DELIBERA DEL CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE
n. 44 del 28 aprile 2022

OGGETTO: Approvazione Piano Triennale di Attività e Piano di Fabbisogno 2022-2024.

IL CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE

VISTA la Legge 15 marzo 1999, n. 62, che ha disposto la trasformazione dell'Istituto di fisica di via Panisperna in Roma in Museo Storico della Fisica e Centro di Studi e Ricerche "Enrico Fermi" (di seguito denominato CREF);

VISTO il Decreto 5 gennaio 2000, n. 59 del Ministro dell'università e della ricerca scientifica e tecnologica, recante "Istituzione del Museo della fisica e Centro studi e ricerche in Roma";

VISTO il D.lgs. 31 dicembre 2009, n. 213, recante "Riordino degli enti di ricerca in attuazione dell'articolo 1 della Legge 27 settembre 2007, n. 165" e ss.mm.ii.;

VISTO il D.lgs. 25 novembre 2016, n. 218, recante "Semplificazione delle attività degli enti pubblici di ricerca ai sensi dell'articolo 13 della legge 7 agosto 2015, n. 124";

VISTO lo Statuto del CREF, adottato dal Consiglio di Amministrazione con le deliberazioni n. 45(20) del 29 luglio 2020, n. 77(20) del 29 ottobre 2020 e n. 106(20) del 18 dicembre 2020 e in vigore dal 23 febbraio 2021;

CONSIDERATO che, ai sensi del combinato disposto tra l'art. 5 del D.lgs. 31 dicembre 2009, n. 213 e l'art. 7, comma 1, del D.lgs. 25 novembre 2016, n. 218, gli Enti pubblici di ricerca, nell'ambito della loro autonomia, in conformità con le linee guida enunciate nel PNR e con le linee di indirizzo del Ministro vigilante, adottano un Piano Triennale di Attività, previo parere dei rispettivi consigli scientifici, con il quale determinano anche la consistenza e le variazioni dell'organico e del piano di fabbisogno del personale;

CONSIDERATO che, ai sensi dell'art. 7, comma 2, del D.lgs. 25 novembre 2016, n. 218, il

Piano Triennale di Attività è approvato dal Ministero vigilante entro sessanta giorni dalla ricezione, decorsi i quali, senza che siano state formulate osservazioni, si intende approvato;

VISTO il Piano Triennale di Attività 2021-2024 del CREF, adottato dal Consiglio di Amministrazione con deliberazione n. 72(21) del 12 luglio 2021, unitamente al Piano Triennale di Fabbisogno del Personale per il medesimo triennio, entrambi trasmessi al MUR ai fini del controllo di legittimità e di merito di cui all'art. 7 del d.lgs. n. 218/2016;

ESAMINATA la bozza del Piano Triennale di Attività e il Piano di Fabbisogno per il triennio 2022-2024;

ACQUISITO il parere positivo del Presidente sulla compatibilità finanziaria del Piano in oggetto con la programmazione e le esigenze di bilancio per il triennio 2022-2024;

RITENUTO di procedere all'adozione del Piano Triennale di Attività e del Piano di Fabbisogno per il triennio 2022-2024 del CREF, ai sensi dell'art. 7 del D.lgs. 25 novembre 2016, n. 218;

VISTO lo schema di delibera che è stato sottoposto ai Membri del Consiglio di Amministrazione nella seduta odierna;

SU PROPOSTA del Presidente;

per le motivazioni descritte in premessa,

DELIBERA

1. di approvare, ai sensi dell'art. 5 del D.lgs. 31 dicembre 2009, n. 213 e dell'art. 7 del D.lgs. 25 novembre 2016, n. 218, il Piano Triennale di Attività e il piano di Fabbisogno 2022-2024 del CREF;
2. che il Piano Triennale di Attività e il Piano di Fabbisogno 2022-2024 del CREF saranno tempestivamente inviati al Ministero dell'Università e della Ricerca;
3. che il Piano Triennale di Attività e il Piano di Fabbisogno 2022-2024 del CREF saranno pubblicati, successivamente all'approvazione da parte del Ministero dell'Università e della Ricerca, nel sito istituzionale del CREF;
4. di delegare al Presidente la possibilità di apportare modifiche estetiche al piano, senza alterare la parte economica.

Il Segretario

Dott. Alessandro Sbrana

Alessandro
Sbrana

Il Presidente

Prof. Luciano Pietronero

Luciano
Pietronero

Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi

PIANO TRIENNALE DI ATTIVITÀ 2022 – 2024

AGGIORNAMENTO 2022 – TABELLE INVIATE DAL MINISTERO

Sommario

Missione e affinità con altri enti nazionali e internazionali; aderenza e/o scostamento verso il PNR (%)....3

Dotazione Organica e Fabbisogno del personale 6

Premessa 6

1) Personale in servizio nell'anno 2021....7

2) Calcolo del punto organico....9

3) Verifica del limite di sostenibilità 10

4) Formulazione ipotesi organico 2022-2024 11

5) Verifica della compatibilità dell'ipotesi con il limite di sostenibilità....18

Attività di Ricerca....19

Tecnologie fotoniche e intelligenza artificiale....20

Complessità sociale ed economica 22

Complexity and Artificial Intelligence for the challenges of Sustainable Development Goals 24

Complessità nei sistemi auto-gravitanti in astrofisica e cosmologia....29

Fisica per i Beni Culturali 34

Radio e Adro Terapia 39

Neuroscience and Quantitative Neuroimaging (NQN) 43

Sulle orme dei Ragazzi di via Panisperna: tra ricerca scientifica e impegno civile 46

Storia della Fisica- L'Istituto di Fisica tra le due guerre: Orso Mario Corbino e Enrico Fermi 49

Problemi Aperti in Meccanica Quantistica (PAMQ)....52

Dalla formazione all'innovazione e allo sviluppo 57

Sviluppo di nuovi Superconduttori Convenzionali ad alta Tc attraverso la Material Informatics....59

Fisica fondamentale nello Spazio 64

Complessità in epidemiologia 67

Infrastrutture di Ricerca 72

Collaborazioni nazionali e internazionali (accordi bilaterali)....72

Attività di Terza Missione....73

Progetto EEE 73

Museo 77

Ente	**Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi** Via Panisperna 89a – 00184 Roma
Indice	1. Missione ed affinità con altri enti nazionali ed internazionali; aderenza e/o scostamento verso il PNR (%) 2. Dotazione Organica e Fabbisogno del personale 3. Partecipazioni 4. Attività di ricerca 5. Infrastrutture di ricerca 6. Collaborazioni nazionali e internazionali 7. Attività di Terza Missione

Missione e affinità con altri enti nazionali e internazionali; aderenza e/o scostamento verso il PNR (%)

1	**Fisiologia dell'ente (Dipartimenti, istituti, sezioni)**	Il **Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi** (**CREF**) ha sede nella palazzina che ha ospitato lo storico Regio Istituto di Fisica negli anni Trenta. In questo luogo, il celebre gruppo di giovani fisici, aggregato intorno a Enrico Fermi, condusse i primi esperimenti sulla radioattività indotta da neutroni, fondamentali per il futuro sviluppo dell'energia nucleare. In questa palazzina è stata quindi scritta non solo la storia della fisica ma quella di tutto il Novecento, punto di intersezione tra scoperte scientifiche e avvenimenti epocali. Per questa sua eccezionale importanza, nel 1999 il Parlamento ha votato all'unanimità la Legge che ha costituito un nuovo Ente di Ricerca: il "Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi'', vigilato dal Ministero dell'Università e Ricerca, con sede istituzionale nella Palazzina di Via Panisperna. Nel novembre del 2019, il restauro completo della palazzina di Via Panisperna è stato concluso, rendendola il centro strategico dello sviluppo dell'Ente. Infatti, da quel momento, l'obiettivo prioritario dell'Ente è stato di rendere il famoso edificio di Via Panisperna sia un centro di ricerca di livello internazionale sia di valorizzare e diffondere l'eredità scientifica di Enrico Fermi. La missione dell'ente è dunque duplice: da una parte lo sviluppo di una attività di ricerca originale e di avanguardia nel campo della fisica con una forte connotazione interdisciplinare; dall'altra lo sviluppo di un moderno museo storico della fisica per diffondere la conoscenza scientifica alle nuove generazioni. Conseguentemente, l'asse portante della strategia del CREF è quella di proporre linee di ricerca originali e di grande impatto improntate ai metodi della fisica, ma con un forte carattere interdisciplinare e orientato ai principali problemi della moderna società della conoscenza. Scopo di tale strategia è quello di non replicare in piccolo le linee di ricerca delle grandi istituzioni scientifiche con un forte orientamento tematico, in modo da rendere il CREF, grazie alla sua dimensione agile, una grande opportunità per la comunità scientifica italiana e internazionale.

In questo quadro, a partire dagli ultimi due anni, il CREF ha intrapreso un intenso lavoro di sviluppo di linee di ricerca interdisciplinari ad alto impatto scientifico, tra cui le linee principali sono:

1. Tecnologie fotoniche e intelligenza artificiale
2. Complessità e intelligenza artificiale per le sfide degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile
3. Complessità sociale ed economica
4. Neuroscienze e neuroimaging quantitativo

A questo si affiancano due attività di sviluppo prioritario:

- Museo sull'eredità scientifica di Enrico Fermi
- Alta formazione di giovani scienziati attraverso il finanziamento di borse di dottorato di Università pubbliche, da svolgere presso il CREF

Più nel dettaglio, nell'ultimo anno di attività, è si è proceduto a sviluppare in sede anche un laboratorio di ricerca in fotonica computazionale, relativo alla linea di ricerca: "Tecnologie fotoniche e intelligenza artificiale".
Contemporaneamente, sempre nella sede del CREF, è stato avviato un laboratorio congiunto CREF – Sony CSL di Parigi che occupa più di 10 giovani ricercatori, tra risorse delle due Istituzioni sui temi della linea di ricerca: "Complessità e intelligenza artificiale per le sfide degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile".
E' presente anche un laboratorio per lo studio dei Beni Culturali con strumentazione portatile per analisi integrate di fluorescenza a raggi X (ED-XRF), spettroscopia Raman e spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR) in trasmittanza e assorbanza.
Relativamente alla linea di ricerca: "Complessità sociale ed economica" si è provveduto a consolidare il gruppo di ricerca, che ora conta 3 ricercatori a tempo indeterminato, due assegni di ricerca ed è stato bandito ad inizio 2022 un concorso per primo ricercatore.
Questo nuovo metodo per l'analisi economica basata su metodi ispirati alla fisica e quindi molto più scientifici ed affidabili è stato recentemente adottato dalla Commissione EU per la valutazione dei progetti del Recovery Fund (PNRR). Anche la World Bank di Washington lo utilizza già da vari anni ed ha partecipato al suo sviluppo. Recentemente è stato firmato un primo accordo per organizzare al Centro Fermi un laboratorio congiunto (FermiKNet) per valorizzare e sviluppare ulteriormente queste metodologie.

Rispetto al progetto "Neuroscienze e neuroimaging quantitativo" continua la collaborazione con l'IRCCS Santa Lucia di Roma e il gruppo di ricerca si è aggiudicato diversi finanziamenti esterni. Inoltre, ha avviato una collaborazione, con base al CREF, con il gruppo di Neuroscienze dell'Università di Pavia attraverso una richiesta di partenariato con il progetto flagship europeo "Human Brain Project (HBP)".

Ci sono inoltre altre linee di ricerca ad alto impatto scientifico, coordinate dai singoli ricercatori dell'Ente, ritenendole strategiche allo sviluppo dell'Ente. Le quali sono esposte in dettaglio nelle schede di seguito.

Allo scopo di integrare meglio la comunità scientifica interna all'ente e di creare collaborazioni scientifiche feconde, il CREF ha avviato una serie di seminari e conferenze periodiche fruibili sia in presenza che in video connessione, grazie al contributo di ricercatori interni ed esterni. Tra queste iniziative spicca l'avvio di un Journal Club quindicinale.

		Riteniamo che il Piano Triennale di Attività del CREF sia aderente al PNR 2021-2027. Infatti, la maggior parte dei Progetti è stato scritto con la finalità di essere contributo tangibile allo sviluppo del Paese, in conformità con il PNR. **In particolare, molti Progetti presentano un carattere fortemente interdisciplinare e innovativo, sono basati su metodologie data-driven e hanno una forte connotazione internazionale. L'attività scientifica di alcuni di essi, come ad esempio il laboratorio congiunto presso il CREF, con il Sony CSL di Parigi, è incentrata prevalentemente sui Sustainable Development Goals delle Nazioni Unite. Insieme al recente accordo con la World Bank queste attività caratterizzano il Centro Fermi come un Hub internazionale del massimo livello. Riguardo alla recente crisi provocata dal Covid-19, il CREF ha deciso di avviare un progetto di ricerca su studi di carattere fisico-matematico dedicati all'epidemiologia. Tutti i progetti scientifici hanno anche l'obiettivo di valorizzare e promuovere il contributo dei giovani ricercatori alla ricerca scientifica.**

Dotazione Organica e Fabbisogno del personale

Premessa

Ai sensi dell'art. 9, comma 2, del decreto legislativo 25 novembre 2016, n. 218, attuativo della legge 124/2015, negli enti pubblici di ricerca 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 non può superare l'80 per cento.

Il comma 4 stabilisce che il calcolo delle spese complessive del personale è dato dalla somma algebrica delle spese di competenza dell'anno di riferimento, comprensive degli oneri a carico dell'amministrazione, al netto di quelle sostenute per personale con contratto a tempo determinato la cui copertura sia stata assicurata da finanziamenti esterni di soggetti pubblici o privati. Infine, ai sensi del comma 6 di tale articolo, "*gli Enti che, alla data del 31 dicembre dell'anno precedente a quello di riferimento riportano un rapporto delle spese di personale inferiore all'80 per cento possono procedere all'assunzione di personale con oneri a carico del proprio bilancio per una spesa media annua pari a non più del margine a disposizione rispetto al limite dell'80 per cento*". A tal fine, in relazione a ogni qualifica di personale, il Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca fissa un costo medio annuo, calcolato assumendo come riferimento il costo medio del personale nella qualifica di dirigente di ricerca.
Nelle more delle previste determinazioni del Ministero vigilante per i predetti calcoli si farà riferimento alla circolare DFP-0072298-P-13/12/2017 del Dipartimento della Funzione Pubblica, cofirmata dall'Ispettore generale capo dell'IGOP - Dipartimento della Ragioneria generale dello Stato - Ministero dell'economia e delle finanze.

In materia di personale degli Enti di ricerca l'art. 12 del citato decreto legislativo stabilisce che *"le determinazioni relative all'avvio delle procedure di reclutamento e alle relative assunzioni sono comunicate al Dipartimento della funzione pubblica della Presidenza del Consiglio dei ministri"* e che *"la facoltà degli Enti di reclutare il personale corrispondente al proprio fabbisogno nei limiti stabiliti dall'articolo 9, commi 2 a 4, non è sottoposta a ulteriori vincoli"*.

Ciò premesso, il Museo storico della fisica e centro studi e ricerche "Enrico Fermi", nel seguito indicato come CREF, sulla base del quadro normativo sopra esposto e nel rispetto dei limiti finanziari e di bilancio appena richiamati, definisce il proprio Piano di Fabbisogno del Personale per il triennio 2022-2024.

Dal punto di vista metodologico il piano si sviluppa secondo il seguente percorso:

1) fotografia dell'organico al 31/12/2021 ed evoluzione fino alla data di approvazione del presente documento;
2) definizione del punto organico e calcolo dei costi medi annuali associati ai singoli profili di inquadramento;
3 determinazione del limite massimo alle spese di personale e determinazione dei punti organico disponibili;
4) formulazione dell'ipotesi di sviluppo triennale dell'organico in base alle esigenze strategiche dell'Ente;
5) verifica della compatibilità di tale ipotesi con i punti organico disponibili.

1) Personale in servizio nell'anno 2021

Nel corso del 2021 il CREF ha sostenuto spese per personale dipendente esclusivamente a valere sul Fondo ordinario per gli enti e le istituzioni di ricerca (FOE).

Al termine dell'anno 2021 la composizione del personale in servizio presso il CREF era la seguente.

Personale CREF al 31 dicembre 2021					
Profilo	Livello	Tempo indeterminato	Tempo determinato FOE	Tempo determinato fondi esterni	Totale
Dirigente di ricerca	I	1	0	0	1
Primo ricercatore	II	1	0	0	1
Ricercatore	III	8	0	0	8
Dirigente tecnologo	I	1	0	0	1
Primo tecnologo	II	0	0	0	0
Tecnologo	III	0	0	0	0
Funzionario di amministrazione	IV	1	0	0	1
	V	0	1	0	1
Collaboratore tecnico ER	VI	2	0	0	2
Collaboratore di amministrazione	V	1	0	0	1
	VI	1	0	0	1
Totale		16	1	0	17

Tra i ricercatori di III livello in servizio al 31 dicembre 2021, uno è stato reclutato (bando 7/2020) a valere sul finanziamento previsto dal D.M. 29 ottobre 2020 n. 802 mediante concorso pubblico riservato a giovani di elevato livello scientifico. Tale posizione è stata finanziata in via straordinaria e deve essere considerata al di fuori della dotazione organica approvata con il piano triennale di attività, nonché esclusa dai limiti di cui all'art. 9 del d.lgs. 218/2016. La quota parte delle relative risorse appositamente assegnate a partire dal 2021, pari ad euro 88.361,00, eventualmente non utilizzata per il reclutamento resta nella disponibilità del CREF come assegnazione ordinaria dell'anno e dei successivi. Il suddetto D.M. fissa il termine del 30 novembre 2022 per l'attivazione dei relativi contratti e la presa di servizio.

Dell'organico sopra rappresentato fa poi parte un funzionario amministrativo di IV livello che nel corso del 2021 ha goduto di un'aspettativa senza assegni. La risorsa è stata temporaneamente rimpiazzata dal funzionario V livello appositamente reclutato a tempo determinato.

Inoltre, nel corso del 2021 hanno terminato il rapporto a tempo determinato finanziato sul FOE un dirigente amministrativo di I livello (Direttore amministrativo), un ricercatore di III livello e un collaboratore tecnico Enti di ricerca di VI livello.

Sempre nel corso del 2021 il CREF è risultato beneficiario di uno specifico finanziamento ai sensi del D.M. 19 maggio 2021 n. 614 per il reclutamento a tempo indeterminato di ricercatori e tecnologi mediante concorso pubblico riservato a giovani di elevato livello scientifico. Analogamente a quanto avvenuto nel 2020, anche tale posizione (ancora da reclutare) è stata finanziata, per un importo pari ad euro 24.456,00, in via straordinaria e deve essere considerata al di fuori della dotazione organica approvata con il piano triennale di attività.

Infine, nei primi mesi del 2022 hanno preso servizio due ricercatori III livello a tempo indeterminato, un dirigente amministrativo di seconda fascia a tempo determinato (Direttore amministrativo) ed è stata avviata la procedura per la selezione di un primo ricercatore II livello (bando 3(22)).

2) Calcolo del punto organico

Secondo quanto previsto dalla lettera c), sesto comma, del citato art. 9, decreto legislativo 25 novembre 2016, n. 218 che introduce il concetto di punto organico nel comparto degli EPR, il Dipartimento della Funzione Pubblica, con nota 13 dicembre 2017, n.72298-P, ha definito il costo medio annuo di riferimento per ciascuna qualifica di personale, esprimendola in relazione al costo del dirigente di ricerca.

Calcolo del punto organico art. 9, c. 6, l. c), d.lgs. 218/2016 riferito al dirigente di ricerca		
Costo medio annuo	Accantonamento TFR annuo	Totale annuo
112.838,00 €	5.239,66 €	**118.077,66 €**

Di seguito la corrispondenza tra ciascun profilo-livello e la percentuale di costo medio relativo per il CREF.

Costi medi annui CREF Rif. nota DFP-0072298-P-13/12/2017 Dipartimento della Funzione pubblica				
Livello	Qualifica	Percentuale	Punti organico	Costo annuo
II a	Dirigente amministrativo	125,28%	1,2528	147.927,69 €
I	**Dirigente di ricerca**	**100,00%**	**1,0000**	**118.077,66** €
II	Primo ricercatore	71,01%	0,7101	83.846,95 €
III	Ricercatore	42,53%	0,4253	50.218,43 €
I	Dirigente tecnologo	100,37%	1,0037	118.514,55 €
II	Primo tecnologo	54,48%	0,5448	64.328,71 €
III	Tecnologo	34,41%	0,3441	40.630,52 €
IV		54,62%	0,5462	64.494,02 €
V		48,60%	0,4860	57.385,74 €
VI		38,52%	0,3852	45.483,51 €
VII		34,95%	0,3495	41.268,14 €
VIII		32,14%	0,3214	37.950,16 €

3) Verifica del limite di sostenibilità

La verifica delle sostenibilità delle spese di personale presuppone il confronto tra le spese per personale dipendente (ricercatore, tecnologo, tecnico, amministrativo) e le entrate dell'ente nell'ultimo triennio. I dati utilizzati sono ricavati dai rispettivi conti consuntivi. In un'ottica prudenziale, per quanto riguarda le entrate nei calcoli si è fatto riferimento esclusivamente a quelle derivanti dal Fondo ordinario per gli enti e le istituzioni di ricerca (FOE).

Sostenibilità spese di personale @2021 (valori a consuntivo) Art. 9, c. 2, d.lgs. 218/2016			
	2019	2020	2021
Entrate complessive dell'ente (≈FOE)	2.290.932,00 €	2.354.564,00	2.357.108,00 €
Media entrate nel triennio 2019-2021 (E)	2.324.020,00 €		
Spese personale 2021 non da finanziamenti esterni (S)	934.567,65 €		
Rapporto spese personale 2021/media entrate (R=S/E)	40,21%		

Dal calcolo precedente risulta che il CREF nello scorso esercizio ha tenuto un comportamento prudenziale in quanto il rapporto tra le spese di personale sostenute del 2021 e la media delle entrate complessive dell'ultimo trimestre, come risultanti dai relativi conti consuntivi, è inferiore all'80%, e più precisamente pari a circa il 40%.
Di conseguenza il CREF può procedere a nuove assunzioni, fino ad arrivare un organico teorico complessivo equivalente a 15,7457 punti organico come di seguito determinati.

Punti organico utilizzabili (limite 80% S/E)	
Media entrate nel triennio 2019-2021 (E)	2.324.020,00 €
Limite di spesa per personale (L=80% E)	1.859.216,00 €
Valore del punto organico ≈ dirigente ricerca (P)	118.077,66 €
Punti organico totali a disposizione Ente (T=L/P)	**15,7457**

Trattandosi di valori medi forniti dal Dipartimento della Funzione Pubblica, gli importi così calcolati hanno valore solo ai fini della determinazione del limite al reclutamento. I valori che saranno effettivamente inseriti nella contabilità del CREF (bilancio di previsione, conto consuntivo) rispecchieranno invece i reali costi associati alle singole posizioni.

4) Formulazione ipotesi organico 2022-2024

Nel periodo 2022-2024 al momento è nota solo la cessazione del funzionario amministrativo V livello a tempo determinato, reclutato in sostituzione dell'omologo di IV livello e per il quale il periodo di aspettativa terminerà ad agosto 2022.

Il progetto di reclutamento si snoda in tre filoni, coerentemente con le attività previste nell'omonimo piano triennale per il periodo 2022-2024.

4a) Per quanto riguarda l'ambito della ricerca sono previste sette nuove figure a tempo indeterminato da attivarsi entro l'anno 2022. Si tratta delle seguenti:

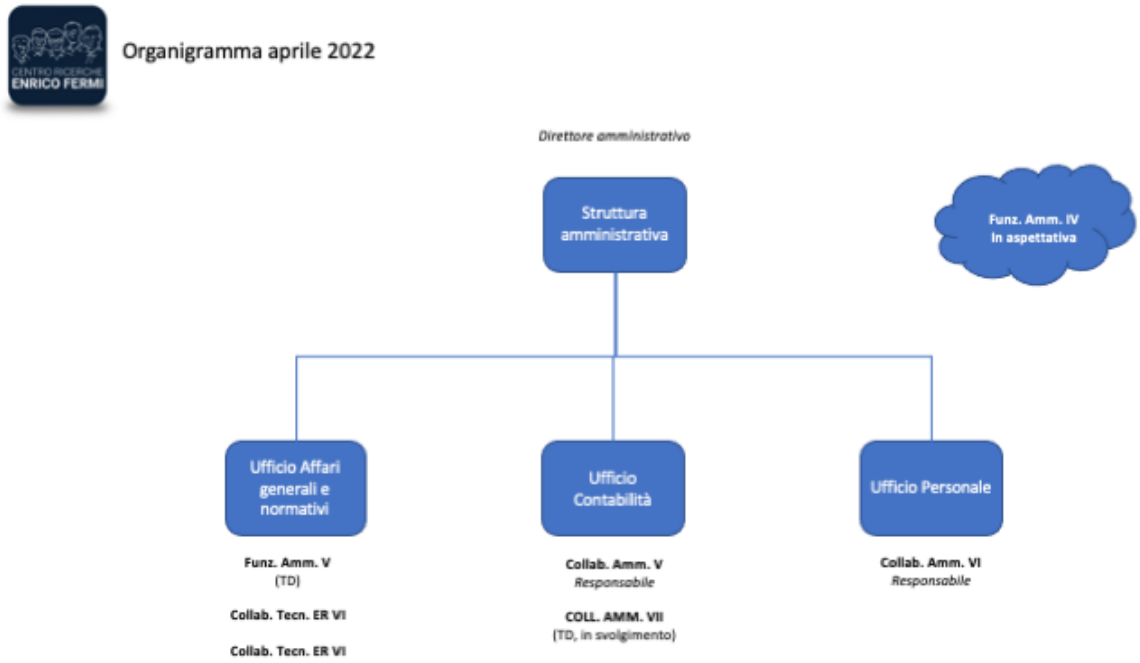
a) un dirigente di ricerca I livello in area *brain*, da reclutarsi mediante passaggio da primo ricercatore mediante progressione di livello ai sensi dell'art. 15, comma 6, del CCNL 7 aprile 2006;
b) un primo ricercatore II livello in ambito scientifico *brain*, da reclutarsi mediante concorso pubblico;
c) un ricercatore III livello in ambito scientifico *fotonica*, da reclutarsi mediante concorso pubblico;
d) un ricercatore III livello in ambito scientifico *beni culturali*, da reclutarsi mediante concorso pubblico;
e) un ricercatore III livello in ambito scientifico *complessità in economia*, da reclutarsi mediante concorso pubblico;
f) un ricercatore III livello in ambito *fotonica*, da reclutarsi ai sensi del D.M. 29 ottobre 2020 n. 802 e D.M. 19 maggio 2021 n. 614 (in quota parte) mediante concorso pubblico riservato a giovani di elevato livello scientifico. In questo caso le procedure dovranno obbligatoriamente svolgersi nei primi mesi del 2022 in modo da permettere la presa di servizio entro il 30 novembre dello stesso anno come stabilito dal primo D.M.;
g) un ricercatore III livello in ambito scientifico *area dei sistemi complessi* da reclutarsi mediante concorso pubblico;

In termini di punti organico, il reclutamento di cui al punto a) inciderà per il solo differenziale dirigente di ricerca – primo ricercatore, pari a 0,29.

Relativamente alla procedura straordinaria di cui al punto f) la posizione finanziata in via straordinaria è da considerarsi al di fuori della dotazione organica approvata con il piano triennale di attività, nonché esclusa dai limiti di cui all'art. 9 del d.lgs. 218/2016. Essa sarà attivata ricorrendo quota parte ai finanziamenti garantiti rispettivamente al D.M. 29 ottobre 2020 n. 802 (per la quota di euro 88.361,00 non utilizzata per la posizione di cui al bando 7/2020) e dal D.M. 19 maggio 2021 n. 614 (per euro 24.456,00). Tali risorse appositamente assegnate a partire dal 2021 eventualmente non utilizzate per il reclutamento, resteranno nella disponibilità del CREF come assegnazione ordinaria dell'anno e dei successivi.

4b) Per quanto riguarda l'ambito tecnologico è previsto già a partire dal 2022 il reclutamento di un tecnologo III livello con competenze informatiche ed ingegneristiche che possa presidiare i sistemi informativi e supervisioni le attrezzature e gli esperimenti condotti presso il laboratorio di *fotonica*.

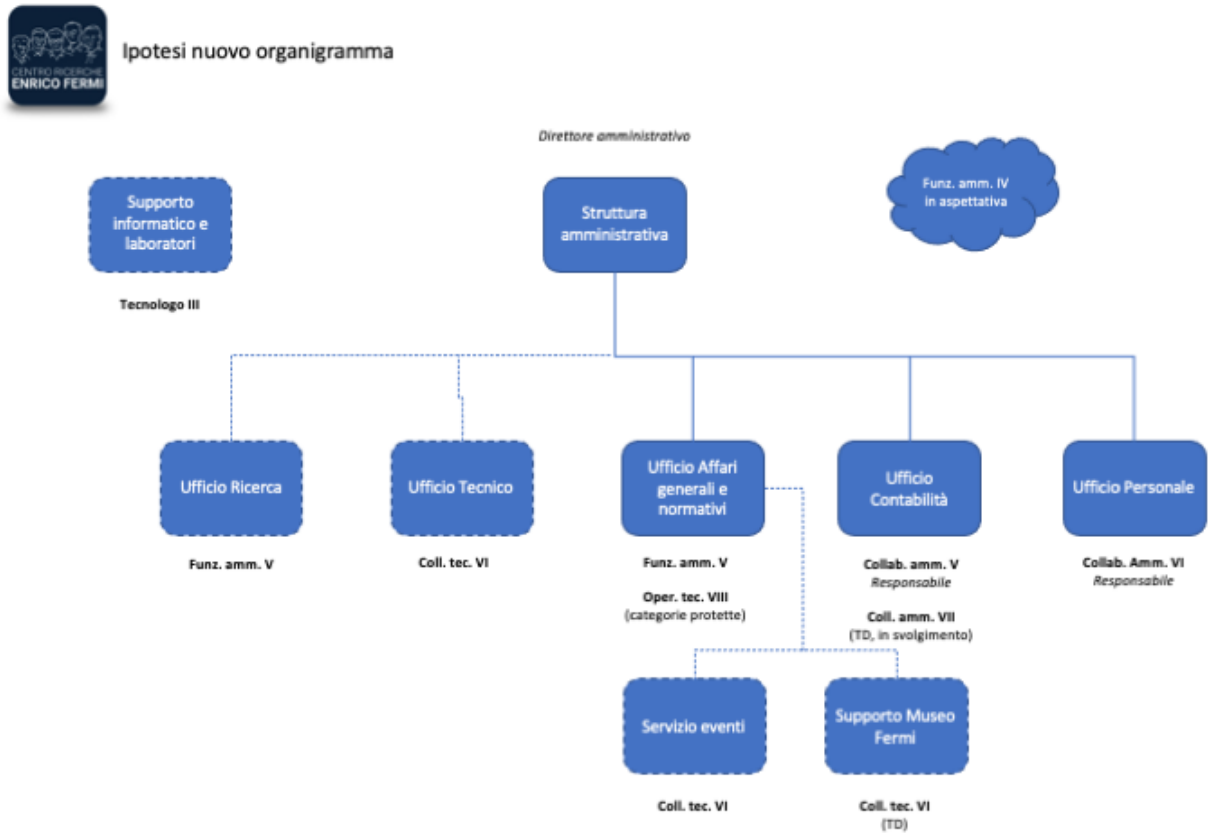
4c) La crescita dell'attività scientifica del CREF deve essere supportata da una struttura amministrativa di qualità. La situazione attuale è quella descritta nella figura seguente.



A fronte del previsto incremento delle attività di ricerca e tecnologiche aumenteranno i carichi di lavoro, sarà necessaria una riorganizzazione degli uffici e, soprattutto, saranno richieste competenze sempre più specialistiche. Per far fronte a tale prospettiva viene quindi formulata la seguente ipotesi di reclutamento relativa al personale amministrativo/tecnico:

h) un funzionario amministrativo V livello esperto in progetti di ricerca;
i) un funzionario amministrativo V livello con competenze giuridiche;
j) un collaboratore di amministrazione VII livello a tempo determinato con competenze di procedure negoziali, di contabilità e bilancio per una durata di 12 mesi;
k) un collaboratore tecnico enti di ricerca VI livello a tempo determinato con competenze informatiche per una durata di 12 mesi a supporto del progetto di crescita dell'utenza del Museo Fermi;
l) un operatore tecnico VIII livello appartenente alle categorie protette.

Tale ipotesi è riassunta nella figura seguente.



Per quanto riguarda la figura di cui al punto j), si fa presente che già era stata inserita nella programmazione 2021 ma al relativo bando n. 13(21) non è stato potuto dare pieno riscontro in quanto la commissione esaminatrice è stata recentemente modificata. Poiché le esigenze organizzative nel frattempo non sono mutate si ritiene necessario procedere con il reclutamento.

Relativamente al punto l) si precisa che il reclutamento è da intendersi obbligatorio secondo quanto disposto dalla legge 68/1999 sul collocamento mirato. Tale posizione non incide sul limite alla sostenibilità ex. art. 9, c. 2, d.lgs. 218/2016, non rilevando quindi in termini di punti organico. Per tale figura andranno comunque accantonate annualmente le risorse necessarie al pagamento degli emolumenti, attualmente stimati in euro 35.668 annui.

Le figure di cui ai precedenti punti h) e i) saranno reclutate già a partire dall'anno 2022 ricorrendo alle modalità consentite dalla legge, tra le quali la mobilità volontaria ex art. 30 del d.lgs. 165/2001 ed il concorso pubblico.

A fronte della prevista, improcrastinabile riorganizzazione della struttura amministrativa del CREF quest'ultimo intende valorizzare le competenze acquisite dal personale già in servizio, attivando almeno due procedure di progressione di livello ex art. 54 CCNL 1998/2001 del 21/02/2002, una per il passaggio da collaboratore di amministrazione VI livello al V livello e una per il passaggio da collaboratore tecnico enti di ricerca VI livello a V livello, per un totale di 0,2016 punti organico. L'effettiva possibilità di procedere con le suddette procedure sarà verificata in sede di ricognizione annuale dei fondi per il trattamento accessorio e in sede di contrattazione integrativa.

Allo stato attuale il CREF non prevede di effettuare ulteriore reclutamento nelle annualità 2023-2024.

Profilo	Livello	Tempo indeterminato				Tempo determinato FOE				Organico totale	Organico su FOE	Punti organico
		al 28/04	ingressi	cessazioni	al 31/12	al 28/04	ingressi	cessazioni	al 31/12			
Dirigente amministrativo	II	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1,2528
Dirigente di ricerca	I	1	1[I]	0	2	0	0	0	0	2	2	2,0000
Primo ricercatore	II	2[II]	1	1[I]	2	0	0	0	0	2	2	1,4202
Ricercatore	III	10[III]	5[IV]	0	15	0	0	0	0	15	13[III, IV]	5,5289
Dirigente tecnologo	I	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1,0037
Tecnologo	III	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0,3441
Funzionario di amministrazione	IV	1[V]	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0,5462
	V	0	2	0	2	1	0	1[V]	0	2	2	0,9720
Collaboratore tecnico ER	V	0	1[VI]	0	1	0	0	0	0	1	1	0,4860
	VI	2	0	1[VI]	1	0	1	0	1	2	2[VI]	0,7704
Collaboratore di amministrazione	V	1	1[VII]	0	2	0	0	0	0	2	2	0,9720
	VI	1	0	1[VII]	0	0	0	0	0	0	0[VII]	0,0000
	VII	0	0	0	0	0	1[VIII]	0	1	1	1	0,3495
Operatore tecnico ER	VIII	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0[IX]	0,0000
									Totali	32	29	**15,6458**

[I] La progressione di livello ai sensi dell'art. 15, comma 6, del CCNL 7 aprile 2006; comporta la cessazione dalla posizione di primo ricercatore.

[II] Il dato tiene conto dell'avvio della procedura concorsuale per primo ricercatore bando 3(22).

[III] Di cui uno reclutato nel 2021 ai sensi del DM 29.10.2020 n.802 mediante concorso pubblico riservato a giovani di elevato livello scientifico; non utilizza punti organico.

[IV] Di cui uno da reclutare ai sensi del DM 29.10.2020 n.802 e D.M. 19 maggio 2021 n. 614 mediante concorso pubblico riservato a giovani di elevato livello scientifico; non utilizza punti organico.

[V] Il funzionario amministrativo IV livello in aspettativa senza assegni fino ad agosto 2022. La figura V livello a tempo determinato in sostituzione terminerà di conseguenza.

[VI] Ipotesi passaggio di livello ex art. 54 CCNL 1998/2001 del 21/02/2002.

[VII] Ipotesi passaggio di livello ex art. 54 CCNL 1998/2001 del 21/02/2002.

[VIII] Bando 13(21) per posizione a tempo determinato.

[IX] Posizione obbligatoria ai sensi della legge 68/1999 sul collocamento mirato dei disabili; non rileva in termini di punti organico.

Profilo	Livello	Tempo indeterminato				Tempo determinato FOE				Organico totale	Organico su FOE	Punti organico
		al 01/01	ingressi	cessazioni	al 31/12	al 01/01	ingressi	cessazioni	al 31/12			
Dirigente amministrativo	II	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1,2528
Dirigente di ricerca	I	2	0	0	2	0	0	0	0	2	2	2,0000
Primo ricercatore	II	2	0	0	2	0	0	0	0	2	2	1,4202
Ricercatore	III	15	0	0	15	0	0	0	0	15	13[I]	5,5289
Dirigente tecnologo	I	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1,0037
Tecnologo	III	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0,3441
Funzionario di amministrazione	IV	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0,5462
	V	2	0	0	2	0	0	0	0	2	2	0,9720
Collaboratore tecnico ER	V	1[II]	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0,4860
	VI	1[II]	0	0	1	1	0	1	0	2	2	0,7704
Collaboratore di amministrazione	V	2[II]	0	0	2	0	0	0	0	2	2	0,9720
	VI	0[II]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
	VII	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0,3495
Operatore tecnico ER	VIII	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0[III]	0,000
									Totali	32	29	**15,6458**

[I] Le due posizione reclutate rispettivamente nel 2021 e nel 2022 (giovani di elevato livello scientifico) non utilizzano punti organico.
[II] Rispecchia l'ipotesi che i passaggi di livello da VI a V ex art. 54 CCNL 1998/2001 del 21/02/2002 attivati nel 2022 siano andati a buon fine.
[III] Posizione obbligatoria ai sensi della legge 68/1999 sul collocamento mirato dei disabili; non rileva in termini di punti organico.

Profilo	Livello	Tempo indeterminato				Tempo determinato FOE				Organico totale	Organico su FOE	Punti organico
		al 01/01	ingressi	cessazioni	al 31/12	al 01/01	ingressi	cessazioni	al 31/12			
Dirigente amministrativo	II	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1,2528
Dirigente di ricerca	I	2	0	0	2	0	0	0	0	2	2	2,0000
Primo ricercatore	II	2	0	0	2	0	0	0	0	2	2	1,4202
Ricercatore	III	15	0	0	15	0	0	0	0	15	13[I]	5,5289
Dirigente tecnologo	I	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1,0037
Tecnologo	III	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0,3441
Funzionario di amministrazione	IV	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0,5462
	V	2	0	0	2	0	0	0	0	2	2	0,9720
Collaboratore tecnico ER	V	1[II]	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0,4860
	VI	1[II]	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0,3852
Collaboratore di amministrazione	V	2[II]	0	0	2	0	0	0	0	2	2	0,9720
	VI	0[II]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
	VII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Operatore tecnico ER	VIII	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0[III]	0,000
									Totali	30	27	**14,9111**

[I] Le due posizione reclutate rispettivamente nel 2021 e nel 2022 (giovani di elevato livello scientifico) non utilizzano punti organico.
[II] Rispecchia l'ipotesi che i passaggi di livello da VI a V ex art. 54 CCNL 1998/2001 del 21/02/2002 attivati nel 2022 siano andati a buon fine.
[III] Posizione obbligatoria ai sensi della legge 68/1999 sul collocamento mirato dei disabili; non rileva in termini di punti organico.

5) Verifica della compatibilità dell'ipotesi con il limite di sostenibilità

L'ipotesi di evoluzione dell'organico del CREF nel triennio 2022-2024 deve quindi essere confrontata con il limite di sostenibilità calcolato ai sensi dell'art. 9, c. 2, d.lgs. 218/2016.

Anno	Punti organico massimi	Spesa teorica massima	Punti organico effettivi	Spese effettive	Percentuale spese effettive/limite
2022	15,7457	1.859.216,00 €	15,6458	1.847.419,45 €	79,49%
2023			15,6458	1.847.419,45 €	79,49%
2024			14,9111	1.760.667,80 €	75,76%

L'esito della verifica è positivo.

Per quanto riguarda la copertura finanziaria va ricordato che nel bilancio preventivo per l'esercizio 2022 è stata data la necessaria copertura finanziaria ai costi del personale effettivi come previsti nella programmazione relativa all'anno 2022. Sembra opportuno sottolineare che i costi del personale indicati nella presente programmazione sono calcolati, in ossequio alla norma, con il costo medio derivante dal cd. "punto organico". I costi così calcolati sono di molto superiori al costo effettivo del personale che, essendo di norma reclutato nella posizione iniziale del relativo profilo/livello, percepirà di conseguenza una retribuzione relativa alla fascia stipendiale di importo più basso.

Attività di Ricerca

Tecnologie fotoniche e intelligenza artificiale

Data Inizio:	1/1/2021	Data Fine:	31/12/2024

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

Il progetto sulle tecnologie fotoniche e l'intelligenza artificiale ha lo scopo di dimostrare sperimentalmente nuove macchine di calcolo che utilizzano la luce per accelerare la soluzione di problemi di ottimizzazione combinatoria e per delle reti neurali ibride elettroniche e fotoniche. Ulteriore obiettivo è sviluppare conoscenze in merito alla fisica di base classica e quantistica in questi dispositivi, mediante teorie e simulazioni numeriche. Si vuole realizzare un nuovo laboratorio con strumentazione ottica, e creare un gruppo formato da 2 ricercatori, 2 assegnisti di ricerca e alcuni associati nell'ambito delle collaborazioni con enti e università.

Il laboratorio è in fase di allestimento, due banchi ottici attrezzati sono stati installati, comprensivi di modulatori spaziali di luce e prime sorgenti laser a bassa potenza. Sono stati assunti due assegnisti di ricerca e sono in corso attività per la progettazione teoriche e la verifica sperimentale di macchine di calcolo fotoniche.

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

Enrico Fermi è stato un pioniere nella realizzazione e nell'utilizzo di macchine calcolatrici, esempi sono presenti anche nel Museo del CREF. Si sostiene spesso che sistemi quantistici possano risolvere problemi di ottimizzazione combinatoria in un tempo che varia in maniera polinomiale con le dimensioni del sistema. Una possibilità spesso indicata come "Vantaggio Quantistico." La realizzazione pratica di queste macchine mostra però che una serie di effetti fisici spuri rende esponenziale la legge di scala, come nei calcolatori classici. Si pone allora il problema di stabilire se ci sia un reale vantaggio nel calcolo quantistico applicato ai problemi combinatori. La soluzione che si vuole perseguire è lo sviluppo di macchine computazionali ibride che utilizzino sistemi quantistici fotonici per l'accelerazione della computazione, ma che forniscano il risultato del calcolo in una forma classica robusta, che non sia soggetta a decoerenza e quindi sia immediatamente interfacciabile con calcolatori tradizionali. Le prime evidenze sperimentali di questa possibilità sono state riportate dai partecipanti a questo progetto, che grazie alla fotonica hanno dimostrato in via preliminare dei calcoli ottici con 10^5 spin, una scala mai raggiunta prima. Queste "proof-of-concept", saranno sviluppate ampiamente nell'ambito del CREF, verso una nuova realizzazione di calcolatori fotonici. Saranno inoltre affrontati i problemi fisici fondamentali legati al ruolo dell'entanglement nei sistemi fotonici a molti corpi, agli effetti non lineari e ai modi collettivi dei sistemi che s'intende utilizzare per il calcolo.

La linea guida in questo contesto è l'utilizzo interdisciplinare di nozioni da campi apparentemente distinti, come l'intelligenza artificiale, la fotonica, la fisica dei sistemi non-lineari, e ovviamente l'informazione quantistica. Risulta sempre più evidente come l'uso del Machine Learning stia cambiando il modo di realizzare esperimenti in laboratorio. La complessità di esperimenti che coinvolgono diversi sistemi interagenti a varie scale spaziali e temporali, spinge gli scienziati ad un approccio sempre più "data-driven", che ricalca la tendenza che si osserva in altri campi come l'economia e la teoria delle reti. Un apparato sperimentale con uno strato di intelligenza artificiale, mirato non solo all'ottimizzazione dei parametri di osservazione, ma anche a guidare il ricercatore nella direzione più promettente per l'osservazione e a segnalare aspetti non previsti, è una pratica sempre più in uso. La disponibilità di nuove risorse computazionali e nuovi paradigmi porta all'ideazione di esperimenti con un crescente grado di innovazione. Ne sono esempi esperimenti su larga scala le macchine di Ising. Le tecniche fisiche sperimentali nel campo della fotonica, supportate dal Machine Learning con paradigmi come il "Reinforcement Learning" sarà uno degli obiettivi principali.

c.	Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali

Sono in corso collaborazioni con i maggiori centri internazionali nell'ambito delle iniziative sulle quantum technologies, tra questi si menzionano ICTP, University of Bonn, CNR, CNRS University of Paris, Herriott Watt University, University of Ottawa, National Tsing Hua University. Nell'ambito della collaborazione con il CNR sono coinvolti il Dr. Davide Pierangeli, la Dr.ssa Laura Pilozzi, e la Dr.ssa Valentina Brosco.

d.	Eventuali collaborazioni con le Università

Questo progetto si sviluppa in forte sinergia con le università in particolare con l'Università Sapienza di Roma, e il personale del Dipartimento di Fisica. Sono coinvolti il Prof. Claudio Conti, e il Prof. Eugenio Del Re.

e.	Infrastrutture di ricerca

Laboratorio di fotonica computazione in corso di allestimento presso il Centro Enrico Fermi

f.	Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori			260	
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori		60	260	
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti	30	520	520	
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi		60	260	
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**	72	72	72	
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	Fonti di finanziamento
PRIN MUR, Flagship Quantum Technologies	

h.	Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)

Il progetto ha un costo complessivo di 200keuro per i primi due anni. Sono in corso richieste di finanziamento a vari enti nazionali e internazionali nell'ambito di progetti cooperativi.

Pubblicazioni

C. Conti, and E. Del Re, Photonics and the Nobel Prize in Physics, Nature Photonics 16, 6 (2022)
C. Conti, Fluctuations and non-Gaussianity in 3D+ 1 quantum nonlocal nonlinear waves: towards quantum gravity and quantum fluid technologies, arXiv:2202.10741 (2022)
M. Calvanese Strinati, F. Vewiger, C. Conti, Nonlocality-induced surface localization in Bose-Einstein condensates of light, arXiv:2112.05446 (2021)
C. Conti, Training Gaussian boson sampling by quantum machine learning, Quantum Machine Intelligence 3(2), 1-8 (2021)
M. Calvanese Strinati, D. Pierangeli, and C. Conti, All-optical scalable spatial coherent Ising machine, Phys. Rev. Applied 16(5), 054022 (2021)
C. Conti, Boson sampling discrete solitons by quantum machine learning, arXiv:2110.12379 (2021)
D. Pierangeli, G. Marcucci, and C. Conti, Photonic extreme learning machine by free-space optical propagation, Photonics Research 9 (8):1446-1454 (2021)
V. Brosco, L. Pilozzi, and C. Conti, Two-flux tunable Aharonov-Bohm effect in a photonic lattice, Phys. Rev. B 104, 024306 (2021)
V. Brosco, L. Pilozzi, R. Fazio, and C. Conti, Non-Abelian Thouless pumping in a photonic lattice, Phys. Rev. A 103, 063518 (2021)

Complessità sociale ed economica

Data Inizio:	1/1/2022	Data Fine:	31/12/2024

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

Economic Fitness and Complexity è il recente metodo economico sviluppato a Roma dal gruppo di Luciano Pietronero (prima alla Sapienza e attualmente al CREF) che utilizza e sviluppa le moderne tecniche di analisi dati per costruire modelli economici basati su una metodologia scientifica riconducibile alla fisica dei sistemi complessi e rigorosamente misurabili e testabili. Non si basa su teorie economiche ma sulla valutazione di problemi specifici e concreti basati su un approccio ***data based*** **e** ***bottom up*** che acquisisce le informazioni dai dati di crescita passata di tutti i paesi con metodi di **Complex Networks, Algoritmi e Machine Learning**. Questa scientificità è stata testata in dettaglio rispetto alla capacità di predire la crescita dei vari paesi che è risultata superiore a quella del Fondo Monetario Internazionale (FMI), come descritto anche da Bloomberg Views: **"***New research has demonstrated that the "fitness" technique systematically outperforms standard methods, despite requiring much less data*". Alcune istituzioni maggiori come **World Bank Group** e il **Joint Research Center** usano attualmente questi metodi.

Ricercatori coinvolti

Luciano Pietronero (presidente CREF)
Dario Mazzilli (ricercatore CREF) 100%
Aurelio Patelli (assegnista) 100%
Angelica Sbardella (ricercatrice) 100%
Fabio Saracco (ricercatore) 100%

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

Le future direzioni del progetto saranno sia teoriche che direttamente applicative.
Dal lato teorico si andrà a formulare una micro fondazione della Fitness partendo da principi di ottimizzazione e gestione di risorse. Collegando l'attuale interpretazione dell'algoritmo di Fitness & Complexity alla teoria del trasporto ottimale si andrà a creare un ponte con teorie economiche più classiche.
L'intero apparato sin qui sviluppato sarà applicato alle esigenze odierne della società, in linea con gli obbiettivi di sviluppo sostenibile. Di particolare interesse saranno sia le analisi della sostenibilità e di come affrontare al meglio la Transizione Verde, sia le analisi riguardanti la dinamica delle informazioni di reti sociali, fake news, echo cambers e lo sviluppo di smart cities. Sarà inoltre possibile analizzare, da un punto di vista di complessità economica, eventi di attualità come la situazione dell'est Europa e la ripresa economica post covid-19.

c.	Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali

Questa metodologia è ufficialmente usata da:

- European Commission - Joint Research Center di Siviglia: collaborazione con A. Tacchella, E. Pugliese, L. Napolitano, gruppo Complexity. (https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC124939)
- IFC – World Bank: collaborazione con M. Cader

Altre collaborazioni scientifiche includono:

- SonyLab – Parigi: collaborazione con tutto il gruppo del Sony-Lab diretto da V. Loreto
- CNEL: Prof. Tiziano Treu
- ISC – CNR

d.	Eventuali collaborazioni con le Università

Questo progetto si sviluppa in forte sinergia con le università in particolare con l'Università Sapienza di Roma, e il personale del Dipartimento di Fisica e con l'Università Tor Vergata.

e.	nfrastrutture di ricerca

No

f.	Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	780	780	780	
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti	260	260		
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata	260	260		
	Dottorandi	260	260	260	
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**				
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	**Fonti di finanziamento**
Tender, JRC. "Economic Complexity Analysis of Export Prices -- ECOMAXP". CONTRACT NUMBER: 942557 - 2021 IT	
h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)**

Complexity and Artificial Intelligence for the challenges of Sustainable Development Goals

Data Inizio:	1/1/2021	Data Fine:	31/12/2023

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

Questo progetto sarà realizzato in collaborazione con il Sony Computer Science Lab (Sony-CSL, https://csl.sony.fr/) di Parigi, diretto dal Prof. Loreto del Dipartimento di Fisica della Sapienza Università di Roma. La Sony CSL è impegnata da anni nelle tematiche legate agli obiettivi di sviluppo sostenibile, e questo progetto di importanza strategica si propone per la creazione di un nuovo laboratorio congiunto che possa unire in un unico spazio le scienze, le arti e il mondo degli affari per spingere l'innovazione e puntare a soluzioni concrete e applicabili su larga scala.

Il nostro ambiente e le nostre società sono chiaramente in pericolo e stanno subendo importanti trasformazioni strutturali, in particolare attraverso il cambiamento climatico, la globalizzazione e la digitalizzazione. In questo contesto, la crisi in atto legata al COVID-19 non ha fatto altro che rendere ancora più urgenti e pressanti le proposte relative agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SGD). Sebbene le vie d'uscita dalla situazione attuale non siano ancora visibili, è chiaro che la crisi che stiamo vivendo ha il potenziale per cambiare profondamente le nostre abitudini e le nostre vite. Questo complesso sistema di sfide richiede lo sviluppo di nuovi strumenti e metodi per ideare nuove soluzioni, pianificare soluzioni ottimali e gestire efficacemente le emergenze.

Il progetto si concentrerà sull'agenda dell'innovazione globale, con l'obiettivo di influenzare in questo modo vari settori legati agli Obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs). In particolare, a causa del crescente livello di urbanizzazione a livello globale, molti SDGs sono destinati ad affrontare questioni relative agli spazi urbani per: migliorare l'accessibilità e la mobilità (SDG 11.2, 11.7); ottimizzare la logistica e la gestione dei rifiuti (SDG 12.4); migliorare l'inclusione (SDG 10.7, 11.7); e promuovere una transizione verde (SDG 13.2). Un'altra serie di sfide rilevanti è legata alla disinformazione. Oltre al danno al dialogo sociale, la disinformazione può avere un forte impatto su diversi SDGs. Ad esempio, la disinformazione sta minando la consapevolezza sulle vaccinazioni (SDG 3: Buona salute e benessere), ostacola il processo decisionale sui cambiamenti climatici (SDG 13: Azione per il clima) e minaccia il processo democratico e la coesione sociale (SDG 16: Forte istituzioni per la pace e la giustizia).

Il presente progetto si concentrerà su tre aree principali:

- Città Sostenibili, focalizzata sullo sviluppo di piattaforme What-if per valutare la situazione degli ambienti urbani su diverse questioni (qualità del trasporto pubblico, inclusività, attività economiche), e prevederne l'evoluzione in scenari progettati dall'utente alla ricerca di possibili soluzioni;
- Disinformazione e dialogo sociale, per fornire soluzioni scientifiche ea lungo termine alle sfide critiche dell'era dell'informazione basate su nuovi sistemi di raccomandazione, nuovi meccanismi di reputazione delle fonti di notizie e le dinamiche della domanda e dell'offerta di informazioni nell'ecosistema delle notizie;
- AI e Machine Learning for Innovation, focalizzato sullo sfruttamento della capacità di un sistema di intelligenza artificiale - dotato di specifici algoritmi di apprendimento dell'esplorazione delle novità - per valutare la migliore e più probabile evoluzione di un sistema di riferimento non stazionario come brevetti, articoli scientifici e ottimizzazione dei sistemi sociali.

Ricercatori coinvolti:

- su fondi interni: 2 post-docs che saranno assunti dal CREF, oltre che alcuni ricercatori permamenti del CREF
- su fondi esterni: Pietro Gravino 50%, Bernardo Monechi 100%, Alessandro Londei 100%, 1 post-doc sul tema delle “Sustainable Cities” 100%, 1 post-doc sul tema “Misinformation and Social Dialogue” 100%, Elisabetta Falivene (system manager) 100%

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

Città sostenibili

L'urbanizzazione è una tendenza irreversibile nelle dinamiche demografiche globali. Il World Economic Forum (WEF) prevede che il 68% della popolazione mondiale vivrà nelle città entro il 2050. Sebbene le città possano essere più efficienti dal punto di vista energetico, pone una serie di sfide a causa dell'elevata concentrazione di persone e delle relative richieste di risorse, congestioni, divari sociali, salute e altri problemi. Le città di oggi stanno subendo cambiamenti significativi che richiedono un pensiero intelligente e strategico per raggiungere gli SDG. I fenomeni urbani (es. esclusione sociale e gentrificazione, mobilità e accessibilità, gestione di eventi pubblici, recupero dopo disastri naturali, riprogettazione e pianificazione dei confini della città e delle aree funzionali) agiscono tutti su scale spaziali e temporali molto diverse.

La risposta alle sfide della sostenibilità urbana non può che provenire da un approccio coordinato e genuinamente transdisciplinare che operi a scale spaziali e temporali molto diverse. Soluzioni innovative a questi problemi potrebbero derivare dalle collaborazioni tra esperti di Machine Learning, scienziati, istituzioni e decisori politici. L'Unità di Roma di Sony CSL è impegnata in questo campo e lavora su più linee su temi legati alla sostenibilità urbana. Collaborerà con CREF per estendere i progetti in corso e svilupparne di nuovi sfruttando il know-how di CREF sulla complessità economica e sugli studi socio-economici.

Il progetto mira a sviluppare e implementare una serie di tecnologie what-if ad alto impatto attraverso le quali sarà possibile concepire e testare nuovi scenari per gli ambienti urbani e le loro sfide socio-economiche. A tal fine, il progetto creerà metriche e visualizzazioni, strumenti di modellazione e assistenti AI il cui impatto consisterà nella loro adozione da parte di agenzie istituzionali e responsabili politici di tutto il mondo per pianificare interventi locali e rimodellare le città future. Gli obiettivi concreti includono:

- Whatif-Platforms: lo sviluppo di piattaforme, modelli e algoritmi per valutare il funzionamento dei sistemi urbani e proiettarli in scenari futuri che possono essere esplorati e definiti dagli utenti finali (es. Urban Planner, Decision-Maker, Pubbliche Amministrazioni).
- AI e Machine Learning per soluzioni sostenibili: lo sviluppo di algoritmi di Intelligenza Artificiale applicati alla previsione dell'evoluzione dei sistemi urbani e l'esplorazione efficiente di soluzioni adeguate ai problemi di sostenibilità.

Disinformazione e dialogo sociale

L'ecosistema delle notizie è il cuore delle nostre democrazie e la disinformazione rappresenta per loro un serio "vulnus". Le sue conseguenze sono sorprendentemente evidenti in termini di degrado del dialogo sociale e di impatto sulle opinioni e sui comportamenti individuali e collettivi. Tuttavia, le determinanti alla base dello straordinario successo della disinformazione sono poco conosciute, così come le strategie efficaci per affrontare il problema. Inoltre, data l'importanza odierna dei social media nella nostra vita quotidiana e date le speranze e le paure che suscitano, è essenziale analizzare il loro impatto sulle nostre convinzioni, comportamenti e processi decisionali. Questo sarebbe il primo passo per concepire politiche innovative e basate sulla scienza per i governi, le autorità e gli attori dell'ecosistema delle notizie per ridurre al minimo la disinformazione e i suoi effetti.

Il progetto avrà i seguenti obiettivi:

- Ricostruire la fiducia. Il progetto affronterà il problema della validazione delle fonti di notizie attraverso un nuovo approccio. In diversi mercati online, i meccanismi di reputazione basati sulla valutazione hanno migliorato radicalmente le prestazioni nella condivisione delle conoscenze e nella selezione di articoli di qualità. Anche l'ecosistema delle notizie potrebbe trarre vantaggio da tale tecnologia, ma deve essere ripensato per evitare gli effetti di rinforzo partigiano solitamente derivanti dalle recensioni e dai feedback delle comunità polarizzate. Il progetto indagherà la teoria e le applicazioni delle tecnologie di rating per migliorare la consapevolezza delle persone sull'affidabilità delle fonti di notizie, con l'obiettivo di ricostruire la fiducia nel sistema informativo.
- Prevenzione delle camere dell'eco. Il progetto lavorerà sulla prevenzione della disinformazione, affrontando le famigerate camere di eco, note per essere l'ambiente ideale per la produzione e la diffusione della disinformazione. Le dinamiche dell'opinione umana e i sistemi di raccomandazione adottati da molti social media sono i principali driver della camera di risonanza. Le persone sono esposte a contenuti e contatti, rafforzando le loro convinzioni e rendendo le loro opinioni più estreme. L'obiettivo del progetto sarà migliorare l'esperienza della diversità delle persone sul web senza perdita di efficacia in termini di esperienza dell'utente e prevenire la polarizzazione e la formazione di camere d'eco. Alcune attività coinvolte in questa linea di ricerca sono riportate di seguito.

AI e machine learning per l'innovazione

La generalizzazione è un punto cruciale nell'intelligenza artificiale e nell'apprendimento automatico. La capacità di un sistema artificiale di considerare eventi imprevisti o nuove informazioni relative alle conoscenze apprese consente di esplorare uno spazio di possibilità che possono verificarsi nelle applicazioni della vita reale. Inoltre, specialmente nei sistemi non stazionari, la macchina AI deve includere nuove informazioni alla conoscenza memorizzata in modo compatibile e organico. Alcuni approcci sviluppati in CSL consentono già tale capacità in un classico sistema di Deep Learning AI (es. Dreaming Learning). Questi approcci hanno aperto la possibilità di esplorare nuove architetture e metodi di intelligenza artificiale per esplorare dati temporali complessi le cui caratteristiche cambiano nel tempo.

La ricerca futura includerà questi approcci nelle applicazioni del mondo reale per estendere la capacità dell'IA di considerare potenziali innovazioni pronte a venire relative al campo in cui la macchina dell'IA ha costruito le sue conoscenze.

Il progetto opererà con i seguenti obiettivi:

Brevetti e innovazione tecnologica. Sulla base di precedenti studi effettuati presso il CREF, verranno implementate tecniche innovative di IA per valutare l'evoluzione dei brevetti nel tempo e valutare i nuovi codici tecnologici emergenti. In questo quadro, ai metodi di IA verrà chiesto di prevedere come le tecnologie consolidate contribuiranno a creare aree tecnologiche innovative, preziose e inesplorate.

Articoli scientifici e principali indirizzi di ricerca. Una diversa applicazione data dall'esplorazione e dalla valorizzazione della conoscenza generalizzata di un sistema di IA è legata a come evolve la produzione scientifica e quali nuove aree di ricerca nascono alla luce degli esiti scientifici passati. Questa applicazione coinvolge un ambiente più complesso rispetto al punto precedente: abstract, parole chiave e citazioni saranno associati agli autori coinvolti negli articoli e al modo in cui si muovono tra istituzioni e aree scientifiche. Questa applicazione identificherà le aree di ricerca imminenti più promettenti e definirà la migliore allocazione di fondi in progetti di ricerca e collaborazioni.

Ottimizzazione delle aree sociali o istituzionali. Trovare soluzioni migliori per soggetti sociali o istituzionali (es. Pubblica Amministrazione) è un altro campo in cui la capacità di esplorare lo spazio delle possibilità da parte di un sistema di IA può essere rilevante. In analogia alla sezione AI e Machine Learning for Sustainable Solutions, i presenti compiti richiedono l'identificazione di sotto-compiti progressivi sostenibili e intermedi per ottenere un miglioramento significativo del sistema sociale in analisi. Una direzione promettente è sfruttare l'applicazione KOUZAN sviluppata da CSL-Paris per monitorare i flussi di informazioni nelle organizzazioni a livello microscopico. Sulla base di tale monitoraggio, l'obiettivo sarà quello di individuare i colli di bottiglia e le falle organizzative. Questo tipo di analisi sarà il punto di partenza per sviluppare scenari correttivi.

c.	Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali
Sony CSL - Tokyo - Japan Complexity Science Hub Vienna - Austria Museo MAXXI Camera di Commercio di Roma e Innovacamera AGCOM Roma Capitale Roma servizi per la mobilità	
d.	**Eventuali collaborazioni con le Università**
Sapienza - Università di Rome	
e.	**Infrastrutture di ricerca**

f.	Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	2 x 260	2 x 260	2 x 260	2 x 260
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	2 x 260	2 x 260	2 x 260	2 x 260
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti				
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi				
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**				

e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	**Fonti di finanziamento**
Il progetto è parte di un Joint Research Program (JRP) siglato tra CREF e Sony Computer Science Lab Paris. Ognuna delle due istituzioni finanzierà il progetto con ricercatori sia già assunti sia con nuove assunzioni. In aggiunta Sony CSL Paris fornirà supporto economico al Centro Fermi per l'utilizzo degli spazi e dei servizi all'interno dei locali del Centro Fermi.	
h.	**Costo complessivo del progetto** Il costo complessivo del progetto per la durata di un triennio è di circa 700000 Euro così ripartiti: - circa 350000 Euro stipendio ricercatore di ruolo e non di ruolo + missioni + overhead (da parte del CREF) - circa 350000 Euro stipendio ricercatori di ruolo e non di ruolo + missioni + overhead (da fondi esterni Sony CSL Paris)

Complessità nei sistemi auto-gravitanti in astrofisica e cosmologia

Data Inizio:	1/1/2021	Data Fine:	31/12/2024

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

Le finalità del progetto sono sia teoriche che di analisi dati e mirano ad ottenere un quadro completo della cinematica e della dinamica delle galassie. In particolare, da un punto di vista teorico

(i) comprendere il meccanismo fisico di base del rilassamento collettivo in un sistema auto-gravitante e l'emergere di un QSS da una dinamica collettiva complessa;

(ii) comprendere l'effetto della dinamica del gas e di altri processi dissipativi nel collasso di una sovra-densità isolata;

(iii) comprendere le proprietà delle condizioni iniziali cosmologiche compatibili con il verificarsi di un collasso monolitico del tipo che si verifica nel caso di una sovra-densità isolata;

Da un punto di vista di analisi dati

(iv) ottenere il più completo il quadro della cinematica della nostra galassia ed in particolare delle strutture nello spazio delle fasi;

(v) misurare i campi di velocità delle galassie esterne quantificando la presenza di moti radiali

(vi) ottenere una stima della frazione e distribuzione DM sia nella nostra galassia sia in quelle esterne rilassando l'assunzione di soli moti circolari

(vii) Infine, studiare le correlazioni galattiche su scale maggiori di 100 Mpc/h permettendo di chiarire la natura della distribuzione delle galassie, a grandissima scala nell'universo e per identificare la "end of greatness'' delle strutture cosmiche.

Ricercatori coinvolti

Francesco Sylos Labini (dirigente di ricerca CREF) 100%
Assegno di ricerca da erogare nel 2022, 100%
Matteo Straccamore (dottorando) 30%
Giordano De Marzo (dottorando) 30%

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

La materia oscura (dark matter — DM) svolge un ruolo centrale nella fisica moderna. È stata introdotta per la prima volta per spiegare il moto delle galassie in un ammasso di galassie e poi per spiegare la velocità delle stelle in una galassia. In entrambi i casi le velocità misurate erano troppo elevate per essere bilanciate dalla massa stimata dall'emissione luminosa. Il quadro cosmologico fornisce un contesto diverso, sebbene indiretto, della necessità di introdurre DM: in questo caso la DM è necessaria per mettere in relazione le piccolissime fluttuazioni di temperatura nella radiazione cosmica di fondo con la distribuzione della massa visibile nell'universo. In questo ambito, tuttavia, è necessario non solo introdurre una grande quantità di DM ma anche definirne (a posteriori) delle proprietà non banali perchè il quadro standard sia consistente. Da un punto di vista osservativo sono state sviluppate grandi collaborazioni tra fisici delle particelle e astrofisici: dalla metà degli anni '80, dozzine di progetti hanno cercato le rare interazioni previste da diversi approcci teorici, tra le ipotizzate particelle di DM e la materia normale. Tuttavia, le più recenti ricerche di DM appena concluse, come tutti gli altri esperimenti di rilevazione di DM precedenti, non hanno riportato prove dell'esistenza di particelle di DM. Da un punto di vista teorico un'idea alternativa per risolvere il problema della massa nascosta, principalmente a livello galattico o di ammassi di galassie, è stata proposta in letteratura negli anni '80 e poi è stata affinità nell'ultimo trentennio: questa ipotesi comporta una modifica ad-hoc della gravità di Newton nel limite di campi deboli. In particolare, in questo approccio, invece di invocare più massa sotto forma di particelle sconosciute, la forza gravitazionale aumentata d'intensità a parità di distanza poichè caratterizzata da una legge di decadimento meno rapida dell'inverso del raggio al quadrato: a grandi scale, dove il campo gravitazionale è sufficiente debole, la forza di gravità è supposta variare con l'inverso della distanza. Entrambe sono ipotesi affascinanti che aprono la via a speculazioni teoriche molto ardite: in principio non sono neppure

mutuamente esclusive in quanto è ben possibile che la forza gravitazionale devi dalla legge di Newton e che vi sia una componente di DM esotica. Tuttavia, l'introduzione della DM è stata spesso effettuata assumendo delle ipotesi interpretative delle osservazioni o della dinamica gravitazionale che non sono banali e devono essere investigate a fondo. Possiamo identificare quattro distinti obiettivi.

1) In particolare, un problema fondamentale che coinvolge la fisica newtoniana classica e la materia ordinaria (cioè stelle e gas) è ancora aperto in letteratura: le caratteristiche del rilassamento verso l'equilibrio di un sistema costituito da molte particelle auto-gravitanti. Questo è un problema che si inquadra nell'ambito fisica dei sistemi con interazione a lungo raggio che negli ultimi anni ha attratto molta attenzione da parte dei fisici statistici in quanto la trattazione ordinaria di un sistema con interazioni a corto raggio non può essere banalmente estesa ai sistemi con forza a lungo raggio. Un sistema autogravitante nel suo percorso dinamico da un generico stato lontano dall'equilibrio al raggiungimento di una situazione di quasi-equilibrio mostra delle fasi che possono essere molto lunghe se paragonate ai tempi scala caratteristici del sistema stesso (ovvero che persistono per decine o centinaia di tempi dinamici). In queste fasi, il sistema pur essendo vicino ad una situazione globale di quasi-equilibrio dinamico, cioè l'equilibrio del viriale, presenta delle componenti che coinvolgono una frazione non trascurabile della sua massa con moti non semplicemente in equilibrio. Per questo motivo per tali componenti la relazione tra velocità di rotazione e massa non è immediata come quando è stata raggiunta una situazione stazionaria: ad esempio, quando la forza centrifuga è bilanciata da quella centripeta a causa della gravità, ovvero l'assunto di base utilizzato per stimare DM. Diventa allora fondamentale comprendere in quali condizioni viene raggiunto uno stato di equilibrio stabile in un sistema auto-gravitante, in tutte le sue componenti (ed in particolare modo per le parti più esterne del sistema) quanto tempo è necessario per il rilassamento ad una tale configurazione da condizioni iniziali generiche fuori equilibrio e, da un punto di vista osservazionale, se i campi di velocità di della nostra galassia e quelli di galassie esterne sono compatibili con una situazione del genere.
2) Da un punto di vista osservativo, la stima della DM è stata tradizionalmente fatta studiando i campi di velocità delle galassie esterne. Se le stelle nel disco di una galassia si muovono in orbite approssimativamente circolari attorno al suo centro e se il disco galattico è inclinato rispetto alla nostra linea di vista, allora le stelle su un lato si avvicinano a noi mentre quelle sull'altro lato si allontanano: a causa dello spostamento Doppler si osserva un aumento delle lunghezze d'onda della luce nel secondo caso e una diminuzione delle stesse nel primo. Rubin e collaboratori sono stati i primi ad osservare questo effetto; hanno poi calcolato le velocità orbitali delle stelle in diverse parti delle galassie scoprendo qualcosa di completamente inaspettato: le stelle si muovevano con circa la stessa velocità indipendentemente dalla loro distanza dal centro della galassia. Per spiegare queste osservazioni hanno postulato che le galassie sono vicine ad una configurazione di disco assi-simmetrico rotante costante in cui le forze centripete e centrifughe si compensano a vicenda a tutti i raggi. Confrontando il profilo di velocità in linea di vista con la quantità di materia luminosa, hanno concluso che, per mantenere questo stato costante, le galassie devono contenere un'enorme quantità di materia che non emette luce, cioè la DM, che costituisce più del 90 % della massa totale. Da allora, le stelle luminose sono considerate i traccianti visibili di una massa molto più grande che costituisce una galassia: esse occupano solo una regione interna e piatta di un enorme alone sferico di DM invisibile che comprende la maggior parte della massa di una galassia. Dinamicamente questi aloni sferici di DM sono stati quasi stazionari con una dispersione di velocità quasi isotropa, in contrasto con la materia luminosa che è confinata su un disco supportato dalla rotazione. Questo quadro è comunque incompleto, poiché la maggior parte delle mappe di velocità bidimensionali delle galassie mostrano un campo di velocità, specialmente nelle loro regioni esterne, che non può essere descritto da un semplice disco rotante. Finora tali discrepanze sono state spiegate in termini di deformazioni nel disco galattico: le stelle si muovono su orbite circolari stabili intorno al centro della galassia, ma l'orientamento e l'inclinazione delle orbite possono variare in funzione della loro distanza dal centro galattico. In particolare, il modello ad anelli inclinati rotanti (RTRM) descrive una galassia come un insieme di anelli concentrici, ognuno caratterizzato da una velocità circolare, un'inclinazione e un orientamento. Anche le curve di rotazione misurate attraverso l'RTRM sono approssimativamente piatte, una situazione che richiede nuovamente che il disco galattico deformato sia circondato da un alone sferico di DM che domina il potenziale gravitazionale. L'esistenza delle curvature è stata provata indipendentemente dagli studi cinematici, cioè osservando sia i bordi delle galassie esterne che la Via Lattea: l'evidenza non è onnipresente e non c'è un consenso generale né una conclusione definitiva

sul meccanismo di formazione e sulla persistenza delle curvature galattiche L'assunzione di velocità radiali nulle ha quindi un prezzo elevato: produce risultati significativi solo se introduciamo deformazioni la cui formazione e stabilità è tutt'altro che chiara e se circondiamo le galassie con aloni di DM le cui masse sono molto più grandi di quelle delle galassie stesse. Di conseguenza, nonostante l'RTRM possa adattarsi con successo alla maggior parte dei campi di velocità, lascia ancora spazio a modelli alternativi che potrebbero spiegare il disallineamento del campo di velocità nella regione esterna delle galassie richiedendo ipotesi meno drastiche. Andando in questa direzione, abbiamo introdotto il Velocity Ring Model (VRM), un nuovo approccio capace di spiegare il campo di velocità delle galassie senza introdurre curvature e in cui la DM gioca un ruolo meno rilevante.

3) Il terzo punto del progetto consiste nello studio dei dati del satellite Gaia (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics) che sta attualmente svolgendo una missione spaziale astrometrica sviluppata dall'Agenzia Spaziale Europea, e sta producendo il censimento più ampio e accurato di posizioni, velocità e altre proprietà stellari per oltre un miliardo di stelle nella nostra galassia. Le mappe già pubblicate dalla collaborazione di Gaia mostrano che il campo di velocità delle stelle nel disco galattico ha una complessità inaspettata: i movimenti collettivi delle stelle sono osservati in tutte e tre le componenti della velocità e mostrano strutture con una varietà di morfologie la cui natura implica che il disco galattico sia in uno stato di disequilibrio. L'entità della deviazione dall'equilibrio è ora una delle principali questioni osservative che saranno chiarite nel prossimo futuro dalle prossime pubblicazioni dei dati di Gaia. Queste osservazioni suggeriscono di considerare una nuova possibilità teorica per spiegare la relazione che collega la velocità delle stelle alla loro massa che è collegata alla dinamica gravitazionale fuori dall'equilibrio.

4) La caratterizzazione statistica della distribuzione della materia visibile nell'universo è un problema centrale della cosmologia moderna. In A questo proposito, una domanda cruciale ancora priva di una risposta definitiva riguarda quanto siano grandi le strutture più grandi dell'universo. Questo punto è strettamente legato al fatto che tale distribuzione possa essere approssimata o meno come omogenea su scale abbastanza grandi. Qui valutiamo questo problema considerando la distribuzione delle dimensioni dei superammassi di galassie e sfruttando le proprietà di Zipf-Mandelbrot, fornendo un nuovo approccio che integra l'analisi standard basata sulle funzioni di correlazione. Abbiamo trovato recentemente che i superammassi di galassie sono ben descritti da una pura legge di Zipf senza deviazioni e questo implica che tutti i cataloghi attualmente disponibili non sono sufficientemente grandi per individuare un troncamento nel comportamento della legge di potenza. Questo risultato fornisce la prova che strutture più grandi dei più grandi dei superammassi già osservati ci si aspetta di trovare quando saranno completate indagini a più profondo redshift. Di conseguenza, la scala oltre la quale la distribuzione delle galassie si incrocia verso l'omogeneità, se esiste, dovrebbe aumentare di conseguenza. Si considera dunque di continuare queste analisi non appena dei nuovi cataloghi di galassie (ad esempio progetto DESI) saranno resi pubblici.

c.	**Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali**

Istituto di Astrofisica delle Canarie (La Laguna, Tenerife, Spagna)
Università Pierre et Marie Curie (Parigi, Francia)

d.	**Eventuali collaborazioni con le Università**

Dipartimento di fisica Università di Roma Sapienza
Dipartimento di fisica Università di Firenze
Istituto dei Sistemi Complessi CNR (Firenze)
Istituto Nazionale di Astrofisica (Firenze)

e.	**nfrastrutture di ricerca**

f.	**Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)**

Tipo di personale		**Anno I**	**Anno II**	**Anno III**	**Anno "n"**
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				

	Tecnologi/ricercatori	260	260	260	
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	260	520	520	
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti	260	260	260	
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi	40	40	40	
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**				
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	**Fonti di finanziamento**

(descrizione dei programmi/progetti e dei soggetti: es Miur; Progetti UE; Programmi nazionali, etc..)

1) DYNamics and non-equilibrium states of complex SYStems: MATHematical methods and physical concepts" INFN Research Network. Iniziative Specifiche della CSN4/INFN Istituto Nazionale Fisica Nucleare.
2) HPC resources of The Institute for Scientific Computing and Simulation, project Equip@Meso (Università Pierre et Marie Curie, Parigi,

h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)**

Il costo complessivo del progetto è pari al salario assegno di ricerca senior. A questi si aggiungono i costi di missione delle unità di personale coinvolte nel progetto, spese di pubblicazione e spese per partecipazione a convegni.

h.	**Pubblicazioni**

1) G. De Marzo, F. Sylos Labini and L.Pietronero ``Zipf's law for cosmic structures: how large are the greatest structures in the universe?" Astron.Astrophys. 651, A114 (2021) https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141081
2) F. Sylos Labini and M. Joyce "Gravitational collapse from cold uniform asymmetric initial conditions" Astron.Astrophys. 652, A8 (2021) https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141040
3) F. Sylos Labini and R. Capuzzo-Dolcetta "Properties of self gravitating quasi-stationary states" Astron.Astrophys Vol. 643, A118 (2020); DOI: https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039358
4) F. Sylos Labini, D.P., Pinto R. Capuzzo Dolcetta, "Formation of disks with long-lived spiral arms from violent gravitational dynamics" Phys. Rev. E 102, 042108 (2020) DOI: 10.1103/PhysRevE.102.042108
5) Ž. Chrobakova , M. Lopez-Corredoira, F. Sylos Labini, H.-F. Wang, R. Nagy "Gaia- DR2 extended kinematical maps: Part III: Rotation curves analysis and MOND test " Astron.Astrophys., Vol. 642, A95, 9 DOI: https://doi.org/10.1051/0004-6361/202038736

6) M. Lopez-Corredoira, F. Garz n, H.-F. Wang, F. Sylos Labini, R. Nagy, Z. Chrobakova, J. Chang, B. Villarroel "Gaia-DR2 extended kinematical maps Part II: Dynamics in the Galactic disk explaining radial and vertical velocities" Astronomy & Astrophysics, Volume 634, id.A66, 14 pp., (2020) DOI: 10.1051/0004-6361/201936711
7) F. Sylos Labini, D. Benhaien, S. Comoeron , M. Lopez-Corredoira "Nonaxisymmetric models of galaxy velocity maps" Astron.Astrophys. 622, A58 (2019) DOI: 10.1051/0004-6361/201833834
8) M. Lopez-Corredoira, F. Sylos Labini, P. M. W. Kalberla, C. Allende Prieto "Radial velocities in the outermost disk towards the anticenter" The Astronomical Journal, 157, 26 (2019)
9) D. Benhaiem, F. Sylos Labini, M. Joyce "Long-lived transient structure in collisionless self-gravitating systems" Physical Review E 99, 022125 (2019) DOI 10.1103/PhysRevE.99.022125
10) M. Lopez-Corredoira, F. Sylos Labini, "Gaia-DR2 extended kinematical maps Part I: Method and application" Astron.Astrophys., 621 (2019) A48 DOI: 10.1051/0004-6361/201833849
11) D. Benhaiem, M. Joyce, F. Sylos Labini "Transient spiral arms from far out of equilibrium gravitational evolution" Astrophysical Journal, 851, 19 (2017)
12) D. Benhaiem, M. Joyce, F. Sylos Labini T. Worrakitpoonpon "Particle number dependence in the non-linear evolution of N-body self-gravitating systems" Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 473, Issue 2, p.2348-2354 (2017)
13) D. Benhaiem, M. Joyce and F. Sylos Labini "Stable clustering and the resolution of dissipationless cosmological N-body simulations", Mon.Not.Royal.Astron.Soc., 470, 4099-4111 (2017)
14) D. Benhaiem and F. Sylos Labini "Formation of satellites from from cold collapse " Astronomy Astrophysics 598, A95 (2017)
15) D. Benhaiem, M. Joyce, F. Sylos Labini, T. Worrakitpoonpon "Angular momentum generation in cold gravitational collapse" Astron.Astrophys. 585, A139, pp.10 (2016)
16) F. Sylos Labini, D. Benhaiem and Michael Joyce "On the generation of triaxiality in the collapse of cold spherical self-gravitating systems" Mon.Not.Royal.Astron.Soc 449, 4458-4464, (2015)
17) D. Benhaiem and F. Sylos Labini "Violent relaxation of ellipsoidal clouds" Mon. Not.Royal. Astron. Soc 448, 2634-2643 (2015)

Fisica per i Beni Culturali

Data Inizio:	1/1/2022	Data Fine:	31/12/2024

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

Il progetto **"Fisica per i Beni Culturali"** si propone di studiare reperti di interesse storico-artistico tramite strumentazione avanzata ed un approccio integrato per la soluzione di problematiche di carattere archeologico e conservativo. Il progetto vuole fornire una combinazione di strumentazione portatile e consolidata esperienza nell'utilizzo di Large Scale Facilities Europee attraverso programmi di accesso a strumentazione avanzata di neutroni e radiazione di sincrotrone.

Qual è la ricetta di preparati e medicamenti utilizzati in epoche passate? In che modo antichi popoli forgiavano il metallo? Esistono nuove chiavi per l'autenticazione di un'opera d'arte tramite il Machine Learning? È possibile identificare i fingerprints di un colore naturale o di un legante in pittura? Queste sono solo alcune delle domande alle quali si vuole dare una risposta seguendo un approccio scientifico integrato e l'utilizzo di metodi innovativi di analisi quali statistica multivariata e Machine Learning per l'interpretazione dei dati.

Ricercatori CREF coinvolti: Dott.ssa Giulia Festa (referente) 100%, Dott.ssa Miriam Focaccia 3%
Assegnisti di ricerca: Dott.ssa Claudia Scatigno 100%
Associati: Lorenzo Teodonio 15%

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

Nell'ambito del progetto **"Fisica per i Beni Culturali"** è stato allestito un laboratorio presso il CREF con strumentazione portatile per analisi integrate di fluorescenza a raggi X (ED-XRF), spettroscopia Raman e spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR) in trasmittanza ed assorbanza di cui si è proceduto all'installazione e collaudo nel corso dello scorso anno. Sono inoltre state portate avanti attività di ricerca e pianificazione per la realizzazione di campagne di misura su oggetti di interesse storico-artistico in collaborazione con Musei, Università ed Enti di Ricerca.
Di seguito sono presentate le principali attività di ricerca in corso di svolgimento nel periodo di riferimento.

- Studio sistematico di pigmenti e leganti e loro interazione. Lo studio prevede attività sperimentali seguite da statistica multivariata e Machine Learning per l'analisi di dipinti e trattamenti superficiali. A tal proposito è in corso di sviluppo un nuovo metodo di analisi dati per la caratterizzazione dei dipinti considerando simultaneamente un numero elevato di variabili, attraverso l'utilizzo integrato di tecniche spettroscopiche e metodologie di estrazione basate sul Machine Learning. Lo studio fornisce la base per eventuali analisi di dipinti con particolare attenzione al ben noto pittore Michelangelo Merisi detto il Caravaggio.
- Studio di olii, di natura vegetale a scopo alimentare per l'identificazione di cultivar e studio sulla tracciabilità geografica, nonché sull'adulterazione nel campo del Food Science. Attraverso tecniche di Machine Learning è stato possibile discriminare i benchmark dell'olio extra vergine italiano di 6 regioni d'Italia. Lo studio ha coinvolto anche olii vegetali usati a scopo di legante, come l'olio di noci (molto utilizzato nella pittura del 1500).
- Studio riguardo ai riti di sepoltura della Roma Imperiale, tramite analisi combinata di spettroscopie vibrazionali su resti ossei ritrovati nell'Ipogeo delle Ghirlande, a Grottaferrata (Roma). L'Ipogeo delle Ghirlande è uno straordinario sito sepolcrale di epoca romana risalente al I-II secolo d.C. e scoperto nel 2000 a Grottaferrata (Roma). Il sito comprende due sarcofagi di una nobildonna, *Aebutia Quarta*, e di suo figlio *Carvilius Gemellus*. I risultati ottenuti forniscono elementi significativi per comprenderne la storia.
- Studio in collaborazione con il Museo di Medicina di Sapienza Università di Roma, con la partecipazione della Dott.ssa Miriam Focaccia. Lo studio riguarda le farmacie portatili del XVII e XVIII secolo. Le attività

mirano a comprendere la farmacologia e le farmacopee nonché le formulazioni di antichi preparati e medicamenti. È stato adottato un approccio multidisciplinare che combina la caratterizzazione chimico-fisica con l'informazione storico-scientifica e la contestualizzazione culturale.

- Studio di affreschi quattrocenteschi coordinato dall'AiAR (Associazione Italiana di Archeometria). Lo studio riguarda un ciclo di affreschi della Chiesa di San Panfilo a Tornimparte (AQ, Italia) realizzato da Saturnino Gatti (1491-1494), allievo del Verrocchio, e dai suoi collaboratori. Le analisi sono in corso attraverso un approccio archeometrico. In particolare, il laboratorio fornisce competenze e strumentazione portatile per indagini in situ.
- Studio in collaborazione con la Pontificia Università Gregoriana di Roma riguardo a manoscritti del 1500-1600 quali la copia originale dell'opera magna del gesuita Jesuit Antonio Vieira (1608-1697 BC).
- Studio nel campo della ricerca numismatica e ceramica in collaborazione con il Dipartimento di Scienze dei Beni Culturali dell'Università degli Studi di Salerno".
- Finalizzazione delle analisi dei dati relativi alle campagne di misura effettuate presso il Museo Egizio di Torino e il Museo Archeologico di Lilibeo su materiali dell'Antico Egitto e di età Punica, con particolare attenzione ad alabastri, metalli, ceramiche, intonaci e vetri, con l'obiettivo di migliorare la conoscenza sulle modalità di realizzazione e sul loro stato di conservazione.
- Sono inoltre in corso attività di ricerca congiunte nell'ambito del dottorato in archeologia dell'University College London (UCL) in collaborazione con il CSIC- *Consejo Superior de Investigaciones Científicas* in Galizia per lo studio di manufatti in metallo dell'età del bronzo conservati presso il British Museum di Londra.
- Studio attraverso modellazione dinamica e genesi di sali solubili responsabili delle fluorescenze e sub fluorescenze di costruiti antichi nonché affreschi e dipinti murali. Lo studio ha coinvolto i mattoni romani della Casa di Diana, un mitreo facente parte del complesso archeologico di Ostia Antica.
- Studio delle filigrane del *Corpus Chartarum Italicarum*, del 1500, attraverso uno studio combinato delle tecniche spettroscopiche come XRF e t-FTIR in combinata con tecniche di Machine Learning per studiare le tecnologie delle cartiere attorno a Fabriano, centro di diffusione di un nuovo metodo di fabbricazione della carta che si è sparso per tutta l'Europa e oltre.

PUBBLICAZIONI:

[2022] G. Festa, M. Rubini, P. Zaio, A. Gozzi, N. Libianchi, S.F. Parker, G. Romanelli, L.A.E. Batista de Carvalho, M.P.M. Marques, Vibrational spectroscopy to study ancient Roman funerary practices at the Hypogeum of Garlands, Scientific Reports, 2022, 12:3707

[2022] G. Festa, C. Scatigno, M.L. Saladino, F. Armetta, V. Ciaramitaro, V. Mollica Nardo, R.C. Ponterio, Chemometric tools to point out benchmarks and chromophores in pigments through spectroscopic data analyses. Physical Chemistry in Cultural Heritage, Molecules 2022, 27, 163.

[2021] M. Leona, K. Fukunaga, H. Liang, P. Baglioni, G. Festa (corresponding authors for the section "How can we see the internal structure and composition of 3D objects"), V. Levchenko, From physics to art and back, Nature Reviews Physics, https://doi.org/10.1038/s42254-021-00362- x (2021).

[2021] C. Scatigno, G. Festa, "A first elemental pattern and geo-discrimination of Italian EVOO by energy dispersive X-ray fluorescence and chemometrics", Microchemical Journal, 171, 2021, 106863

[2021] C. Scatigno, N. Prieto-Taboada, G. Festa, J. M. Madariaga, Soluble salts quantitative characterization and thermodynamic modelling on Roman Bricks to assess the origin of their formation, Molecules 2021, 26(10), 2866.

[2021] G. Romanelli, G. Festa, D. Onorati, E. Preziosi, P. Ulpiani, C. Andreani, R. Senesi, Time-resolved Prompt-Gamma Activation Analysis at Spallation Neutron Sources and Applications to Cultural Heritage, Security, and Radiation Protection, Physics Open 7 (2021) 100073.

[2021] F. Albertin, L. E. Baumer, M. Bettuzzi, R. Brancaccio, E. Caruso, F. Casali, L. Cifarelli, G. Festa, M. G. Griffo, A. Mistretta, M. P. Morigi, R. Nania, A. M. Parrinello, L. Strolin, X-ray computed tomography to

study archaeological clay and wood artefacts at Lilybaeum, Eur. Phys. J. Plus (2021) 136:513. Figura 5 scelta per la copertina di Eur. Phys. J. Plus 136, 513 (2021) - May 2021

[2021] C. Scatigno, M. P. Martinez, N. Prieto-Taboada, J. M. Madariaga and A. M. Conte. "Petrographic-Mineralogical Characterization of Archaeological Materials from "Casa di Diana" Mithraeum Sited in the Open Museum of Ostia Antica." *Crystals* 11, no. 7 (2021): 839.

Nel periodo di riferimento sono inoltre state portate avanti attività di *outreach* come riportato di seguito.

- Attività di divulgazione scientifica nell'ambito della "Notte Europea dei Ricercatori".
- Per quanto riguarda le attività di divulgazione scientifica, il CREF ha ricevuto un finanziamento dalla Regione Lazio per il progetto VEROSH - Virtual ExploRation Of Science History per lo sviluppo di un'esperienza di realtà immersiva virtuale da integrare nel Museo. Data l'affinità tra le attività di questo progetto e le competenze in ambito tecnologico del laboratorio, le attività di progettazione sono state svolte congiuntamente ed in collaborazione con altri ricercatori del CREF.

c.	**Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali**

Di seguito sono riportate le collaborazioni avviate nazionali ed internazionali.

- Anthropological Service – Soprintendenza Archeologia del Lazio e dell'Etruria Meridionale
- Bauart – Basel (Switzerland)
- British Museum (London, UK)
- Centro Restauro Venaria Reale (Torino)
- CNR-IPCF
- CNR-IBAM
- CSIC- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Spagna)
- ISIS Spallation Neutron Source (Oxford, UK)
- Museo Archeologico Lilibeo (Trapani)
- Museo Egizio (Torino)
- Opificio delle Pietre Dure (Firenze)
- Paul Scherrer Institut, Villigen (Switzerland)
- Sapienza Università di Roma (Roma)
- University Collage London (Inghilterra)
- Archivio Università Pontificia Gregoriana (Roma)

Nel prossimo triennio si prevede il rafforzamento e l'ampliamento dei contatti con i Musei, in ambito regionale, nazionale ed internazionale, tramite la stipula di ulteriori nuove convenzioni finalizzate ad attività di ricerca congiunte.

d.	**Eventuali collaborazioni con le Università**

- Sapienza Università di Roma (Roma)
- University Collage London (Inghilterra)
- Università Pontificia Gregoriana (Roma)
- Università degli Studi di Salerno
- Università di Siena
- Università di Coimbra (Portogallo)
- Università di Palermo
- Università degli Studi Roma 3

e.	**Infrastrutture di ricerca**

Infrastrutture di ricerca utilizzate nell'anno in corso:

- Utilizzo di infrastrutture di ricerca per indagini su materiali di interesse storico-artistico tramite proposte sperimentali soggette a *peer-review* ed accettate: STFC (ISIS Neutron and Muon source):
  a) "Inelastic Neutron Scattering investigation of Ancient Roman's Aebutia Quarta human skeletal remains" accesso ad infrastruttura ISIS Neutron and Muon source (UK).
  b) "Cinnabar mining and chronic mercury exposure in ancient populations" – infrastruttura ISIS Neutron and Muon source (UK).

Infrastrutture di ricerca che si intendono utilizzare nel triennio di riferimento:

- Le attività di ricerca che si intendono portare avanti nel triennio di riferimento prevedono la richiesta di accesso presso infrastrutture di ricerca nazionali ed internazionali tramite la stesura di proposte sperimentali (proposals) che verranno valutate in base alla logica del *peer-review* e verranno scelte in base alle esigenze di ricerca scientifica come ad esempio E-RIHS, la European Research Infrastructure for Heritage Science (http://www.e-rihs.eu).

f. Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	266.5	266.5	266.5	
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti	260	260	260	
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi				
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**				
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g. Fonti di finanziamento

Fonti di finanziamento per progetti ad oggi in corso:

1) Progetto Regione Lazio ISIS@MACH. Prevede finanziamenti per l'acquisto di apparecchiature ed allestimento del laboratorio e l'inserimento del laboratorio nella nascente infrastruttura distribuita ISIS@MACH. ISIS@MACH è concepito come nodo di una infrastruttura internazionale per la caratterizzazione dei materiali in cordata con l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" e la sorgente di neutroni ISIS Pulsed Neutron and Muon Source con sede nell'Oxfordshire (UK). Finanziamento CREF in fase di rimodulazione: totale ammissibile di 856.446,90 euro
   Fonte di finanziamento: fondi europei indiretti erogati tramite la Regione Lazio (POR FESR Lazio 2014-2020)
2) Progetto di ricerca AiAR (Associazione Italiana di Archeometria). Studio degli affreschi di Saturnino Gatti tramite analisi non distruttive e non invasive e strumentazione portatile. Il laboratorio partecipa al progetto di ricerca con l'expertise e la strumentazione portatile per indagini in-situ ed il progetto sostiene le spese di missione.
   Finanziamento esterno per missioni personale CREF coinvolto nel progetto: ~ 2.000 euro
   Fonte di finanziamento: Associazione Italiana di Archeometria

h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)**
	Il progetto **"Fisica per i Beni Culturali"** ha dimostrato buona capacità di attrarre finanziamenti competitivi come dimostrato dalle fonti di finanziamento ad oggi attivate e riportate nella sezione precedente. Il costo totale del progetto è dunque costituito ad oggi dalla valorizzazione del personale interno dedicato, ed un assegnista di ricerca finanziato dal CREF; parte fondamentale della sostenibilità del progetto stesso, anche in ottica di lungo termine, è data dai finanziamenti esterni ottenuti. In quest'ottica di sviluppo e sostenibilità del progetto **"Fisica per i Beni Culturali"** sono state svolte nell'anno in corso attività di stesura di progetti scientifici per l'attrazione di nuovi finanziamenti esterni tramite la partecipazione a call nazionali quali il PRIN 2021 e la call Fondo Italiano per la Scienza (FIS) del MUR. Le attività di stesura di progetti scientifici a livello nazionale ed internazionale verranno portare naturalmente avanti parallelamente alle nuove collaborazioni nel triennio di riferimento in modo da garantire una buona copertura finanziaria alle attività.

Radio e Adro Terapia

Data Inizio:	1/1/2022	Data Fine:	31/12/2024

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

Chirurgia, chemioterapia e radioterapia convenzionale (RT) possono intervenire solo nel 65% dei casi, lasciando un numero importante di pazienti con tumori non trattabili, vicini ad organi a rischio e/o radio-resistenti, senza un'adeguata terapia in grado di allungare l'aspettativa di vita del paziente e migliorarne la qualità.
L' irraggiamento con particelle cariche quali protoni o ioni carbonio (Adroterapia, PT), è una tecnica oncologica per il trattamento dei tumori solidi localizzati altrimenti intrattabili con RT perché radio-resistenti o troppo vicini ad organi a rischio.

Nella PT, ormai sempre più diffusa nel mondo specie per il trattamento di tumori pediatrici, la conoscenza della produzione di neutroni secondari è ancora molto approssimativa, nonostante la dose addizionale veicolata dai neutroni sia particolarmente dannosa poiché veicolo di rilasci di energia anche in zone lontane dal volume irraggiato (in- and out- of field). Il rivelatore MONDO è un tracciatore a fibre scintillanti, ad oggi in costruzione dedicato alla caratterizzazione (in termini di energia e direzione) dei neutroni secondari prodotti in PT. Il primo sensore al silicio - SBAM1 - che permette di leggere fibre scintillanti con un readout compatto \`e stato realizzato nel 2019 in collaborazione con FBK ed è il punto di partenza per la realizzazione di un readout ottimizzato, SBAM2.

La RT convenzionale, ad oggi capillarmente diffusa, potrebbe cambiare in modo sostanziale: è stato dimostrato che la somministrazione di una determinata dose in un lasso di tempo molto ristretto aumenta l'efficacia del trattamento, riducendo il danno ai tessuti sani e limitando l'insorgenza di effetti collaterali come tumori secondari. Questo fenomeno viene chiamato effetto Flash.
Il Progetto FlashDC - Flash Dosimeter Counter - si colloca nell'ambito della ricerca per la Scienza della Vita. In particolare, FlashDC si prefigge di sperimentare l'efficacia ed i benefici dell'applicazione di un elevato rateo di dose sulle cellule tumorali sviluppando un rivelatore innovativo per il monitoring e la caratterizzazione dei fasci di elettroni in modalità Flash basato sulla tecnica di rivelazione della fluorescenza. Ad oggi lo sviluppo di strumenti che permettono di eseguire il monitor di fasci Flash rappresenta il maggior ostacolo allo sviluppo di questa tecnologia.

Ricercatori coinvolti: Michela Marafini, Marco Garbini, assegnista 100% (assunto su fondi esterni già finanziati RSI2020_lazioinnova)

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

Per il filone di ricerca dedicato alla PT, si intende:

- Continuare gli studi e lo sviluppo del rivelatore MONDO dedicato alla misura di neutroni.
- Procedere con misure di neutroni secondari per diversi fasci e bersagli di interesse per la PT per la misura di sezioni d'urto di doppio differenziali con diversi rivelatori.
- Implementazione di cristalli scintillanti in modalità phoswitch (per Particle Identification)

Nell'ambito dell'applicazione alla RT in modalità Flash si intende procedere con le seguenti attività:

- Misure a fasci di elettroni erogati in modalità flash con il detector realizzato. Caratterizzazione dei segnali. Produzione e l'assemblaggio di prototipi ottimizzati con apportate le modifiche necessarie in termini di foto-rivelatore, elettronica e ottica. Ciò dovrà consentire misurazioni sul fascio (per la garanzia della qualità). Sviluppo di un sistema ottimizzato: sulla base dei risultati ottenuti si vuole disegnare ed implementare un sistema di beam monitor commercializzabile ed utilizzabile in ambiente clinico.
- Analisi dei dati raccolti e caratterizzazione del detector in termini di risoluzioni nella misura dei parametri di interesse. I prototipi e i rivelatori ottimizzati verranno dunque testati in laboratorio e presso fasci terapeutici al fine di verificarne il corretto funzionamento, di evidenziarne i punti di forza e di mettere in luce gli eventuali elementi critici.
- Valutazione tramite lo sviluppo di una simulazione Monte Carlo delle caratteristiche del detector in via di sviluppo, valutazione del segnale e dei fondi attesi.

Publications 2021-2022

1. Kraan, A.C. et al., Localization of anatomical changes in patients during proton therapy with in-beam PET monitoring: A voxel-based morphometry approach exploiting Monte Carlo simulations (2022) Medical Physics Open Access 49, 1, 23 – 40, DOI: 10.1002/mp.15336
2. A.Sarti et al, Deep Seated Tumour Treatments With Electrons of High Energy Delivered at FLASH Rates: The Example of Prostate Cancer (2021) Frontiers in Oncology Open Access 11, 777852, DOI: 10.3389/fonc.2021.777852
3. S.Colombi et al, Enhancing the understanding of fragmentation processes in hadrontherapy and radioprotection in space with the FOOT experiment (2021) Physica Scripta Open Access 96(11),114013, DOI: 10.1088/1402-4896/ac186b
4. G.Calvi et al, PAPRICA: The PAir PRoduction Imaging ChAmber (2021) Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica C 44(4-5),147 DOI: 10.1393/ncc/i2021-21147-9
5. M.Toppi et al, Monitoring Carbon Ion Beams Transverse Position Detecting Charged Secondary Fragments: Results From Patient Treatment Performed at CNAO (2021) Frontiers in Oncology Open Access 11, 601784, DOI: 10.3389/fonc.2021.601784
6. G.Battistoni et al, Measuring the Impact of Nuclear Interaction in Particle Therapy and in Radio Protection in Space: the FOOT Experiment (2021) Frontiers in Physics Open Access 8,568242, DOI: 10.3389/fphy.2020.568242
7. Kraan, A.C., et al., Charge identification of nuclear fragments with the FOOT Time-Of-Flight system (2021) 1001, art. no. 165206, DOI: 10.1016/j.nima.2021.165206
8. Toppi, M., et al., I. PAPRICA: The Pair Production Imaging Chamber—Proof of Principle (2021) 9, art. no. 568139, DOI: 10.3389/fphy.2021.568139
9. Fiorina, E., et al. Detection of Interfractional Morphological Changes in Proton Therapy: A Simulation and In Vivo Study With the INSIDE In-Beam PET (2021) 8, art. no. 578388, DOI: 10.3389/fphy.2020.578388
10. G.Galati et al, Charge identification of fragments with the emulsion spectrometer of the FOOT experiment (2021) Open Physics Open Access 19(1), pp. 383-394 DOI: 10.1515/phys-2021-0032

c.	Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali
SIT Sordina – Aprilia (LT), Italia Istituto Curie – Paris, France CNAO – Pavia, Italia GSI – Darmstadt, Germania APPS – Trento, Italia FBK – Trento, Italia	
d.	**Eventuali collaborazioni con le Università**
Dipartimento SBAI - Università di Roma, La Sapienza. Prof. Vincenzo Patera, Prof. Alessio Sarti, Prof. Adalberto Sciubba, Dott. Marco Toppi Dottorandi: Antonio Trigilio e Angelica De Gregorio	
e.	**Infrastrutture di ricerca**
Istituto Nucleare di Fisica Nucleare (INFN) Dott. Giacomo Traini	

f.	Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/persona)

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	156	156	156	156
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti	260	260		
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi				
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**	50	50	50	50
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro**				

	legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)				

g.	**Fonti di finanziamento**
Il Progetto RAT è stato finanziato dalla Regione Lazio tramite il progetto FlashDC RSI2020 Il finanziamento totale del progetto ammonta a 149,667euro, la parte di finanziamento relativo al CREF ammonta a 81,118 euro mentre la parte relativa al dipartimento SBAI è di 68,558 euro. La durata del progetto è di 24 mesi con inizio ad Aprile 2021.	
h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)** Il costo del progetto FlashDC (RT) e del progetto MONDO (PT) è così ripartito: - circa 90000 Euro stipendio ricercatore di ruolo (di cui 6300 da fondi esterni Regione Lazio) Specifici RT: - circa 56000 Euro stipendio assegno di ricerca (da fondi esterni Regione Lazio) - circa 8000 Euro contributo attività sperimentali e spese divulgazione de risultati (da fondi esterni Regione Lazio) Specifici PT: - non disponibili La capacità del progetto di attrarre fondi è dimostrata dal finanziamento del progetto FlashDC da parte della Regione Lazio. Il progetto è iniziato in Aprile 2021, per una durata di 24 mesi, ed un finanziamento totale relativo al CREF di circa 81000 Euro.

Neuroscience and Quantitative Neuroimaging (NQN)

Data Inizio:	1/1/2022	Data Fine:	31/12/2024

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti

Il progetto ha una forte connotazione interdisciplinare, e vuole contribuire allo sviluppo di strumenti diagnostici avanzati e ottimizzati per la caratterizzazione, la diagnosi ed il trattamento di patologie neurologiche e psichiatriche.
NQN ha due obiettivi intermedi: 1) Caratterizzare il ruolo e la dinamica delle reti cerebrali, ossia delle modulazioni dell'accoppiamento funzionale tra le diverse aree cerebrali, con importanti implicazioni per la comprensione delle funzioni cognitive superiori e delle relative disfunzioni. 2) Comprendere la dinamica della risposta metabolica che sostiene energeticamente la risposta focale e le reti nel loro complesso, sviluppando gli opportuni strumenti sperimentali e computazionali.
Nel corso dell'ultimo biennio sono stati ottenuti importanti risultati per entrambi gli obiettivi. 1) Abbiamo mostrato che in risposta all'esecuzione continua di un compito cognitivo di memoria a breve termine le reti cerebrali dell'intera corteccia cerebrale cambiano il grado di connettività, senza tuttavia importanti modifiche topologiche. Le ridotte modifiche topologiche sono funzionalmente rilevanti, ma il dato più importante dal punto di vista comportamentale è che le prestazioni aumentano in presenza di accresciuta integrazione tra network. 2) Abbiamo identificato una condizione (soppressione della percezione visiva durante una stimolazione rapida) nella quale la risposta metabolica è largamente indipendente da quella funzionale. Tale risultato ha importanti risvolti di base e tecnologici. Infatti, da un lato indica che il metabolismo energetico della corteccia visiva primaria è sensibile alla percezione, ossia una funzione complessa, dall'altro suggerisce che le tecniche MRI funzionali possono in certi casi fornire una rappresentazione incompleta della funzione cerebrale. Abbiamo inoltre presentato un nuovo modello metabolico, il GSG (Glucose Sparing by Glycogenolysis), frutto di un'importante collaborazione internazionale e basato su una metaanalisi di tutta l'evidenza sperimentale corrente, nel quale proponiamo che le scorte di glicogeno astrocitarie svolgono un ruolo essenziale nel permettere il consumo preferenziale da parte dei neuroni del glucosio disponibile durante l'attivazione.
Il personale coinvolto sinora include un primo ricercatore a tempo indeterminato (Federico Giove), responsabile di progetto, e un numero variabile di assegnisti di ricerca e dottorandi, pari in questo momento a tre assegnisti e un dottorando, in gran parte finanziati con fondi esterni. Al fine di rendere più affidabile la pianificazione, ridurre il peso della formazione e ridurre il ricorso a forme contrattuali precarie, è auspicabile un graduale aumento del personale a tempo indeterminato, fino ad includere tre strutturati.

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

NQN partecipa allo sviluppo tecnologico MRI ad alto campo (3 tesla) espandendo e ottimizzando metodiche avanzate per la caratterizzazione della funzione e della fisiologica cerebrale ad alta risoluzione spaziale e temporale, occupandosi tra l'altro di tecniche quantitative di misura del flusso e del volume sanguigno, della reattività cerebrovascolare, della risposta metabolica. NQN sta anche sviluppando tecniche avanzate di processamento e di mitigazione del rumore fisiologico. NQN sviluppa inoltre modelli computazionali che permettono la comprensione del substrato fisiologico e metabolico sottostante alla risposta sperimentalmente osservabile con MRI, ed una più accurata interpretazione del risultato sperimentale.

Mediante tali tecniche, NQN studia la fisiologia cerebrale, con particolare riguardo alla dinamica della funzione cerebrale ed alle sue modulazioni associate a patologie ed all'invecchiamento fisiologico. L'attività sperimentale è focalizzata sullo studio delle proprietà delle fluttuazioni spontanee coerenti dell'ossigenazione sanguigna cerebrale – che riflettono indirettamente le proprietà di rete della funzione cerebrale – e sulla caratterizzazione della risposta metabolica e vascolare a stimolazioni sensoriali. Quest'ultimo filone ha anche la finalità di separare le componenti del segnale più direttamente legate alla funzione cerebrale da componenti affette da rumore di origine fisiologica o strumentale. In tale contesto ci proponiamo di

continuare a caratterizzare il contrasto BOLD (Blood Oxygenation Level-Dependent), su cui si basa l'approccio MRI funzionale, ed in particolare di comprenderne meglio meccanismi biofisici di generazione del segnale.

c. Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali

Nazionali:

- Fondazione Santa Lucia, Roma (Prof. M Bozzali, Dr. Laura Serra)
- IMT Lucca (Dr. T. Gili)
- CNR, Istituto dei sistemi complessi, (Dr. S. Capuani) e Istituto di Nanotecnologia (Dr. M. Fratini)
- ISS Roma (Dr. R. Canese)
- Project Consulting S.R.L.
- Netabolics S.R.L. (start-up originata nel gruppo).
- Siemens Healthcare S.R.L.

d. Eventuali collaborazioni con le Università

Nazionali:

- Università di Chieti-Pescara, Dipartimento di Neuroscienze, Chieti (Prof. R. G. Wise)
- Sapienza Università di Roma, Dipartimenti di Ingegneria dell'Informazione Elettronica e Telecomunicazioni (Prof. F. Frezza) e di Fisica (Prof. S. Giagu)

Internazionali:

- University of Minnesota, Center for Magnetic Resonance Research (CMRR), Minneapolis. (Prof. S. Mangia)
- Yale University, Magnetic Resonance Research Center, New Haven. (Prof. D. Rothman)
- University of Eastern Finland, A.I. Virtanen Institute for Molecular Sciences, Kuopio. (Prof. O. Gröhn, Prof. J. Tohka)
- University of Montreal. (Prof. J. Cohen-Adad)

e. Infrastrutture di ricerca

Appartenenti al PNIR:
Elettra Sincrotrone, Trieste
ESRF Grenoble
Altri:
MRI 3T facility, Fondazione Santa Lucia, Roma

f. Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	159.6	319.2	478.8	478.8
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti	638.4	319.2	319.2	159.6

	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi	319.2	319.2	319.2	159.6
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**				
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	**Fonti di finanziamento**

- **(descrizione dei programmi/progetti e dei soggetti: es Miur; Progetti UE; Programmi nazionali, etc..)**

Finanziamenti esterni dal 2015 ad oggi:

- 2021 Fondazione Santa Lucia IRCCS. Commessa per analisi quantitativa dati MRI. Totale: 28800 €.
- 2021–2023 Regione Lazio POR-FESR 2014–2020 A0375-2020-36648, "FISASMEM — Fisiologia dell'aging: sviluppo di metodi MRI quantitativi". Unità coordinatrice. Fondi propri: 75000 €.
- 2020–2022 Regione Lazio POR-FESR 2014–2020 A0320-2019-28189, "NBP — Sviluppo e implementazione di una piattaforma collaborativa per metodi avanzati di neuroimaging". Unità coordinatrice. Fondi propri: 80000 €.
- 2017 E.M.S. S.R.L., Bologna. Misure di compatibilità elettromagnetica di apparati per stimolazione con scanner MRI. Totale: 4500 €.
- 2015–2019 H2020 MSCA-RISE 691110 "MICROBRADAM — Advanced MR methods for characterization of microstructural brain damage". Unità coordinatrice. Fondi propri: 120000 €.
- 2015–2018 Regione Lazio POR-FESR 2014–2020 RU-2014-1092, "PAMINA — Piattaforma per l'Analisi Multimodale Integrata in Neuroscienze Applicate - Platform for Integrated and Multimodal Analysis in Applied Neuroscience". Unità unica. Totale: 862000 €.

h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)**
	Il costo complessivo del progetto dal 2015 a tutto il 2021 è risultato pari a € 1284000 (circa 183000 €/anno). La copertura derivante da progetti finanziati (Regione Lazio, H2020, come meglio dettagliato nella sezione g) è risultata pari a € 1078000 nello stesso periodo. L'investimento dell'ente è ammontato dunque a 206000 €, corrispondente al 16% del costo totale. I fondi dell'ente hanno coperto parte dei costi di personale e quote di cofinanziamento dei progetti finanziati.

Sulle orme dei Ragazzi di via Panisperna: tra ricerca scientifica e impegno civile

Data Inizio:	01/01/2021	Data Fine:	31/12/2023

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

Scopo del presente progetto è fornire, essenzialmente sulla base di materiale di archivio, una ricostruzione storica della ricerca scientifica e dell'impegno civile dei fisici italiani che ruotarono intorno a via Panisperna, e soprattutto intorno alla figura di Enrico Fermi, nel periodo compreso tra il 1920 e il 1940. Un'attenzione particolare sarà rivolta anche all'attività scientifica di Marie Curie e all'influenza che essa ebbe nello sviluppo delle ricerche di fisica nucleare a Roma.
Un altro obiettivo è individuare negli Archivi Segrè (Berkeley) materiale rilevante sulla nascita e lo sviluppo della fisica nucleare in Italia e sulla rete di solidarietà, creatasi a partire dal 1938, tra i fisici costretti emigrare in America a causa delle leggi razziali.
Altro obiettivo è contribuire allo sviluppo della divulgazione della cultura scientifica, attraverso l'analisi di case-studies della storia della fisica dei primi quarant'anni del Novecento.
I referenti del progetto sono Francesco Guerra (Professore Emerito di Fisica Teorica, Sapienza Università di Roma) e Nadia Robotti (Professore Ordinario di Storia della Fisica, Università di Genova). Collaborano alle ricerche: Matteo Leone (Professore Ordinario di Didattica e Storia della Fisica, Università di Torino) ed Emanuela Colombi (Socio Ordinario della Deputazione di Storia Patria per le Province Parmensi).

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

Il progetto prevede in particolare:
- Ricerche sulla vita scientifica e sui tre viaggi in Italia di Marie Curie tra il 1911 e il 1931. Fonti: "Archive Marie Curie" di Parigi e Archivio dell'Accademia dei Lincei di Roma
- Ricerche su Aldo Pontremoli, fisico connesso al circolo di Via Panisperna, con particolare riferimento non solo al suo coinvolgimento nella famosa spedizione polare del dirigibile "Italia" del 1928 in cui perse la vita, ma anche in relazione alla sua attività scientifica presso l'Istituto di Fisica di Roma, dove si laureò, diventando poi assistente di Corbino e collaboratore per un breve periodo di Fermi (1923). Fonti: ACS, AA, Archivio Apice (Milano), Archivio della Società Geografica Italiana (Roma), Museo Storico dell'Aeronautica Militare (Vigna di Valle), Ufficio Storico dell'Aeronautica Militare (Roma), Archivio Luigi Luzzatti (Venezia).
- Ricerche sull'itinerario scientifico-metodologico di Majorana nel settore delle equazioni d'onda relativistiche. Fonti: Archivio Majorana (Pisa e Catania);
- Ricerche sull'emigrazione forzata di personalità quali Fermi, Segrè e Pontecorvo e sulla catena di solidarietà creatasi tra i fisici in seguito alla diaspora conseguente alle leggi razziali. Si analizzano in particolare le strategie scientifiche, accademiche e finanziarie messe in atto per resistere e sopravvivere alle conseguenze delle leggi razziali, in una stretta sinergia tra i fisici coinvolti e altri protagonisti della migrazione. Si approfondirà poi la partecipazione di Enrico Fermi, Emilio Segrè, Bruno Rossi al Manhattan project negli Stati Uniti e di Bruno Pontecorvo al Tube Alloys project in Canada. Fonti: Archivio Segrè (Berkeley), Archivi Fermi (Pisa e Chicago), Archivio Bruno Rossi (Boston), Archivio Bruno Pontecorvo (Cambridge), AA, ACS, Archivio della Sapienza Università di Roma.

PUBBLICAZIONI

N. Robotti, "Marie Curie, née Sklodowska: 1911", *Il Nuovo Saggiatore*, 37:3-4 (2021), 9-24.

E. Colombi, F. Guerra, M. Leone, "Aldo Pontremoli e la spedizione del dirigibile 'Italia'", *Quaderni di Storia della Fisica*, 25:1 (2021), 109-142.

M. Leone, N. Robotti, "Guglielmo Marconi, Augusto Righi and the invention of wireless telegraphy", *European Physical Journal H*, 46, (2021), 16.

M. Leone, N. Robotti, "Wilhelm Conrad Rontgen: dalla scoperta dei raggi X al primo premio Nobel in Fisica", *Giornale di Fisica*, 62:3, (2021), 379-400.

F. Guerra, M. Leone, N. Robotti, "Enrico Fermi's Discovery of Neutron-Induced Artificial Radioactivity: A Case of 'Emanation' from 'Divine Providence'", *Physics in Perspective*, 22, (2020), 129-161.

F. Guerra, N. Robotti N., "Biographical Notes on Ettore Majorana". In: Cifarelli L. (eds) *Scientific Papers of Ettore Majorana*. Springer, Cham. (2020).

c.	**Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali**

d.	**Eventuali collaborazioni con le Università**

- Sapienza Università di Roma
- Università di Genova
- Università di Torino

e.	**nfrastrutture di ricerca**

f.	**Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)**

Tipo di personale		**Anno I**	**Anno II**	**Anno III**	**Anno "n"**
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti				
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi				
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**	30	30	30	
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	Fonti di finanziamento
(descrizione dei programmi/progetti e dei soggetti: es Miur; Progetti UE; Programmi nazionali, etc..) I costi del progetto "Sulle orme dei Ragazzi di via Panisperna: tra ricerca scientifica e impegno civile" sono coperti dal Centro Fermi, dai fondi di ricerca locale delle Università coinvolte e dai rimborsi spesa delle sedi dell'INFN coinvolte (Genova, Roma, Torino).	
h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)**
	Il costo complessivo del progetto è 45.000 € comprensivi in cofinanziamenti in ore uomo dei componenti. Il finanziamento va a copertura delle spese di viaggio presso archivi e conferenze in Italia e all'estero e per le spese di diritti di riproduzione, duplicazione e digitalizzazione di fonti archivistiche.

Storia della Fisica- L'Istituto di Fisica tra le due guerre: Orso Mario Corbino e Enrico Fermi

Data Inizio:	1-1-2021	Data Fine:	31-12-2023

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

Ricercatori coinvolti: referente dott.ssa Miriam Focaccia, 100%
Il progetto ha come finalità la valorizzazione della memoria storica del complesso monumentale di via Panisperna e dei principali attori che furono protagonisti della fisica italiana, tra la fine dell'Ottocento e gli anni '40 del Novecento.

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

Il progetto, pensato nel contesto della rinnovata sede storica del CREF, intende ripercorrere la storia dell'Istituto di Fisica dal 1918 e per il ventennio successivo.

Proseguendo il lavoro iniziato con lo studio della biografia scientifica del primo direttore, Pietro Blaserna (1836-1918), si è studiata la figura e l'opera del suo successore, il fisico Orso Mario Corbino (1876-1937), che diresse l'Istituto di Fisica dal 1918 al 1937, anno della morte, e ne traghettò il trasferimento nella nuova sede all'interno della città universitaria della Sapienza. Si è posta l'attenzione su alcuni eventi particolarmente significativi legati alla direzione di Corbino, sia a livello istituzionale e organizzativo, con particolare riferimento ai rapporti con Enrico Fermi e il suo gruppo di collaboratori; sia a livello di comunicazione e alta diffusione della cultura scientifica, e in particolare della Fisica.

Al momento, in un contesto di studi di genere, si sta portando avanti una ricerca tesa a evidenziare, da un lato, la presenza femminile in via Panisperna, dalla fine dell'Ottocento fino al 1937; dall'altro, le collaborazioni nel periodo americano di Fermi, a partire dal 1938, con Joan Hinton in occasione del Progetto Manhattan; con Leona Woods presso l'Università di Chicago e altri laboratori; con Maria Goeppert-Mayer, Premio Nobel nel 1963, con cui ha condiviso ricerche e scambi proficui di idee.

Le ricerche comprendono scambi epistolari, pubblicazioni scientifiche, materiali archivistici editi e inediti.

c.	Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali

Raffaella Simili, Alma Mater Studiorum-Università di Bologna; Giovanni Paoloni, Sapienza Università di Roma; Sandra Linguerri, Alma Mater Studiorum-Università di Bologna; Giovanni Battimelli, Sapienza Università di Roma; Adele La Rana, Università degli Studi di Verona/Sezione INFN-Roma1.

Società Italiana di Fisica

Società Italiana di Storia della Scienza

Società Italiana Storia della Fisica e dell'Astronomia

Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna

Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci-Milano

d.	Eventuali collaborazioni con le Università

Alma Mater Studiorum-Università di Bologna

Sapienza Università di Roma

e.	nfrastrutture di ricerca

f.	Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	260	260	260	
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti				
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi				
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**				
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	**Fonti di finanziamento**
(descrizione dei programmi/progetti e dei soggetti: es Miur; Progetti UE; Programmi nazionali, etc..) Le competenze messe in campo in questo progetto sono state parte integrante per ottenere il finanziamento della prima fase di progettazione per VEROSH - Virtual ExploRation Of Science History presentato dal Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche 'Enrico Fermi' (CREF)- Avviso DTC "Ricerca e sviluppo di tecnologie per la valorizzazione del patrimonio culturale" - CUP: F84E19001250003.	
h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)**
	Il costo complessivo del progetto sarà stabilito nei prossimi mesi.

Pubblicazioni:

- *Orso Mario Corbino- Un Manager della ricerca a via Panisperna. Antologia di scritti* (in stampa)
- *Not only boys at via Panisperna* (in preparazione)

M. FOCACCIA, (2021). *Tra politica e medicina: il no di Bartolo Nigrisoli, Rivista di Storia dell'Università di Torino*, X/2, 2021, pp. 2-11.
M. FOCACCIA, (2022). *Per non dimenticare: Vito e Edoardo Volterra, SIF Prima Pagina, 97 /2022*
M. FOCACCIA, (2022). *125 anni fa nasceva la Società Italiana di Fisica, 97 /2022*
M. FOCACCIA, (2021). *Novanta anni fa ci fu chi disse no, SIF Prima Pagina, 95/2021*
M. FOCACCIA, (2021). *Irène, Marie e le "Petites Curie", SIF Prima Pagina, 94/2021*
M. FOCACCIA, (2021). *Caroline Herschel e la sua cometa,SIF Prima Pagina, 92/2021*
M. FOCACCIA, (2021). *Happy birthday bosone di Higgs! (con S: Arcelli), SIF Prima Pagina, 91/2021*
M. FOCACCIA, (2021). *Google dedica un doodle a Laura Bassi, SIF Prima Pagina, 88/2021*

M. FOCACCIA, (2021). *Una cattedra per Laura Bassi. Bologna 1732 (con R: Simili), SIF Prima Pagina, 77/2021*
M. FOCACCIA, (2021). *Laura Bassi. Emblem and primacy of Settecento science* (con L. Cifarelli), Physics News. Bulletin of the Indian Physics Association, 51/3, pp. 43-45.
M. FOCACCIA, (2021). *The 'practical school' of Physics at via Panisperna: from the lecture theatre to the laboratory***,** "Physis", 2020/1-2, LV, pp. 400-414.

Attività convegnistica/outreach/terza missione:
2021, (intervento su invito), *Tra etica e medicina, il 'no'di Bartolo Nigrisoli,* Convegno di Studi: *Ci fu chi disse no, i docenti universitari bolognesi che non giurarono fedeltà al fascismo*, ANPI-Università di Bologna, Bologna, 8 novembre.
2021, (intervento su invito), *Tra politica e medicina: il 'no'di Bartolo Nigrisoli,* Convegno di Studi: *Regime e dissenso. 1931, i professori che rifiutarono il giuramento fascista*, Università di Torino, Torino, 6 maggio.
2021 (seminario su invito), *La ceroplastica anatomica di Anna Morandi Manzolini. Bologna, Musei di Palazzo Poggi,* Corso di dottorato in Scienze Storiche e Archeologiche. Memoria, civiltà e patrimonio, Alma Mater, Bologna, 12 aprile
2021 (seminario su invito), *Le nostre antenate,* EEE_Experiment, 10 marzo, Roma
2021 (seminario su invito), *Nella città di Ipazia. Il pensiero scientifico al femminile,* PhiloDay, European School of Brussels IV, Bruxelles, 14 gennaio.
2021: partecipazione alla realizzazione di *Donne e Scienza,* tre puntate prodotte da Rai Storia in onda in prima assoluta in ottobre 2021 su RaiStoria per il broadcast *Italiani.*
2020-2021: collaborazione all'ideazione e realizzazione del docufilm *'Einstein parla italiano'* in onda in prima assoluta il 14 maggio 2021 su RaiStoria per il broadcast *Italiani.*
2021: ideazione e organizzazione de 'La notte europea dei ricercatori' c/o Cref, progetto **NET 2021** (Scie**N**c**E** **T**ogether), dedicato alla divulgazione scientifica nell'ambito del programma H2020bis MSCA-NIGHT-2021 (Notte Europea dei Ricercatori), Grant Agreement n. 101036127

Problemi Aperti in Meccanica Quantistica (PAMQ)

Data Inizio:	1/1/2022	Data Fine:	31/12/2024

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

il progetto PAMQ è incentrato su verifiche sperimentali di altissima sensibilità della meccanica quantistica e sullo studio delle relative ricadute in scienza e tecnologia. In particolare PAMQ si occupa di test sperimentali di:
1 - Principio di Esclusione di Pauli (PEP) per gli elettroni,
2 - modelli di collasso dinamico della funzione d'onda.

1 - L'esperimento comprende due filoni di ricerca complementari, ciascuno caratterizzato da un set di esperimenti dedicati:
VIP-2 Open Systems - testa teorie di campo locali che ammettono violazione di PEP (come la Quon theory) e sono vincolate dalla regola di superselezione di Messiah-Greenberg (MG). L'esperimento ha già stabilito i migliori limiti sulla probabilità di violazione di PEP ($\beta^2/2$) per elettroni per i modelli suddetti (H. Shi et al., Eur. Phys. J. C (2018) 78: 319, K. Piscicchia et al., Entropy 2020, 22(11), 1195, K. Piscicchia et al., Eur. Phys. J. C (2020) 80: 508, E. Milotti et al., Symmetry 2021, 13(1), 6, The Pauli Exclusion Principle for electrons tested by VIP-2 at the LNGS laboratories accepted in Il Nuovo Cimento, Search for a signature of Pauli Exclusion Principle violation by VIP-2 submitted to Physica Scripta). L'upgrade dell'esperimento (VIP-3) è in corso con lo scopo di effettuare uno scan del $\beta^2/2$ con il numero atomico.
VIP-2 Closed Systems - testa modelli che non sono soggetti alla superselezione MG, quali Non Commutative Quantum Gravity (NCQG) e CPT deformation models. Abbiamo stabilito il limite più forte sulla scala di non-commutatività per il modello NCQG θ-Poincaré (due articoli submitted). L'upgrade dell'esperimento è stato completato, una prima presa dati è stata effettuata nel 2021, una seconda presa dati è in corso.
2 - L'esperimento si prefigge di testare vari modelli di collasso dinamico della funzione d'onda: a) il modello Diosi-Penrose (DP), b) il Continuous Spontaneous Localization (CSL).
a) Abbiamo stabilito il più forte limite sul parametro di scala del modello DP R_0 > 0.54 10^{-10} il che ci ha permesso di escludere il DP nella sua formulazione attuale (Donadi, S., Piscicchia, K., et al., Nature Physics, volume 17, pages 74-78 (2021)). b) Abbiamo ottenuto il limite più forte sul rate di collasso del modello CSL (Donadi, S., Piscicchia, K., et al., Eur. Phys. J. C (2021) **81**: 773). Stiamo sviluppando versioni non-Markoviane e dissipative dei modelli di collasso e generalizzando il rate aspettato di radiazione spontanea, predetto dai modelli, al caso di emissione correlata di protoni ed elettroni (due articoli submitted).
Ricercatori coinvolti: Kristian Piscicchia 100%, tre post-doc 250% (da assumere su fondi esterni)

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

VIP-2 Open Systems rappresenta il test più sensibile della validità del PEP per elettroni nel contesto delle Local Quantum Field Theories. Queste teorie sono vincolate dalla regola di superselezione di Messiah-Greenberg (MG), che vieta la transizione fra stati di simmetria diversa e possono essere testate soltanto in sistemi aperti, condizione realizzata in VIP-2 introducendo elettroni nuovi in un sistema di elettroni preesistente e testando lo stato di simmetria risultante. I setup sperimentali utilizzati sono caratterizzati da: a) target di rame elettrolitico e rivelatori Silicon Drift Detectors (SDD) b) target di piombo Romano di estrema radio-purezza e rivelatori High Purity Germanium Detectors (HPGe). Entrambe le misure sono effettuate presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS, INFN).

Abbiamo sviluppato un modello del random walk degli elettroni nel target di rame che implica un limite più stringente sulla probabilità di violazione (E. Milotti et al., Entropy 2018, 20(7), 515) ed

implementato un modello Monte Carlo semi-analitico per il calcolo del tasso di radiazione anomala in corrente modulata. L'analisi della prima presa dati dedicata è in fase di finalizzazione.

Stiamo realizzando l'upgrade dell'esperimento (VIP-3), basato su rivelatori SDD innovativi dello spessore di 1 mm, che stiamo sviluppando in collaborazione con FBK Trento. L'incremento dell'efficienza di rivelazione per fotoni nel range di energia (20-30) keV ci permetterà di ampliare lo scan sulla probabilità di violazione di PEP, come funzione del numero atomico Z, utilizzando target ultra-puri di argento e palladio e stagno.

Una vasta classe di modelli effettivi di Gravità Quantistica prevede violazione di PEP dipendente dalla scala energetica del processo in esame e dalla scala Lambda di emergenza della non-commutatività spazio-temporale. Esperimenti di alta precisione e basso background di violazione di PEP, tramite spettroscopia atomica, possono testare le teorie di Gravità Quantistica con una sensitività che è ordini di grandezza maggiore della scala di energia raggiungibile al Large Hadron Collider. In queste teorie la regola di superselezione MG è violata, ed esse possono essere quindi testate in sistemi chiusi, con setup sperimentali bastati su rivelatori HPGe. Abbiamo stabilito i limiti più stringenti sul modello θ-Poincaré.

Abbiamo completato l'upgrade dell'esperimento, basato su rivelatori Broad Energy Germanium (BEGe). Machine learning algorithms sono utilizzati per la pulse shape discrimination permettendo un significativo abbattimento del background elettronico, e la discriminazione delle transizioni elettroniche che avvengono nel cristallo. Il guadagno aspettato, in termini di rapporto seganle/rumore ed efficienza, ci permetterà di testare Lambda, oltre la scala di Planck, per l'intera classe di modelli di Gravità Quantistica. Una prima presa dati è stata effettuata presso i LNGS (Luglio-Settembre 2021) ed una seconda campagna è in corso.

Stiamo studiando violazioni di PEP indotte in modelli di deformazione di CPT.

I modelli di collasso dinamico consistono in modifiche non-lineari e stocastiche alla dinamica di Schrödinger, che inducono il collasso della funzione d'onda in maniera naturale, l'intensità del processo è proporzionale alla massa del sistema quantistico. Le formulazioni più accreditate sono il Continuous Spontaneous Localization (CSL) ed il modello Diosi-Penrose (DP). Il secondo, in particolare, prevede un meccanismo di collasso indotto dalla gravità. Entrambi i modelli predicono emissione di radiazione (nota come emissione spontanea), non presente in Meccanica Quantistica standard, che è conseguenza del meccanismo di collasso. Il rate dell'emissione spontanea di radiazione è stato calcolato, per entrambi i modelli, grazie alla collaborazione con numerosi gruppi teorici (S.L. Adler-Princeton University, A. Bassi-Trieste University, L. Diosi-Eotvos University, R. Penrose-Oxford University). I nostri test sperimentali dei modelli si basano sulla misura della radiazione spontanea con setup sperimentali basati su HPGe e vari target ultrapuri.
Stiamo lavorando con i gruppi teorici del settore, a generalizzazioni dei modelli teorici, che includano effetti dissipativi e non-Markoviani, e tengano conto, nel calcolo del rate di radiazione spontanea, anche dell'emissione correlata elettroni-protoni, di conseguenza stiamo studiando nuovi setup sperimentali.
Stiamo studiando l'impatto dei nostri risultati nel contesto di altre teorie e sulle tecnologie quantistiche.

c.	Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali

SMI - Austria
IFIN-HH - Romania
Eotvos University - Ungheria
Wigner Research Centre for Physics - Ungheria
Sichuan University - Cina
Jagellonian University - Polonia
Zagreb University - Croazia
Vienna University - Austria
Trieste University - Italia
Excellence Cluster, TUM - Germania
Griffith University - Australia

Fudan University - Cina IAS Princeton - USA Rutgers University - USA Melbourne University - Australia Oxford University - Gran Bretagna

d.	Eventuali collaborazioni con le Università

Eotvos University - Ungheria Sichuan University - Cina Jagellonian University - Polonia Zagreb University - Croazia Vienna University - Austria Trieste University - Italia Griffith University - Australia Fudan University - Cina IAS Princeton - USA Rutgers University - USA Melbourne University - Australia Oxford University - Gran Bretagna

e.	Infrastrutture di ricerca

Laboratori Nazionali di Frascati (INFN) Laboratori Nazionali del Gran Sasso (INFN)

f.	Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	260	260	260	260
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	130	260	260	260
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti				
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				

	Dottorandi				
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**				
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	**Fonti di finanziamento**

Il Progetto PAMQ è stato finanziato dalla John Templeton Foundation (JTF) tramite il progetto QUBO: Exploring the QUantum Boundaries of many-body systems – an Odyssey into the gravity related collapse models. Il finanziamento totale del progetto ammonta a 224,305$, la parte di finanziamento relativo al CREF ammonta a 86,558$, la durata del progetto è di 33 mesi con inizio ad Ottobre 2021.
Breve descrizione del progetto QUBO:
Il progetto QUBO ha lo scopo di verificare i limiti di validità dell'evoluzione lineare e deterministica predetta dall'equazione di Schroedinger nel contesto degli Objective Collapse Models (CM). I CM consistono in modifiche non-lineari e stocastiche alla teoria quantistica che inducono il collasso della funzione d'onda con un rate proporzionale alla massa del sistema quantistico. Il progetto si propone in particolare di effettuare una revisione teorica del visionario modello CM proposto indipendentemente da R. Penrose e L. Diosi (DP), in cui il collasso è indotto dalla gravità, esplorandone estensioni non-Markoviane e dissipative. Il tasso di radiazione spontanea predetto dal modello verrà generalizzato per comprendere l'effetto dell'emissione correlata elettroni-protoni. Nell'ambito del progetto verrà effettuata la più accurata verifica sperimentale del DP con un esperimento dedicato basato su rivelatori BEGe, operato presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso.
Il progetto avrà importanti ricadute nel settore dei many-body quantum systems e nel futuro sviluppo di tecnologie quantistiche, verranno inoltre studiate le ricadute dei nuovi limiti imposti al DP sul modello di coscienza Orch OR.

Il Progetto PAMQ è stato finanziato dalla Regione Lazio tramite il progetto MITIQO - Monitoraggio In situ di Tossicità, Indicazione geografica e Qualità di Olio d'oliva, vino e altri liquidi edibili. Il finanziamento totale del progetto ammonta a 142.854,82 Euro, la parte di finanziamento relativo al CREF ammonta a 19.452,91 Euro, la durata del Progetto è di 24 mesi a partire dal 22/07/2021.
Breve descrizione del progetto MITIQO:
Il progetto MITIQO prevede la realizzazione di uno strumento diagnostico per controlli di qualità, sicurezza e autenticità su prodotti edibili quali vino e olio di oliva. Esso monitorerà le concentrazioni di metalli pesanti, le loro forme molecolari e stati d'ossidazione, ricavandone informazioni su qualità, sicurezza e provenienza territoriale. Verrà studiato l'utilizzo delle tecnologie di avanguardia sviluppate nel contesto di MITIQO per test sperimentali di PEP e dei CM: un rivelatore a stato solido di ioduro di cesio di alta efficienza ed ampio range energetico, uno spettrometro di Bragg innovativo con cristalli mosaici di grafite e rivelatore di posizione a strip, caratterizzato da una elevatissima risoluzione energetica.

h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)**

	Il costo complessivo del progetto per la durata di un triennio è di circa 403000 Euro così ripartiti: - circa 130000 Euro stipendio ricercatore di ruolo + missioni + contributo attività sperimentali + overhead (da parte del CREF) - circa 93700 Euro stipendi ricercatori non di ruolo + missioni + overhead (da fondi esterni JTF) - circa 200000 Euro contributo attività sperimentali + missioni (da INFN) La capacità del progetto di attrarre fondi è dimostrata dai finanziamenti ricevuti per i progetti QUBO e MITIQO da parte della John Templeton Foundation e della Regione Lazio.

Dalla formazione all'innovazione e allo sviluppo

Data Inizio:	1/1/2021	Data Fine:	31/12/2023

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

La finalità del presente progetto s'inquadra in un più vasto studio, sia a livello nazionale sia internazionale, dello sviluppo produttivo, scientifico e tecnologico delle nazioni che abbiamo effettuato in passato basandoci sui dati di produzione industriale, scientifica e brevettuale disaggregati rispettivamente per categorie industriali, settori scientifici e codici tecnologici. Stiamo ora considerando di estendere tali metodologie a un livello geografico più dettagliato, studiando quello che avviene in diverse aree dei vari paesi. Per quanto riguarda l'Italia questo implica lo studio delle singole regioni, per le quali abbiamo già ottenuto i dati sulla produzione industriale e tecnologica. Allo scopo di avere una prospettiva nello stesso tempo più ampia e più precisa sulle prospettive di sviluppo delle diverse regioni italiane, vorremmo accoppiare i dati sulla produzione industriale e tecnologica con quelli che riguardano la produzione di capitale umano di quella parte della popolazione che accede agli studi superiori e che necessariamente è l'attore principale dello sviluppo scientifico e tecnologico e, perciò, anche economico.
In particolare, l'obiettivo è di comprendere quali siano i settori scientifici, e più in generale accademici, che contribuiscono maggiormente, nelle diverse aree geografiche, alla produzione di capitale umano e quali siano le aree scientifiche e tecnologiche, a livello regionale, che hanno più potenzialità di crescita alla luce del flusso di conoscenze specifiche ivi sviluppate.
Ricercatori Coinvolti:
Fabrizio Coccetti (Dirigente Tecnologo CREF),
Antonio Desiderio (Dottorando Tor Vergata e CREF),
Andrea Gabrielli, (Direttore Scientifico CREF),
Gaetano Salina (Primo Ricercatore INFN),
Francesco Sylos Labini (Dirigente di Ricerca CREF)

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

La principale fonte di dati da cui vogliamo attingere è il database a disposizione di Almalaurea, con la quale abbiamo formalizzato un accordo di collaborazione. Inoltre, abbiamo già accesso ad altri set di dati: Scival e Microsoft Academic Graph per la produzione scientifica, Patstat per i brevetti, Istat per la produzione industriale a livello nazionale e regionale e Comtrade delle Nazioni Unite per la produzione industriale dei diversi paesi. In particolare, è nostra intenzione incrociare i dati AlmaLaurea anche con i dati forniti dall'Ufficio Statistica del Miur (che sono disponibili su http://ustat.miur.it/opendata) e con i dati presenti su http://anagrafe.miur.it, sulle specificità strutturali dei diversi atenei: questo raffronto può permettere di capire le criticità e i punti di forza dei diversi atenei e delle diverse aree geografiche. Attraverso i dati AlmaLaurea, che forniscono i profili socio-economici degli studenti e la loro distribuzione all'uscita del percorso universitario e a vari anni dalla laurea, possiamo mettere in rapporto i dati dell'utenza universitaria, dell'eterogeneità dell'offerta formativa, e della situazione tecnologica e industriale di ogni area geografica con i diversi sbocchi professionali e con la situazione occupazionale. Con questa finalità estrarremo dati disaggregati e anonimizzati dal database di Almalaurea per creare dei raggruppamenti a livello regionale e comunale. Questi raggruppamenti saranno poi integrati con le altre fonti a nostra disposizione, sempre a livello aggregato, ovvero senza un aggancio del singolo individuo attraverso il codice fiscale.
Intendiamo quindi caratterizzare le traiettorie di formazione ed occupazione degli studenti con il duplice fine di:
1) Identificare le variabili e le combinazioni di variabili più rilevanti al fine di predire le traiettorie degli studenti
2) produrre raccomandazioni personalizzate sulla scelta del percorso di studi, condizionate alle condizioni di partenza, alle aspirazioni professionali ed al contesto geografico.
A tal fine i dati AlmaLaurea verranno combinati con molteplici ulteriori fonti di dati socio-economici, geografici, di innovazione e sulle caratteristiche degli atenei, che serviranno ad approfondire il contesto di partenza, del

percorso universitario e dell'ingresso nel mercato del lavoro con disaggregazioni geografiche e di settore economico.	
c.	**Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali**
Collaborazioni previste: - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: collaborazione con Gaetano Salina	
d.	**Eventuali collaborazioni con le Università**
Collaborazioni previste - Dipartimento di fisica Università di Roma Tor Vergata: collaborazione con Giulio Cimini	
e.	**nfrastrutture di ricerca**
No	

f.	**Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)**

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	260	260	260	
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca	260	260	260	
	Assegnisti				
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi	200	200	200	
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**				
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	**Fonti di finanziamento**
(descrizione dei programmi/progetti e dei soggetti: es Miur; Progetti UE; Programmi nazionali, etc..) **Finanziato tramite FOE dell'Ente.**	
h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)**
	I costi del progetto saranno stabiliti nei prossimi mesi

Sviluppo di nuovi Superconduttori Convenzionali ad alta Tc attraverso la Material Informatics

Data Inizio:	1/1/2022	Data Fine:	31/12/2024

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

Lo scopo del progetto HTSD e' la progettazione di nuovi materiali superconduttori ad alta temperatura critica utilizzando metodi numerici a principi primi e ricerca high-throughput di materiali (*material informatics*).

Ci focalizzeremo su composti in cui la superconduttività è di origine convenzionale (elettrone-fonone), e in particolare su due classi di materiali:

a) Idruri Ternari: Rispetto ai super-idruri binari come SH3 e LaH10, che negli ultimi 5 anni hanno rivoluzionato il panorama della superconduttività, raggiungendo temperature critiche record di 260 K a pressioni di milioni di atmosfere, gli idruri ternari presentano una maggiore flessibilità chimica, che può essere sfruttata per ottimizzarne le proprietà superconduttive (aumentare la temperatura critica, diminuire le pressioni necessarie a stabilizzare le fasi ad alta Tc).
Utilizzando una combinazione di algoritmi genetici per la ricerca di strutture cristalline, teoria del funzionale densità per i superconduttori, tecniche di clustering e di analisi high-throughput su un database di idruri binari da noi costruito, cercheremo di individuare le combinazioni ternarie di elementi più promettenti per la superconduttività convenzionale ad alta Tc.
b) **Composti contenenti boro, carbonio, azoto:** A differenza dei superidruri, che richiedono ancora pressioni record per essere sintetizzati, molti composti che contengono boro, carbonio e azoto sono stabili a pressione ambiente, e alcuni realizzano lo stato di *metallo covalente*, che è un precursore della superconduttività convenzionale ad alta temperatura critica.
In questa parte del progetto studieremo l'effetto del doping con buche ed elettroni su diversi *prototipi* di strutture cristalline di boro, carbonio e azoto, per individuare le fasi più promettenti per realizzare superconduttività ad alta temperatura e pressione ambiente.

Ricercatori coinvolti: Lilia Boeri, Giovanni Bachelet, assegnista 100% (da assumere su fondi CREF, a partire da aprile 2022).

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

Il progetto HTSD e' motivato dalla recente scoperta di superconduttività a temperatura ambiente in un *superidruro* di carbonio e zolfo (C-S-H) che rappresenta uno dei traguardi più raggiunti dalla fisica della materia condensata negli ultimi anni.[1]

La scoperta del C-S-H non è stata accidentale, ma rappresenta il culmine di una vera e propria corsa agli idruri (*hydride rush*), iniziata nel 2015 con la scoperta della superconduttività a 203 K nel composto SH3.[2]
La scoperta sperimentale dei *superidruri* è stata resa possibile dalla sinergia di tre diversi campi, tradizionalmente separati: 1) tecniche per la sintesi e la spettroscopia ad alte pressioni, che consentono di realizzare in laboratorio pressioni di milioni di atmosfere (GPa); 2) metodi teorici da principi primi per la descrizione accurata delle proprietà superconduttive; 3) metodi computazionali per la predizione di

strutture cristalline e diagrammi di fase. Un'inedita collaborazione tra gruppi teorici e sperimentali ha portato in pochi anni alla scoperta di decine di nuovi superconduttori, che hanno rapidamente infranto i record precedenti di temperatura critica.[3]
Per quanto queste scoperte abbiano rappresentato un enorme progresso dal punto di vista fondamentale, esiste un ostacolo pratico ancora insormontabile all'uso su larga scala dei superidruri, rappresentato dalle enormi pressioni necessarie a stabilizzare in laboratorio questi composti.

Lo scopo di questo progetto è di utilizzare le stesse tecniche numeriche che hanno permesso di identificare SH3 e gli altri superidruri (algoritmi evolutivi, teoria del funzionale densità per superconduttori) per progettare nuovi materiali superconduttori che possano non solo operare a temperature vicine alla temperatura ambiente, ma che non richiedano alte pressioni per essere sintetizzati. In particolare, ci focalizzeremo su due classi di composti che a nostro avviso risultano particolarmente promettenti:

a) Idruri Ternari:
Lo scopo di questo sotto-progetto è individuare opportune combinazioni di elementi che formino idruri ternari ad alta Tc, stabili a pressioni di poco superiori a quella ambiente.
L'idea che gli idruri ternari possano essere un'alternativa più flessibile agli idruri binari è stata sfruttata in letteratura per cercare di raggiungere temperature critiche sempre più alte, pari o anche molto superiori alla temperatura ambiente, realizzando la cosiddetta *hot superconductivity* [4].

In [5,6] abbiamo dimostrato che lo stesso principio può essere sfruttato anche per ridurre le pressioni di stabilizzazione. In particolare, abbiamo mostrato che incorporando una frazione di boro in un superidruro di lantanio è possibile ridurne di cinque volte la pressione di stabilizzazione, con una temperatura critica di oltre 100 K, formando un clatrato ternario con formula chimica LaBH8, che rimane stabile fino a 40 GPa. Trattandosi di un principio piuttosto generico, è estremamente probabile che altre combinazioni di elementi realizzino la stessa struttura cristallina, e permettano di ottenere proprietà ancora migliori. In [5,6] la scelta degli elementi (La,B) e' stata ispirata da un report sperimentale di hot superconductivity,[4] che ci ha permesso di restringere il campo di indagine a un numero limitato di diagrammi di fase. In un lavoro recente, tramite uno screening high-throughput di diversi candidati, abbiamo proposto due nuovi silicati, che dovrebbero abbassare ulteriormente la pressione di stabilizzazione. Nello stesso lavoro abbiamo anche proposto un nuovo approccio per quantificare la soglia di metastabilita' di una struttura cristallina.[7]

Nel corso del progetto cercheremo di individuare strategie alternative, indipendenti dall'input sperimentale, per restringere a priori il campo di indagine a un sottoinsieme di ternari piu' promettente. Ciò è cruciale, perché' il costo computazionale legato del calcolo di un diagramma di fase superconduttivo di un singolo idruro ternario è così alto (circa 10^5 ore/CPU per una singola pressione da rendere un approccio puramente edisoniano al problema materialmente impossibile - un semplice calcolo combinatorio mostra che esistono oltre 5000 idruri ternari possibili.

In particolare, intendiamo esplorare con tecniche di *data science* un database contenente diverse proprietà elettroniche e vibrazionali e superconduttive di oltre duemila strutture predette per idruri binari ad alta pressione, costruito negli ultimi due anni, con lo scopo elaborare una *mappa della superconduttività negli idruri ad alta pressione.* [8] Partendo da questa mappa, intendiamo individuare le combinazioni di elementi e i template strutturali più promettenti da combinare per ottenere idruri ternari ad alta Tc con pressione di stabilizzazione ridotte.

b) **Composti contenenti boro, carbonio, azoto:** I composti di boro e carbonio sono attualmente i detentori dei record teorici (100 K, grafano drogato) e sperimentali (39 K, MgB2) di temperatura critica a pressione ambiente. In questi composti è possibile realizzare lo stato di metallo covalente che e' alla base della superconduttività convenzionale ad alta temperatura critica.

Nel corso degli ultimi due anni abbiamo esplorato con tecniche di predizione di strutture cristalline il diagramma di fase di boro e carbonio in funzione della pressione, ottenendo una mappa completa dell'intero diagramma di fase fino ad a 100 GPa. A partire dai diversi template strutturali individuati, intendiamo studiare l'effetto del doping con buche ed elettroni delle diverse struttture.[9] Il doping può essere realizzato con la sostituzione di elementi all'interno del reticolo (B->C/N, C->B/N), sia utilizzando intercalazione di altri elementi in un template prefissato.[10]

Metodi:

Per lo studio proposto utilizzeremo una combinazione di diverse tecniche a principi primi basate sulla teoria del funzionale densita': algoritmi genetici per la ricerca di strutture cristalline [9] e teoria ab-initio di Migdal Eliashberg [10]. Per la costruzione ed esplorazione dei database utilizzeremo librerie standard di python come panda, sci-kit e tensorflow.

Risorse computazionali: Le risorse computazionali necessarie allo svolgimento del progetto saranno fornite da Sapienza (workstation) e CINECA (cluster HPC).

Referenze:

[1] E. Snider, N. Dasenbrock-Gammon, R. McBride, M. Debessai, H. Vindana, K. Vencatasamy, K. V. Lawler, A. Salamat, and R. P. Dias, Nature **586**, 373 (2020).
[2] A. P. Drodzov, M. I. Eremets, I. A. Troyan, V. Ksenofontov, and S. I. Shylin, Nature **525**, 73 (2015).
[3] J.A.Flores-Livas, L. Boeri., A. Sanna, G. Profeta, R. Arita and M. Eremets, Physics Reports **856**, 1-78 (2020); L. Boeri and G. B. Bachelet, Journal of Physics Condensed Matter, **31**, 234002 (2019);
L. Boeri et al., *The 2021 Room Temperature Superconductivity Roadmap*, Journal of Physics Condensed Matter, **34** 183002 (2022).
[4] Y. Sun, J. Lv, Y. Xie, H. Liu, and Y. Ma, Phys. Rev. Lett. **123**, 097001 (2019); A. D. Grockowiak, M. Ahart, T. Helm, W. A. Coniglio, R. Kumar, M. Somayazulu, Y. Meng, M. Oliff, V. Williams, N. W. Ashcroft, R. J. Hemley, and S. W. Tozer,
[5] S. di Cataldo, W. von der Linden and L. Boeri, Physical Review B **104**, L020511 (2021).
[6] S. Di Cataldo, W. von der Linden and L. Boeri Nature PJ Comp. Mat. **8**, 1-8 (2022).
[7] R Lucrezi, S Di Cataldo, W von der Linden, L Boeri, C Heil, arXiv preprint arXiv:2112.02131.
[8] S. Saha, S. di Cataldo, F. Giannessi, A. Cucciari, W. von der Linden and L. Boeri, *in preparation*.
[9] S Di Cataldo, S Qulaghasi, GB Bachelet, L Boeri, Physical Review B **105**, 064516 (2022).
[10] A. R. Oganov and C. Glass, J. Chem. Phys. **124**, 244704 (2006).
[11] S. Poncé, E. R. Margine, C. Verdi, and F. Giustino, Comp. Phys. Commun. **209**, 116 (2016).

c.	**Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali**

TU Graz - Austria
Max-Planck-Institute Halle- Germania
Max-Planck-Institute Mainz – Germania
University of Florida – USA
University of Buffalo - USA

d.	**Eventuali collaborazioni con le Università**

Sapienza Universita' di Roma - Italia
TU Graz - Austria
University of Buffalo - USA
University of Florida – USA

e.	Infrastrutture di ricerca

CINECA (supercalcolo)

f.	Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti		200	200	200
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi				
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**		73	73	73
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	**Fonti di finanziamento**
I ricercatori di ruolo afferenti a questo progetto sono pagati da Sapienza, che finanzia anche beni di consumo, spese di viaggio, etc. L'assegnista sarà invece assunto su fondi CREF.	
h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)**
	Il costo complessivo del progetto e' di 47000 euro (1 assegno di ricerca per due anni). Parallelamente allo svolgimento del progetto abbiamo ricevuto finanziamenti di calcolo parallelo al CINECA e al VSC (Austria) perche' forniscano le risorse di calcolo necessarie (oltre 2 M CPU hours). Siamo anche in contatto con i nostri partner USA per cercare di definire una forma di collaborazione e finanziamento internazionale sullo studio degli idruri ad alta pressione, che costituiscono l'oggetto di uno dei due sottoprogetti proposti. La capacita' del progetto di attrarre finanziamenti e' dimostrata dal fatto che negli anni passati lo studio che ha portato allo studio dei primi idruri e alla costruzione dei DB che verranno analizzati nel corso del presente progetto e' stato finanziato dall'FWF (ente di ricerca austriaco) con circa 500 keuro + 2 Milioni CPU hours. Nel 2021 La Sapienza ha finanziato una nostra richiesta per costruire un cluster HPC per il calcolo parallelo dedicato al material Design (grant 62keuro; PI L. Boeri; a HPC infrastructure for material design).

Fisica fondamentale nello Spazio

Data Inizio:	1/1/2022	Data Fine:	31/12/2024

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

Il Progetto Fisica Fondamentale nello Spazio è basato sull'analisi orbitale del satellite inseguito via laser LARES (LAser RElativity Satellite), progettato dal nostro gruppo e lanciato con successo dall'Agenzia Spaziale Italiana nel 2012, e di altri tre satelliti: LAGEOS 1, LAGEOS 2 e il futuro LARES 2 (pronto per il lancio dell'Agenzia Spaziale Italiana e European Space Agency a maggio 2022). Il Progetto FISP ha come obiettivo il raggiungimento di un insieme di prove sperimentali della relatività generale tra cui la misura del fenomeno del trascinamento dei sistemi inerziali (frame-dragging) con un'accuratezza mai raggiunta prima vicina a una parte su mille, e di altri test come il principio di equivalenza che nella sua forma debole è alla base della grande maggioranza delle teorie gravitazionali viabili. Un errore così piccolo nella misura del frame-dragging servirà a mettere limiti di validità su teorie alternative alla relatività generale, quali la teoria gravitazionale di Chern-Simons proposta per spiegare la quintessenza e l'accelerazione nell'espansione dell'universo, equivalente a teorie delle Stringhe di tipo II (heterotic). Per un confronto con altri esperimenti, si pensi che la costosissima missione spaziale GRAVITY-PROBE B della NASA, che avrebbe dovuto misurare l'effetto di frame-dragging con un errore di qualche parte su mille, ha pubblicato una misura dello stesso effetto raggiungendo soltanto un errore di circa il 20%.

Ricercatori coinvolti: Prof. Ignazio Ciufolini (CREF), Claudio Paris (Sapienza Università di Roma e Ivan Gnesi.

b.	Contenuto Tecnico Scientifico
c.	Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali

Scuola di Ingegneria Aerospaziale, Sapienza Università di Roma, Rome, Italy

Joint Center for Earth Systems Technology (JCET), University of Maryland, Baltimore County, USA

Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany

Center for Space Research, University of Texas at Austin, Austin, USA

Center for Cosmology and Astrophysics, Alikhanian National Laboratory and Yerevan State University, Yerevan, Armenia

Theory Center, University of Texas at Austin, Austin, USA

Mathematical Institute, University of Oxford, Oxford, UK

d.	Eventuali collaborazioni con le Università

Sapienza Università di Roma, Rome, Italy Joint Center for Earth Systems Technology (JCET), University of Maryland, Baltimore County, USA Center for Space Research, University of Texas at Austin, Austin, USA Yerevan State University, Yerevan, Armenia Theory Center, University of Texas at Austin, Austin, USA Mathematical Institute, University of Oxford, Oxford, UK

d.	**Infrastrutture di ricerca**

f.	**Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)**

Tipo di personale		**Anno I**	**Anno II**	**Anno III**	**Anno "n"**
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori	Ivan Gnesi			
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti				
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi				

d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**	Ignazio Ciufolini Claudio Paris			
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	**Fonti di finanziamento**
FOE/Progetti esterni	

h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)**
	Il CREF sostiene alcune spese per l'azoto liquido utilizzato per i test in laboratorio dei retroriflettori di LARES 2, dell'ordine dei 12k€ per l'anno 2022..

Complessità in epidemiologia

Data Inizio:	1/1/2021	Data Fine:	31/12/2023

a.	Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati e ricercatori coinvolti %

L'attuale pandemia di Covid-19 ha reso evidente che comprendere, prevedere e controllare un processo epidemico è estremamente difficile dato il livello di complessità e interconnettività della società in cui viviamo [PCV15]. Ciò nonostante negli ultimi 20 anni l'epidemiologia matematica e statistica si siano evolute facendo uso di metodi interdisciplinari mutuati dalla scienza dei sistemi complessi. In particolare, i più recenti approcci modellistici per lo studio della diffusione e del controllo delle malattie infettive sono basati sulla cosiddetta epidemiologia computazionale: simulazioni su larga scala e ad alta risoluzione basate su sofisticati modelli compartimentali (ad esempio, GLEAM [BDH10]).

Nel corso della pandemia di Covid-19 sono però emerse due vulnerabilità critiche dei modelli epidemici esistenti. La prima è che i modelli computazionali per poter funzionare devono poter lavorare su un substrato di dati molto dettagliati riguardanti la connettività sociale. Purtroppo, molti paesi non hanno database di mobilità affidabili e con sufficiente risoluzione geografica (molti paesi non li hanno affatto), e spesso ci si è dovuti affidare ai dati di geolocalizzazione dei telefoni cellulari misurati in tempo reale — e quindi influenzati dall'andamento dell'epidemia. Anche in Italia siamo stati molto carenti da questo punto di vista, pagando un prezzo sociale molto alto. La seconda criticità riguarda invece la caratteristica peculiare del Covid-19 di dar luogo non solo a pazienti sintomatici (a volte molto gravemente) ma anche ad un'ampia percentuale di contagiati asintomatici o paucisintomatici, in grado a loro volta di trasmettere la malattia ma molto difficili da identificare. Controllare l'epidemia in queste circostanze ha richiesto l'utilizzo di tecniche di contact tracing e in extrema ratio di lockdown generalizzati. Inoltre, i modelli compartimentali classici non erano costruiti per tenere conto dei soggetti asintomatici, e il problema del contact tracing non era stato studiato a sufficienza né tantomeno inserito in questi modelli. Oltre a questi due punti critici, ci sono una serie di aspetti emersi in questa pandemia che evidenziano ulteriori lacune nella nostra comprensione delle complesse dinamiche epidemiche nella società, come ad esempio il ruolo dei cosiddetti super-spreaders e la crescita lineare delle curve di contagio. Infine, per la prima volta nella storia dell'umanità la scienza è stata in grado di produrre vaccini efficaci in tempi brevissimi, aprendo la questione di come pianificare al meglio la campagna vaccinale in contemporanea con la dinamica di contagio (e non in una fase endemica, come avviene solitamente).

Questo progetto ha il preciso obiettivo di far luce sugli specifici punti critici appena discussi, facendo leva sulle competenze multidisciplinari (epidemiologia, fisica statistica, teoria delle reti, sociologia computazionale) presenti all'interno del Centro Fermi. Il progetto si articola in quattro direzioni principali:

1. Costruzione di un database di mobilità multilayer ad alta risoluzione per l'Italia
2. Modellizzazione ed implementazione di strategie per il Contact Tracing
3. Studio di effetti di rete: il ruolo dei super-spreaders e della topologia "small-world"
4. Design di strategie vaccinali real-time ottimali

In conclusione, affrontando le criticità emerse nella gestione della pandemia di Covid-19 il progetto mira a sviluppare metodologie e tecniche per gestire eventi epidemici futuri, basati su alcuni ingredienti cruciali: la formulazione di modelli matematici e computazionali che catturino gli aspetti chiave del fenomeno, la disponibilità di dati dettagliati e multiscala di mobilità e della diffusione del contagio in tempo reale per informare tali modelli, e l'utilizzo più efficace possibile delle armi che abbiamo a disposizione — dal tracciamento alle vaccinazioni. Questo è particolarmente rilevante ala luce del livello di complessità della nostra società e l'impressionante ritmo con cui nuove malattie contagiose sono emerse negli ultimi decenni [S19]. Solamente facendo tesoro di quanto imparato finora ed utilizzando metodologie multidisciplinari capaci di catturare la complessità dei fenomeni epidemici nel nostro tessuto sociale e di mobilità, saremo in grado di affrontare con successo le eventuali pandemie future.

Personale Coinvolto

- Giulio Cimini (Roma Tor Vergata, CREF)
- Claudio Castellano (ISC-CNR, CREF)
- Andrea Gabrielli (Roma Tre, CREF)
- Gaetano Salina (INFN Roma2, CREF)
- Francesco Sylos Labini (CREF)
- Assegnista di ricerca, su fondi CREF al 100% del tempo

b.	Contenuto Tecnico Scientifico

Di seguito si illustrano le attività di ricerca e i risultati ottenuti nel corso del primo anno di progetto.

Knowledge Base per la gestione delle epidemie

L'epidemiologia computazionale è basata sulla combinazione di sofisticati modelli matematici, potenza di calcolo e big data per fare previsioni [BDH10]. Avere a disposizione i dati non solo sull'andamento dell'epidemia ma anche sulla connettività e mobilità delle persone è un punto chiave per poter effettuare studi e previsioni dettagliate, tuttavia in Italia siamo ancora indietro: ci sono pochi dati disponibili, a bassa risoluzione geografica, influenzati da sistematiche a volte non ben definite, e di scarsa qualità. In effetti la stragrande maggioranza degli studi epidemiologici per l'Italia si basa su dati di mobilità proprietari da smartphone (es. Cuebiq, Facebook, Google) [BPC20, PBG20] che non sono prontamente disponibili né completamente comprensibili per ricercatori e decisori. Il punto è che manca un database dettagliato di connettività a livello nazionale: l'ultima versione disponibile è la matrice ISTAT origine-destinazione del 2011, che oltre ad essere obsoleta non tiene conto dei mezzi di trasporto a lungo raggio come aerei e treni.

Utilizzando una serie di Open Data (oltre alla suddetta matrice ISTAT di origine-destinazione, abbiamo considerato i trasporti aerei e ferroviari) abbiamo creato un modello di mobilità a rete multistrato descrittivo per l'Italia, utilizzando probabilità di transizione Markoviane per descrivere i flussi di mobilità tra i singoli comuni del territorio italiano. Per prima cosa abbiamo verificato che i flussi del modello fossero coerenti con dati di mobilità in tempo reale, ottenuti da Facebook Data For Goods. In secondo luogo, abbiamo utilizzato il modello per effettuare simulazioni epidemiologiche sul territorio italiano a livello di dettaglio comunale. Sono stati considerati vari scenari e analizzati i patterns epidemiologici risultanti:

- Diffusione a partire da seed iniziali diversi (Milano, Roma, Napoli);
- Modulazione della struttura a rete attraverso restrizioni di mobilità di varia natura.

Questi primi esempi mostrano come il modello ha il potenziale per diventare un simulatore di scenari epidemiologici e quindi fornire una base razionale alle decisioni politiche. Un primo working paper del modello sta per essere ultimato.

Il ruolo del Contact Tracing

La presenza di individui asintomatici (o pre-sintomatici) e contagiosi è stata probabilmente il fattore che ha reso più problematico il controllo dell'epidemia di Covid-19 [PDS21]. Infatti, un individuo asintomatico deve essere individuato e testato prima di poter essere isolato. Nonostante inizialmente la scarsità di test abbia rappresentato un grosso problema, ci si è resi presto conto di come, per disinnescare la crescita esponenziale dell'epidemia, fosse necessario uno sforzo vigoroso per tracciare e testare gli individui asintomatici. Un importante problema teorico è come introdurre il testing e il contact tracing nei modelli compartimentali. Risultati preliminari, infatti, indicano che i modelli diventano fortemente instabili intorno ad un punto critico determinato dall'abbondanza di test e dalle condizioni iniziali [ZBK20].

Per far luce su questo punto abbiamo introdotto nel classico modello SIR in campo medio:

- La distinzione di Infected (I) in Undetected (U) e Detected (D), passando da SIR a SUDR;
- Un termine dinamico di transizione da U a D che modellizza il tracing dei contatti U degli individui D.

Abbiamo derivato la dipendenza funzionale delll'indice R0 critico di questo modello dalla frazione di asintomatici, la capacità di tracing e il livello di connettività sociale. Abbiamo sviluppato una teoria matematica per studiare il comportamente del modello e stiamo al momento testandone le predizioni attraverso simulazioni numeriche. Abbiamo anche introdotto una estensione del modello che differenzia i D in pre-sintomatici e

sintomatici. Le instabilità intrinseche della dinamica richiederanno studi numerici accurati ed una profonda comprensione del modello.

Effetti di rete nel contagio

Grazie agli importanti sviluppi teorici della teoria delle reti, sappiamo oggi che la struttura dei contatti tra le persone e della loro mobilità ha conseguenze importanti sulle dinamiche di contagio [PCV15]. Un aspetto fondamentale riguarda le dinamiche di tipo SIS (susceptible - infected - susceptible), che a differenza dei modelli SIR (susceptible - infected - recovered) ammettono un equilibrio dinamico (ossia uno stato endemico stabile), e non sono facilmente mappabili in processi di percolazione. Il meccanismo chiave che innesca la comparsa di uno stato stazionario endemico sembra essere la reinfezione reciproca tra hub distanti. Recentemente il modello SIS è stato mappato in un processo di percolazione a lungo raggio (cumulative merging percolation, CMP), che descrive l'unione iterativa di cluster in reti, a seconda della loro massa e distanza reciproca [CP20].
In un recente preprint [CCP22] abbiamo sviluppato una formulazione più generale di CMP in termini del range di interazione del cluster, mostrando uno scenario di transizioni di fase ancora più ricco con competizione di diversi meccanismi risultanti in fenomeni di crossover. In particolare ,abbiamo considerato range di interazioni crescenti algebricamente e logaritmicamente con la massa del cluster. Le nostre previsioni analitiche sono confermate da simulazioni numeriche.

Strategie vaccinali in tempo reale

L'epidemia di Covid-19 è stata la prima in cui, grazie al progresso scientifico e tecnologico, abbiamo avuto a disposizione vaccini efficaci a pandemia in corso. Come abbiamo visto i vaccini possono avere un ruolo fondamentale nel rallentare il contagio, tuttavia la pianificazione della campagna vaccinale è una questione altamente complessa a causa dei pochi dati a disposizione sull'efficacia dei vaccini e della tipica scarsità di dosi (dovuta al tempo necessario per la produzione su larga scala). Anche decidere chi vaccinare prima — se i soggetti più a rischio oppure chi ha più contatti — è una decisione difficile che dipende ad esempio da quanto il vaccino è efficace nel prevenire la trasmissione. All'inizio le campagne vaccinali si sono chiaramente basate sulle raccomandazioni derivanti dai trials clinici (che per la maggior parte dei casi si basano sulla somministrazione di due dosi con un certo tempo di richiamo). Tuttavia, data la scarsità di dosi in molti si sono chiesti se non fosse meglio adottare una strategia che desse priorità alle prime dosi, con l'obiettivo di proteggere il più presto possibile quante più persone possibile, in attesa di una migliore disponibilità di vaccini ritardando di qualche settimana la seconda dose. Supportati da stime confortanti circa l'efficacia di una singola dose misurata da studi sul campo, abbiamo studiato gli effetti della strategia vaccinale di dare priorità alla prima dose almeno per determinate fasce della popolazione. Lo studio è stato pubblicato su Frontiers in Public Health [PCR21], e la strategia è stata effettivamente adottata in Italia.

Attività di Terza Missione

Questo studio [PCR21] è stato presentato da Giuseppe Pontrelli il 29 ottobre 2021, al Senato della Repubblica, nel convegno "I dati, bene comune. Pandemia, PNRR e le prossime sfide del Paese", un incontro multidisciplinare che ha riunito esperti di vari settori per discutere sul valore e l'utilizzo dei dati nel mondo di oggi, e per sensibilizzare l'opinione pubblica e i decisori politici della necessità di creare canali di condivisione e accesso ai dati: https://www.scienzainrete.it/articolo/dati-bene-comune-pandemia-pnrr-e-le-prossime-sfide-del-paese/2021-11-15.
L'iniziativa, promossa dalla senatrice Mariolina Castellone, ha visto inoltre gli interventi di:

- Pierpaolo Sileri, sottosegretario di stato alla salute
- Francesco Sylos Labini, ricercatore del Centro Ricerche Enrico Fermi
- Stefania Salmaso, epidemiologa dell'Associazione italiana di epidemiologia
- Luca Carra, direttore di Scienza in rete
- Patrizio Pezzotti, Istituto superiore di Sanità
- Vittoria Colizza, INSERM (Parigi)
- Alessandro Vespignani, Northwestern University (Boston)
- Guido Scorza, rappresentante del Collegio del garante per la privacy.

Referenze

[BDH10] Balcan D, Gonçalves B, Hu H, Ramasco JJ, Colizza V, Vespignani A (2010) Modeling the spatial spread of infectious diseases: The GLobal Epidemic and Mobility computational model. Journal of Computational Science 1(3) 132-145

[BPC20] Bonaccorsi G, Pierri F, Cinelli M, Flori A, Galeazzi A, Porcelli A, Schmidt AL, Valensise CM, Scala A, Quattrociocchi W, Pammolli F (2020) Economic and social consequences of human mobility restrictions under COVID-19. PNAS 117(27) 15530-15535

[CCP22] Cirigliano L, Cimini G, Pastor-Satorras R, Castellano C (2022) Cumulative Merging Percolation: A long-range percolation process in networks. arXiv:2203.01014

[CP20] Castellano C, Pastor-Satorras R (2020) Cumulative Merging Percolation and the Epidemic Transition of the Susceptible-Infected-Susceptible Model in Networks. Phys. Rev. X 10, 011070

[PBG20] Pepe E, Bajardi P, Gauvin L, Privitera F, Lake B, Cattuto C, Tizzoni M (2020) COVID-19 outbreak response, a dataset to assess mobility changes in Italy following national lockdown. Scientific Data 7: 230

[PCR21] Pontrelli G, Cimini G, Roversi M, Gabrielli A, Salina G, Bernardi S, Rocchi F, Simonetti A, Giaquinto C, Rossi P, Sylos Labini F (2021) Prioritizing the first doses of SARS-CoV-2 vaccine to save the elderly: the case study of Italy. Frontiers in Public Health 9

[PCV15] Pastor-Satorras R, Castellano C, Van Mieghem P, Vespignani A (2015) Epidemic processes in complex networks. Rev. Mod. Phys. 87(3) 925-979

[S19] Snowden FM (2019) Epidemics and Society, Yale University Press

[ZBK20] Zlatić V, Barjašić I, Kadović A, Štefančić H, Gabrielli A (2020) Bi-stability of SUDR+K model of epidemics and test kits applied to COVID-19. Nonlinear Dynamics 101, 1635–1642

c.	Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali

- Istituto dei Sistemi Complessi, Consiglio Nazionale delle Ricerche
- Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
- Ospedale Pediatrico Bambino Gesù Roma

d.	Eventuali collaborazioni con le Università

- Dipartimento di Fisica, Università di Roma Tor Vergata
- Dipartimento di Ingegneria, Università Roma Tre

e.	Infrastrutture di ricerca

f.	Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				

	Tecnologi/ricercatori	100	200	200	
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti				
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi				
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**				
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

g.	**Fonti di finanziamento**
(descrizione dei programmi/progetti e dei soggetti: es Miur; Progetti UE; Programmi nazionali, etc..) FOE	
h.	**Costo complessivo del progetto e capacità del progetto di attrarre fondi (EU, Fondazioni etc..)**
	Il costo complessivo del progetto è di circa 30 k€ all'anno, ossia il costo dell'assegnista.

Infrastrutture di Ricerca

6	Infrastrutture di Ricerca

Indicare se [X] **Sede centrale**

Area di Intervento [X] HORIZON 2020 [ ] Altra Area di Intervento

Indicare se
Attività di ricerca con risultati pubblicabili [X]
Attività di ricerca in collegamento con altre infrastrutture nazionali ed internazionali [X]

Descrizione Dipartimento,Istituto, Sezione	In sede sono presenti due laboratori. Il primo dei due è dedicato alla fisica per lo studio dei beni culturali, con dispositivi FTIR e X-Raman, come illustrato nel relativo progetto: "Fisica per i Beni Culturali" Il secondo laboratorio, che dispone di due tavoli ottici, laser e ulteriore equipaggiamento è dedicato allo studio di fotonica e ottica quantistica, come descritto nel relativo progetto: "Tecnologie fotoniche e intelligenza artificiale"

Collaborazioni nazionali e internazionali (accordi bilaterali)

7	Collaborazioni nazionali e internazionali – descrizioni accordi bilaterali o trilaterali

Indicare se [X] **Sede centrale**

Area di Intervento [X] HORIZON 2020 [ ] Altra Area di Intervento

Descrizione	Oltre alle numerose collaborazioni nazionali e internazionali già indicate per ogni progetto scientifico riportati nelle sezioni precedenti, sono attive le seguenti collaborazioni istituzionali, frutto di accordi bilaterali: 1. Collaborazione con la World Bank di Washington: l'attività di ricerca riguarda l'utilizzo delle metodologie denominate di Economic Fitness and Complexity per lo studio dello sviluppo economico, tecnologico, scientifico dei Paesi e del livello di complessità raggiunto in ogni settore, con particolare attenzione all'applicazione a scopo predittivo. 2. Collaborazione con il Laboratorio della Creatività di Sony CSL di Parigi: l'attività di collaborazione riguarda l'applicazione dei metodi dei sistemi complessi allo studio della complessità sociale, con particolare riguardo ai diciassette obiettivi di sviluppo sostenibile stabiliti nel 2015 dalle Nazioni Unite.

Attività di Terza Missione

Progetto EEE

a.	Finalità e Obiettivi

Il Progetto Extreme Energy Events (EEE) – "La Scienza nelle Scuole" è un esperimento scientifico per lo studio della radiazione cosmica al suolo, orientato alla diffusione scientifica nelle scuole superiori. La peculiarità del progetto EEE è l'estensione geografica della rete, visto che i rivelatori sono distribuiti su tutto il territorio nazionale (Figura 1). Il Progetto EEE svolge in modo innovativo e unico un importante ruolo di diffusione della cultura scientifica attraverso il coinvolgimento diretto di studenti e professori di circa cento scuole superiori italiane nelle diverse fasi dell'esperimento, dalla costruzione dei rivelatori al CERN alla manutenzione dei telescopi EEE installati presso gli istituti, così come nella fase di acquisizione e analisi dei dati. Allo stato attuale del Progetto ogni anno partecipano alle attività più di mille studenti provenienti da tutta l'Italia.

La rete EEE è costituita attualmente da 60 telescopi, ciascuno formato da tre rivelatori MPRC (disposti uno sopra l'altro a distanza di 50 cm) per il tracciamento della radiazione cosmica. I rivelatori sono costruiti al CERN da squadre di docenti e studenti, e installati in istituti scolastici superiori, Università ed Enti Pubblici di Ricerca (CREF, Sezioni INFN, CERN). I dati acquisiti dai singoli telescopi permettono di studiare le caratteristiche del flusso locale dei raggi cosmici secondari. Grazie alla sincronizzazione temporale dei telescopi è possibile ricercare e studiare eventi in coincidenza tra stazioni a distanze sino a qualche km l'una dall'altra, ai fini dello studio degli sciami atmosferici estesi. La distribuzione sul territorio dei rivelatori, organizzata in cluster o in stazioni singole, offre la possibilità unica al mondo di ricercare correlazioni tra stazioni poste a centinaia di km tra loro: un eventuale segnale positivo sarebbe indicazione diretta di meccanismi ipotizzati ma non ancora verificati sperimentalmente. L'esperimento EEE può fornire inoltre un contributo nel campo dell'astronomia *multi-messenger*, basato sulla rilevazione simultanea dei diversi segnali prodotti da uno stesso oggetto o fenomeno astrofisico. Nell'ambito del Progetto EEE è anche nata la Missione PolarquEEEst, nell'ambito della quale sono stati costruiti ed installati, alle isole Svalbard, rivelatori a scintillazione compatti per lo studio dei raggi cosmici a latitudini estreme.

Dopo un periodo di interruzione delle attività a causa dell'emergenza sanitaria il Progetto EEE sta riprendendo le attività in presenza anche presso le scuole, con l'ulteriore sfida di una transizione ecologica degli apparati di misura.
Dal 17 al 19 Novembre 2021 le scuole di EEE sono tornate con entusiasmo a riunirsi in presenza (Figura 2) in occasione della Conferenza del Progetto EEE, ospitata *dall'Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture* di Erice.

b.	Servizi erogati (attività di alta formazione)

no

c.	Servizi conto terzi

no

d.	Attività di public engagement

Data/ periodo di svolgimento dell'iniziativa	Giugno-Settembre
Titolo dell'iniziativa	Notte Europea dei Ricercatori
Categoria/e di attività di public engagement (sulla base della lista sopra indicata; sono possibili risposte multiple)	Eventi Pubblici
Breve descrizione (allegare un testo max 500 battute)	Presentazione delle attività legate al Progetto EEE al grande pubblico, alla quale

	partecipano come presentatori i ricercatori del CREF, nonché gli studenti e i professori partecipanti al Progetto EEE.
Budget complessivo utilizzato	
(di cui) Finanziamenti esterni	
Impatto stimato (ad es. numero di partecipanti effettivi per eventi; numero documentato di accessi a risorse web; numero copie per pubblicazioni; audience stimata per eventi radio/TV, etc.)	Il numero stimato è di circa 50/100 partecipanti
Link a siti web (se disponibili)	

Data/ periodo di svolgimento dell'iniziativa	Novembre
Titolo dell'iniziativa	International Cosmic Day
Categoria/e di attività di public engagement (sulla base della lista sopra indicata; sono possibili risposte multiple)	Partecipazioni attive a incontri pubblici organizzati da altri soggetti
Breve descrizione (allegare un testo max 500 battute)	Giornata internazionale dedicata a studenti delle scuole secondarie di tutto il mondo e incentrata sullo studio dei raggi cosmici. Sono previsti piccoli esperimenti, attività di analisi dati e presentazione agli altri partecipanti dei risultati.
Budget complessivo utilizzato	
(di cui) Finanziamenti esterni	
Impatto stimato (ad es. numero di partecipanti effettivi per eventi; numero documentato di accessi a risorse web; numero copie per pubblicazioni; audience stimata per eventi radio/TV, etc.)	Il numero stimato è di circa 300/400 partecipanti
Link a siti web (se disponibili)	https://icd.desy.de/ Edizione EEE 2021: https://agenda.centrofermi.it/event/196/

Data/ periodo di svolgimento dell'iniziativa	Ottobre – Giugno
Titolo dell'iniziativa	Run Coordination Meeting
Categoria/e di attività di public engagement (sulla base della lista sopra indicata; sono possibili risposte multiple)	Iniziative di orientamento e interazione con le scuole superiori
Breve descrizione (allegare un testo max 500 battute)	Il Progetto EEE organizza durante l'anno scolastico, con cadenza mensile, incontri da remoto per approfondimenti legati all'esperimento (e non solo) per gli studenti e i professori partecipanti al Progetto. Durante l'emergenza sanitaria nel corso del 2020 e del 2021 sono stati organizzati incontri su vari temi che hanno visto la partecipazione di

	centinaia di studenti e professori delle scuole coinvolte nel progetto.
Budget complessivo utilizzato	
(di cui) Finanziamenti esterni	
Impatto stimato (ad es. numero di partecipanti effettivi per eventi; numero documentato di accessi a risorse web; numero copie per pubblicazioni; audience stimata per eventi radio/TV, etc.)	Il numero stimato è di circa 300/400 partecipanti
Link a siti web (se disponibili)	Eventi anno 2021: https://agenda.centrofermi.it/event/202/ https://agenda.centrofermi.it/event/200/ https://agenda.centrofermi.it/event/198/ https://agenda.centrofermi.it/event/195/ https://agenda.centrofermi.it/event/191/ https://agenda.centrofermi.it/event/189/ https://agenda.centrofermi.it/event/186/ https://agenda.centrofermi.it/event/183/ https://agenda.centrofermi.it/event/179/

Data/ periodo di svolgimento dell'iniziativa	Dicembre
Titolo dell'iniziativa	Giornate di Studio
Categoria/e di attività di public engagement (sulla base della lista sopra indicata; sono possibili risposte multiple)	Iniziative di orientamento e interazione con le sc superiori
Breve descrizione (allegare un testo max 500 battute)	Il Progetto EEE organizza con cadenza annuale inco in presenza con studenti e professori delle sc partecipanti per approfondire tematiche rela all'esperimento per mezzo di lezioni ed esercitaz (masterclass). Durante le giornate di studio gli stud sono anche chiamati a presentare a tutta la plat risultati di lavori svolti nell'ambito di EEE dura l'anno.
Budget complessivo utilizzato	15000 €
(di cui) Finanziamenti esterni	
Impatto stimato (ad es. numero di partecipanti effettivi per eventi; numero documentato di accessi a risorse web; numero copie per pubblicazioni; audience stimata per eventi radio/TV, etc.)	Il numero stimato per l'anno in corso è di circa partecipanti in presenza, 150 al temine dell'emerge sanitaria.
Link a siti web (se disponibili)	https://agenda.centrofermi.it/event/197/ (edizi 2021)

e.	**Produzione e gestione di beni culturali**
f.	**Infrastrutture e attività di ricerca clinica**
g.	**Brevetti**
h.	**Spin off**

i.	Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

Tipo di personale		Anno I	Anno II	Anno III	Anno "n"
a.	**Personale di ruolo**				
	Tecnici	30	30	30	30
	Tecnologi/ricercatori	90	90	90	90
b.	**Personale non di ruolo**				
	Amministrativi				
	Tecnici				
	Tecnologi/ricercatori				
c.	**Altro Personale**				
	Altri Incarichi di Ricerca				
	Assegnisti				
	Borsisti				
	Co.Co.Co				
	Comandi in Entrata				
	Dottorandi				
d.	**Personale precedentemente citato proveniente dalle Università**				
e.	**Altre forme di lavoro flessibile incluse borse e forme di lavoro legate allo svolgimento di progetti europei (es ERC)**				

l.	Costo complessivo del progetto

Trasferimenti a carico FOE

Voce di spesa		Annualità I	Annualità II	Annualità III	Annualità "n"
	Personale	100	100	100	100
	Funzionamento e rivelatori	120	120	120	120
	Missioni ed eventi terza missione	30	30	30	30

Per la voce di spesa relativa al personale indicare la spesa relativa al personale di ruolo, non di ruolo ed altro personale (assegnisti, co.co.co., borsista, comandato, dottorando, altri incarichi di ricerca.

Eventuali ulteriori finanziamenti: (indicare i finanziamenti interni/ esterni)

Voce di spesa		Annualità I	Annualità II	Annualità III	Annualità "n"
	Collaborazione INFN	250	250	250	250

Museo

a.	Finalità e Obiettivi

Il Museo del CREF intende essere il luogo della Memoria Storica di quanto avvenuto negli anni Trenta nella palazzina, delle fondamentali scoperte di Fermi e dei ragazzi di Via Panisperna e delle loro avventurose vite ancora oggi foriere di indagini e curiosità, e si propone anche di diventare, grazie al prestigio dell'edificio e al suo posizionamento nel rione Monti, ovvero al centro di Roma, il riferimento per la diffusione della cultura scientifica nella Capitale ed uno dei poli a livello nazionale. In particolare, superata l'emergenza pandemica, si prevede di attivare una sistematica collaborazione con le Istituti di formazione della Capitale in primis per ricevere classi di studenti di scuole superiore e inferiore. A questo fine sono stati attivati già contatti preliminari con gli assessorati competenti che collaboreranno alla diffusione dell'iniziativa. Negli ultimi due anni, causa pandemia, le visite sono state limitate ai periodi più favorevoli, ossia quelli estivi in cui le restrizioni erano minori. Durante la primavera del 2022 le visite sono riprese al ritmo di qualche centinaio di visitatori per mese, numero che contiamo di aumentare significativamente nel prossimo futuro.

b.	Servizi erogati (attività di alta formazione)

c.	Servizi conto terzi

d.	Attività di public engagement

Il CREF ha infatti iniziato la sua attività nella palazzina storica dove Enrico Fermi, insieme al suo gruppo di giovani collaboratori, i "Ragazzi di Via Panisperna", portò avanti i celebri esperimenti sulla radioattività indotta da neutroni lenti, che gli valsero il Nobel per la Fisica nel 1938. Il Museo della fisica dedicato a Enrico Fermi è stato parzialmente allestito ma sono necessari ulteriori interventi sia sul Museo che nelle aree della palazzina ad esse contigue per poter sviluppare completamente il potenziale del CREF quale protagonista del Sistema di Ricerca e divulgazione scientifica italiano ed internazionale. L'obiettivo è di valorizzare il patrimonio tecnico-scientifico e storico culturale del CREF e della sua sede. Il CREF, in virtù della sua peculiare duplice missione istituzionale di sede museale e di centro di ricerca, coniuga attività di ricerca e di diffusione della cultura scientifica nei luoghi testimoni di importanti scoperte che hanno contribuito all'avanzamento della fisica moderna.

E' nostra intenzione anche creare, generare ed alimentare una collaborazione costante con il mondo delle Università, italiane e straniere, le scuole e il grande pubblico, all'interno di un contesto dinamico ed interdisciplinare. Il Museo si propone anche di dare vita ad un programma di attività votate alla divulgazione scientifica di alto impatto socioculturale che possano altresì alimentare il "trasferimento tecnologico" all'interno del triangolo della conoscenza ricerca/università/imprese anche tramite un solido network pubblico/privato. Il progetto è rivolto a categorie di soggetti diversi quali studenti e docenti delle scuole primarie e secondarie, universitari ed accademici, ed il grande pubblico, senza dimenticare quanto la scienza e la tecnologia siano di impatto sulla vita quotidiana di tutti noi e sull'indirizzare le coscienze soprattutto dei più giovani. Vogliamo rendere protagoniste in modo sinergico più discipline scientifiche anche tramite l'impiego di strategie comunicative quali la letteratura e le arti visive e sonore in quanto canali di comunicazione trasversali e universali. Sono proposte metodologie di "trasferimento" della conoscenza e quindi di comunicazione, divulgazione e apprendimento di tipo "sistemico" anche tramite strumenti, tecniche e tecnologie all'avanguardia già proprie del CREF. A questo scopo si intende dar vita a una stratta collaborazione anche attraverso il coinvolgimento diretto e continuativo di artisti di caratura internazionale nel settore cinematografico e musicale permetterà la diffusione della cultura scientifica diffusione verso il grande pubblico proponendo strumenti e modalità innovative e a tecnologia avanzata con lo scopo di coinvolgere, appassionare, chi la scienza la fa, chi la sta imparando e chi la scopre per la prima volta.

Attraverso le attività del Museo vogliamo rendere la scienza fonte di ispirazione per i più giovani, consapevolezza per chi la studia, e certezza per chi la pratica, alimentando il confronto e il dibattito, offrendo contenuti, modalità, e strumenti diversificati in relazione alla tipologia di utente/pubblico. Tra le attività previste si annoverano mostre

temporanee, cicli di conferenze, lectio magistralis e convegni accademici, attività laboratoriali, meeting tematici di storia e filosofia della scienza.

e.	Produzione e gestione di beni culturali

Il Museo del CREF intende essere il luogo della Memoria Storica di quanto avvenuto negli anni Trenta nella palazzina, delle fondamentali scoperte di Fermi e dei ragazzi di Via Panisperna e delle loro avventurose vite ancora oggi foriere di indagini e curiosità (si pensi al caso Majorana che ispira continuamente opere cinematografiche ed editoriali così come servizi dei media), e si propone anche di diventare, grazie al prestigio dell'edificio e al suo posizionamento nel rione Monti, ovvero al centro di Roma, il riferimento per la diffusione della cultura scientifica nella Capitale ed uno dei poli a livello nazionale. A questo scopo, la realtà virtuale proposta nel progetto VEROSH rappresenta il *core* di una nuova maniera di divulgare la scienza, utilizzando l'aspetto emozionale e di intrattenimento, che solo una tecnologia moderna molto sofisticata può fornire proiettando lo spettatore all'interno di un mondo totalmente virtuale, e coniugandolo all'opportunità di illustrare in termini semplici ed accattivante i concetti scientifici alla base degli esperimenti realizzati in questa palazzina da Fermi e il suo gruppo e di quelli che poi si sono sviluppati nell'immediato futuro.

Questo progetto si propone di essere il volàno per un programma di attività di promozione e diffusione della cultura scientifica ospitato negli spazi del CREF che possa rendere il Museo una realtà unica nel panorama nazionale e internazionale. In particolare, intendiamo creare una sala di realtà virtuale, che per la sua originalità diventerà sicuramente un'attrattiva di grande richiamo per il vasto pubblico generalista, e ci proponiamo al contempo di valorizzare il patrimonio tecnico-scientifico, storico e culturale del CREF e della sua sede. Attraverso ulteriori interventi tecnologici e strutturali proposti si potrà sviluppare completamente il potenziale del CREF quale protagonista della divulgazione scientifica sia in Italia sia a livello internazionale, dando vita ad un programma continuativo di attività di alto impatto socioculturale. La platea di riferimento dell'azione di diffusione della cultura scientifica include categorie di soggetti diversi quali studenti e docenti delle scuole primarie, secondarie ed universitari, ma anche e soprattutto il vasto pubblico dei cittadini incuriositi dalla scienza che può trovare nel Museo un riferimento per l'approfondimento di tematiche ad essa legate che abbiano sia una solida base scientifica e storica sia una rilevanza nella formazione di una pubblica opinione informata su temi di attualità.

Tra le attività previste si annoverano mostre temporanee, cicli di conferenze, *lectio magistralis* e convegni accademici, attività laboratoriali, meeting tematici di storia e filosofia della scienza, proiezione di documentari, cortometraggi e film a carattere scientifico ed anche installazioni e performances da parte di artisti che si ispirano nella loro opera a tematiche di natura scientifica che siano volti ad approfondire e sviluppare il rapporto tra **arte e scienza**. In breve, si vuole rendere il Museo un luogo dove poter sperimentare e ricercare nuove e diverse forme di diffusione della cultura scientifica che utilizzino anche, come strumento di comunicazione, le moderne tecnologie, le arti visive e cinematografiche così creando un reale ponte tra la cultura umanistica e quella scientifica che possa attrarre l'interesse di un vasto pubblico.

Il Museo è parte integrante dell'Ente di Ricerca e dunque al momento le spese per il suo mantenimento sono a carico del fondo di finanziamento ordinario dello stesso, le cui risorse finanziarie sono utilizzate principalmente per il personale, le attività di ricerca e la relativa struttura amministrativa a supporto della stessa.

i.	Personale impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

Essendo l'attività museale la mission dell'Ente, insieme alla attività di ricerca, tutto il personale permanente di ricerca dell'Ente dedicherà circa i 10% del suo tempo alla comunicazione e divulgazione scientifica. In particolare, le scuole che verranno in visita al Museo sono accompagnate nella visita durante la quale i ricercatori rispondono alle domande che sorgono.

g.	Brevetti

h.	Spin off