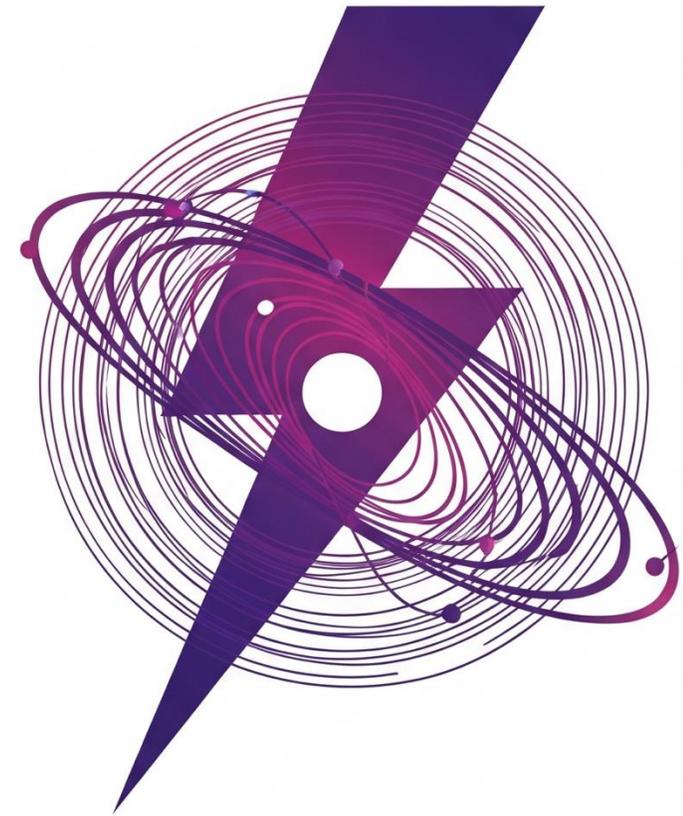

GravNet/FLASH

Claudio Gatti

CdL Preventivi 2026

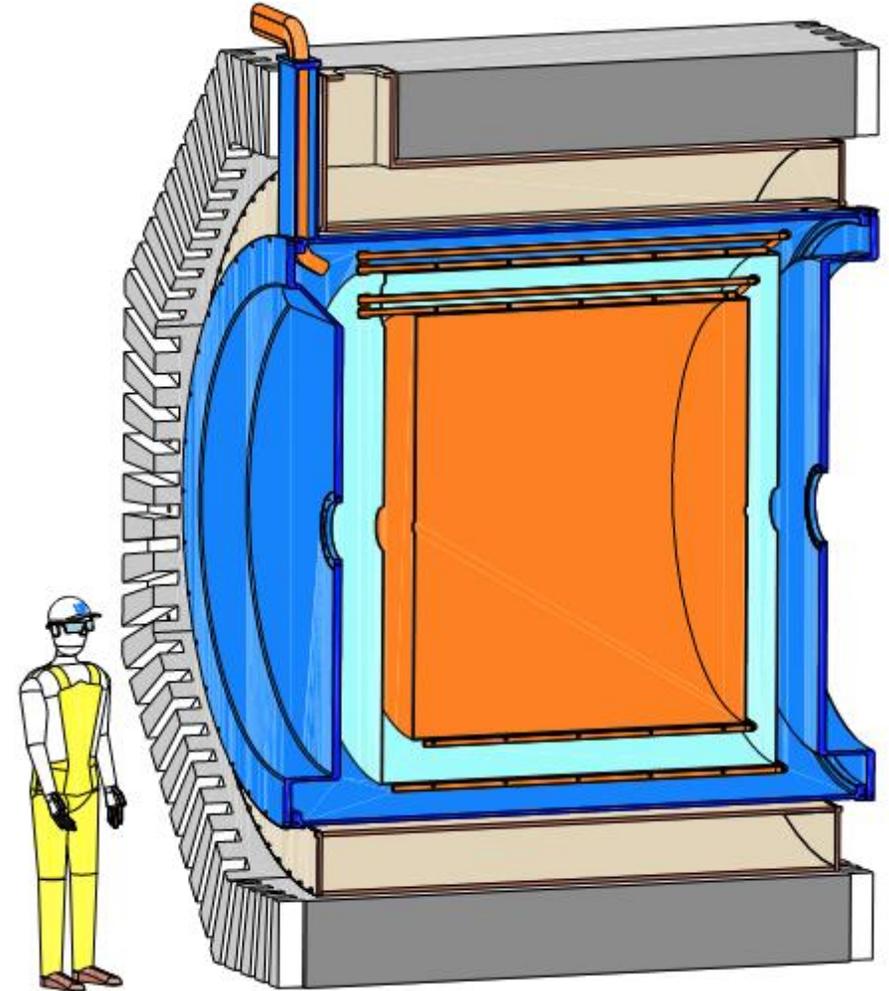
LNF



INFN
FLASH

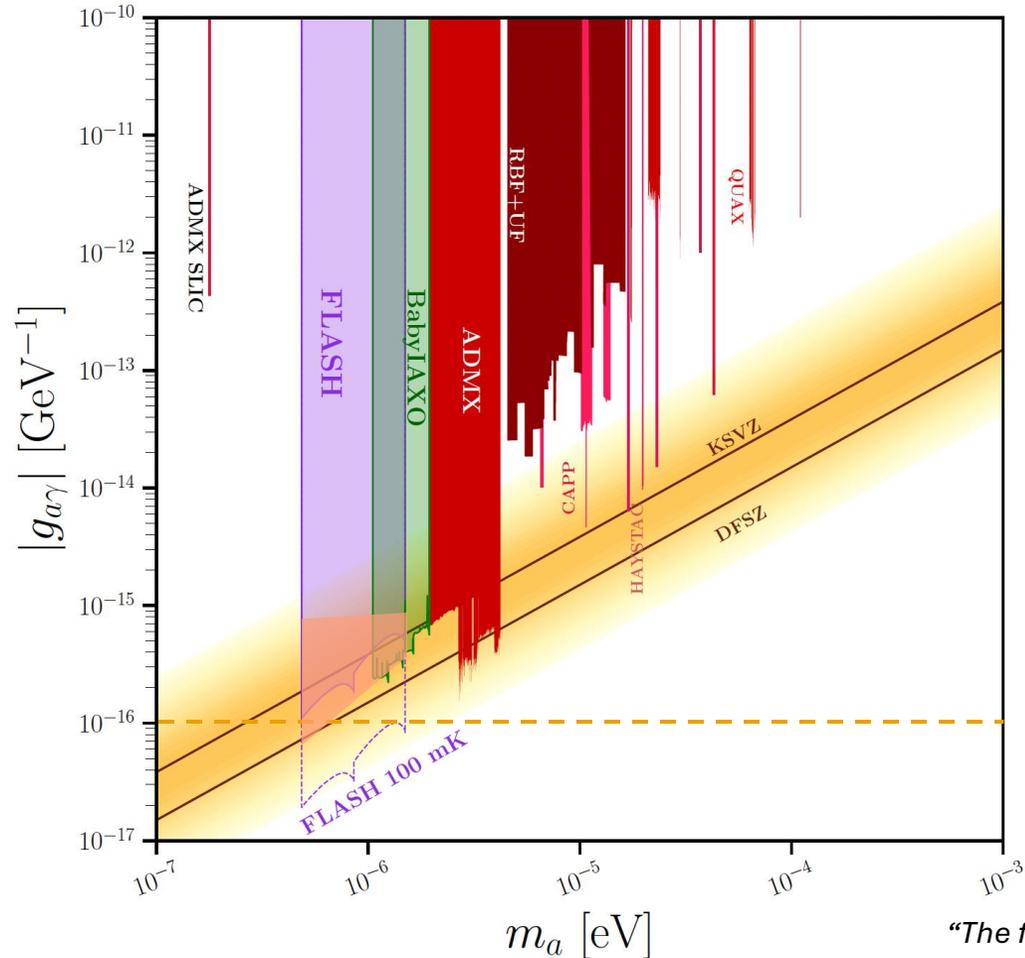
GravNet e FLASH

- Ricerca di assioni come candidati di materia oscura leggera con Aloscopio, nel range di masse $(0.49 - 1.49) \mu eV$
- Ricerca di GW ad alte frequenze $(100 - 300) MHz$
 - Riciclo del magnete di FINUDA ($B = 1.1 T$)
 - Cavità con volume $V = 4.5 m^3$
 - Lettura segnale con SQUID
 - Refrigerato a $T = 1.9 K$ riutilizzando l'impianto criogenico di DAFNE



FLASH Physics Reach

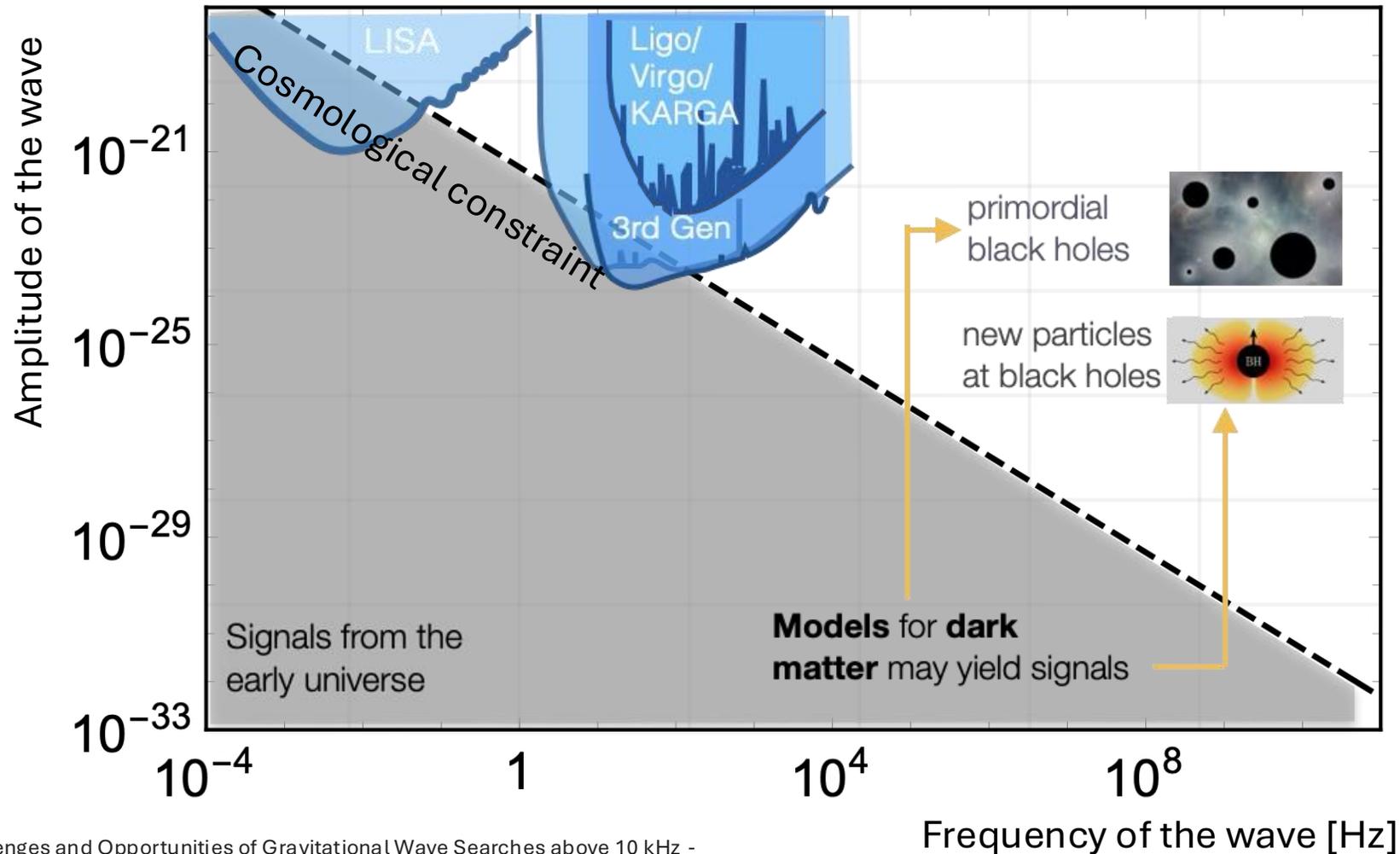
With Cu cavity at 1.9 K



Parameter	Value
ν_c [MHz]	150
m_a [μeV]	0.62
$g_{a\gamma\gamma}^{\text{KSVZ}}$ [GeV^{-1}]	2.45×10^{-16}
Q_L	1.4×10^5
C_{010}	0.53
B_{max} [T]	1.1
β	2
τ [min]	5
T_{sys} [K]	4.9
P_{sig} [W]	0.9×10^{-22}
Scan rate [Hz s^{-1}]	8
m_a [μeV]	0.49 - 1.49
$g_{a\gamma\gamma}$ 90% c.l. [GeV^{-1}]	$(0.8 - 3.96) \times 10^{-16}$

“The future search for low-frequency axions and new physics with the FLASH resonant cavity experiment at Frascati National Laboratories” Physics of the Dark Universe 42 (2023) 101370

Gravitational Waves Landscape



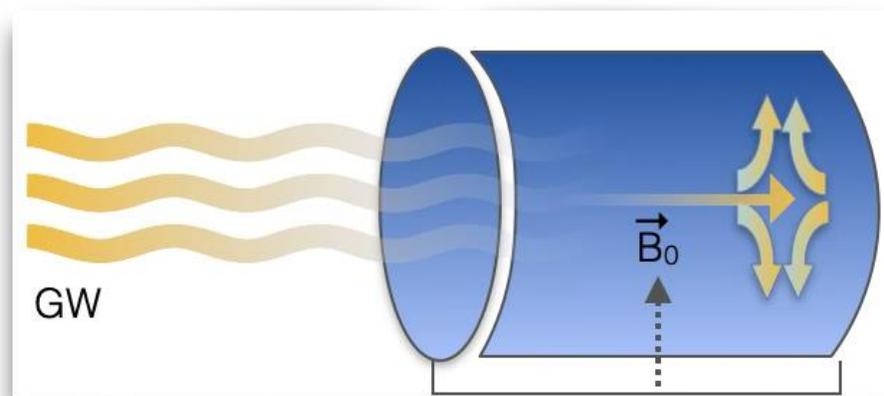
Le HFGW potrebbero potenzialmente essere generate da una serie di fenomeni fisici esotici originati sia nell'Universo primordiale che in quello attuale.

Forse l'unico modo per accedere alla fisica alle altissime scale di energia connesse con questi processi.

Come rivelare le HFGW



Source



Strong static magnetic field

SOVIET PHYSICS JETP

VOLUME 14, NUMBER 1

JANUARY, 1962

WAVE RESONANCE OF LIGHT AND GRAVITATIONAL WAVES

M. E. GERTSENSHTEĪN

Submitted to JETP editor July 29, 1960

J. Exptl. Theoret. Phys. (U.S.S.R.) **41**, 113-114 (July, 1961)

The energy of gravitational waves excited during the propagation of light in a constant magnetic or electric field is estimated.

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \left(-\frac{1}{4} g_{\mu\alpha} g_{\nu\beta} F^{\mu\nu} F^{\alpha\beta} \right)$$

$$g^{\mu\nu} = \eta^{\mu\nu} + h^{\mu\nu}$$

Simile alla rivelazione di Assioni

VOLUME 51, NUMBER 16

PHYSICAL REVIEW LETTERS

17 OCTOBER 1983

Experimental Tests of the “Invisible” Axion

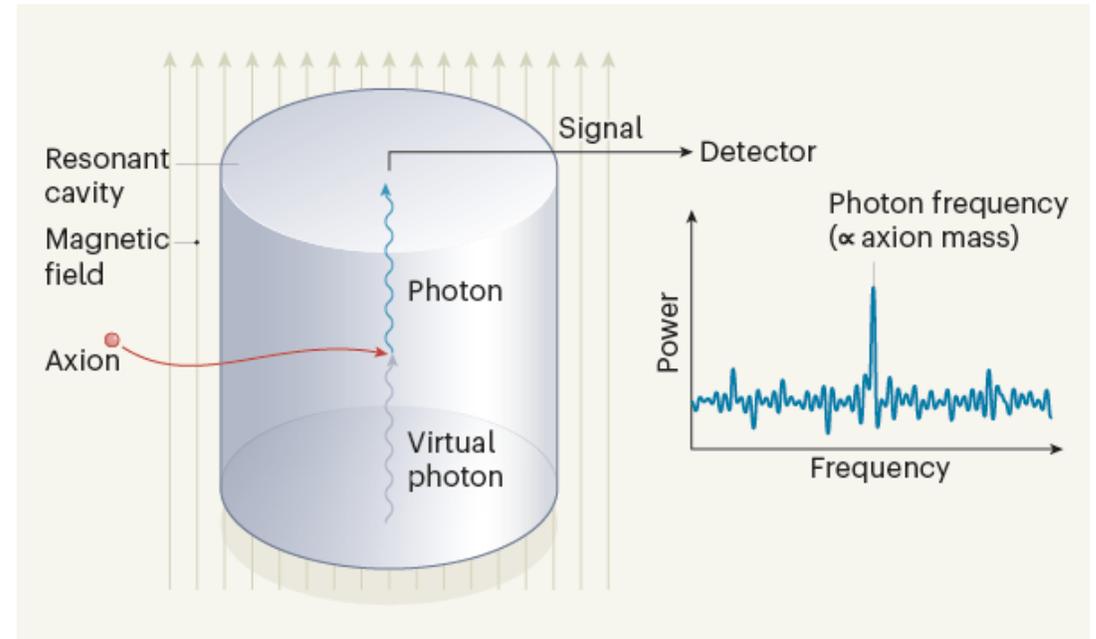
P. Sikivie

Physics Department, University of Florida, Gainesville, Florida 32611

(Received 13 July 1983)

Experiments are proposed which address the question of the existence of the “invisible” axion for the whole allowed range of the axion decay constant. These experiments exploit the coupling of the axion to the electromagnetic field, axion emission by the sun, and/or the cosmological abundance and presumed clustering of axions in the halo of our galaxy.

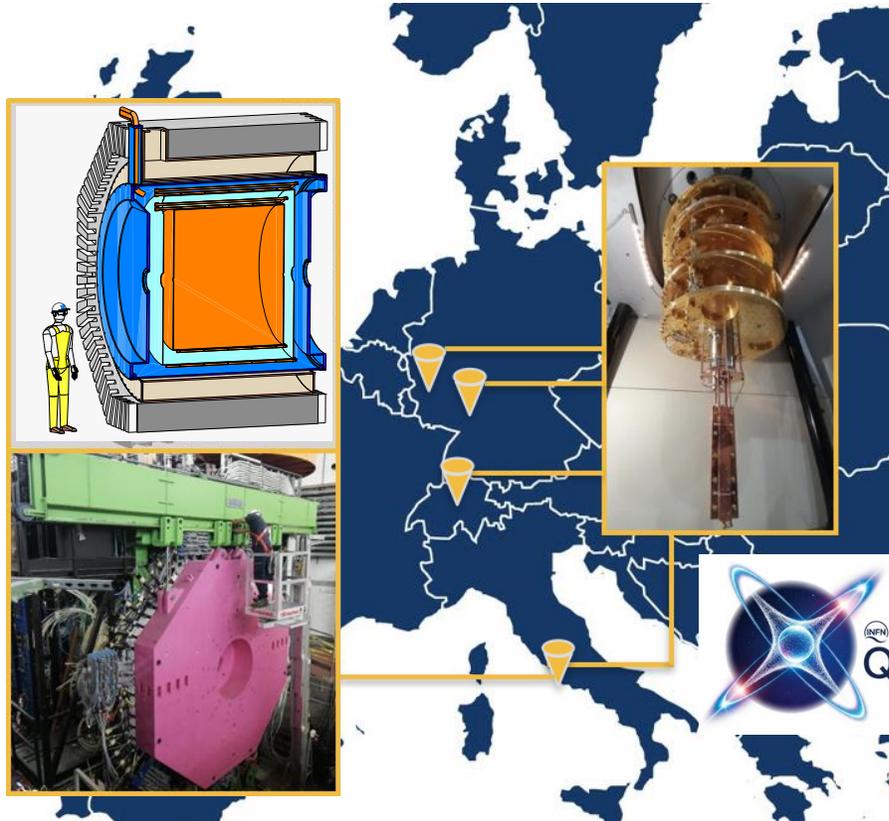
PACS numbers: 14.80.Gt, 11.30.Er, 95.30.Cq



GravNet: A Global Network for the Search for High Frequency Gravitational Waves



European Research Council
Established by the European Commission



Claudio Gatti (INFN), Dmitry Budker (Mainz), Matthias Schott (Bonn), Diego Blas (IFAE)

FLASH Collaboration



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
TIFPA
Trento Institute for Fundamental Physics and Applications



Departamento de Física Teórica
Universidad Zaragoza



UNICAM
Università di Camerino
1336



UNIVERSITY OF
LIVERPOOL



JOHANNES GUTENBERG
UNIVERSITÄT MAINZ



UNIVERSITAT
DE VALÈNCIA



Institut de Física d'Altes Energies



UNIVERSITÀ DI PISA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARAGENA
Fechos Allend Mar



INSTITUT DE FÍSICA CORPUSCULAR

Technical Board
F. Bossi (Chair), S. Gazzana (Technical Manager), C. Ligi (Cryogenics), G. Mazzitelli (Computing), C Gatti (PI)

Table 5: FTE FLASH Anno 2026

Unità	FTE	FTE medi
LNF	9,2	0,48
Pisa	1,8	0,36
Trento (dtz)	0,6	0,3
Totale	11,6	0,45

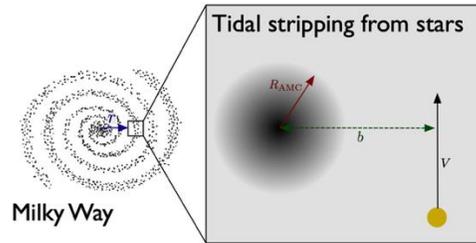
Table 6: FTE GravNet Anno 2026

Unità	FTE	FTE medi
LNF	1,35	0,23

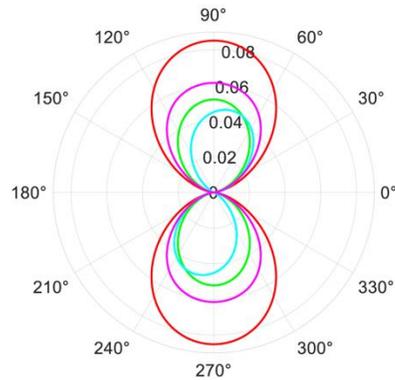
FTE FLASH LNF

cognome	nome	note	contratto	profilo	perc
Alesini	David		Dipendente	Dirigente Tecnologo	20%
Babusci	Danilo		Dipendente	Primo Ricercatore	80%
Bossi	Fabio		Dipendente	Dirigente di Ricerca	40%
Ciabrone	Paolo		Dipendente	Dirigente Tecnologo	20%
D'Elia	Alessandro		Dipendente	Assegno di Ricerca	50%
Dho	Giorgio		Dipendente	Assegno di Ricerca	50%
Di Gioacchino	Daniele		Associato	Associazione Senior	70%
Di Pirro	Giampiero		Dipendente	Primo Tecnologo	20%
Gatti	Claudio	GravNet 50% progetto sinergico Flash	Dipendente	Dirigente di Ricerca	50%
Gazzana	Stefano		Dipendente	Primo Tecnologo	30%
Gianotti	Paola		Dipendente	Dirigente di Ricerca	20%
Ligi	Carlo	GRAVNET Attivita' sinergica a QUARTET	Dipendente	Primo Tecnologo	40%
Maccarrone	Giovanni		Dipendente	Primo Ricercatore	50%
Mazzitelli	Giovanni	GravNet 10% progetto sinergico Flash	Dipendente	Primo Ricercatore	40%
Nikam	Rusheel		Associato	Tecnologica Dottorandi	100%
Pinto	Nicola		Associato	Scientifica Ricercatori/Professori università	60%
Rettaroli	Alessio		Dipendente	Assegno di Ricerca	60%
Rezvani	Seyed Javad		Associato	Scientifica Ricercatori/Professori università	60%
Tocci	Simone		Dipendente	Tecnologo	60%
Tomassini	Sandro	20% su GravNet progetto sinergico Flash	Dipendente	Primo Tecnologo	0%

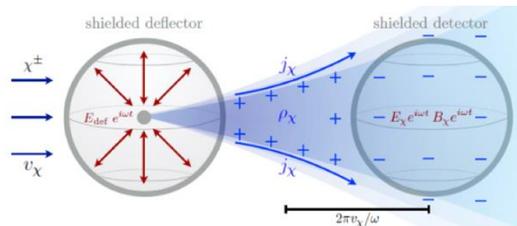
WP1: Physics Reach (Mescia Visinelli)



New Models

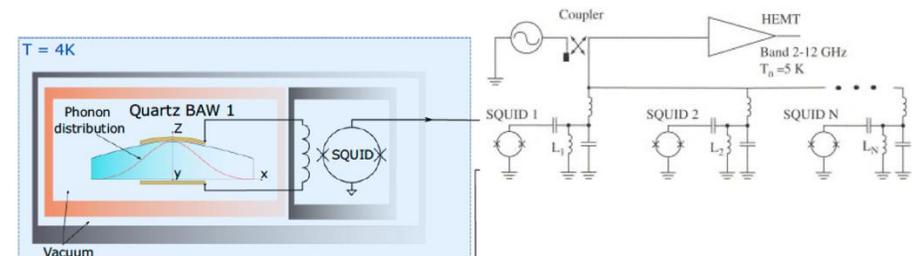


HFGW coupling factors (J. Reina, B. Gimeno)



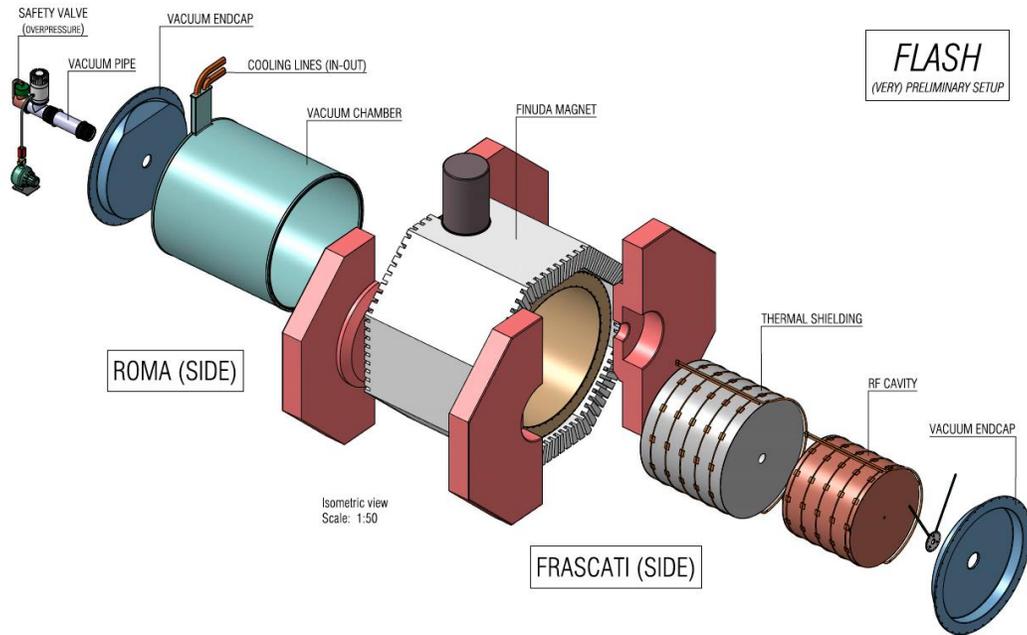
Future Applications (Naydenov, G² di Cortona)

WP	Task ID	Descrizione	Inizio	Fine	Dep.	Stato
WP1	1000	Nuovi Modelli	1/1/2025	1/12/2026	-	50%
	1100	Pseudoscalari, Vettori, Tensori	1/1/2025	1/12/2026	-	70%
	1200	Chameleons	1/1/2025	1/12/2026	-	70%
	1300	HFGW	1/1/2025	1/12/2026	-	50%
	1400	BAW	1/1/2025	1/12/2026	-	40%
WP1	1500	Future applications	1/1/2025	1/12/2026	-	50%



BAW (Marino, Zantedeschi)

WP2: Cryostat Design (Ligi)



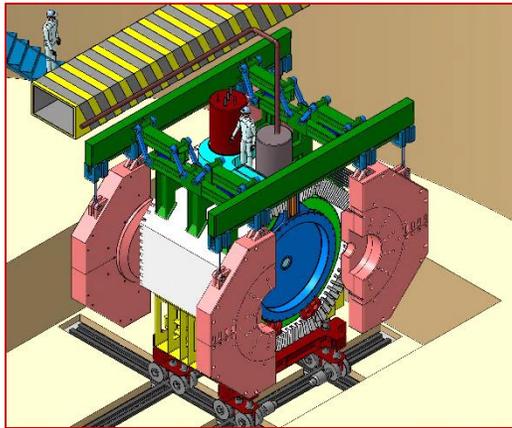
Cesidio.Capoccia@inf.infn.it 

WP	Task ID	Descrizione	Inizio	Fine	Dep.	Stato
WP2	2000	Disegno del criostato	1/1/2025	1/12/2026	-	20%
	2010	Disegno della camera a vuoto	1/1/2025	1/6/2026	-	40%
	2011	Disegno alloggiamento elettronica	1/7/2025	1/12/2025	-	10%
	2020	Disegno schermi	1/7/2025	1/12/2025	-	50%
	2021	Definizione Volume per cavità	1/1/2025	1/6/2025	-	90%
	2030	Raffreddamento a 2 K	1/1/2025	1/12/2026	-	0%
	2031	Accordo CERN	1/1/2025	1/7/2026	-	100%
	2032	Torretta Criogenica	1/7/2025	1/12/2026	2031	0%
	2033	Distribuzione LHe	1/7/2025	1/12/2026	2031	0%
	2032	Report criogenia CERN-INFN	1/7/2025	1/7/2026	-	0%
	2032	Report Finale CERN-INFN	1/7/2026	inizio 2027	-	0%
	2100	Sistema di Controllo	1/1/2025	1/12/2025	-	80%
	2200	Linee di trasferimento He	1/1/2025	1/7/2026	-	0%

to
FRAMEWORK COLLABORATION AGREEMENT KN3083
 between
THE EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH (CERN)
 and
THE ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE ("INFN")

concerning

**Collaboration in cryogenic design for the FLASH
 experiment at LNF**



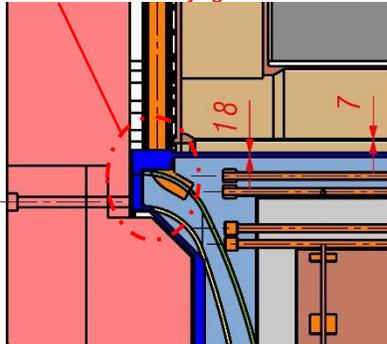
LNF-30.04.2025

FLASH EXPERIMENT

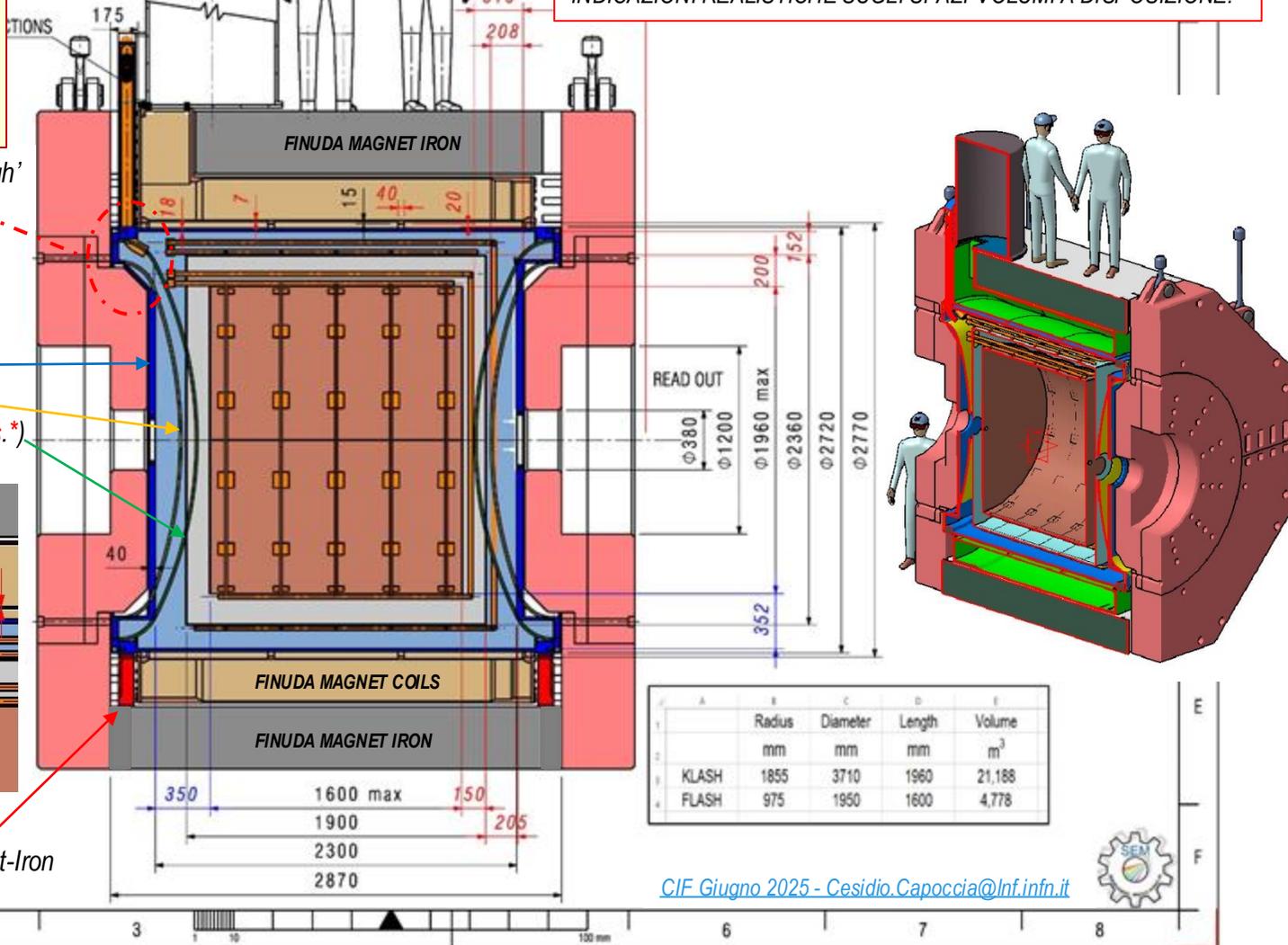
PROSEGUE IL LAVORO DI RICOSTRUZIONE (3d FINUDA) E SVILUPPO DEL GENERAL-LAYOUT DELL'ESPERIMENTO. E' STATA DETTAGLIATA LA MECCANICA DEL CRIOSTATO DI FINUDA E APPROFONDITO LO SVILUPPO DEL VESSEL INTERNO (CONTENITORE DELLA CAVITA') PER ARRIVARE AD AVERE INDICAZIONI REALISTICHE SUGLI SPAZI-VOLUMI A DISPOSIZIONE.

1 Cryogenic connections 'pass-through' cylinder part of cavity-vessel

2 Endcap with different shape:
 Blue -> Flat (Ok)
 Yellow -> Hybrid (Possible)
 Green -> All Rounded (Not poss. *)
 * Problem with cryogenic conn.



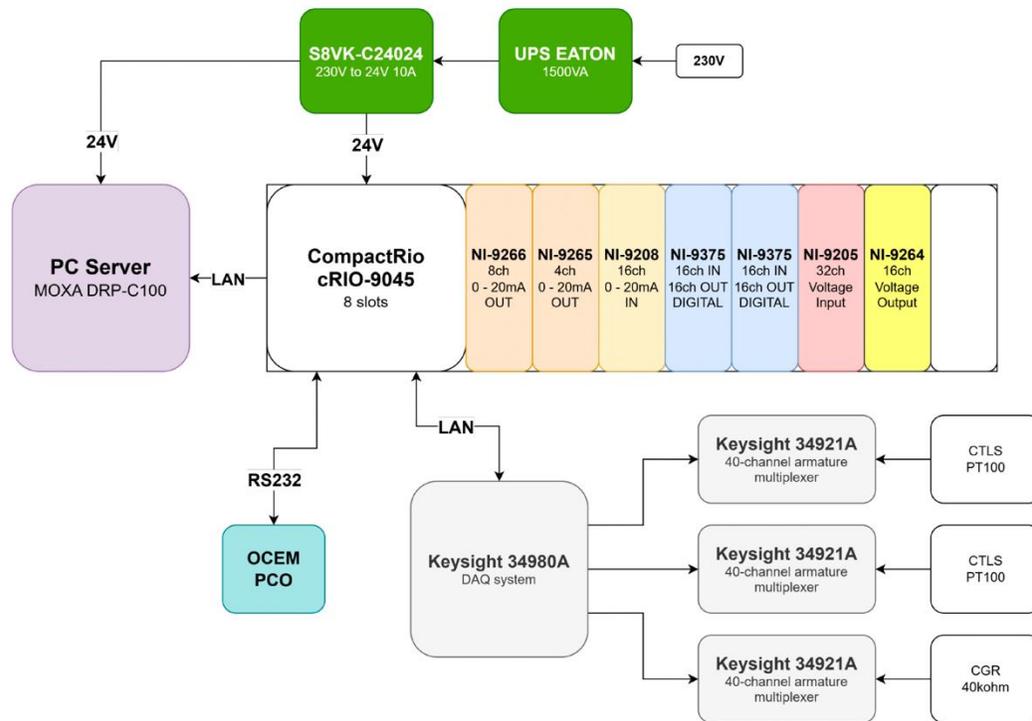
3 Flash-Vessel must be supported by the Magnet-Iron



CIF Giugno 2025 - Cesidio.Capoccia@Inf.infn.it



Nuovo Sistema di Controllo



cRIO-9045



NI-9375
Modulo digitale



NI-9205
Modulo input di tensione

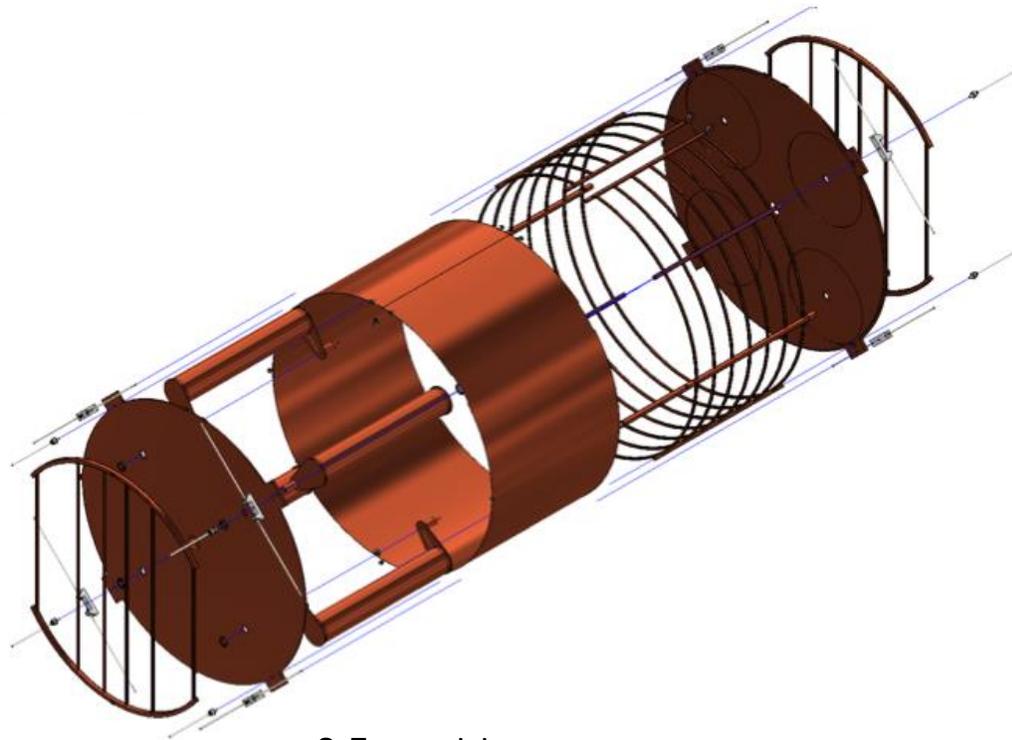


NI-9264
Modulo output di tensione



DAQ Keysight 34980A

WP3: RF Cavity (Tocci, Diaz)

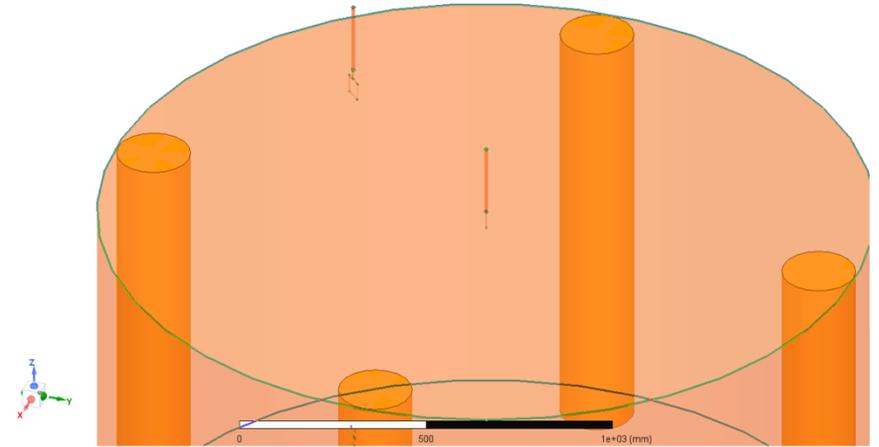
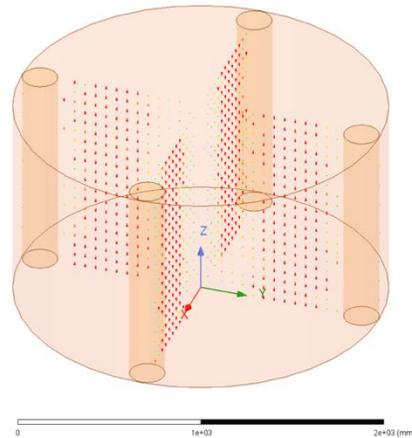
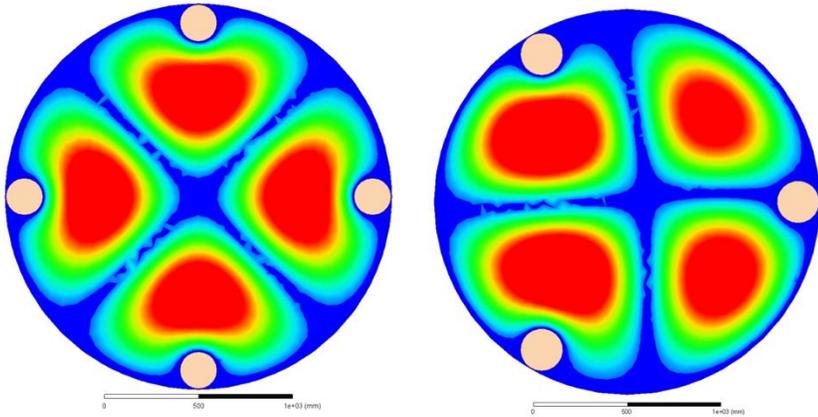


S. Tomassini

WP	Task ID	Descrizione	Inizio	Fine	Dep.	Stato
WP3	3000	Disegno RF della cavità	1/1/2025	1/12/2026	2021	60%
	3001	Simulazioni modi cavità	1/1/2025	1/12/2025	-	90%
	3002	Sistema di tuning	1/1/2025	1/10/2026	3121	90%
	3003	Sistema di tuning fine	1/1/2025	1/12/2025	-	90%
	3004	Antenne e accoppiamenti	1/1/2025	1/12/2025	-	90%
	3100	Disegno Meccanico della cavità	1/1/2025	1/12/2026	2033	50%
	3101	Contatto elettrico RF	1/10/2025	1/12/2025	-	40%
	3120	Sospensione cavità	1/10/2025	1/12/2026	-	10%
	3121	Vibrazioni	1/10/2025	1/12/2026	-	10%
	3200	Trattamento chimico superficiale	1/6/2025	1/7/2026	-	10%
	3201	Specifica della rugosità superficiale	1/6/2025	1/7/2025	-	100%
	3202	Definizione attacco chimico	1/10/2025	1/7/2026	-	10%
	3300	Movimentazione tuner e antenne	1/1/2025	1/12/2025	-	20%
	3301	Controllo Movimentazione	1/12/2025	1/1/2026	-	0%
	3400	Prototipo	1/1/2025	1/7/2026	3100	30%
	3401	Disegno Meccanico del prototipo	1/1/2025	1/11/2025	3100	30%
	3402	Fabbricazione prototipo	1/11/2025	1/3/2026	3401	10%
	3403	Trattamento chimico superficiale	1/3/2026	1/5/2026	3302	10%
	3500	Test del prototipo	1/1/2025	1/7/2026	3303	40%
	3510	Disegno criostato 4K	1/1/2025	1/7/2025	-	90%
	3511	Fabbricazione inserto/flange 4K	1/1/2025	1/12/2025	3510	10%
	3520	Misure prototipo a 4 K	1/5/2026	1/7/2026	3511	10%
	3521	Calibrazione prototipo a 4K	1/5/2026	1/7/2026	3520	0%
	3522	Verifica Ancoraggio termico prototipo a 4K	1/5/2026	1/7/2026	3520	0%

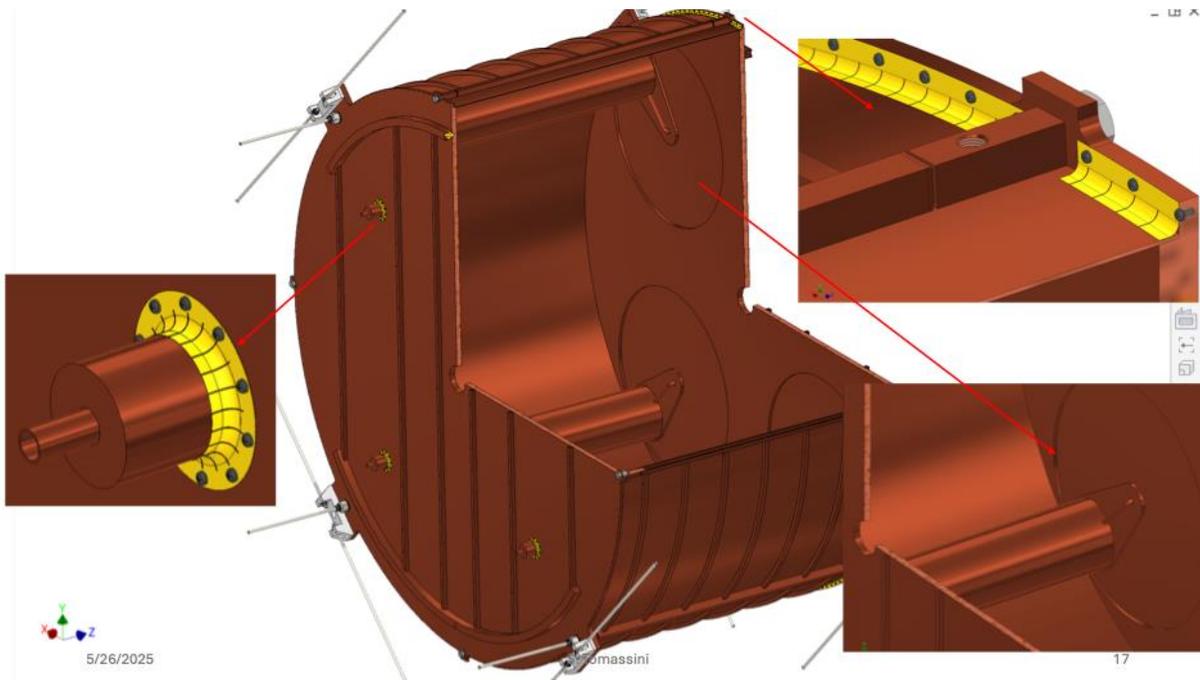
WP3: Sistema di Tuning e Accoppiamento

HFGW EM Mode \rightarrow TM₂₁₀ mode – 3 rods vs 4 rods



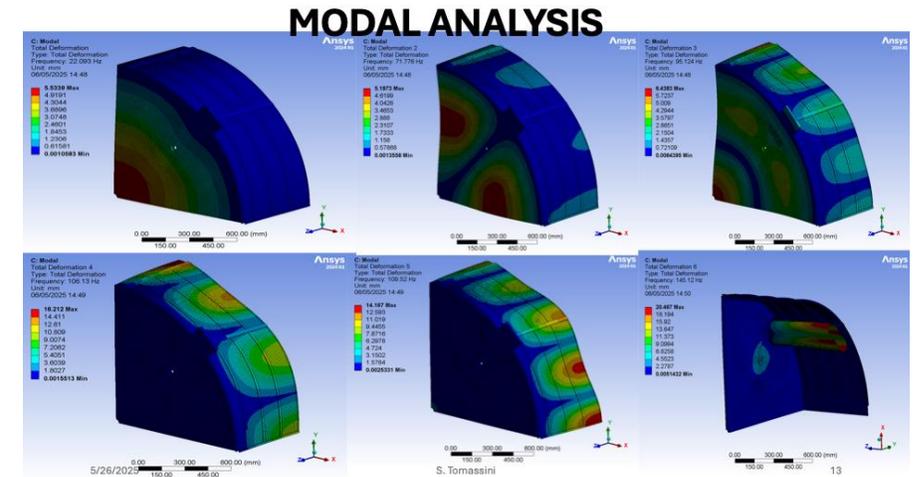
Tocci, Diaz, Navarro Madrid

WP3: Disegno Meccanico e Analisi Modale



S. Tomassini

Finanziata una borsa di dottorato, su fondi GravNet, presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica de La Sapienza sulle tematiche relative agli aspetti vibrazionali e elettro-magnetici della cavità di FLASH. (A.Vici)



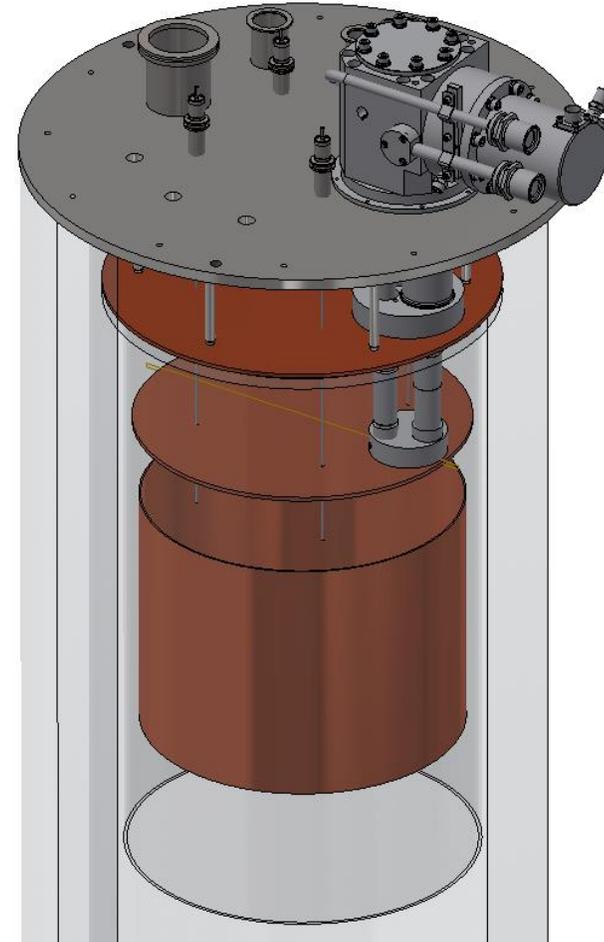
Studio approfondito del sistema per valutare le sollecitazioni di natura termica, meccanica ed elettromagnetica.

WP3: Prototipo 600 MHz

- Criostato 4K (Ligi, lungo, Beatrici, Tocci)
- Disegno Cavità (Tomassini)
- Fabbricazione (Uni Bonn)
- Trattamento superficiale (LNL)
- Test a LNF

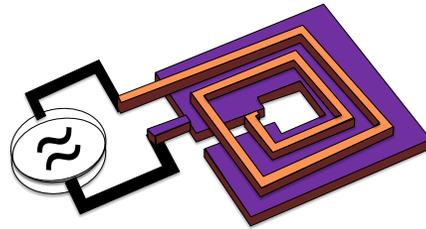
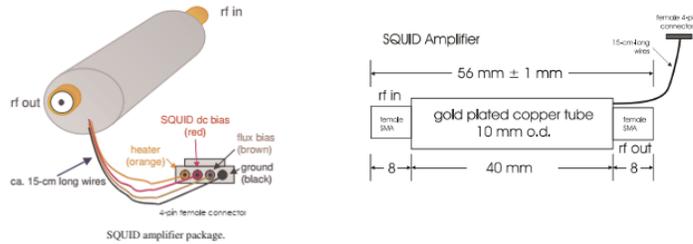
Diametro criostato interno utile 50 cm

Il refrigeratore PT è un Sumitomo SRP-082B2S con compressore F-70, capace di una potenza criogenica di 0.9 W @ 4.2 K al secondo stadio e 35 W @ 45 K al primo stadio.

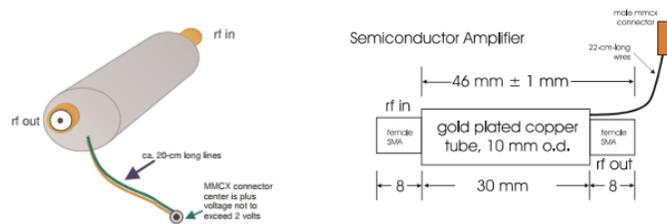


WP4: Signal Amplification and DAQ

ezSQUID MSA



ezSQUID cryogenic PostAmp SMC 400



Comprati 5 SQUID MSA con postamplificatore ed elettronica di bias (P.Falferi)

WP	Task ID	Descrizione	Inizio	Fine	Dep.	Stato
WP4	4000	Primo stadio amplificazione	1/1/2025	1/6/2026	-	30%
	4001	Acquisto SQUID MSA	1/1/2025	1/3/2026	-	100%
	4010	Studio rumore e guadagno SQUID MSA	1/1/2025	1/12/2025	-	20%
	4011	Studio tunabilità SQUID MSA	1/1/2025	1/12/2025	-	20%
	4012	Studio Rumore vs T SQUID MSA	1/1/2025	1/12/2025	-	20%
	4013	SQUID MSA in campo magnetico	1/1/2025	1/12/2025	4200	20%
	4100	Secondo stadio amplificazione	1/1/2025	1/6/2026	-	30%
	4101	Acquisto amplificatori criogenici	1/1/2025	1/3/2025	-	100%
	4102	Test amplificatori criogenici	1/1/2025	1/12/2025	-	60%
	4200	Schermo magnetico	1/1/2025	1/12/2025	2011	50%
	4201	Mappa campo	1/1/2025	1/7/2025	-	100%
	4202	Simulazione e Disegno Schermo	1/1/2025	1/10/2025	-	70%
	4203	Ordine Schermo	1/10/2025	1/12/2025	-	0%
	4300	Circuito Multiplexing	1/1/2025	1/3/2026	-	30%
	4301	Disegno circuito	1/1/2025	1/10/2025	-	70%
	4302	Fabbricazione circuito	1/10/2025	1/12/2025	-	0%
	4303	Test circuito	1/12/2025	1/3/2026	-	0%
	4400	DAQ multicanali	1/1/2025	1/12/2025	-	30%
	4500	Procedura di Calibrazione	1/1/2025	1/12/2025	-	30%
	4501	Componenti RF	1/1/2025	1/12/2025	-	20%
4600	Test catena completa amplificazione DAQ su carico risonante	1/1/2026	1/7/2026	4400	0%	

WP4: Multiplexing



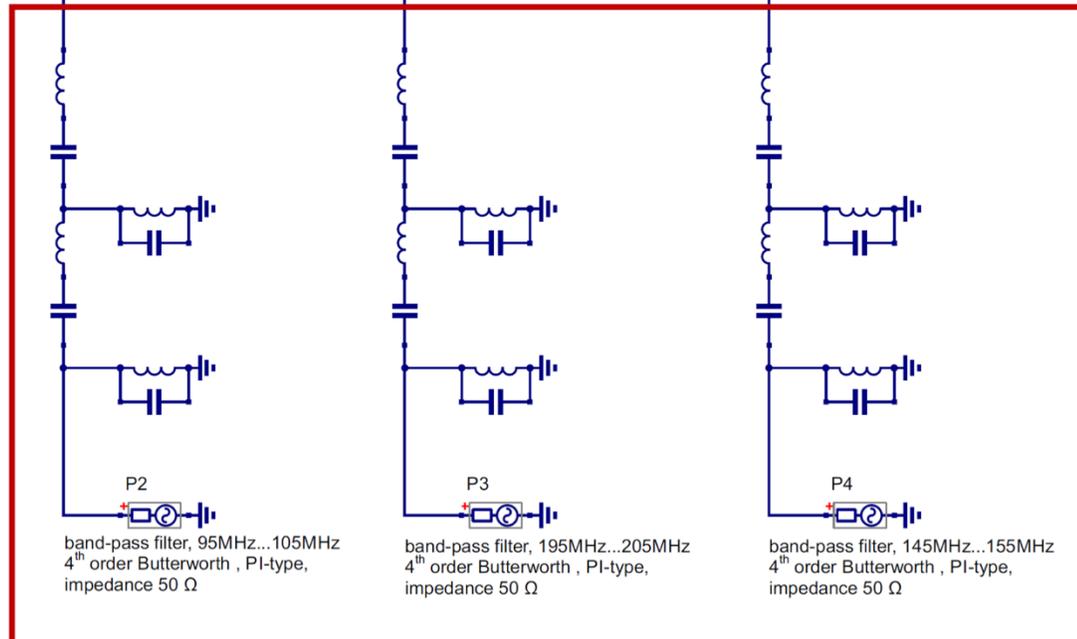
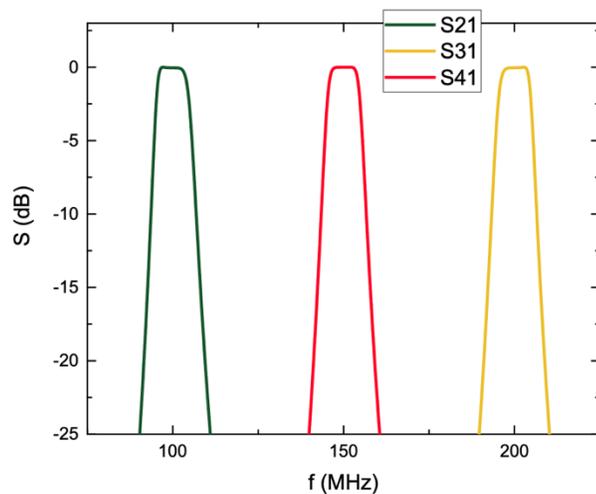
WP4 Tasks Update



Task 4.5: Multiplexing - Simultaneous measurement of multiple cavity modes



Bandpass filters
with different
central frequency

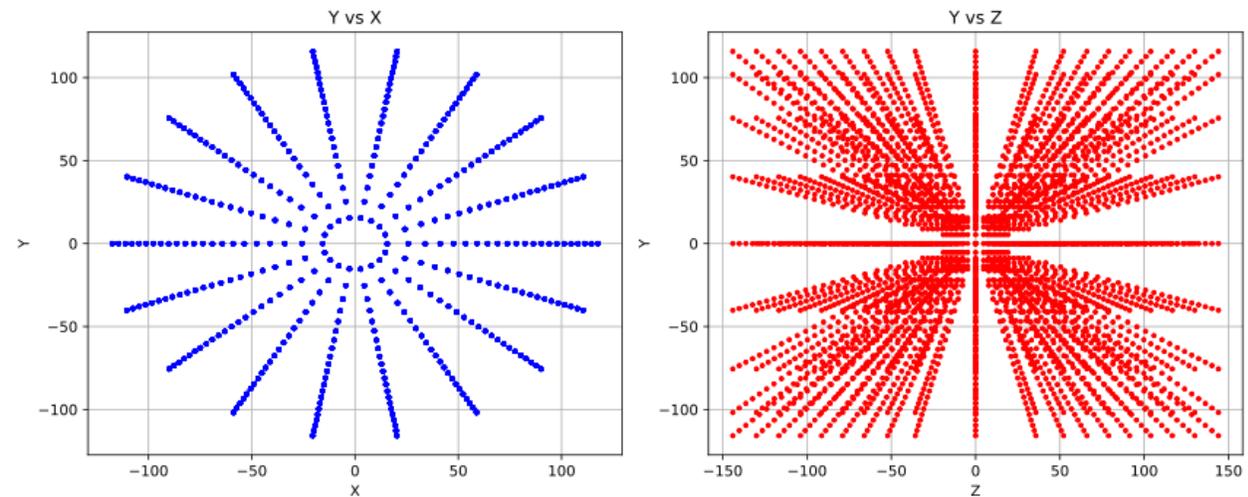


Claudio Puglia

WP4: Test a 1K in Campo Magnetico

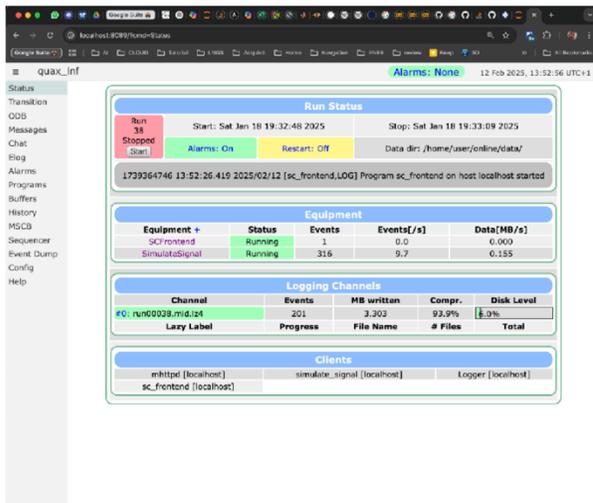


Uni Camerino: (N. Pinto, J. Rezvani)
Criostato 1 K con magnete 14 T

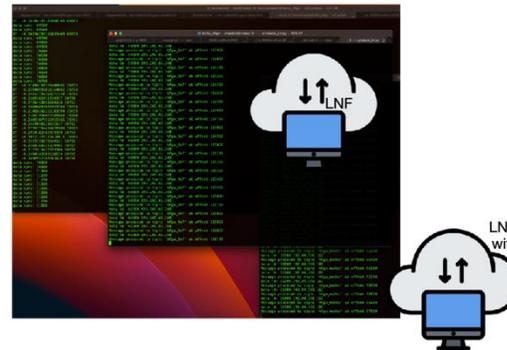


Ricostruzione mappa campo e disegno schermo magnetico per SQUID (P. Beltrame)

WP5: Data Analysis and Computing (Mazzitelli, Schmieden)



INFN cloud Bologna
VM KAFKA server

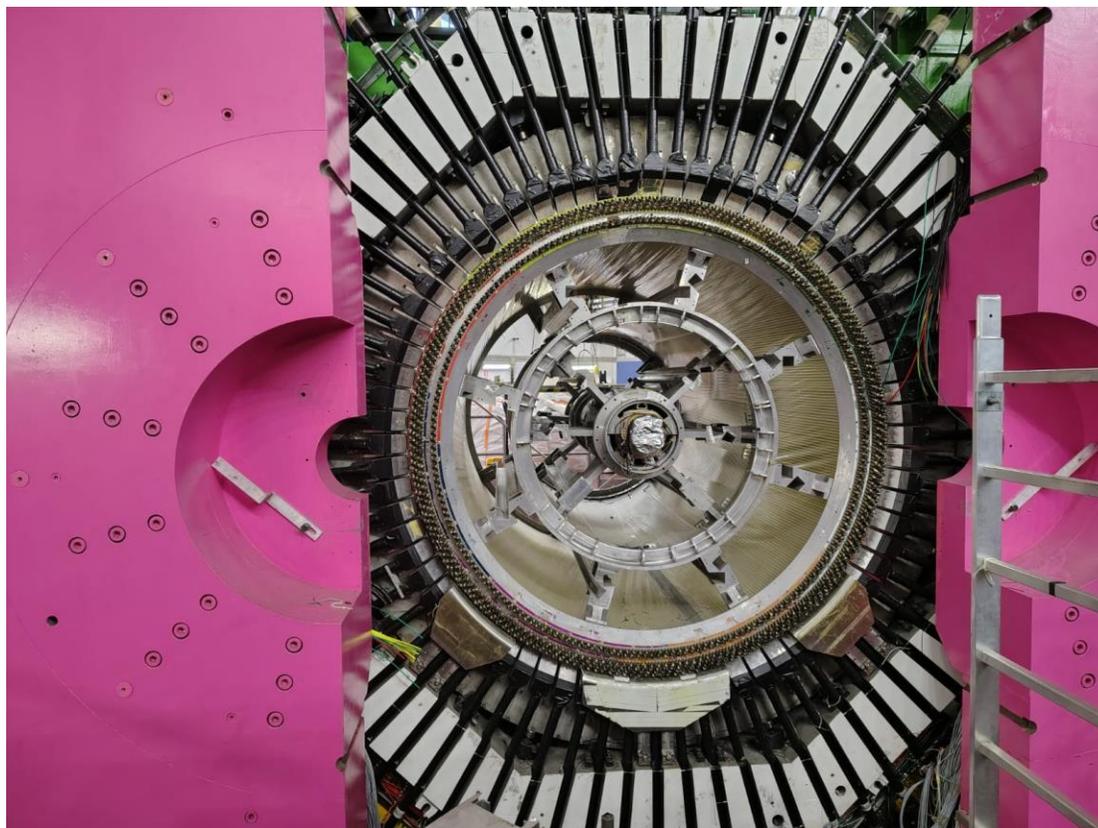


WP	Task ID	Descrizione	Inizio	Fine	Dep.	Stato
WP5	5000	Automazione Run	1/1/2025	1/12/2026	-	40%
	5001	Tuning	1/1/2025	1/12/2026	-	40%
	5002	Calibrazione	1/1/2025	1/12/2026	-	30%
	5003	Presenza Dati	1/1/2025	1/12/2026	-	60%
	5011	Validazione con QUAX@LNF	1/1/2025	1/12/2026	-	60%
	5012	Validazione con prototipo	1/1/2026	1/7/2026	-	0%
	5100	Computing Model	1/1/2025	1/12/2025	-	60%
	5101	Validazione con QUAX@LNF	1/1/2025	1/12/2025	-	60%
	5101	Validazione con prototipo	1/1/2026	1/7/2026	-	0%
	5200	Slow Control	1/1/2025	1/12/2025	-	50%
	5300	Analisi Dati	1/1/2025	1/12/2025	-	50%
	5301	Axon	1/1/2025	1/12/2025	-	90%
	5302	HFGW	1/1/2025	1/7/2026	-	30%

DAQ based on MIDAS and KAFKA server

Ongoing test with QUAX@LNF (Mazzitelli, Rettaroli, Dho)

WP6: Decommissioning of FINUDA and Commissioning of FLASH (Gazzana)

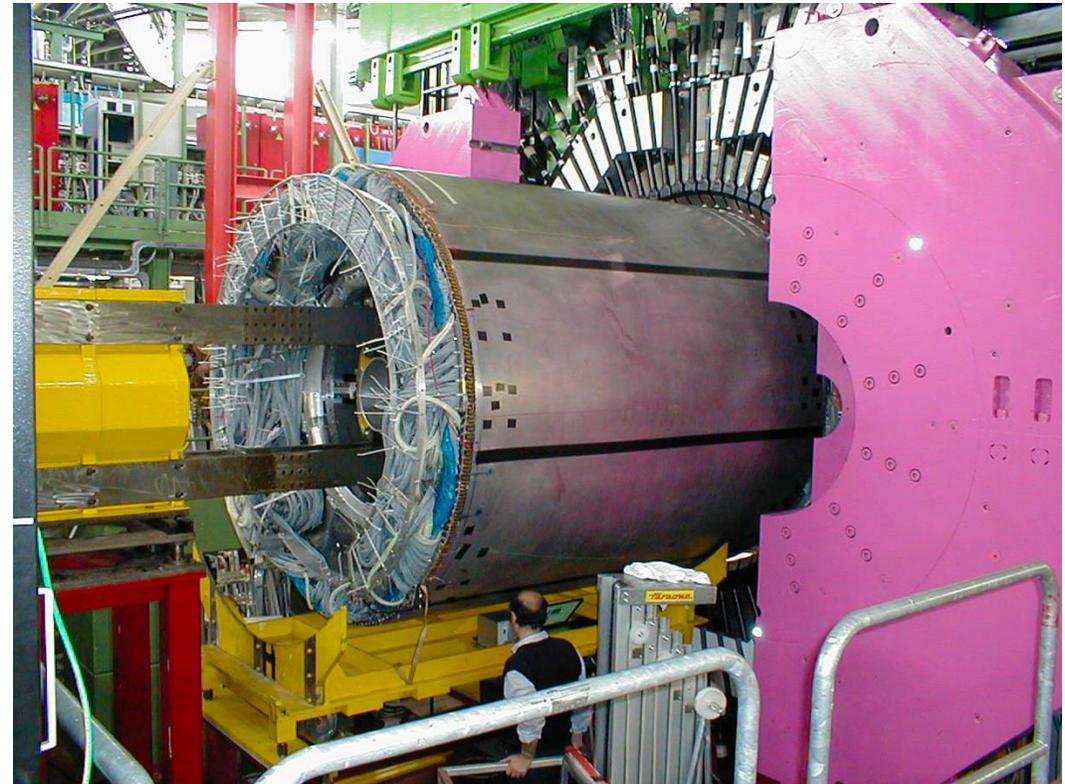


WP	Task ID	Descrizione	Inizio	Fine	Dep.	Stato
	6000	Smontaggio FINUDA	3/3/2025	1/12/2025	-	30%
	6001	Rimozione Cavi FINUDA	3/3/2025	15/6/2025	-	100%
	6010	Estrazione Clessidra	1/10/2025	1/11/2025	6001	10%
	6011	Procedura Smontaggio	10/6/2025	1/6/2025	-	80%
	6012	Preventivo Ditta	10/6/2025	15/7/2025	-	50%
	6020	Estrazione PMT/Scint	1/11/2025	15/11/2025	6010	0%
	6100	Manutenzione Movimento Idraulica	1/7/2025	1/10/2025	-	20%
	6101	Preventivo Ditta	1/7/2025	30/7/2025	-	20%
	6200	Certificazione Impianto Criogenico	1/6/2025	1/6/2026	-	30%
	6201	Verifica Funzionamento: Sostituzione Valvole	1/1/2026	1/2/2026	-	10%
WP6	6202	Verifica Integrità: Misure Spessimetriche	1/1/2026	1/2/2026	-	10%
	6300	Manutenzione Impianto Criogenico	1/10/2025	1/12/2026	-	0%
	6301	O-ring torretta criogenica	1/1/2026	1/12/2026	6020	0%
	6302	Pompa vuoto primaria	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6303	Sensori vuoto	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6310	Manutenzione generale	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6311	Compressore KAESER	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6312	PLC	1/1/2026	1/10/2026	-	20%
	6313	Fusibili	1/1/2026	1/10/2026	-	0%
	6314	Analizzatore olio Linde	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6315	Compressore Dry Cooler	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6315	Chiller	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6316	Pompe rotative	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6400	Manutenzione Magnete	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6401	O-ring	1/1/2026	1/12/2026	6020	0%
	6402	Quench Detector	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6403	Power Supply	1/1/2028	1/1/2031	-	0%
	6404	Raffreddamento	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6405	Aria Compressa	1/1/2026	1/12/2026	-	0%
	6500	Progetto Area Sperimentale FLASH	1/1/2026	1/12/2026	-	20%
	6600	Risk Analysis	1/1/2026	1/6/2026	-	20%

FINUDA dopo la rimozione dei cablaggi, dei rack dell'elettronica, di altri sottosistemi ausiliari (Gazzana, Ligi, Maccarrone, Bossi)

WP4: Estrazione Clessidra

La presenza all'interno della Clessidra di una beam pipe contenente berillio ha introdotto notevoli criticità sotto il profilo della sicurezza. Per la gestione dell'intervento è stata coinvolta un'impresa specializzata in smantellamenti industriali e trattamento di rifiuti pericolosi. (Gazzana)



Inserimento clessidra

WP4: Certificazione Impianto Criogenico

Per la riattivazione dell'impianto:

- Verifica Funzionamento: sostituzione valvole di sicurezza
- Verifica Integrità: misure spessimetriche e videoispezioni
- Relazione tecnica firmata da tecnico qualificato
- Apertura COLD Box
- Verifiche INAIL

(Vescovi, Ligi, Gazzana, Bossi)



Milestones e Richieste 2026

- **Attività a carico LNF 2026:** Progettazione meccanica e RF; Test prototipo cavità 500 MHz a 4K; Analysis strategy (QUAX); Cloud Computing (QUAX); DAQ (QUAX); Controlli; Theory and Physics Reach; Decommissioning FINUDA and Commissioning FLASH; Manutenzione e certificazione impianti e Disegno Infrastruttura.
- **Richieste CSN2 2026:** Inventario (6.5 k€), Consumo (30 k€), Servizi (risk analysis) (9.5 k€), Missioni (6 k€). **TOT = 52 k€**
- **Richieste LNF 2026 (a semestre):** Progettazione (Div. Ric.) 3 mp; Tecnico meccanico/criogenico (Div. Acc.) 3 mp; Officina meccanica 1 mp; SEA 1 mp; DDC 1 mp; Servizio RF (Tocci).

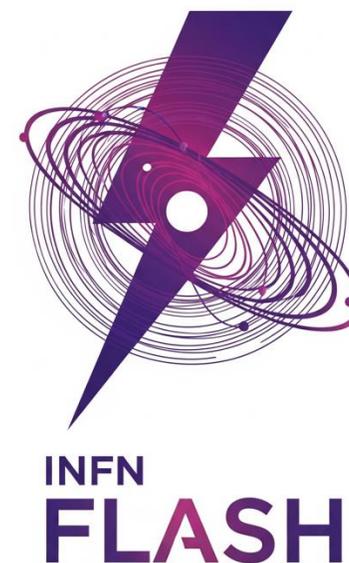


Table 13: Milestones 2026

Maggio 2026	Fabbricazione del prototipo della cavità RF
Maggio 2026	Test circuito Multiplexing
Luglio 2026	Test a 4K del prototipo
Luglio 2026	Report Criogenia 2K CERN-INFN
Settembre 2026	Test amplificazione e DAQ su carico risonante
Dicembre 2026	Prima versione TDR FLASH