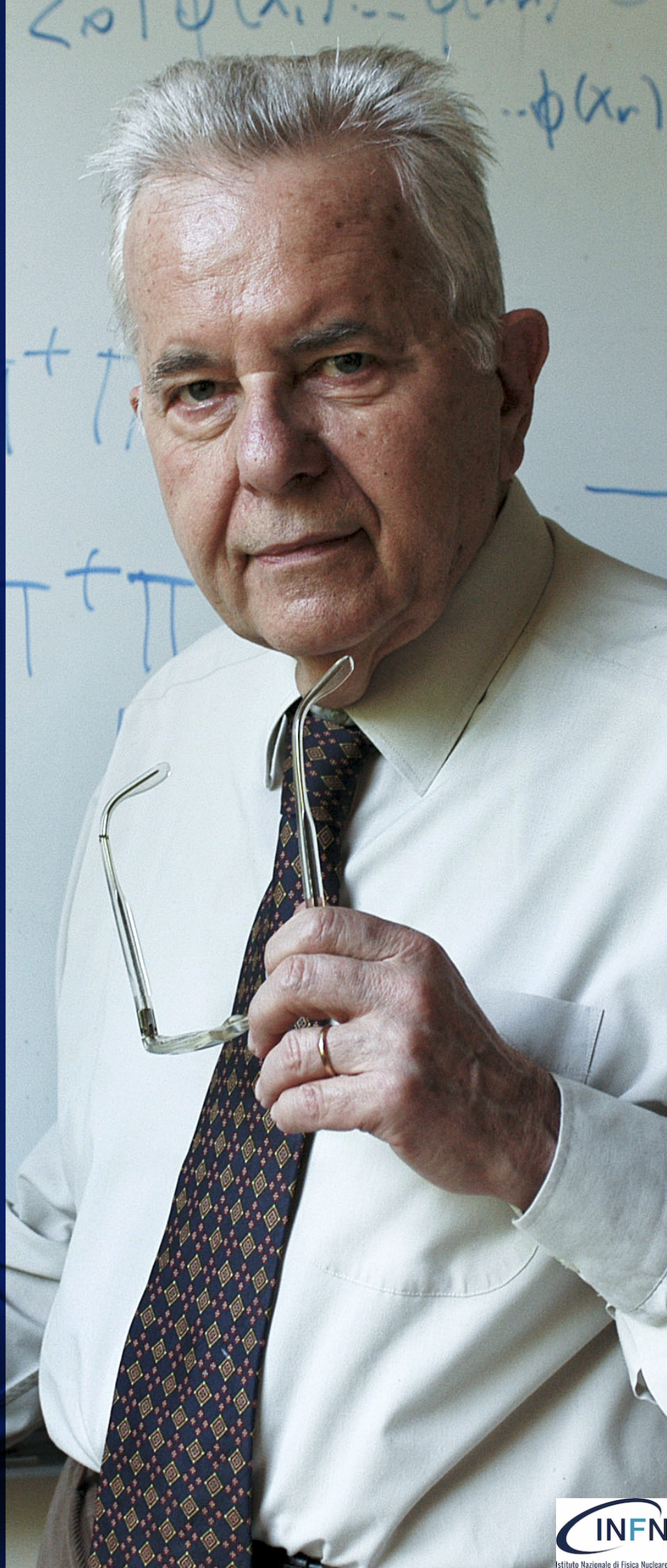




Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

PIANO TRIENNALE

2021
2023



Ente

**ISTITUTO NAZIONALE FISICA NUCLEARE
INFN**



PIANO TRIENNALE DI ATTIVITÀ 2021 - 2023

AGGIORNAMENTO 2021

INDICE

INTRODUZIONE

1.	L'ISTITUTO	pag. 1
2.	LE RISORSE FINANZIARIE	pag. 3
3.	LE RISORSE DI PERSONALE	pag. 10
4.	PARTECIPAZIONI A CONSORZI, SOCIETÀ E FONDAZIONI	pag. 18
5.	L'ATTIVITÀ DI RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA	pag. 19
6.	INFRASTRUTTURE DI RICERCA	pag. 31
7.	PROGETTI CON ALTRI ENTI E UNIVERSITÀ, PROGETTI EUROPEI, ERIC E FONDI ESTERNI	pag. 42
8.	LE ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE E IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO	pag. 47
9.	VALUTAZIONE DELL'ENTE	pag. 56

CVI REPORT 2020

INTRODUZIONE

Il documento Piano Triennale 2021-2023 presenta il piano di sviluppo delle attività dell'Ente nei prossimi tre anni. È costruito per descrivere in modo sintetico e operativo le risorse e i finanziamenti legati sia all'attività di base dell'Istituto (la Missione) che ai progetti speciali.

Ricordo le principali caratteristiche dell'Ente:

- Una missione molto chiara, forte compattezza della comunità con conseguente grande efficienza dei progetti.
- Rapporto strettissimo con le Università con una diffusione capillare sul territorio nazionale. L'INFN fornisce un cruciale sostegno alle attività di ricerca in Fisica delle Università, rappresentando una fonte di ricchezza e vivacità culturale e traendo vantaggio dal rapporto con i giovani, alla cui formazione contribuisce attivamente.
- Auto-governo responsabile: rappresentatività della comunità e controllo MUR in equilibrio e una gestione interna fortemente orientata dalla scienza. Nell'INFN, oltre all'ampio coinvolgimento del personale di ricerca negli organi di governo, il modello di gestione e organizzazione, simile ad altri utilizzati dalla ricerca a livello internazionale, prevede la 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. Questo è uno degli elementi identitari dell'Istituto, che maggiormente ha contribuito e contribuisce al successo della nostra attività di ricerca, da preservare assolutamente nello spirito e nella sostanza.
- Eccellente capacità di formazione a livello di lauree, dottorati (circa il 50% delle tesi di dottorato in Fisica) e attività *post-doc*. I giovani si formano e ottengono risultati eccezionali anche all'estero costituendo un grande serbatoio di competenze, che spesso trasferiscono alla società. La prova di questa capacità è negli ottimi risultati della valutazione e delle abilitazioni nazionali. Allo stesso tempo, le nostre attività e infrastrutture di ricerca sono scientificamente attraenti anche per studiosi, in particolare giovani, provenienti dall'estero, come dimostra il successo del programma annuale di borse *post-doc* per stranieri.
- Ricerca che si svolge in gran parte nell'ambito di grandi collaborazioni internazionali in cui rivestiamo ruoli di primo piano. Siamo tra i leader del CERN, il più grande laboratorio mondiale di fisica delle particelle. Abbiamo i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), il più grande e più facilmente accessibile laboratorio sotterraneo del mondo, una infrastruttura di ricerca unica utilizzata da ricercatori provenienti da tutto il mondo. Il consorzio EGO (a cui partecipano INFN e CNRS francese, ai quali quest'anno si è aggiunto il NIKHEF olandese) a Cascina (Pisa), dove si svolge l'esperimento VIRGO, si è dimostrato strumento straordinario per il successo nella ricerca delle Onde Gravitazionali.
- Infrastrutture di ricerca proprie: oltre ai LNGS, altri tre grandi laboratori, i Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL), i Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) e i Laboratori Nazionali del Sud (LNS), in grado di portare avanti ricerca di eccellenza e nel contempo permettere la formazione di giovani di assoluto valore. A questi si aggiunge l'infrastruttura di calcolo dell'Ente, con il proprio centro principale (Tier-1) al CNAF di Bologna e nove centri satellite (Tier-2) distribuiti sul territorio nazionale. Questa infrastruttura di avanguardia, interfacciata con il centro HPC del Cineca, permette di analizzare in tempi veloci tutti i dati prodotti dai principali esperimenti cui partecipa l'INFN e fornisce risorse alla comunità dei fisici teorici. La sfida è rinnovare queste

strutture e mantenerle competitive. Per questo, oltre alle attività pluriennali che li caratterizzano, tutti questi laboratori hanno in corso piani di potenziamento, alimentati da fondi nazionali e regionali, che prevedono la costruzione di nuove *facilities* di livello internazionale in vari campi di ricerca e applicativi.

- Ricadute di utilità sociale e trasferimento tecnologico: le nostre ricerche fanno uso e richiedono lo sviluppo di tecnologie avanzate insieme al mantenimento di know-how. Queste trovano naturale applicazione a temi di alta utilità sociale: beni culturali, *cloud computing* e calcolo *HPC*, *quantum technologies*, adroterapia e strumentazione di diagnostica medica, produzione di radioisotopi per la farmaceutica e molto 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. Potendo contare su rilevanti risultati, scientifici, tecnologici e applicativi, caratteristici della propria Missione, l'INFN sta potenziando il proprio DNA internazionale, sia partecipando in modo organico alle infrastrutture di ricerca Europee (come quelle della Road Map ESFRI), sia cercando di trasformare alcune delle proprie infrastrutture in ERIC. A questo va aggiunta una forte valorizzazione del settore di Ricerca e Sviluppo e un potenziamento del Trasferimento Tecnologico, nella convinzione che sia importante diventare sempre più competitivi nella sfida posta dal nuovo programma quadro della UE, Horizon Europe (2021-2027).

La strategia posta in essere dall'INFN per il Trasferimento Tecnologico si basa soprattutto sulla valorizzazione di idee e tecniche innovative, che nascono nell'ambito della ricerca di base, e si propone di facilitare e catalizzare i processi di scambio di conoscenza fra il mondo della ricerca e la società, sia essa intesa come il mondo delle imprese che in un qualunque altro contesto destinatario delle applicazioni, consentendo così alle nuove tecnologie di tradursi in beni e servizi per la collettività.

Sul piano dei risultati scientifici, la scoperta del bosone di Higgs e il premio Nobel a Englert e Higgs hanno coronato uno sforzo ventennale dell'INFN che ci vede orgogliosi protagonisti degli esperimenti a LHC al CERN. Vale la pena ricordare che l'Italia è l'unico paese al mondo ad avere avuto contemporaneamente tutti e quattro gli *spokesperson* dei principali esperimenti di LHC. Questa leadership dei fisici italiani ha contribuito alla rielezione (per la prima volta nella storia del CERN) di Fabiola Gianotti alla direzione del CERN. Ricordiamo che nel 2019 l'INFN è risultato l'ente di ricerca migliore al mondo (fonte Nature¹) per quanto riguarda la "*big science*", superando nella classifica anche il CERN e il Fermilab!

INFN ha contribuito in modo sostanziale all'aggiornamento della Strategia Europea per la Fisica delle Particelle (ESPP), concluso nel 2020. Tra le priorità individuate da questo lungo processo vale la pena di citare il Conceptual Design Report del Future Circular Collider (FCC) del CERN, che descrive le potenzialità di fisica dei nuovi collisori che potrebbero essere installati in un nuovo tunnel circolare di 100 km di lunghezza (FCC-ee, FCC-hh, FCC-e⁺e⁻) e lo studio di futuri collisori di muoni.

Tra i risultati di rilievo conseguiti quest'anno, citiamo due importanti conferme di segnali che puntano a una fisica oltre il Modello Standard: la nuova misura della violazione dell'universalità del sapore leptonic nei decadimenti del mesone *B*, effettuata dall'esperimento LHCb al CERN, che conferma e rafforza la discrepanza dal Modello Standard già osservata in precedenti misure, e i primi risultati dell'esperimento *Muon g-2* al *Fermilab*, a cui l'INFN partecipa sin dalla nascita, che

¹ <https://www.natureindex.com/news-blog/top-ten-institutions-in-big-science-physics-and-astronomy>

misura il momento magnetico anomalo del muone con una precisione senza precedenti. La nuova misura ha confermato le discrepanze con il Modello Standard già evidenziate in un precedente esperimento al *Brookhaven National Laboratory* concluso nel 2001.

Siamo stati protagonisti della rivelazione delle Onde Gravitazionali, l'ultimo tassello mancante alla centennale teoria della Relatività Generale di Einstein, con uno straordinario contributo umano e tecnologico dell'INFN attraverso l'esperimento VIRGO. Il premio Nobel 2017 a Weiss, Thorne e Barish è stato un altro segno del successo di questa linea di ricerca. La collaborazione tra gli interferometri americani LIGO e VIRGO ha portato alla prima osservazione di una coalescenza di stelle di neutroni e con il coinvolgimento dell'intera comunità astronomica ha segnato di fatto l'inizio di una nuova era nella ricerca astronomica: l'Astronomia Multimessaggera. Sull'onda di questo successo e per dare continuità allo sfruttamento di questa autentica miniera di informazioni sull'Universo, l'Italia intende candidarsi a ospitare Einstein Telescope (ET), il rivelatore europeo di onde gravitazionali di futura generazione. Il sito, eccezionale per le sue caratteristiche geofisiche, è stato identificato in Sardegna. ET è stato sottomesso nel 2020 e recentemente inserito nella Road Map delle infrastrutture europee (ESFRI).

Ai LNGS, dove ospitiamo una vasta comunità internazionale, abbiamo ottenuto il limite di esclusione più stringente al mondo sulla ricerca della Materia Oscura per WIMPS con massa $> 3.5 \text{ GeV}/c^2$ (XENON1T) e tra i migliori risultati sul decadimento Doppio Beta senza emissione di neutrini (GERDA e CUORE). Inoltre, la tecnologia dimostrata ai LNGS dall'esperimento ICARUS, attualmente in funzione a *Fermilab* e guidato dal Premio Nobel Carlo Rubbia, è quella scelta per il futuro esperimento su scala globale con fasci di neutrino (DUNE). Nel prossimo triennio, i LNGS manterranno una *leadership* mondiale nel campo della fisica degli eventi rari, con particolare riferimento alla ricerca della Materia Oscura e del Doppio Decadimento Beta senza emissione di neutrini (tale processo può avvenire solo se il neutrino coincide con la sua antiparticella, come ipotizzato da Ettore Majorana circa 80 anni fa). Inoltre, le caratteristiche di bassissima radioattività del laboratorio lo hanno reso sito di elezione per la realizzazione di una *facility* per misure, test e validazione di dispositivi quantistici nell'ambito del progetto SQMS finanziato dal DOE che vede l'INFN come unico partner non statunitense con un finanziamento di 1.6 milioni di dollari. Anche quest'anno confermiamo il nostro costante e rigoroso impegno e la nostra piena collaborazione per la tutela dell'ambiente e della risorsa idrica, e per la sicurezza del complesso Sistema Gran Sasso, di cui i nostri laboratori fanno parte.

È in fase di installazione il progetto KM3NeT ai LNS, che fa parte della Road Map di ESFRI. KM3NeT prevede il dispiegamento di una rete di rivelatori nel Mar Mediterraneo al largo di Capo Passero in Sicilia e di Tolone in Francia, e rappresenterà una risorsa non solo per lo studio dei neutrini emessi nei processi più violenti che avvengono nella nostra galassia ma anche per ricerche interdisciplinari, dalla biologia marina alla geofisica, alcune già avviate in collaborazione con altri Enti e Università. In questo ambito, la prima fase di espansione dell'infrastruttura IDMar è stata recentemente completata con l'installazione di cinque nuove stringhe. Si tratta di un passo cruciale verso la piena realizzazione di ARCA, il più grande telescopio subacqueo per osservare i neutrini cosmici di altissima energia. I nuovi componenti del rivelatore, trasportati nel sito su nave, hanno raggiunto la profondità di 3500 m, dove sono stati ancorati sul fondo marino e connessi alla stazione di terra, prima di essere posti nella configurazione finale. I rivelatori stanno funzionando in modo eccellente e hanno iniziato a collezionare i primi dati

Ai LNL di Legnaro è in fase di completamento la messa a punto dell'acceleratore SPES, al servizio della ricerca nucleare di base, l'astrofisica nucleare, e con potenzialità straordinarie per la produzione di radiofarmaci, che si realizzerà in collaborazione col settore privato.

Al LABEC di Firenze le nostre tecnologie hanno un utilizzo importante nel settore dei beni culturali, e il polo di Firenze sarà un pilastro della rete europea per i beni culturali E-RIHS, anch'essa parte della Road Map ESFRI. Un acceleratore di nuova concezione, costruito dall'INFN in collaborazione con il CERN, sarà presto installato presso l'Opificio delle Pietre Dure, che sarà il secondo museo in Europa a poter disporre di uno strumento di diagnostica così sofisticato.

Ai LNF di Frascati, laboratorio storico dell'INFN dove all'inizio degli anni '60 del secolo scorso è stato realizzato il primo anello di collisione elettrone-antielettrone del mondo *AdA*, stiamo puntando a sviluppare 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 (*European Plasma Research Accelerator with eXcellence In Applications*). Il progetto, che prevede lo sviluppo di un nuovo acceleratore di particelle al plasma, consentirà di ridurre significativamente i costi e le dimensioni di un acceleratore di particelle ed è stato sottomesso nel 2020 e recentemente inserito nella Road Map di ESFRI. Il Design Study, completato nel 2019, prevede che Frascati ospiti uno dei due pilastri dell'infrastruttura distribuita europea. Nel corso del 2021 si intende completare la progettazione definitiva ed esecutiva del nuovo edificio che ospiterà il primo FEL basato su accelerazione al plasma, per poi passare nel triennio successivo, alla realizzazione dell'edificio. L'INFN ha ottenuto un finanziamento di 108 milioni di euro dal MUR, da utilizzare nel corso di un decennio, a valere sul "Fondo per il finanziamento degli investimenti e lo sviluppo infrastrutturale", che è previsto coprire i costi di realizzazione ed installazione dell'edificio e della strumentazione dell'acceleratore.

In campo internazionale va sottolineato il coinvolgimento INFN in progetti in collaborazione con la Cina. Abbiamo conquistato una partnership privilegiata specialmente in diversi campi che vanno dagli esperimenti su acceleratori (BES-III), a quelli su satellite (DAMPE, LIMADOU) a esperimenti sotterranei (JUNO) mutuati 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 corso la costruzione di parti rilevanti della European Spallation Source (ESS) a Lund, in Svezia. Siamo partner dell'upgrade a ESRF a Grenoble, in Francia, abbiamo completato la fornitura delle cavità superconduttrici a XFEL ad Amburgo, in Germania, e abbiamo contribuito alla realizzazione di SESAME (*Synchrotron-light for Experimental Science and Applications in the Middle East*), che costituisce il più importante centro di ricerca internazionale del Medio Oriente, nel quale sono coinvolti Israele, Giordania, Iran, Cipro, Pakistan, Egitto, Autorità Palestinese e altri paesi della regione. L'INFN continua il supporto tecnico-scientifico all'iniziativa, anche tramite programmi della EU. Siamo infine partner per la tecnologia delle cavità superconduttrici del nuovo acceleratore di Fermilab (PIP-II), sviluppata al LASA di Milano.

L'applicazione terapeutica delle radiazioni nucleari 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, il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica, dove l'INFN dopo aver collaborato con il CERN alla costruzione del cuore del Centro, il sincrotrone, ha

recentemente contribuito alla realizzazione di una linea di ricerca dedicata. In secondo luogo, si sta sviluppando l'attività a TIFPA, struttura costituita dall'INFN a Trento. 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 ha anche messo in funzione la linea di ricerca.

Voglio ricordare con soddisfazione lo straordinario successo del Gran Sasso Science Institute (GSSI), la scuola di dottorato ubicata a L'Aquila, di cui l'INFN è stato ente attuatore e che è ora un gruppo collegato. Forti della esperienza fatta col GSSI, abbiamo trasformato il Galileo Galilei Institute (GGI) ad Arcetri in Centro di Alta Formazione dell'INFN in collaborazione con l'Università di Firenze. Nel 2021, in collaborazione con il GGI, l'INFN ha assegnato la Medaglia Galileo Galilei ai fisici Alessandra Buonanno, Thibault Damour e Frans Pretorius per il loro fondamentale contributo alla loro comprensione di sorgenti di radiazione gravitazionale, indispensabile per l'interpretazione dei segnali di onde gravitazionali osservati da LIGO e VIRGO. La Medaglia Galileo Galilei viene consegnata ogni due anni a fisici che hanno dato, nei precedenti 25 anni, contributi rilevanti nel campo della fisica teorica.

Mi piace segnalare che ci sarà anche l'Italia fra i Paesi Europei che ospiteranno un supercomputer con elevatissime capacità di calcolo. Il progetto prevede la collocazione presso il Tecnopolo di Bologna di un calcolatore di classe pre-exascale, caratterizzato da oltre 250 petaflops di potenza di picco, con un impegno economico complessivo del MUR pari a 120 milioni di euro, distribuito su sette anni (2019-2025). L'assegnazione di questo progetto all'Italia è stata possibile grazie a un Consorzio guidato dal CINECA insieme all'INFN e alla Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA).

Come istituzione che opera su temi scientifici di frontiera, l'INFN ha quindi un rilevante impatto sul progresso della conoscenza, sullo sviluppo tecnologico e per l'economia del Paese. Conscio di questo ruolo, e del fatto che per un ente pubblico è un dovere condividere con la società le proprie attività e i risultati che ne derivano, l'Istituto è fortemente impegnato nella attività di Terza Missione, non solo negli ambiti sopracitati del trasferimento tecnologico e dell'alta formazione, ma anche nella diffusione della cultura scientifica. Grazie a un coordinamento strategico centrale, l'Istituto promuove, progetta, organizza e realizza molteplici attività di comunicazione, outreach e public engagement su tutto il territorio nazionale, dedicate sia all'ampio pubblico, sia a pubblici specifici, come ragazzi, studenti e insegnanti.

Sul piano organizzativo dedichiamo una grande attenzione alla pianificazione e alla realizzazione del riammodernamento gestionale che prevede una razionalizzazione degli aspetti amministrativi e tecnici. Nel 2021 è prevista una riorganizzazione della nostra Amministrazione Centrale che segue criteri di efficienza gestionale, razionalizzazione, dematerializzazione, analisi e ottimizzazione dei flussi amministrativi.

Un elemento di forte criticità è rappresentato dal modello di finanziamento. L'attribuzione su base annuale dei finanziamenti non è assolutamente funzionale alla programmazione, soprattutto in un contesto di ricerca e specialmente in rapporto alle realtà internazionali, in cui la programmazione avviene tipicamente su base pluriennale.

La programmazione del fabbisogno di personale è resa difficile dall'attuazione dei programmi straordinari di stabilizzazione e reclutamento. Per quanto questi piani siano rispondenti a esigenze reali, quali la crescita anomala dei precari negli anni di blocco delle assunzioni e l'esigenza di aumentare il numero dei ricercatori in Italia, sarebbe di gran lunga preferibile per l'Istituto poter

contare su risorse per il reclutamento certe e definite su base pluriennale, in modo da poter avere una programmazione sul lungo periodo dei concorsi, l'unico meccanismo che garantisce l'accesso dei migliori e il mantenimento dei livelli di eccellenza. Non va poi dimenticato che l'aumento del numero di ricercatori e tecnologi va accompagnato da un corrispondente aumento del *budget* di ricerca, se si vogliono mantenere i livelli di eccellenza.

Anche il rapporto con l'Università, elemento qualificante del modello INFN, è oggi divenuto complesso. C'è una oggettiva separazione e chiusura, generata dai meccanismi di reclutamento, che rende di fatto il sistema chiuso alla mobilità. A questo si aggiunge la difficoltà di sfruttare l'attrattività nei riguardi di studiosi (stranieri o italiani) operanti all'estero per le condizioni al contorno: offerta economica, prospettiva di carriera, burocrazia. E' estremamente importante mantenere il parallelismo tra le carriere nell'Università e negli Enti di ricerca e incentivare con provvedimenti mirati la mobilità nelle due direzioni, così come continuare a sviluppare programmi e norme volti ad attrarre ricercatori dall'estero, sia italiani che stranieri.

Concludo purtroppo anche quest'anno con alcune considerazioni sulla pandemia di CoVid-19. L'INFN, anche nella seconda e terza ondata, ha reagito prontamente e, anche attraverso il prezioso lavoro dell'unità di crisi, appositamente creata, ha continuato a gestire l'emergenza, avendo come priorità la salute del proprio personale, e cercando al contempo di dare il proprio contributo al Paese e al contrasto della pandemia. L'Ente è stato sempre pienamente operativo, pur nelle difficoltà dovute alle misure di contenimento, adattandosi all'emergenza e utilizzando al meglio tutti gli strumenti a disposizione, dal lavoro agile ai sistemi di videoconferenza, per poter portare avanti le proprie attività. Abbiamo inoltre cercato di incentivare quelle attività che potessero essere di sostegno per la società, come le attività amministrative per un contributo all'economia, e di comunicazione per un supporto alle scuole, a ragazzi e insegnanti. Inoltre, facendo leva sulla creatività e la capacità di innovazione proprie della ricerca di base, abbiamo reindirizzato le nostre competenze e le nostre risorse, come laboratori e infrastrutture di calcolo, per sostenere progetti multidisciplinari per il contrasto al CoVid-19. In particolare, per la ricerca di cure farmacologiche assieme al nostro spin-off Sibylla Biotech, e con il progetto europeo Exascale4cov; per la validazione di materiali per la produzione di DPI con l'Anti_Cov_Lab; per lo sviluppo di dispositivi di supporto respiratorio come il progetto MVM certificato dalla FDA; per studi sulle possibili connessioni tra diffusione del virus, clima e inquinamento atmosferico o per l'analisi dei dati sulla diffusione della pandemia, con il progetto CovidStat, un sito web pubblico di informazione che è anche uno strumento a disposizione e al servizio di altre comunità scientifiche. Credo che l'esperienza che stiamo vivendo dimostri ancora una volta che la ricerca scientifica, grazie alle sue capacità di reazione, di ingaggio in nuove imprese, di innovazione e di cooperazione, rappresenta una risorsa imprescindibile per affrontare le grandi sfide dei nostri tempi.

Chiudo con la dedica della copertina di questo Piano Triennale a Nicola Cabibbo, fisico teorico di fama internazionale ed ex Presidente dell'INFN, di cui ad agosto 2020 ricorrevano i 10 anni dalla scomparsa. Per l'occasione l'INFN ha organizzato un Memorial Symposium, necessariamente online, che ha visto la partecipazione di quasi 1000 fisici dall'Italia e dall'estero, che hanno ricordato la figura di Nicola come uomo, come fisico e manager della scienza, attraverso il ricordo dei suoi allievi e amici, senza tralasciare di presentare le ultime novità sui molti argomenti di fisica a cui Nicola ha dato contributi fondamentali.

Antonio Zoccoli - Presidente INFN

1. L'ISTITUTO

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) è l'ente pubblico di ricerca, vigilato dal MUR, 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 e delle astro-particelle. L'Ente considera poi con grande attenzione tutte le applicazioni, derivanti da tale ricerca di base, che abbiano un significativo impatto sulla società, il territorio e il suo tessuto produttivo, e costituiscano un importante stimolo per l'innovazione tecnologica del nostro Paese.

Le attività di ricerca dell'INFN si svolgono in un ambito di collaborazione e competizione internazionale e in stretta cooperazione con il mondo universitario italiano, sulla base di consolidati e pluridecennali rapporti. Numerose attività di ricerca sono condotte in sinergia con altri Enti di ricerca nazionali. La ricerca fondamentale nei settori di interesse dell'Ente richiede l'uso di tecnologie e strumenti di ricerca d'avanguardia che l'INFN sviluppa sia nei propri laboratori che in collaborazione con partner industriali.

L'attività dell'INFN si basa su due tipi di strutture di ricerca complementari: le Sezioni e i Laboratori Nazionali (vedi Figura 1.1). I quattro Laboratori nazionali, con sede a Catania (LNS – Laboratori Nazionali del Sud), Frascati (LNF – Laboratori Nazionali di Frascati), Gran Sasso (LNGS – Laboratori Nazionali del Gran Sasso) e Legnaro (LNL – Laboratori Nazionali di Legnaro), ospitano grandi apparecchiature e infrastrutture messe a disposizione della comunità scientifica nazionale e internazionale. Le 20 Sezioni e i 6 Gruppi collegati alle Sezioni o Laboratori hanno sede in altrettanti dipartimenti di fisica universitari e realizzano la stretta connessione tra l'Istituto e le Università.

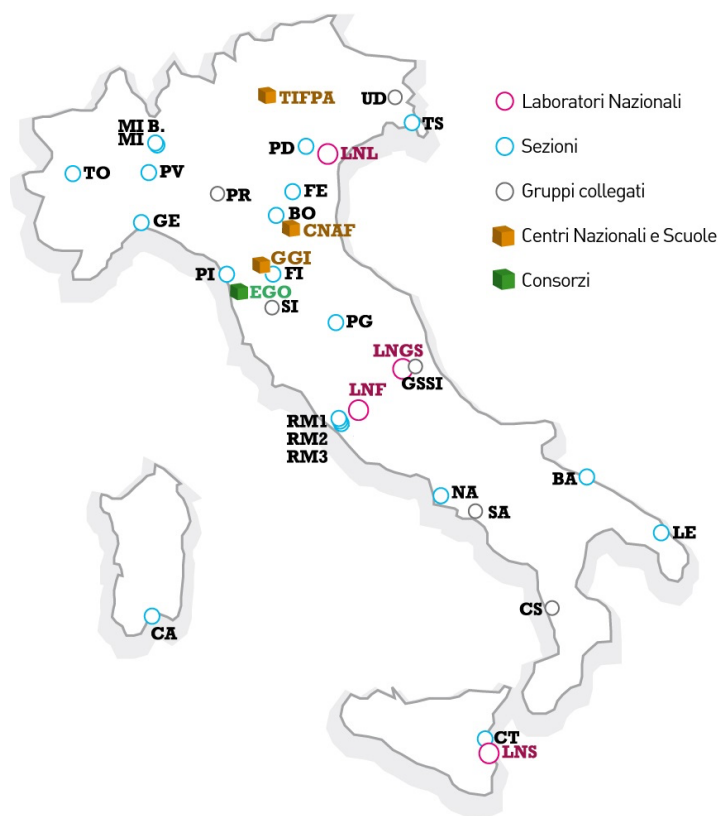


Figura 1.1

A supporto delle attività INFN vi sono inoltre tre centri nazionali: il CNAF di Bologna, che ospita il principale centro di calcolo dell'Ente; il TIFPA di Trento (*Trento Institute for Fundamental Physics and Applications*), un centro nazionale di scienza e tecnologia gestito insieme alla Provincia, all'Università ed alla Fondazione Bruno Kessler; il GGI (*Galileo Galilei Institute*) di Firenze, istituto d'eccellenza per l'alta formazione in Fisica teorica in collaborazione con l'Università di Firenze.

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

I 4 laboratori nazionali – LNF, LNGS, LNL, LNS – rappresentano un'ossatura fondamentale per tutte le iniziative dell'INFN ed in particolare ospitano infrastrutture messe a disposizione della comunità internazionale. Oltre ai laboratori nazionali, l'Ente partecipa ad altre grandi infrastrutture di ricerca sul territorio nazionale, come EGO (*European Gravitational Observatory*) che opera, mantiene e sviluppa l'interferometro VIRGO per lo studio delle onde gravitazionali con sede a Cascina (PI) o come KM3NeT, l'infrastruttura di ricerca distribuita che raccoglie i telescopi per neutrini di prossima generazione nel mare Mediterraneo, a cui l'Italia contribuisce con il telescopio sottomarino ARCA (*Astroparticle Research with Cosmics in the Abyss*) a largo di Capo Passero in Sicilia.

L'organizzazione manageriale e scientifica dell'Ente è mostrata in Figura 1.2

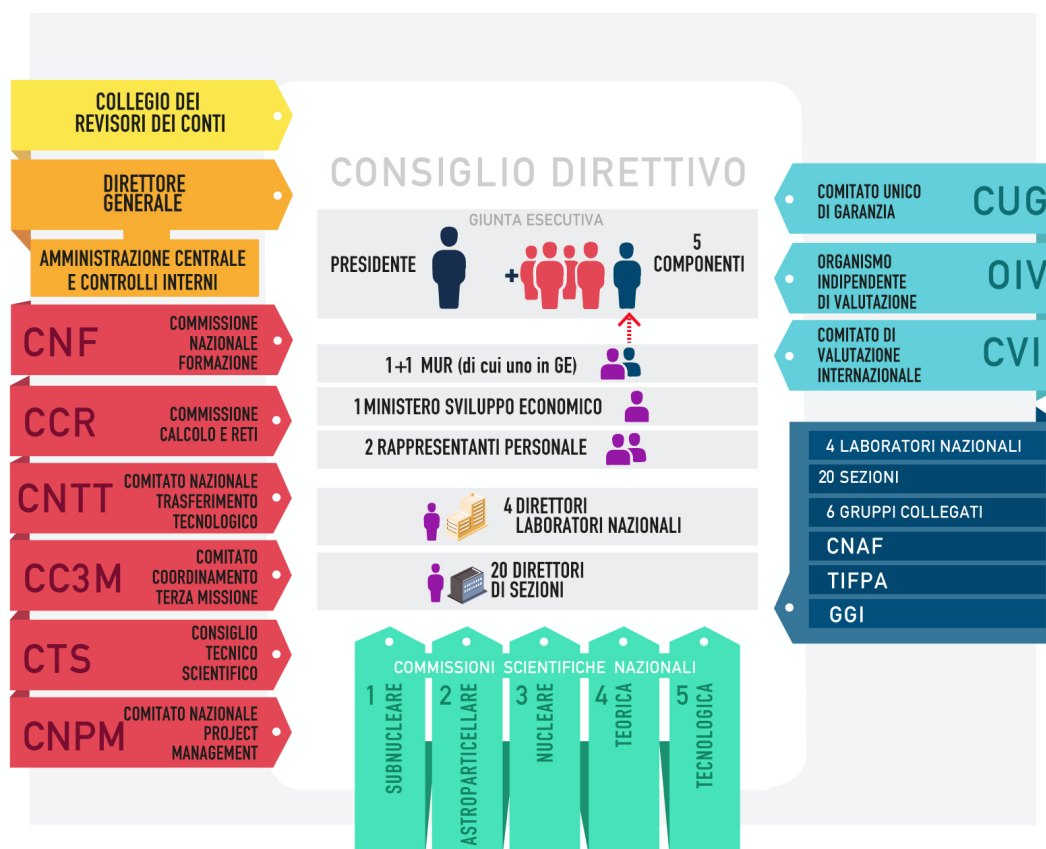


Figura 1.2

2. LE RISORSE FINANZIARIE

2.1 L'EVOLUZIONE STORICA DEL BILANCIO INFN

La figura sottostante (Fig. 2.1) illustra la serie storica di dati tratti dai bilanci consuntivi dell'Istituto rettificati con il sistema dei "prezzi costanti", completata con le previsioni di bilancio per gli anni 2021-2023.

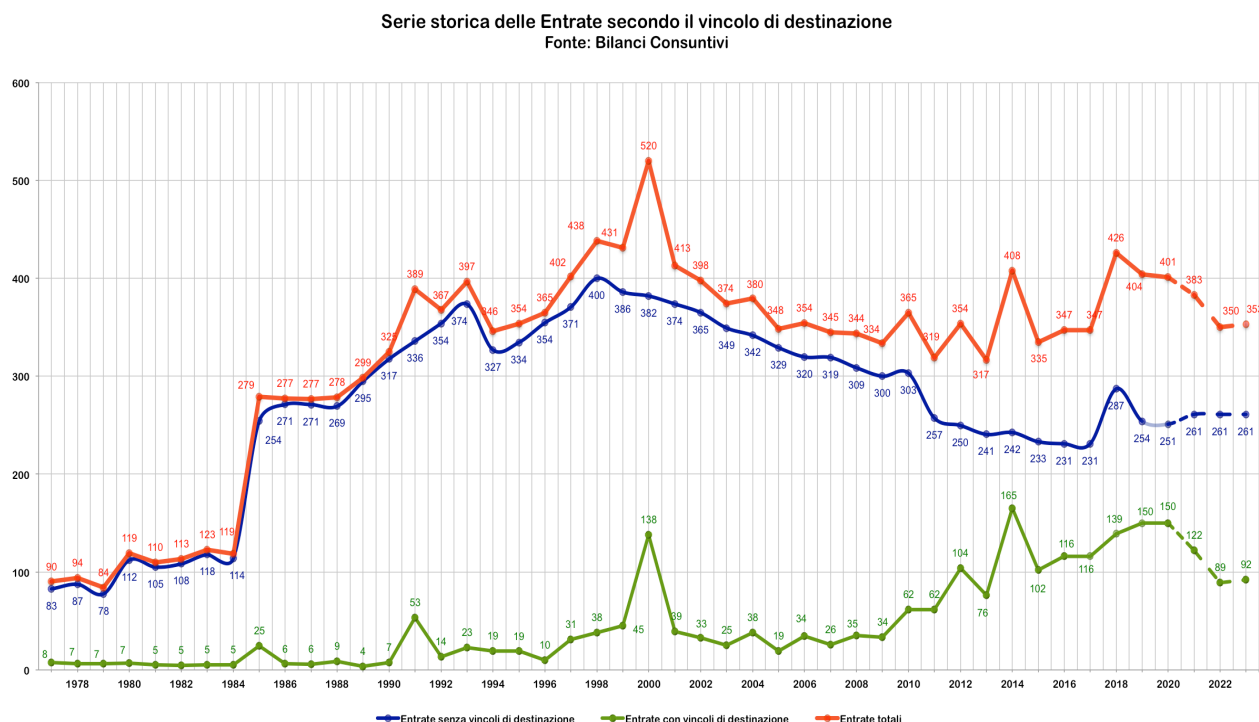


Fig. 2.1 Serie storica delle Entrate

Le Entrate senza vincolo di destinazione (FOE Assegnazione Ordinaria), dopo una progressiva e costante riduzione rispetto ai massimi del 2000, negli ultimi anni sembrano essersi stabilizzate vicino al livello rilevato nell'anno 1985. Per affrontare questa situazione, l'INFN ha intrapreso una duplice azione volta da una parte al contenimento delle spese, dall'altra al reperimento di nuove sorgenti di finanziamento, in modo tale da poter mantenere a livello di eccellenza le attività di ricerca in cui è impegnato.

Questa strategia ha portato negli ultimi anni alla crescita dei finanziamenti con vincoli di destinazione (Fig. 2.1, riga verde del grafico). Si tratta principalmente di fondi destinati a progetti di ricerca o tecnologici di durata pluriennale provenienti da diverse fonti tra cui ad esempio i fondi dei programmi europei, i fondi regionali (PON e POR), i progetti a valenza internazionale, a carattere continuativo e infrastrutturale.

La diminuzione delle Entrate senza vincolo di destinazione, unita al fatto che una parte considerevole del bilancio è costituita da spese intrinsecamente incompressibili, come quelle per il personale, rappresenta un fattore limitante per l'operatività dell'Ente. Questa riduzione incide

prevalentemente sulle spese di funzionamento e di ricerca per le quali, come detto, è indispensabile ricorrere ai finanziamenti esterni a destinazione vincolata.

2.2 LE RISORSE ORDINARIE

Il budget INFN viene assegnato dal MIUR attraverso il FOE e si compone di diverse parti che sono riassunte nella tabella 2.1, che riporta l'assegnazione del FOE 2020.

FOE ordinario MUR	251.018.510
FOE internazionali	30.950.000
FOE a carattere continuativo	15.000.000
FOE straordinario	250.000
Totale Entrate	297.218.510

Tabella 2.1

Tra queste diverse voci solo la prima non ha una destinazione vincolata ed i corrispondenti fondi possono essere spesi, oltre che per gli stipendi, per le attività di ricerca istituzionali dell'INFN, quali ad esempio le ricerche presso laboratori internazionali come il CERN di Ginevra, o i Laboratori INFN di Frascati, di Legnaro, del Sud (Catania) e del Gran Sasso.

I fondi per "Attività di ricerca a valenza internazionale" sono invece vincolati a progetti soggetti ad accordi internazionali, stipulati dal governo italiano, come ad esempio la European Spallation Source (ESS) in Svezia o VIRGO in Italia. L'INFN agisce come gestore dei fondi che sono previsti da questi accordi.

Con il 2018 è terminato il contributo straordinario di 15 M€/anno deliberato nella legge di bilancio del 2015, compensato dalla progettualità a carattere continuativo.

Il Decreto Legge 19 maggio 2020, n. 34 conv. in Legge 17 luglio 2020, N. 77 (c.d. "Decreto rilancio") all'art. 238 rubricato "Piano di investimenti straordinario nell'attività di ricerca", al fine di sostenere l'accesso dei giovani alla ricerca, ha disposto l'incremento del fondo ordinario per gli enti e le istituzioni di ricerca di 45 milioni di euro annui a decorrere dall'anno 2021 per l'assunzione di ricercatori negli enti pubblici di ricerca; il MUR con successiva nota ha comunicato la distribuzione assegnando all'INFN € 9.787.000 (DM 802 del 29/10/2020).

Nel 2020, inoltre, l'INFN ha ricevuto un'assegnazione straordinaria, pari a 3.9 M€ (DM 294 del 14/7/2020), per gli interventi specifici legati all'emergenza sanitaria che dovrebbe essere confermato anche per il 2021.

Ulteriori risorse, pari a 25 M€, sono state destinate alla stabilizzazione del personale precario degli enti di ricerca (art. 541, Lg. n. 178 del 30/12/2020). Il DM di riparto di queste risorse è atteso a breve.

Nella tabella 2.2 si vede l'andamento del budget INFN a partire dal 2010:

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Stima 2021	Stima 2022	Stima 2023
FOE	283	242	243	235	238	228	231	231	231	254	251	251	251	251
Decreto rilancio												9,8	9,8	9,8
Progetti internazionali	6	14	16	32	39	36	32	29	30	31	31	31	31	31
Progetti Straordinari	-	-	-	-	-	-	-	0,5	3	16	0,2	0,2	0,2	0,2
Progetti continuativi											15	15	15	15
Progetti bandiera	19	22	24	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Progetti premiali		35	41	39	32	30		39	16	-	-	-	-	-
Finanziamento straordinario L.B. 2015							15	15	15	-	-	-	-	-
Totale da MIUR	308	313	324	307,5	309	294	275	314,5	295	301	297,2	308	308	308

Tabella 2.2

Come si può vedere il budget totale INFN fino al 2014 è stato di circa 310 M€ per poi scendere negli anni successivi a circa 295 M€ (le oscillazioni del 2016 e 2017 sono dovute al fatto che la quota premiale 2016 è stata assegnata nel 2017). Nel 2016 e 2017 il fondo premiale del FOE è stato ridotto di più del 30% rispetto al 2015, con conseguente contrazione della parte assegnata all'INFN. L'effetto di questa riduzione sul budget INFN è stato mitigato dall'assegnazione straordinaria di 15 M€, terminata nel 2018 e ripristinata nel 2020 con i progetti continuativi. A partire dal 2019 il finanziamento premiale è stato assorbito nel contributo ordinario e a partire dal 2021 il budget complessivo, grazie al finanziamento di nuovi progetti a carattere straordinario e al finanziamento straordinario per l'assunzione di giovani ricercatori, si attesta di nuovo sui 308 M€ tornando ai livelli del 2010.

Nelle ultime tre colonne è mostrata una stima del budget INFN per gli anni 2021, 2022 e 2023, tenuto conto del finanziamento aggiuntivo previsto dal DL 34/2020 conv. in L77/2020 (c.d. "Decreto rilancio") di 9,8 M€.

I progetti di ricerca dell'INFN si caratterizzano per una durata pluriennale che può facilmente raggiungere, e in alcuni casi superare, il decennio: 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.

Nella figura 2.2 si rappresenta graficamente l'andamento delle entrate dal MIUR.

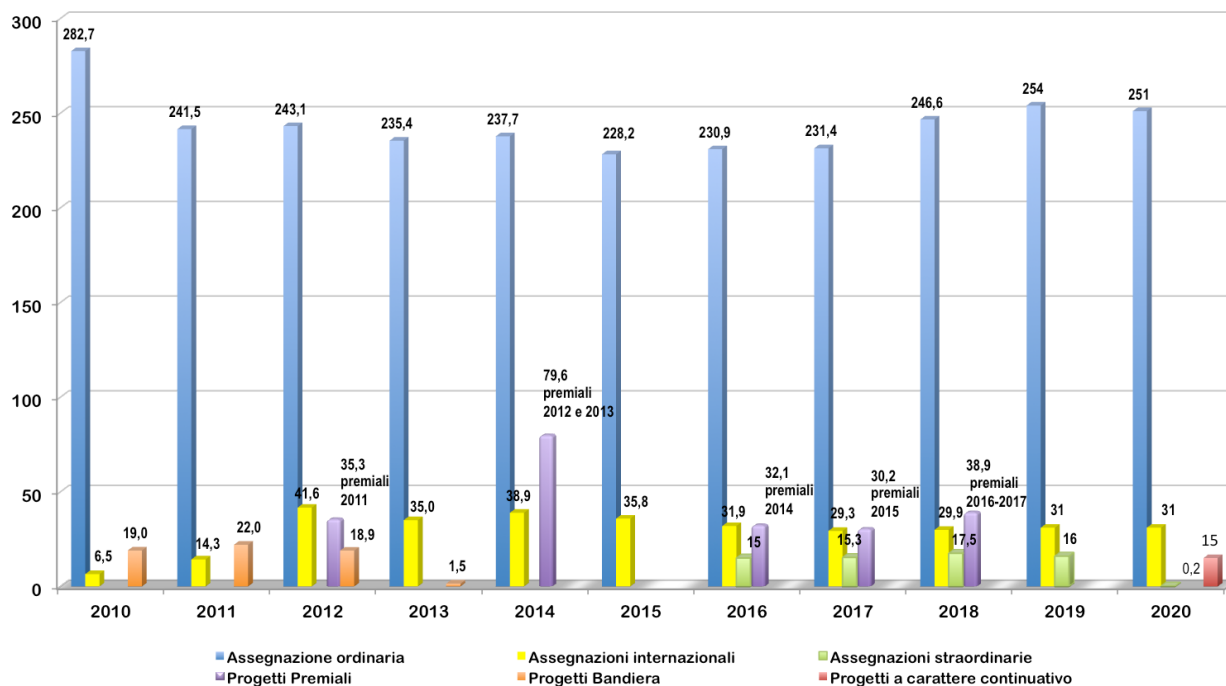


Fig. 2.2 Differenti tipologie di Entrate

Una diversa impostazione del finanziamento della ricerca comincerà a mostrare i suoi effetti nei prossimi anni grazie ai programmi pluriennali di potenziamento delle infrastrutture di ricerca, tramite il Fondo investimenti dall'art.1, comma 95 della legge n. 145/2018 e il capitolo 7936 del Bilancio dello Stato che prevede un finanziamento specifico per i progetti da realizzare nei Laboratori di ricerca, come si dettaglierà nel seguito. Ulteriori risorse sono attese in futuro attraverso il PNR e i programmi che l'INFN ha presentato nel PNRR: Einstein Telescope (ET) e High-Temperature Superconductivity (HTS) magnets.

2.3 IL PROFILO TRIENNALE DELLE RISORSE DISPONIBILI E DELLA SPESA 2021-2023

Le previsioni di spesa per gli esercizi compresi nel bilancio pluriennale sono basate sui seguenti criteri di riferimento:

ENTRATE

Le entrate per il primo esercizio del bilancio pluriennale (2021), escluse le partite di giro, sono state determinate in € 382.864.846.

Per gli esercizi 2022 e 2023 si prevede una riduzione delle entrate in ragione dei profili temporali dei finanziamenti sottoindicati (tabella 2.3):

- il finanziamento già previsto nel Fondo investimenti dall'art.1, comma 95 della legge n. 145/2018 che cofinanzia il progetto HPC per la realizzazione di un **supercomputer Exascale** nell'ambito del progetto comunitario Euro HPC
- il capitolo 7936 del Bilancio dello Stato che prevede un finanziamento specifico per i progetti da

realizzare nei diversi Laboratori di ricerca e che per INFN sarà concentrato sulla realizzazione di EuPRAXIA

	Descrizione intervento	Capitolo bilancio	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	TOT
			Importi in milioni di euro													
soggetto		denominazione	8	22	53	20	20	17	16	13	12	12	12	6	2	213
INFN	HPC	PG.2= Finanziamento per l'integrazione delle infrastrutture di calcolo scientifico di INFN e CINECA e per la creazione di un Hub europeo per i big data	5	20	52	10	10	5	3	-	-	-	-	-	-	105
INFN	LABORATORI	CAP.7936= Finanziamento all'INFN per i progetti da realizzare nei diversi laboratori	3	2	1	10	10	12	13	13	12	12	12	6	2	108

Tabella 2.3 Finanziamenti Fondo investimenti

SPESE

Le spese previste per l'anno 2021 sono state valutate sulla base storica degli ultimi anni per quanto riguarda il funzionamento delle strutture ed i fondi centrali. Per quanto riguarda le attività di ricerca ci si è basati sullo stato dei progetti pluriennali in corso e sull'impatto dei nuovi progetti approvati.

L'Istituto è, inoltre, attivo – sia a livello centrale, da parte delle Commissioni scientifiche e degli Organi di governo dell'Ente, sia a livello locale, da parte delle singole strutture territoriali - nella ricerca di Fondi esterni finalizzati a specifiche finalità di ricerca, tali da integrare in quantità crescente il trasferimento dello Stato (es.: Unione Europea, Regioni, ASI, altri enti di ricerca, privati).

Il Bilancio Pluriennale è redatto solo in termini di competenza per un periodo non inferiore al triennio. Esso descrive, in termini finanziari, le linee strategiche dell'Istituto nel breve-medio periodo predisposte in ragione delle risorse finanziarie disponibili. È allegato al Bilancio di Previsione 2021 e non ha valore autorizzativo. Il Bilancio pluriennale presenta un'articolazione delle poste coincidente con quella del Bilancio Annuale finanziario decisionale e la prima annualità corrisponde al presente Bilancio Annuale finanziario decisionale dell'Esercizio 2021. Il Bilancio pluriennale viene annualmente aggiornato in occasione della presentazione del Bilancio di Previsione e non forma oggetto di autonoma approvazione.

Bilancio Triennale	2021		2022		2023	
Personale	182,958	47,79%	183,000	52,29%	183,000	51,81%
Funzionamento	20,618	5,39%	21,000	6,00%	21,000	5,94%
Attrezzature	19,194	5,01%	20,000	5,71%	20,000	5,66%
Ricerca	142,168	37,13%	107,966	30,85%	111,240	31,49%
Spese Centrali Varie	17,927	4,68%	18,000	5,14%	18,000	5,10%
Grand Total	382,865	100,00%	349,966	100,00%	353,240	100,00%

Tabella 2.4 previsione pluriennale delle spese 2021-2023

Nella tabella 2.4 viene rappresentata la previsione finanziaria pluriennale di spesa per il triennio 2021-2023.

Si precisa che la previsione di spesa del personale riportata nella tabella 2.4 si riferisce, ovviamente, al costo del personale come risultante dalla somma dei capitoli di spesa del Nuovo Piano dei conti integrato riferiti al personale. Tale somma pertanto differisce da quella indicata nel paragrafo successivo “Risorse di personale” che riporta i costi del Conto annuale.

La tabella 2.5 riassume il quadro complessivo delle risorse disponibili e della previsione di spesa per il triennio 2021-2023.

(in milioni di euro)

	2021	2022	2023
ENTRATE:			
FOE ordinario MUR	251,019	251,000	251,000
FOE decreto di rilancio	9,940	9,940	9,940
FOE internazionali	22,950	23,000	23,000
FOE a carattere continuativo	15,000	15,000	15,000
FOE straordinario	0,250	0,300	0,300
Progettuali	80,426	47,426	50,000
Entrate diverse	3,280	3,300	4,000
<i>Totale Entrate</i>	382,865	349,966	353,240
SPESE:			
Commissioni Scientifiche Nazionali:			
1- Fisica delle particelle	20,000	20,050	20,150
2- Fisica astroparticellare	13,700	13,750	13,850
3- Fisica nucleare	9,200	9,250	9,350
4- Fisica teorica	3,000	3,000	3,000
5- Ricerche tecnologiche	5,500	5,550	5,650
	51,400	51,600	52,000
Progetti strategici, speciali, calcolo, C3M e trasferimento tecnologico	5,869	5,869	5,869
Attività di ricerca	78,899	44,497	47,371
Fondo di riserva	6,000	6,000	6,000
<i>Totale Ricerca</i>	142,168	107,966	111,240
Funzionamento strutture	39,812	41,000	41,000
Personale	182,958	183,000	183,000
Fondi centrali e partecipazione a consorzi	17,927	18,000	18,000
<i>Totale Spese</i>	382,865	349,966	353,240

Tabella 2.5 Previsione pluriennale 2021-2023

Per quanto riguarda in particolare le spese per la ricerca distribuite attraverso le cinque Commissioni Scientifiche Nazionali, la tabella 2.6 riporta la distribuzione delle spese per la ricerca nel 2020 finanziate da ciascuna Commissione e divise tra i 4 laboratori e le 20 sezioni (inclusi i 6 gruppi collegati). Il confronto con la colonna a destra contenente i totali delle spese del 2019 evidenzia un modesto rallentamento delle attività dovuto alla pandemia di Sars-CoV-2.

	CSN1	CSN2	CSN3	CSN4	CSN5	Totale	Totale 2019
LNF	1.892.267	188.605	535.692	24.804	352.821	2.994.189	4.746.999
LNGS		672.246	87.253	15.212	16.813	791.524	1.194.090
LNL	208.672	110.562	424.309		471.764	1.215.306	1.041.236
LNS		585.319	890.673	15.068	147.843	1.638.903	1.029.495
Sezioni	14.784.498	12.000.361	5.125.415	1.291.517	2.970.084	36.171.876	38.956.173
Totale	16.885.437	13.557.090	7.063.343	1.346.602	3.959.324	42.811.796	46.967.994

Tabella 2.6 Spese finanziate dalle CSN nel 2020

3. LE RISORSE DI PERSONALE

L'Istituto alla data del 31 dicembre 2020 ha registrato un organico di **1984 dipendenti** a tempo indeterminato, con un decremento complessivo, rispetto all'anno precedente, di 27 dipendenti, dovuto essenzialmente alle cessazioni registrate nell'anno. Nella tabella 3.1 si riporta il totale del personale, suddiviso per profili professionali e per genere, sia a tempo indeterminato che a tempo determinato, alla data del 31 dicembre 2020 e il riscontro del personale a tempo indeterminato alla data del 31 dicembre 2019.

Profilo	Livello	Personale a tempo indeterminato al 31/12/2019	Personale a tempo indeterminato al 31/12/2020			Personale a tempo determinato al 31/12/2020		
			F	M	Totale	F	M	Totale
Dirigente I fascia							1	1
Dirigente II fascia		2	2		2			
Dirigente di ricerca	I	123	21	97	118			
Primo ricercatore	II	239	54	180	234		1	1
Ricercatore	III	313	73	237	310	4	43	47
Dirigente tecnologo	I	50	2	45	47		1	1
Primo tecnologo	II	98	17	81	98		1	1
Tecnologo	III	200	49	159	208	22	51	73
Collaboratore tecnico E.R.	IV	269	14	236	250			
Collaboratore tecnico E.R.	V	170	12	154	166			
Collaboratore tecnico E.R.	VI	118	8	122	130		36	36
Operatore tecnico	VI	49	3	39	42			
Operatore tecnico	VII	10		10	10		1	1
Operatore tecnico	VIII	55	11	43	54			
Funzionario di amministrazione	IV	26	18	6	24			
Funzionario di amministrazione	V	29	25	4	29	7	3	10
Collaboratore di amministrazione	V	118	93	19	112			
Collaboratore di amministrazione	VI	54	42	12	54			
Collaboratore di amministrazione	VII	69	60	17	77	31	8	39
Operatore di amministrazione	VII	4	4		4			
Operatore di amministrazione	VIII	15	8	7	15			
Totale		2.011	516	1.468	1.984	64	146	210

Tabella 3.1 Totale del personale al 31 dicembre 2020

Per il triennio 2021-2023, l'Istituto ha definito una politica assunzionale e di sviluppo professionale del proprio personale utile al raggiungimento degli obiettivi operativi previsti dalla strategia scientifica descritta nel presente PTA, nel pieno rispetto dei vincoli stabiliti dall'art. 9 del D. Lgs. 218 del 2016.

Nel 2021 è previsto l'ingresso di oltre 230 giovani ricercatori e tecnologi, attraverso il finanziamento straordinario previsto dal decreto Rilancio e assegnato nel DM 802/2021 e il completamento delle procedure di stabilizzazione previste dal D.Lgs. 75/2017, utilizzando il finanziamento assegnato dal DM 614/2021. A valle di questo processo, l'Ente considera prioritario nel prossimo triennio riequilibrare la popolazione del primo e secondo livello dei profili di ricercatore e tecnologo in modo da disporre di personale con un inquadramento adeguato a ricoprire ruoli di responsabilità, anche nel contesto internazionale. A questo scopo, è stata definita una strategia, che prevede l'alternarsi su base biennale di nuove posizioni e progressioni di carriera ex art. 15 del CCNL 7/4/2006 per ciascun livello, che tenda a mantenere la popolazione dei diversi livelli in rapporti costanti e funzionali all'attività dell'Istituto. In questo quadro, l'Ente ha trasformato 25 posizioni da dirigente di ricerca, 10 da dirigente tecnologo, 28 da I ricercatore e 23 da I tecnologo, già programmate nei PTA precedenti come nuove assunzioni, in progressioni ex art. 15 attualmente in corso di svolgimento. Sono inoltre previsti ulteriori 23 nuovi I ricercatori e 25 nuovi I tecnologi nel 2021, 30 nuovi dirigenti di ricerca e 25 nuovi dirigenti tecnologi nel 2022 e progressioni ex art. 15 a I ricercatore e I tecnologo, rispettivamente per 35 e 45 posizioni, nel 2023.

Per quanto riguarda il personale tecnico-amministrativo, nel corso del 2021 l'Ente intende garantire il turn over al 100%, mentre si appresta a valutare un possibile intervento straordinario, da definire nei prossimi anni a valle dell'ingresso dei nuovi ricercatori e tecnologi, volto al riequilibrio della popolazione dei livelli IV-VIII in rapporto ai livelli I-III, in funzione delle esigenze operative dell'Istituto. Sempre nel corso dell'anno, verranno portati a termine i passaggi di livello ex art. 54 e le progressioni economiche ex art. 53 del CCNL 21/2/2002, già previste nel PTA 2020-22.

Le tabelle 3.2 e 3.3 riportano in dettaglio il fabbisogno del personale per l'anno 2021 separato in nuove assunzioni e progressioni. I dati sono riassunti nella tabella 3.3 che include anche le cessazioni previste durante l'anno.

Profilo e livello	NUOVE ASSUNZIONI								Totale
	PTA anni precedenti		Previsioni PTA 2021 - 2023						
	Personale da assumere	Rientro dei cervelli	Fabbisogno personale	Procedure straordinarie DM 802/21	Procedura Art. 20, co. 1 "misto" D. Lgs 75/17	Procedura Art. 20, co. 2 D. Lgs 75/17	Rientro dei cervelli	Rispetto obblighi legge 68/99	
Dirigente I fascia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dirigente II fascia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dirigente di ricerca	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Primo ricercatore	37	1	23	0	0	0	0	0	61
Ricercatore	0	0	0	60	22	0	0	0	82
Dirigente tecnologo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primo tecnologo	29	0	25	0	1	0	0	0	55
Tecnologo	25	0	0	50	29	40	0	0	144
CTER IV	5	0	0	0	0	0	0	0	5
CTER V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CTER VI	33	0	15	0	2	0	0	14	64
Op.tec. VI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Op.tec. VII	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Op.tec. VIII	4	0	0	0	0	0	0	4	8
Funz. Amm. IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funz. Amm. V	11	0	6	0	0	0	0	0	17
Coll. Amm. V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coll. Amm. VI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coll. Amm. VII	23	0	10	0	0	0	0	12	45
Op. Amm. VII	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Op. Amm. VIII	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Totale	167	3	79	110	54	40	0	31	484

Tabella 3.2 Fabbisogno di personale 2021 – assunzioni

Profilo e livello	NUOVE PROGRESSIONI										Totale
	PTA anni precedenti				Previsioni PTA 2021 - 2023						
	Art. 15	Art. 22	Art. 53	Art. 54	Art. 15	Art. 65	Art. 22	Art. 52	Art. 53	Art. 54	
Dirigente I fascia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dirigente II fascia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dirigente di ricerca	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Primo ricercatore	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
Ricercatore	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dirigente tecnologico	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Primo tecnologico	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
Tecnologo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CTER IV	0	0	0	166	0	0	0	0	195	0	361
CTER V	0	0	0	112	0	0	0	0	0	0	112
CTER VI	0	52	0	0	0	0	0	0	0	0	52
Op.tec. VI	0	0	0	2	0	0	0	0	39	0	41
Op.tec. VII	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
Op.tec. VIII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funz. Amm. IV	0	0	0	29	0	0	0	0	23	0	52
Funz. Amm. V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coll. Amm. V	0	0	0	54	0	0	0	0	87	0	141
Coll. Amm. VI	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	58
Coll. Amm. VII	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24
Op. Amm. VII	0	0	0	3	0	0	0	0	4	0	7
Op. Amm. VIII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale	86	76	0	427	0	0	0	0	348	0	937

Tabella 3.3 Fabbisogno di personale 2021 – progressioni

SINTESI DEL FABBISOGNO DEL PERSONALE						
Profilo e livello	Personale in servizio al 31/12/2020	Nuove assunzioni	Cessanti anno 2021	Nuove progressioni	Posti liberati con i concorsi e le progressioni	Personale in servizio al 31/12/2021
Dirigente I fascia	0	0	0	0	0	0
Dirigente II fascia	2	0	0	0	0	2
Dirigente di ricerca	118	2	5	25	0	140
Primo ricercatore	234	61	9	28	25	289
Ricercatore	310	82	3	0	86	303
Dirigente tecnologico	47	0	2	10	0	55
Primo tecnologico	98	55	2	23	10	164
Tecnologo	208	144	2	0	73	277
CTER IV	250	5	23	166	0	398
CTER V	166	0	2	112	166	110
CTER VI	130	64	1	52	120	125
Op.tec. VI	42	0	5	2	0	39
Op.tec. VII	10	0	0	3	9	4
Op.tec. VIII	54	8	1	0	51	10
Funz. Amm. IV	24	0	4	29	0	49
Funz. Amm. V	29	17	1	0	29	16
Coll. Amm. V	112	0	7	54	0	159
Coll. Amm. VI	54	0	0	58	54	58
Coll. Amm. VII	77	45	0	24	63	83
Op. Amm. VII	4	0	0	3	0	7
Op. Amm. VIII	15	1	0	0	11	5
Totale	1984	484	67	589	697	2293

Tabella 3.4 Fabbisogno di personale 2021 – tabella riassuntiva

Le previsioni del fabbisogno di personale e le politiche di sviluppo professionale per gli anni 2022 e 2023 sono illustrate dalle tabelle 3.5 e 3.6.

FABBISOGNO DI PERSONALE INFN ANNO 2022 PER DIRIGENTE, LIVELLI I - III e IV - VIII													
Profilo e livello	Previsione del personale in servizio al 31/12/2021	Assunzioni			Cessanti anno 2022	Progressioni				Attuazione art. 53 del CCNL	Attuazione art. 22 del D. Lgs 75/17	Posti liberati con i concorsi e con le progressioni	Previsione di personale in servizio al 31/12/2022
		Previsioni assunzionali PTA 2021 - 2023 Il annualità	Rientro dei cervelli ex D. Lgs. 218/16	Rispetto obblighi legge 68/99		Attuazione art. 15 del CCNL	Attuazione art. 65 del CCNL	Attuazione art. 54 del CCNL	Attuazione art. 52 del CCNL				
Dirigente I fascia	0												0
Dirigente II fascia	2												2
Dirigente di ricerca	140	30			6								164
Primo ricercatore	289				7							30	252
Ricercatore	303				2								301
Dirigente tecnologo	55	25			2								78
Primo tecnologo	164				4							25	135
Tecnologo	277												277
CTER IV	398				6								392
CTER V	110				3								107
CTER VI	125	11		12	2								146
Op.tec. VI	39				2								37
Op.tec. VII	4												4
Op.tec. VIII	10			1									11
Funz. Amm. IV	49												49
Funz. Amm. V	16	2											18
Coll. Amm. V	159												159
Coll. Amm. VI	58												58
Coll. Amm. VII	83	8		4									95
Op. Amm. VII	7												7
Op. Amm. VIII	5												5
Totale	2.293	76	0	17	34	0	0	0	0	0	0	55	2.297

Tabella 3.5 Fabbisogno di personale 2022

FABBISOGNO DI PERSONALE INFN ANNO 2023 PER DIRIGENTE, LIVELLI I - III e IV - VIII												
Profilo e livello	Previsione del personale in servizio al 31/12/2022	Assunzioni			Cessanti anno 2023	Progressioni				Attuazione art. 53 del CCNL	Posti liberati con i concorsi e con le progressioni	Previsione di personale in servizio al 31/12/2023
		Previsioni assunzionali PTA 2021 - 2023 III annualità	Rientro dei cervelli ex D. Lgs. 218/16	Rispetto obblighi legge 68/99		Attuazione art. 15 del CCNL	Attuazione art. 65 del CCNL	Attuazione art. 54 del CCNL	Attuazione art. 52 del CCNL			
Dirigente I fascia	0											0
Dirigente II fascia	2											2
Dirigente di ricerca	164				10							154
Primo ricercatore	252				10	35						277
Ricercatore	301	50			3						35	313
Dirigente tecnologo	78				3							75
Primo tecnologo	135				1	45						179
Tecnologo	277										45	232
CTER IV	392				10							382
CTER V	107				1							106
CTER VI	146	19		1	2							164
Op.tec. VI	37				4							33
Op.tec. VII	4											4
Op.tec. VIII	11				1							10
Funz. Amm. IV	49											49
Funz. Amm. V	18	1										19
Coll. Amm. V	159				4							155
Coll. Amm. VI	58				1							57
Coll. Amm. VII	95	9		1								105
Op. Amm. VII	7											7
Op. Amm. VIII	5											5
Totale	2.297	79	0	2	50	80	0	0	0	0	80	2.328

Tabella 3.6 Fabbisogno di personale 2023

L'indicatore del limite massimo alle spese di personale, calcolato rapportando le spese complessive per il personale di competenza dell'anno di riferimento alla media delle entrate complessive dell'Ente, come risultante dai bilanci consuntivi dell'ultimo triennio, è pari a un

coefficiente assunzionale di circa 28%, lontano dal vincolo del 80% previsto dalla legge n.218/2016. La tabella 3.7 riporta il dettaglio della percentuale del coefficiente assunzionale.

Indicatore art. 9, comma 2 del D. Lgs 218/2016	2021
Previsione di spesa complessiva per il personale al 31/12/2020	€ 117.454.778
Media delle entrate complessive dell'ultimo triennio	€ 408.970.955
Rapporto assunzionale al 31/12/2020	28,7%

Tabella 3.7 Dettaglio della percentuale del coefficiente assunzionale

Inoltre, l'Istituto soddisfa anche il secondo requisito definito dall'art. 9, co. 6, lettera b) dello stesso decreto legislativo. Infatti, la spesa media delle assunzioni e delle progressioni previste nel 2021 è inferiore al margine a disposizione rispetto al limite dell'80%. Infine, la tabella 3.8 evidenzia anche che alla data del 31 dicembre 2021, tenuto anche conto del costo aggiuntivo per le nuove assunzioni (escluse quelle finanziate dal DM 802/2020, come previsto dal decreto stesso) e nuove progressioni e del risparmio ottenuto con le cessazioni previste nell'anno, calcolato sempre sulla base del costo medio, il rapporto assunzionale diventerà pari a circa il 34%.

Indicatore art. 9, comma 6 lett b) del D. Lgs 218/2016	2021
Previsione di spesa complessiva per il personale al 31/12/2020	€ 117.454.778
Media delle entrate complessive dell'ultimo triennio	€ 408.970.955
Costo delle assunzioni e delle progressioni previste nel 2021	€ 24.325.382
Risparmio ottenuto con le cessazioni previste nel 2021	€ 3.908.507
Rapporto assunzionale previsto al 31/12/2021 a media delle entrate invariata	33,7%

Tabella 3.8 Rapporto assunzionale nel 2021

L'INFN continua a dare seguito al piano assunzionale straordinario riservato alle categorie protette, nel rispetto degli obblighi previsti dalla legge 68/99. Dall'ultima denuncia presentata dall'Istituto in data 31 dicembre 2020 emerge, che sono stati assunti 99 dipendenti appartenenti alle categorie protette, a fronte di un obbligo assunzionale di 157 unità, da completare nell'arco della durata delle singole convenzioni sottoscritte con i Centri per l'Impiego presenti nelle Regioni dove risiedono le Strutture INFN. In conseguenza dell'aumento del personale sarà effettuato il ricalcolo della quota sulla base della denuncia annuale e saranno aggiornate le convenzioni con i centri per l'impiego. La distribuzione tra i profili del personale presente nell'Ente è rappresentata in Figura 3.1. È da notare che l'incidenza del personale amministrativo sul totale del personale è limitato al 16%, molto al di sotto dell'incidenza media negli EPR. L'aumento del carico di lavoro legato a nuovi adempimenti legislativi e allo sforzo di reperimento di fonti esterne di finanziamento sta sovraccaricando la struttura amministrativa.

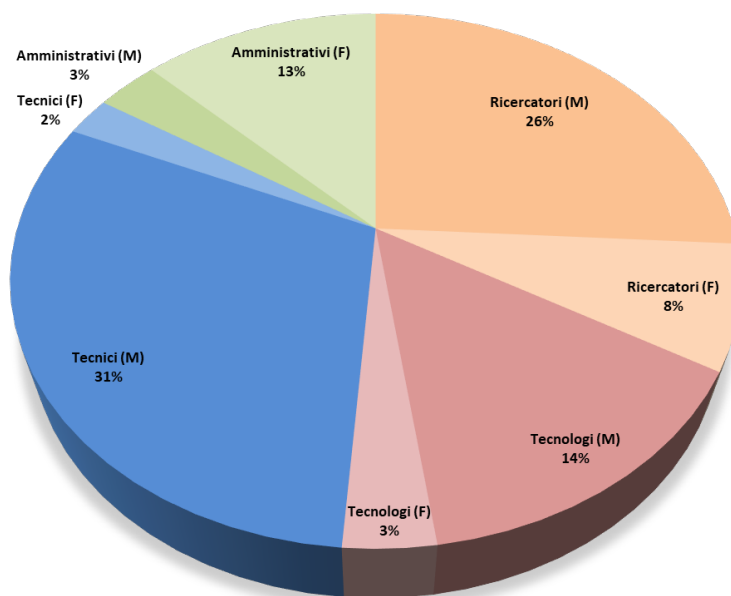


Figura 3.1 Distribuzione dei profili del personale per genere

Il grafico in Figura 3.2 mostra l'andamento del numero di dipendenti, suddivisi per ricercatori, tecnologi, tecnici e amministrativi, dal 1980 ad oggi.

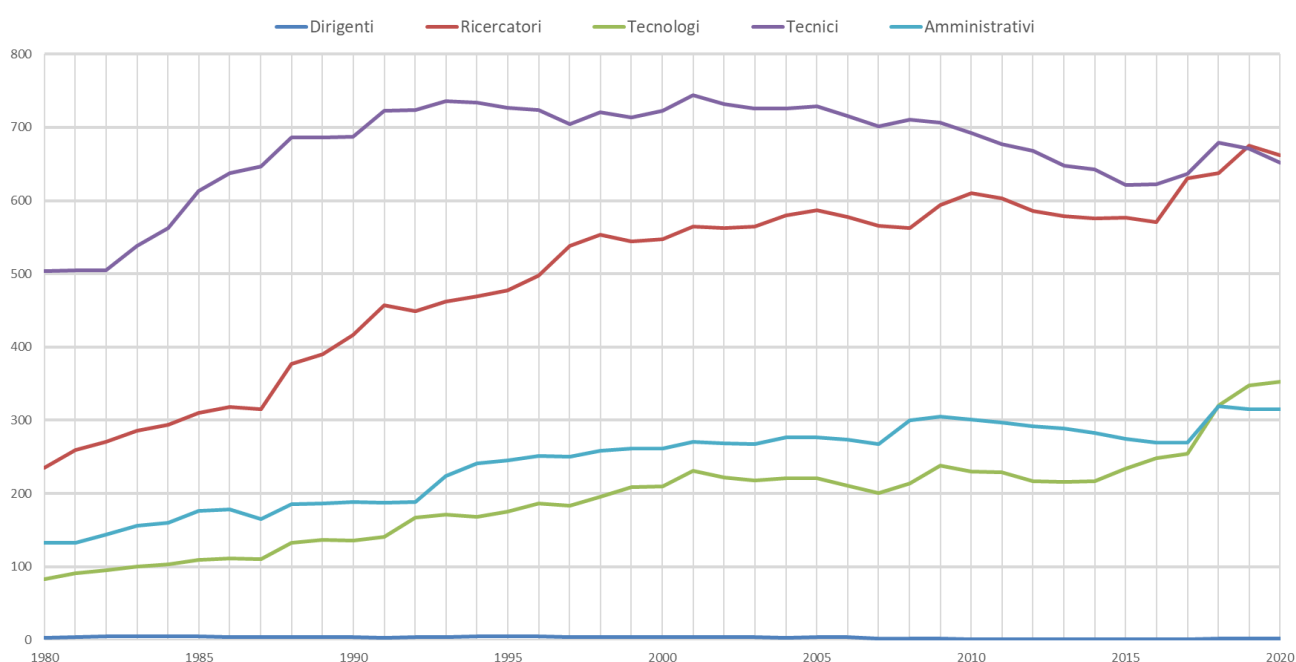


Figura 3.2 Variazione temporale di ricercatori, tecnologi, tecnici e amministrativi

Oltre all'effetto dei pensionamenti degli ultimi 1-2 anni, è in generale visibile l'aumento del personale ricercatore e tecnologo per effetto dei piani straordinari di reclutamento e delle stabilizzazioni. Queste ultime hanno aumentato, sia pure in misura minore, anche il personale tecnico-amministrativo. Nonostante questo, si può notare una tendenza pluriennale al calo del

personale tecnico. Questo si spiega in parte con le mutate esigenze dello sviluppo tecnologico che richiede personale sempre più qualificato (ingegneri meccanici, elettronici, gestionali, informatici, ecc.) che trova collocazione nel profilo di tecnologo. Nell'ambito della programmazione del fabbisogno di personale per il prossimo triennio, comunque, l'Ente ha intenzione di continuare a mantenere elevata la sua capacità di progettazione e realizzazione di esperimenti ad alto contenuto scientifico e tecnologico, assumendo sia tecnici che tecnologi

Altro Personale	Personale in servizio al 31/12/2020								
	Impiegati in ricerca			Non impiegato in ricerca			Dati complessivi		
	F	M	Totale	F	M	Totale	F	M	Totale
Assegnisti	176	79	255	1	1	2	177	80	257
Borsisti	65	23	88	8	7	15	73	30	103
Co.Co.Co	3	2	5	5	3	8	8	5	13
Comandi in Entrata			0	4	1	5	4	1	5
Totale	244	104	348	18	12	30	262	116	378

Tabella 3.9 Giovani in formazione nel 2020

Ulteriore personale dell'Istituto è principalmente composto da giovani in formazione quali borsisti e assegnisti (vedi tabella 3.9). Questo personale fornisce un contributo essenziale alle attività di ricerca dell'Ente e numericamente è circa pari al 30% del personale ricercatore e tecnologo.

L'Istituto si avvale inoltre per le sue ricerche anche di personale universitario o appartenente ad altri Enti di Ricerca, che viene associato a vario titolo alle sue strutture ed alle sue attività. Le diverse tipologie di associazione sono presentate nella tabella 3.10. Come si può vedere il 33% del personale associato è rappresentato da personale in formazione, quali borsisti, assegnisti e dottorandi, mentre gli incarichi di ricerca sono di norma assegnati a personale universitario la cui attività di ricerca è svolta in prevalenza con l'INFN. In particolare, segnaliamo che dei 1017 dottorandi associati 206 (pari a circa il 20%) sono direttamente finanziati dall'INFN, tramite opportuni accordi e convenzioni con le Università.

Personale associato con tipi di associazione	Personale impiegato in ricerca al 31/12/2020			
	M	F	Totale	%
Incarichi di ricerca	637	163	800	20%
Assegnisti	211	89	300	7%
Borsisti	31	14	45	1%
Dottorandi	741	276	1017	25%
Altre associazioni	1.344	352	1696	42%
Associazioni tecniche	137	22	159	4%
Totale	3.101	916	4.017	100%

Tabella 3.10 Diverse tipologie di associazione nel 2020

In tabella 3.11 mostriamo la distribuzione dei vari profili di personale, distinti per genere, nelle strutture dell'Ente sul territorio: AC, centri nazionali, laboratori e sezioni. Si nota come nei 4 laboratori si trovi circa il 30% del personale, con prevalenza di tecnologi (36%) e tecnici (40%), mentre le 24 sezioni con i 6 gruppi collegati hanno circa il 60% del personale con una frazione ancora più alta di ricercatori (80%).

Tipologia Struttura	Dirigente		Ricercatore		Tecnologo		Tecnico		Amministrativo		Totale
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	
AC e Presidenza	2			1	15	11	4	13	46	16	108
Centri Nazionali				3	5	20	1	12	4	1	46
Laboratori			33	89	21	108	21	250	76	23	621
Sezioni			115	421	27	146	22	329	124	25	1209
Totale	2	0	148	514	68	285	48	604	250	65	1984

Tabella 3.11 Distribuzione del personale nelle strutture dell'Ente

In considerazione dell'elevata internazionalizzazione delle sue attività, l'Istituto ha sempre favorito la mobilità dei propri ricercatori e tecnologi verso l'estero attraverso lo strumento del congedo per motivi di studio e ricerca. In Tabella 3.12 è riportato il numero di questi congedi negli ultimi 20 anni divisi per aree geografiche. Evidentemente il CERN, laboratorio internazionale di riferimento per l'Ente, ha attratto il maggior numero di congedi, ma personale INFN ha visitato anche istituzioni di ricerca in vari paesi europei, in USA e recentemente anche in Asia, in particolare in Medio Oriente, India e Giappone.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CERN	12	6	9	8	4	7	11	5	9	4	6	8	14	7	13	12	9	8	7	4	8
America		1	2	2		1	2	2	1		1	3	5	3	6	9	3	5	1	1	3
Asia														1	2					1	2
Europa		1	2	2		1	2	2	1		1	3	5	3	6	9	3	5	1	1	3
Totale	12	8	13	12	4	9	15	9	11	4	8	14	24	14	27	30	15	18	9	7	16

Tabella 3.12 Congedi per motivi di studio e ricerca

4. PARTECIPAZIONE A CONSORZI, SOCIETÀ E FONDAZIONI

Alcune collaborazioni dell'Istituto si sono tradotte nella costituzione e nella partecipazione a consorzi, società, fondazioni e, in generale, diversi organismi associativi radicati sul territorio. Complessivamente l'INFN partecipa a una trentina di organismi associativi di queste tipologie, per un impegno finanziario di oltre 10 milioni di euro annui. Alcuni, come il consorzio COMETA, hanno specifici obiettivi nel campo della fisica spaziale (LISA – *Large Interferometer Space Antenna* – Pathfinder) o delle infrastrutture di calcolo (EGI – *European Grid Initiative*) con trasferimenti verso paesi terzi (el4Africa – *teaming-up for exploiting e-infrastructures' potential to boost RTDI in Africa*, EarthServer – *European Scalable Earth Science Service Environment*). Nel settore dell'energia il Consorzio RFX gioca un ruolo primario, con la partecipazione ai progetti di fusione nucleare ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*) e IFMIF (*International Fusion Materials Irradiation Facility*). Nel campo delle reti informatiche, significativo è il contributo dell'Ente all'Associazione Consortium GARR (*Gestione Ampliamento Rete Ricerca*).

Particolarmente rilevante è altresì la partecipazione dell'INFN al consorzio EGO (*European Gravitational Observatory*) che partecipa alla rete internazionale degli osservatori di onde gravitazionali GWIC (*Gravitational Wave International Committee*). Nel 2016 l'INFN ha aderito al Cluster nazionale Scienza della vita – ALISEI (*Advanced Life Science in Italy*). Inoltre, dal 2015, l'INFN ha aderito all'Associazione Cluster Fabbrica Intelligente e all'Associazione *Smart Cities and Communities* promuovendo la collaborazione tra i soci nei settori strategici tipici delle *Smart Cities*, secondo i paradigmi innovativi dell'Agenda Digitale Europea. L'INFN è socio dell'Associazione Festival della Scienza di Genova, una delle iniziative più rilevanti a livello europeo nella divulgazione scientifica.

La quasi totalità dell'impegno finanziario sopramenzionato è concentrata nei contributi erogati in favore di EGO e GARR e, in misura minore, di RFX.

A livello societario, inoltre, è di rilievo l'esercizio del controllo analogo congiunto da parte dell'INFN sulla società consortile per azioni ART-ER, sorta dalla fusione delle società ASTER ed ERVET, alla quale partecipano una pluralità di soci pubblici, tra cui la Regione Emilia-Romagna quale socio di maggioranza, con l'obiettivo di favorire il consolidamento della ricerca industriale, del trasferimento tecnologico e l'internalizzazione del sistema regionale.

Nel gennaio 2021, nell'ambito della *Fusion Roadmap* europea, l'INFN ha anche aderito alla società denominata "Consorzio per l'attuazione del progetto *Divertor Tokamak Test* DTT S.c.a.r.l.", finalizzata alla creazione di un divertore in vista della realizzazione di una centrale nucleare a fusione in grado di fornire energia elettrica alla rete intorno al 2050 (DEMO).

5. L'ATTIVITÀ DI RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA

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 scoperte dell'ultimo decennio, di cui l'INFN è stato tra i principali protagonisti, caratterizzano in modo cruciale il nostro cammino di conoscenza delle leggi fondamentali della natura. Nell'infinitamente piccolo, la scoperta del bosone di *Higgs* nel 2012 rappresenta il tassello fondamentale per completare la verifica della validità della teoria nota come Modello Standard nella descrizione dell'Universo a livello microscopico (microcosmo). Su scale infinitamente grandi la Relatività Generale di Einstein, teoria che da un secolo descrive le macrostrutture dell'Universo (macrocosmo), ha ricevuto la clamorosa conferma di una sua cruciale predizione, grazie alla rivelazione diretta delle onde gravitazionali. Questa scoperta, annunciata nel 2016, è stata premiata col premio Nobel per la fisica 2017. Con l'entrata in funzione dell'interferometro gravitazionale VIRGO nell'infrastruttura di ricerca di Cascina (Pisa), è stato possibile realizzare, in concomitanza con le osservazioni dei due interferometri americani di LIGO, la rivelazione del primo evento di emissione di onde gravitazionali a seguito della fusione di due stelle di neutroni. La triangolazione ottenuta con tre diversi rivelatori ha reso possibile la ricostruzione della direzione di provenienza del segnale, risultato che ha dimostrato il ruolo cruciale di VIRGO. Ciò ha inoltre permesso di accompagnare lo studio delle onde gravitazionali con quello della radiazione elettromagnetica associata, attivando opportunamente una vasta rete di telescopi (a terra e nello spazio) collegati a LIGO-VIRGO mediante un ampio programma di intesa. È nato così un nuovo modo di osservare le sorgenti astrofisiche, mediante un approccio che cerca di individuare simultaneamente i vari "messaggeri cosmici" emessi da tali sorgenti: radiazione elettromagnetica, raggi cosmici carichi, neutrini di alta energia e onde gravitazionali. Questo settore di ricerca è caratterizzato da una forte competizione a livello internazionale che vede coinvolti anche India e Giappone dove, a partire dal 2022, saranno messi in funzione nuovi rivelatori. È pertanto di fondamentale importanza che l'Italia e in particolare l'INFN possano continuare a migliorare le prestazioni dell'interferometro VIRGO per mantenere il ruolo di leadership oggi ricoperto.

Le attività scientifiche dell'Istituto afferiscono alle cinque Commissioni Scientifiche Nazionali (CSN): fisica subnucleare (**CSN1**), fisica astro-particellare (**CSN2**), fisica nucleare (**CSN3**), fisica teorica (**CSN4**), ricerche tecnologiche e interdisciplinari (**CSN5**).

Per quanto riguarda la fisica subnucleare (**CSN1**), il *Council* del CERN (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) ha approvato nel 2020 la ESPP (*European Strategy for Particle Physics*), strategia che orienterà la ricerca dell'Europa nella fisica delle particelle nel contesto mondiale. In tale ambito è stata svolta un'intensa attività di ricerca e sviluppo su rivelatori, elettronica, trigger e calcolo innovativi, e su alcuni aspetti specifici per studiare le opzioni per i futuri acceleratori. L'INFN ha partecipato attivamente ai gruppi di lavoro istituiti a livello internazionale per preparare la ESPP e per scrivere i relativi documenti. Tra i numerosi prodotti, degni di nota i quattro volumi del CDR (*Conceptual Design Report*) del FCC (*Future Circular Collider*) del CERN, che descrivono le potenzialità di fisica dei futuri collisori che potrebbero essere installati nell'attuale tunnel del LHC (*Large Hadron Collider*), chiamato HE-LHC (*High Energy-LHC*), o in un nuovo tunnel circolare di 100 km di lunghezza (FCC-ee, FCC-hh, FCC-eh). In particolare, l'INFN ha contribuito agli studi di fisica e sui rivelatori per un futuro collisore circolare e^+e^- (FCC-ee o la controparte cinese CepC), con l'obiettivo di raccogliere dati dall'energia corrispondente al polo di massa del bosone Z fino alla

soglia di produzione di coppie di quark top-antitop, per consentire un salto significativo nella conoscenza della fisica elettrodebole e del bosone di Higgs. L'INFN ha anche contribuito in maniera significativa ai gruppi di lavoro sulle future macchine ad adroni, come HE-LHC o FCC-hh, sfruttando l'esperienza acquisita negli esperimenti LHC e negli studi di preparazione per HL-LHC. Un'altra area di rilevante attività riguarda lo studio di futuri collisori di muoni che includono una tecnica originale (nata nell'INFN) che sfrutta la produzione di coppie di muoni in soglia utilizzando un intenso fascio di positroni su elettroni a riposo in un bersaglio (progetto LEMMA).

Per quanto riguarda i risultati ottenuti al CERN, il *Large Hadron Collider* (LHC), raggiunta nel 2015 l'energia nel centro di massa di 13 TeV, ha superato i limiti di disegno in quantità e qualità dei dati forniti agli esperimenti ATLAS (*A Toroidal LHC Apparatus*) e CMS (*Compact Muon Solenoid*), che hanno saputo raffinare le tecniche di selezione e analisi con un'efficienza altissima. A soli otto anni dalla sua scoperta, lo studio del bosone di Higgs ha raggiunto risultati che hanno superato le previsioni e competono in precisione con le predizioni teoriche. Grazie a tale messe di dati è stato possibile portare avanti incisivamente un programma di ricerca di nuova fisica oltre il Modello Standard, aumentando considerevolmente il territorio esplorato per le particelle supersimmetriche o per nuove particelle presenti in teorie con nuove dimensioni spazio-temporali, con particolare riguardo ai 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 relativi mescolamenti delle particelle elementari (fisica del *flavour*). Questo campo vede impegnato l'Ente sia al CERN con gli esperimenti LHCb (*Large Hadron Collider beauty*) e NA62 (*North Area 62*) sia in Giappone con l'esperimento Belle II, dove sono utilizzate tecniche sperimentali e di analisi dei dati all'avanguardia. L'INFN si è da sempre distinto in queste ricerche curandone sia gli aspetti teorici (pensiamo al contributo di Nicola Cabibbo, ad esempio) che sperimentali. Ricordiamo inoltre lo studio delle interazioni forti e la ricerca di nuove particelle a energie intermedie, in particolare con l'esperimento BESIII (*Beijing Spectrometer Experiment*) al collider BEPCII (*Beijing Electron Positron Collider*) del laboratorio IHEP (*Institute for High Energy Physics*) a Pechino, che rappresenta un esempio di successo nella collaborazione tra Italia e Cina nella ricerca di base. Nell'ambito delle misure di precisione continuerà nei prossimi anni la collaborazione con il laboratorio *Fermilab* negli Stati Uniti e con il PSI (*Paul Scherrer Institut*) in Svizzera per studiare le proprietà dei leptoni, in particolare del muone, una promettente finestra per la ricerca della fisica al di là del Modello Standard.

Il 7 aprile 2021 sono stati resi noti i primi risultati dell'esperimento *Muon g-2* al *Fermilab*. La collaborazione internazionale responsabile dell'esperimento, di cui l'INFN è uno dei principali membri sin dalla nascita, è riuscita a ottenere una misura del cosiddetto momento magnetico anomalo del muone con una precisione senza precedenti, confermando le discrepanze con le previsioni del Modello Standard, già evidenziate in un precedente esperimento condotto al *Brookhaven National Laboratory*, vicino New York, che si è concluso nel 2001. L'esperimento sta raccogliendo ulteriori dati per effettuare questa misura con altissima precisione.

La ricerca e lo studio delle onde gravitazionali rientra nel campo della cosiddetta fisica astro-particellare (**CSN2**), ovvero lo studio di processi fisici che combina sinergicamente aspetti di fisica delle particelle elementari, della cosmologia e dell'astrofisica. Nell'INFN queste ricerche si articolano su quattro linee principali, con un impegno quasi equidistribuito: Radiazione Cosmica, Universo Oscuro, Proprietà dei neutrini e infine Gravitazione e Fisica fondamentale.

Lo studio della radiazione cosmica mira a comprenderne l'origine e le proprietà; è focalizzato principalmente sulle particelle di alta energia che rappresentano la fonte in grado di fornire

maggiori informazioni sulla fisica che caratterizza le sorgenti più distanti ed esotiche. L'interesse in questo settore viene anche dalle energie in gioco, che possono essere decine di milioni di volte superiori a quelle prodotte dagli attuali acceleratori più potenti. Nel campo delle energie bassissime, la radiazione cosmica di fondo non è di certo meno interessante. Nasconde infatti le tracce più recondite dell'Universo primordiale e dal suo studio si possono trarre informazioni inaspettate sulle proprietà di particelle come il neutrino oppure comprendere l'origine dell'Universo. Nello studio della radiazione cosmica, abbiamo recentemente assistito a una vera e propria rivoluzione con l'avvento dell'approccio *multi-messenger*, basato sulla possibilità di studiare le sorgenti astrofisiche misurando simultaneamente radiazioni di natura diversa: non solo radiazione elettromagnetica e raggi cosmici carichi, ma anche neutrini di alta energia e onde gravitazionali.

L'INFN contribuisce in maniera significativa a molte di queste osservazioni con esperimenti e tecnologie diverse localizzate a terra (CTA, AUGER, QUBIC, ecc.), sotto il mare (KM3), sottoterra (BOREXINO) e nello spazio (AMS2, FERMI, IXPE, DAMPE, GAMMA, HERD, LITEBIRD, ecc.).

Nell'ambito del progetto KM3NeT, le operazioni per l'espansione dell'infrastruttura IDMar sono state recentemente completate con l'installazione di cinque nuove stringhe. Si tratta di un passo cruciale verso la piena realizzazione di ARCA, il più grande telescopio subacqueo per osservare i neutrini cosmici di altissima energia, situato a circa 80 km da Capo Passero in Sicilia. I nuovi componenti del rivelatore, trasportati nel sito su nave, hanno raggiunto la profondità di 3500 m, dove sono stati ancorati sul fondo marino e connessi alla stazione di terra, prima di essere posti nella configurazione finale. I rivelatori stanno funzionando in modo eccellente e hanno iniziato a collezionare i primi dati.

Un'altra questione fondamentale, al cui studio l'INFN contribuisce in maniera determinante, è quella della massa e dell'energia oscura dell'universo. In questo caso le ricerche mirano sia alla rivelazione diretta delle interazioni dei possibili costituenti (DAMA, DARKSIDE, XENONnT, QUAX, ecc.), sia a quella dei loro effetti sulla dinamica cosmica (EUCLID), nonché ai possibili effetti secondari indotti dalla loro dinamica (ad esempio decadimenti). In questo ambito, un ruolo speciale è giocato dai Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) che ospitano buona parte degli esperimenti più sensibili per la ricerca diretta di materia oscura a livello mondiale

Il neutrino è stato, fin dalla sua scoperta fonte di sorprese e ha rappresentato in tantissimi casi una via di accesso verso sviluppi inaspettati. Ancora oggi ci mancano dettagli importanti sulla sua natura e sulla sua massa la cui comprensione potrebbe svelare nuovi scenari al di là del Modello Standard con cui oggi descriviamo in maniera estremamente precisa i fenomeni che riguardano le particelle elementari. Ad esempio, nonostante l'elevato livello di precisione con cui è stato verificato il Modello Standard, non sappiamo ancora dare risposta ad alcune domande fondamentali come quella dell'asimmetria cosmica tra materia e antimateria. Per quanto riguarda la massa del neutrino, l'INFN ha un programma di misure dirette con tecnologie di precisione (HOLMES_2) e ha iniziato a contribuire alle misure delle fluttuazioni della radiazione cosmica di fondo (QUBIC, LSPE, LiteBIRD). L'indagine sulla natura di questa particella riveste da sempre un ruolo di particolare rilievo nell'attività di ricerca dell'ente ed è focalizzata sullo studio del decadimento doppio beta (CUORE, GERDA) e delle proprietà che si manifestano nella propagazione (BOREXINO, T2K, ICARUS, DUNE, JUNO). Alcune caratteristiche del neutrino potrebbero infatti nascondere i segnali di nuovi fenomeni come la violazione di CP e dunque fornire una possibile soluzione al problema della carenza di antimateria nel cosmo.

Infine, l'osservazione delle onde gravitazionali, cui l'INFN ha dato un contributo importante ed evidente, è solo uno degli approcci alla comprensione della gravità, la forza che paradossalmente conosciamo di meno. Lo studio delle proprietà della relatività generale è affrontato anche con una lunga serie di misure di alta precisione che usano i più avanzati dispositivi mutuati dalle tecnologie quantistiche e mirano a sondarne i limiti in condizioni di campi intensi (VIRGO, ET, LISA) e deboli (G-GRANSASSO, MOONLIGHT, MAGIA, ecc.). Nel prossimo triennio, i Laboratori Nazionali del Gran Sasso manterranno una *leadership* mondiale nel campo della fisica degli eventi rari, con particolare riferimento alla ricerca della Materia Oscura e del Doppio Decadimento Beta senza emissione di neutrini (tale processo può avvenire solo se il neutrino coincide con la sua antiparticella, come ipotizzato da Ettore Majorana circa 80 anni fa).

Il terzo grande settore della ricerca di base condotta dall'INFN concerne la fisica nucleare (**CSN3**). L'obiettivo scientifico della Fisica Nucleare moderna è quello di indagare la struttura dei nuclei e le diverse fasi della materia nucleare, nonché alcune proprietà fondamentali come il raggio del protone o il momento di dipolo magnetico degli adroni. Questa missione rappresenta una sfida molto impegnativa ed è cruciale per fornire la risposta a una serie di domande chiave relative alla genesi dell'Universo e alla nucleosintesi primordiale, nonché alla comprensione del meccanismo di formazione degli elementi dalle esplosioni stellari.

A questo si aggiunge la necessità di misurare con sempre maggior precisione le proprietà nucleari per poter permettere nuove applicazioni in campo medicale e/o tecnologico. La comunità italiana dei fisici nucleari afferente all'INFN si è distinta in ambito nazionale e internazionale per l'impegno e la qualità tecnologica degli esperimenti condotti.

L'esperimento ALICE opera presso l'acceleratore LHC del CERN in questo settore ed è attualmente quello che vede il maggior numero di ricercatori INFN coinvolti. Il suo compito principale è studiare le interazioni tra ioni pesanti alla ricerca dello stato della materia che si ritiene abbia caratterizzato l'universo nei primissimi istanti della sua nascita, il cosiddetto plasma di quark e gluoni. In tale stato, in luogo dei protoni e neutroni della materia ordinaria, erano presenti allo stadio di particelle elementari non confinate sia i quark che i gluoni, messaggeri questi ultimi delle interazioni forti. Dopo importanti risultati ottenuti in questi anni, grazie anche al confronto con le interazioni protone-ione e protone-protone, ALICE nei prossimi due anni apporterà sostanziali miglioramenti alla strumentazione e ciò permetterà un aumento di un fattore 10 nella statistica accumulata. Il contributo italiano è particolarmente significativo nei rivelatori di tracciamento interno basati sul silicio (ITS), di "tempo di volo" (TOF) e di misura dei muoni (MUON) e *beam-remnant* (ZDC).

Nei prossimi tre anni l'attività sperimentale vedrà il completamento delle nuove infrastrutture nei Laboratori Nazionali, in particolare SPES ai LNL che fornirà fasci di ioni esotici per la fisica nucleare, l'*upgrade* del ciclotrone ai LNS che fornirà fasci di maggiore intensità e miglior qualità per la fisica e astrofisica nucleare, e LUNA-MV ai LNGS, una nuova struttura per lo studio dei processi a bassa energia di interesse astrofisico. Inizierà quindi la fase degli esperimenti, con il coinvolgimento di numerosi e importanti apparati come lo spettrometro a tracciamento per raggi gamma AGATA (la cui installazione ai LNL è prevista per il 2021) per lo studio della struttura nucleare o l'esperimento NUMEN con lo spettrometro MAGNEX per le misure di doppio scambio carica, volte a determinare l'elemento di matrice nucleare del doppio decadimento beta senza neutrini. Un importante periodo di presa dati si preannuncia per l'acceleratore DAPHNE ai LNF con l'esperimento SIDDHARTA per la misura di nuclei Kaonici e delle loro proprietà in una struttura unica al mondo. Il nuovo esperimento PANDORA ai LNS misurerà il decadimento di diversi isotopi

all'interno di un plasma e quindi in condizioni realistiche rispetto a quanto avviene nelle stelle. Oltre che nei propri laboratori, l'INFN porterà avanti programmi di fisica in diversi laboratori europei ed extra-europei. Quelli maggiormente utilizzati sono GANIL in Francia, Mainz e GSI in Germania, RIKEN in Giappone, ISOLDE in Svizzera e TRIUMF in Canada. Negli USA la comunità dei fisici nucleari italiani è concentrata nel laboratorio JLAB, dove contribuisce agli esperimenti delle Hall A e B e dove ha diversi ruoli di responsabilità (al momento il responsabile della Hall B è italiano). Inoltre, nei prossimi anni l'INFN sarà impegnato nella misura di alcune proprietà fondamentali dell'antimateria con gli esperimenti ASACUSA e AEGIS al CERN, sulle interazioni con fasci di neutroni al CERN (n-TOF), sulla violazione del Principio di Pauli con l'esperimento VIP ai LNGS, sulla determinazione del dipolo elettrico in protoni e nuclei con l'esperimento JEDI a COSY in Germania e la misura del raggio del protone con FAMU a RAL in UK.

In campo applicativo la comunità nucleare è impegnata nella costruzione dello spettrometro di FOOT per la misura delle sezioni d'urto di frammentazione di fasci di ioni leggeri, misure fondamentali per l'ottimizzazione delle tecniche di adroterapia.

Infine, si è formalizzato l'interesse della comunità scientifica italiana a partecipare a due nuovi progetti: i) la sperimentazione con l'acceleratore EIC (Electron-Ion-Collider) in corso di definizione negli USA e ii) l'esperimento NA60+ per la misura del punto critico nel quark-gluon plasma.

Tra gli *highlights* delle attività della CSN3, segnaliamo i recenti risultati dell'esperimento LUNA (*Laboratory for Underground Nuclear Astrophysics*) ai LNGS che ha studiato, con una precisione mai raggiunta prima, la reazione per mezzo della quale da un protone e un nucleo di deuterio si ottiene uno dei due isotopi stabili dell'elio, l'Elio-3. Si tratta di un processo fondamentale di nucleosintesi primordiale fortemente legato alla produzione degli elementi chimici più leggeri nei primi momenti di vita del nostro universo. Da questa misura è stato possibile raffinare i calcoli teorici, ricavando un'accurata determinazione della densità della materia ordinaria (materia barionica) di cui è fatto il mondo in cui viviamo, pubblicata sulla rivista *Nature*.

La Commissione Scientifica Nazionale 4 (**CSN4**) coordina le ricerche in fisica teorica che sviluppino ipotesi, modelli e teorie fisiche, sia per spiegare i risultati sperimentali già acquisiti, sia per aprire nuovi scenari per la fisica del futuro. I principali argomenti su cui sono impegnati i fisici teorici della CSN4 sono le indagini sull'origine della massa delle particelle elementari, la natura e le proprietà della cosiddetta materia oscura e l'unificazione a livello quantistico di tutte le interazioni fondamentali, inclusa la gravità, anche mediante la teoria delle stringhe. Altre ricerche riguardano lo studio della natura e della struttura intrinseca dello spazio-tempo, la fisica del nucleo e delle particelle che lo costituiscono, inclusi i processi all'epoca del *Big-Bang* e la successiva evoluzione dell'Universo. Tali studi teorici si avvalgono, da un lato, dei risultati sperimentali prodotti dagli acceleratori di particelle e dagli esperimenti di fisica astroparticellare e, dall'altro, di metodi matematici e strumenti sia formali sia numerici. 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 precisamente: 1) Teoria dei campi e delle stringhe, 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.

Un'altra attività importante e tradizionale della CSN4 è la formazione di giovani ricercatori e studenti. Ciò si riflette anche nell'elevato numero di pubblicazioni i cui autori o co-autori sono dottori di ricerca o dottorandi; queste rappresentano circa il 30% della produzione scientifica totale della CSN4. Per incentivare la formazione alla ricerca di alto livello e l'internazionalizzazione, la

CSN4 coordina ogni anno un programma di borse *post-doctoral*, finanziato dall'INFN e dedicato primariamente a giovani ricercatori stranieri. Il successo e l'attrattività di tale programma sono documentati dall'elevato numero di domande di giovani ricercatori stranieri e dall'ampio spettro di Paesi di provenienza. Oltre al programma di borse *post-doctoral*, la CSN4 coordina l'assegnazione del Premio Nazionale "Sergio Fubini", dedicato alle tre migliori tesi di dottorato nel campo della Fisica Teorica. Nel 2020 è stato anche istituito il Premio Nazionale "Milla Baldo Ceolin", intitolato "*Women in Theoretical Physics*", dedicato alle migliori dieci tesi di Laurea Magistrale nel campo della Fisica Teorica dell'INFN, redatte da studentesse che si siano particolarmente distinte durante il percorso di Laurea Magistrale. Con tale iniziativa la CSN4 intende contribuire all'equilibrio di genere incentivando la scelta di una tesi in Fisica Teorica da parte di studentesse magistrali. La consegna dei premi ha luogo presso il GGI – Centro Nazionale di Studi Avanzati dell'INFN – in presenza di una rappresentanza dei componenti della CSN4, della Giunta e del Presidente dell'INFN.

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 e ad alta frequenza di collisioni come LHC al CERN di Ginevra. Il cosiddetto "fronte dell'alta intensità" consiste invece nella ricerca di nuovi fenomeni, di nuove particelle e di nuove proprietà usando acceleratori ad energia medio-alta ma 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 fornirci indicazioni sulle proprietà della materia ed energia oscura, dei raggi cosmici, ecc. In questo contesto il compito della fisica teorica è quello di fornire metodi e modelli per interpretare le osservazioni sperimentali e 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 teorie astratte spesso basate su sofisticati strumenti matematici giunge ad implicazioni fenomenologiche da confrontare con i risultati sperimentali. Nell'approccio "*bottom-up*" è molto importante 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 delle masse. 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, sui meccanismi di leptogenesi nel contesto di teorie unificate, lo studio del mescolamento delle diverse specie di fermioni in modelli con o senza supersimmetria alla scala debole o in modelli con "dimensioni extra", cioè con altre dimensioni oltre quelle corrispondenti allo spazio e al tempo che conosciamo. Nell'approccio "*bottom-up*", un elemento comune alle varie attività di ricerca discusse e in rapida evoluzione è lo studio del Modello Standard delle particelle elementari come teoria quantistica di campo effettiva, in cui i possibili effetti di nuova fisica non accessibile direttamente vengono parametrizzati in modo universale attraverso operatori costruiti con i gradi di libertà del Modello Standard. L'analisi globale dei dati sperimentali disponibili in tutti i range di energia esplorati costituisce uno strumento molto importante per meglio delineare le possibili estensioni del Modello Standard.

Un esempio tipico e molto importante dell'approccio “*top-down*” della fisica teorica è rappresentato dalla teoria delle superstringhe 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. Nel limite in cui la lunghezza delle stringhe diventa trascurabile, questa teoria si riduce alla relatività generale (ovvero alla sua estensione supersimmetrica, la supergravità) unificata con le altre interazioni fondamentali descritte dalle teorie di *gauge*. Negli ultimi anni lo studio della teoria delle stringhe e delle loro generalizzazioni a più dimensioni, dette membrane o più concisamente “*brane*”, è stato uno degli argomenti di punta della ricerca fondamentale in fisica teorica a livello mondiale, portando alla formulazione dei cosiddetti modelli di “*brane-world*” per la descrizione della fisica delle particelle elementari. Inoltre, lo studio delle “*brane*” e della geometria ad esse associata ha 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 settori, dalla idrodinamica alla fisica della materia condensata. L'attività coordinata dalla CSN4 non si esaurisce nei temi menzionati finora, ma ha importanti estensioni nello studio degli aspetti più formali della teoria dei campi, nella fisica matematica, nella fisica nucleare e adronica, nella fisica statistica, nei fondamenti della meccanica quantistica e dell'informazione quantistica, nella fisica dei sistemi complessi, nella biofisica, nella biologia computazionale e nella turbolenza.

La Ricerca Tecnologica applicata, ad esempio, agli acceleratori, al calcolo scientifico, al campo biomedico, alla conservazione dei beni culturali o allo sviluppo di rivelatori innovativi è supportata e monitorata dalla Commissione Scientifica Nazionale 5 (CSN5).

L'INFN è da sempre all'avanguardia nel **calcolo scientifico**. Negli ultimi due decenni l'INFN ha realizzato, grazie anche ad un cospicuo contributo da progetti europei, un'infrastruttura nazionale multidisciplinare a supporto del calcolo scientifico tra le più vaste d'Europa, basata sul modello del *Grid Computing*. La sua interconnessione con le infrastrutture delle altre nazioni la rende una componente fondamentale della *Grid* europea EGI (*European Grid Infrastructure*) e di WLCG (*Worldwide LHC Computing Grid*). L'utilizzo è sempre stato dominato dalle collaborazioni LHC, ma recentemente hanno assunto un ruolo importante anche gli esperimenti astro-particellari. L'infrastruttura è costituita da un *Tier-1* e 9 centri *Tier-2*, dotati di *data center* di varie dimensioni, capaci di offrire servizi basati su standard comuni. I centri forniscono risorse di calcolo e *storage* a varie comunità scientifiche, sia a livello nazionale che internazionale, rendendo INFN un punto di riferimento per il calcolo scientifico. La leadership di INFN in questo importante settore si è confermata anche negli anni recenti contribuendo in modo significativo allo sviluppo delle iniziative europee di EOSC (*European Open Science Cloud*), EDI (*European Data Infrastructure*) e EuroHPC (*High Performance Computing*).

L'INFN partecipa a diversi progetti legati alla iniziativa europea EOSC, mentre in EuroHPC è partner principale, insieme a CINECA, del consorzio che ha portato in Italia, al Tecnopolo di Bologna, il supercalcolatore *pre-exascale* (250 PFlop) “Leonardo”, finanziato in modo paritetico dalla JRU EuroHPC e dal MUR, che si affiancherà nei *data hall* del Tecnopolo al *Tier1* WLCG del CNAF, costituendo in questo modo un *data center* unico nel panorama europeo per capacità di calcolo e di gestione ed analisi di dati sperimentali. In questo contesto si colloca anche il progetto SUPER, POR-FESR della Regione Emilia-Romagna, che prevede un potenziamento e una maggiore integrazione delle risorse di CINECA e CNAF. Questo hub di calcolo è uno degli elementi chiave del modello *datalake* che l'INFN intende adottare per la gestione della grande quantità di dati prodotta a HL-LHC. Il modello prevede un consolidamento dei dati in pochi centri,

con CPU potenzialmente distribuite anche in centri satellite, sia pubblici sia privati. Un secondo *hub* del modello *datalake* è costituito dalla infrastruttura di calcolo promossa dal progetto IBiSCo nell'ambito del programma PON Ricerca e Innovazione 2014-2020 finanziato dal MUR e di cui l'INFN è coordinatore.

L'INFN è tra i promotori di ICDI (Infrastruttura Calcolo e Dati Italiana), un forum creato dai rappresentanti delle principali infrastrutture di calcolo di ricerca italiane con lo scopo di promuovere sinergie nei servizi per i dati scientifici a livello nazionale e ottimizzare la partecipazione italiana a sfide europee e globali in questo campo. Al momento ICDI coinvolge i principali fornitori di infrastrutture per la comunità della ricerca italiana (rete, *storage*, informatica, servizi *cloud*) e le comunità di ricerca, caratterizzate dalla partecipazione a iniziative nazionali e internazionali che fanno uso intensivo di dati. A lungo termine, ICDI mira a creare un organismo nazionale di coordinamento, che sia rappresentativo delle infrastrutture italiane e interagisca con istituzioni nazionali ed europee a loro nome. Il MUR è entrato a far parte di ICDI come osservatore e ha espresso interesse per l'iniziativa in quanto è un buon candidato per rappresentare le parti interessate e sostenere il Ministero nella definizione di strategie nazionali nel campo della ricerca basata sui dati. I principali partner ICDI, tra cui INFN, partecipano al progetto EOSC-Pillar insieme al consorzio francese per *OpenScience* e ai rappresentanti della Federazione tedesca dati, Helmholtz. L'obiettivo generale di EOSC-Pillar è l'implementazione della EOSC sfruttando le iniziative nazionali.

Nel prossimo decennio, le risorse necessarie per il calcolo scientifico aumenteranno in maniera consistente. Oltre alla crescita prevista di circa un ordine di grandezza per HL-LHC (*High Luminosity-LHC*), diventeranno più significative le necessità di altri esperimenti (es. CTA), raggiungendo la scala attuale di un esperimento a LHC. Per affrontare questa sfida, l'INFN ha partecipato e partecipa a varie attività di R&D, in particolar modo attraverso progetti europei.

Nell'ottica dell'evoluzione della infrastruttura di calcolo scientifica italiana verso un'infrastruttura di calcolo e dati comune, l'INFN coordina il progetto IBiSCo nell'ambito del programma PON Ricerca e Innovazione 2014-2020 finanziato dal MUR. Questo progetto, che si inquadra in maniera significativa nel "*Pillar 2: Infrastructure*" di IPCEI-HPC-BDA (*Important Project of Common Interest on High Performance Computing and Big Data enabled Applications*), intende potenziare l'attuale infrastruttura ReCaS del Sud Italia, realizzata, oltre che con finanziamenti ordinari dell'Ente, anche con passati progetti PON e il progetto DHTCS in collaborazione con il CNR, l'INAF, l'INGV e il GARR. Lo scopo del progetto è la creazione di un sistema distribuito geograficamente nel Sud Italia che appaia logicamente come un unico nodo connettendo ad alta banda passante i siti di Bari, Catania e Napoli attraverso una rete Science DMZ di 100 Gbps connessa con il *Tier1* del CNAF e il PoP GARR di Milano, accesso alla rete internazionale della ricerca GEANT. La piattaforma IBiSCo prevede inoltre una strettissima collaborazione con altri Enti di Ricerca come il CNR, l'INAF, l'INGV e le Università degli Studi di Bari Aldo Moro e Napoli Federico II. Si propone, quindi, come il primo passo concreto e reale verso ICDI.

HPC (*High Performance Computing*): oltre alle attività sperimentali anche numerose aree di ricerca in fisica teorica e modellistica dei sistemi richiedono un supporto rilevante di specifiche risorse di calcolo che in alcuni casi raggiungono il limite delle odierne capacità tecnologiche: esempi in questo campo sono tra l'altro simulazioni di teorie di *gauge* su reticolo, lo studio della turbolenza e la modellizzazione ed implementazione di *neural network* applicate sia allo studio del comportamento del cervello umano e di intelligenza artificiale come anche ai sistemi di controllo ed alla ricostruzione/analisi offline di eventi agli esperimenti HEP. Negli ultimi anni, l'enorme

investimento economico richiesto per realizzare sistemi di calcolo HPC a scala estrema, ha ridotto per l'INFN la finestra di opportunità di realizzazione di sistemi dedicati completamente *custom*, ma grazie al ricco e prezioso bagaglio di *know-how* nell'ambito delle architetture di calcolo, e delle tecnologie associate l'INFN riesce sempre ad avere un ruolo significativo nelle attività di ricerca e sviluppo del settore, come testimoniano i progetti H2020 ExaNeSt e il suo successore EuroExa, nonché la partecipazione alla *flagship* HBP (*Human Brain Project*) con il progetto WaveScale

Nei prossimi 5-7 anni i sistemi HPC alla scala dell'ExaFlops raggiungeranno la maturità tecnologica necessaria per entrare in produzione nei centri di calcolo. Il costo per l'impiego in campo scientifico è oggi stimato in diversi (3-5) miliardi di Euro e dovrà quindi essere affrontato a livello continentale. La futura strategia della politica Europea per il supercalcolo verrà attuata attraverso una specifica iniziativa denominata EuroHPC JU (*Joint Undertaking*), che prevede di collezionare i finanziamenti a livello Europeo in ambito HPC e realizzare un comitato multinazionale di indirizzo scientifico e finanziamento economico all'infrastruttura di supercalcolo Europeo. Nel 2019 EuroHPC JU ha concluso la procedura di selezione dei consorzi Europei per l'installazione e la gestione di 3 macchine *pre-Exascale* e 8 sistemi *Petascale*. Il consorzio Italo-Sloveno composto per la parte italiana da CINECA, INFN e SISSA è stato selezionato e co-finanziato per realizzare, entro la fine del 2020, una delle 3 installazioni continentali di sistema *pre-ExaScale*, che verrà costruita presso il tecnopolo di Bologna. In parallelo l'INFN partecipa attivamente alle attività di ricerca finalizzate all'esplorazione tecnologica ed al progetto di sistema per piattaforme *ExaScale* europee come previste a partire dal 2024, dall'ulteriore *pillar* di EuroHPC JU. In questo quadro e con l'obiettivo di indirizzare le scelte future per l'HPC Europeo verso le necessità del calcolo scientifico dell'Ente, diversi gruppi INFN sono attualmente coinvolti, con ruoli chiave di management e contribuzione scientifico/tecnologica, nella redazione di proposte per la partecipazione alle call EuroHPC, apportando contributi per la parte di disegno architeturale e sistemistico e proponendo significativi *use case* applicativi per il *co-design* ed il *benchmark* dei nuovi sistemi. Attualmente è attivo un *grant* PRACE vinto dall'INFN per 30 milioni di ore di calcolo sulla partizione A2 della macchina Marconi, in cui l'INFN sta sperimentando la fornitura di ore di calcolo alle collaborazioni LHC in modo trasparente a queste ultime. Questo progetto, per quanto piccolo rispetto alle ore di calcolo di cui gli esperimenti LHC necessiteranno, è importante per stabilire connessioni con il centro HPC e per poter essere pronti in fase di progettazione delle nuove macchine CINECA ad una fruizione condivisa delle risorse.

Quantum Computing: il meccanismo fisico che rende un computer quantistico potenzialmente più veloce di un sistema classico è il fatto che ogni *qubit* possa essere programmato in uno stato di entanglement rispetto agli altri, in modo che un computer quantistico "perfetto" con N *qubit* possa in linea di principio essere capace di descrivere 2^N stati contemporaneamente. Con l'aumentare di N , la potenza di calcolo teorica aumenta esponenzialmente. Al giorno d'oggi il coinvolgimento di grandi aziende come Google, IBM, Intel e Microsoft sta guidando verso enormi progressi tecnologici, con sistemi dotati di decine di *qubit entangled*, accessibili via modalità *cloud*. L'Europa ha deciso di scommettere sulle *Quantum Technologies* (un *superset* di *Quantum Computing*) come motore per lo sviluppo europeo, attraverso un progetto multimilionario e pluriennale *Flagship* e l'INFN può e vuole far parte del filone di ricerca e sviluppo sulle tecnologie quantistiche. Anche se non è realistico immaginare che l'INFN costruisca un computer quantistico nei suoi laboratori, le sue comunità intendono partecipare alla ricerca su come utilizzare al meglio l'hardware che sarà disponibile, sia tramite emulatori sia su sistemi reali. La comunità dei fisici è la più adatta per studiare e implementare algoritmi utilizzando questa nuova tecnologia; gli interessi vanno dalla

fisica delle basse, medie e alte energie, agli algoritmi per la minimizzazione generica e ai simulatori quantistici (sistemi quantistici in grado di riprodurre il comportamento di altri sistemi quantistici). L'INFN è l'unico partner non statunitense del progetto SQMS (*Superconducting Quantum Materials and Systems Center*), con sede al *Fermilab*, finanziato dal DOE (*Department of Energy*) con 115 milioni di dollari. L'Ente contribuirà al progetto grazie al suo *know-how* competitivo a livello mondiale in fisica teorica, nelle tecnologie superconduttive e criogeniche e nello sviluppo di rivelatori. L'INFN è entrato inoltre nella rete europea QuantERA e sarà in grado di partecipare alle call in cui vengono svolti test per gli sviluppi delle tecnologie e degli algoritmi. L'obiettivo è di partire da semplici applicazioni, per lo più su emulatori quantistici, e poi passare ad applicazioni più complesse, al fine di essere pronti a trarre profitto dalla "supremazia quantistica" in caso di scoperte tecnologiche nei prossimi anni.

Per quanto riguarda invece le attività di **fisica medica** dell'INFN, possiamo distinguere i seguenti macrosettori: bio-imaging, radio- e adroterapia, dosimetria, radiobiologia, medicina nucleare. A questi macrosettori appartengono una serie di progetti specifici con obiettivi a medio-lungo termine che citeremo nel seguito. Ciascuno di questi progetti, pur operando nell'ambito del proprio macrosettore, viene monitorato sotto la responsabilità della CSN5.

Per quel che riguarda il bio-imaging, dopo aver portato a maturazione importanti esperienze sulla diagnostica delle malattie degenerative del sistema nervoso (quali l'uso della Risonanza Magnetica ad alto campo e le tecniche CAD applicate all'*imaging* neurologico), nei prossimi anni l'Ente studierà lo sfruttamento di innovative sorgenti di luce collegate allo sviluppo delle tecniche di accelerazione di particelle: produzione di raggi X monocromatici da FEL (*Free Electron Laser*) o ICS (*Inverse Compton Scattering*): in questo contesto, sono da menzionare sia lo sviluppo di sensori a deriva di silicio innovativi per sorgenti di luce di sincrotrone di ultima generazione (esperimento REDSOX2), sia la call TERA per quanto riguarda la realizzazione di sorgenti di radiazione nel range del THz per *imaging* medicale. Gli sviluppi sulle camere a deriva di silicio condotti in CSN5 da REDSOX2 hanno condotto, tra l'altro, alla realizzazione di un rivelatore avanzatissimo a 64 canali per la linea di fascio XAFS/XRF della macchina di luce SESAME (*Synchrotron-light for Experimental Science and Applications in the Middle East*) in Giordania. La luce di sincrotrone può essere inoltre usata per applicazioni tomografiche, settore dove l'INFN, tramite la CSN5, ha acquisito grande esperienza e *know-how*, utilizzando il fascio di sincrotrone presso Elettra e altre facilities.

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 avvia a consolidare le competenze sviluppate nel passato, per affrontare, con un approccio globale e coordinato, gli aspetti di ricerca che sono considerati prioritari a livello mondiale. L'INFN continuerà a impegnarsi, insieme al CNAO e alla protonterapia di Trento, per proporre nuovi progetti e per rafforzare la rete italiana per la ricerca in adroterapia, in modo da potenziarne la capacità di crescita infrastrutturale. In questo senso si inquadra l'attività della call MOVE_IT (*Modeling and Verification for Ion beam Treatment planning*), che prevede lo sviluppo di modelli per piani di trattamento (TPS) con fasci di ioni, ottimizzati su modelli biologici, e la loro validazione sperimentale. Sempre in ambito adroterapico, la nuova call NEPTUNE (*Nuclear process-driven Enhancement of Proton Therapy UNravEled*) si propone lo studio delle reazioni $p + {}^{11}\text{B} \rightarrow 3\alpha$ e $p + {}^{19}\text{F} \rightarrow {}^{16}\text{O} + \alpha$, per migliorare l'efficacia dei trattamenti di protonterapia, inquadrandosi, insieme alle altre iniziative del settore, nel disegno strategico complessivo che prevede di approfondire quelle attività di fisica nucleare applicata e di radiobiologia che possono contribuire a chiarire maggiormente una serie di incertezze evidenziate ad oggi nella pratica clinica, con lo scopo di contribuire a potenziare ed

affermare questo approccio terapeutico. È inoltre da menzionare il sostegno strategico che la CSN5 dà alla collaborazione con il CNAO attraverso il progetto ENTER-BNCT, finalizzato allo studio e alla realizzazione di una nuova linea congiunta protonterapia-BNCT. L'apporto allo sviluppo dell'adroterapia si caratterizza anche nella ricerca su nuove tecniche di accelerazione. Su quest'ultimo punto è da menzionare l'esperienza ELIMED sulla produzione e accelerazioni di protoni per uso terapeutico con impulsi laser, nell'ambito dell'infrastruttura europea ELI (*Extreme Light Infrastructure*).

Infine, per quanto riguarda il settore della medicina nucleare, l'INFN è attivo con gli esperimenti METRICS (produzione di ^{52}Mn in forma radionuclidica pura) e ISOLPHARM_AG (indirizzato ad iniziare l'attività della facility Isolpharm, utilizzando come *case study* il ^{111}Ag). Queste attività sono strettamente sinergiche con l'infrastruttura LARAMED, (LABoratorio per RADionuclidi di interesse MEDico) di LNL: forte anche dell'approvazione di specifici progetti premiali, LARAMED realizzerà sinergie fra scienza di base e applicazioni tecnologiche, ponendo l'Italia all'avanguardia internazionale in questo campo. In questo settore confluiscono anche le competenze di carattere radiochimico che fanno parte del patrimonio scientifico dell'INFN.

Nel complesso, va sottolineato che nell'INFN esistono le conoscenze di base e le competenze specialistiche per introdurre efficaci innovazioni e realizzare il loro trasferimento al mondo della medicina. Recentemente l'INFN ha aderito al Cluster per le Scienze della Vita della Regione Lombardia e al Cluster nazionale ALISEI.

È stata inoltre formalizzata la rete di trasferimento tecnologico per i **beni culturali** (INFN-CHNet). La rete ha una struttura basata su tre livelli di afferenza: il primo livello è costituito da una rete "interna", comprendente 17 Strutture INFN, il secondo da una rete nazionale "esterna" di laboratori universitari, centri di restauro ed associazioni che offrono competenze complementari a quelle della rete interna, e il terzo da una rete di laboratori scientifici internazionali che agiscono a loro volta da catalizzatori per la costituzione di reti di beni culturali nei paesi di origine. Allo stato attuale, sono in atto le convenzioni con le Università di Sassari e Salerno e i centri di restauro "Opificio delle Pietre Dure" di Firenze e il Centro della Venaria Reale di Torino. Per quanto riguarda i nodi internazionali è stato approvato un *Memorandum of Understanding* con l'Università Pubblica di San Martin (Buenos Aires) e la New York University di Abu Dhabi. La rete si configura al contempo come una rete di ricerca ed una infrastruttura di servizio e di trasferimento tecnologico ed è organizzata in tre piattaforme operative: la strumentazione per analisi in laboratorio (FIXLAB), la strumentazione per le analisi *in situ* (MOLAB) e i servizi di raccolta e fruizione dei dati acquisiti dalle analisi diagnostiche (DIGILAB). Nel dettaglio le piattaforme svolgono i seguenti compiti:

FIXLAB (linee di sviluppo dei laboratori fissi): attività al reattore di ricerca TRIGA Mark II presso il LENA di Pavia nell'ambito dell'esperimento CHNet_NICHE finanziato dalla CSN5; progettazione della prima facility in ambito INFN per radiografie e tomografie con fasci di neutroni; partecipazione al progetto EU IPERION-HS per attività di accesso transnazionale con le Strutture di Firenze per il radiocarbonio e dei LNGS per i rapporti isotopici.

MOLAB (linee di sviluppo per strumentazione mobile): INFN-CHNet in collaborazione col CERN ha progettato e disegnato un sistema per analisi *in situ* con fasci di ioni, basato su un acceleratore portatile. Il progetto, il cui nome è MACHINA (*Movable Accelerator for Cultural Heritage In-situ Non-destructive Analysis*), si svolge nell'ambito di un finanziamento dedicato del MUR e prevede la costruzione di una macchina acceleratrice di energia massima di 2 MeV e di ingombri, pesi e consumi estremamente ridotti per poter operare in musei e centri di restauro,

DIGILAB (linee di sviluppo dei laboratori digitali): INFN-CHNet, con Opificio delle Pietre Dure, sta implementando una piattaforma digitale che consenta un'archiviazione completa dei risultati delle misure di diagnostica svolte nell'ambito della rete, per renderle poi accessibili e fruibili sia all'interno che all'esterno della collaborazione. Quest'attività si svolge anche in collaborazione con il progetto europeo AriadnePlus, finanziato per il 2019-2023, di cui INFN è partner attraverso INFN-CHNet e EOSC-Pillar (2019-2022) di cui INFN-CHNet è responsabile per lo *use case* sui beni culturali.

Per quanto riguarda gli sviluppi recenti e più significativi della CSN5, la *call* TimeSPOT (*TIME and SPace real-time Operating Tracker*), ora nel suo anno conclusivo di attività, ha affrontato problematiche sperimentali inerenti agli esperimenti ai collider di prossima generazione (LHC Run 5 e oltre), sviluppando sensori a pixel e relativa elettronica integrata resistenti ad alte fluenze di radiazione e caratterizzati da alta risoluzione spazio-temporale. Di particolare rilevanza è il risultato relativo a sensori a pixel in tecnologia 3D e geometria a *trench* con passo di 55 μm , che si sono dimostrati capaci di risoluzioni temporali al di sotto dei 20 ps. È stato inoltre progettato, prodotto e testato un ASIC (*application specific integrated circuit*) di lettura prototipale in tecnologia CMOS 28-nm, capace di leggere una matrice di 1024 pixel (passo 55 μm), che integra una catena amplificatore, discriminatore e TDC (*time-to-digital converter*) con risoluzioni adeguate alla lettura dei suddetti sensori e frequenza di eventi per singolo pixel superiore al MHz.

6. INFRASTRUTTURE DI RICERCA

Le infrastrutture di ricerca dell'INFN si articolano in quattro grandi laboratori nazionali più altri centri di ricerca per iniziative specifiche. La linea seguita dall'INFN è sempre stata quella di evitare duplicazioni o frammentazioni nella realizzazione delle sue infrastrutture di ricerca, puntando alla valorizzazione delle peculiarità e specializzazioni di ciascuna di esse in un quadro di forte integrazione e collaborazione sinergica.

I quattro laboratori nazionali dell'INFN sono laboratori di ricerca: vale a dire che, oltre a dare supporto alle attività sperimentali che i propri ricercatori svolgono in altri laboratori, ciascuno di loro porta avanti importanti progetti di ricerca *in loco*.

LNF - La caratteristica principale di questo laboratorio consiste nella progettazione e realizzazione di acceleratori di particelle per elettroni/positroni. Sono in funzione a Frascati due macchine: DAFNE, un collisore elettroni-positroni, che detiene il record mondiale di luminosità a bassa energia, e l'acceleratore lineare SPARC usato per produrre luce LASER con elettroni oscillanti in campo magnetico, detto FEL (Free Electron LASER). Si prevede il completamento della sperimentazione a DAFNE con l'esperimento SIDDHARTA2 che intende raccogliere una luminosità integrata di 800 pb^{-1} entro fine 2022. Con questi dati, la collaborazione mira ad effettuare misure di precisione sulla formazione ed il decadimento di atomi esotici, in particolare del deuterio kaonico. All'interno del complesso di DAFNE è presente una linea di fascio denominata BTF (*Beam Test Facility*), che fornisce fasci di positroni/elettroni sino ad un'energia massima di 500 MeV. Questi fasci sono utilizzati per un'ampia gamma di usi di ricerca sia fondamentale che applicata. L'esperimento PADME, che utilizza il fascio della BTF, ha raccolto dati nel corso del 2020 e intende procedere ad una seconda presa dati nel 2022, in alternanza con l'esperimento SIDDHARTA2. PADME ricerca evidenze sulla possibile esistenza di nuove particelle appartenenti ad un "*dark sector*" previste da alcuni Modelli di Nuova Fisica che colmano le attuali lacune del Modello Standard. Nel 2021 verrà inoltre messa in funzione la seconda linea di fascio della BTF per consentirne l'uso parallelo ad altri utenti. I programmi dell'acceleratore DAFNE a partire dal 2023 sono in via di definizione. Esistono tre possibilità, mutuamente esclusive: una estensione del programma di SIDDHARTA2 con nuovi rivelatori al germanio e nuove targhette; l'utilizzo del fascio di positroni opportunamente estratto dall'anello principale o dall'accumulatore per un aumento della statistica di PADME di un fattore tra 100 e 1000; la possibile trasformazione della macchina in una *facility* di interesse internazionale per lo sviluppo di tecnologie degli acceleratori (DAFNE-TF). Per le attività legate al progetto SPARC si sta procedendo con un'intensa attività di R&D volta alla realizzazione dei gradienti necessari per l'implementazione di nuove tecniche di accelerazione ultracompatte basate sull'interazione di fasci di elettroni con onde di plasma, nell'ambito del progetto europeo EuPRAXIA (*European Plasma Research Accelerator with eXcellence In Applications*). Il progetto, che prevede lo sviluppo di un nuovo acceleratore di particelle al plasma, consentirà di ridurre significativamente i costi e le dimensioni di un acceleratore di particelle ed è stato sottomesso nel 2020 alla road map delle infrastrutture europee (ESFRI). Il Design Study, completato nel 2019, prevede che Frascati ospiti uno dei due pilastri dell'infrastruttura distribuita europea. Nel corso del 2021 si intende completare la progettazione definitiva ed esecutiva del nuovo edificio che ospiterà il primo FEL basato su accelerazione al plasma, per poi passare nel triennio successivo, alla realizzazione dell'edificio. L'INFN ha ottenuto un finanziamento di 108 milioni di euro dal MUR, da utilizzare nel corso di un decennio, a valere

sul "Fondo per il finanziamento degli investimenti e lo sviluppo infrastrutturale" (legge 145/2018 c. 95), che è previsto coprire i costi di realizzazione ed installazione dell'edificio e della strumentazione dell'acceleratore. Nel contempo, per l'intero triennio, la sperimentazione a SPARC continuerà allo scopo di validare le principali scelte tecniche ed operative su cui si basa il funzionamento di EuPRAXIA. Per fine 2021 è anche prevista l'inaugurazione del progetto LATINO, una infrastruttura di ricerca aperta che mette a disposizione delle imprese e della comunità scientifica strumenti e competenze nell'ambito degli acceleratori di particelle. I LNF inoltre propongono numerose attività di diffusione della cultura scientifica volte a trasferire le conoscenze scientifiche e le metodologie della ricerca al vasto pubblico e a promuovere l'insegnamento e apprendimento della fisica in programmi dedicati a docenti e studenti. Queste attività coinvolgono ogni anno circa 10000 visitatori in presenza. Nel 2020 si è aggiunta l'esperienza nella comunicazione digitale maturata in risposta all'esigenza di continuare a offrire contenuti di alto livello scientifico a seguito dell'emergenza sanitaria dovuta alla diffusione del COVID-19. Sono stati realizzati numerosi programmi di educazione e divulgazione scientifica online resi accessibili sulla pagina YouTube INFN-LNF, che conta 21000 iscritti, e sulla piattaforma di e-learning AccendiScienza.

LNGS - I Laboratori Nazionali del Gran Sasso costituiscono, ad oggi, la più importante infrastruttura di ricerca sotterranea al mondo. Le grandi dimensioni (oltre 180.000 m³), la facilità di accesso (tramite il traforo autostradale del Gran Sasso) e l'imponente schermatura di oltre 1400 m di roccia, oltre che la bassa radioattività intrinseca della roccia stessa, lo rendono un centro di riferimento per la fisica "underground". I LNGS attraggono ogni anno centinaia di ricercatori provenienti dalle più importanti università e istituzioni di ricerca europee e internazionali. All'esterno del sito sotterraneo, in prossimità dell'ingresso del traforo autostradale della A24, sono ubicati il centro direzionale, gli uffici per il personale e per gli ospiti che partecipano alle attività di ricerca, le strutture di servizio che provvedono al funzionamento del laboratorio sotterraneo, tutte le officine ed i laboratori di supporto alle attività di ricerca. Queste strutture garantiscono il supporto tecnico e ingegneristico alla progettazione degli apparati e degli esperimenti, i servizi di sicurezza, il supporto chimico ed elettronico, i servizi di prototipazione e lavorazione meccanica, nonché le infrastrutture di rete e calcolo. In questo contesto si innestano poi attività ad altissima specializzazione tecnologica fondamentali per le ricerche che si effettuano nei LNGS come il laboratorio STELLA e le attività di spettrometria di massa, dedicati all'individuazione di tracce infinitesimali di contaminanti nei materiali: in questo ambito i LNGS sono considerati da tutti i laboratori del mondo come un punto di riferimento. Il moderno laboratorio per la meccanica additiva avanzata consente la prototipazione e realizzazione di elementi meccanici 3D particolarmente complessi anche utilizzando materiali specificatamente legati alle attività di ricerca dei LNGS, quali il rame iper-puro e vari composti al carbonio. Le tecnologie avanzate presso i LNGS hanno inoltre prodotto nel tempo importanti ricadute anche al di fuori del contesto delle attività di ricerca specificatamente legate ai LNGS. Grazie a questa offerta estremamente varia e altamente specializzata di servizi integrati e spazi per la ricerca, i LNGS si sono caratterizzati fin dalla loro fondazione, nel 1988, come attrattore per progetti scientifici internazionali di primissimo piano nelle più importanti ricerche nel campo della fisica astro-particellare, dell'astrofisica nucleare nonché negli studi degli effetti biologici di ambienti ultra-schermati. A partire dagli anni '80, i LNGS hanno ospitato esperimenti dedicati allo studio dei neutrini emessi dai nuclei stellari, gettando per la prima volta luce sulle proprietà e l'evoluzione delle stelle. Questi studi hanno anche consentito di approfondire la conoscenza del neutrino, la più evasiva tra le particelle a noi note. In particolare, grazie ai fondamentali contributi dell'esperimento Borexino, che termina l'attività nel 2021, e grazie anche al contributo di esperimenti precedenti (Gallex e GNO), è stato possibile ricostruire il

completo ciclo dei processi che avvengono all'interno del Sole e validare alcuni comportamenti specifici del neutrino che conducono alle oscillazioni di sapore. Gli esperimenti di ultima generazione, come CUORE e GERDA, e i loro successori nel prossimo futuro, CUPID e LEGEND, studiano ancora più approfonditamente le proprietà del neutrino per cercare di confermare le ipotesi sulla sua natura formulate negli anni '30 dal fisico italiano Ettore Majorana. Queste ricerche potrebbero aprire la via alla comprensione di uno dei più grandi misteri dell'universo, ovvero la prevalenza quasi assoluta della materia sull'antimateria. I LNGS si sono caratterizzati negli ultimi 30 anni come laboratorio leader a livello mondiale nello studio di un altro grande mistero dell'universo: la cosiddetta materia oscura. La natura della massa mancante necessaria a spiegare i fenomeni gravitazionali che osserviamo è sicuramente uno dei quesiti più importanti delle attuali osservazioni astrofisiche dell'universo. Gli esperimenti XENON1T/XENONnT, CRESST, DAMA e DarkSide sono all'avanguardia a livello mondiale nello studio e sulla ricerca della materia oscura e promettono di far luce nei prossimi anni su questo enigma tuttora irrisolto. I LNGS perseguono inoltre l'attività di ricerca nell'ambito dell'astrofisica nucleare attraverso gli esperimenti condotti con l'acceleratore LUNA-400. A questo importante strumento di indagine verrà affiancato nel 2021 un nuovo acceleratore denominato LUNA-MV. Grazie a questo apparato sarà possibile studiare ancora più approfonditamente le reazioni che avvengono nei nuclei stellari, svelandone i più profondi segreti ed aiutando a comprendere meglio anche l'origine degli elementi che hanno portato all'evoluzione dell'universo così come lo osserviamo oggi. Accanto a queste grandi linee di ricerca il laboratorio si caratterizza sempre più come incubatore di scienza e tecnologia promuovendo e supportando una serie di sviluppi e prototipi che potranno costituire la base per i progetti scientifici dei prossimi decenni. Nuove linee di ricerca in fisica fondamentale e applicata stanno per essere avviate anche grazie al progetto FARO2030 finanziato dal PON 2014-2020 che ha come obiettivo principale il consolidamento e il rafforzamento della eccellenza dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso all'orizzonte del 2030 e oltre, per poter continuare ad ospitare i più rilevanti progetti scientifici nel campo della fisica delle astroparticelle e dell'astrofisica nucleare. Il primo esperimento a beneficiare di questo potenziamento sarà DarkSide-20k, progetto di punta ai LNGS per la ricerca di materia oscura, insieme ad altri progetti nel campo delle ricerche sulla natura del neutrino e dell'astrofisica nucleare. Inoltre, nei prossimi anni i Laboratori Nazionali del Gran Sasso si doteranno, grazie ad un finanziamento del Ministero dell'educazione e della ricerca tedesco (Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF), di nuove infrastrutture che andranno a supporto sia degli esperimenti che delle attività di R&D. In particolare, all'interno dell'accordo tra BMBF e LNGS, verranno finanziati: una nuova infrastruttura di criogenia a bassissime temperature da installare nei laboratori sotterranei; il potenziamento dell'attuale laboratorio di spettrometria di massa ad alta sensibilità nei laboratori esterni; una nuova generazione di spettrometri al germanio iperpuro sviluppata in collaborazione tra LNGS e laboratori di ricerca tedeschi ed infine una nuova struttura per la meccanica additiva con un laboratorio sotterraneo al fine di non esporre i materiali all'attivazione dei raggi cosmici. Oltre alle linee di ricerca di fisica fondamentale, i LNGS sono coinvolti nello sviluppo di sistemi e infrastrutture di calcolo avanzato. Sfruttando le competenze in ambito criogenico dei laboratori, oltre alla possibilità di condurre misure in sotterranea minimizzando l'effetto dei raggi cosmici, il progetto SQSM, nato da una collaborazione tra l'INFN e il FNAL e finanziato dal DoE, punta a studiare vari aspetti connessi con lo sviluppo di computer quantistici. In collaborazione invece con il CINECA, i LNGS potrebbero dotarsi nei prossimi anni di un nuovo centro di calcolo in HPC che si occuperebbe di studiare i disastri naturali in collaborazione con diverse Università del territorio. Il consorzio HPC4NDR (HPC for Natural Disaster Resilience) punta a creare un nodo di calcolo ad alte prestazioni presso i LNGS che metta a disposizione risorse sufficienti a garantire studi avanzati nell'ambito dei disastri naturali.

LNL - Il laboratorio è dedicato alla fisica e astrofisica nucleare di base, assieme allo sviluppo di tecnologie avanzate per applicazioni in fisica nucleare e in altri campi. Punti di forza dei laboratori sono lo sviluppo e l'innovazione nel campo degli acceleratori di particelle, dei rivelatori di radiazioni e delle tecnologie associate. Ai LNL operano cinque macchine acceleratrici, tutte utilizzate con continuità dalla comunità scientifica nazionale e internazionale per studi in fisica nucleare, condotti con fasci di ioni pesanti, e per applicazioni volte allo studio dei materiali, alla fisica dei neutroni e per ricerche interdisciplinari. La strategia per il futuro del laboratorio è centrata sul progetto SPES, un'infrastruttura di ricerca, attualmente in fase di installazione, che sarà dedicata a studi di fisica nucleare tramite fasci di ioni instabili (studio della struttura di nuclei esotici, come quelli che si formano nelle ultime fasi di evoluzione delle stelle, e della dinamica delle reazioni) e ad attività di ricerca nel campo dei radioisotopi di interesse medico e alla produzione di nuovi radiofarmaci per la medicina nucleare. Il progetto si basa sull'utilizzo di un ciclotrone B70 ad alta intensità che può fornire un fascio di protoni fino a 750 μ A. La possibilità di lavorare con due punti di estrazione del fascio in contemporanea permette di effettuare attività in due punti misura separati, consentendo sia attività di fisica nucleare di base che attività applicate alla medicina nucleare. Il laboratorio ha un notevole impatto sul territorio per quanto riguarda le attività di formazione e divulgazione con circa 3300 visitatori italiani e stranieri e numerose iniziative quali cicli di conferenze per la cittadinanza, corsi di alta formazione per l'orientamento agli studi universitari, eventi scientifici, tra cui la "Notte europea dei ricercatori". Di particolare rilievo sono anche le attività di trasferimento tecnologico che sfruttano le eccellenze del laboratorio, quali le tecnologie di trattamento delle superfici e, per il futuro, la produzione di radioisotopi di interesse biomedicale. I principali obiettivi per il prossimo triennio sono:

- lo svolgimento di campagne di misura con gli apparati sperimentali presenti ai LNL, il potenziamento degli apparati esistenti e il completamento delle nuove installazioni per la sperimentazione con SPES, in particolare la messa in operazione dello spettrometro a tracciamento per raggi gamma AGATA e del rivelatore ATS (*Active Target for SPES*);
- la continuazione delle installazioni del progetto SPES, che comprendono il sistema ISOL, con la stazione bersaglio e la selezione tramite Wien Filter, e il sistema di adduzione laser per la sorgente laser da accoppiare al Target per la produzione di fasci radioattivi ad alta purezza;
- l'estrazione di fasci radioattivi di bassa energia con la prima sperimentazione dell'utenza;
- il completamento della linea di interfaccia fra SPES ed il post acceleratore ALPI, con la messa in operazione del sistema di *Charge Breeder*, l'installazione e la messa in funzione del pre-acceleratore RFQ normale conduttivo per l'iniezione e la ri-accelerazione in ALPI dei fasci di ioni esotici prodotti da SPES.

Nell'ambito dello sviluppo di rivelatori a semiconduttore continueranno gli studi sulle tecnologie innovative applicate alla realizzazione di rivelatori al germanio iper-puro (HPGe) con contatti sottili e stabili rispetto all'*annealing* in collaborazione con il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università degli Studi di Padova. L'alta stabilità dei contatti realizzati con queste tecnologie permettono l'utilizzo dei rivelatori di HPGe in ambienti caratterizzati da un flusso di radiazioni medio/alto (spettroscopia nucleare in *facility* ad alta intensità, installazioni nucleari in presenza di flussi di neutroni, nello spazio in presenza di flussi di particelle leggere energetiche, ecc.). Sono in corso sia la registrazione di un brevetto per parte di questa applicazione innovativa che la collaborazione con alcune aziende del settore, tramite l'Ufficio per il Trasferimento Tecnologico

dell'INFN (UTT) in collaborazione con il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università degli Studi di Padova. Si continuerà a lavorare, inoltre, mediante accordi con altri enti di ricerca, l'Università di Padova, le aziende ospedaliere, alla costituzione di un centro per ricerche, produzione e distribuzione di radioisotopi di interesse medico, basato sulla seconda uscita del Ciclotrone da 70 MeV (progetti LARAMED ed ISOLPHARM). Nel 2018 è stato firmato il contratto con la ditta canadese *Best Theratronics* per la produzione di radioisotopi: è in fase di discussione una nuova schedula con tale ditta a seguito dei ritardi (anche nella parte di installazioni a loro carico quali le linee di fascio) generati dalle limitazioni imposte per il contrasto e il contenimento della diffusione del virus SARS-CoV-2. Per quanto riguarda il progetto IFMIF (*International Fusion Material Irradiation Facility*), nel 2020 è stato prorogato per quattro anni l'accordo del *Broader Approach*, garantendo un quadro istituzionale per la prosecuzione dell'attività sperimentale a Rokkasho. Il 2020 è stato un anno di installazioni e consolidamento dall'acceleratore, con l'installazione della linea di trasporto che porta il fascio dell'RFQ sino al *beam dump*, consentendo così il test dell'RFQ alla massima potenza. Il piano temporale ha subito alcuni ritardi dovuti all'interruzione degli spostamenti in Europa per l'emergenza Covid-19 e quindi proseguirà nei prossimi anni. Prosegue inoltre l'attività di *design* della facility DONES per il test dei materiali rilevanti per la fusione nucleare in Europa. L'INFN, tramite i LNL, partecipa come responsabile dell'RFQ e con un'importante attività di sviluppo del sistema RF tramite amplificatori allo stato solido. Per quanto riguarda il progetto ESS, il primo *tank* del DTL (*Drift Tube Linac*) è stato assemblato e trasportato a Lund. A LNL proseguono le lavorazioni, le qualificazioni, le brasature, gli assemblaggi e la preparazione alla saldatura EBW dei *drift tube* rimanenti, che sono previsti essere montati nei prossimi anni. Nei prossimi anni ai LNL sono inoltre previsti:

- lo sviluppo di una infrastruttura "Laboratorio Tecnologie Acceleratori" (LATA) dove poter effettuare test di nuovi acceleratori con particolare riguardo a una sorgente neutronica ad alta intensità per applicazioni interdisciplinari (progetto MUNES);
- la costruzione di un DATA Center a supporto delle attività di presa e analisi dati dello spettrometro per raggi gamma AGATA, dei sistemi di acquisizione dati dei nuovi apparati previsti nella sperimentazione con SPES, e dei sistemi di controllo di SPES;
- lavori per il rinnovo del sistema di accesso dei Laboratori, lavori di manutenzione e modernizzazione dei fabbricati esistenti.

LNS - I Laboratori operano nei campi della fisica nucleare e dell'astrofisica nucleare contraddistinguendosi anche in differenti ambiti della ricerca applicata, con R&D nel campo delle nuove tecniche di accelerazione, della progettazione di iniettori ad alta intensità, delle applicazioni in campo energetico e ambientale. Ai LNS sono presenti una sala di irraggiamento dedicata ai trattamenti di adroterapia oculare con fasci di protoni (CATANA), una sala di irraggiamento multidisciplinare dedicata agli irraggiamenti con fasci esterni di protoni e ioni pesanti, un laboratorio per i beni culturali (LANDIS), un laboratorio per la radioattività ambientale e ulteriori laboratori per attività multidisciplinari (fotonica, radiobiologia in-vitro e in vivo, chimica, ecc.). Nei prossimi anni è anche prevista l'installazione di una nuova sorgente di ioni ed elettroni basata sulla interazione tra laser ad impulso corto e materia, che sarà dedicata agli studi degli effetti radiobiologici di tali nuovi fasci. Per l'astrofisica particellare è in costruzione KM3NeT/ARCA che costituirà la più grande infrastruttura di ricerca ad alta profondità nel Mar Mediterraneo. L'obiettivo principale di KM3NeT è la ricerca e lo studio di neutrini cosmici di alta energia, sia provenienti da sorgenti puntiformi che sotto forma di un flusso diffuso. La parte terrestre del telescopio è in fase di implementazione con

una nuova *shore station*, appena completata, e con l'installazione di un nuovo centro di calcolo nella seconda ala di questo laboratorio. Il nuovo centro di calcolo si aggiunge a quello già presente, fornendo la potenza di calcolo necessaria alla gestione del telescopio per neutrini nella sua configurazione finale. Un secondo cavo sottomarino è stato installato, inclusi i sistemi di terra per l'alimentazione e controllo. Parte del laboratorio sarà utilizzato anche in attività di ricerca multidisciplinari (geofisica, vulcanologia, biologia marina). Il sito di test presso il porto di Catania è stato caratterizzato da una intensa attività di preparazione in serie dei moduli di rivelatore e dei relativi lanciatori (LOM), oltre alla continua attività multidisciplinare, in particolare con il progetto europeo FOCUS. Nell'aprile 2021 si sono concluse con successo le operazioni di ampliamento dell'infrastruttura sottomarina IDMAR finanziata dalla Regione Siciliana sul PO-Fesr 2014-2020 e l'installazione di cinque nuove stringhe di rivelatori del telescopio per neutrini KM3NeT/ARCA che sono state calate in acqua, avvolte in struttura sferica, fino a 3500 metri di profondità, dove sono state ancorate al fondale marino e connesse alla stazione di terra, prima di essere dispiegate nella loro configurazione finale. In totale, sono ora in funzione sei stringhe di rivelazione che rappresentano il nucleo iniziale del telescopio per neutrini KM3NeT/ARCA. In aggiunta alle sei già in operazione in ORCA, situato al largo di Tolone in Francia, esse consentono a KM3NeT di superare la sensibilità dell'apparato predecessore ANTARES, in presa dati dal 2008 e anche questo realizzato con un forte contributo italiano. Per la fisica e l'astrofisica nucleare è stato avviato in Giugno 2019 il progetto di potenziamento dell'intera infrastruttura, mirato alla produzione di fasci di ioni leggeri ad alta intensità accelerati con il Ciclotrone Superconduttore e finanziato dal PON Ricerca e Innovazione 2014-2020 dedicato al Potenziamento delle Infrastrutture di Ricerca. L'obiettivo finale è quello di rendere eseguibili presso l'infrastruttura esperimenti di Fisica Nucleare e Applicata che studiano processi rari e pertanto richiedono fasci intensi. Il potenziamento dei LNS consiste nell'adeguamento del Ciclotrone Superconduttore alla produzione di fasci ad alta intensità, nell'installazione del nuovo *fragment separator* FRAISE per la produzione di fasci radioattivi in volo e nell'aggiornamento dell'apparato sperimentale MAGNEX per l'esperimento NUMEN, che studia la fisica del neutrino attraverso reazioni di doppio scambio carica con ioni. Il progetto nel suo complesso ha una durata prevista di 32 mesi, a partire dal Giugno 2019. Le attività maggiormente critiche sotto l'aspetto della programmazione temporale sono già iniziate e il progetto sta rispettando la pianificazione preliminare, fatta eccezione per la costruzione del magnete superconduttore, che dipende dalla filiera delle materie prime, in sofferenza per i rallentamenti dovuti alla pandemia da Covid-19. Tutti i lavori di potenziamento infrastrutturale sono stati avviati e, al fine di consentire l'esecuzione delle attività di potenziamento, la produzione di fasci di ioni accelerati è stata sospesa dall'estate del 2020 all'estate del 2022. Un ulteriore importante sviluppo dei LNS nel campo multidisciplinare della fisica dei plasmi e dell'astrofisica nucleare è stato avviato con l'esperimento PANDORA, che ha recentemente completato il *Technical Design Report*. L'obiettivo è quello di realizzare un plasma di alta temperatura confinato tramite campi magnetici nel quale studiare decadimenti radioattivi rari. Infatti, malgrado il plasma sia la forma di aggregazione più diffusa nel cosmo, gli studi condotti in laboratorio hanno luogo in ambienti molto diversi da quelli astrofisici, con importanti effetti sulla probabilità di decadimento. Agli sviluppi scientifici si affiancano vari contributi tecnologici, in particolare quelli indirizzati alla costruzione della ESS (*European Spallation Source*), con il completamento di una seconda sorgente PS-ESS consegnata nel 2020, e al potenziamento del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica con la costruzione di una sorgente di tipo AISHa, attualmente in corso. L'attività di *public engagement* dei LNS è proseguita in modalità virtuale nel 2020, in attesa di potere utilizzare il *Visitor Center*. Si sta comunque lavorando anche alla possibilità di usufruire del *Visitor Center* in modalità virtuale. Le attività di formazione per le scuole

superiori sono state rallentate ma non si sono fermate, in costante collaborazione con il Dipartimento di Fisica e Astronomia "Ettore Majorana" dell'Università di Catania.

Oltre ai quattro grandi laboratori, l'INFN possiede altri importanti centri di ricerca sul territorio italiano:

EGO (*European Gravitational Observatory*) è un consorzio internazionale (INFN, CNRS/ Francia e NIKHEF/Olanda) costituito nel 2000 per terminare la costruzione, operare, mantenere e sviluppare l'interferometro Virgo (collaborazione internazionale di 660 membri provenienti da 13 paesi), volto allo studio delle onde gravitazionali. L'estesa infrastruttura è collocata a una decina di chilometri da Pisa. Virgo è uno dei tre maggiori interferometri nel mondo, insieme ai due americani LIGO. Nella versione Advanced, che ha iniziato la presa dati nel 2017, ha contribuito in modo cruciale alla scienza degli ultimi anni, consentendo tra l'altro di rivelare la prima coalescenza di un sistema binario di stelle di neutroni e aprendo così le porte all'astronomia multi-messaggera. Per questo risultato Virgo è stata nominata nel 2021 *Milestone IEEE* per la scienza e la tecnologia. L'attività di EGO si inserisce in un programma di sviluppo a livello internazionale, mirato al potenziamento degli interferometri attuali (Virgo è in fase di upgrade verso la configurazione Advanced Virgo Plus) e allo sviluppo dei futuri osservatori, quali ET (*Einstein Telescope*), il progetto europeo per un osservatorio sotterraneo e criogenico di terza generazione che è stato sottomesso nel 2020 alla *road map* delle infrastrutture europee (ESFRI) ed è parte anche del programma presentato dall'INFN per il PNRR. EGO collabora inoltre con istituzioni italiane ed europee (INGV, IPGP/Francia, Dipartimento di Ecologia dell'Università di Pisa, *European JRC*) su tematiche interdisciplinari di scienze geologiche e cambiamenti climatici, ed ha numerosi programmi finanziati dall'Unione Europea: ESCAPE, AHEAD2020, Frontiers, REINFORCE (di cui è coordinatore), G2NET action (di cui è coordinatore)) su temi di computing, fisica multi-messaggera e divulgazione scientifica.

INFN-LABEC (Laboratorio di tecniche nucleari per l'Ambiente e i Beni Culturali) è una struttura della Sezione INFN e dell'Università di Firenze, dotata di strumentazione fissa e mobile per applicazioni alla scienza dei materiali, allo studio del patrimonio culturale e dell'ambiente. In particolare, è dotato di un acceleratore di particelle elettrostatico di tipo Tandem da 3 MV utilizzato per effettuare molteplici tipi di misure tra cui:

- concentrazione di isotopi rari, come il radiocarbonio, per datazioni o per la valutazione del rapporto tra la componente fossile e la componente organica in campo ambientale mediante spettrometria di massa;
- studi della composizione elementare di materiali di diversa natura e provenienza in maniera totalmente non invasiva e non distruttiva con tecniche di analisi con fasci ionici;
- progettazione di nuovi dispositivi tramite impiantazione ionica a bassa energia;
- test di funzionalità di rivelatori per la fisica nucleare e sub-nucleare.

È inoltre dotato di strumentazione mobile come, per esempio, scanner XRF (fluorescenza a raggi X), interamente sviluppati dal laboratorio, che permettono di effettuare analisi composizionali per immagini, anche in situ. Oltre all'applicazione delle diverse tecniche di misura, l'ottimizzazione delle stesse e lo sviluppo di nuova strumentazione costituiscono la missione del laboratorio. In questo contesto, si inserisce per esempio il progetto FISIR-MACHINA, in collaborazione con la

divisione Trasferimento Tecnologico del CERN di Ginevra e l'Opificio delle Pietre Dure di Firenze, per la realizzazione di un acceleratore compatto trasportabile per applicazioni ai beni culturali. Il LABEC è inoltre la sede centrale della rete di Trasferimento Tecnologico per i beni culturali INFN-CHNet, creata nel 2017. La rete è composta da laboratori INFN e da centri di ricerca nazionali e internazionali impegnati nello sviluppo e nell'applicazione di tecniche analitiche per lo studio dei beni culturali. Le attività sono portate avanti nell'ambito di collaborazioni regionali, nazionali ed internazionali. A livello regionale INFN-LABEC collabora attivamente con la Regione Toscana per progetti di ricerca e di alta formazione del personale quali per esempio AFFTER (2018-2020) ed ORMA (2020-2022). A livello internazionale il laboratorio è partner di infrastrutture e progetti Europei quali per esempio: IPERION_HS, ARIADNE plus, EOSC-PILLAR, RADIATE, AHEAD2020 e ACTRIS. Inoltre, INFN-LABEC collabora da oltre 15 anni con IAEA, l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica, sia mediante partecipazione a progetti di ricerca, sia fornendo formazione e trasferimento di conoscenze a ricercatori di paesi in via di sviluppo sull'impiego di acceleratori per scopi analitici. Tra i progetti sui beni culturali svolti nell'ambito della rete INFN-CHNet è da menzionare 4CH dedicato al disegno di un centro di competenza europeo per la preservazione e conservazione di siti e monumenti in cui l'INFN coordina un partenariato di 13 paesi europei. Per quanto riguarda invece lo studio del particolato atmosferico, il laboratorio è coinvolto nei progetti:

- ACTRIS (European Research Infrastructure for the observation of Aerosol, Clouds and Trace Gases): un ERIC (European Research Infrastructure Consortium) nel quale INFN-LABEC è coinvolto come sede dell'EMC2 (*Elemental Mass Calibration Centre*), unità dell'ECAC (*European Center for Aerosol Calibration*). La missione dell'ECAC è fondamentale per migliorare la qualità dei dati di ACTRIS derivanti dal monitoraggio in situ dell'aerosol: ECAC offre supporto operativo alle strutture nazionali associate ad ACTRIS con strumenti per la caratterizzazione fisica o chimica di particelle di aerosol, nonché il campionamento e la successiva analisi di laboratorio del particolato atmosferico;
PON PER-ACTRIS-IT: il PON italiano per l'implementazione di ACTRIS;
ACTRIS-IMP (Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure Implementation Project – progetto H2020): il progetto europeo che copre le attività di ACTRIS fino alla costituzione dell'ERIC ACTRIS.
- SIDDARTA (Progetto PNRA, Piano Nazionale di Ricerche in Antartide, con INFN capofila) che ha lo scopo di identificare le principali aree sorgenti delle polveri minerali che raggiungono Dome C, East-Antarctica e che studia i processi di origine e trasporto atmosferico di particelle cristalline dalle regioni continentali e dalle aree costiere deglacciate dell'Antartide, permettendo di acquisire informazioni sulle variazioni di circolazione atmosferica nell'Emisfero Sud come possibile conseguenza delle variazioni climatiche.

INFN-LABEC partecipa a molti progetti all'interno di collaborazioni nazionali e internazionali su tematiche ambientali riguardanti: l'inquinamento in aree urbane nei vari continenti, i cambiamenti climatici, gli effetti sulla salute del particolato e la situazione in specifici ambienti di lavoro. A livello regionale collabora da molti anni con la Regione Toscana e con ARPAT in progetti di ricerca per l'identificazione delle sorgenti del particolato per permettere alle autorità locali di effettuare interventi mirati per la mitigazione del problema, inoltre partecipa anche ad altri progetti internazionali basati su tecniche IBA (*Ion Beam Analysis*) quali:

- RADIATE (*Research And Development with Ion Beams – Advancing Technology in Europe* – progetto H2020). Oltre a sviluppare ulteriormente la tecnologia IBA e rafforzare la

cooperazione tra le infrastrutture europee, RADIATE ha lo scopo di offrire ai ricercatori del mondo accademico e dell'industria un accesso facile, flessibile ed efficiente alle *facility* IBA partecipanti. L'accesso transnazionale alle linee di fascio IBA di INFN-LABEC, in particolare quelle con fascio esterno per applicazioni ai beni culturali e all'ambiente, è offerto gratuitamente agli utenti selezionati a seguito della valutazione positiva di una proposta di esperimento. In prospettiva, il progetto mira a unificare tutte le *facility* IBA europee, non solo quelle coinvolte nel progetto RADIATE, creando un unico centro virtuale europeo per le IBA su ionbeamcenters.eu.

- AHEAD2020 (*Integrated Activities for the High Energy Astrophysics Domain* – progetto H2020).

INFN-LABEC è inoltre coinvolto nel WP15 “*Technology Innovation and Exploitation for Society*” per la costruzione di un nuovo rivelatore X “compatto” per misure PIXE ad alta risoluzione energetica basato su un *array* di TES (*Transition Edge Sensor*).

Il **CNAF** è il centro nazionale dell'INFN dedicato alla ricerca e allo sviluppo nel campo delle discipline informatiche e telematiche e alla gestione dei relativi servizi per le attività di ricerca dell'Istituto. Ospita il centro nazionale di calcolo dell'INFN e partecipa a vari progetti di ricerca e sviluppo nel campo del calcolo distribuito *Grid* e *Cloud*, sia a livello nazionale che internazionale, svolti in collaborazione con aziende ICT e pubbliche amministrazioni. Tutti i principali esperimenti dell'INFN si servono delle *facility* di calcolo del CNAF, che mette a disposizione circa 50000 *core* di calcolo, una capacità di memorizzazione veloce di 40 PByte e un sistema di archiviazione a lungo termine di quasi 100 PByte. È uno dei 10 centri *Tier1* a livello mondiale del WLCG (*Worldwide LHC Computing Grid*) per la gestione e l'analisi dei dati degli esperimenti LHC. Il 25% delle risorse di calcolo del centro sono dedicate ad esperimenti di astro-particelle tra cui VIRGO/Ligo, AMS, DARKSIDE, KM3NeT, EUCLID e molti altri. Il CNAF persegue anche una vigorosa attività di innovazione centrata sullo sviluppo di tecnologie *cloud*. Il successo del progetto europeo INDIGO DATA CLOUD ha generato un insieme di iniziative basate su queste tecnologie che hanno portato da una parte alla realizzazione di INFN CLOUD, la *cloud* del nostro ente che permette ai ricercatori INFN di avere un ambiente di calcolo *on demand* con un portfolio di servizi molto avanzati, e dall'altra di partecipare attivamente alle iniziative europee dell'EOSC (*European Open Science Cloud*), un'azione strategica europea a lungo termine per creare un ambiente virtuale e federato comune a tutte le discipline scientifiche. EOSC entrerà in produzione nel 2025, ma è iniziato nel 2015 con progetti di esplorazione e prototipaggio, a cui il CNAF ha partecipato e partecipa tuttora, come EOSC-Hub, EOSC-Pillar e EOSC-Pilot. La decennale capacità di gestione di *Big Data* e la *leadership* del centro nel fornire servizi innovativi tipo *cloud* hanno permesso al CNAF di stringere collaborazioni con istituzioni che operano nel settore bio-medico, genomico e oncologico in particolare, come l'Associazione Contro il Cancro e il progetto EU “Harmony”, e di ospitare quindi nei propri sistemi di memorizzazione i loro *data base*, garantendone la privacy e la protezione, essendo il CNAF un centro certificato ISO 27001, 27017 e 27018. Il CNAF è anche partner del Progetto SUPER (*Supercomputing infrastructure and Big Data Analytics for advanced applications in the field of life sciences, advanced materials and innovative production systems*) per il potenziamento delle infrastrutture regionali su fondi POR FESR 2014-2020. Inoltre il CNAF gestisce tutti i servizi di carattere amministrativo e organizzativo dell'Istituto ed è attualmente impegnato, in collaborazione con il CINECA, nella realizzazione del nuovo *data center* al Tecnopolo di Bologna, con capacità di calcolo, di memorizzazione, di potenza elettrica e capacità di *cooling* di almeno un ordine di grandezza superiore a quelli dell'attuale centro di

calcolo. La progettazione esecutiva sia delle opere di ristrutturazione dei locali del Tecnopolo che degli impianti di potenza e di raffreddamento sono stati ultimati mentre i lavori in cantiere inizieranno nel corso del 2021. È in atto anche una vasta attività di modernizzazione di tutti i servizi informatici forniti dal centro: dai sistemi di *batch*, ai sistemi di memorizzazione, alle *cloud*, ecc. per abilitarli a rispondere alle esigenze strategiche dell'INFN. Queste includono in primis quelle degli esperimenti di HL-LHC e di fisica delle astro-particelle di ultima generazione, ma anche il forte sviluppo previsto della *cloud* nazionale INFN, compresa la piattaforma per la gestione di dati sensibili certificata ISO 27001, 27017 e 27018.

Al **LASA** (Laboratorio Acceleratori e Superconduttività Applicata) di Milano si applica la superconduttività sia per la guida dei fasci (magneti SC) per le future macchine acceleratrici del CERN (FCC), che per la parte accelerante (cavità RF) di macchine a elettroni/protoni, quali ESS e PIP-II, e si sviluppano fotocatodi per le sorgenti di elettroni ad alta brillantezza, con ricadute sulle aziende tecnologiche nazionali per entrambi i settori. Queste competenze, ora disponibili congiuntamente alla teoria e calcolo sulle sorgenti di radiazione avanzate (FEL e ICS), nonché alla fisica e tecnologia delle cavità ottiche *Fabry-Perot*, sono la base per la partecipazione alla realizzazione di macchine analitiche, interdisciplinari, in ambiente internazionale e confluiscono nel progetto della nuova infrastruttura MariX per il campus MIND in collaborazione con l'Università di Milano, il cui *Design Study* è stato recentemente completato con la pubblicazione del CDR (*Conceptual Design Report*). La fase di *R&D* sulla sostenibilità dei fasci di elettroni di alta potenza media sarà l'obiettivo principale del dimostratore BriXSino, il cui TDR (*Technical Design Report*) verrà preparato nel corso del 2021. Queste attività sugli acceleratori hanno portato negli anni allo sviluppo di applicazioni multidisciplinari, sia medicali con acceleratori, sia di dosimetria che di produzione di radionuclidi presso il laboratorio di radiochimica. Lo sviluppo e la realizzazione di nuovi e più potenti magneti superconduttori al LASA per i futuri collisori di particelle fanno parte integrante del programma proposto dell'INFN per l'inserimento nel PNRR.

Il **TIFPA** (*Trento Institute for Fundamental Physics and Applications*) intende contribuire sia alla ricerca di base in tutti le aree di interesse INFN che al potenziamento di ricerche in nuovi settori che risultano strategici dal punto di vista tecnico-scientifico con ampie potenzialità di tipo applicativo/industriale. È per questo motivo che, oltre al partner istituzionale Università di Trento (UNI-TN), il TIFPA coinvolge la Fondazione Bruno Kessler (FBK) e l'APSS (Agenzia Provinciale Servizi Sanitari). Il TIFPA funge da interfaccia con FBK per lo sviluppo di dispositivi microelettronici innovativi. La principale infrastruttura del TIFPA è la sala sperimentale del centro di protonterapia dell'APSS. Questa, unitamente ad una sala presso i locali del TIFPA dedicata all'irraggiamento di campioni con raggi X, è dedicata agli studi preclinici di radiobiologia e fisica medica, ai test di rivelatori e allo studio di danno da radiazione ai materiali, sensori e componentistica di microelettronica. Questo tipo di attività risulta di grande interesse sia per applicazioni di carattere industriale che per la fisica spaziale, principalmente per lo studio delle schermature per missioni spaziali in LEO (*Low Earth Orbit*) o interplanetarie.

Il **GGI** (*Gaileo Galilei Institute for Theoretical Physics*), nato del 2005 da un accordo tra INFN e Università degli Studi di Firenze come primo Istituto Europeo dedicato a *workshop* di lunga durata sulle linee di punta della fisica teorica è, dal 2018, Centro Nazionale INFN di Studi Avanzati. A partire dal 2014, il GGI organizza ogni anno cinque scuole di livello internazionale per studenti di dottorato. Queste comprendono lezioni avanzate di teoria dei campi e di stringa, teoria delle interazioni fondamentali, teoria statistica dei campi, fisica nucleare e adronica e fisica astro-particellare. Con la partecipazione di più di 300 studenti ogni anno, provenienti da tutto il mondo, Il

GGI di Firenze è un punto di riferimento per la formazione dei futuri ricercatori in fisica teorica. Il ruolo ed il successo del GGI come centro di ricerca sono stati riconosciuti dal prestigioso *grant* della *SIMONS Foundation* per supportare la partecipazione ai programmi di eminenti scienziati. L'alto livello della ricerca è testimoniato dal grande numero di pubblicazioni scientifiche nate al GGI da idee e discussioni. Il formato dei programmi al GGI rende infatti possibile la preziosa collaborazione tra comunità di fisici con *background* diversi. La pandemia da COVID-19 ha avuto serie conseguenze sulla programmazione del GGI. Gli eventi principali previsti per il 2020 sono stati in larga parte riprogrammati per il 2021, e gli altri a causa del perdurare dell'emergenza, si sono svolti principalmente online. Nonostante il nuovo formato on-line non possa sostituire le discussioni in presenza davanti alla lavagna, così importanti per i fisici teorici, ha comunque dato la possibilità di sperimentare modi alternativi di comunicazione. Un esempio è stata la versione online del Convegno Informale di Fisica Teorica di Cortona, che il GGI ha dedicato alle giovani ricercatrici e ai giovani ricercatori, che hanno avuto modo di mostrare i loro risultati ad una grande platea di esperti. Nel 2021 il GGI ha inoltre inaugurato una nuova serie di colloquia e *focus meeting online* che coprono, ad ampio spettro ed in modo pedagogico, i principali argomenti di punta della fisica teorica. Sfruttando la sua fama internazionale, il GGI è riuscito ad attrarre relatori e relatrici di altissimo livello internazionale ed avere in media più di 200 partecipanti per ogni evento. Visto il successo ottenuto, la programmazione dei "GGI Tea Breaks" continuerà anche in futuro, a pandemia conclusa. Altra esperienza molto positiva, nata nel 2021 ancora come conseguenza dell'emergenza COVID-19, è stata il programma di assegni di ricerca "BOOST" dedicato ai neodottori di ricerca in fisica teorica a cui viene data la possibilità di completare al GGI la loro formazione per affrontare con maggior maturità il percorso post dottorale. Infine, nel 2021, in collaborazione con il GGI, l'INFN ha consegnato la Medaglia Galileo Galilei ai fisici Alessandra Buonanno, Thibault Damour e Frans Pretorius per la loro fondamentale comprensione di sorgenti di radiazione gravitazionale attraverso tecniche analitiche e numeriche. Queste, in modo complementare, hanno fornito previsioni teoriche utilizzate per l'analisi dei dati sperimentali che, nel 2015, ha portato le collaborazioni scientifiche LIGO e VIRGO all'osservazione delle prime onde gravitazionali emesse dalla collisione di due buchi neri, contribuendo quindi alla nascita di una nuova era, quella dell'astronomia gravitazionale. La Medaglia Galileo Galilei viene consegnata ogni due anni a fisici teorici che hanno dato, nei precedenti 25 anni, contributi rilevanti nel campo della fisica teorica.

7. PROGETTI CON ALTRI ENTI E UNIVERSITÀ, PROGETTI EUROPEI, ERIC E FONDI ESTERNI

L'Istituto, grazie alla sua struttura geograficamente distribuita sul territorio nazionale, alla natura pervasiva della sua esistenza nei Dipartimenti di Fisica delle Università e alle eccellenze presenti nei Laboratori e nelle Sezioni, si configura in modo naturale come attore in molte iniziative di collaborazione scientifica a livello nazionale e internazionale con i principali enti pubblici di ricerca italiani e i principali laboratori internazionali. L'INFN ha da sempre promosso e favorito ogni iniziativa intesa a intensificare i rapporti scientifici con le istituzioni e i ricercatori stranieri, sia attraverso appositi programmi di ospitalità di studiosi in Italia, sia attraverso lo scambio di ricercatori sulla base di convenzioni e accordi specifici, con in media circa 500 ricercatori stranieri che visitano le nostre Strutture ogni anno. La risorsa maggiore che si ricava da queste collaborazioni rimane quella del capitale umano, che attraverso lo scambio culturale e intellettuale tra i diversi soggetti è uno dei motori principali dell'innovazione e del cambiamento. L'Istituto da tempo collabora con i principali enti pubblici nazionali di ricerca (CNR, ENEA, ASI, INGV, Sincrotrone Trieste, INAF, Centro Fermi e INRIM) e sono inoltre attive altre collaborazioni con il CNISM, con il CINECA, con lo IOV, il CNAO e diverse IRCCS quali il Policlinico S. Martino di Genova e l'Istituto Tumori Giovanni Paolo II di Bari.

L'INFN, per la natura delle ricerche che promuove e coordina, tradizionalmente opera in un vasto contesto di collaborazioni internazionali. L'Istituto opera al CERN di Ginevra con un ruolo di primo piano in tutti gli esperimenti LHC: al momento i portavoce internazionali delle collaborazioni ALICE e CMS sono italiani, a testimoniare l'enorme contributo dell'Ente alle attività del laboratorio più grande del mondo in questo campo di ricerca. L'Istituto è presente anche negli altri grandi laboratori internazionali, quali, per citarne alcuni: FERMILAB, SLAC, BNL, e JLAB (Stati Uniti); PNPI, BINP e JINR (Federazione Russa); IHEP (Cina); RIKEN e KEK (Giappone); BARC (India), DESY e GSI (Germania); ESRF (Francia), ecc. L'INFN ha sottoscritto più di 100 accordi di cooperazione scientifica con Istituti di ricerca situati in 30 Paesi tra cui quelli recenti firmati con istituzioni scientifiche quali CNEA (Argentina) e BMBF (Germania).

Al fine di un sempre maggiore coordinamento delle attività di ricerca scientifica, la Giunta Esecutiva dell'Istituto partecipa annualmente a incontri bilaterali con i rappresentanti delle principali Istituzioni di ricerca dei seguenti paesi: Cina (IHEP), Francia (CNRS/IN2P3, CEA), Regno Unito (STFC), Russia (JINR, Kurchatov Institute), Stati Uniti (DOE, NSF).

Sono 31 le Università dove l'INFN ha proprie strutture e altre 8 con cui ha accordi quadro attivi. Complessivamente l'INFN versa annualmente alle Università convenzionate circa 2 M€ come contributo alle biblioteche e alle spese di gestione delle strutture universitarie. Nel corso del 2020 sono stati erogati circa 5 M€ per 206 borse di dottorato di cui 13 su fondi esterni per un importo pari a 250 k€, circa 0.6 M€ per 54 assegni cofinanziati di cui 250 k€ da fondi esterni e circa 1.4 M€ per 13 posizioni di ricercatore tipo A di cui 0.8 M€ da fondi esterni, infine circa 0.25 M€ per 1 posizione di professore straordinario. Si tratta di numeri che danno un'idea solo parziale dell'apporto dell'Istituto al sistema universitario giacché non indicano né l'apporto per le attività di ricerca al personale Universitario associato all'Istituto (circa 3500 persone) né il fondamentale contributo *"in kind"* che l'Istituto naturalmente corrisponde al sistema universitario.

L'INFN prosegue la collaborazione con CNR e ELETTRA allo sviluppo delle **IR** (Infrastrutture di Ricerca) europee nell'ambito del programma ESFRI. Queste **IR** sono basate su acceleratori di elettroni che alimentano sorgenti di raggi X da sincrotrone o da *Free Electron Laser* (facility ESRF, EuroFEL e XFEL) su sorgenti di impulsi ultra-brevi e ultra-intensi (*facility* ELI) e su acceleratori di ioni (protoni) che alimentano sorgenti di spallazione di neutroni (ESS). La partecipazione italiana a tali **IR** ha una grande rilevanza sia per la vasta comunità di utenti, ampiamente distribuita nelle Università e nei Consorzi Interuniversitari, che copre un ampio spettro di aree scientifiche, sia per l'industria italiana. Sono infatti numerose le aziende italiane che posseggono requisiti per partecipare con successo alle gare per la costruzione delle sopra menzionate **IR**, attraverso la fornitura di componentistica e strumentazione ad alta tecnologia.

Il Consorzio Eurogammas, di cui l'INFN è capofila, ha la responsabilità della realizzazione della sorgente di fotoni gamma ELI-NP presso Magurele (Romania). Già da tempo, la produzione dei componenti a carico dell'INFN è terminata, e gran parte dei componenti è stata inviata al sito in Romania. Tuttavia, a seguito della verifica sulla conformità dell'edificio per l'acceleratore, a carico di IFIN-HH, l'Ente di ricerca rumeno che ha commissionato il Progetto, è nato un contenzioso tra Eurogammas e IFIN-HH. Tale contenzioso ha portato a un tentativo di conciliazione condotto dalla "DG Regio UE", che non ha avuto esito positivo. In seguito, IFIN-HH ha risolto unilateralmente il contratto con Eurogammas, aprendo così un contenzioso legale in sede giudiziale. Tuttavia, rimangono aperte le trattative per una soluzione conciliatoria, che preveda la prosecuzione del contratto, anche se su scala ridotta.

L'INFN ha partecipato alla realizzazione di SESAME (*Synchrotron-light for Experimental Science and Applications in the Middle East*), che costituisce il più importante centro di ricerca internazionale del Medio Oriente, nel quale sono coinvolti Israele, Giordania, Iran, Cipro, Pakistan, Egitto, Autorità Palestinese e altri paesi della regione. L'INFN continua il supporto tecnico-scientifico all'iniziativa, anche tramite programmi della EU.

La trasformazione di significative grandi infrastrutture di ricerca nazionali in ERIC (*European Research Infrastructure Consortium*) è vista con grande interesse sia dai nostri Ministeri (MUR e MAE) che dall'INFN. Accanto ad indubbie facilitazioni di ordine pratico (esenzione IVA, regole europee per appalti, gare e contratti), riteniamo vi sia un grande valore e potenziale nell'apertura di alcune nostre grandi **IR**, nel quadro del vasto ed interessante spazio della Ricerca Europea. In particolare, come già prima menzionato, l'Ente, con il forte supporto del MUR, sta perseguendo questa finalità per due **IR**, LNGS ed EGO-VIRGO. Per quanto concerne LNGS, per poter ospitare nuovi grandi progetti di terza generazione, per la ricerca sia di materia oscura che del doppio decadimento beta senza neutrini, e per poter esser sede di una rilevante *facility* per la crescita di cristalli ultra-puri per l'intera Europa, è auspicabile che LNGS possa compiere il salto da laboratorio nazionale a **IR** di tipo internazionale, in particolare secondo la modalità offerta dagli ERIC. Olanda, Germania, Francia, Spagna, oltre che altri paesi quali Ungheria e Svezia, hanno manifestato interesse per tale ERIC. Il secondo ERIC su cui da tempo stiamo lavorando concerne la creazione di un Osservatorio Europeo per lo studio delle Onde Gravitazionali, ERIC EGO (*European Gravitational Observatory*). Non c'è dubbio che la recente scoperta delle onde gravitazionali ha messo ancor più in evidenza la rilevanza e l'urgenza di procedere in modo compatto in Europa verso una grande **IR** paneuropea, eventualmente multi-sito, dedicata alla neonata astronomia gravitazionale. La nostra **IR** VIRGO a Cascina dovrà costituire naturalmente almeno uno dei siti di tale Osservatorio, che potrà prevedere anche la presenza di un grande interferometro sotterraneo (ET – *Einstein Telescope*). L'iniziativa di questo ERIC è sostenuta da Italia, Francia, Germania, Olanda, Spagna, UK e Ungheria. Inoltre, l'INFN guida la costituzione

dell'ERIC KM3NeT per lo sviluppo e gestione di un telescopio sottomarino per neutrini di altissima energia in fase di realizzazione in Sicilia (100 km ad est delle coste di Portopalo di Capo Passero) a 3500 m di profondità e di un rivelatore sottomarino a 2000 m di profondità a largo di Marsiglia in Francia per la misura dell'oscillazione dei neutrini atmosferici. Ad oggi si stanno finalizzando tutti i documenti previsti dalle linee guida europee per la costituzione di ERIC e che sono nella fase finale di preparazione. Infine, l'INFN gioca un ruolo importante in un ERIC già esistente ed operante dal 2015, l'ESS (*European Spallation Source*) ERIC, una **IR** multidisciplinare in Svezia che fa uso della più potente sorgente di neutroni al mondo. L'Italia è tra i soci fondatori dell'ESS ERIC che conta, al momento, ben 12 paesi europei (destinati a divenire 15 in un prossimo futuro).

L'Italia, con INAF ed INFN, partecipa altresì al progetto CTA (*Cherenkov Telescope Array*), grande collaborazione internazionale che beneficia del contributo di oltre 1400 scienziati e ingegneri di tutti e cinque i continenti. Si tratta dell'osservatorio per raggi gamma di alta energia più grande del mondo che, con la sua sensibilità unica a queste lunghezze d'onda, si prefigge di sondare gli ambienti estremi rappresentati dalle sorgenti di raggi gamma, che comprendono le pulsar e i resti di supernova. Una volta completata la costruzione, prevista per il 2025, l'osservatorio sarà costituito da 118 telescopi in totale, collocati tra il sito situato nell'emisfero boreale (Isole Canarie, La Palma) e quello australe (Cile, deserto di Atacama). Dal punto di vista giuridico CTA, attualmente una società di diritto privato tedesco, è in fase di transizione verso la costituzione di un ERIC (2022) la cui sede legale sarà fissata in Italia presso la sede dell'INAF di Bologna.

Alcune di queste iniziative sono state incluse nella *roadmap* 2018 di ESFRI: KM3NeT con lo status di *Project*, mentre CTA, ELI, ESS, *European XFEL*, HL-LHC compaiono come *Landmarks*. A queste potrebbero aggiungersi EUPRAXIA ed ET, proposti per la *roadmap* 2021 ed attualmente in valutazione.

L'impegno dell'Istituto sui fondi strutturali rimane costante, ricordando anche che il nostro Ente ha avuto e continua ad avere un ruolo attivo di ausilio ad Autorità nazionali e regionali nello studio delle strategie e delle politiche per alcuni Programmi Operativi della nuova programmazione. La diffusione capillare delle strutture INFN nel nostro Paese rappresenta un punto di forza del sistema socioeconomico, attraverso cui accrescere il potenziale di ricerca e innovazione presente nei vari territori, nel rispetto della peculiarità di ciascuno di essi e dunque delle strategie espresse nella *Smart Specialisation Strategy* (S3). Sui PON *Smart Cities* e su alcuni POR regionali finanziati in ambito FSE e FESR, l'Istituto ha ottenuto risultati di grande rilievo sia per progetti in appoggio ad una migliore gestione delle amministrazioni locali sia per la connessione con le imprese, anche attraverso numerose azioni di formazione direttamente connesse alle necessità del mondo produttivo. INFN è estremamente attivo anche sui programmi regionali di potenziamento delle Infrastrutture di ricerca come dimostrato in Sicilia dal Progetto IDMAR per il potenziamento dei laboratori costieri e sottomarini nel Mar Mediterraneo in connessione con ERIC EMSO e con il costituendo ERIC KM3NeT. Attraverso questi canali, naturalmente, l'INFN apre anche nuovi flussi di finanziamento che, seppure in settori indirizzati, fanno da complemento all'erogazione ordinaria del MUR e dimostrano la capacità dell'Ente di attrarre risorse esterne. Nel campo del PON (Programma Operativo Nazionale) vanno ricordate ad esempio, oltre alla già citata iniziativa Km3NeT, RECAS e NAFASSY per test di manufatti che utilizzano tecnologie superconduttive. Nell'ambito del PON 2014-2020 per il potenziamento delle Infrastrutture di ricerca ha avuto finanziamenti importanti legati ancora a KM3NeT, LNGS, LNS ed IBISCO (potenziamento delle **IR** di calcolo). Nei contesti regionali e locali (POR – Programma Operativo Regionale e assimilabili) l'azione dell'Istituto è diretta a garantire la collocazione di un determinato territorio in collegamenti (*network*) di valore internazionale, che è un asset fondamentale dell'Ente. Inoltre, nuovi settori di

R&D tecnologici potranno dare vita, in un prossimo futuro, a nuovi *cluster* tecnologici (anche di tipo *cross-cluster*). Tutto ciò sposa la strategia europea di finanziamento della ricerca e dell'innovazione, che integra le iniziative del nuovo Programma Quadro per Ricerca e Innovazione per il settennio 2021-2027, HE (*Horizon Europe*), con quelle sui Fondi Strutturali e di Investimento europei. La struttura di Horizon Europe prevede 3 pilastri: *Excellent Science*, *Global Challenges and European Industrial Competitiveness* e *Innovative Europe*.

Gli sforzi e gli interessi dei ricercatori INFN, come già accaduto per Horizon 2020, si concentrano principalmente nel primo pilastro, che con la presenza di bandi *bottom up* dedicati alla ricerca "*curiosity driven*", quali ERC (*European Research Council*) e MSCA (*Marie Skłodowska Curie Actions*), e azioni dedicate al consolidamento, apertura, integrazione ed interconnessione delle Infrastrutture di Ricerca, lasciano spazio a progetti scientifici di frontiera in linea con la missione e bagaglio di conoscenze dell'Istituto. Un obiettivo per i prossimi anni sarà certamente mantenere i buoni risultati ottenuti in Horizon 2020 nell'ambito del pilastro dedicato a "*Excellent Science*".

La partecipazione ai bandi ERC è costantemente stimolata ed incoraggiata anche attraverso un apposito ufficio che supporta i candidati per tutto il percorso di preparazione delle proposte, compresa la fase di intervista. Nonostante il basso tasso di successo generale del bando, grazie alle idee di ricercatori eccellenti sono diversi i progetti a cui l'Istituto in tutto l'arco di *Horizon 2020* ha preso parte, in qualità di *Host Institution* o di beneficiario addizionale. Complessivamente l'Istituto ha partecipato al successo di 5 *Starting Grant*, 8 *Consolidator Grant* (uno dei quali con *Principal Investigator* rientrante in Italia dall'estero) ed un *Advanced Grant*. A questi si aggiungono i 36 progetti MSCA e i 55 progetti sul tema Infrastrutture di Ricerca finanziati nella precedente programmazione.

Nell'ambito delle infrastrutture è da sottolineare anche il ruolo primario che l'INFN ha svolto nei progetti nell'ambito delle infrastrutture di calcolo, in particolare collegate alla EOSC (*European Open Science Cloud*), per la gestione dei dati della ricerca e svolgerà nell'ambito della Partnership Strategica Co-programmata di HE per l'implementazione della EOSC.

Un ulteriore obiettivo, che ha finalità in linea con l'individuazione di nuove esigenze di ricerca e il bagaglio di conoscenze proprie dell'Istituto, è il rafforzamento della partecipazione a bandi degli altri 2 pilastri, con progetti di ricerca multidisciplinare e/o applicata o progetti per valorizzare lo sviluppo di innovazioni tecnologiche, e ad eventuali Partnership di HE Strategiche per l'Istituto.

Fra le tematiche di particolare interesse strategico meritano una menzione l'ambito salute, le tecnologie quantistiche, ICT, Big Data, HPC, e le applicazioni del supercalcolo in vari settori, fra cui per es. salute e beni culturali.

Nell'ambito del rinnovato contesto della nuova Programmazione Europea, oltre ad HE, l'interesse dell'Istituto include anche il Programma Digital Europe, dedicato interamente alla trasformazione digitale dell'EU, e il programma EURATOM, che sostiene attività di ricerca e formazione nell'ambito del settore nucleare.

Nell'ambito del progetto strategico **INFN_E**, sono state sviluppate numerose iniziative nel campo della gestione dei rifiuti radioattivi e della fusione/fissione nucleare. Molte di queste attività sono svolte in collaborazione con altri enti di ricerca italiani ed internazionali.

Presso la Sezione di Padova è stata sviluppata la tecnica della tomografia muonica applicata ai rifiuti radioattivi. Mediante l'utilizzo delle tracce prodotte dalla radiazione cosmica in appositi

sensori sarà possibile ispezionare container, carichi di ferraglia, fusti di rifiuti radioattivi, contenitori di combustibile esausto. È stato siglato un accordo (MUTOMCA – *MUon TOMography for CAstors*) col FJ (*Forschungszentrum Jülich*), con il supporto della Commissione Europea per la realizzazione di un prototipo da testare presso impianti tedeschi in via di dismissione.

Sono stati realizzati dai LNF in collaborazione con l'ENEA dei sensori basati su camerette GEM con varie versioni di elettronica di front-end a seconda delle esigenze di risoluzione spaziale e temporale. Tali sensori permettono di scattare numerosi fotogrammi dei raggi X emessi dal plasma durante l'impulso di accensione, permettendo di ottenere informazioni sulla sua evoluzione. I sensori sono stati utilizzati in varie campagne presso i tokamak FTU (ENEA Frascati), KSTAR (Corea del Sud), EAST (Cina) e presso gli impianti a fusione inerziale ECLIPSE (Francia), VEGA-2 (Salamanca), Gekko XII (Giappone).

8. LE ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE E ALTA FORMAZIONE

All'interno dell'INFN le attività di Terza Missione vengono declinate in attività di *PE (Public Engagement)* e Comunicazione, attività di TT (Trasferimento Tecnologico) e attività di Formazione Continua. Queste attività sono organizzate sia a livello centrale che con il coinvolgimento delle diverse Strutture dell'Ente. Sin dal 2012 le attività di Trasferimento Tecnologico sono coordinate dal Comitato Nazionale di Trasferimento Tecnologico (CNTT) e dal Servizio Trasferimento Tecnologico (presso l'Amministrazione Centrale). Per le attività di comunicazione e PE organizzate a livello centrale, l'INFN conta dal 2002 sulle professionalità del suo Ufficio Comunicazione, presso la Presidenza dell'Istituto. A partire dal 2016, consapevole della sua importanza strategica, l'Ente si è anche dotato di un Comitato di Coordinamento della Terza Missione (CC3M) con il compito specifico di coordinare le iniziative di diffusione della cultura scientifica (organizzate a livello locale con impatto sul territorio nazionale) per rafforzarne l'efficacia e raggiungere un pubblico diversificato e sempre maggiore. Della CC3M fanno parte, tra gli altri, il Presidente della CNTT e la responsabile delle attività di *Public Engagement* dell'Ufficio Comunicazione per ottimizzare il coordinamento e sfruttare le possibili sinergie tra i vari attori coinvolti.

Il Gruppo di Lavoro sulla Valutazione (GLV), stila un rapporto annuale inviato al *management* dell'Ente e al Comitato di Valutazione Internazionale sulla base delle informazioni fornite dalla CNTT e dalla CC3M, integrate da un database che raccoglie, sin dal 2005, le attività effettuate nelle singole Strutture INFN. I risultati della passata VQR (2011-2014) hanno evidenziato le prestazioni eccellenti a livello centrale sia nel TT che nel PE. Una delle attività dell'Istituto (le Masterclass di Fisica delle Particelle) è stata indicata come una buona prassi di PE, ed è stata sottolineata la dinamicità degli spin-off dell'Ente.

Numerose attività di *knowledge transfer* sono intrinsecamente presenti nell'attività dell'Istituto e negli ultimi anni sono state rafforzate dall'attenzione rivolta all'interazione tra scienza e società. Tale attenzione è sottolineata anche dalla volontà espressa dal *management* dell'Ente di dotarsi, a partire dal 2021, di un Bilancio Sociale. Sul fronte del TT, l'Ente promuove la nascita e lo sviluppo di *network* ricerca-imprese-territorio che possano contribuire alla competitività e allo sviluppo economico e imprenditoriale del Paese e delle sue articolazioni territoriali.

A questo proposito, è anche da rimarcare il recente impegno dell'Ente a fronte dell'emergenza COVID-19 che si è concretizzato in numerose azioni di impatto verso la società. La ricerca di punta svolta in ambito INFN è stata messa al servizio della tecnologia e della società per dare supporto in tutte le fasi dalla pandemia, sin dai primi momenti dell'emergenza. Basti pensare all'Anti-COVID-Lab realizzato in collaborazione con l'Università di Catania per la qualificazione delle mascherine, il Ventilatore Meccanico Milano sviluppato nel momento di maggior picco della pandemia, il sito COVIDStat-INFN che offre una visione aggiornata e analisi puntuali dell'evoluzione della pandemia, oltre a Exscalate4Cov e all'impiego delle risorse *cloud* INFN.

Oltre ad attività di divulgazione, c'è un crescente impegno nel proporre attività di formazione continua, e, in particolare, l'aggiornamento professionale di docenti di scuola di ogni grado, attraverso scuole e seminari dedicati.

L'INFN oltre che nelle attività di Terza Missione è significativamente impegnato anche nell'ambito dell'alta formazione. Sulla base delle convenzioni che l'Ente stipula con gli Atenei, numerosi ricercatori INFN svolgono attività didattica principalmente nei corsi magistrali in Fisica, fanno da

relatori o correlatori per tesi di laurea che ricadono nell'ambito delle ricerche svolte dall'Ente ed è particolarmente attivo nell'attività formativa di terzo livello, grazie ad un programma di finanziamento di borse di Dottorato di Ricerca e, soprattutto, alla attivazione di dottorati congiunti. Ad oggi l'Istituto conta 13 programmi di Dottorato di Ricerca di cui è co-titolare con un trend crescente negli ultimi cinque cicli di Dottorato. Finanzia ogni anno oltre 60 borse di Dottorato di Ricerca e annualmente vengono discusse circa 170 tesi di Dottorato di Ricerca in ambito INFN.

8.1 LE ATTIVITÀ DI COMUNICAZIONE E DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

8.1.1 Ufficio Comunicazione

Consapevole dell'importanza della diffusione della cultura scientifica e delle attività di sensibilizzazione del pubblico, l'INFN dedica grandi sforzi alla progettazione, all'organizzazione e alla realizzazione di eventi, mostre e prodotti per il grande pubblico o mirate a pubblici specifici. Grazie all'azione sinergica, a livello nazionale e internazionale, dell'Ufficio Comunicazione, della CC3M e con il fondamentale contributo del personale coinvolto nelle singole strutture, sono state realizzate numerose iniziative. L'Ufficio Comunicazione, in particolare, concorda con il *management* la strategia di comunicazione verso i media e il pubblico della *mission* dell'Ente e degli sviluppi della ricerca in cui è impegnato, strategia che attua attraverso i canali di comunicazione istituzionali (comunicati stampa, *news*, sito web, canali social, *newsletter*) e i canali di *PE* più propriamente dedicati alla divulgazione e all'*edutainment* (eventi, mostre e installazioni, video e animazioni, pubblicazioni *educational* e divulgative).

Per quanto riguarda il rapporto con i media, l'ufficio stampa dell'INFN si è ormai consolidato da anni come un'importante fonte di informazione e un punto di riferimento per le agenzie di stampa e i giornalisti scientifici italiani, arrivando ad avere nel 2020 circa 6000 citazioni sulle testate italiane, cartacee, web e oltre 250 su TV e radio. In occasione di notizie scientifiche rilevanti, l'attività di ufficio stampa si rivolge anche verso i principali media internazionali. Nel 2020 sono stati diffusi 38 comunicati stampa e 61 *web-news*.

Per la comunicazione istituzionale, l'INFN è dotato di un sito web (bilingue italiano e inglese) che aggiorna regolarmente e sta investendo sulla comunicazione con i *social media* (Facebook, Twitter e Instagram), organizzando campagne e prodotti di comunicazione pensati per questi canali. Produce materiale di promozione e presentazione dell'Istituto e delle proprie attività, brochure, poster, infografiche, video (questi ultimi fruibili attraverso il canale YouTube dell'Ufficio Comunicazione).

L'INFN, attraverso l'Ufficio Comunicazione, cura la produzione di una newsletter mensile, bilingue in italiano e in inglese, che viene inviata a tutto il personale INFN e a destinatari esterni, appartenenti al mondo della politica, dell'industria, dei media e delle istituzioni di ricerca italiane ed estere, per un totale di 7.000 lettori raggiunti.

L'INFN pubblica una rivista monografica semestrale, dedicata ai grandi argomenti della fisica, *Asimmetrie* (tiratura cartacea di circa 20.000 copie, anche disponibile su web e applicativo per smartphone), rivolta agli insegnanti delle scuole secondarie di secondo grado e ai loro studenti, al fine di offrire uno strumento di approfondimento da utilizzare in classe per introdurre i temi della ricerca di frontiera.

L'INFN partecipa a festival e manifestazioni pubbliche, nazionali e internazionali, sia di carattere scientifico, come il Festival della Scienza di Genova, il Festival Futuro Remoto di Napoli, il Festival della Scienza di Roma, di cui è partner progettuale insieme all'Agenzia Spaziale Italiana, sia attinenti anche ad altri ambiti culturali, come il Festival della Scienza e della Filosofia di Foligno, il Festival della Filosofia di Modena, Carpi e Sassuolo.

Con l'obiettivo di raggiungere il grande pubblico, raccontando di scienza in modo coinvolgente e suggestivo, l'INFN progetta e cura conferenze-spettacolo, realizzate in collaborazione con protagonisti del mondo culturale, che portano sulla scena scienziati, musicisti, scrittori, attori, artisti e vedono la partecipazione di un ampio pubblico. Stesso scopo hanno le mostre, realizzate anche in questo caso in collaborazione con professionisti del mondo dell'arte e della cultura. Si tratta spesso di eventi con grande partecipazione di pubblico. Le installazioni multimediali realizzate per le mostre sono poi riutilizzate in occasione di festival e altre manifestazioni o allestite in modo semipermanente presso musei scientifici: ne sono un esempio l'installazione "Curvare lo spaziotempo", allestita ininterrottamente negli anni in diverse città italiane.

La diffusione scientifica e la comunicazione si svolgono in tutte le unità locali e, in particolare, nei quattro Laboratori Nazionali. A questo proposito, con l'intento di rendere le iniziative locali più efficaci, da qualche anno l'INFN ha attivato moduli annuali di corsi di formazione alla comunicazione scientifica rivolti al proprio personale, che hanno lo scopo di fornire gli strumenti di base, soprattutto ai ricercatori, per gestire i rapporti con i media e le attività per le scuole e il grande pubblico. Dal 2017, con l'obiettivo di incentivare la qualità dell'offerta di attività *educational*, l'Ufficio Comunicazione e il Comitato di Coordinamento della Terza Missione hanno attivato in sinergia un canale di *workshop* interni dedicati alle attività di *PE* per i più piccoli, con la partecipazione di esperti esterni all'Ente. Nell'ottica di proseguire l'impegno dell'INFN di realizzare dei *visitor centers* presso i quattro Laboratori Nazionali, dopo quello dei Laboratori Nazionali di Legnaro e dei Laboratori Nazionali di Frascati, nel luglio 2019 è stato inaugurato il *visitor center* dei Laboratori Nazionali del Sud. Si tratta di un centro multimediale, di 400 mq, in cui il visitatore, attraverso un percorso di *exhibit* e installazioni interattive, può avventurarsi in un racconto scientifico che spazia dalla fisica nucleare, alla fisica astroparticellare, dagli acceleratori di particelle alle ricerche interdisciplinari, con le importanti ricadute nell'ambito dei beni culturali e della medicina. Tutte attività che vedono i LNS protagonisti nel panorama internazionale.

Fortemente condizionato dalla situazione pandemica, il 2020 è divenuto occasione di sperimentazione di nuovi *format* di *PE*. Gli eventi programmati in presenza sono stati rimodulati in modalità *online*, in alcuni casi realizzati in teatro, in assenza di pubblico, e condivisi via *streaming*. La programmazione delle mostre è slittata al 2021, con la sola eccezione dalla mostra Cyborn, allestita a Trieste tra settembre e inizio novembre in occasione di ESO 2020, che ha registrato 3500 visitatori complessivi, oltre ai partecipanti agli eventi collaterali alla mostra. Dal primo giorno di chiusura delle scuole, l'Ufficio Comunicazione ha messo in campo nuovi progetti per incentivare l'offerta di attività di *PE* fruibili da remoto, attraverso i canali Facebook, Instagram e Youtube, e rispondere alla crescente richiesta di risorse web da parte delle scuole. Sono nati così, il progetto di dirette "*Particle Land*", "*L'Universo in una stanza*" e "*Art&Science KIDS*", con grande partecipazione di pubblico, soprattutto scolastico. Durante la fase di *lockdown* imposto dalla pandemia, l'Ufficio Comunicazione ha inoltre coordinato la partecipazione dell'Ente al portale di Indire "Gli enti di ricerca per studenti, insegnanti e famiglie". Nel dicembre 2020, in occasione degli eventi per la Notte della Ricerca – progetto

Sharper, l'INFN ha presentato a un pubblico di circa 1200 persone collegate via Facebook e YouTube "Universo *underground*", un evento in diretta *streaming* allestito all'interno dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

8.1.2 La CC3M

L'obiettivo principale della CC3M è di rafforzare e migliorare le attività di diffusione della cultura scientifica che nascono per iniziativa delle sezioni locali e dei laboratori, per garantirne l'ottimizzazione e il coordinamento sul territorio, e per allargare e differenziare la platea del pubblico coinvolto. Nel corso degli anni, il comitato CC3M ha inoltre promosso proprie iniziative volte a coprire specifiche carenze in termini di copertura territoriale della attività di *PE* o attinenti tematiche specifiche. La CC3M supporta attività di grande impatto, che coinvolgono più Sezioni o che sono comunque significative a livello nazionale come *ScienzaperTutti*, *RadioLab*, *le Masterclass*, il *Premio Asimov* per la divulgazione scientifica, *OCRA* (*Outreach with Cosmic Rays Activities*) per citarne alcune. *ScienzaperTutti* è un portale web, con una redazione integralmente composta da nostri ricercatori, che offre continuamente materiale rivolto agli studenti delle scuole secondarie, diventato da anni un punto di riferimento per il suo pubblico. Alcune iniziative in presenza (ad esempio *RadioLab* o le già citate *Masterclass*) sono oramai esperienze consolidate, coinvolgendo da anni migliaia di studenti in attività di *stage* e laboratori *hands on*. Il *Premio Asimov per la divulgazione scientifica* (giunto alla sua VI edizione) coinvolge annualmente oltre tremila studenti che recensiscono e votano il vincitore tra una cinquina di libri annualmente scelti da un ampio comitato di selezione. Nell'ottica di coordinare iniziative diffuse, nel 2019 è stata lanciata *OCRA*, omogeneizzando le attività che utilizzano i raggi cosmici per portare la scienza nelle scuole. Al momento sono venti le strutture INFN partecipanti, con un coinvolgimento di oltre mille studenti. La possibilità di effettuare misure di fisica direttamente con attività di laboratorio (in classe e fuori), offre la possibilità di avvicinare direttamente studenti alle metodologie della scienza, fornendo allo stesso tempo nuove opportunità didattiche ai loro docenti.

Una delle iniziative che affronta l'allargamento del pubblico a cui ci rivolgiamo è costituito da *Art&Science*. Rivolto a studenti delle secondarie, offre un percorso biennale di dialogo tra arte e scienza, fatto di lezioni frontali (su entrambi gli argomenti), visite a laboratori scientifici e musei. A fronte di questo, i partecipanti devono produrre un oggetto artistico ispirato al tema scientifico proposto, che viene esposto in mostre organizzate a livello regionale (tipicamente in un Museo o comunque uno spazio espositivo), con una giuria che premia le migliori opere. Queste sono infine esposte, al termine dei due anni, in una mostra nazionale presso il MANN (Museo Archeologico Nazionale di Napoli). Il successo dell'iniziativa è testimoniato dalla partecipazione: alla III edizione (2020-2021), si sono iscritti oltre 5000 studenti da 135 scuole di vario tipo premiando lo sforzo di circa 150 tra ricercatori e tecnologi dell'Istituto.

L'emergenza COVID19 ha costituito un banco di prova della capacità di trasformare le attività in presenza in iniziative che fossero ad un tempo fruibili da remoto, accattivanti, ed utili alla risposta del Paese alla pandemia. "A Scuola a Casa con Voi" ha offerto nuovi percorsi formativi per studenti delle superiori, trasformato le attività di laboratorio con i raggi cosmici (coordinate in *OCRA*) in laboratori *online*, e proposto percorsi didattici per l'esame di maturità. Il tutto sfruttando la piattaforma fornita da *ScienzaperTutti* che ha visto il numero dei visitatori quotidiani andare da 2500 a 4500, con oltre 2000 abbonati alla *newsletter* mensile. La seconda ondata della pandemia ha imposto di trasformare ulteriormente le nostre attività, e sono così nati, ad esempio, nuovi percorsi didattici che offrono a studenti (e docenti) la possibilità di analizzare *Big Data* raccolti da grandi esperimenti cui

l'INFN partecipa, in modalità *Open (open data e open source)* grazie a programmi di analisi sviluppati dai nostri ricercatori.

Dal 2020 la CC3M ha lanciato l'iniziativa *Physics Involving People*, un bando tematico interno per finanziare iniziative prototipali su argomenti specifici di interesse dell'Istituto.

Un ultimo cenno merita l'aspetto dell'aggiornamento dei docenti ai temi propri della nostra ricerca. Uno degli obiettivi è di accrescere l'offerta dell'Istituto in quest'area, così alle attività tradizionali (Incontri di Fisica e i corsi di Fisica Moderna di Frascati) si sono ora affiancati il *Programma INFN per Docenti* (presso i Laboratori Nazionali di Catania, Legnaro e Gran Sasso), l'iniziativa *AggiornaMenti* rivolta a docenti delle scuole medie inferiori (8 sezioni partecipanti con altrettanti corsi), ed un corso sperimentale svolto dalla Sezione di Milano Bicocca in collaborazione con l'Università di Birmingham ed un Istituto Comprensivo della Lombardia rivolto agli insegnanti delle scuole primarie: *Particle Physics for Primary Schools*. Anche in questo campo la fase pandemica ha imposto la trasformazione di alcune attività in corsi da remoto.

L'impossibilità di svolgere attività in presenza ci fornisce l'opportunità di esplorare nuove modalità per raggiungere efficacemente, con le nostre proposte di divulgazione e formazione, aree del Paese spesso lontane dalle nostre strutture. Questo aspetto, combinato con l'acquisizione da parte del nostro personale di capacità di gestire ed organizzare attività in modalità remota, sicuramente permetterà negli anni a venire di allargare la platea del pubblico da noi raggiunto.

Il numero totale di eventi organizzati nel 2020 è 367, circa la metà destinato al grande pubblico e la restante parte alle scuole. Circa il 70% delle attività viene svolta nelle singole Sezioni, il restante 30% nei Laboratori Nazionali. La maggior parte di questi eventi consiste in mostre, conferenze-spettacolo, realizzati in collaborazione con protagonisti del mondo culturale, seminari divulgativi, visite guidate, percorsi formativi.

I dati 2020 sono fortemente penalizzati dall'emergenza COVID19 e, in particolare, dal lungo periodo di *lockdown*. Rispetto agli eventi effettuati negli anni precedenti circa il 40% di quelli programmati nel corso del 2020 sono stati cancellati e la restante frazione, in buona parte, rimodulata per la fruizione da remoto.

Un effetto più drammatico è stato sofferto nell'ambito dell'Alta Formazione dove, rispetto al 2019 in cui erano state organizzate 12 scuole, il 2020 ha visto la realizzazione di una sola scuola immediatamente prima del periodo di *lockdown*.

La Tabella 8.1 riporta il numero di eventi, divisi nelle varie tipologie, organizzati dall'INFN negli ultimi cinque anni.

Classe Evento	N. Eventi 2016	N. Eventi 2017	N. Eventi 2018	N. Eventi 2019	N. Eventi 2020
Pubblico	287	219	317	320	185
Scuola	296	312	84	555	182
Alta Formazione	11	16	12	12	1
Totale	583	531	413	887	368

Tabella 8.1 – Numero di eventi totali organizzati dall'INFN (2016-2020)

8.2 L'INFN PER L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA E LA COMPETITIVITÀ INDUSTRIALE

Il trasferimento di tecnologia e know-how (KTT) dagli enti di ricerca a vari soggetti interessati della comunità economica (ad esempio aziende, istituzioni pubbliche, ecc.) è considerato fondamentale per aumentare l'innovazione e la competitività della comunità economica sul mercato nazionale ed internazionale. L'INFN da sempre presta particolare attenzione al trasferimento di conoscenze e tecnologie: le strutture e i laboratori sono costantemente coinvolti nella produzione di nuove conoscenze, sia rispetto alla tecnologia tangibile sia a conoscenze e risorse immateriali, rendendo il processo KTT una parte intrinseca delle attività di ricerca dell'INFN.

La strategia posta in essere dall'INFN per il trasferimento tecnologico si basa soprattutto sulla valorizzazione di idee e tecniche innovative, che nascono nell'ambito della ricerca di base, e, successivamente, si propone di facilitare/catalizzare i processi che guidano lo scambio di conoscenza fra il mondo della ricerca e la società, sia essa intesa come il mondo delle imprese che un qualunque contesto che possa essere destinatario delle applicazioni, consentendo così all'nuove tecnologie di tradursi in beni e servizi fruibili dalla collettività.

Parte della strategia è anche costruire strumenti di valutazione interna e di monitoraggio delle attività e dei prodotti del KTT e più in generale delle conoscenze trasferibili dell'Ente.

Per raggiungere questo scopo l'INFN si è dotato di una organizzazione ad hoc che copre aspetti di carattere amministrativo-giuridico e scientifico-tecnologico, il tutto coordinato da un comitato d'indirizzo: il Comitato Nazionale di Trasferimento Tecnologico (CNTT) è l'organo preposto al coordinamento di queste attività. Il collegamento con gli organi direttivi centrali è assicurato dalla partecipazione di un componente della Giunta Esecutiva.

Il CNTT è supportato operativamente dal Servizio di Trasferimento Tecnologico (STT), che cura aspetti amministrativi e di sostegno ai ricercatori. Il servizio comprende risorse umane qualificate che coprono i diversi profili di competenza (giuridico/brevettuale, economico, tecnologico), specifici di un settore fortemente interdisciplinare.

Una rete di referenti locali (RL) nelle singole strutture INFN, vera spina dorsale delle azioni KTT, consente una capillare interazione con gli *stakeholders* economici locali sul tessuto nazionale. La rete dei RL è direttamente coordinata dal CNTT.

L'attività di KTT dell'Ente si è via via trasformata e consolidata su un percorso ricco di azioni che vanno anche oltre quelle più classiche e più strettamente tecnologiche, quali i contratti di ricerca e consulenza con committenza esterna, i brevetti, la creazione di imprese *spin-off*, la partecipazione a incubatori e consorzi. Queste attività hanno beneficiato anche della creazione di reti di competenza interne, che tramite percorsi sinergici, hanno permesso KTT anche all'interno della rete stessa.

Questi percorsi sono volti principalmente a rafforzare la conoscenza e la diffusione di alcune tecnologie tipiche dell'INFN nelle sue Strutture sul territorio nazionale, in modo da utilizzare tutti i possibili contributi e rispondere in maniera più ampia alla richiesta esterna di KTT.

Specifici regolamenti sul KTT hanno fornito un insieme di regole per la valorizzazione della ricerca. Si è definito un nuovo schema di incentivi agli inventori, oltre al regolamento *spin-off*, alle Strutture che li ospitano, al budget del CNTT, al salario accessorio dei dipendenti. I

regolamenti stabiliscono la possibilità di conferire deleghe alle singole Strutture INFN, per gestire localmente alcune tipologie di KTT, così da accelerare le procedure e favorire il processo stesso. I risultati possono essere monitorati dal sistema contabile e resi disponibili per analisi di impatto socioeconomico.

Il portale è stato potenziato con l'obiettivo di farne uno strumento interattivo, dove le parti interessate al KTT (ricercatori, imprese, altre istituzioni interessate) possano accedere ai servizi messi a disposizione dall'Istituto. Il sito è strumento di dialogo con i ricercatori (modulistica, assistenza brevetti e *spin off*) e con le imprese (ricerca di tecnologie, ricerca di collaborazioni, ricerca di servizi o strumentazione di alta tecnologia).

Metric	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019*	2020
Licenses/options active at 31/12	3	3	6	6	10	14	17	15	18	21
Licenses granted to Italian enterprises	1	1	3	3	6	11	12	12	13	16
Licenses granted to EU enterprises	2	2	3	3	3	2	2	1	3	3
Licenses generating revenue in year	0	2	3	3	4	9	5	6	6	3
Licenses linked to a patent	3	3	3	3	2	1	2	5	8	3

Tabella 8.2 – Licensing. È evidente una crescita stabile del “licensing” nel corso degli anni

Nel corso degli ultimi anni, il lavoro congiunto e coordinato della CNTT, STT e RL ha consentito un notevole incremento delle iniziative di ricerca collaborativa e in conto terzi condotte con le imprese, protezione e valorizzazione della proprietà intellettuale, attività a supporto della creazione di *spin-off*. Alcuni di questi risultati sono mostrati nelle Tabelle 8.2 e 8.3.

Metric	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019*	2020
Invention disclosures	5	7	20	24	21	10	23	14	16	24
Confidentiality agreement	N/A	N/A	N/A	N/A	11	16	9	25	24	17
Priority applications filed (Italy)	1	7	10	11	10	5	5	11	4	15
Priority application filed	1	7	15	19	25	14	10	12	4	15
Patents (applications and issued)	5	10	20	59	63	71	86	94	114	146

Tabella 8.3 – Gestione della proprietà intellettuale

Da questi e altri parametri della ricerca si evince come la collaborazione tra INFN e aziende garantisca a queste ultime un accesso privilegiato a nuove tecnologie ed un supporto alla loro attività di R&D con positive ricadute sia in termini di acquisizione di *know how* che importanti impatti sull'acquisizione di quote di mercato.

Per quanto riguarda le attività di tutela della proprietà intellettuale prodotta dall'INFN, a partire dal 2020 l'Istituto ha acquisito la capacità di gestire interamente la procedura di scrittura, deposito, mantenimento e difesa dei brevetti di proprietà grazie all'assunzione di una Mandataria presso l'Ufficio Brevetti Europeo (EPO). L'introduzione di questa figura di alta qualificazione professionale, oltre a rendere inutile il ricorso alle altrimenti necessarie consulenze esterne, ha dimostrato la sua efficacia soprattutto nell'aver aumentato il grado di fiducia e confidenza da parte dei ricercatori e tecnologi riguardo al processo di tutela delle invenzioni.

Sulla base dell'esperienza acquisita, il CNTT ha definito nuove regole per società *spin-off*, atte a favorire e razionalizzare la diffusione di nuove tecnologie INFN, con l'ottica di ottimizzarne la presentazione per il mercato industriale. Diversi nuovi *spin-off* hanno visto la luce negli ultimi anni. In particolare, nel 2017 la prima società di *spin-off* dell'INFN, PIXIRAD, ha firmato un accordo per la sua acquisizione da parte della compagnia PANalytical, società olandese *leader* mondiale nella strumentazione per analisi e caratterizzazione dei materiali con tecniche ai raggi X. PIXIRAD, nata nel 2012 da un gruppo di ricerca della Sezione INFN di Pisa, aveva l'obiettivo di portare sul mercato internazionale rivelatori di radiazione altamente innovativi e in grado di contribuire allo sviluppo sociale ed economico nei settori della radiologia digitale e dell'*imaging* industriale e scientifico.

Nel 2018 si è costituito Sibylla Biotech srl, *spin-off* dell'INFN, dell'Università di Perugia e dell'Università di Trento. Sibylla Biotech ha sviluppato una piattaforma innovativa per la scoperta di nuovi *target* farmacologici (PPI-FIT – *Pharmacological Protein inactivation by Targeting Folding Intermediates*) basato sull'identificazione degli stadi intermedi della proteina al fine di evitarne il *folding* e portare così la proteina alla degradazione. Avendo beneficiato nel 2020 di un importante investimento da parte di una società finanziaria, Sibylla Biotech srl ha fin qui conseguito in anticipo tutte le *milestone* previste nel suo piano di sviluppo, dedicandosi tra l'altro e con forte impatto mediatico alla lotta contro il COVID-19 e posizionandosi tra le migliori imprese *startup* del periodo.

DORIAN Technologies s.r.l. è una *startup* innovativa lanciata nel 2020 a Genova, che sviluppa tecniche di *imaging* quantitativo ed intelligenza artificiale a supporto della diagnosi di alcune malattie neurodegenerative quali il morbo di Alzheimer, il Parkinson e altre malattie neurologiche. L'azienda è uno *spin-off* dell'INFN che eredita le conoscenze generate negli anni sotto le sigle di diversi esperimenti della CSN5 e nasce dalla continua e feconda collaborazione scientifica con *partner* di ricerca clinica.

Per la finalizzazione dei progetti di ricerca tecnologica INFN e per renderli una vera innovazione di mercato, il programma denominato R4I (*Research for Innovation*) è stato avviato nel 2018 con l'intento di analizzare le nuove tecnologie proposte dai gruppi di ricerca dell'INFN e sviluppare progetti mirati ad applicazioni di mercato. In molti casi, la fase di "avvicinamento finale" è gestita direttamente in collaborazione con società esterne che aiutano principalmente a focalizzare gli sviluppi del progetto per soddisfare le richieste del mercato. Nel 2020 il programma è arrivato alla sua terza edizione con più di 15 progetti finanziati, il 90% dei quali ha portato ad una valorizzazione delle tecnologie sviluppate attraverso licenze, cessioni di brevetto o creazione di *spin-off*.

Grazie alla notevole esperienza accumulata nella gestione pluriennale del programma R4I, nel corso del 2020 la proposta progettuale INTEFF presentata sul Bando *Proof of Concept* lanciato dal MISE si è classificata al quinto posto della graduatoria di merito (su più di 80

atenei e EPR partecipanti) ed è stata ammessa al finanziamento che permetterà di sviluppare otto importanti attività di prototipazione e avvicinamento al mercato di altrettante tecnologie brevettate dall'Istituto.

In collaborazione con la Commissione Formazione Nazionale è stato avviato un importante programma di formazione sul Trasferimento Tecnologico da svilupparsi nel triennio 2021-2023, articolato sia in attività di didattica a distanza (*webinar* in *streaming* e forum di discussione) sia in contenuti didattici multimediali sulle varie tematiche del TT ("Pillole di TT") residenti sul portale web e usufruibili da tutto il personale in modo continuo. Il corso in modalità e-learning, organizzato su tre livelli (introduttivo, intermedio e avanzato) permetterà, a seconda del livello di fruizione, sia la diffusione delle conoscenze indispensabili per una corretta gestione dei risultati della ricerca da parte del personale di ricerca sia il consolidamento di competenze specifiche e, al livello avanzato, professionali indirizzate alla comunità INFN che gestisce in modo diretto le molteplici e sempre più importanti relazioni dell'Istituto con le imprese.

Questo sforzo formativo è ulteriormente reso necessario dal fatto che in importanti settori che vedono un alto coinvolgimento dell'INFN, in particolare tecnologie per lo spazio e costruzione di macchine acceleratrici, si stanno affermando forme di finanziamento a carattere commerciale (commesse) a discapito delle più tradizionali relazioni collaborative anche in contesti dove l'interesse scientifico dell'Istituto rimane prevalente (ad esempio il bando ASI CubeSAT, le attività inerenti il *Divertor Tokamak Test* e l'acceleratore Star2).

9. VALUTAZIONE DELL'ENTE

L'INFN è sempre stato focalizzato nel controllo dei propri programmi di ricerca, grazie all'esistenza di diverse strutture che eseguono la valutazione ex-ante, in itinere ed ex-post di esperimenti e iniziative. Oltre alle Commissioni Scientifiche Nazionali (CSN), che hanno un ruolo in tutte le fasi dei progetti, il Consiglio Tecnico Scientifico (CTS) ha un ruolo consultivo nella valutazione ex-ante nel caso di progetti di particolare rilevanza. Il CTS è composto da esperti internazionali e nazionali, tutti esterni all'INFN, ad eccezione del suo presidente. Il CTS valuta la congruità delle risorse umane e finanziarie e l'adeguatezza delle infrastrutture alle richieste dei progetti con maggiore impatto economico.

Fin dal 1997 l'Ente si avvale di un **Comitato di Valutazione Internazionale** (CVI), che viene rinnovato ogni quattro anni dall'INFN, costituito da esperti internazionali, sia nei campi nei quali l'Istituto conduce le proprie attività di ricerca, sia in settori che sono interessati o connessi a tali attività, come quello industriale e produttivo o più in generale quello economico. Nessun ricercatore INFN, dipendente o associato, è componente del CVI. Il CVI redige annualmente un rapporto sulla qualità della ricerca INFN, in cui fornisce anche indicazioni e raccomandazioni per migliorarne la performance globale. Tale rapporto è inviato dall'INFN al MUR allegato al Piano Triennale.

Dopo l'ottimo risultato riportato dall'Ente nella Valutazione Qualità della Ricerca (VQR) 2004-2010, nei risultati della VQR 2011-2014, pubblicati nel febbraio 2017 da ANVUR (www.anvur.it), l'INFN ha visto un ulteriore miglioramento di tutti i suoi indicatori, risultando primo tra i grandi Enti, sia se si considera il voto medio dei prodotti presentati (0.89), che la frazione di prodotti eccellenti sul totale (90.51%). Il bando per la VQR 2015-19 è stato emesso da ANVUR nel gennaio 2020; l'INFN ha prontamente organizzato le procedure per il conferimento, avvenuto come previsto dal bando nell'aprile 2021, dei prodotti utili per la valutazione.

Nel corso del 2020 l'Ente ha operato una revisione del sistema di controllo e valutazioni delle attività gestionali e di funzionamento, sia nell'area amministrativa che nell'area dei progetti scientifici e tecnologici.

Il Gruppo di Lavoro del Consiglio Direttivo ha operato una profonda revisione del "Sistema di Misurazione e Valutazione della Performance" (SMVP) seguendo le linee guida dell'ANVUR e del DFP con le circolari pubblicate nel 2017 e nel 2019, adattandole alla specificità dell'Ente. Nel nuovo SMVP sono stati declinati gli "stakeholders" dell'Ente, la valutazione individuale è stata estesa a tutto il personale con incarico di responsabilità e a tutto il personale tecnico ed amministrativo dell'Istituto. Il 2021 sarà il primo anno di applicazione del nuovo SMVP. Il controllo e la verifica delle attività gestionali e amministrative e l'aderenza dei documenti programmatici dell'Istituto al dettato normativo sono affidati all'Organismo Indipendente di Valutazione, rinnovato nel corso del 2021. Il Piano della Performance riferito agli anni 2021-23 è stato approvato con l'inclusione del Piano Organizzativo del Lavoro Agile come previsto dalla Legge 77 del 2020.

Nel 2018 un Gruppo di Lavoro del Consiglio Direttivo è stato istituito con il mandato di studiare ed adattare pratiche di "project management" (PM) e di "quality assurance" (QA) nei cicli di approvazione e gestione dei progetti scientifici e tecnologici dell'INFN. Le proposte del GdL sono state accolte ed approvate. Il Consiglio Direttivo ha considerato terminato il mandato del GdL ed ha costituito un Comitato Nazionale di Project Management (CNPM) con il compito di attuare le

proposte approvate, di configurare i software gestionale e di procedere con la formazione del personale. Nel corso del 2021 sarà completata la formazione di 140 dipendenti in materia di PM e QA, mentre sono già stati completati il sistema di gestione documentale e la configurazione dei software gestionale. Un portale web dedicato permette un facile accesso alle informazioni tecniche e al materiale informativo.

Annual Report to the President of the INFN

Il Comitato di Valutazione Internazionale (CVI)

M. Bosman, IFAE, Barcelona, Spain; A. Brandolini, Banca d'Italia, Italy; I. Dillmann, TRIUMF, Canada; R.K. Ellis, University of Durham, UK; W. Hofmann, MPI Heidelberg, Germany; A. Montanino, CDP, Italy; A. J. S. Smith, Princeton University, USA (chair); C. Spiering, DESY, Germany.

December 2020

Introduction and General Comments

The 2020 annual CVI meeting took place the 14th through 16th of October, virtually this year because of the pandemic. We acknowledge with thanks the outstanding efforts of INFN staff to organize and operate the meeting smoothly and efficiently. Our charge was to evaluate the accomplishments of the INFN National Scientific Commissions (CSN's), Technology Transfer group, National Laboratories, and Senior Administration; and to advise on priorities. We were pleased and impressed by the solidification of INFN leadership and management over the past year, and wish to acknowledge the outstanding response to last year's CVI report, and the attention to address our recommendations. Furthermore, the 2020 GLV report clearly described the excellent progress over the past year.

The organisation is in good hands to deal with the many challenges confronting their science programs and operations, and has done an outstanding job in dealing with COVID-19. INFN quickly set up a strong proactive crisis unit to deal with COVID-19 and has made several significant contributions to fighting the pandemic: Computing, ventilators, masks, etc. INFN has kept its main structures open, but 95% of people had to work from home. The in-person fraction had increased steadily to 60% in October 2020 before the second wave.

Governance and Strategy

Comprehensive changes in INFN management have taken place since our last meeting: a completely new executive board, new Director General, new Lab directors at LNL, LNF and LNGS. Importantly, a new senior position has been created – Director of Research Services – to assist and support researchers with proposals and grant management. We strongly support the new team and look forward to reviewing their accomplishments in the future.

INFN is a large and powerful research organisation that supports over 2000 permanent positions, approximately half of whom are directly engaged in research: 675 scientists, 348 engineers and technical staff, 671 technicians, and 315 administrative staff. There are also approximately 4000 university people, including students, associated with INFN research. The Stabilisation Project, which ends this year, will increase further the number of people given permanent positions, and the Extraordinary Recruitment plan will open a significant number of new entry-level positions for technicians and engineers over the next 2 years while it is in effect.

INFN operates with a traditional base budget of 260-270 M€. Half of this funding supports personnel; Research and Infrastructure receive ~50 M€ each; Operations receives ~20 M€. INFN also competes for and wins EU and national “one-shot” project funds, ranging from ~10-100 M€/yr. The 2020 FOE budget was just approved at a level of 300 M€ (same as for the previous year): ~270 M€ for INFN institutional activities, ~30 M€ for international projects. Ongoing commitments almost saturate the budget, leaving only ~10 M€ available for new ideas. INFN also has a ~300 M€ infrastructure budget for major long-term projects, including 108 M€ for EuPRAXIA and 120 M€ for HPC pre-exascale and Tier 1 (50% from

EU). The National Laboratories also benefit from ~65 M€ in regional funds. Finally, INFN has requested ~160 M€ for new projects: long-baseline neutrinos, neutrinoless double beta decay, Gran Sasso Laboratory enhancement, LHC research, superconducting magnets, etc. Funding for upgrades, e.g. EuPRAXIA and the Sardinia telescope, is critical, and an excellent investment. INFN continues to manage its budgets carefully and responsibly, and in the event of future budget cuts should be given strong consideration as an essential activity. Otherwise the fixed cost burden will starve research and damage quality. Finally, we applaud INFN's proactively seeking and obtaining funds from other sources.

The European Strategy for Particle Physics has recently been approved, featuring planning for a 100 km collider, Accelerator R&D, muon collider studies, high-field magnets, and high-performance computing. This resonates well with INFN's core capabilities, and we are pleased to note INFN's strong engagement. In particular INFN's great expertise in accelerator techniques and superconducting magnets, spanning different sections and laboratories should prove invaluable in the context of the European Strategy R&D on accelerators and superconducting magnets. We would welcome an overview in next year's GLV report.

Medical-related activities continue to increase, to the extent that INFN might consider finding a way to coordinate them across divisions, and to give more recognition to what has become a significant component of INFN research.

It is important to find ways to give INFN the room it needs to preserve its outstanding research and infrastructure. For example, the extraordinary hiring initiative and stabilization initiative will increase the staff by 10% over a very short time period. Such a rapid selection process could be problematic both for the pressure on the INFN resources engaged in the selection and for the possibility there are not enough high-quality researchers to match the demanding INFN standards. It would be very helpful to stretch the hiring out over additional years, and to broaden the scope to include even a small number of more-senior positions. In this way INFN could ensure continuity of leadership and encourage expatriate scientists to return to Italy.

INFN needs flexibility in allocating new positions among institutes. Up to now, winners of competitions could decide where to work, resulting in worrisome imbalances because most people want to stay close to their home city. To address the problem, INFN will designate a significant fraction of new positions to specific institutes.

Recommendations:

GS1 – We welcome the extraordinary program allowing INFN to stabilize and enhance its staff.

To make optimum use of this outstanding opportunity and to attract the best scientists and technologists, including Italian scientists who started their careers abroad, INFN should work with the government to gain flexibility in the deployment of these positions:

- a. To increase the timescale during which positions are filled.
- b. To include positions above entry level.

GS2 – INFN mostly depends on governmental support but has been quite successful in securing funding from additional sources. INFN should further emphasise increasing and managing diversification of funding, which could have even greater importance in these days of fiscal peril.

- a. We encourage INFN to develop closer relations with the private sector to build additional sources of funding.
- b. For new projects INFN should strive to move hand in hand with new funding sources to make sure they will provide adequate support to sustain a project throughout its life.
- c. Investigate possibilities to motivate mid-career and senior scientists to apply for ERC grants, e.g. Consolidator, Advanced, and Synergy Grants.

Central Administration

During the last year, in the difficult situation created by the COVID-19 pandemic, the INFN central administration has undergone important organizational changes. First, a new Director General took over in September 2020. Second, the new position of Director of Research Services was created. The new Director General has set a wide and ambitious list of objectives, which include a better alignment of administrative activities to the INFN mission, an enhanced dialogue and communication with personnel, and the elimination of the silos culture in order to facilitate internal connections. The Director General has identified several organizational weaknesses, such as too-complex processes, an unbalanced distribution of workload, the lack of adequate skills in certain activities, the need of introducing an economic budget system together with a multi-annual rolling budget (the latter was recommended by the CVI last year). The INFN president has asked the Director General to design a new organizational chart and the underlying administrative processes. This task will lead to a review of the administrative process. The excessive workload on the Director General and the impossibility to take care of crucial activities supporting research led to the institution of the Director of Research Services. The aims of the Director of Research Services are to help project management, to assist local structures and national laboratories in research activities, and to monitor project developments. A significant ongoing hiring plan should allow the central administration staff to increase by 34 units, 6 of which hired with an open-ended contract.

We regard positively the developments concerning central administration and appreciate the ideas sketched by the new Director General but reckon that there is a need to establish clear priorities and identify well-defined targets. The creation of the Director of Research Services is a very important step since his tasks are inherently different from those of the Director General. In a way, it is somewhat surprising that INFN had not foreseen earlier the need for this separate position. In the current very competitive research environment, supporting investigators along the whole grant process – from finding funding opportunities and catalyzing teams to finalizing proposals for submission – is definitely a highly-specialized activity that requires specific skills and knowledge and takes considerable time. We recognize that the Director of Research Services should allow INFN to better capitalize its great research capability. It is very important that he manages to coordinate activities across all different INFN units and substructures to maximize impact.

The expansion of the central administration staff is welcome, although it is a matter of some concern that it is achieved mostly by hiring people on temporary contracts. Unless the transformation into permanent contracts is envisaged and clearly outlined, administrative staff hired on a temporary basis may have insufficient motivation and learning incentives as well as being prevented from building experience. Moreover, in the light of the few resources devoted to certain tasks, the INFN could consider outsourcing some specific administrative activities (e.g., payroll management).

As for all large organisations, the COVID-19 pandemic forced an adjustment to an unprecedented situation, leading to extensive work re-arrangements centred on extensive use of remote work and the replacement at all levels of physical with virtual meetings. Some changes may persist once the pandemic is over, with deep implications for the INFN. It is worth investigating in the coming months as the experience built during the pandemic may inform a different work organisation, potentially increasing efficiency, reducing costs, and reconciling work and family needs.

Recommendations

- CA1** – The Director General’s ambitious program needs prioritization. In due time, it would help to fix targets to be achieved in the coming years.
- CA2** – The Director of Research Services should elaborate a plan of re-organisation of research services and of actions that could enhance INFN capability to obtain grants.
- CA3** – (*Last year’s recommendation, still valid*) The Director General should launch a service satisfaction survey to be used for quality management of the central administration.

CSN1 – Accelerator-based Particle Physics

The First National Scientific Committee (CSN1) coordinates INFN activities in Particle Physics at Accelerators, making strong contributions to a broad set of international experiments. It is a large sector with 1160 researchers and technologists, and an annual growth of 3% in the last 5 years. The fraction of FTEs, of the order of 70%, remained constant during that period, indicating that the interest for CSN1 activities inside INFN is maintained. The annual budget is stable, 20 M€ with an additional 2 M€ of external funds. The fraction of women at the level of 20% does not show signs of increase and may need attention.

A wealth of scientific results has been produced in all CSN1 areas. Here, we quote a few highlights. At the CERN LHC, the potential of the full LHC Run 2 data is now being exploited. Higgs boson physics, Standard Model precision measurements and search for new physics are key parts of the program. CMS presented first evidence for Higgs coupling to the second generation of fermions $H \rightarrow \mu\mu$. ATLAS did so for the very rare Standard Model four top quark production. This augurs well for the Run 3 physics potential. LHCb extended lepton universality tests to baryon decay. NA62 at the SPS presented 3.5σ evidence for the very rare $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu\nu$ decays. A 20% statistical precision with systematic below 10% could be reached by the end of data taking.

BES-III at IHEP in Beijing produced many results including high-precision D meson decays measurements at the $\psi(3770)$ resonance producing important input for the determination of fundamental parameters of the standard model. At SuperKEKB the Crab Waist technique was decisive in the mitigation of the background, resulting in a record instantaneous luminosity of $2.4 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, and enabling the BELLE-II experiment to begin taking data. At FNAL, the g-2 experiment completed Run 2 in 2019 and collected Run 3 data during 2019-20. At PSI, the MEGII $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ experiment started operating after overcoming some technical problems.

Many experiments in the data-taking phase managed to take data despite the difficulties resulting from the COVID-19. Supporting operations of experiments abroad has been difficult but was palliated by an increased load by host institutions, and implementation of remote shifts whenever possible. If the situation persists, travel necessity and conditions should be carefully evaluated.

In order to evaluate the quality of INFN's contribution to the experiments, new indicators applicable across different experiments have been developed. Some characterize the role of INFN researchers in the management and operation of the experiments, quantifying the fraction of positions of responsibility held at different levels. Others quantify the level and relevance of participation in data analysis for every publication. The results show that INFN performs always better than expected according to its funding fraction.

There are many activities in preparation for the future. In particular, Long Shutdown 2 is ongoing at LHC featuring Phase I upgrade activities at ATLAS, CMS and LHCb with important INFN participation. Detector construction is in most cases progressing despite suffering delays, typically of a few months, due to COVID-19. INFN has made great efforts to send additional crews to CERN when travel was again permitted. The revised LHC schedule with Run 3 starting in February 2022 alleviates the delays, but there are still items on the critical path like the timely completion of the second ATLAS New Small Wheel. There is also intense activity towards the Phase II upgrade. The main Memoranda of Understanding have been finalized and put out for signature. Most Phase II projects have been defined in detail, although in some areas R&D is still ongoing. CSN1 management closely monitors the many upgrade projects to mitigate as much as possible the impact of COVID-19 or possible technical problems, especially in a period where a lot of work has to be carried out and significant amount of funds have to be spent. The availability of contingency plans would be an asset.

INFN played an important role in the update of the European Strategy for Particle Physics approved in June 2020 by the CERN Council and has quickly taken following-up steps. Two new lines of R&D have been opened to prepare for a potential Future Circular Collider (R&D_FCC) and a Muon Collider (R&D_MUCOL). The tentative schedule for FCC, including a Technical Design Report for a detector by 2025, is quite ambitious considering all the other ongoing LHC activities. The muon collider studies include the development of the LEMMA positron source among others. The increase of support for these R&D activities from the current 1% to 2.8% of the Budget seems adequate.

Other new activities are contemplated by CSN1 that are important in complementing the large long-term experiments and maintaining interest in experimental particle physics. The MUonE experiment at the CERN SPS proposes a measurement of the hadronic part of the running of the electromagnetic coupling constant that is of great interest to reduce the uncertainty on the predicted muon $g-2$ anomalous magnetic moment. The COMPASS collaboration proposes the AMBER/COMPASS++ program encompassing several hadron physics measurements.

Recommendation:

CSN1-1 – Develop contingency plans to adapt efficiently to potentially fast-changing schedules of the experiments.

CSN2 – Astroparticle Physics

CSN2 activities support four main scientific lines: neutrino physics, radiation from the Universe, the Dark Universe and gravitational waves. The growth of the FTE count in CSN2 by almost a factor 1.7 since 2013 demonstrates the strong interest in astroparticle physics, and separate funding channels were opened for some of the large projects, providing adequate funding for this growing community. INFN scientists and LNGS as a lab have a highly visible role in the field, and are driving a number of new developments.

In all of four areas, key scientific results were achieved; examples include in particular:

- **Neutrino physics:** the GERDA search for neutrinoless double beta decay completed data taking, setting records both in background suppression and in the limit on the ^{76}Ge half-life. CUORE, searching for neutrinoless double beta decay of ^{130}Te , achieved an exposure of 1000 kt-y. T2K reported in September 2019 a 3σ level indication for CP violation in the lepton sector. In solar neutrino physics, one particular achievement to be highlighted is the final Borexino results, measuring the components of the solar pp-chain, and most recently, the solar CNO neutrinos.
- **Radiation from the Universe:** the MAGIC Cherenkov telescopes on the Canary Islands reported, for the first time, the detection of TeV gamma rays from a Gamma-Ray Burst afterglow, and using multiwavelength data, were able to narrow down the emission mechanism. The DAMPE satellite-borne detector measured the cosmic-ray proton spectrum up to 100 TeV with unprecedented precision, revealing structure in the spectrum.
- **Dark Universe:** XENON-1T detected the longest radioactive decay ever observed in a direct measurement: the double electron capture of ^{124}Xe . The experiment not only provided the best limits on spin-independent WIMP interactions, but also discovered a tantalizing excess of electronic recoil events, whose origin remains to be understood.
- **Gravitational wave astronomy:** VIRGO-Adv, jointly with LIGO, collected data over 11 months in the O3 run, providing numerous results, such as the detection of an extraordinarily massive merging binary system: two black holes of 66 and 85 solar masses, which generated a final black hole of 142 solar masses.

The COVID-19 pandemic has delayed some of the activities, but its impact was efficiently managed and crucial LNGS experiments could continue taking data. Sustained operation was enabled by a combination of local staff and remote operation of the experiments.

Several large projects with a significant and/or dominant INFN contribution are expected to start operation in the next 2-5 years: KM3NeT, JUNO, DarkSide-20k, DUNE/ICARUS, CTA; these provide excellent science potential but will also stretch CSN2 resources. Two key projects are briefly highlighted here, DarkSide-20k and KM3NeT. The progress of DarkSide-20k as a major INFN initiative is good, with the TDR submitted and positively reviewed, but – as emphasized in last year’s recommendation – the tight schedule and open budgetary issues will require continuing monitoring and attention, also in view of the competition from XENONnT and LZ. In KM3NeT, the extended operation of 6 ORCA strings and the successful start-up test of the KM3NeT-ARCA offshore system with one string are encouraging. The next critical deadline is the deployment of six ARCA strings by mid-2021. This deployment step and the successful operation of the six strings over a period of few months are crucial for the further evolution of KM3NeT-ARCA.

In CSN2, INFN is engaged in a rather large portfolio of experiments and R&D projects. For future reviews we suggest that INFN provide a summary table for all projects (similar to the table in the “Dark Universe” presentation), also listing FTE and financial resources. Among the R&D projects, PTOLEMY is an initiative that promises very high impact in neutrino physics, but despite significant progress PTOLEMY is still facing a number of extremely difficult R&D challenges on the path towards a first proof of principle. CSN2 should monitor progress, ensure a realistic planning and timeline, and review the support required through INFN facilities and experts. Another interesting and much needed R&D project is SABRE that now has demonstrated in a proof-of-principle experiment the capability to produce NaI crystals of the sufficient quality to probe the modulation signal detected by DAMA two decades ago, the interpretation of which remains mysterious.

Recommendations:

CSN2-1 – The project hierarchy and strategy for selecting new projects were presented to the CVI. Maintaining balance between large and well-established projects and new initiatives and R&D projects is a non-trivial challenge. Fragmentation of the research program is viewed as a risk, and lack of manpower is an issue for a number of projects. We caution against a further expansion of the portfolio, and recommend careful monitoring of the projects and the priorities, and identification of activities that are or become subcritical.

CSN2-2 – The scientific case for SABRE is high. INFN should start and support the project implementation, carefully monitoring the progress.

CSN2-3 – The situation and plans of DAMA/LIBRA should be clarified, as already recommended in last year’s report.

CSN3 – Nuclear Physics

CSN3 has a well-balanced, internationally acknowledged, diverse research program with a healthy amount of external funding. The research portfolio spans all four INFN national labs, as well as a multitude of Italian universities and international accelerator facilities. In addition to fundamental research, application-oriented interdisciplinary research is being pursued in radiobiology and biomedicine, matter/antimatter studies and quantum physics. CSN3 has been reorganized in 2020 into six strongly interconnected research lines to align with the NUPECC research structure: *Quarks and Hadron Dynamics; Phase Transition in Hadronic Matter; Nuclear Structure and Reactions; Nuclear Astrophysics; Symmetries and Fundamental Interactions; Applications and Societal Benefits.*

A very positive outcome this year is the award of ERC Starting Grants to two young CSN3 researchers (F. Bellini/ INFN Bologna and A. Celentano/INFN Genova). The participation in the 2-year ERASMUS Mundus Joint Master Degree in Nuclear Physics between universities in Spain and France, and in Italy with the universities in Catania and Padova, and LNF, LNS, and LNL is a great opportunity to attract international students as well as expose Italian students to international nuclear physics facilities.

The FTE numbers have stayed fairly constant over the past years, however with a slightly declining budget. CSN3 research covers all National INFN Laboratories with major upgrades in progress, as well as the planned participation in new major international projects (like the Electron-Ion Collider (EIC) in the USA). Increases in the budget and FTE numbers would be needed in the upcoming years to allow this exciting expansion. Conversely, careful setting of priorities may be required to optimize the program in case of shortages.

The EIC was approved by the US DOE in 2020 and is now moving quickly forward, with the first call for experimental setups in March 2021, followed by the call for detector designs in September 2022. Various INFN scientists have expressed interest in contribution to the EIC program, from building detectors to software tools to theoretical support. The expected ramp-up will go from ~ 10 FTE in Phase 1 (2021-23) up to ~60 FTE in Phase 3 (2026-29), with a projected start of first experiments in fall 2029. These involvements come with a R&D contribution from INFN of ~\$1 million and an estimated total in-kind contribution to detector construction of \$7-8 million. The Yellow Paper with strong involvement from Italian scientists will be published in early 2021.

There is progress on the LUNA MV project: the accelerator has passed all acceptance tests at the manufacturer (High Voltage Engineering Europe) in the Netherlands and is ready to be shipped to LNGS in early 2021, once the last missing approvals by local authorities are received. For the installation and commissioning phase ~6 months are foreseen, which should allow a timely start of the LUNA-MV research program by the end of 2021 or early 2022.

The major facility upgrades at LNL and at LNS are proceeding very well, despite some unavoidable slowing-down during the pandemic. LNS could still deliver beams to users until early summer 2020 before shutting down for the planned upgrades of the superconducting cyclotron and the fragment separator. The TDRs for NUMEN-GR3 and PANDORA have been finalized and the construction phase can start, with the first experiments expected in 2024. At LNL the SPES project is progressing, and the next critical milestone for the nuclear physics community will be the installation of the AGATA spectrometer starting at the end of 2021. More details on these two facilities are given in the separate LNS and LNL discussions in this report.

Highlights from CSN3 include :

- Hints of the $d^*(2380)$ hexaquark, a potential candidate for Dark Matter, have been observed by MAMBO.
- The ALICE collaboration has achieved the most precise measurement of the lifetime of $^3\text{H}\Lambda$. The result is compatible within 1σ with the free Λ lifetime, confirming that the hypertriton is a weakly bound state of a deuteron and a Λ .
- FORTE is a new project that investigates the different timescales of fusion-fission and quasi-elastic processes near the Coulomb barrier. A recent experiment at the ALTO facility in Orsay allowed to disentangle the two reaction channels via the detection of γ -rays (Physical Review C, Editors' Suggestion)
- The LUNA collaboration has just published their results for the $\text{D}(p,\gamma)^3\text{He}$ reaction. Their results are in excellent agreement with a recent analysis of the Cosmic Microwave Background and removed one of the most uncertain nuclear physics inputs from Big Bang Nucleosynthesis (Nature, Nov. 2020).
- ASACUSA has demonstrated antimatter interferometry with positrons for the first time (Science Adv., 2019).
- VIP-2 at LNGS is investigating the validity limits of the Pauli principle and of quantum gravity models. Their data sets a lower limit on the effective size of the mass density of nuclei, which is about three orders of magnitude larger than previous limits. This data now excludes the natural parameter-free version of the Diósi–Penrose model (Nature Physics, Sept. 2020).

Recommendations:

CSN3-1 – An increase of budget and FTEs is advisable due to the growing number of high-priority commitments at upgraded domestic facilities (LNL, LNS) as well as a ramp-up towards new international

projects like the EIC and FAIR. CSN3 should also make sure to set priorities that optimize the allocation of the actual budgets they receive.

CSN3-2 – Provide more detailed plans for the projected EIC contributions, e.g. how many new FTE are required (and how many existing FTE are moving to EIC), and how much INFN and external money is requested.

CSN3-3 – INFN should give high priority to complete the following important new projects, and prepare them for science, on schedule: LUNA MV at LNGS, for first experiments in 2021; AGATA at LNL, for first experiments in 2022; NUMEN and PANDORA at LNS, for first experiments in 2024.

CSN4 – Theory

The INFN effort in theoretical physics is one of the strongest national programs in Europe. In 2019 the program involved 1244 scientists contributing an effort of 1073 FTE. The number of scientific publications increased about 6% compared to the previous two years, and the citation record and impact factor for those publications are in line with previous years. The scientific work is divided into six research lines:

- LS1: String and Field Theory
- LS2: Particle Physics Phenomenology
- LS3: Hadronic and Nuclear Physics
- LS4: Mathematical Methods
- LS5: Astroparticle Physics and Cosmology
- LS6: Statistical and Applied Field Theory

The work of INFN in theoretical physics is supported by a post-doc program, with about 30 post-doctoral researchers in post at any one time. In 2021 and 2022 roughly 2/3 of these are supported by the Fellini COFUND program, in which applicants with a background in theoretical physics have been very successful.

Iniziativa specifiche (IS)

We decided this year in our review of CSN4 to focus on the “iniziativa specifiche,” the mechanism by which CSN4 distributes travel money and the funding for post-docs. These networks group together personnel from different INFN units with common scientific interests and run for three years. The program for the years 2021-2023 was decided during 2020 and we took the opportunity to review the process and results of the current funding round.

The review process followed by CSN4 was as follows. Pre-proposals for IS were submitted by the end of March, and following discussion within CSN4 complete proposals were submitted by the end of May. The proposals were reviewed by two independent external reviewers, addressing the following questions:

1. Quality and relevance of the proposed research activity: how relevant is the field of research at the international level? Does the project address important challenges in the field?
2. Research plan, methodology and strategy: is the research plan clearly stated, soundly based and feasible?
3. Project impact: does the project have the potential to improve the current state of the art in the field?
4. Research team qualification: how well designed and qualified is the research team to conduct the project?
5. Global evaluation: taking into account the four evaluations above, what is the overall scientific assessment of the IS?

The outcome of the review process is shown in the table below. Columns 2 and 3 show the number of IS in each Scientific sector. The total number of IS remains fixed at 35. The fourth column lists the new or modified IS. Although, as can be expected, there is considerable continuity in the topics of the IS, the table shows that 20% of the IS involve new projects. There has thus been considerable evolution in the topics under study in response to developments in the field.

Scientific sector	2016-2020	2021-2023	New or modified Iniziative Specifiche
LS1	8	8	Gauge theory and gravity (GAGRA)
LS2	7	8	Phenomenological Lattice gauge theory (QCDLAT) Theoretical Particle Physics and Cosmology (TPPC) Astro-particle, Intensity, Energy (APINE)
LS3	5	4	Modelling Nuclear Structure and Reactions (MONSTRE) Strongly Correlated Nuclear Systems (NUCSYS)
LS4	5	5	
LS5	5	5	
LS6	5	5	Complex learning networks (LINCOLN) Advanced Theoretical Methods for Emerging 2D Materials in Quantum Information technology studies (TIME2QUEST)
Total	35	35	

We were impressed with the thoroughness of the evaluation of the IS. The outcome of the evaluation process shows an appropriate level of evolution in the program. On the basis of the evidence presented the program appears to be both well managed prior to the award of the funds and monitored during the running of the IS.

In addition many aspects of the program display a high degree of support for the experimental program of INFN. A partial list of the initiatives with this focus would be

1. The most advanced techniques for the simulation of HL-LHC physics processes;
2. Reinforced connection between collider and astroparticle physics as well as the newly developing field of gravitational waves. The latter benefits from dedicated IS, using GR numerical simulations to model gravitational wave and electro-magnetic signals during and after the merger;
3. Lattice gauge theory: new efforts for the evaluation of the hadronic contribution to muon g-2;

Recommendation:

CSN4-1 – We have noted in previous years, that Laboratory theory groups are often below critical mass. It would be good to bear this in mind, if and when, positions with geographical restrictions are advertised.

CSN5 – Technological and Interdisciplinary Research

The Fifth National Scientific Committee (CSN5) coordinates advanced technological research for INFN experimental activities and promotes the development of instruments, methods and techniques for fundamental physics and their application in other fields. These transversal activities across committees contribute to strengthening links with universities and national research institutes.

There was a large renewal of the Committee between 2019 and 2020, with a substantial increase in the female presence. There are three main areas of activity: *i*) development of radiation detectors, electronics and software (39% of budget in 2019); *ii*) production and development of particle accelerators and new prototypes (24%); *iii*) interdisciplinary applications (37%). Resources are allocated to three types of projects: “Standard” projects (63% of the budget and 77% of FTE in 2019), “Calls for proposals” (30 and 19%), “Grants for young researchers” (6 and 4%). In 2020, CSN5 identified “Quantum technologies” as a strategic item and launched a Thematic Call on Quantum technologies in addition to the Open Call. Thanks to the excellent quality of the projects, 4 proposals were approved, out of the 4 submitted for the Thematic Call and the 6 for the Open Call.

In 2019, the number of experiments has kept growing, with standard experiments still prevalent. Results are good: scientific production has gone up in number of papers and average impact factor, both in total and per capita; talks in international conferences are at peak levels; milestones per experiment ratios and

completion rates are high, if somewhat lower than in previous years. The overall budget is stable at around 5 million euros, with the residual in 2020 due to COVID-19 (around 1.3 million euros) being mostly retained by CSN5. The CSN5 has drawn attention to two critical aspects: *i)* the substantial decrease of the number of accelerator experts within CSN5; and *ii)* the fact that the contracts assigned to Grants for Young Researchers winners provide less benefits than other contracts such as “Assegni di Ricerca”.

The COVID-19 epidemic had a significant impact on CSN5 activities. Based on motivated requests, the completion of 24 experiments was delayed from 2020 to 2021, with no extra money assigned to these experiments. The CSN5 identified areas of expertise where the INFN researchers could provide valuable contributions in dealing with the COVID-19 epidemic.

We congratulate CSN5 management and researchers for all their results and achievements in the last years. In particular we happily take note of the welcome rise of the female membership in CSN5.

Thanks are due for the detailed information on the criteria for selecting proposals and assessing their success provided in response to last year’s recommendation, and we are pleased to see the positive assessment of the two new schemes introduced in 2013-14, the Grants for Young Researchers, and Calls for Proposals, which are both assigned through a highly competitive and rigorous process. In the light of this internal evaluation, We stress the need to pay greater attention to Standard Experiments, which still account for 63% of the budget, and more generally to the criteria governing the overall fund allocation among Standard Experiments, Calls for Proposals and Grants for Young Researchers. Finally, we greatly appreciate the way in which CSN5 dealt with the consequences of the pandemic for its activities, and mobilized INFN expertise to address relevant issues in the fight against the Coronavirus.

Recommendation:

CSN5-1 –In consideration of the success of the new schemes (Calls for Proposals, Grants for Young Researchers) and their capacity to stimulate particularly innovative research, CSN5 could consider to gradually re-balance the composition of the overall budget away from Standard Experiments towards these new schemes.

Knowledge and Technology Transfer (KTT)

The KTT effort in INFN is based on a three-layer structure, which fits with its multi-laboratory, multi-unit organization. Over the course of the years, it has achieved relevant results especially in terms of patenting, and we recognize that there is a growing attention on the role it might play to promote the outstanding research produced by the INFN. We consider the decision to hire a patent-authorized representative to facilitate the patenting process an extremely positive step. However, the three-layer structure needs well codified procedures to make interactions smooth and efficient. To this end, it is key that the new Director of Research Services plan regular meetings with the designated KT officer in the sections. Furthermore, the Comitato Nazionale per il TT (CNTT) must ensure that all units are active in pursuing technology transfer, even if, as we recognize, there are areas of research where TT is less meaningful and might harm basic research.

The TT service is the “heart” of the activity and should play a proactive role under three main domains:

1. Supporting researchers when they explore whether an idea or a research outcome can potentially be monetized;
2. Raising money through the various tools available to INFN, for example by increasing funding from the private sector, which now represents a mere 0.5% of the total budget. Likely, it would be reasonable to shift the focus from start-ups to licensing, which allows a better use of the patent portfolio.
3. Widening the network of companies that might have interests in the INFN research activity. In general, there is still little knowledge among the business community of the potential of INFN. It is also important to reach out to the financial sector.

Thus, it is essential to ensure that the service has the right mix of skills, which should include: a) some knowledge of the areas of research of the INFN; b) a deep knowledge of the potential markets or access to a network of experts if necessary; c) the ability to provide legal advice on licensing, patenting etc.; d)

the ability to provide support to design business plans or to identify external experts that can provide a valuable service in this domain.

In order to better evaluate the TT activities and achievements, it would be helpful to augment indicators based on benchmarks and comparisons with similar national and international institutions.

Recommendations:

KT-1 – Explore the feasibility of building joint labs with private companies. We recommend the KTT to develop a study to identify areas where joint labs can make sense and to start a scouting activity with corporates, also international ones.

KT-2 – Organize regular meetings between researchers, business angels/venture capitalists, and chief technology officers of key companies to expose INFN personnel with possible projects to the real economy. In order to make it operational, we recommend creating a list of stakeholders of KTT, and to provide a calendar to both researchers and stakeholders. The meetings should focus on the presentation of new patents, and potential applications of research activity.

KT-3 – Streamline the selection process of the resources of R4I, with larger involvement of external evaluators. We suggest a three-step approach:

1. Validation from a research viewpoint by the supervisor within the centre where the researcher works;
2. Assessment by an external panel of the potential industrial viability of the idea. Members of the external panel must be business angels, venture capitalists, or chief technological officers from the private sector. This activity should be organized twice a year to put together a number of options.
3. Final decision by the ‘Comitato Nazionale per il Technology Transfer’.

KT-4 – Build some indicators to evaluate the performance of KTT in comparison with benchmark institutions.

Laboratori Nazionali del Sud (LNS)

The KM3NeT experiment, a major activity of LNS. It is also discussed in section CSN2 above. In addition some of the LNS nuclear physics activities are covered in the CSN3 section.

LNS has a very diverse research portfolio that not only includes experiments at local accelerator facilities but also operation of KM3NeT and other international collaborations, and applied science topics. The local science program is focused on the two accelerators, a 15 MV Tandem Van de Graaff accelerator and the K800 super-conducting cyclotron (SC). The two accelerators accelerate heavy-ion beams in a very wide range of mass and energy and allow nuclear structure, nuclear reactions, and nuclear astrophysics studies, as well as applications of nuclear physics techniques in particle therapy, cultural heritage and other multidisciplinary activities. The LNS facility upgrade is an important step and will start a new era at the facility for research with high-intensity stable and radioactive beams.

2020 has been an important year for LNS. Despite the impact of the global pandemic with a 2 month shutdown, beam could be delivered to more than 5 experiments before the planned shutdown for the upgrades of the superconducting cyclotron and the installation of the new fragment separator FRAISE in June. For the upgrades of the research infrastructure 19.3 M€ were awarded by the MIUR PON framework in 2019, to be spent within 32 months with a possible extension of 4 months. The first year of the project was dedicated to preparation of the Technical Specifications and the tendering process. It is expected that ~90% of the allocated budget will be contracted by the end of November 2020. Additional funding of ~1.5 M€ will be required from INFN this upgrade. The new Project Management Office is operational since summer 2019 and is vital for the coordination of the upgrade projects. There are however concerns that further delays in the delivery of crucial parts might be caused by external companies, e.g. the main magnet and parts for the SC cyclotron.

The NUMEN project, with an ERC Starting Grant awarded in 2016, has been the driving force behind the upgrade of the whole facility. It is measuring cross sections for double charge exchange nuclear reactions, relevant for the extraction of the nuclear matrix elements of double- β decays. NUMEN has finished data taking in Phase 2 and has finalized their TDR. After the facility and MAGNEX spectrometer

upgrade first experiments are expected in 2024. A demonstrator experiment (G-NUMEN) is planned for 2021 at iThemba Labs in South Africa.

Also other groups will greatly benefit from the upgrade: CHIMERA will be able to investigate exotic clustering phenomena and study the density dependence of the symmetry term in the Equation of state, and the ASFIN group will be able to address indirect reaction studies with exotic nuclei of interest for nucleosynthesis in stars and explosive stellar events. The new PANDORA project for the measurement of stellar plasma lifetimes of astrophysically important nuclei has completed its feasibility studies and has published a TDR. A total budget of ~3.75 M€ is estimated, with major costs due to the magnetic trap and the photon detector array. The project is waiting for the funding decision by the INFN board for the magnetic trap. The local group is now better defined, and the potential research program has been extended to the measurement of plasma opacities for heavy nuclei which are required to interpret contributions of heavy neutron-rich nuclei to the kilonova light curves like the one that followed the binary neutron star merger that triggered GW170817. A collaboration with LNL has been initiated for the loan of detectors from the GALILEO setup which will be used to surround the trap and detect the emitted radiation.

Additional funding of 19 M€ was awarded in 2019 for KM3NeT to expand its research infrastructure. This will cover the construction and installation of 28 ARCA detection units as well as strengthen several integration sites. Italy and six European countries have created a working group for constitution of a European Research Infrastructure Consortium (ERIC) in 2021.

Data taking with KM3NeT-ARCA has been interrupted for almost one year to allow the refurbishment of the infrastructure at the Portopalo shore station. In the meantime, the first combined ARCA-ORCA analysis of the integrated muon flux as function of the sea depth has been published and is in good agreement with theoretical models. The completion of the ARCA network is unfortunately delayed. The installation of a second electro-optical cable in the IDMAR project is planned between late 2020 and summer 2021. The next critical deadline is the deployment of 6 ARCA strings and the test junction box in April 2021 and 20 more strings and 3 junction boxes in summer 2021.

Additional application-driven activities at LNS have started recently with focus on nuclear safety and waste management (MICADO: Measurement and Instrumentation for Cleaning and Decommissioning Operations). Another project is the development of a new generation of silicon carbide detectors for the measurement of the proton depth and dose distributions in real time with high spatial resolution for clinical hadron therapy (PRAGUE: Proton RAnGe measurement Using silicon carbide). This project is a Young Investigators Grant that has been awarded by CSN5 will allow the collection of dose information in biological samples with a precision of the order of 3% as required by international protocols for the patient treatments.

Recommendations:

LNS1 – (INFN Directorate) Support LNS management in the current hiring strategy to replace key positions and ensure stable operation of facilities after the upgrade

LNS2 – Ensure completion of ARCA string installations in 2021.

LNS3 – Support full funding to allow a timely completion of PANDORA since it will bring a unique research program to Italy. (Repeated from CVI 2019)

LNS4 – Medical physics: Support plans for FLASH radiotherapy (I-LUCE) and for new proton-therapy beamlines for ocular melanoma treatment (CATANA)

Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL)

This report focusses on the ongoing facility upgrades and organizational restructuring. For comments on other efforts, see the sections of CSN2, CSN3, CSN5, and TT.

The laboratory continues to carry out a healthy mix of fundamental and applied research as well as accelerator technology developments. Local research is driven by the accelerator infrastructure, which involves the TANDEM-ALPI-PIAVE (TAP) complex consisting of a 15 MV Tandem accelerator and two superconducting linacs (ALPI and PIAVE) which are focussed on experiments in nuclear physics and nuclear astrophysics, and interdisciplinary research. Additionally, two small electrostatic accelerators, CN and AN2000, are used for applications of nuclear physics to environmental, material, and cultural heritage science. The dual-exit high-current B70 cyclotron will be the driver for rare isotope production at SPES as well as medical radioisotope production for the LARAMED and ISOLPHARM projects. This cyclotron has been restarted after a one-year shutdown and in June 2020 a 1 MeV beam with ~ 1 mA has been extracted.

The accelerator division has several international long-term commitments in the field of accelerator technologies, most importantly the construction and test of a Drift Tube Linac (DTL) for the European Spallation Source (ESS) in Sweden, and a Radiofrequency Quadrupole (RFQ) at the IFMIF (International Fusion Materials Irradiation Facility) in Japan. The DTL tanks are assembled by INFN staff in Sweden, and the first (of five) will be installed in December 2020. The IFMIF RFQ has been delivered and installed in 2017, and a 5 MeV-125 mA pulsed deuterium beam has been accelerated in July 2019. A new 4-year agreement has been signed by EURATOM and Japan to continue these activities, with involvement of LNL personnel, to reach a continuous 125 mA deuterium beam. On the long term, preparations are ongoing for participation in the construction of a high-intensity linac for a European neutron source for material tests, funded by the European Commission. All these activities (and future ones) motivated the construction of a dedicated laboratory at LNL as a test facility for accelerator components (LATA).

However, as pointed out in previous years, the highest priority for the lab is the timely (staged) completion of SPES. For these upgrades and installations, another one-year shutdown starting in spring 2021 is necessary for the TAP complex.

2021 will be a critical year for LNL with many installations and deadlines. One crucial milestone will be the completion of the AGATA (Advanced GAMMA Tracking Array) Data Center and the start of the detector array setup by the end of the year. AGATA, currently located at GANIL, is a high-priority project for the European Nuclear Structure community, and the high demand on this detector array for experiments at other European accelerator facilities puts tight constraints on its availability for experiments at SPES. The first physics experiments with stable, non-accelerated 1^+ beams are scheduled for the end of 2022, and re-accelerated beams will be available in 2023. After the completion of the high-resolution mass separator (HRMS) the SPES facility should be fully operational by 2024/25.

The SPES plan permits simultaneous operation with two targets, allowing 5000h of beam per year for experiments with ISOL targets and 5000h/y for applications. With the LARAMED and ISOLPHARM program, the focus of the SPES facility will also shift towards research on new radioisotopes for medical applications and the medical radioisotope production (e.g. ^{64}Cu , ^{67}Cu , ^{68}Ge , ^{82}Sr ...) in collaboration with Best Theratronics, Ltd. A Technical Board has been created to evaluate the documentation. However, since new Italian laws and procedures for radioprotection have been implemented in August 2020, the contracts for the supply of beam and lease of lab space to external companies are presently under revision.

Organizational Restructuring and Future Hiring Strategy:

A large organizational restructuring process has been started to better align the organization of the lab with the new challenges that arise with the SPES project and its special requirements (e.g. radioprotection). We fully support the new Director in this restructuring and hope the INFN Directorate is doing the same to ensure the long-term success of LNL. Two steps must be taken:

- A Project Management Office, similar to that at LNS, has to be created as soon as possible. This is a crucial step to support the new SPES project manager and allow a timely completion of the process.
- A dedicated hiring strategy must be developed to deal with the full operation of the SPES within the next years. This should not only include proper succession planning for soon-retiring staff (engineers, scientists, and technicians) but also the quick filling of open positions of recently retired personnel, the offering of permanent contracts to temporary staff in key positions, as well as the hiring of new staff for the enlarged science program at SPES.

We would like to see a status update of this strategy from LNL and the INFN Directorate in the next midterm report.

Recommendations:

LNL1 – The INFN Directorate should fully support the organisational restructuring to ensure the future success of the lab.

LNL2 – Ensure timely completion of SPES project to allow first experiments with AGATA in 2022.

LNL3 – Grow and strengthen the lab for the “SPES era”: Ensure key personnel in temporary positions can get permanent positions and start planning for strategic replacement of soon-retiring staff. Prepare a dedicated plan showing where additional staff positions are needed in the next 2 years. Please present a status update of discussions with INFN Directorate and Giunta about this future hiring strategy in the next midterm report.

CNAF Tier-1 Center: Computing@Technopole

CNAF in Bologna has been the main INFN computing center since 2003. It hosts one of the 13 LHC Tier1 centers in the world, with growing needs for HL-LHC and other experiments. Substantially more space and power resources are required, as well as a safer site after the 2017 flooding.

The renovated Technopole in Bologna offers a great opportunity for CINECA and INFN to develop a common project and set up neighboring data centers sharing part of the infrastructure. The tender for the executive project of the Technopole site renovation was assigned in October 2020. Renovation work should start on 01/01/2021. The tender for the pre-exascale supercomputer, Leonardo, concluded in August 2020 and was won by ATOS-Bull. Delivery is foreseen for end of 2021. The installation in the Technopole is sequential: Leonardo Data Center comes first, then INFN. The timely completion of Leonardo is thus critical for INFN.

The transfer and modernization of the CNAF-Tier1 to the Technopole are called the “CNAF reloaded project”. The project breakdown and migration plan should be ready by mid-2021, followed by tendering and orders. Installation should start early in 2022. The management of the infrastructure is shared with CINECA, and a significant fraction of the HPC machines will be dedicated to CNAF-Tier1. This fraction, still to be defined, conditions the design of the infrastructure.

Various measures have been taken to guarantee the availability of the necessary computing resources during LHC Run 3, currently due to start in April 2022. It was decided that INFN infrastructure alone should be able to cover the full Run 3 needs and that the migration of the CNAF Tier1 can and should be done without service interruption. This implies some additional costs and operation for at least 12-18 months in a multiple site context: CNAF, CINECA and Technopole. We value positively this strategy.

The plans for the IT infrastructure and the migration are being worked out. Migration should last at least a year. All services would be running, although a decrease of performance in data access is expected. Steps have been taken also towards Tier1-Leonardo integration. So far, the project is carried out by the CNAF personnel with help from INFN. There is good collaboration with the Leonardo team and some joint tenders.

On a down note, despite the progress the levels of project management and risk assessment are not up to the standards required by the size and complexity of a such a project, especially so close to the start of execution time, and fast actions need to be taken to improve them.

We would like to see a progress report on the status of the project in the mid-term report.

Recommendations:

C@T-1

- a. Reinforce project management in order to provide as soon as possible a detailed and realistic schedule with resource-loaded Gantt charts, considering all work packages and their interdependence.
- b. Make a risk analysis and set up a risk register to be monitored and updated as the project proceeds.

C@T-2 – Promptly set up a group of experts to review in depth the technical details and the schedule of the whole CNAF relocation project (quality assurance, manpower, cost, risks, etc.). They should report to INFN management.

Quantum Science and Technologies

The CVI heard a presentation on the activities in Quantum Science and associated technologies at the INFN. The long-term goal of this enterprise is to use quantum systems, when they become available, to enhance and improve INFN's main research lines. The shorter term goals are to learn useful techniques from the quantum community (e.g. the manipulation and detection of very low energy quantum states) and to contribute to the development of quantum computing by introducing know-how and technology from high-energy physics, (e.g. theory, superconducting resonant cavities from accelerator development, and milli-Kelvin cryogenic expertise).

Much of the focus of the presentation was on quantum computing, which is an exciting area of research of great potential. The current state of this field can be characterized as the era of Noisy Intermediate Scale Quantum Devices, and the time scale on which quantum computing can contribute effectively to computing effort in the core mission of the INFN is unknown, and perhaps unknowable.

The INFN is involved in a number of high-prestige large consortia working on Quantum computing e.g. DOE-SQMS (Fermilab), Quanteria, World Class Research Infrastructures, (Padova) as well as a dozen or so smaller initiatives. The projected future INFN expenditure in this area for 2021 and 2022 is about 1.5MEuro. A further increase of the scale of expenditure would need funding from outside INFN and a clearer view of strategic importance of Quantum Technologies in the INFN research portfolio.

It is perhaps worth noting that in addition to Quantum Computing/Quantum Information science there is a burgeoning interest in the ways which quantum science can contribute to the core mission of the INFN, using quantum sensors to detect dark matter, axions and axion-like particles, dark photons as well as measurements of fundamental constants using quantum metrology. Work in this area was not covered in this presentation to the CVI.

Covid-19 and INFN

Once the government established special legislation in spring 2020, the INFN acted promptly to establish rules and procedures to safeguard the workforce, while continuing to provide maintenance to prevent major damage to infrastructure, machinery and equipment. "Smart working" (Home Office) has been

implemented and many research projects have continued, but travel restrictions have impacted research projects carried out jointly with research departments abroad. Notably, savings generated by the travel ban have been used wisely, in particular to finance scholarships.

While coping with the emergency, INFN researchers have been involved in a number of COVID-19 related activities: it developed a ventilator for intensive therapies and provided user-friendly information on the development worldwide of the pandemic, through an open source database. The INFN team is very active, with approximately ~25 FTE involved, at a funding level of ~1M€.

INFN has developed statistics on COVID-19 that represent an important tool to present data effectively to policy makers and public opinion. We caution that if INFN decides to provide predictions on the development of the pandemic, it is important to understand their consistency with official forecasts, if any.

Recognizing the need for a simple device to be available quickly, INFN scientists played a dominant role in the development of a simple, effective mechanical ventilator, the “Mechanical Ventilator Milano (MVM)”, featuring easily available components, low cost, and simplicity of operation. The team consisted mainly of subatomic physicists from Italy, Canada, and the US, with strong participation of medical experts. The MVM has proved to be useful for all phases of treatment over many months, including in ICU’s, with ~10,000 units being deployed in Canada, and prospects in other countries.

At LNS a new “anti-covid laboratory” has been set up to evaluate and certify fabrics for masks and other PPE. Four hundred types of masks were tested, with only 2% achieving certification. Of importance to mask-making companies, the LNS process has been approved for official ISS certification, a requirement in Italy for masks to be sold. LNL has tested a prototype laser-based X-ray tube for sterilization of surfaces.

As also described by CSN5, there have been new collaborations with industry: evaluation of a new diagnostic test, and a project proposal to develop an almost-real-time test; and a statistical analysis to evaluate vaccines, in which they found that a few 10K people must be tested along the way to evaluating effectiveness. Going forward, INFN will contribute its computing infrastructure, analysis of big data, and advanced techniques like machine learning, which are already working to identify and analyse distinct features of medical importance, eg lung CT scans (DORIAN LQC); and aerosol and pollution studies at the AUGER site.

Another interesting project concerns low dose radiation therapy, and microdosimetry, which is useful in diagnosing and measuring inflammations like those caused by viral pneumonia. GEANT-4, the detailed simulation program developed for particle physics, is being used to understand if stochastic effects reduce the risk of radiation damage.

We commend INFN for its quick and effective responses to the pandemic, and strong support and encouragement for new ideas. Activities are supported at an appropriate level and provide opportunities for young researchers. Several of the projects have had significant impact and have generated recognition and good will. We point out, however, that better communication would have generated great publicity and helped improve the knowledge of INFN among the general public.

Recommendations:

COVID1 – The pandemic has revealed that there are unpredictable events that can radically modify the way INFN can operate. To this end, we recommend establishing a permanent a group in charge of “business continuity and safety management” that has the authority to enforce emergency procedures and act promptly in case new emergencies arise in the future.

COVID2 – INFN should communicate its COVID activities more broadly, via its web page, social media, etc.

Appendix I. Recommendations

GS1 – We welcome the extraordinary program allowing INFN to stabilize and enhance its staff.

To make optimum use of this outstanding opportunity and to attract the best scientists and technologists, including Italian scientists who started their careers abroad, INFN should work with the government to gain flexibility in the deployment of these positions:

- a. To increase the timescale during which positions are filled.
- b. To include positions above entry level.

GS2 – INFN mostly depends on governmental support, but has been quite successful in securing funding from additional sources. INFN should further emphasise increasing and managing diversification of funding, which could have even greater importance in these days of fiscal peril.

- a. We encourage INFN to develop closer relations with the private sector to build additional sources of funding.
- b. For new projects INFN should move hand in hand with new funding sources to make sure they will provide adequate support to sustain a project throughout its life.
- c. Investigate possibilities to motivate mid-career and senior scientists to apply for ERC grants, e.g. Consolidator, Advanced, and Synergy Grants.

CA1 – The Director General’s ambitious program needs prioritization. In due time, it would help to fix targets to be achieved in the coming years.

CA2 – The Director of Research Services should elaborate a plan of re-organisation of research services and of actions that could enhance INFN capability to obtain grants.

CA3 – (*Last year’s recommendation, still valid*) The Director General should launch a service satisfaction survey to be used for quality management of the central administration.

CSN1-1 – Develop contingency plans to adapt efficiently to potentially fast-changing schedules of the experiments.

CSN2-1 – The project hierarchy and strategy for selecting new projects were presented to the CVI.

Maintaining balance between large and well-established projects and new initiatives and R&D projects is a non-trivial challenge. Fragmentation of the research program is viewed as a risk, and lack of manpower is an issue for a number of projects. We caution against a further expansion of the portfolio, and recommend careful monitoring of the projects and the priorities, and identification of activities that are or become subcritical.

CSN2-2 – The scientific case for SABRE is high. INFN should start and support the project implementation, carefully monitoring the progress.

CSN2-3 – The situation and plans of DAMA/LIBRA should be clarified, as already recommended in last year’s report.

CSN3-1 – An increase of budget and FTEs is advisable due to the growing number of high-priority commitments at upgraded domestic facilities (LNL, LNS) as well as a ramp-up towards new international projects like the EIC and FAIR. CSN3 should also make sure to set priorities that optimize the allocation of the actual budgets they receive.”

CSN3-2 – Provide more detailed plans for the projected EIC contributions, e.g. how many new FTE are required (and how many existing FTE are moving to EIC), and how much INFN and external money is requested.

CSN3-3 – INFN should give high priority to complete the following important new projects, and prepare them for science, on schedule: LUNA MV at LNGS, for first experiments in 2021; AGATA at LNL, for first experiments in 2022; NUMEN and PANDORA at LNS, for first experiments in 2024.

CSN4-1 – We have noted in previous years, that Laboratory theory groups are often below critical mass. It would be good to bear this in mind, if and when, positions with geographical restrictions are advertised.

CSN5-1 – In consideration of the success of the new schemes (Calls for Proposals, Grants for Young Researchers) and their capacity to stimulate particularly innovative research, CSN5 could consider to gradually re-balance the composition of the overall budget away from Standard Experiments towards these new schemes.

KTT-1 – Explore the feasibility of building joint labs with private companies. We recommend the KTT to develop a study to identify areas where joint labs can make sense and to start a scouting activity with corporates, also international ones.

KTT-2 – Organize regular meetings between researchers, business angels/venture capitalists, and chief technology officers of key companies to expose INFN personnel with possible projects to the real economy. In order to make it operational, we recommend creating a list of stakeholders of KTT, and to provide a calendar to both researchers and stakeholders. The meetings should focus on the presentation of new patents, and potential applications of research activity.

KTT-3 – Streamline the selection process of the resources of R4I, with larger involvement of external evaluators. We suggest a three-step approach:

1. Validation from a research viewpoint by the supervisor within the centre where the researcher works;
2. Assessment by an external panel of the potential industrial viability of the idea. Members of the external panel must be business angels, venture capitalists or chief technological officers from the private sector. This activity should be organized twice a year to put together a number of options.
3. Final decision by the ‘Comitato Nazionale per il Technology Transfer’.

KTT-4 – Build some indicators to evaluate the performance of KTT in comparison with benchmark institutions.

LNL1 – The INFN Directorate should fully support the organisational restructuring to ensure the future success of the lab.

LNL2 – Ensure timely completion of SPES project to allow first experiments with AGATA in 2022.

LNL3 – Grow and strengthen the lab for the “SPES era”: Ensure key personnel in temporary positions can get permanent positions and start planning for strategic replacement of soon-retiring staff. Prepare a dedicated plan showing where additional staff positions are needed in the next 2 years. Please present a status update of discussions with INFN Directorate and Giunta about this future hiring strategy in the next midterm report.

LNS1 – (INFN Directorate) Support LNS management in the current hiring strategy to replace key positions and ensure stable operation of facilities after the upgrade

LNS2 – Ensure completion of ARCA string installations in 2021.

LNS3 – Support full funding and timely completion of PANDORA since it will bring a unique research program to Italy. (Repeated from CVI 2019)

LNS4 – Medical physics: Support plans for FLASH radiotherapy (I-LUCE) and for new proton-therapy beamlines for ocular melanoma treatment (CATANA)

C@T-1

- a. Reinforce project management in order to provide as soon as possible a detailed and realistic schedule with resource-loaded Gantt charts, considering all work packages and their interdependence.
- b. Make a risk analysis, and set up a risk register to be monitored and updated as the project proceeds.

C@T-2 – Promptly set up a group of experts to review in depth the technical details and the schedule of the whole CNAF relocation project (quality assurance, manpower, cost, risks, etc.). They should report to INFN management.

COVID1 – The pandemic has revealed that there are unpredictable events that can radically modify the way INFN can operate. To this end, we recommend establishing a permanent a group in charge of “business continuity and safety management” that has the authority to enforce emergency procedures and act promptly in case new emergencies arise in the future.

COVID2 – INFN should communicate its COVID activities more broadly, via its web page, social media, etc.

Appendix II. Agenda

WEDNESDAY, 14 OCTOBER

14:00	→ 14:30	A. Zoccoli/S.Smith: brief introduction and charge to CVI ⌚ 30m
		Speakers: Antonio Zoccoli (JRC), Prof. Arthur John Stewart Smith (Princeton University)
14:30	→ 15:15	INFN General talk ⌚ 45m
		Speaker: Antonio Zoccoli (JRC)
15:15	→ 15:45	DG presentation to CVI ⌚ 30m
		Speaker: Nando Minnella (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare)
15:45	→ 16:10	Report from CSN1 ⌚ 25m
		Speaker: Roberto Tenchini (JRC)
16:10	→ 16:35	CSN1 Discussion ⌚ 25m
16:35	→ 16:50	Coffee/Tea break ⌚ 15m
16:50	→ 17:15	Report from CSN2 ⌚ 25m
		Speaker: Oliviero Cremonesi (JRC)
17:15	→ 17:40	CSN2 Discussion ⌚ 25m
17:40	→ 18:05	Report from CSN3 ⌚ 25m
		Speaker: Rosario Nania (JRC)
18:05	→ 18:30	CSN3 Discussion ⌚ 25m
18:30	→ 20:00	CVI in closed session ⌚ 1h 30m

13:30	→ 15:00	CVI in Exec Session ⌚ 1h 30m
15:00	→ 15:25	Report from CSN4 ⌚ 25m Speaker: Fulvio Piccinini (PV)
15:25	→ 15:50	CSN4 Discussion ⌚ 25m
15:50	→ 16:15	Report from CSN5 ⌚ 25m Speaker: Valter Bonvicini (TS)
16:15	→ 16:40	CSN5 Discussion ⌚ 25m
16:40	→ 17:05	Report from LNS ⌚ 25m Speaker: Santo Gammino (LNS)
17:05	→ 17:25	LNS Discussion ⌚ 20m
17:25	→ 17:40	Coffee/Tea break ⌚ 15m
17:40	→ 18:05	Report from LNL ⌚ 25m Speaker: Fabiana Gramegna (LNL)
18:05	→ 18:25	LNL Discussion ⌚ 20m
18:25	→ 18:50	How did we cope with Covid19 ⌚ 25m Speaker: Marta Dalla Vecchia (PD)
18:50	→ 19:10	Covid19 Discussion ⌚ 20m

13:30	→ 14:30	CVI in EXEC session ⌚ 1h
14:30	→ 14:55	Technological Transfer ⌚ 25m Speaker: Ezio Previtali (MIK)
14:55	→ 15:15	TT discussion ⌚ 20m
15:15	→ 15:40	Quantum Technologies ⌚ 25m Speaker: Raffaele Tripiccione (FE)
15:40	→ 16:00	QT Discussion ⌚ 20m
16:00	→ 16:25	Computing@Technopole ⌚ 25m Speaker: Gaetano Maron (JNL)
16:25	→ 16:45	Computing@Technopole Discussion ⌚ 20m
16:45	→ 17:10	INFN & Covid19 (Research projects) ⌚ 25m Speaker: Diego Bettoni (FE)
17:10	→ 17:30	INFN Covid19 Research discussion ⌚ 20m
17:30	→ 20:00	CVI in closed session + Closeout with INFN ⌚ 2h 30m