sia a Vienna che ai LNF con sorgenti di Tc e $^{55}\text{Fe}$ e loro installazione nel setup di VIP2. Primo run di VIP2 finale.	9,7	1	55,1
	Totale			469,27	

(\*) Personale equivalente a tempo pieno

### 3.3.4. FISICA TEORICA (COMMISSIONE SCIENTIFICA NAZIONALE 4-CSN4)

L'attività coordinata dalla CSN4 è organizzata in sei settori (detti Linee Scientifiche) che coprono i campi più importanti della ricerca in fisica teorica, e cioè:

1. Stringhe e teoria dei campi
2. Fenomenologia delle particelle elementari
3. Fisica nucleare e adronica
4. Metodi matematici
5. Fisica astroparticellare e cosmologia
6. Meccanica statistica e teoria dei campi applicata.

Questa attività si sviluppa in stretta connessione sia con il mondo accademico sia con altri enti di ricerca in Italia e all'estero. La varietà e la qualità della ricerca svolta dalla CSN4 sono dimostrate dall'alto numero di pubblicazioni, di citazioni e di relazioni a conferenze internazionali. Molte delle ricerche teoriche si svolgono in stretto collegamento con le attività sperimentali dell'INFN in fisica delle particelle elementari, in fisica nucleare e in fisica astroparticellare coordinate dalle altre CSN dell'INFN. Le collaborazioni internazionali sono fortemente supportate dalla CSN4 che infatti utilizza gran parte del suo budget totale per scambi internazionali e missioni presso istituzioni straniere. Un'altra attività importante della CSN4 è la formazione di giovani ricercatori e studenti.



Una delle iniziative di maggior successo della CSN4 è l'Istituto Galileo Galilei in Arcetri (GGI). Istituito nel 2005, il GGI si è conquistato una consolidata fama internazionale nell'organizzazione di workshops che vedono la partecipazione di scienziati provenienti da tutto il mondo; i fondi necessari al suo funzionamento sono forniti dall'INFN e permettono di organizzare tre workshop l'anno, di durata variabile tra 8 e 10 settimane, oltre a miniworkshop e meeting di varia natura. Dal 2014 presso il GGI si svolgono anche quattro scuole per studenti di dottorato sponsorizzate dalla CSN4; il programma per il 2017 prevede una scuola sulla Fenomenologia e la Fisica oltre il Modello Standard (gennaio 2017), una scuola sulla Teoria dei Campi Statistica (inizio febbraio 2017), una scuola sulla Fisica Adronica (fine febbraio 2017) e una sulla Teoria dei Campi e delle Stringhe (fine novembre 2017). Maggiori informazioni possono essere trovate alla pagina <http://www.ggi.fi.infn.it/>.

#### ATTIVITÀ SCIENTIFICA

Lo studio dei problemi fondamentali della fisica nucleare e delle particelle elementari è entrato in una fase di grande interesse a causa dello sviluppo dei fronti sperimentali lungo le linee dell'alta energia, dell'alta intensità e della fisica astroparticellare. Il cosiddetto "fronte dell'alta energia" consiste nel cercare di produrre nuove particelle pesanti usando acceleratori ad alta energia come il Large Hadron Collider (LHC) del CERN di Ginevra. Il cosiddetto "fronte dell'alta intensità" consiste invece nella ricerca di nuovi fenomeni e di nuove particelle e di nuove proprietà usando acceleratori con un'altissima frequenza di collisioni. Infine, il cosiddetto "fronte astroparticellare" consiste nel considerare l'Universo stesso come una macchina naturale per produrre particelle e per fornire indicazioni sulle proprietà della materia ed energia oscura, dei raggi cosmici etc. In questo ambito il compito della fisica teorica è quello di fornire metodi e modelli per interpretare le osservazioni sperimentali ed in particolare formulare teorie per estendere il Modello Standard delle interazioni fondamentali, al fine di includere i nuovi fenomeni della fisica elettrodebole e del sapore e di trovare candidati particellari di materia oscura. Esistono fondamentalmente due approcci per raggiungere questi obiettivi: uno detto "bottom-up", che partendo dai dati sperimentali e dalla fenomenologia arriva all'elaborazione di modelli e teorie di nuova fisica, e uno detto "top-down" che partendo invece da astratte teorie, spesso basate su sofisticati strumenti matematici, giunge ad implicazioni fenomenologiche da confrontare con i risultati sperimentali.

Nell'approccio "bottom-up", molto importante è lo studio degli aspetti fenomenologici delle interazioni forti alla scala di Fermi (esplorata dagli esperimenti di LHC) o lo studio dei meccanismi di rottura della simmetria elettrodebole per spiegare l'origine della massa. Inoltre è fondamentale continuare l'analisi dei dati provenienti dagli esperimenti di astrofisica al fine di trovare correlazioni tra segnali diretti o indiretti di materia oscura nei diversi esperimenti. La correlazione tra questi segnali e l'eventuale produzione di materia oscura a LHC costituisce una delle sorgenti più interessanti per teorie di nuova fisica oltre il Modello Standard. A questi studi si affianca l'attività di ricerca sulla fisica del sapore e sui meccanismi di leptogenesi nel contesto di teorie unificate.

Un esempio tipico e molto importante dell'approccio "top-down" della fisica teorica è rappresentato dalla teoria delle stringhe, che fornisce uno schema consistente per l'unificazione a livello quantistico di tutte le forze fondamentali, inclusa la gravità, nell'ambito del quale le particelle elementari e i mediatori delle forze sono associati a diversi modi di vibrazione di oggetti estesi unidimensionali detti stringhe. Questi studi hanno anche aperto nuove prospettive per la comprensione del settore non-perturbativo delle teorie di gauge portando alla formulazione di varie corrispondenze gauge/gravità il cui prototipo è la dualità AdS/CFT che oggi trova applicazioni e sviluppi in numerosi e svariati settori, dalla idrodinamica alla fisica della materia condensata.

#### SETTORI DI RICERCA E COMPOSIZIONE

Come detto in precedenza, l'attività della CSN4 è organizzata in sei Linee Scientifiche i cui principali argomenti di ricerca sono qui di seguito brevemente menzionati:

1. STRINGHE E TEORIA DEI CAMPI:  
superstringhe, supergravità, teorie supersimmetriche; corrispondenza gauge/gravità; gravità quantistica; modelli cosmologici; buchi neri; inflazione; aspetti non-perturbativa nelle teorie di gauge con o senza supersimmetria; tecniche di localizzazione; teoria statistica dei campi; fenomeni critici e gruppo di rinormalizzazione, teorie di campo su reticolo.

2. FENOMENOLOGIA DELLE PARTICELLE:  
fisica del modello standard, fisica del sapore, fisica oltre il modello standard, assioni, materia oscura e neutrini, QCD, PDF's, fisica adronica, rottura della simmetria elettrodebole e della supersimmetria; modelli per il bosone di Higgs.
3. FISICA ADRONICA E NUCLEARE:  
fisica degli ioni pesanti, materia adronica e modelli di QCD, struttura e reazioni nucleari, studio delle fasi di QCD, plasma di quark e gluoni, fenomeni di trasporto, distribuzioni partoniche generalizzate; fisica adronica e dello spin.
4. METODI MATEMATICI:  
relatività generale e fisica gravitazionale, geometria non-commutativa, struttura algebrica in teorie di campo, entanglement e chaos, geometria di sistemi dinamici e sistemi integrabili; computazione quantistica.
5. FISICA ASTROPARTICELLARE E COSMOLOGIA:  
materia ed energia oscura, fisica del neutrino, astrofisica e cosmologia, modelli inflazionari, studio della CMB, sorgenti di onde gravitazionali, buchi neri, teorie di gravità, fisica delle stelle di neutroni e delle stelle compatte, sorgenti di radiazione astrofisiche.
6. TEORIA DEI CAMPI APPLICATA E MECCANICA STATISTICA:  
metodi non perturbativi della teoria quantistica dei campi applicati a sistemi statistici, sistemi di elettroni fortemente correlati, nanostrutture, meccanica statistica di non-equilibrio, biofisica computazionale, turbolenza, sistemi disordinati, vetri di spin, reti neurali, sistemi complessi.

Alle attività di ricerca della CSN4 contribuiscono oltre 1000 scienziati provenienti da tutte le sezioni dell'INFN, da quattro gruppi collegati e da tre dei quattro laboratori nazionali. Le attività nel 2017 saranno organizzate in 35 progetti di ricerca denominati "Iniziativa Specifiche", che aggregano ricercatori di diverse sezioni per conseguire comuni finalità scientifiche. I settori più grandi sono: stringhe e teoria dei campi (circa il 30%), fisica astroparticellare e cosmologia (circa il 19%) e fenomenologia delle particelle (circa il 15%).

Di seguito sono elencati gli esperimenti a consuntivo 2016, il personale e le strutture coinvolte, gli impegni di spesa e le relative fasi evolutive (importi in migliaia di euro).

Area di ricerca	Iniziativa	Argomento	PETP (*)	Strutture partecipanti	Consuntivo impegni (k€)
Teoria dei campi	FLAG	Theoretical study of gravitational interactions, of cosmological models and black holes.	26,45	4	29,7
	FTECP	Nonperturbative aspects of the fundamental interactions, and of entanglement in quantum systems.	25,2	5	12,6
	GAST	AdS/CFT correspondence, integrability, D-branes, solitons, instantons and confinement in gauge theories	44,75	6	53,7
	GSS	String Theory, Supergravity; Perturbative and non-perturbative properties of Gauge Theories.	50,2	7	44,6
	NPQCD	Investigation of strong interactions at large distances, confinement/deconfinement transition, Lattice QCD and QCD vacuum structure	13,9	4	11,0
	QCCLAT	QCD, lattice gauge theories, quark-gluon plasma and renormalization in the Standard Model and beyond.	15,05	6	20,7
	QGSKY	Study of gravitation and the physics of the Universe within the framework of field theory; quantum cosmology and general relativity	23,8	3	19,3
	QU_ASAP	Application of the characteristic methods of QFT to the basic problems of particle physics; QCD at finite temperature and renormalization group	8,4	2	7,5
	SFT	Quantum Field Theory and Statistical Physics in low dimensions; conformal field theories, topological field theories and quantum entanglement	48,3	6	45,3

	STEFI	String Theory and its ramifications with applications to Particle Physics, Cosmology and Statistical Mechanics.	38,25	7	49,4
Fenomenologia	AAE	High energy physics, Dark Matter searches at colliders and in astrophysics, neutrino physics and cosmology; Standard Model and beyond.	26,5	3	22,2
	HEPCUBE	Study of the phenomenological manifestations of Fundamental Interactions in particle physics and astrophysical experiments	16,83	2	29,4
	LQCD123	A first principle approach to phenomenology with Lattice QCD; flavor physics and isospin breaking.	11,2	3	7,9
	PHENOLNF	Phenomenology of fundamental interactions, both within and beyond the Standard Model, with attention to processes of interest to the LHC exps.	8,0	2	9,8
	PPPP	Development of advanced Quantum Field Theory techniques and their applications to precision studies at high-energy colliders.	9,0	1	13,2
	QFT_HEP	Study of heavy flavor phenomenology, physics beyond the standard model and theories in higher dimensions.	9,85	3	11,6
	QFATCOLL.	Application of modern QFT techniques to particle physics phenomenology at the energy and intensity frontier	17,64	5	26,5
	QNP	Physics beyond the Standard Model; Electroweak symmetry breaking and flavour physics.	14,4	3	15,4
	WSIP	Study of various aspects of the phenomenology of the Standard Model and some of its possible extensions.	22,59	3	26,0
Fisica Nucleare e adronica	FBS	Investigation of the structure and dynamics of few-nucleon systems.	9,0	4	
	MANYBODY	Developing microscopic theories of quantum many-particle systems and their applications in various contexts.	16,0	7	14,6
	NINPHA	Understanding the 3-dimensional distribution of quarks and gluons inside the nucleon, and more generally inside hadrons and their resonances.	22,7	8	30,1
	SIM	To study both theoretically and phenomenologically the strongly interacting matter at very high temperature and density.	19,1	4	28,7
	STRENGTH	Nuclear structure, nuclear dynamics, radioactive ion beams, many body methods, study of exotic nuclei.	25,0	6	
Metodi matematici	BELL	Understanding of the laws governing microscopic quantum phenomena and their impact on the mesoscopic and macroscopic world.	36,1	6	23,2
	DYNSYSMATH	Investigation of the transport properties and of the nonequilibrium features in physically relevant models, including chaos and complex systems.	15,8	5	20,7
	GEOSYM_QFT	Non-commutative geometry, algebraic and topological quantum field theories deformed symmetries and geometry.	24,3	5	31,7
	MMNLP	Study of the singularities in hydrodynamical systems, classical and quantum dynamical systems and non-linear physics problems.	14,0	2	19,5
	QUANTUM	Investigation of typical quantum mechanical effects and phenomena; entanglement, quantum complexity and fluctuations	35,5	5	32,6
Fisica Astro-particellare	INDARK	Inflation, Dark Matter and the Large-Scale Structure of the Universe.	50,15	8	48,0
	NUMAT	Theoretical description of various features of nuclear (hadronic) matter and the observable properties of compact stellar objects (neutron stars)	12,1	4	10,1
	QUAGRAPH	Study of quantum-gravity phenomenology, space-time non-commutativity and analogue models of gravity	32,85	4	37,0
	TASP	To undertake a vast research program at the crossroad of particle physics, astrophysics and cosmology.	70,2	12	82,7

	TEONGRAV	Study of physical processes which are at the basis of the gravitational wave emission by astrophysical sources.	24,0	6	29,4
Fisica statistica e teoria di campo applicata	BIOPHYS	Study of problems and systems of Biological interest with tools and ideas typical of theoretical physics.	49,2	10	38,1
	DISCOSYNP	Performing new efficient numerical simulation of spin glasses with continuous variables.	5,0	1	
	FIELDTURB	Problem of Particles and Fields transported by and reacting with turbulent flows and complex multi-component/multi-phase fluids.	33,4	6	30,0
	PIECES	Investigations in statistical mechanics, dynamical systems and stochastic processes, with applications in physics, biology, cognitive sciences, sociology and economics.	28,5	6	16,6
	SEMS	Use of field theory to analyze spectroscopies, electron correlations and various properties of low-dimensional systems in condensed matter physics.	16,4	2	15,5
Totale			969,61		1.021,2

(\*) Personale equivalente a tempo pieno

### 3.3.5. RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI (COMMISSIONE SCIENTIFICA NAZIONALE 5-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 dalla CSN5 a livello nazionale è di guida e coordinamento fra ricercatori di differenti discipline (Nucleare, Particellare, Astroparticellare, Struttura della Materia, Ingegneria Elettronica e Informatica, Biologia, Medicina, Chimica), rafforzando così anche il raccordo dell'INFN con l'Università e gli altri enti nazionali di ricerca: CNR, INAF, IIT (Istituto Italiano di Tecnologia), ASI, INAF, INGV.

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 di elettronica VLSI (Very Large Scale Integration) analogica e digitale, allo studio di nuovi processi tecnologici di fabbricazione, 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 (High Luminosity LHC) e agli esperimenti della "fisica del flavour" di alta precisione. Viene inoltre posta grande attenzione allo sviluppo di nuovi e più avanzati sistemi di rivelazione di raggi X o gamma per astronomia su satellite, per esperimenti di fisica interdisciplinare basati sull'uso della radiazione elettromagnetica dal lontano infrarosso fino ai raggi X (da sorgenti di luce di sincrotrone e XFELs) e ai raggi gamma delle future Compton Sources per la fotonica nucleare. Notevole attenzione è anche dedicata allo sviluppo di rivelatori a gas innovativi, come i MPGD (Micro Pattern Gaseous Detectors).

Un altro settore su cui si porrà grande attenzione è quello dei rivelatori di neutroni innovativi, in vista sia di SPES che della ESS.

Sul fronte delle ricerche interdisciplinari, molte applicazioni delle tecniche sviluppate dall'INFN risultano di grande impatto socio-economico in vari settori.

1. **Biomedicina.** Le competenze dell'INFN nell'ambito degli acceleratori, dei rivelatori e dello studio delle interazioni radiazione-materia hanno trovato applicazioni rilevanti nell'imaging medico, nella terapia dei tumori (sviluppo di piani di trattamento in radioterapia con fasci di protoni e ioni), nella dosimetria e nello studio dell'evoluzione cellulare.
2. **Salvaguardia dell'ambiente e dei beni culturali.** Le stringenti richieste degli esperimenti di fisica fondamentale sullo studio degli eventi rari hanno portato allo sviluppo di tecnologie e metodiche di misura estremamente avanzate e con elevatissimo livello di sensibilità. La sensibilità strumentale, le metodiche analitiche e le competenze sviluppate hanno ad oggi già prodotto importanti risultati e ricadute in molti ambiti tecnologici/applicativi o sociali: indagini ambientali, analisi di reperti di interesse artistico, archeologico e storico.
3. **Servizi innovativi per i cittadini.** L'applicazione delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) a supporto delle interazioni tra cittadini e pubbliche amministrazioni ha reso estremamente interessanti gli sviluppi in ambito INFN del paradigma della GRID e

successivamente del Cloud computing. Tali tecnologie si applicano non solo ad e-Government, ma anche alla domotica e più in generale al miglioramento della vivibilità delle città in termini di traffico, risparmio energetico e altro ("Smart Cities").

Inoltre saranno incentivate le attività legate allo sviluppo ed applicazione interdisciplinare delle ALS (Advanced Light Sources, ovvero sorgenti di luce di sincrotrone e Free Electron Lasers per la produzione di raggi X). 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, il Ministero della Salute, Enti di Ricerca (ITT, CNR, INGV), Fondazioni ed Aziende Sanitarie nazionali e regionali. L'attività di trasferimento tecnologico è fortemente incoraggiata e seguita, anche attraverso lo sviluppo di appositi accordi di collaborazione con le associazioni industriali di categoria (CONFINDUSTRIA e CONFAPI), in stretta collaborazione con le Strutture dell'Ente deputate (CNTT e UTT).

Nei prossimi tre anni (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. Infatti i futuri esperimenti di fisica delle alte energie (SLHC, collider lineari) saranno caratterizzati da stringenti richieste per i sistemi di tracciamento, che dovranno operare ad alto rate con una minima quantità di materiale. Si sta attivamente esplorando la tecnologia del carburo di silicio (SiC), al fine di sviluppare sensori ad alta resistenza alle radiazioni, basso rumore (anche ad alta temperatura) ed elevate caratteristiche temporali, per applicazioni in fisica nucleare, tracciamento e calorimetria in fisica delle particelle e rivelazione di fotoni UV.

Lo sviluppo di rivelatori (sia a semiconduttore, che a cristalli) per esperimenti su satelliti rappresenta una linea di ricerca di grande rilevanza per la CSN5. Gli sviluppi tecnologici connessi con questa attività, svolta in collaborazione con industrie italiane, permetteranno all'INFN di collocarsi alla frontiera di questo campo di ricerca e sviluppo.

Si investigheranno e si svilupperanno, nel prossimo triennio, nuove tecniche di rivelazione che possano applicarsi a futuri esperimenti per la rivelazione diretta di Materia Oscura.

Grande rilievo nel prossimo decennio si darà anche allo sviluppo di elettronica in tecnologia 65 nm, di grande interesse per l'upgrade dei rivelatori per LHC. Si sono già iniziati ad esplorare, in vista di sviluppi ulteriori, nodi tecnologici ancora più avanzati, come i 28 nm.

Nel campo della fisica degli acceleratori si svilupperanno sorgenti di ioni con correnti molto maggiori di quelle disponibili; daranno risultati le linee di ricerca relative all'incremento della luminosità, alle tecniche innovative per minimizzare l'emittanza dei fasci, quelle per il miglioramento dell'accettazione delle strutture acceleranti e per la realizzazione di tecniche di accelerazione a plasm. Gli studi sulla produzione di fasci di raggi X monocromatici (ottenibili per scattering da pacchetti di elettroni e luce laser), da un lato promettono un innovativo imaging biomedico in vivo, dall'altro 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), nel prossimo decennio sarà possibile realizzare sorgenti di raggi X quasi monocromatiche realizzate facendo collidere un fascio impulsato (con impulsi dell'ordine dei picosecondi) di alta brillantezza di elettroni con impulsi laser di alta energia. L'INFN, grazie al fascio di elettroni di SPARC e al laser FLAME, ha realizzato un'importante infrastruttura (SPARC-LAB) ai LNF che le permette di essere uno dei centri leader mondiali per lo studio delle interazioni elettroni-fotoni e di sviluppare 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. A questo proposito (e grazie alle competenze sviluppate nell'ambito di queste attività), si è concretizzato il ruolo di guida dell'INFN nell'ambito dell'importante progetto europeo ELI (Extreme Light Infrastructure). Si investigheranno inoltre tecniche di accelerazione laser-plasma di protoni e ioni per lo sviluppo di acceleratori compatti per molteplici applicazioni: medicali, studio dei materiali, "homeland security", ed altre.

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 sia 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. Nel campo della proton- e adro-terapia, si



intensificheranno anche gli sviluppi di sistemi di rivelazione avanzati per la misura della posizione “in vivo” del picco di Bragg ed il monitor/controllo on-line della dose rilasciata al paziente. Saranno inoltre studiati sistemi innovativi di imaging del tipo Proton Computed Tomography e PET-Online.

Verranno inoltre sviluppati magneti innovativi per la fase di alta luminosità di LHC, con lo studio anche di nuovi materiali superconduttori ad alta temperatura critica.

Volendo riassumere gli obiettivi, questi sono:

Ricerca in Fisica degli Acceleratori: Sorgenti di ioni, esperimento dimostrativo di un FEL pilotato da un acceleratore a plasma, fasci ad alta brillantezza, sorgente di radiazioni al THz, sorgenti Compton, accelerazione laser-plasma, strutture di accelerazione in banda X, cavità ad alto Q, multipole superferric magnets in NbTi and MgB<sub>2</sub>.

R&S sui Rivelatori: Rivelatori per esperimenti XFEL, rivelatori da installare alla neutron spallation source, rivelatori ad alta risoluzione per raggi X di bassa energia. Tecnologia dei rivelatori a carburo di silicio (SiC) ad altissima resistenza alle radiazioni e basso rumore. Sviluppo di Micro Pattern Gas Detectors per rivelazione di particelle cariche e fotoni. Sensori CMOS MAPS (Monolithic Active Pixel Sensors) di nuovo tipo. Rivelatori a pixel ad altissima risoluzione spaziale e temporale. Nuove tecniche di rivelazione per Dark Matter.

Elettronica: Sviluppo di elettronica di lettura ultraveloce; elettronica di front-end in tecnologie deep submicron: 65nm e oltre; processi per futuri sensori nelle scienze applicate (luce di sincrotrone, X-FEL, imaging medico); simulazione dei processi e dei dispositivi.

Calcolo Scientifico: architetture di sistemi di calcolo basate su processori multi-core utilizzati come moduli di base di sistemi di calcolo massicciamente paralleli per applicazioni scientifiche.

Fisica Applicata e Interdisciplinari: Metodi e strumenti innovativi per migliorare l'Adroterapia; sviluppo di un Centro Nazionale di Datazione per i Beni Culturali; sviluppo di nuovi metodi di irraggiamento e di rivelatori innovativi da utilizzare presso le future infrastrutture di produzione di ioni pilotati da laser.

Di seguito sono elencati gli esperimenti a consuntivo 2016, il personale e le strutture coinvolte, le previsioni di spesa e le relative fasi evolutive (importi in migliaia di euro).

Area di ricerca	Esperimento	Fase dell'esperimento	PETP (*)	Strutture partecipanti	Consuntivo Impegni (K€)
Fisica Inter-disciplinare	DEPOTMASS	Attività previste: test di misura massa del particolato tramite misure di perdita di energia di ioni <sup>7</sup> Li accelerati; elaborazione di metodi di analisi degli spettri EBS/PESA; test di misura MeV SIMS in esterno con fasci di protoni; predisposizione di modelli di calcolo per determinare lo spessore ottico e le componenti carboniose del particolato; conclusione dei lavori di equipaggiamento della camera di simulazione atmosferica e produzione di campioni standard streaker conformi; infine validaz. metodi sviluppati e confronto con strumentaz. on-line.	8,5	3	52,4
	DIESIS	Fabbricaz. elettrodi grafitici in diamante per danneggiamento da radiazione e impiantaz. di specie ioniche per la creazione di difetti reticolari in diamante artificiale	2,9	1	53,9
	E_LIBANS	Produtz. di neutroni da fotoreaz. (gamma,n) su materiali ad alto Z e successiva moderazione per la realizzazione di campi termici ed epitermici: realizzaz. fotoconvertitore ottimizzato per i termici; realizzaz. diagnostiche attive TNRD+ ottimizzate per termici; studio simulaz. di 1 "epithermal head" di calibrz.	8,3	4	60,5
	ETHICS	Si prevede di continuare le attività dei WP approvati secondo le milestones previste	30,8	8	87,7
	GECO	Scopo dell'esp. è lo sviluppo e l'integrazione della piattaforma per la gestione delle strutture a stato solido in Geant4 e si prevede di sviluppare il codice per la simulazione dell'effetto channeling integrato in 1 physics list di Geant4 e di effettuare le misure su effetto antichanneling, con relativa analisi dati.	1,5	2	38,8
	LAUPER	Diffrazione di raggi X duri (energia circa 80 KeV) per la realizzaz. di 1 lente di LAUE ottimizzata per radioterapia: fabbricaz. cristalli curvi e substrato ed inizio caratterizzazioni; dosimetria picco di Laue, simulazioni inerenti formazione picco di Laue e simulazioni inerenti piani terapeutici	5,5	2	37,4
	MONDO	Sviluppo di un prototipo di monitor dei neutroni secondari (energia cinetica tra 20 e 300 MeV) prodotti in trattamenti di adroterapia con alta efficienza di rivelazione e buona precisione nella ricostruzione delle tracce. Il dispositivo si	1,7	1	3,9

		basa su un modulo composto da piani ortogonali di fibre scintillanti per la ricostruzione 3D dello scattering elastico del neutrone dentro al volume attivo e da un sistema di intensificazione di immagine: realizzazione del tracciatore; sviluppo del codice di ricostruzione; ottimizzazione con FBK del sensore di readout; test del rivelatore MONDO			
	MRFBRAIN	Realizzaz. di MRI quantitativa del cervello attraverso l'MRF (magnetic resonance fingerprinting): test di nuovi protocolli MRF 3D in volontari e prime applicazioni nei pazienti	1,4	1	54,3
	NADIR	Sviluppo di rivelatori innovativi e realizzazione di rivelatori portatili per nanodosimetria: misure della struttura di traccia a 1 nm per ioni carbonio a 150 MeV e protoni a 28 MeV. Progetto di un TEPC senza pareti, a confinamento di valanga: costruzione supporti meccanici. Progettaz. di 1 sistema ottico per l'analisi in linea della fluorescenza di sospensioni di QDs sottoposti ad irraggiamento ionico. Costruzione e caratterizzaz. campioni contenenti diverse dispersioni di QDs.	11,4	4	29,4
	NEWREFLECTIONS	Realizzazione di retroriflettori in differenti configurazioni/locazioni spaziali: realizzazione di riflettori per asteroidi/Comete (COSPHERA) e SCF Test. Studio concettuale per applicazioni al sistema di Plutone	10,2	3	66,5
	NEXTMR	Completamento delle simulazioni del prototipo birdcage sodio-protone per applicazioni sull'uomo (7T); assemblaggio prototipo birdcage piccolo/medio diametro (2.35 T) e test sul workbench. Assemblaggio prototipo birdcage sodio-protone per applicazioni sull'uomo (7T) e test sul workbench.	14,75	6	30,5
	RDH	Conclusione delle attività previste nei vari WP in base alle milestones approvate	44,05	9	55,4
	SYRMA-CT	Completam. studio in vitro nell'ambito del protocollo di acquisizione e ricostruzione per tomografie cliniche della mammella a bassa dose. Messa a punto definitiva del sistema clinico di breast-CT, inclusi protocolli dosimetrici, di sicurezza e di assicurazione qualità. Autorizzazione per lo studio clinico da parte del comitato etico	9,5	3	28
	TECHN_OSP	Ulteriori test per sviluppare tecnologia di deposizione ottimale di film spessi (100-200 µm) di Mo/Nb metallico su bersagli (anche innovativi) per ciclotroni ospedalieri. Sviluppo di un set up sperimentale da laboratorio per primi test di recupero del Mo in soluzione in MoO3. Completamento delle misure di xs del Tc99g con ICPMS. Primi test di conversione del MoO3 "freddo" (non radioattivo) in Mo metallico.	16,6	5	66,2
	XBANDE	Studio distribuzione spaziale della componente magnetica di un campo elettromagnetico a 9 GHz generato da diversi tipi di risonatori: simulaz. e progetto cavità risonante; costruzione della cavità e verifica dei parametri di funzionamento.	1,6	2	4,2
Rivelatori	3D_SOD	Realizzazione di saldatura di un chip di readout (non MAPS) su substrato di diamante e test; definizione e test di un prototipo di sensore a diamante 3D per dosimetria di fasci radioterapeutici; realizzazione di un sensore a diamante 3D con lettura multicanale per rivelazione di particelle cariche.	5,2	2	26,5
	ARCHIMEDES	Validazione della tecnologia, definizione dei parametri per l'esperienza finale e verifica di fattibilità	3,1	2	30,7
	ARDESIA	Realizzazione prototipo finale del modulo di rivelazione; caratterizzazione del modulo di rivelazione con luce di sincrotrone	8,3	3	70,8
	AXIOMA	Sviluppo di tecniche spettroscopiche su sistemi freddi per la rivelazione di Assioni Cosmologici: montaggio apparati di test su cristalli	14,1	7	328,2
	CALOCUBE	Finalizzazione disegno meccanico della struttura e analisi FEM; completamento misure di caratterizzazione dei nuovi diodi Shottky; completamento del prototipo con almeno 600 cristalli e 2 fotodiodi per cristallo; realizzazione di una nuova versione chip CASIS/HYDRA con funzione di autotrigger	7,8	6	173,3
	CHNET_IMAGING	Realizzazione di stazione di misura presso 1 linea di fascio dei LNS, operante con tecniche analitiche integrate (FF-PIXE, ER-XRR e GI-XRF) per l'imaging in 2 dimensioni e per misure di superficie applicate ai beni culturali: realizzazione del set-up integrato FF-PIXE, ER-XRR, GI-XRF e misure simultanee integrando le tecniche.	7,4	3	53,6
	CLASSIC	Design e messa a punto dei processi di fabbricazione di dispositivi p-i-n con guadagno e caratterizzazione dei primi prototipi; dimostrazione della fattibilità' di estrazione del segnale Cherenkov da cristalli scintillanti con dispositivi SiC.	2	2	30,5



CLYC	Caratterizzazione dei due prototipi da 2" già acquistati in applicazioni in fisica nucleare e astroparticellare; test presso reattori e su fascio.	4,4	2	51,1
COSINUS	Sviluppo di un calorimetro criogenico basato su cristalli di NaI per la rivelazione diretta di DM con lettura simultanea bolometrica e della luce di scintillazione: primo prototipo del detector per la misura dello studio di fattibilità nel criostato di test MPP ai LNGS	1,9	1	149,1
DCANT	Use of aligned carbon nanotubes (CNT) as WIMP targets to complement a low pressure time projection chamber (TPC) detector.	0,6	2	47,9
FLARES	Caratterizzazione a bassa temperatura dei rivelatori SDD e valutazione delle performances in condizioni criogeniche; caratterizzaz. dell'emissione di fotoni per i cristalli scintillanti operanti a bassa temperatura; sviluppo ed ottimizzazione dell'accoppiamento tra cristalli scintillanti e rivelatori SDD	3,28	2	23,6
GBTD	Definizione di requisiti minimi di dispositivo e nei singoli passi di produzione (per es. caratteristiche minime a T ambiente del grafene, caratteristiche dei contatti, etc.)	2,5	1	10
IMCP	Caratterizzazione wafer con ALD con analisi preliminare dell'effetto dell'irraggiamento; risultati finali del R&D e (eventuale) definizione del prototipo	1,9	2	9,5
KIDS_RD	Spettroscopia X con rivelatori superconduttori: progettaz. e produzione delle prime matrici 2x8 di micro-risonatori superconduttivi. Obiettivo del primo anno e' quello di iniziare lo studio della geometria del singolo pixel e dell'accoppiamento rivelatore assorbitore.	1	1	24,5
MOBIKID	Sviluppo di rivelatori per fotoni millimetrici: fabbricazione di un array di rivelatori ottimizzato per la riduzione dell'effetto dei raggi cosmici	1,9	1	36,8
MPGD_FATIMA	Sviluppo di rivelatori MPPGD in grado di lavorare ad alto rate con alta risoluzione spaziale ed energetica: realizzaz. del disegno del prototipo di rivelatore di fotoni e del disegno di 1 prototipo realistico di rivelatore di muoni	1,5	1	57,8
MPGD_NEXT	Realizzaz. attività di ricerca e sviluppo di rivelatori a gas di nuova generazione orientati alle applicazioni in ambito HEP: si prevede che l'attività si svolga secondo le milestones previste	5,2	5	46,7
NEMEIDE	Realizzazione di fotocatodi di nanodiamanti su diversi substrati (Silicio, Kapton etc.): innovaz. metodologie già messe a punto per realizzaz. su grandi aree di fotocatodi per l'UV a base di film di diamante; analisi comparative dei risultati sull'efficienza quantica ulteriormente acquisiti, per ottimizzaz. processo finale per la realizzaz. dei fotocatodi	1,3	1	8,9
NEURAPID	Test dei rivelatori realizzati nell'ambito dell'esperimento.	3,3	2	18,4
OPTOTRACKER	Sviluppo di una tecnica di tracking ottico con l'impiego di un materiale scintillante letto da sensori ottici veloci ed altamente segmentati che coprono quasi ermeticamente le superfici: completamento del prototipo a sei facce, sua messa in funzione, misure con raggi cosmici e sorgenti radiative e confronto con simulazioni MC.	1,2	1	45,9
PIXFEL	Il chip di lettura da 32 x 32 canali interconnesso con un rivelatore a pixel e caratterizzato; realizzaz. e caratterizzaz. del chip di lettura da 32 x 32 canali realizzato con STV	7,4	3	46,4
REDSOX2	Sviluppo, test ed applicaz. della tecnologia d'avanguardia basata sui rivelatori SDD in collaborazione tra i gruppi INFN e FBK: realizzazione e caratterizzazione rivelatore a pixel drift; 1 rivelatore SDD completo pronto per il montaggio in 1 apparato sperimentale reale; risultati test di accoppiamento cristallo scintillante+SDD e accoppiamento nanowire+SDD	10,75	6	48,3
SCENTT	Ricerca e sviluppo di calorimetria con la finalità di migliorare la conoscenza del fascio primario di neutrini: completamento dei test di laboratorio per la scelta del sistema di accoppiamento ottico e l'elettronica di readout; definizione del layout per il photon veto	3,59	3	39,8
SICILIA	Sviluppo di sensori radiation-hard al SiC di grande area (1cm^2) e di grande spessore (maggiore di 100 um) per applicazioni spettroscopiche dE/E di fisica nucleare: disegno dei contatti ohmici e Schottky ottimizzati; definizione del processo epitassiale ottimizzato; testbench preliminare del nuovo dispositivo SiC	16,45	7	272,4
SINGLE	Realizzazione di un rivelatore termico di fotoni al silicio, da utilizzare in esperimenti per la ricerca di eventi rari	1,4	1	41
STAX	Inizio costruzione prototipo del rivelatore.	1,25	2	44

	UFSD	Studio delle strato di guadagno ottenuto drogando con il gallio al posto del boro e studio del danno da radiazione del guadagno; seconda produzione dei sensori a FBK	4,3	2	13,8
	UTS	Verifica della produzione di luce di scintillazione in acqua: setup e misura della luce di scintillazione dell'acqua; test e sviluppo di sistema di rivelazione della luce basato su celle fotovoltaiche.	1,0	1	2
	VOXES	Realizzaz. di un prototipo di spettrometro a raggi X di tipo von Hamos ad alta risoluzione e precisione	2,5	1	57
Elettronica/ Computing	APIX2	Progettazione del dimostratore di grande area, dopo la realizzazione di un dimostratore costituito da una coppia di chips di dimensioni dell'ordine di mezzo cm <sup>2</sup> da integrare verticalmente. In parallelo sviluppo di elettronica di test e di scheda di readout digitale.	6,4	4	83,2
	CHIPIX65	Definizione dell'architettura digitale del prototipo; integrazione del chip nel prototipo di grande scala.	12,95	8	268,1
	COSA	Studio delle nuove architetture intel manycore (code named knights landing) per acceleratori xeon-phy; realizzazione di un cluster FPGA-based utilizzando le nuove FPGA Altera Arria di generazione 10	6,9	6	49,8
	HVR_CCPD	Le attività proseguiranno nei WP approvati secondo le milestones previste	3	3	61,4
	IMPART	Assemblaggio e caratterizzazione di AMCHIP07b + FPGA; studi e misure sul campo	3,22	2	70
	MC-INFN	Primo e secondo release pubblico dell'anno di Geant4 contenente gli sviluppi proposti dal gruppo. Nuovo release di FLUKA; nuova descrizione delle barriere coulombiane per reazioni indotte da particelle alfa in Fluka; modellizzazione delle interazioni di deutoni in FLUKA	16,65	5	31,1
	NANET	Aggiornamento del design con le più moderne piattaforme FPGA disponibili per ottenere una architettura bilanciata in termini di banda disponibile tra canali di I/O ed interfaccia host/GPU che minimizzi la latenza di comunicazione e le sue fluttuazioni.	1,6	1	21,5
	RETINA	Realizzazione di un sistema per il test alla velocità obiettivo di 40 M eventi/s.	2,8	2	68,9
	SCALTECH2 8	Caratterizzazione dei dispositivi singoli integrati prima e dopo il danneggiamento da radiazione; sviluppo di 1 modello SPICE per la simulazione di circuiti integrati che tenga conto del danneggiamento da radiazione; caratterizzazione dei singoli circuiti (analogici e digitali) realizzati in 28nm.	6,2	3	118,2
	SEED	Completamento e debug dei sistemi di test; primi beam test e report sui risultati; completamento dei disegni per la seconda sottomissione; caratterizzazione completa ed esaustiva dei prototipi di secondo livello	7,5	5	19,4

Acceleratori	BEAM4FUSION	Perfezionamento della caratterizzazione di NOI1, in particolare: prova di nuove configurazioni magnetiche, montaggio della nuova griglia EG, misure di densità di plasma a piena potenza, calibrazione delle diagnostiche e potenziamento del pompaggio per l'idrogeno.	9,1	5	61,4
	CHANEL	Turni di misura nei tre siti (SLAC, MAMI, CERN) per testare i cristalli di Silicio e Germanio dalle basse (800 MeV) alle alte energie (centinaia di GeV) per lo studio delle interazioni coerenti dei fasci estratti di elettroni.	8,7	3	55,7
	DEMETRA	Studio di nuove cavità acceleranti nel regime subTHz e dielettrico: disegno e fabbricazione di una struttura aperta accelerante (OS) di 1 THz	7,2	4	98,3
	HVXRAY	Completamento dell'installazione dei nuovi circuiti e presa di immagini radiografiche su campioni di test.	0,8	1	2,5
	ISIDE	Studio dell'effetto della temperatura sull'interfaccia Niobio-Rame; realizzazione di sistema da sputtering tramite Inductive Coupled Plasma; dimostrazione che lo sputtering magnetron entro QWRs di tipo Isolde offre performances uguali a quelle del bias; sputtering di 10 cavità a 6GHz; studio del bufferlayer sull'interfaccia Niobio-Rame.	7,5	2	101,3
	L3IA	Attività di ricerca nel campo dell'accelerazione di protoni tramite interazione laser-plasma in regime TNSA e realizzazione di una facility di riferimento italiana in grado di collocarsi, in termini di potenza laser, contrasto e energia massima dei protoni, allo stato dell'arte nel contesto europeo: sviluppo di bersagli,	18,6	6	199,3

		diagnostiche e misure di radiobiologia.			
	LAPUTA	Studio di un magnete superconduttore per il deflettore magnetico di Athena e verifica della sua competitività con un deflettore a magneti permanenti in termini di efficienza schermante, massa, generazione di particelle secondarie: studio di varie configurazioni di diverter superconduttivo.	1,45	1	15,7
	MAGIX	Design meccanico 3D del dipolo; disegno esecutivo del quadrupolo e del dodecapolo; Ingegnerizzazione del dipolo.	3	2	200,9
	MICE_2020	Attività di presa dati dell'esperimento, per lo STEP IV. Interventi al RAL per upgrade apparato in vista dello STEP V. Analisi dati accumulati.	3,5	4	57,2
	SL_COMB	Attività sulla linea di fascio dedicata di SPARC-lab riguardanti il commissioning della camera di COMB, il setup della diagnostica di plasma, la dimostrazione tramite simulazione dell'eccitazione risonante con 2 e 5 bunch e test sulla diagnostica del fascio di elettroni all'uscita del plasma.	19,6	6	22,1
	SL_EXIN	Test sulla linea di fascio EXIN con particolare riferimento alla diagnostica di fascio di elettroni e sincronizzazione con FLAME. Installazione degli elementi di diagnostica di fascio e di plasma.	6,85	2	14,9
	VESPRI	Completam. misura interferometrica con 1 diagnostica 2d del plasma tramite misura spettrometrica dei raggi X emessi dal plasma, per ottenere immagine 3d del plasma: upgrade setup VESPRI con analisi polarimetrica tramite OMT e messa a punto tecnica di analisi profilometrica; sviluppo tecnica imaging 2D del plasma nel range 5-70 eV, cross-check con profilometria tramite interferometro e definizione di mappe 3D del plasma della FPT.	2,8	1	18,7
		Totale	451,54		4.117,4

(\*) Personale equivalente a tempo pieno

### 3.4 OBIETTIVI INDIVIDUALI

Di seguito sono presentati i principali indicatori utilizzati dall'Istituto per la valutazione sia dei risultati scientifici sia dell'efficienza operativa delle strutture (con particolare riguardo alle attività amministrative, indirette e di supporto alla ricerca); mentre sui primi esiste una consolidata esperienza, sui secondi è attualmente in corso l'attività di definizione analitica degli obiettivi e dei conseguenti strumenti di misurazione dei risultati. I dati sono aggiornati al 2016, ultimo anno pienamente disponibile.

#### 3.4.1 PEER REVIEW

La valutazione nella ricerca fondamentale si basa prevalentemente su processi di *peer review*, costituiti dai giudizi di colleghi di alto profilo scientifico, riconosciuti dalla comunità internazionale; in questo contesto, fin dal 1997, l'Istituto ha 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 dell'Istituto, e
- fornisce indicazioni e raccomandazioni per migliorarne la *performance* globale.

Il CVI è costituito da esperti internazionali di chiara fama, 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; a garanzia dell'imparzialità del lavoro dal Comitato, nessun ricercatore, dipendente o associato INFN, è componente del CVI.<sup>1</sup> Il GLV, circa un mese prima dell'incontro annuale del CVI, fornisce a questo un documento dettagliato ("Rapporto Annuale") sulle attività dell'Ente. Parte delle informazioni presenti sono riportate di seguito.

<sup>1</sup> 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 che viene consegnata al CVI) i dati oggettivi che descrivono la *performance* scientifica dell'INFN (inseriti se possibile in un contesto internazionale), insieme ad elementi utili a mostrare sia l'attività di alta formazione dei giovani svolta nell'ambito delle ricerche dell'Istituto, sia l'impatto socio-economico ed inter-disciplinare delle attività dell'Ente. Il CVI è anche punto di riferimento per il MIUR, al quale viene inviato ogni anno il suo rapporto finale.

### 3.4.2. PRODUTTIVITÀ SCIENTIFICA

Le pubblicazioni scientifiche costituiscono uno dei principali riferimenti per misurare la produttività nel campo della ricerca fondamentale. Per quanto queste, di per se, non forniscano indicazioni sulla qualità della ricerca, certamente rappresentano un indicatore di attività.

Nella tabella seguente è mostrato il numero delle pubblicazioni INFN sul database ISI dal 2007 ad oggi, divisa per linee scientifiche e per anno. Le attività INFN sono responsabili per oltre un terzo degli articoli italiani (presenti nel DB WOS) per il settore di fisica ed astrofisica. L'ultimo rigo della tabella riporta il totale (fonte: ISI-WoS).

	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
<b>CSN1</b>	578	557	506	575	502	340	301	262	306	309
<b>CSN2</b>	476	317	329	291	292	293	274	242	233	202
<b>CSN3</b>	456	458	351	342	353	289	267	235	209	269
<b>CSN4</b>	1703	1570	1454	1300	1376	1262	1291	1192	1133	1129
<b>CSN5</b>	307	477	451	353	342	329	315	321	337	408
<b>Common</b>	1216	1066	724	793	651	722	628	600	821	829
<b>Multiple</b>	134	122	156	97	146	159	123	95	84	83
<b>Total</b>	<b>4602</b>	<b>4018</b>	<b>3921</b>	<b>3646</b>	<b>3380</b>	<b>3076</b>	<b>2953</b>	<b>2757</b>	<b>2955</b>	<b>3063</b>

Table 5.1 Distribution of INFN publications per year, by CSN. Snapshot as of September 15, 2015.

Si noti, al proposito:

- il valore molto elevato del numero di pubblicazioni nel campo teorico (CSN4) che riflette l'eccellenza della scuola italiana nel settore;
- la costante produzione scientifica dell'Istituto, su un periodo di molti anni, segno dell'ottimo livello di produttività scientifica e della continuità dell'impatto delle ricerche INFN in tutti i settori.

Oltre alle pubblicazioni ISI, per diffondere i risultati scientifici nei campi di ricerca propri dell'Istituto, i ricercatori INFN contribuiscono in modo significativo alla stesura di rapporti per grandi laboratori internazionali come il CERN o 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. Inoltre la progressiva spinta verso l'Open Access sta spostando l'attenzione sulla pubblicazione su riviste che aderiscono a questo movimento. Al momento, dopo un iniziale impulso, le politiche editoriali di Open Access attraversano una fase di riflessione (almeno in ambiti diversi dalla fisica fondamentale), peraltro pochi mesi or sono il CERN ha firmato un accordo di Open Access con le riviste della American Physical Society (APS), tra cui PRL e PRD.

L'utilizzo del database ISI-WOS suddetto permette, altresì, di accedere ad altri indicatori bibliometrici, come l'Impact Factor (IF), e di effettuare analisi più complesse legate al numero di citazioni. L'Impact Factor rappresenta la media delle citazioni degli articoli pubblicati in una determinata rivista su un periodo di due anni ed è derivato dal Journal of Citation Reports, edito da ISI, recante la caratterizzazione della qualità delle riviste corrispondenti. In questo contesto, quindi, può essere utilizzato per confrontare le riviste tra di loro, non ugualmente 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 variegiate.

Linea di ricerca	Fraction of INFN Authors (%)								Average Impact Factor							
	16	15	14	13	12	11	10-08	04-07	16	15	14	13	12	11	10-08	04-07
Year																
CSN																
1	29	29	31	28	20	22	36	36	4.9	4.9	4.85	4.4	4.6	4.77	3.80	3.75
2	36	43	49	50	50	51	56	75	3.6	3.3	3.4	3.5	3.6	3.8	4.08	2.33
3	45	51	51	45	43	43	48	47	3.6	3.6	3.8	3.1	2.8	3.21	2.75	2.60
4	50	54	49	46	59	61	58	59	2.99	3.07	3.24	3.6	3.59	3.71	3.73	3.48
5	54	54	59	47	59	61	65	66	2.1	2.1	2.10	2.14	2.13	1.72	1.97	1.48

Nella tabella sono, quindi, riassunti alcuni altri parametri che vengono utilizzati per esemplificare la qualità e le caratteristiche della produttività scientifica dell'Ente.

Si noti, al proposito:

- Il valor medio dell'Impact Factor risulta costante o in aumento negli anni per ognuna delle linee scientifiche; risultano, anche, alcuni articoli molto significativi pubblicati su riviste ad altissimo Impact Factor come Nature o Science. In particolare, il valor medio della CSN5 (Ricerche tecnologiche) 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. Va comunque ricordato che gli indicatori bibliometrici vanno utilizzati per una valutazione complessiva dell'attività di ricerca e non per valutare i singoli (o i singoli gruppi). Inoltre, in una valutazione completamente bibliometrica, come quella effettuata dall'ANVUR negli esercizi di VQR, gli IF delle riviste, ed il numero di citazioni degli articoli, sono utilizzati per una comparazione all'interno di settori disciplinari omogenei (cosiddetti SC-Science categories).
- La frazione di autori INFN è indicativa del livello di collaborazione caratteristico delle attività di ricerca dell'Ente, in ogni settore. Anche in questo caso, come in quello dell'IF, il valor medio è estratto da distribuzioni multi-modali: ad esempio, dal mediare articoli con uno o pochi autori totali con gli articoli delle collaborazioni LHC, che hanno circa tremila autori ciascuno. Ciò rimanda alle oggettive 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. Queste osservazioni sono state recepite dall'ANVUR nella formulazione dei criteri per la VQR 2004-2010 e questo parametro non è più utilizzato in Italia. Lo calcoliamo, comunque, anche perchè in taluni indicatori internazionali questo indice è riportato. Ad esempio *Nature Index* riporta annualmente un *ranking* mondiale delle varie

Metric	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Invention disclosures	5	7	20	24	20	15
Confidentiality Agreement	N/A	N/A	N/A	N/A	12	16
Priority applications filed (in Italy)	1	7	10	11	10	5
Patents application filed	1	7	15	19	25	22
Patents (both applications and patents issued) active at 31.12	5	10	20	59	63	68

Table 8.3. Intellectual property management. YY=2011-2016

istituzioni di ricerca. Per il 2016 l'INFN si è classificato all'undicesimo posto nell'area delle scienze fisiche, dietro a Cambridge (novo), ETH Zurigo

(decimo) e davanti all'Università della California a Berkeley. In questa classifica, ogni articolo valutato viene pesato con la frazione proprietaria. Da notare che l'INFN si classifica primo assoluto (quindi non solo in fisica) tra le istituzioni italiane.

### III Missione

Per l'esercizio VQR 2011-2014, le attività di III missione di Università ed Enti sono state valutate separatamente in via sperimentale, mentre per le Università la parte relativa alla valorizzazione economica del *knowledge transfer (KT)* potrà contribuire all'assegnazione del FFO (Fonte: ANVUR, 2016).

Il risultato dell'INFN (fonte ANVUR, Rapporto VQR 2011-2014 per la Terza Missione) nelle due aree in cui la TM è stata divisa per l'occasione ( Valorizzazione Economica della Ricerca e Produzione di Beni di Pubblica Utilità, ha rispecchiato la situazione nel periodo in esame.

Dal 2011 in poi l'Ente si è dotato di una organizzazione adeguata alla valorizzazione economica del KT, fino alla creazione di un Ufficio Trasferimento Tecnologico. Gli effetti positivi di questo si sono visti nella ristrutturazione del carnet brevettuale, nel TTP (Time-To-Patent), drasticamente ridotto, nell'accresciuto numero di spin-off, NDA e richieste di intervento del TT.

Per il 2014 non ci sono stati cambiamenti rispetto al 2013 in quanto periodo di "transizione". Va notato che nel 2016, grazie all'esercizio VQR 2011-2014, l'INFN ha "scoperto" alcune decine di brevetti, a titolarità di suo personale, dei quali non era a conoscenza.

Il risultato, relativamente alla valorizzazione economica della ricerca, è che l'Ente brevetta abbastanza poco, ma le sue spin-off mostrano una capacità significativa di crescita. Questo risultato, emerso dall'analisi dei dati da parte di ANVUR) è stato empiricamente confermato dalla vendita (avvenuta peraltro ad inizio 2017) del primo di questi spin-off (PixiRad) ad una multinazionale olandese (PanAlytics).

Per quanto riguarda la "produzione di beni di pubblica utilità", definizione usata da ANVUR nella VQR 2011-2014 per definire genericamente le attività di *knowledge transfer* senza una esplicita valorizzazione economica (tutela della salute, fruizione e salvaguardia dei beni culturali, *public engagement*, formazione continua), l'Ente continua a fare bene nelle aree di suo specifico interesse.

Nell'ambito della Formazione Continua, gli esperti ANVUR riportano un buon impatto dal punto di vista del numero di persone coinvolte, anche se segnalano un limitato utilizzo delle risorse umane a disposizione. Inoltre gli esperti segnalano le attività in ambito di tutela della salute (biobanche e corsi di formazione) svolti dai Laboratori Nazionali del Sud, all'interno della specificità dell'intervento INFN in questo settore.

Le attività di *public engagement* dell'INFN hanno ottenuto un ottimo risultato nella VQR 2011-2014, ed una di queste - le *Masterclass di Fisica* - è stata indicata come *best practice* nel rapporto finale.

Lo stesso risultato mostra che, soprattutto nelle strutture periferiche, c'è molto spazio di miglioramento. Per attrezzarsi in modo adeguato l'Ente si è dotato, dall'agosto 2016, di una struttura (il Comitato di Coordinamento della Terza Missione, CC3M) il cui primo obiettivo è stabilizzare le attività in corso e di dare impulso ad attività congiunte tra strutture. Inoltre, con il decisivo supporto dell'Ufficio Comunicazione, sono stati effettuati vari corsi di formazione sulle tematiche relative alle attività di Terza Missione.

Nel campo della disseminazione dei risultati scientifici, e delle sue attività, presso il grande pubblico registriamo, tra le altre, a livello centrale tre siti web di tipo "istituzionale". Un sito (<https://www.asimmetrie.it>) legato alla rivista dell'Ente, un sito ([scienzapertutti.infn.it](http://scienzapertutti.infn.it)) rivolto al grande pubblico gestito direttamente da ricercatori di varie strutture, ed un sito - [lhcitalia.infn.it](http://lhcitalia.infn.it) - sulle attività specifiche. Inoltre, grazie alla crescente popolarità dell' Ente e dei suoi temi di ricerca, ha organizzato sei

grandi mostre nel 2016. Al livello di strutture periferiche (laboratori

Classe eventi	2012	2013	2014	2015	2016
Eventi per il pubblico	100	139	153	226	287
Eventi per la scuola	126	281	261	296	296

nazionali e sezioni) il quadro è di centinaia di iniziative. Nella tabella riportiamo la distribuzione relativa al periodo 2012-2016 suddivisa per nelle due grandi aree di "eventi per il pubblico" ed "eventi per la scuola". In generale l'attività in questa seconda area è in espansione.

Analogamente, anche in considerazione del lancio delle iniziative di Alternanza Scuola-Lavoro e dell'inserimento di elementi di Fisica Moderna nei programmi delle secondarie superiori, il settore relativo al training/educazione continua (sotto forma di aggiornamento dei docenti), vede un crescente



coinvolgimento dei nostri ricercatori.

Al momento quello che sembra mancare è un coordinamento globale che migliori innanzitutto lo scambio di *best practices* ed ottimizzi le iniziative esistenti. Ad esempio, la centralizzazione delle Masterclass, ha portato all'opportunità di ottenere fondi ministeriali. Con la costituzione della già menzionata CC3M l'Ente conta di ottimizzare l'uso delle risorse in questo ambito

### 3.4.3. EFFICACIA NELLA REALIZZAZIONE DEGLI ESPERIMENTI

La complessità, la dimensione e la durata temporale dei grandi progetti dell'Ente - in fisica nucleare, subnucleare ed astro particellare - 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:

- serve ad evitare che progetti pluriennali possano incorrere in difficoltà tali da compromettere la buona riuscita dell'esperimento,
- è 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 all'Ente, con i quali concordare, all'atto di sottoporre le richieste finanziarie per l'anno successivo, un insieme di *milestone* da rispettare nello stesso periodo ed, altresì, esaminare lo stato di avanzamento di ogni progetto (tipicamente due volte l'anno). La tabella seguente mostra il grado complessivo di soddisfazione per le *milestone* concordate, negli anni indicati e per le linee scientifiche più rilevanti in questo contesto; il dato emergente è che una larga percentuale viene rispettata dalle Collaborazioni e che il meccanismo permette in generale di applicare azioni correttive dove e se necessario. Peraltro, proprio per la complessità dei progetti scientifici, ritardi nella realizzazione dei propri obiettivi possono essere indotti anche da motivazioni esterne all'operato dei gruppi INFN.

Linee di ricerca	Rispetto delle milestone (%)								
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
Fisica delle particelle	89	85	89	91	93	85	89	73	79
Fisica astro-particellare	81	81	86	88	88	78	63	56	68
Fisica nucleare	84	86	84	84	88	83	84	86	83

Il secondo ruolo è documentato nella tabella seguente in cui è indicata la frazione dei ruoli di responsabilità (*leadership*) che vengono assegnati a ricercatori INFN all'interno delle Collaborazioni internazionali (la definizione dei ruoli è per lo più definita da accordi approvati dagli organi dirigenziali degli esperimenti); per le tre linee scientifiche citate tale dato eccede in media il contributo INFN, sia finanziario che di personale, alle Collaborazioni suddette, ad ulteriore dimostrazione dell'alto ruolo scientifico che l'Istituto riveste in ambito internazionale ed importante riconoscimento delle capacità scientifiche e manageriali dei suoi ricercatori. Il numero in parentesi indica la frazione di donne (sul totale italiano) che detengono ruoli di leadership. Le frazioni sono sostanzialmente costanti negli ultimi anni.

Linee di ricerca	Ruoli di Leadership (numero assoluto, in parentesi % di donne)								
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
Fisica delle particelle	140[*](21)	89(26)	18(30)	30	30	27	23	30	26
Fisica astroparticellare	88(30)	71(18)	42(16)	56	39	56	55	57	43
Fisica nucleare	35	58	58 (35)	47(32)	46	47	50	45	37

\*nella CSN1, in tutto il 2016, sono disponibili un totale di 607 posizioni di leadership

### 3.4.4. PROSPETTIVA INTERNAZIONALE

La produzione scientifica INFN (circa 3000 pubblicazioni all'anno) si articola su più di 400 riviste internazionali, dove tuttavia le prime dieci integrano circa il 40% degli articoli totali.

La rilevanza degli articoli INFN all'interno di ciascuna rivista costituisce un interessante metro di paragone, in particolare in relazione alle esigenze derivanti dall'esercizio in corso di Valutazione della



Qualità della Ricerca (VQR). Poiché buona parte della valutazione sarà realizzata tramite indicatori bibliometrici, comprendere il posizionamento degli articoli INFN rispetto alla globalità dei lavori pubblicati su una rivista, può essere utile a valutare i meriti della produttività scientifica INFN.

Il livello internazionale delle ricerche condotte da INFN si evince anche esaminando il numero di pubblicazioni realizzate in collaborazione con ricercatori stranieri. In questo senso, la tabella seguente mostra, per ogni linea scientifica, la percentuale di pubblicazioni in collaborazione internazionale; i differenti valori per le diverse Commissioni scientifiche riflettono, in buona sostanza, il differente tessuto sociologico e finanziario delle linee di ricerca.

Linee di ricerca	Pubblicazioni INFN con almeno un autore non italiano (%)								
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
Fisica delle particelle	100	100	100	100	100	99	96	96	96
Fisica astro-particellare	85	90	71	71	71	69	73	64	68
Fisica nucleare	98	98	98	95	96	94	93	85	91
Fisica teorica	72	68	75	74	70	68	64	64	62
Ricerche tecnologiche	60	59	58	35	25	25	21	24	21

CSN1 e CSN3 sono esempi di particolare livello, dove fondamentalmente tutte le pubblicazioni sono condotte in collaborazione internazionale (e che infatti contengono al loro interno i grandi esperimenti al Large Hadron Collider del CERN). È importante il trend che si evidenzia nel campo della fisica teorica (CSN4) dove si nota un sempre più marcato indirizzo verso lavori redatti in collaborazione con colleghi stranieri. Uno dei due parametri di *internazionalizzazione* utilizzati dall'ANVUR nella VQR 2004-2010 è relativo alla frazione di prodotti *Eccellenti* che sono pubblicati in collaborazione con autori non italiani. Nella VQR in corso non è presente questo indicatore.

La pubblicazione di un articolo in grandi Collaborazioni internazionali è spesso il risultato di un lavoro collettivo, che può occupare molto tempo, per il quale non è semplice evincere se vi siano stati contributi particolari, e di quale entità, da parte di singoli ricercatori. Per comprendere se i ricercatori INFN siano apprezzati dalle Collaborazioni di cui fanno parte - quindi ottengano di parlare a nome delle Collaborazioni a Conferenze Internazionali - si può prendere come indicatore il rapporto tra il numero di presentazioni assegnate loro e confrontarlo con quello delle presentazioni assegnate ai ricercatori di altre nazioni. Il confronto per il 2015 (in parentesi la media 2007-2013) utilizzando un insieme di Conferenze riconosciute dalla comunità internazionale delle tre linee CSN1, CSN2 e CSN3, tenute con cadenza regolare. Il risultato (in %) mostra che i ricercatori INFN sono particolarmente apprezzati, e che l'attività di educare, istruire ed inserire i giovani nell'ambiente scientifico dei propri esperimenti permette all'Istituto di creare una robusta generazione di scienziati che saranno gli attori degli sviluppi e delle scoperte future.

	Italy	Germany	France	UK	USA	Japan
CSN1	12.1(9.7)	13.5(14.7)	5.9(6.4)	10.7(8.9)	18.9(26.4)	1.4(3.1)
CSN2	12.1(11)	10(11,1)	7(6,9)	4(5)	31(33,5)	10(8,3)
CSN3	14(10.6)	12(15.4)	4(8)	1(4.7)	21(25.5)	5(6)

#### 4. RISORSE, EFFICIENZA ED ECONOMICITA'

Ai fini della valutazione dell'efficienza operativa delle strutture, con particolare riguardo alle attività amministrative, tecniche e di supporto alla ricerca:

- con delibera del Consiglio Direttivo n. 11559 del 24.9.2010, è stato costituito l'Organismo Indipendente di Valutazione;
- con delibera del Consiglio Direttivo n. 11788 del 25.3 2011, è stato definito il Sistema di Misurazione e Valutazione della Performance;

- con delibera del Consiglio Direttivo n. 12127 del 21.12.2011, sono stati definiti il Programma Triennale per la Trasparenza e l'Integrità e il Piano della Performance.
- con delibera del Consiglio Direttivo n. 12254 del 30.03.2012 è stato definito il Piano della Performance 2012-2014.
- con delibera del Consiglio Direttivo n. 13088 del 21.02.2014, è stato definito il Piano Triennale di prevenzione della Corruzione 2014-2016 contenente al suo interno il Programma Triennale per la Trasparenza e l'Integrità.
- con delibera del Consiglio Direttivo n. 13453 del 19.12.2014 è stato definito il Piano della Performance 2015-2017.
- con delibera del Consiglio Direttivo n. 13500 del 23.01.2015, è stato definito il Piano Triennale di prevenzione della Corruzione 2015-2017 contenente al suo interno il Programma Triennale per la Trasparenza e l'Integrità.
- con delibera del Consiglio Direttivo n. 13963 del 29.01.2016, è stato definito il Piano Triennale di prevenzione della Corruzione 2016-2018 contenente al suo interno il Programma Triennale per la Trasparenza e l'Integrità.
- con delibera del Consiglio Direttivo n. 14275 del 27.01.2017, è stato definito il Piano Triennale di prevenzione della Corruzione 2017-2019 contenente al suo interno la parte dedicata alla Trasparenza.
- con delibera del Consiglio Direttivo n. 14417 del 26.05.2017 è stato definito il Piano della Performance 2017-2019.

Per i contenuti degli atti suddetti si rimanda al sito internet dell'Istituto [www.infn.it](http://www.infn.it), con specifico riferimento alla sezione "Amministrazione Trasparente".

Nel dettaglio sono riportate le azioni specifiche messe in campo al fine di rendere l'organizzazione e la gestione efficace, efficiente ed economica; i principi ispiratori di tali azioni sono:

- il miglioramento dell'efficienza operativa,
- la riduzione della spesa anche attraverso l'ottimizzazione delle risorse (anche attraverso il recupero delle riserve di bilancio storicamente accumulate)
- la realizzazione di economie di bilancio,
- la definizione delle linee di attività di ricerca ritenute prioritarie nell'attuale congiuntura.

Obiettivo	Risultato
a. Concentrazione dell'esercizio delle funzioni istituzionali, attraverso il riordino delle competenze degli uffici eliminando duplicazioni	E' stato dato avvio ad un processo di revisione dell'organizzazione dell'amministrazione centrale in ottica di concentrazione dell'esercizio delle funzioni istituzionali mediante riordino delle competenze degli uffici  Il modello nuovo di riorganizzazione è stato presentato agli organi direttivi nel mese di aprile 2017
b. Riorganizzazione degli uffici con funzioni ispettive e di controllo	Si è proceduto alla Programmazione annuale delle funzioni ispettive, integrate con le responsabilità sulla Trasparenza e sulla Anticorruzione.
c. Rideterminazione della rete periferica su base regionale o interregionale	E' in corso il lavoro di riorganizzazione dei settori amministrativi su base locale anche tenendo conto della contiguità geografica delle Strutture
d. Unificazione delle strutture che svolgono funzioni logistiche e strumentali	E' in corso la graduale specializzazione delle strutture territoriali di servizio (officine e attrezzature relative).
e. Accordi tra amministrazioni per l'esercizio unitario delle funzioni logistiche e strumentali	E' in corso la verifica sistematica con i Dipartimenti di Fisica delle Università ospitanti sulle opportunità di integrazione esistenti e condivise.

L'Istituto è stato, 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).

In termini di contenimento della spesa pubblica, si riporta di seguito la tabella dei risparmi sui costi di funzionamento rilevati nel rendiconto al 31.12.2016.

Norme di contenimento della spesa pubblica e loro applicazione

RENDICONTO GENERALE 2016										di cui:	
argomento	riferimento normativo		spesa originaria	% max di spesa	limite di spesa	vecchio slope di riferimento	nuovo piano dei conti integtrato	Impegni di spesa 2016 (come da RF)	sottoposte a vincolo	esperimento	destinazione ricerca
MISSIONI	decreto del Fare L. 98 del 9/8/2013	art. 6, comma 12, modificato dall'art. 98, comma 3/bis	1.536.044	50% del 2009	768.022	110120	U1030201002 rimborsi organi istituzionali	282.910,45	59.518,76	SPESA GEN FUNZ	223.392
						121400	U1030202001 rimborsi per viaggio e trasloco	22.450.151,72	257.884,25	SPESA GEN FUNZ	21.873.252
						121450	U1030202001 rimborsi per viaggio e trasloco		319.015,04	FORMAZIONE	
								<b>636.418,05</b>			
FORMAZIONE del PERSONALE	D.L. 78/2010 convertito in L. 122 del 30/07/2010	art. 6, comma 13	1.430.582	50% del 2009	715.291	121210	U1030204002 acquisto servizi per formazione	617.686,26	617.317,26	FORMAZIONE	369,00
			2.208.979		1.100.490		importo complessivo di missioni per formazione		336.302		
RAPPRESENTANZA	D.L. 78/2010 convertito in L. 122 del 30/07/2010	art. 6, comma 8	12.366	20% del 2009	2.473	140810	U1030202003 servizi per attività di rappresentanza	744,69	744,69	ALTR SERV BASE	0,00
AUTOVEETTURE	L. 1222910	art. 6, comma 14	213.795	80% del 2009	171.036	142130	U1030207002 noleggi mezzi di trasporto	211.321,82	14.931,00	SPESA GEN FUNZ	196.391
	D.L. 66 de 24.04.2014	art. 15, comma 2	96.144	30% del 2011	28.843	141710	U1030209001 Manut ordinaria e riparazioni di mezzi di trasporto ad uso civile, di sicurezza e ordine pubblico	11.885,65	2.946,40	SPESA GEN FUNZ	8.939
						520120	U2020101001 acquisto mezzi di trasporto	0,00	0,00	ALTR SERV BASE	0,00
						---	U1030102002 carburanti	0,00	0,00	ALTR SERV BASE	0,00
									<b>17.877,40</b>		
ORGANI COLLEGIALI (Indennità, compensi, gettoni, retribuzioni corrisposte a consigli di amministrazione e organi collegiali comunque denominati ed ai titolari di incarichi di qualsiasi tipo ridotti del 10% su importi risultanti alla data 30 aprile 2010)	D.L. 78/2010 convertito in L. 122 del 30/07/2010 (proroga fino al 31.12.2016 con DL 210 del 30.12.2015)	art. 6, comma 3	436.832	90% al 30/04/2010	393.149	110110	U1030201001 indennità organi istituzionali	346.500,00	346.500,00	SPESA ORG ENTE	0,00
						110210	U1030201008 compensi organi di revisione ed altri	46.500,00	46.500,00		0,00
									<b>393.000,00</b>		
IMMOBILI (manutenzione ordinaria e straordinaria)	D.L. 78/2010 convertito in L. 122 del 30/07/2010	art. 2 commi 618 primo periodo e comma 623 della L. 244/2007, modificato dall'art. 8 della L. 122	208.881.840	2% del valore degli immobili (fabbricati + edilizia mobile) iscritti nello stato patrimoniale al 31.12.2016	4.177.637	141510	U1030209008 Manut.ordinaria e rip.di beni immobili	1.525.455,43	1.525.455,43	tutte le attrezzature	0,00
						519920	U2059999999 altre spese in conto capitale	511.417,49	511.417,49		0,00
									<b>2.036.872,92</b>		
MOBILI e ARREDI	L. 228 del 24/12/2012 (proroga fino al 2016 con DL 210 del 30.12.2015)	art. 1, comma 141	293.976	20% della media 2010 e 2011	58.795	520130	U2020103001 mobili e arredi per ufficio	80.611,87	55.061,72	tutte le attrezzature	25.550,15
Contratti a TEMPO DETERMINATO	L. 266 del 23.12.2005	art. 1, comma 187	9.869.811	35% del 2003	3.454.434	120310	U1010101006 voci stipendiali corrisposte per tempo determinato	12.559.891,52	1.909.878,58	pers art 36	10.650.012,94
	L. 296 del 27.12.2006	art. 1, comma 538				120410	U1010101008 indennità ed altri compensi, esclusi i rimborsi spesa per missione	416.935,16	416.935,16	incentivi	0,00
	L. 244 del 24.12.2007	art. 3, comma 80				120810	U1010201001 Contributi obbligatori per il personale	20.978.733,36	1.055.471,00	on prev ass	19.923.262,36
						140220	U1030212003 Collaborazioni coordinate e a progetto	1.758.320,10	72.148,58	pers art 36	1.686.171,52
								<b>3.454.433,32</b>			
RAPPRESENTANZA	D.L. 112/2008 convertito in L. 133/2008	art. 61, comma 5	36.691	50% del 2007		140810	U1030202003 servizi per attività di rappresentanza				
TRATTAMENTO ACCESSORIO	D.L. 112/2008 convertito in L. 133/2008	art. 67, comma 6									

Contenimento della spesa pubblica - Aggiornamento del 20/06/17

## 5. PARI OPPORTUNITA' E BILANCIO DI GENERE

### Le criticità e le opportunità

La realizzazione della parità e delle pari opportunità è un punto centrale della Costituzione Italiana, che all'art. 3 sottolinea il compito della Repubblica di rimuovere tutti quegli ostacoli che *“impediscono il pieno sviluppo della persona umana e l'effettiva partecipazione di tutti i lavoratori”*.

La rimozione degli ostacoli richiede di intraprendere azioni positive, per eliminare o prevenire le discriminazioni o per compensare gli svantaggi. In tale ambito, i Piani Triennali di Azioni Positive (PTAP), sono misure volte alla rimozione degli ostacoli che impediscono la piena realizzazione della parità e delle pari opportunità di lavoro e nel lavoro tra uomini e donne. Tali misure, specificate per i singoli contesti lavorativi tenendo conto delle ineguaglianze di genere e generazionali e delle diverse tipologie lavorative, sono parte integrante del processo di accompagnamento delle amministrazioni pubbliche verso un percorso di maturità e di crescita su questi importanti principi.

L'attenzione all'organizzazione del lavoro, l'integrazione della dimensione di genere e l'attuazione delle pari opportunità nella ricerca sono concetti strettamente connessi fra loro. Essi sono necessari per la realizzazione di un'efficace politica del personale attenta al benessere, all'equità e alla trasparenza, in cui al contempo la valorizzazione e il rispetto delle diversità siano riconosciuti quali elementi di arricchimento della ricerca.

L'analisi qui riportata parte da questi elementi, che sono al centro anche delle raccomandazioni europee, e alla base del V Piano Triennale di Azioni Positive (PTAP) 2014-2016 dell'Ente, prorogato per il 2017.

La presente analisi rileva la mancanza di connessione fra piano delle performance, piani triennali della ricerca e piani di azioni positive, la cui implementazione ricade ancora quasi del tutto sul CUG. Questa problematica risulta evidente da una non integrazione fra le questioni riguardanti lo sviluppo delle risorse umane e la progettualità della ricerca.

In tale contesto vanno però segnalati alcuni punti di cambiamento come la presenza di un paragrafo, a cura del CUG, sull'inclusione, la diversità e il benessere nell'ENTE nel documento conclusivo, che è inviato annualmente al Comitato di Valutazione Interno dell'INFN.

Al contempo la presenza di fenomeni di “discriminazione” nell'Ente (consci o meno) basati sull'appartenenza al sesso o all'età, è stata riconosciuta dalla dirigenza ma imputata a fattori esterni non ben definiti. La dirigenza si è però assunta l'impegno di rimuovere ciò che è di competenza INFN e per tal motivo è stato istituito un gruppo di lavoro che dovrà proporre un documento programmatico per quanto riguarda parità, pari opportunità e benessere del personale.

L'analisi del contesto lavorativo parte riportando alcuni dati sul personale aggiornati a dicembre 2015 estratti dai conti annuali dell'Ente. A tal proposito si rileva la presenza di un disallineamento fra la relazione sulle performance e la disponibilità dei dati del conto annuale dell'anno precedente, disponibilità effettiva da dopo l'estate.

I dati sostanzialmente non sono cambiati rispetto al 2014 per il personale ricercatore. La probabilità per una donna di essere dirigente è meno della metà di quella di un uomo (9% per donne contro 20% per uomini). Quest'ultimo dato va confrontato con le percentuali nei livelli II e III che risultano simili per uomini e donne.

Per i tecnologi è invece in aumento la disparità rispetto alle donne. Al livello III, rispetto al 2014, vi è un incremento di ben 17 unità (16 U + 1D), mentre l'incremento di una unità di donne nel livello I (da 2 a 3) porta la percentuale di donne al 9%, cioè la metà di quella degli uomini.

Tabella 1 - Distribuzione del personale nei vari livelli

Profilo / Livello	Personale ricercatore		Personale tecnologo		Profilo / Livello	Personale amministrativo		Personale tecnico	
	Uomini	Donne	Uomini	Donne		Uomini	Donne	Uomini	Donne
I	91 (20%)	12 (9%)	39 (19%)	3 (9%)	IV	10 (20%)	33 (14,7%)	279 (47%)	16 (47%)
II	194 (43%)	62 (48%)	73 (36%)	12 (36%)	V	26 (52%)	135 (60%)	162 (28%)	8 (24%)
III	167 (37%)	56 (43%)	89 (44%)	18 (55%)	VI	13 (26%)	43(19,1%)	127 (22%)	9 (29%)
					VII	1 (2%)	13 (5,8%)	10 (2%)	0
					VIII	0	1(0,4%)	10 (2%)	0
<b>Totale per genere</b>	452 (78%)	130 (22%)	201 (86%)	33 (14%)		50 (18%)	225(82%)	588 (95%)	33 (5%)
<b>Totale per profilo</b>	582 (34%)		234 (14%)			275 (16%)		621(36%)	

Per quanto attiene il personale tecnico e amministrativo, si osserva una disparità nella progressione di carriera fra amministrativi e tecnici. Gli amministrativi popolano a maggioranza il V livello, mentre i tecnici il IV, non essendo richiesto per questi ultimi il diploma di laurea per l'accesso a tale livello.

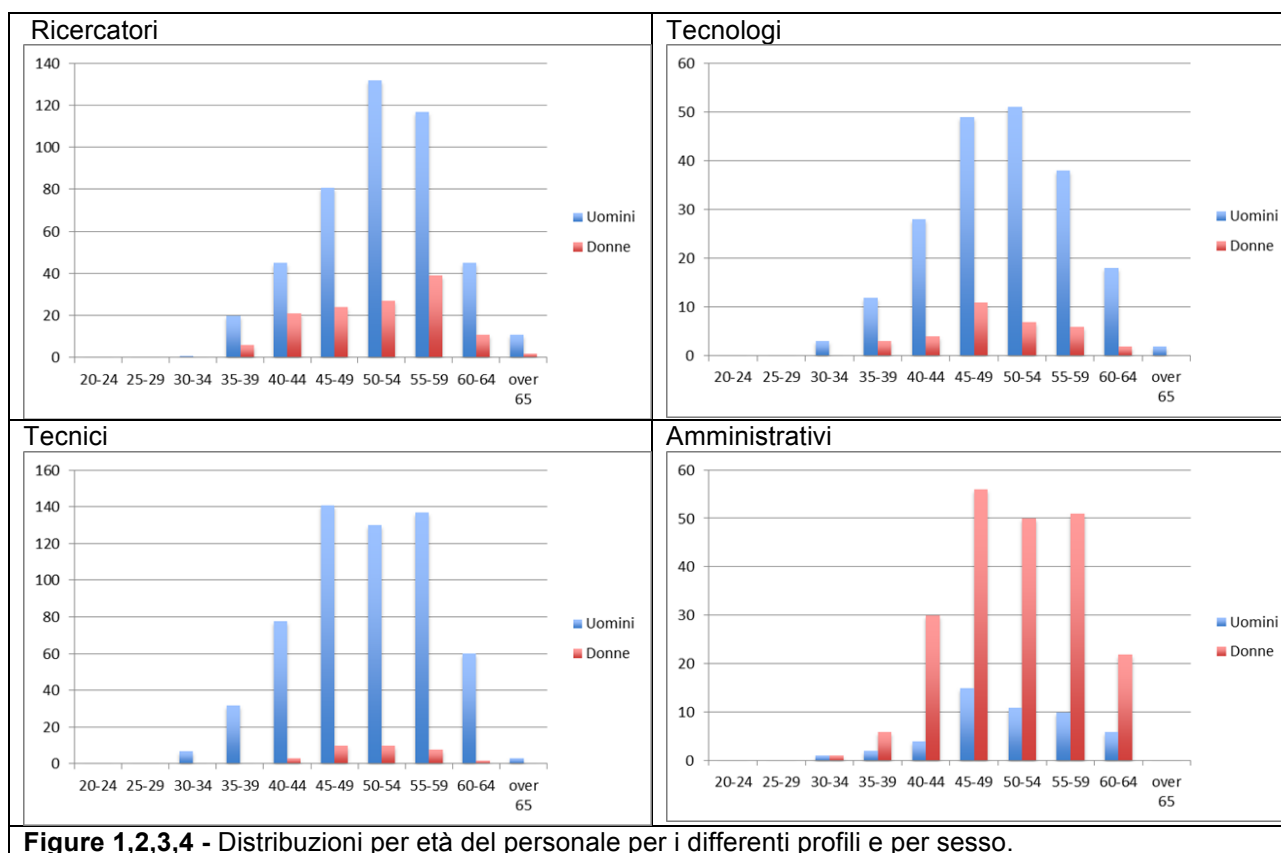


Figure 1,2,3,4 - Distribuzioni per età del personale per i differenti profili e per sesso.

Le figure (1-4) mostrano una percentuale di personale al di sotto di 40 anni pari a: Ricercatori (4.6%), Tecnologi (7.7%), Tecnici (6.3%), Amministrativi (3.8%). Rispetto al 2014, vi è un invecchiamento considerevole, in particolare fra gli amministrativi. Solo i tecnologi sono più giovani, grazie all'immissione di nuovo personale quasi tutto maschile, come detto in precedenza.

Parimenti è stato evidenziato un fenomeno di segregazione orizzontale all'interno delle diverse aree di ricerca (commissioni scientifiche), dove, a fronte di una popolazione studentesca divisa abbastanza

equamente per genere fra i diversi settori disciplinari, la presenza femminile fra i dipendenti nelle diverse commissioni va dal 30% della CSN3 al 12% della CSN4 (dati 2015 nei preventivi per il 2016).

Un'analisi condotta dal CUG, relativa alle rappresentanze di genere all'interno dei Comitati e delle Commissioni INFN non elettivi, ha mostrato come vi siano organismi fortemente squilibrati a favore di persone di sesso maschile (addirittura in un caso 0 donne/7 uomini), benché le ricercatrici siano ben rappresentate ( $\geq 20\%$ ) nei comitati scientifici elettivi (vedi Tabella 2, relativa a dati di fine 2015).

E' stata richiesta dal Comitato un'azione positiva che garantisca un corretto equilibrio di genere nei comitati di nomina e l'Ente si è impegnato in tal senso.

Tabella 2: Organismi/ Commissioni di nomina dell'INFN, dati aggiornati a fine 2015

Organi/Commissioni di nomina	U	D	Donne/totale
Com. Valutazione Internazionale	5	2	0.29
CUG	6	12	0.67
Comm. calcolo Reti	34	6	0.15
Comm. Naz. Trasf. Tecnologico	7	0	0
Referenti Trasf. Tecnologico	21	6	0.22
Consiglio Tecnico Scientifico	4	1	0.20
Com. Scientifico LNF	7	1	0.13
Com. Scientifico LNGS	7	2	0.22
Com. Scientifico LNL	7	0	0
Com. Scientifico LNS	5	2	0.29
Com. Tecnico Scientifico CNAF	6	1	0.14
Com. Tecnico Scientifico GSSI	5	1	0.17
Com. Scientifico Progetto SPES	12	0	0
Com. Naz. Formazione	6	3	0.33
Com. Sussidi	11	9	0.45
Com. Borse di Studio e Asili	7	13	0.65
CNPISA	6	1	0.14
Resp. Serv. Protezione Prevenz.	24	1	0.04
Addetti Serv. Protezione Prevenz.	11	10	0.48
Comitato Esterno Sicurezza LNGS	6	0	0

Per quanto riguarda il personale TA, la situazione degli incarichi di responsabilità è a sfavore delle donne. A titolo di esempio, nei servizi (amministrativi, tecnici e dei rappresentanti delle sicurezze) una donna è responsabile nel 25% dei casi.

Analizzando gli obiettivi del PTAP, si riportano di seguito le considerazioni su alcune azioni svolte nel 2016 e sulle aree di criticità che ancora permangono specialmente per quanto attiene al fenomeno della scarsissima presenza femminile nelle posizioni apicali:

- Promuovere l'eccellenza attraverso la promozione della diversità

Analisi statistiche effettuate dal CUG in questi anni hanno mostrato una forte disomogeneità nella distribuzione in sesso tra profili e all'interno dello stesso profilo tra livelli, senza cambiamenti significativi negli ultimi 20 anni. Per i ricercatori, a fronte di una buona presenza femminile (circa 30%) fra assegnisti e dottorandi è ancora evidente una forte disparità della presenza femminile fra il personale di ruolo dell'ente e in particolare nei livelli apicali della carriera, *come riportato dai dati della tabella 1*. L'ultimo concorso per ricercatore di terzo livello ha mostrato l'evidenza di un problema strutturale, che è in fase di valutazione da parte di un gruppo di lavoro, poiché solo una piccola percentuale di donne ha superato il concorso. Per il concorso sperimentale a fronte di una percentuale di donne concorrenti pari al 31% del totale, fra il totale dei vincitori le donne sono state il 12% (vincitori : 51 uomini e 7 donne); per il concorso teorico le donne partecipanti erano il 17% del totale e nessuna è risultata vincitrice su 15 finalisti.

In questi anni è stato osservato un progressivo invecchiamento dei dipendenti dell'Ente. Una età elevata di assunzione per i ricercatori (35-40 anni) rende per loro poco probabile avere una fruttuosa carriera considerate le poche posizioni aperte. Inoltre il basso numero di giovani tecnici corrisponde a una perdita di trasferimento di competenze tecniche. E' auspicabile che le possibilità



introdotte con il decreto Madia migliorino questa situazione nei prossimi anni.

Come dato positivo si nota che in alcuni documenti/relazioni generali dell'Ente iniziano ad apparire i dati sul personale divisi per genere e non solo nella parte a carico del CUG (vedi piano triennale).

- *Aumentare la trasparenza nei processi decisionali e la circolazione delle informazioni*

Negli ultimi due anni l'Ente ha lavorato per migliorare la trasparenza nella circolazione delle informazioni, in particolare per favorire l'accesso per tutto il personale a documenti e/o atti da lui prodotti. Nel 2017 si prevede l'attuazione di azioni volte a pubblicizzare e mettere in comune buone prassi organizzative. Nel 2016 allo scopo di migliorare l'informazione sulle norme che disciplinano permessi e congedi a tutela della maternità e della paternità per tutto il personale dipendente e per quello soggetto a gestione separata è stato prodotto e diffuso dal CUG un breve vademecum che compendia tutte le delibere dell'ente su tale argomento. Ancora molto deve essere attuato per aumentare la trasparenza nei processi decisionali. In particolare mancano delle azioni concrete verso l'adozione di meccanismi di "pubblicità" per la copertura di posizioni vacanti di responsabilità, in commissioni, comitati, ecc. a livello nazionale e nelle singole strutture. Il meccanismo di interpello suggerito dal CUG è stato adottato solo per la scelta dei nuovi componenti del CUG nel Marzo del 2015.

Anche nella direzione della rotazioni degli incarichi, a livello di strutture dell'Ente, mancano delle azioni concrete nell'ottica della valorizzazione e della motivazione del personale. Rotazione che può richiedere a volta programmi formativi ad hoc e che quindi andrebbe fatta in connessione con piani di formazione specifici.

- *Rimuovere i pregiudizi inconsapevoli dalle pratiche istituzionali*

Una azione nella direzione della crescita della trasparenza è stata l'adozione del Codice Europeo "Minerva" nel nuovo disciplinare e nei bandi di concorso. In tal senso in tutti i concorsi dal 2016 i bandi prevedono la definizione di criteri di valutazione trasparenti e noti a priori ai candidati, la pubblicazione dei curriculum dei commissari e di quelli dei candidati (in una pagina interna dell'INFN). Questi ultimi sono però al momento visibili solo a coloro che partecipano al concorso.

Per quanto concerne i pregiudizi inconsapevoli, a fine ottobre 2016 un documento esplicativo redatto dal CUG sulle problematiche legate ai tali pregiudizi e contenente alcuni consigli su come limitarne l'effetto in sede di giudizio, è stato inviato ai componenti delle commissioni di concorso in atto. Tale documento rientra oggi nella documentazione che viene inviata, al momento della nomina, a tutti i componenti delle commissioni di concorso.

- *Migliorare la gestione del personale e l'ambiente di lavoro.*

Per migliorare la gestione dei tempi tenendo conto di una conciliazione fra lavoro e vita privata, nel 2015 è stato approvato il regolamento del Telelavoro. Dopo un primo periodo di sperimentazione sono state evidenziate dal CUG alcune problematiche che necessitano di essere tenute in conto nella futura revisione del disciplinare del Telelavoro e/o nell'introduzione di nuove pratiche innovative di organizzazione del lavoro, come il lavoro agile (smart working).

- *Comunicazione e disseminazione*

Sul tema degli stereotipi e per aumentare la consapevolezza sui programmi del PTAP, sulla parità e le pari opportunità, è stato organizzato nel 2016-2017 un corso di formazione sulla "Consapevolezza Sociale, Equità e Nuovi Percorsi Nella Ricerca" che ha visto la partecipazione di alcuni componenti della dirigenza dell'ente, oltre che del personale del CUG e dell'amministrazione centrale e dei rappresentanti del personale. Inoltre nel 2016 al fine di stabilire una più efficace comunicazione con il personale alcuni componenti del CUG hanno presentato il PTAP e temi specifici di lavoro comune alle assemblee dei rappresentanti.

Nel corso del 2016, sempre in linea con gli obiettivi del PTA, l'Ente si è dotato di un proprio CODICE ETICO affiancandolo al precedente CODICE DI COMPORTAMENTO per la Tutela della Dignità delle persone che lavorano e operano all'interno dell'INFN e a quello di COMPORTAMENTO in materia di Anticorruzione del personale dell'INFN.

#### Il Benessere Organizzativo e le attività connesse.

A valle dell'analisi del Benessere Organizzativo nell'Ente, condotta dalla precedente Consigliera di Fiducia (avvocata Marina Capponi) attraverso il questionario Magellano e delle criticità emerse fra il

personale, fra il 2015 e l'inizio 2016, è stato portato avanti dalla Consigliera, in collaborazione con il CUG, un progetto pilota sui circoli di ascolto, con l'obiettivo di migliorare il clima lavorativo, sperimentando metodologie applicate finora in contesti diversi da quelli di un Ente di Ricerca. I circoli sono stati costituiti in quattro strutture pilota (CNAF, LNGS, Napoli, Torino). A inizio 2016, la Consigliera uscente ha presentato al consiglio direttivo dell'Ente un'analisi dei risultati ottenuti onde capire l'efficacia del metodo e valutare l'eventuale estensione alle altre strutture. Considerati i risultati ottenuti la nuova Consigliera di Fiducia, avvocatessa Chiara Federici, nominata ad aprile 2016, continuando l'attività progettuale di ricerca della Consigliera precedente, ha proposto nell'ottobre del 2016 l'attivazione di altri circoli con un modello ottimizzato per la tipicità dell'ente. L'INFN ha approvato per il 2017 la realizzazione di questi circoli in quattro nuove strutture (Firenze, Genova, LNL, Roma TorVergata). A valle di questa nuova fase e in funzione dei risultati ottenuti, tale strumento di "problem solving" potrebbe essere utilizzato in tutte le strutture a partire dal 2018, portando ad una partecipazione più diretta e a una maggiore responsabilizzazione del personale.

## 6. IL PROCESSO DI REDAZIONE DELLA RELAZIONE SULLA PERFORMANCE

### 6.1 FASI, SOGGETTI, TEMPI E RESPONSABILITÀ

Nella tabella seguente sono evidenziati fasi, soggetti, tempi e responsabilità utilizzati nel processo di definizione e adozione della Relazione.

Fase della Relazione	Chi	Come e Quando
1. Presentazione della Relazione	• Civit (Linee guida)	• Delibera n. 5/2012
2. Sintesi delle informazioni d'interesse:	• Consiglio Direttivo dell'Istituto • Direttore Affari Amministrativi	• Piano triennale 2017-2019 • Rendiconto 2016 al Consiglio Direttivo del 26.5.2017
2.1. L'amministrazione	• Direttore Generale	• Piano triennale 2017-2019
2.2. I risultati raggiunti	• Direttore Affari Amministrativi	• Rendiconto 2016 al Consiglio Direttivo del 26.5.2017
2.3. Le criticità e le opportunità	• Consiglio Direttivo dell'Istituto	• Piano triennale 2017-2019
2.4. Le risorse finanziarie	• Direttore Affari Amministrativi	• Bilancio di Previsione 2017 al Consiglio Direttivo del 21.12.2016
3. Obiettivi: risultati raggiunti e scostamenti:	• Direttore Affari Amministrativi	• Rendiconto 2016 al Consiglio Direttivo del 26.5.2017
3.1. Albero della Performance	• Membro di Giunta Esecutiva delegato	• Monitoring sul 2016
3.2. Obiettivi strategici	• Consiglio Direttivo dell'Istituto	• Piano triennale 2017-2019
3.3. Obiettivi e piani operativi	• Presidenti delle Commissioni Scientifiche Nazionali	• Bilancio preventivo 2017 e rilevazioni consuntive 2016 delle Commissioni Scientifiche Nazionali
3.4. Obiettivi individuali	• Comitato di valutazione interno	• Monitoring riferito sino all'anno 2016
4. Risorse, efficienza ed economicità	• Direttore Affari Amministrativi	• Rendiconto 2016 al Consiglio Direttivo del 26.5.2017
5. Pari opportunità e bilancio di genere	• Presidente CUG	• Piano Triennale Azioni Positive.
6. Processo di redazione della Relazione sulla performance	• Direttore Generale	• Redazione della Relazione in giugno/luglio 2017

### 6.2 PUNTI DI FORZA E DI DEBOLEZZA DEL CICLO DELLA PERFORMANCE

In termini di analisi del processo e integrazione tra i vari soggetti coinvolti nella gestione del ciclo della performance – come definito dal D.Lgs n. 150/2009 – l'Istituto ha realizzato un primo tentativo di armonizzazione fra le diverse parti coinvolte; tradizionalmente queste operano in ottica nettamente dedicata agli specifici settori di appartenenza – principalmente, le cinque linee scientifiche di ricerca, i progetti strategici e speciali, il settore amministrativo – con un sottofondo culturale radicato nel principio dell'autonomia del ricercatore, tipico della ricerca fondamentale.

Una crescente armonizzazione dei diversi aspetti del ciclo della performance sarà ottenuta attraverso l'applicazione delle nuove disposizioni introdotte nel D.Lgs n. 150/2009 dal d.lgs. n. 74/2017.

Di seguito è presentata la tabella dei documenti del ciclo di gestione della performance finora adottati.

<b>Documento</b>	<b>Data di approvazione</b>	<b>Data di pubblicazione</b>
<b>Sistema di misurazione e valutazione della Performance</b>	25/03/2011	25/03/2011
<b>Piano della performance</b>	30/03/2012	30/03/2012
	19/12/2014	13-01-2015
	26/05/2017	5/06/2017
<b>Relazione sulla Performance</b>	26/07/2012	16/10/2013
	27/09/2013	16/10/2013
	23/07/2014	10/08/2014
	23/07/2015	6/08/2015
	24/06/2016	11/07/2016