

Commissione Scientifica Nazionale *Gruppo 1* Catania

02/07/2025

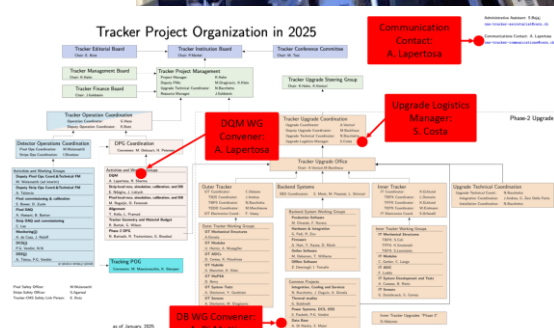
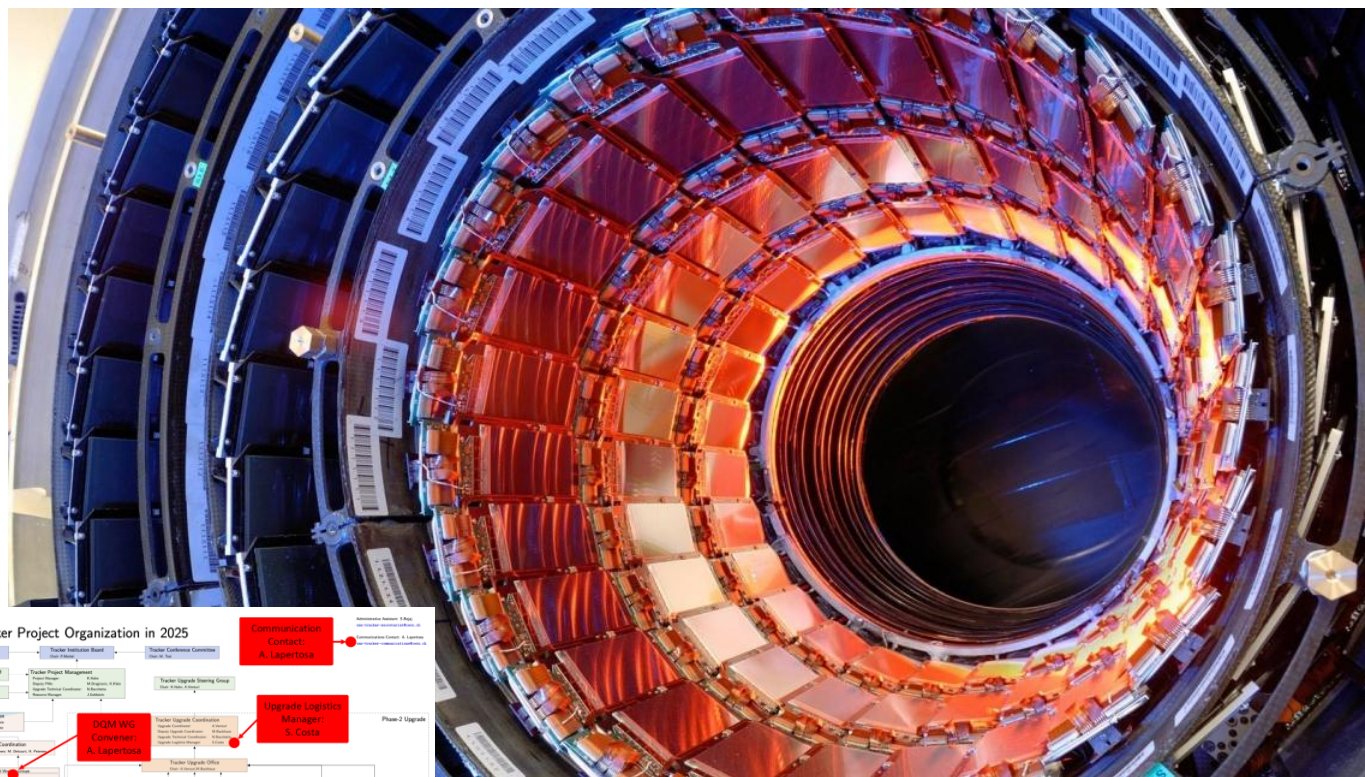


- Sigle 2026:**

- **CMS:** 2.3 FTE
- **ICAR_US:** 2.0 FTE
- **RD_FCC:** 1.7 FTE
- **LHCf:** 0.8 FTE
- **KLOE:** 0.1 FTE
- **SND:** 0.3 FTE
 - **Nuova sigla!**

Nome	Posizione	FTE	Sigla
Albergo Sebastiano	Prof. Ordinario	0.4	RD_FCC (0.2) + LHCf (0.2)
Calì Ivan	Assegno di Ricerca	1	RD_FCC
Castorina Paolo	Senior	0	LHCf
Costa Salvatore	Senior	0	CMS
Di Mattia Alessandro	Primo Ricercatore	1	CMS (0.7) + SND (0.3)
Fricano Gaetano	PhD UniPA	1	ICAR_US
Geraci Elena	Ricercatore	0.3	LHCf
Lapertosa Alessandro	Ricercatore	1	CMS
Mandaglio Giuseppe	Prof. Associato	0.1	KLOE
Persiani Rino	TD PNRR (SAMOTHRACE)	0	RD_FCC
Petta Catia	Prof. Associato	0.8	ICAR_US
Piparo Giuseppe	TD PNRR (ICSC)	0	LHCf
Puglia Sebastiana	RTDA	0.5	RD_FCC
Russo Marco	Prof. Ordinario	0.2	ICAR_US
Tricomi Alessia	Prof. Ordinario	0.9	CMS (0.6) + LHCf (0.3)
Totale Gruppo 1 CT		7.2	

Nome	Posizione	FTE
Costa Salvatore	Senior	0
Di Mattia Alessandro	Primo Ricercatore	0.7
Lapertosa Alessandro	Ricercatore	1
Tricomi Alessia	Prof. Ordinario	0.6
	Totale CMS	2.3

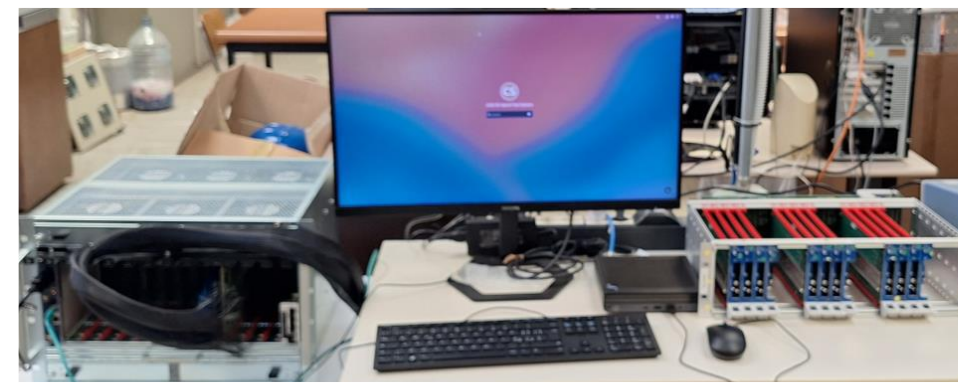
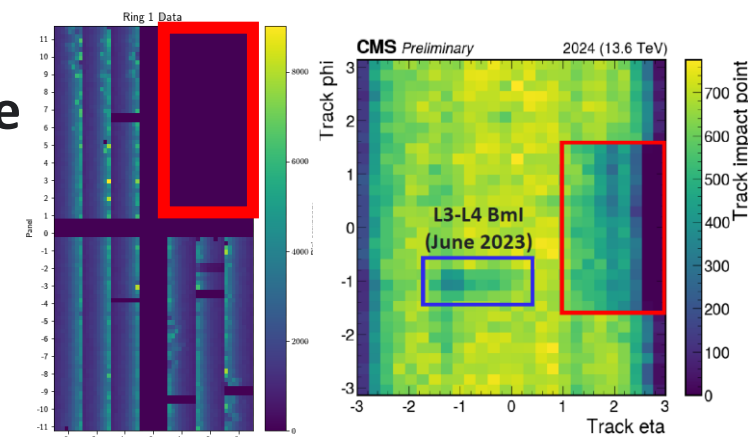
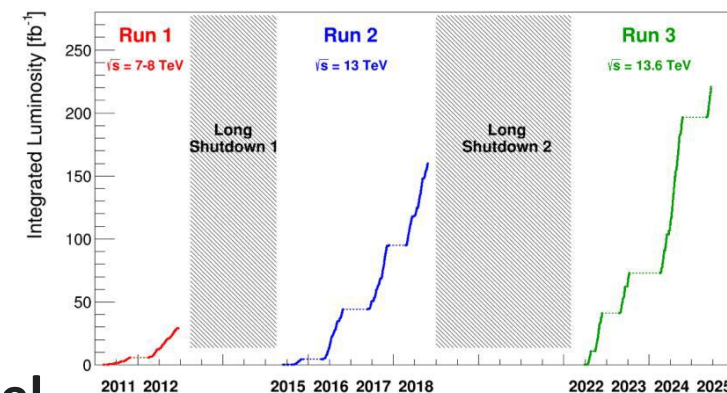


- In passato, anagrafica divisa tra CMS e FASE2_CMS
 - Da quest'anno: soltanto CMS

- Coinvolti da sempre nel contesto del Tracciatore
- Responsabilità (L2 e L3):**
 - S. Costa:** Logistics Manager del Tracciatore di Fase 2 (dal 2020) → **CMS Award!**
 - “remarkable dedication to serving the Tracker project as resource and logistics manager”
 - A. Di Mattia:** Coordinatore Production Database del Tracciatore di Fase 2 (dal 2018)
 - A. Lapertosa:** Coordinatore del Tracker Data Quality del Tracciatore attuale (dal 2023)
 - A. Lapertosa:** Contact Person per la Comunicazione del Tracciatore (dal 2023)



- **LHC Run 3: presa dati fino a fine Giugno 2026 (ancora un'anno!)**
- **Importanti risultati di analisi (Run 2), prime pubblicazioni dati Run 3**
 - **Catania:**
 - **Contributo alle operazioni: certificazione della qualità dei dati**
 - **Record: nel 2024 certificati 123 fb^{-1} (efficienza 89%)**
 - **Identificazione brevi anomalie nel rivelatore Pixel con ML model**
 - **0.3% dei dati CMS con grave difetto (per pochi minuti)**
 - **J. Morris (U. Nebraska): borsa di studio INFN-DOE exchange**
- **HL-LHC: collisioni attese nel 2030**
- **Produzione del nuovo Tracciatore (Fase 2) sta iniziando**
 - **Catania:**
 - **Contributo alla logistica e database di produzione**
 - **Functional test dei Front End Hybrid (FEH) moduli PS**
 - **Preparazione setup in corso**
 - **Presto setup sarà trasferito in Camera Climatica (Laboratorio CMS connesso alla camera pulita)**
 - **Fondi per post-doc/borsa di studio (da bandire)**



- Nel 2026:
 - Test dei Front End Hybrids dei moduli PS
 - Conclusione Operazioni e Data Quality Run 3 → Sviluppo Data Quality del nuovo Tracciatore

Missioni calcolate per:

- CMS@CT = 2.30 FTE
- 1 mp = 4.05 k€ @CT

Missioni	Richiesta [k€]	mP	Note
Metabolismo	9.5	2.3	1 mp/FTE x 2.3 FTE x 4.05 k€
Missioni duties e shifts	9.5	2.3	1 mp/FTE x 2.3 FTE x 4.05 k€
Responsabilità L2 (S. Costa)	4	1	1 mp/Resp x 1 Resp L2
Sviluppo Production Database	8	2	A. Di Mattia
Commissioning Test FEH al CERN	8	2	A. Di Mattia, A. Lapertosa
Manutenzione power supply system	12	3	Test Cavi al CERN
Totale Missioni CMS	51		

- Nel 2026:
 - FASE2_CMS va a scadere (nessuna anagrafica)
 - Fondi CORE: Contributo INFN a costruzione del rivelatore: concluso nel 2025
 - Fondi residui (e extracosti) per Ibridi Fase 2 → Unica soluzione tramite Genova nel 2026

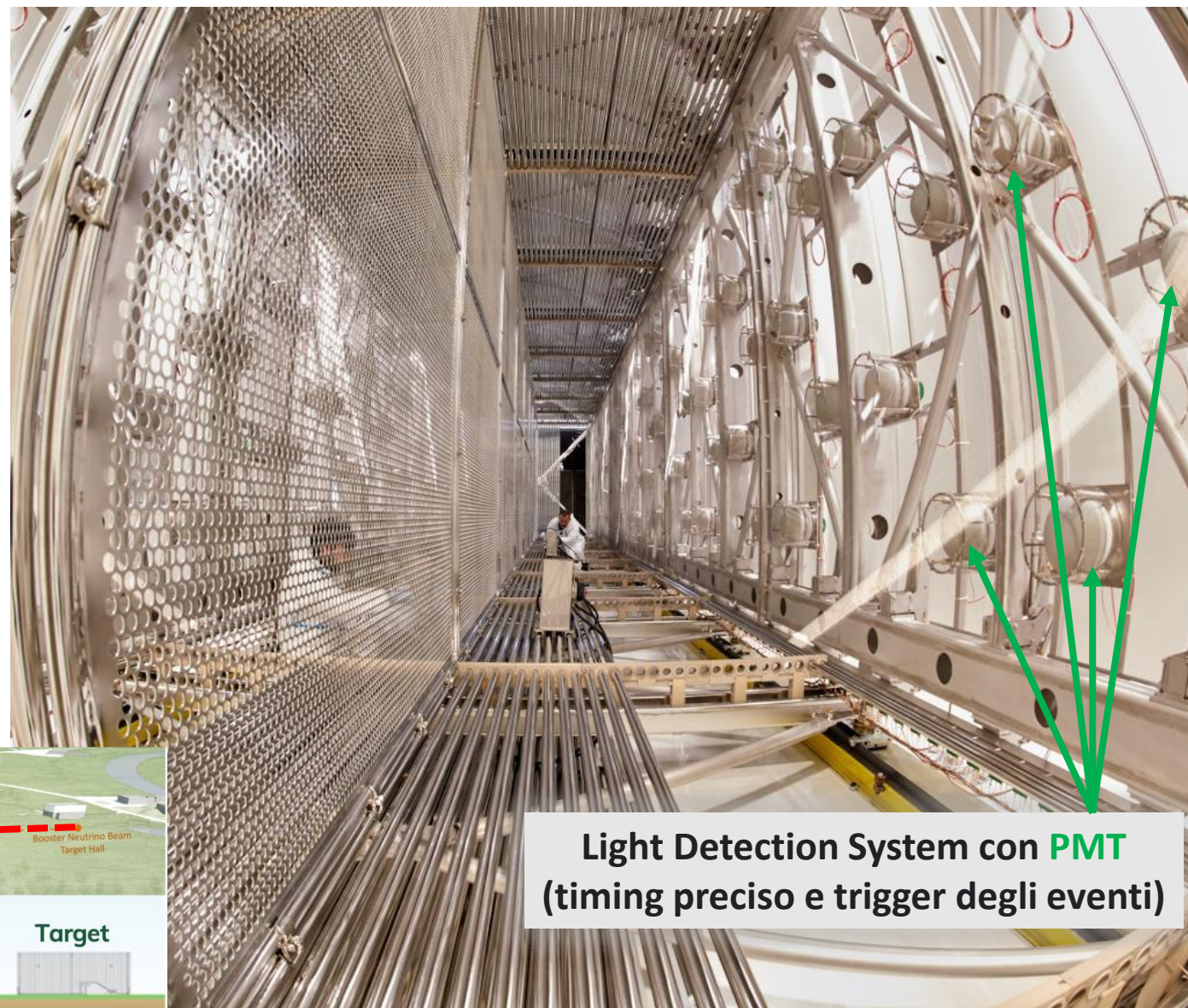
Consumi	Richiesta [k€]	mP	Note
Metabolismo	3	2.3	1.5 k€/FTE x 2.3 FTE
Manutenzione Camera pulita	4		Contributo gestione comune
Totale Consumi CMS	7		

Consumi	Richiesta [k€]	mP	Note
Manutenzione Lab CMS	6		Aria secca, condizionamento, filtri
Totale Consumi FASE2_CMS	6		

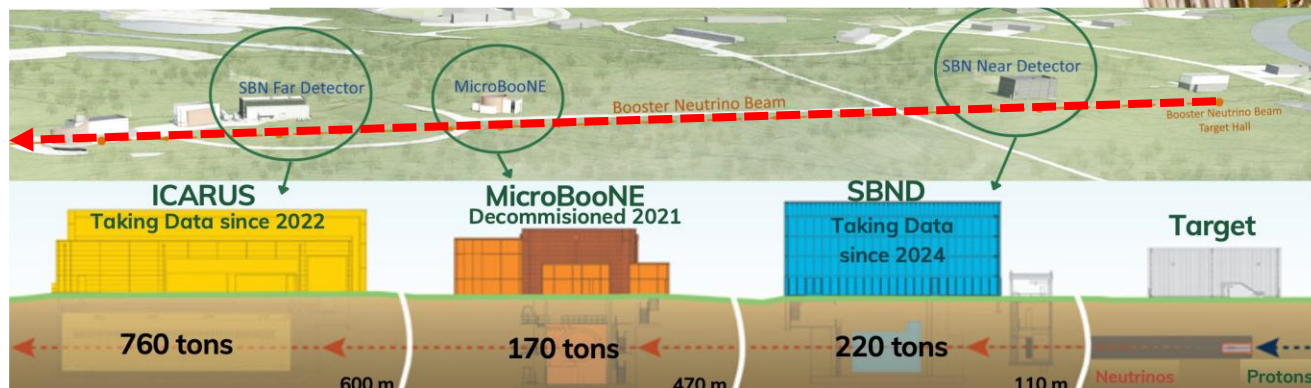
Tipo	Richiesta [k€]	mP	Note
Missioni	51	2.3	
Consumi CMS	7	2.3	
Consumi FASE2_CMS	6		
Totale CMS	64		

Nome	Posizione	FTE
Petta Catia	Prof. Associato	0.8
Russo Marco	Prof. Ordinario	0.2
Fricano Gaetano	PhD UniPA	1
	Totale ICAR_US	2.0

- TPC con LAr all'avanguardia
 - Precursore per rivelatore di DUNE
- Rivelatore storico INFN (proposto da Rubbia, 1977)
 - Installato al Gran Sasso (2010-14)
 - Trasferito negli USA, aggiornato detector
 - Operativo al Fermilab dal 2022
 - Parte del **Short Baseline Neutrino** Program
 - Insieme a SBND (presa dati dal 2024)



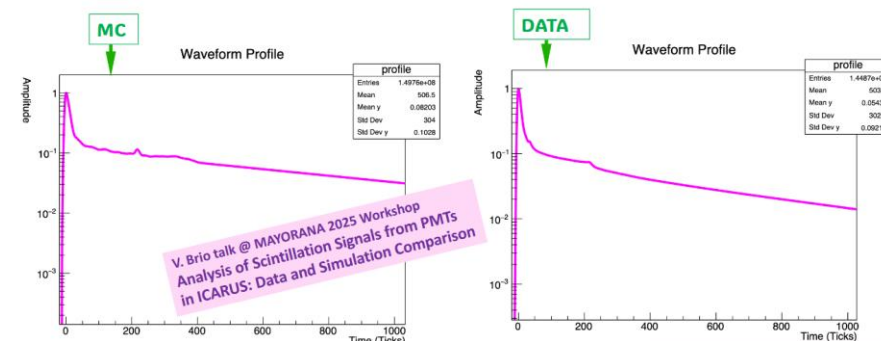
Light Detection System con **PMT**
(timing preciso e trigger degli eventi)



- **Detector in buone condizioni: Presa dati in corso, dal 2022 (fino al 2027)**

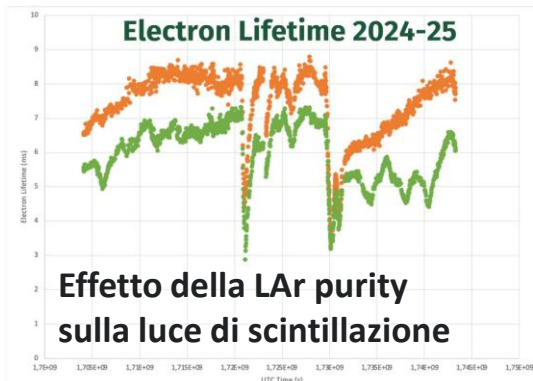
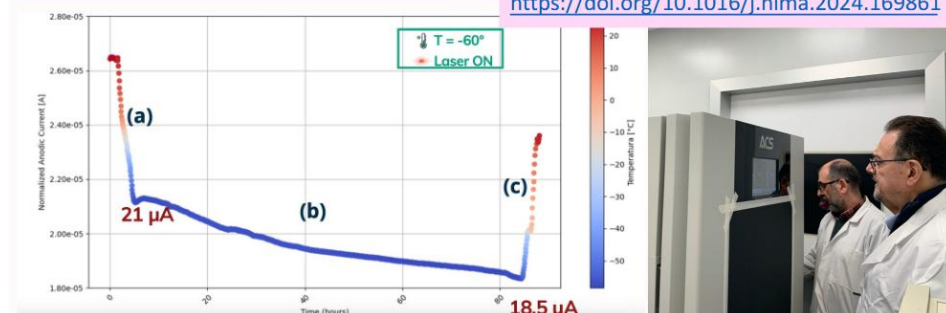
- **Catania:**

- **Calibrazione in energia dei PMT, Dati vs MC (V. Brio)**
 - Studio segnali ottici dei Run 2 e Run 3
 - Tesi di laurea (M. Barreda Escalona)
- **Gain stability dei PMT**
 - Osservate variazioni a basse temperature
 - Studiata dipendenza con HV, temperatura, ...
 - Tesi di laurea (C. Saia)
 - Articolo NIM A: <https://doi.org/10.1016/j.nima.2024.169861>
 - Sospetto: materiale dei dinodi
 - Previsto studio di approfondimento
 - Test con PMT forniti da Hamamatsu
- **Correlazione tra LAr purity e costanti di tempo di scintillazione**
 - Confrontare segnali di scintillazione con differente LAr purity
 - Studio proseguirà con contributo di C. Saia (borsista INAF)



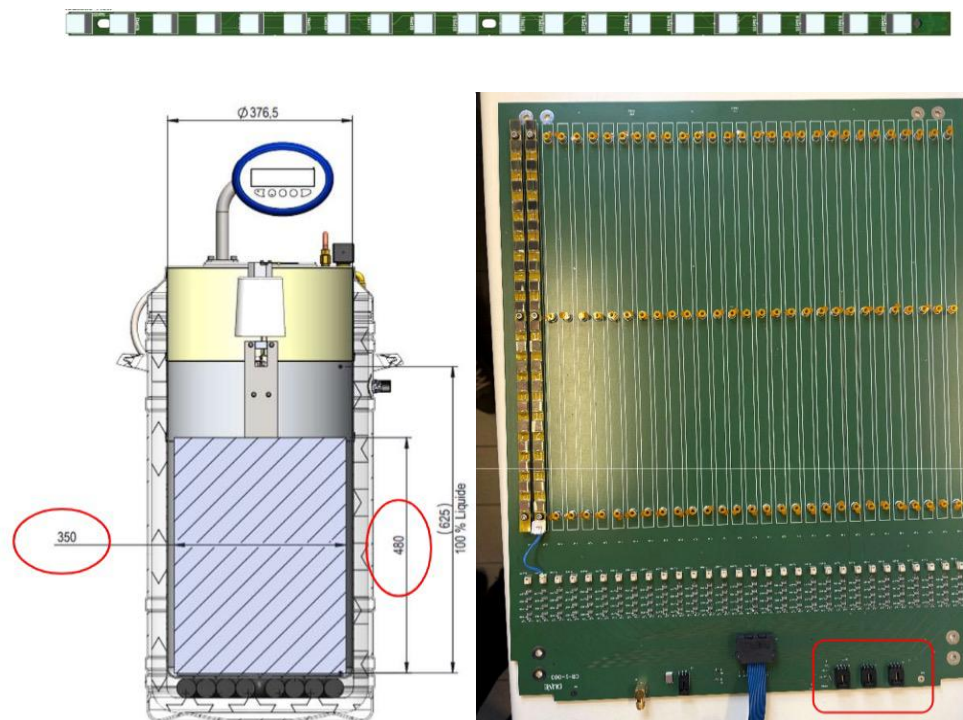
Optimization of the light detection system of the ICARUS detector
Clara Saia (Master Thesis)

C. Saia, V. Brio, R. Persiani, C. Petta, et al.
Gain stability of Hamamatsu R5912-MOD photomultipliers at low temperature
<https://doi.org/10.1016/j.nima.2024.169861>



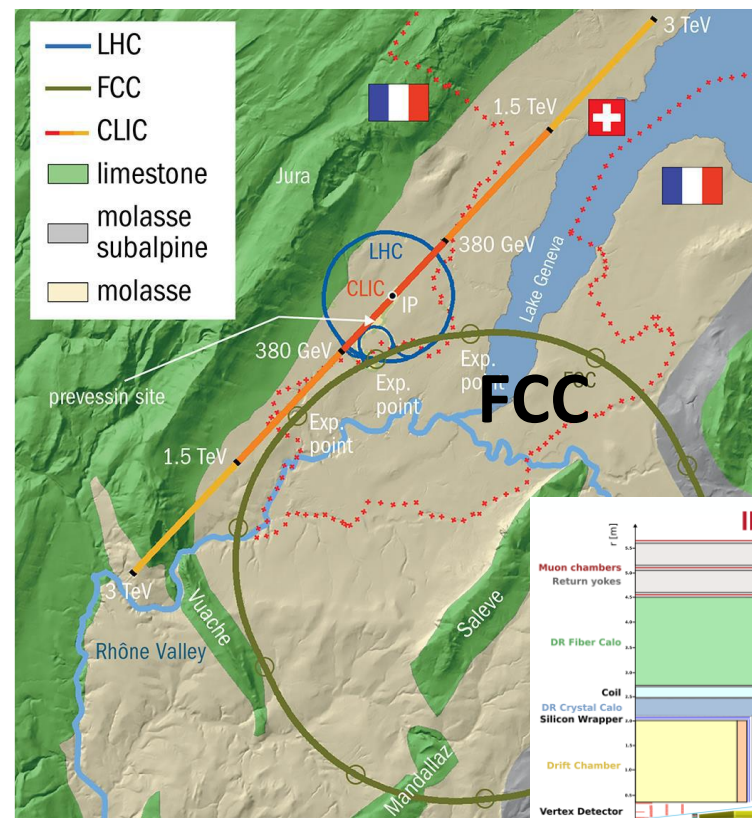
- Nel 2026:
 - Attività ICARUS (PMT)
 - Analisi dati, calibrazioni
 - Caratterizzazione dei PMT (test criogenici)
 - Attività DUNE (Vertical Drift)
 - Test SiPM + elettronica a Milano (setup CACTUS-VD) → Test 5600 flex (20 SiPM) in N liquido
 - Test ProtoDUNE al CERN (ProtoDUNE-VD)

Tipo	Richiesta [k€]	mP	Note
Missioni	16		Missioni ICARUS
Missioni	26.5		Missioni DUNE
Consumi	2		Test PMT in Camera climatica
Totale ICAR_US	44.5		



Nome	Posizione	FTE
Albergo Sebastiano	Prof. Ordinario	0.2
Calì Ivan	Assegno di Ricerca	1
Persiani Rino	RTD PNRR (SAMOTHRACE)	0
Puglia Sebastiana	RTDA	0.5
Totale RD_FCC		1.7

- **FCC-ee (principale progetto dopo HL-LHC al CERN)**
 - **IDEA: uno dei possibili rivelatori progettati**
- **Calorimetri a Dual Readout**
 - **Metallo con 2 tipi di fibre scintillatori**
 - **Misurare simultaneamente Scintillazione e Cherenkov**
 - **Correzione tramite f_{em} misurata evento per evento**
- **Primo prototipo negli anni 2000 → Evoluzione negli anni**
 - **Prototipi più grandi e più granulari**
- **HiDRa2: Call Gruppo 5 (chiude nel 2025) → Solo RD_FCC**
 - **PMT (moduli esterni)**
 - **SiPM (uno per fibra, modulo centrale)**

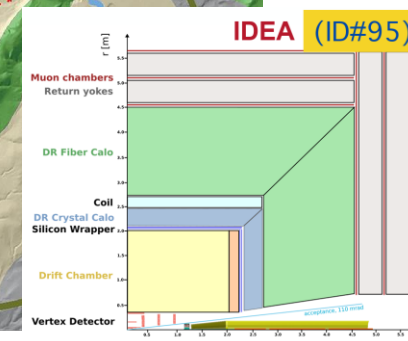


FCC:

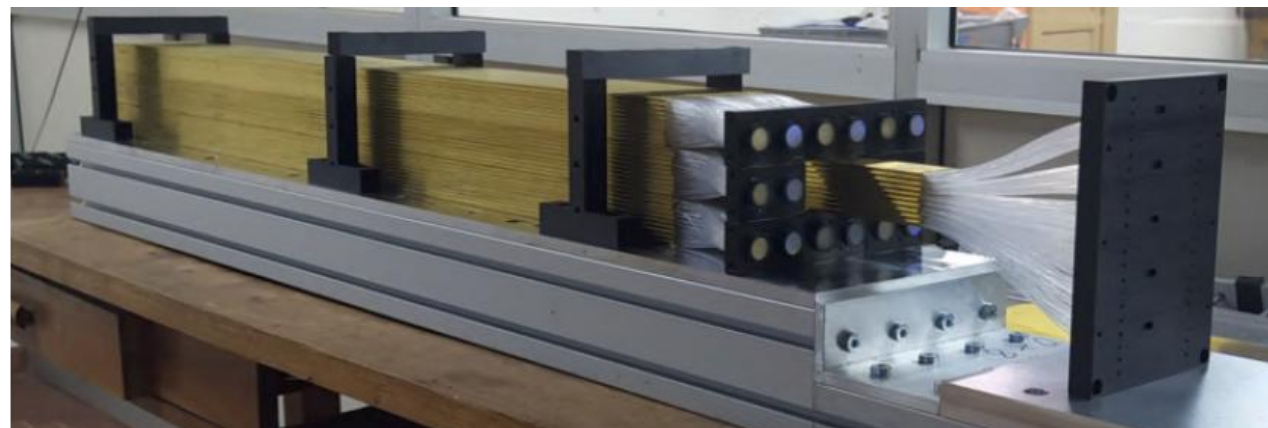
<https://fcc.web.cern.ch/>

RD_FCC (INFN):

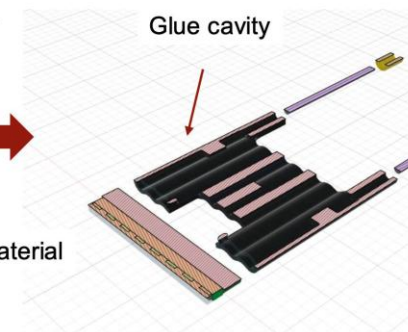
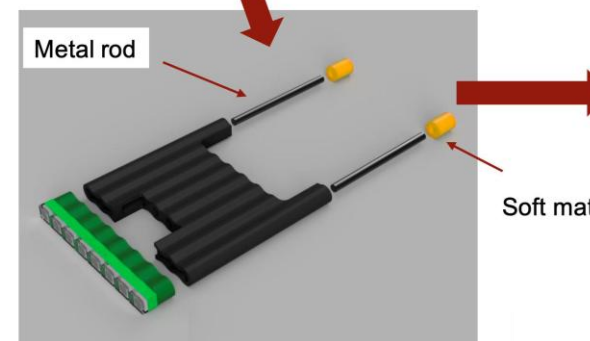
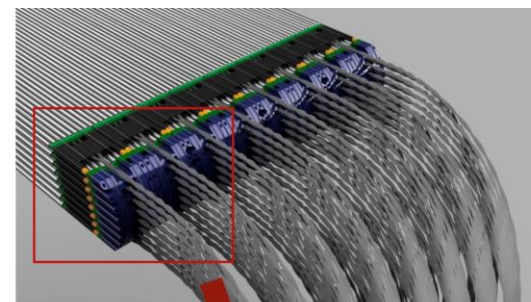
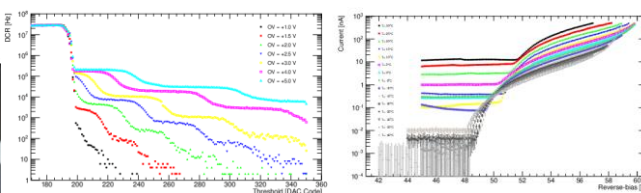
https://web.infn.it/RD_FCC/



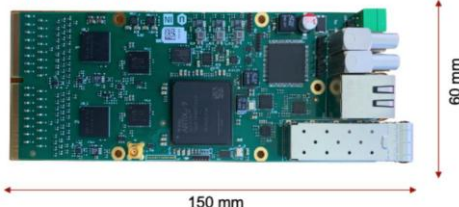
- **VTX MAPS**
- **Main Tracker:**
 - **He+Isob drift chamber**
 - **Si/LGAD wrapper (TOF)**
 - **DR calorimetry (fibres):**
 - **ECAL: Crystals**
 - **HCAL: Iron outside the Solenoid**
- **HTS Solenoid (up to 3T)**
- **Muon ID: μ -RWELL**



- **Valutazione performance prototipi di calorimetri Dual Readout**
 - Testbeam al CERN (2023, 2024, 2025, 2026)
- **Costruzione prototipo (Pavia, Como, Catania)**
 - **Catania:**
 - Test di Hamamatsu PMT per la qualifica del modello
 - Assemblaggio (incollaggio, saldatura) e test di **200 microPCB** (I. Calì, Servizio Tecn. Avanzate)
 - Stazione di test per SiPM e microPCB



FERS: A5202



- Two Citiroc1A for reading out up to 64 SiPMs
- One (20 – 85V) HV power supply with temperature compensation
- Two 13-bit ADCs to measure the charge in all channels
- Timing measured with 64 TDCs implemented on FPGA (time resolution ≈ 200 ps)
- Optical link interface for readout (6.25 Gbit/s)

**Architettura di readout:
SiPMs e schede FERS (CAEN)**

- Nel 2026:
 - Contribuire al testbeam 2026

Tipo	Richiesta [k€]	mP	Note
Missioni	4.5		1.5 riunioni + 3 Testbeam (sj)
Consumi	2		
Totale RD_FCC	6.5		

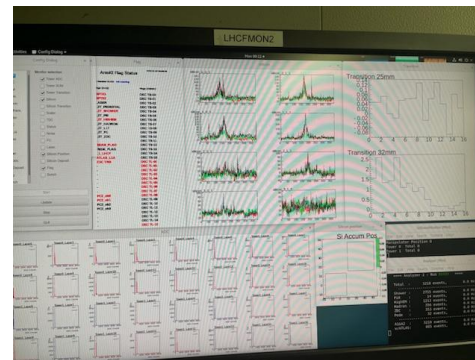
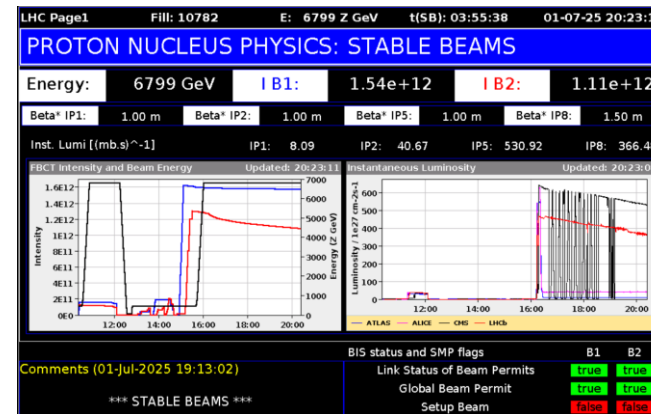
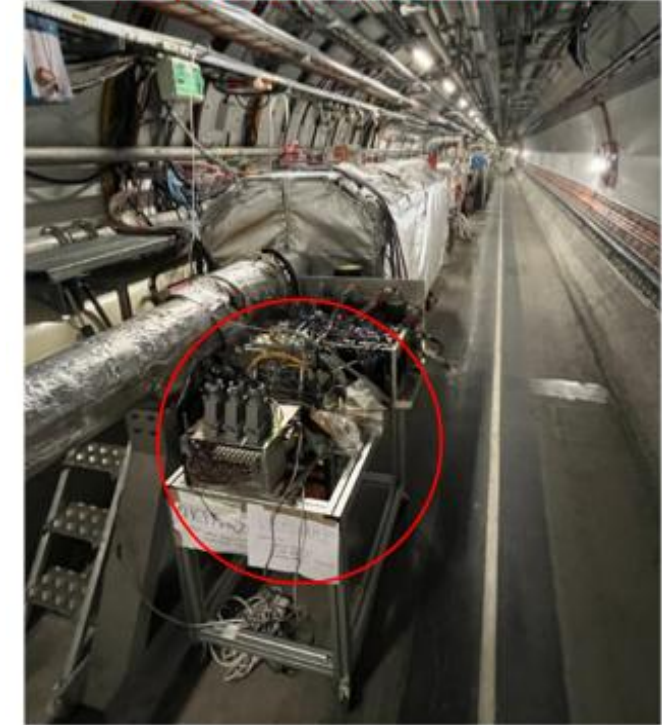
Nome	Posizione	FTE
Albergo Sebastiano	Prof. Ordinario	0.2
Castorina Paolo	Senior	0
Geraci Elena	Ricercatore	0.3
Piparo Giuseppe	TD PNRR (ICSC)	0
Tricomi Alessia	Prof. Ordinario	0.3
	Totale LHCf	0.8



- **Contributo storico del gruppo di Catania**
 - LHC-forward: 140 metri dal punto di collisione
 - 2 calorimetri (Arm1 e Arm2) nel tunnel LHC
 - Studio di particelle neutre in avanti
- **Nel 2025 si conclude la presa dati del rivelatore**
 - L'analisi dati andrà avanti per diversi anni
- **Gruppo LHCf cresce:**
 - Humboldt University (Berlino) entra in LHCf
 - Catania: 2 Tesisti mag. (C. Carollo, C. Lauricella)

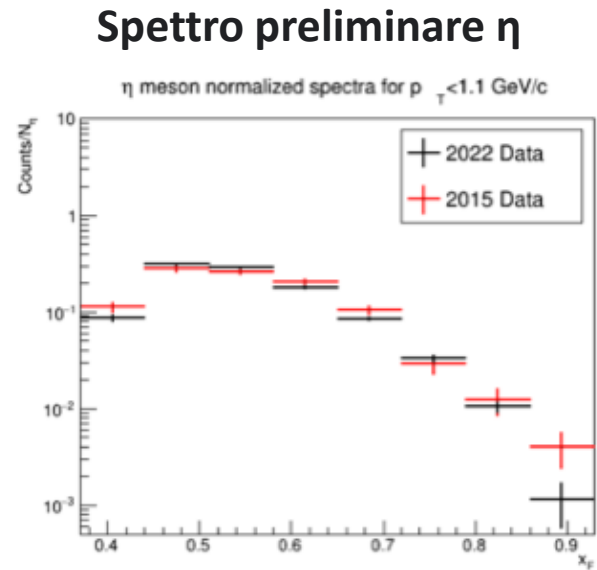
- Preparazione run protone-Ossigeno: importante per caratterizzazione raggi cosmici in atmosfera
 - Inizialmente previsto nel 2024, è stato spostato a Luglio 2025 → in corso questa settimana!
 - 2024: preparazione della rete e del software
 - 2025: test del DAQ (Arm2 nel tunnel LHC), test congiunto acquisizione dati ATLAS+LHCf
 - Questa settimana: run pO → estrazione rivelatore dal tunnel
 - Previsto testbeam SPS a settembre: calibrazione dati

Test del rivelatore disposto temporaneamente nel tunnel



	25	26	27	28
Monday			Coll. MD	NeNe run
Tuesday				ZDC out
Wednesday		TS 1	pO run	VdM run
Thursday				Intensity ramp-up
Friday	MD 1		LHCf out	
Saturday		pO setup	OO setup	
Sunday			OO run	

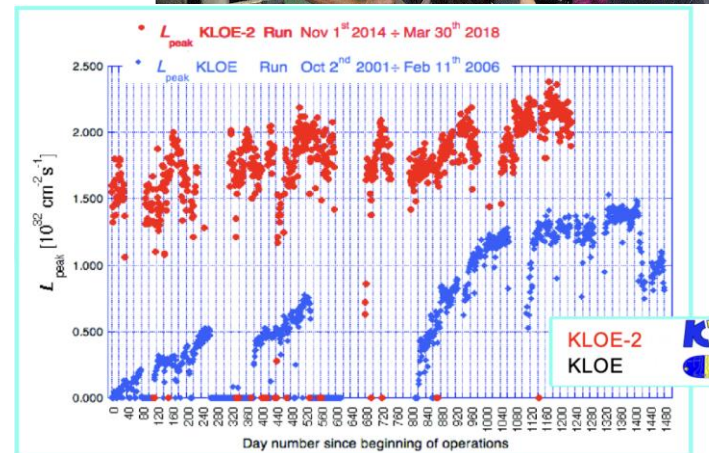
- Nel 2026:
 - Analisi dei dati LHCf e ATLAS+LHCf
 - Produzione del π^0 (dati pp 2015): finalizzazione analisi
 - Produzione del mesone η (dati pp 2022): finalizzazione analisi
 - Studio del processo one-pion-exchange con ATLAS (dati pp 2022)
 - Analisi dei dati p+O 2025
 - Analisi dati testbeam 2025: calibrazione guadagni degli scintillatori
 - Sviluppo di algoritmi di Machine Learning (ICSC-Spoke2)
 - Ricostruzione K^0_S dal decadimento in 4 fotoni
 - Ricostruzione Λ^0 dal decadimento $n+\pi^0$



Tipo	Richiesta [k€]	mP	Note
Missioni	16.5		14.5 + 2 (sj)
Consumi	1.5		
Totale LHCf	18		

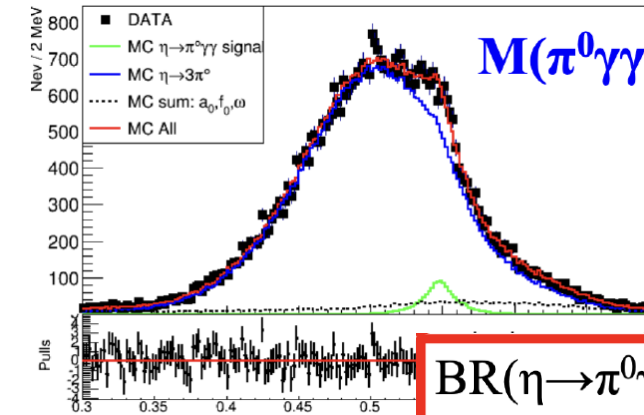
Nome	Posizione	FTE
Mandaglio Giuseppe	Prof. Associato	0.1
	Totale KLOE	0.1

- KLOE e KLOE-2 al collider DAΦNE (Frascati)
 - Presa dati conclusa nel 2018
 - Alcuni analisi ancora attive
 - Importante non interrompere accesso ai dati
 - Conservazione dei dati (processo in corso)
 - Ricostruzione dei dati (formato .root)
 - Trasferimento dei dati: Frascati → CNAF
- Responsabilità G. Mandaglio:
 - Convener hadron physics working group
 - Componente del Policy e Institution board



- Alcune analisi ancora in corso (**alcune progrediscono**, altre in sospenso)

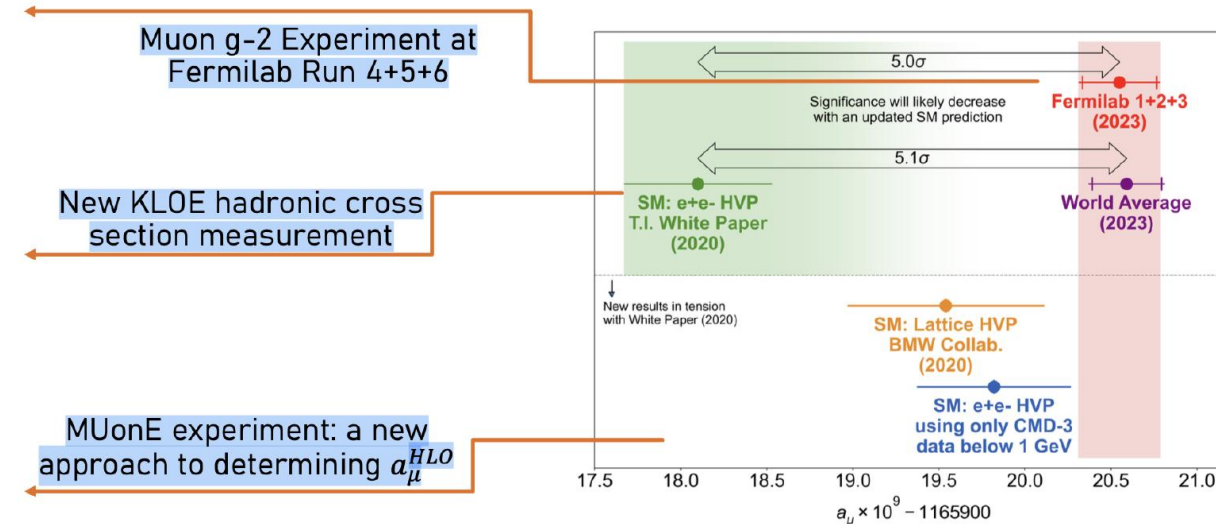
Ongoing analyses	
$K_S \rightarrow 3\pi^0$ (CP viol.)	KLOE-2 data
“Back from the future” effect in $K_S K_L \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$	KLOE data
Direct CP violation ε'/ε	KLOE+KLOE-2 data – PhD Thesis
$\eta \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma$ - χ PT golden mode	KLOE data
$e^+ e^- \rightarrow \omega \gamma_{ISR}$	KLOE data – PhD Thesis
$e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma_{ISR}$	KLOE data
$\gamma \gamma \rightarrow \pi^0$	KLOE-2 data
B-boson search in $\phi \rightarrow \eta \pi^0 \gamma, \eta \rightarrow \gamma \gamma$	KLOE data
$e^+ e^- \rightarrow \eta \mu^+ \mu^-$	KLOE data



Articolo
sottomesso
a JHEP

$$\text{BR}(\eta \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma) = (0.98 \pm 0.11_{\text{stat}} \pm 0.14_{\text{syst}}) \cdot 10^{-4}$$

- Grande risalto per la misura del fattore-g del muone (recenti risultati dall'esperimento Muon g-2)
- Gruppo di ricerca KLOE a Liverpool (G. Venanzoni)
 - Ripetere misura sezione d'urto adronica e+e-
 - Precedente misura (dati 2002 e 2006): 0.5 fb^{-1}
 - Nuova misura (dati 2004 e 2005): 1.7 fb^{-1}
 - Previsti miglioramenti sia in incertezza statistica che sistematica
 - Unblinding a fine 2025

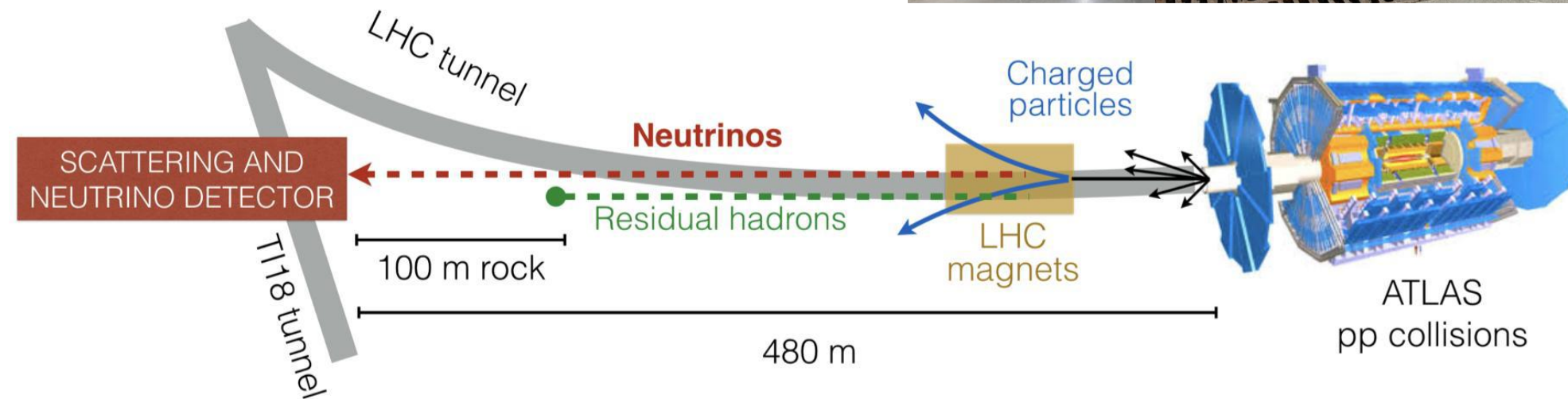


- Nel 2026:
 - Mantenere accesso ai dati per permettere la continuazione delle analisi in corso

Tipo	Richiesta [k€]	mP	Note
Missioni	1		Meeting generali, partecipazione a conferenze
Totale KLOE	1		

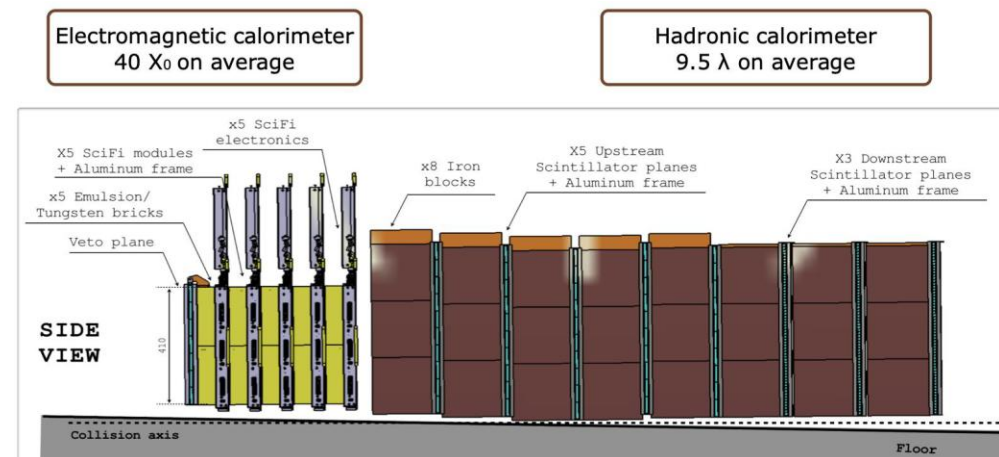
Nome	Posizione	FTE
Di Mattia Alessandro	Primo Ricercatore	0.3
	Totale SND	0.3

- **Nuova sigla in Gruppo 1 Catania!**
- **Esperimento SND@LHC**
 - “Scattering and Neutrino Detector at the LHC”
 - Approvato e costruito nel 2021 (in 12 mesi)
 - Presa dati durante LHC Run 3: 2022-26
 - 2023: osservazione di neutrini a collider
 - Analisi e presa dati proseguono
- Nuovo rivelatore per HL-LHC



- Rivelatore SND attuale:**

- Veto per muoni (scintillatore)
- Ricostruzione vertice (emulsioni)
- Calorimetro elettrom. (Tungsteno + SciFi)
- Calorimetro adronico (Ferro + scintillatore)
- Sistema per muoni (piani scintillatori XY)

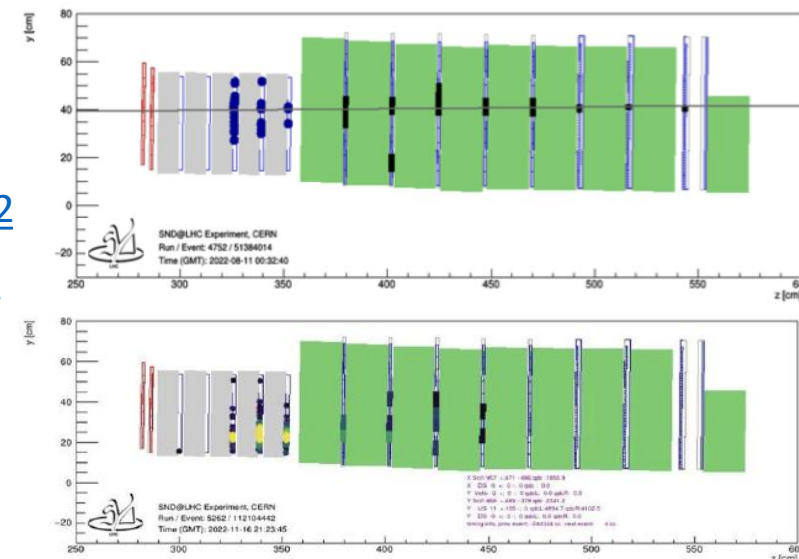


- Ritardo nell'analisi delle emulsioni (processo complesso)**

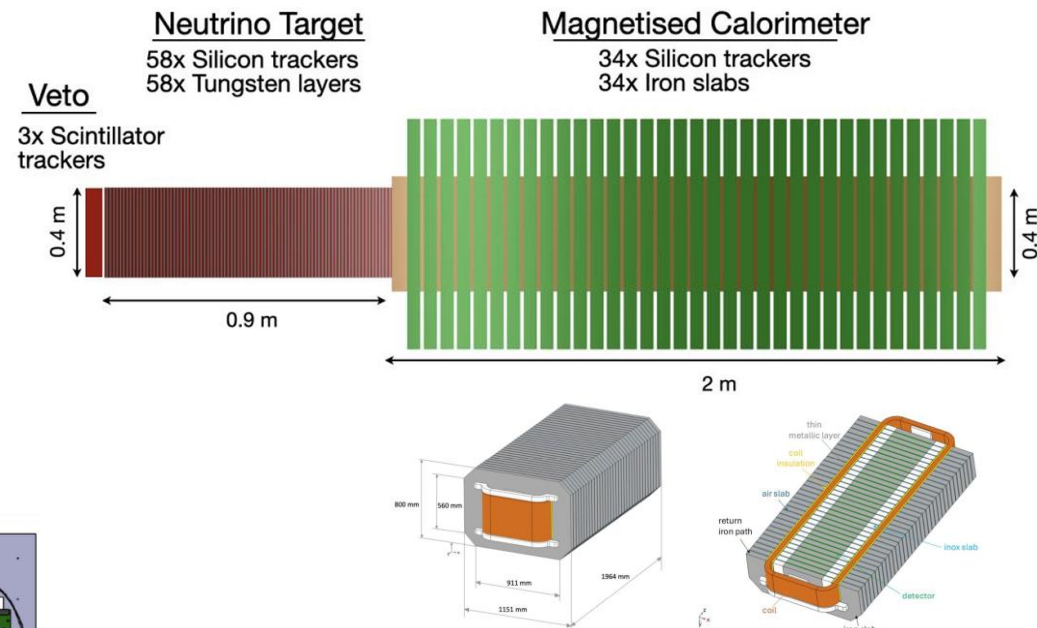
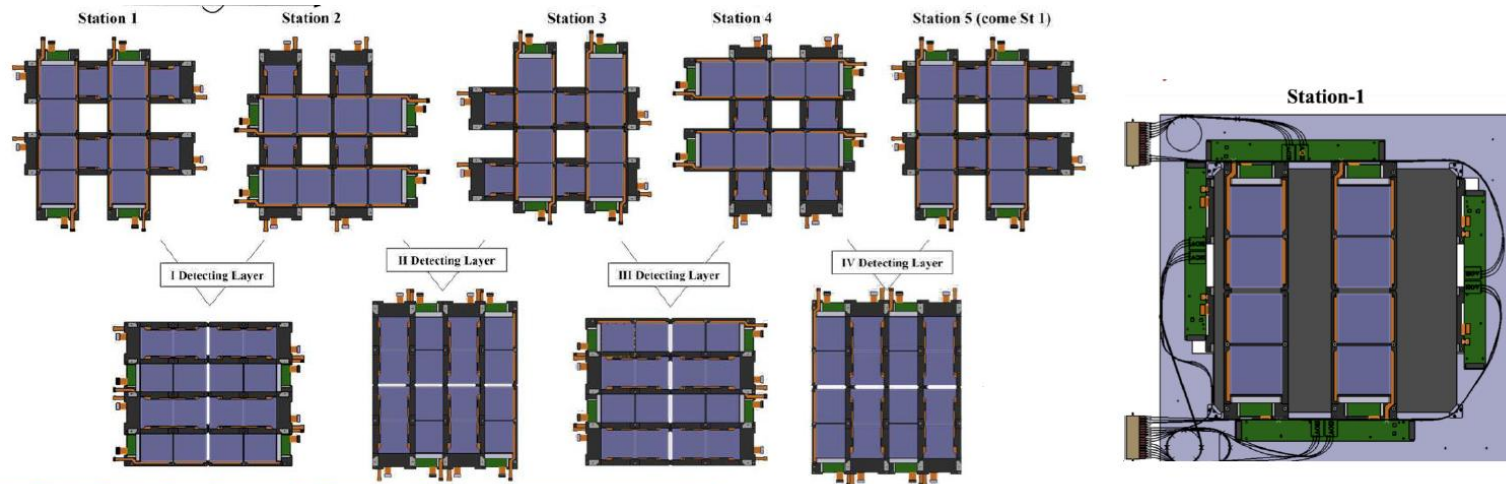
- Analisi attuali utilizzano solo lettura elettronica (calorimetri)
- Osservazione neutrini mu → <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.131.031802>
- Osservazione eventi senza muoni → <https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.18787>

- Programma di fisica SND@LHC:**

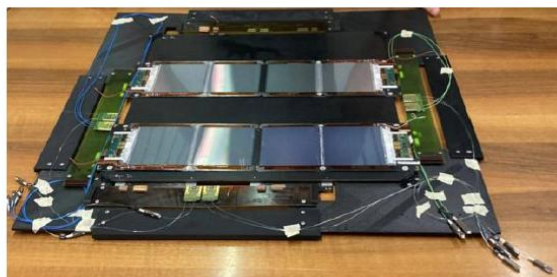
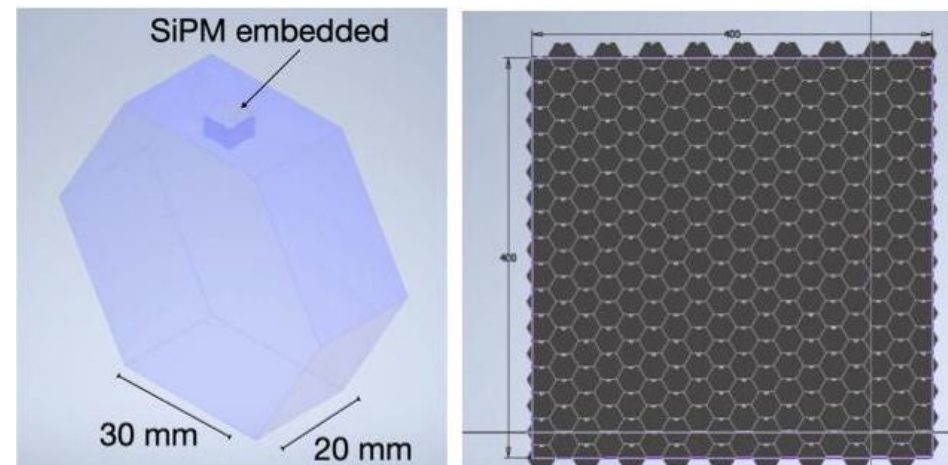
- Sezione d'urto $pp \rightarrow \nu_e + X$
 - 90% dei ν_e provengono da decadimenti adroni charm
- Sezione d'urto di produzione adroni charm (sottrarre contributo dei kaoni)
- Test universalità leptonica con neutrini (ν_e / ν_τ , ν_e / ν_μ)
- Misura rapporto CC/NC



- Nuovo rivelatore: AdvSND per HL-LHC**
 - Piani di tracciamento al silicio (Strip da CMS Tracker)
 - Piani di scintillatore (esagoni con SiPM embedded)
 - Strati di ferro con magnete permanente
- Recupero moduli Strip dai Layer 5-6 del CMS Outer Barrel
 - Estrazione (Settembre 2026) → Assemblaggio piani

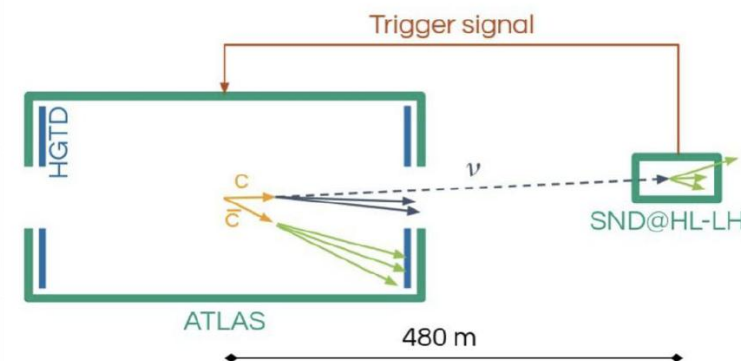
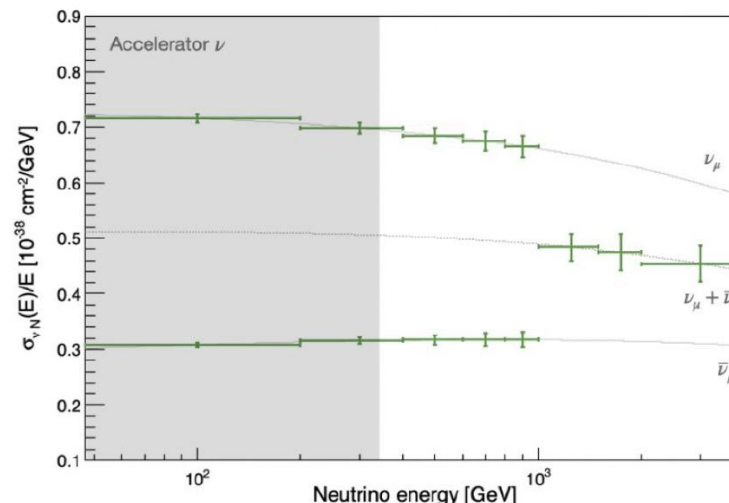


- Design innovativo:**
 - Risoluzione temporale: 50 ps



- Nel 2026:

- Contributo al rivelatore di Vertice di AdvSND:
 - Setup, calibrazione in dE/dx , algoritmi di tracciamento
- Integrazione con il trigger di ATLAS
 - Risoluzione temporale: 50 ps
 - Segnale verso ATLAS
 - Registrare eventi cc
 - c in ATLAS: 10% degli eventi
 - 1300 eventi (in 3000 fb^{-1})
 - Fisica del neutrino @ 1 TeV



- Nuova sigla:**

- Opportunità per coagulare le competenze sparse sulle varie sigle di gruppo 1
- Rivelatore AdvSND (Tracciatori al Silicio, SiPM) e Fisica del neutrino

Tipo	Richiesta [k€]	mP	Note
Missioni	1.5	0.3	1 mp/FTE + 1K€/FTE
Consumi	0.5	0.3	1 k€/FTE
Totale SND	2.0		

Gruppo 1 : Dotazioni e Richieste totali

23

Tipo	Richiesta [k€]
Missioni	9
Consumo	5
Inventariabile	9
Seminari	2
Pubblicazioni	1
TOTALE Dot. Gruppo 1	26

- Gruppo 1: 7.2 FTE
- Formule in backup slide

Sigla	Richiesta [k€]
CMS	64
ICAR_US	44.5
RD_FCC	6.5
LHCf	18
KLOE	1
SND	2
Dot. Gruppo 1	26
TOTALE Catania Gr1	162

- Richieste servizi

Richiesta Servizi CT	Tecnologie Avanzate	Elettronica	Calcolo
CMS	2	2	2.4
ICAR_US	1	0	0
RD_FCC	1	0	0
LHCf	0	0	0
KLOE	0	0	0
SND	0	0	0
TOTALE Gr1	4	2	2.4

Backup

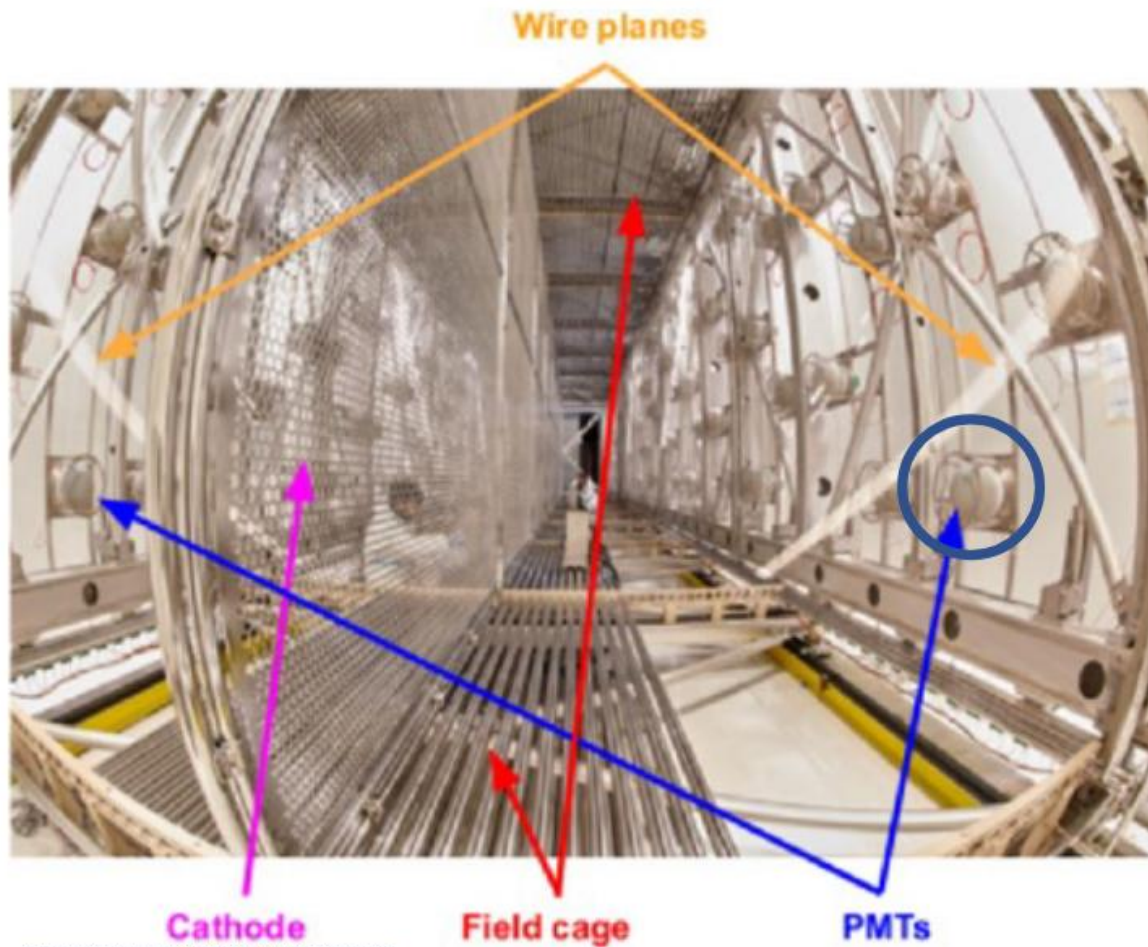
- **Missioni = (FTE+0.7)*0.6 +DIST**
 - **+1.5 k€** per ciascun referee non coordinatore
 - **+2.0 k€** per ciascun osservatore
 - **+ extra** per membri di comitati
 - ECFA 4k€, PDG 4k€, ACCU 2k€, LHCC 4k€
 - SPSC 3k€, VQR 1.5k€, RRB 8k€, ...
- **Consumo = (FTE+6.0)*0.36**
- **Inventariabile = 5.2*LN(FTE)+FTE/3.8-3**
- **Pubblicazioni (< 15 FTE) = 1**
- **Seminari (< 15 FTE) = 2**

***Unità k€ (arrotondamenti a 0.5k€)**

DIST	
Sede	k€
CA, CT, LE, TS	+3
BA	+2
RM1/2/3, LNF	-2
Altre sedi	0

	Pubblicazioni	Seminari
FTE	k€	k€
<15	1	2
15-45	2	2
>45	3	2

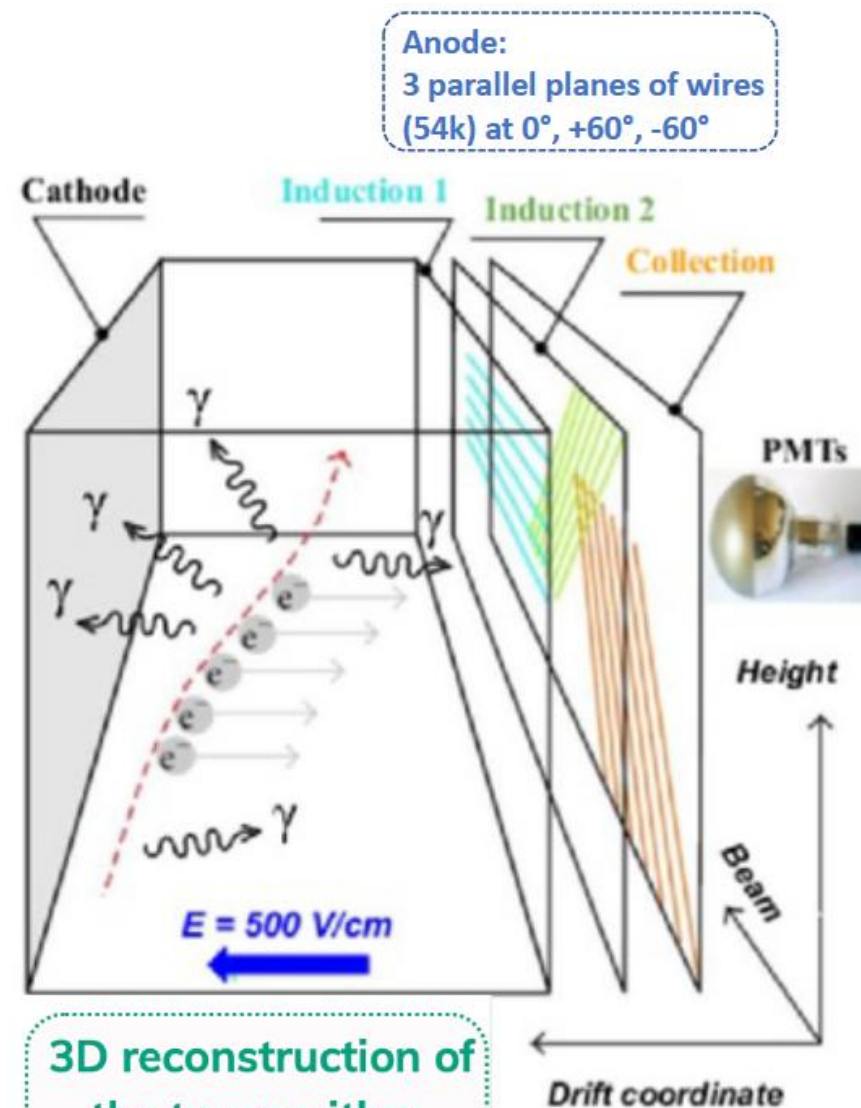
ICARUS T600 – LAr TPC



Cathode crossing tracks:

$T_{\text{drift}} \sim 0.86 \text{ ms}$

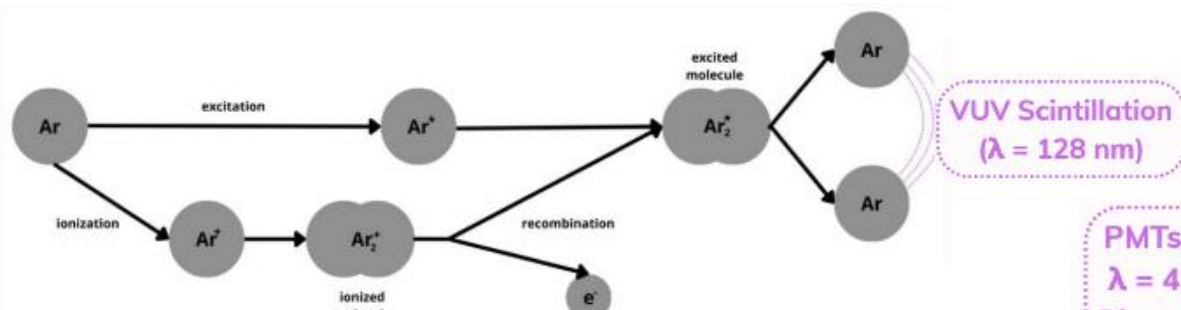
$L_{\text{drift}} \sim 1.5 \text{ m}$



Anode:

3 parallel planes of wires
(54k) at 0° , $+60^\circ$, -60°

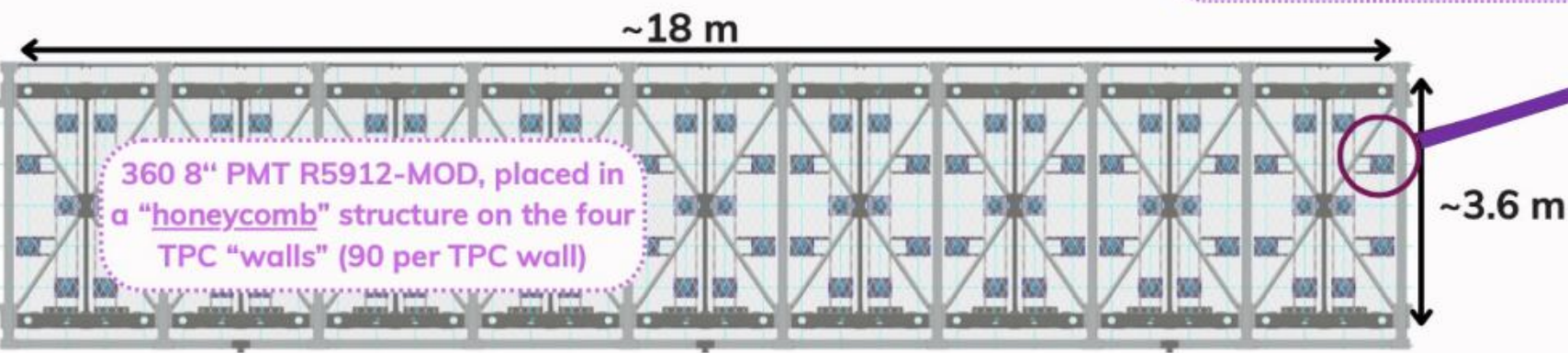
3D reconstruction of
the trace with a
resolution of $\sim 1 \text{ mm}^3$



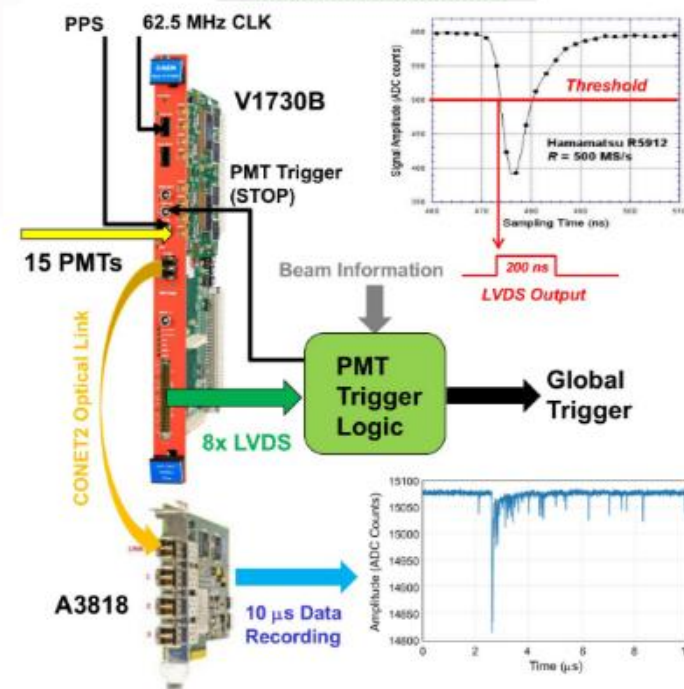
PMTs have a peak sensitivity at $\lambda = 420 \text{ nm}$: coated with Tetra-Phenyl Butadiene (TPB) as WLS



24 CAEN V1730B digitizers (500 MSa/s), 15 PMTs + 1 spare channel per board.



- identify the occurrence time t_0 of each interaction inside the TPCs with $O(\text{ns})$ precision $\rightarrow$ **within 2 ns beam spills**
- improve spatial resolution of the events reconstruction along the longitudinal direction with $O(\text{m})$ precision.
- fundamental element for the **trigger system** for events and for cosmic ray veto (in anti-coincidence with Cosmic Ray Tagger signals).



The Hidra-2 project aims to design, build and qualify a prototype of fiber sampling granular DR calorimeter to evaluate:

- a) a stand-alone hadronic resolution around $30\%/\sqrt{E}$ or better, both for single hadrons and for jets, while maintain a resolution for isolated electromagnetic (EM) showers close to $10\%/\sqrt{E}$;
- b) a transversal resolution of $O(1 \text{ mrad})/\sqrt{E}$;
- c) a longitudinal one of a few cm (by phasing);
- d) a modular and scalable construction technique;
- e) an innovative reading architecture based on SiPM;
- f) the performance of Deep Neural Network algorithms in exploiting such a large amount of (3D) information.

The Low Granular Module

5 Mini-modules (PMT readout)
 $\sim 13 \times 13 \times 250 \text{ cm}^3$

The mini-module

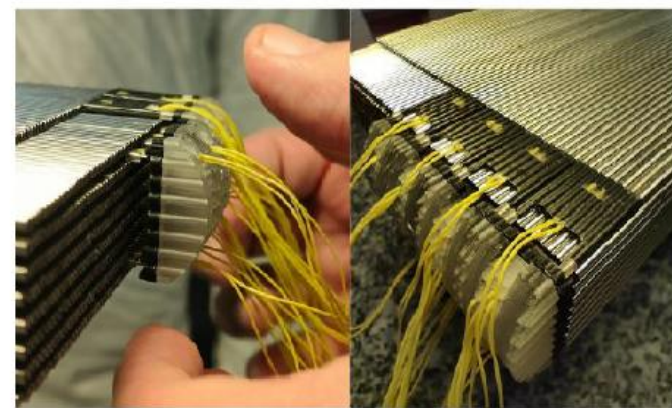
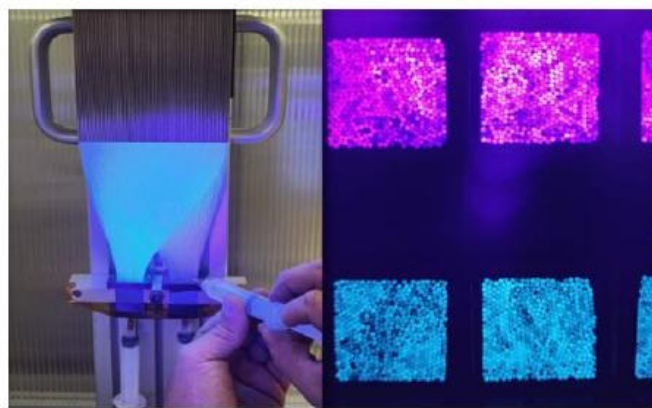
64 x 16 stainless steel capillaries: 2 mm outer diameter and 2.5 m long.
 Scintillating and clear fibres (alternated in rows) to apply the dual-readout method

The HiDRa prototype

Designed to be scalable and large enough to measure hadronic performances

The High Granular Module

Two central modules read out with 10k SiPMs (one per fibre)



HiDRa (High-Resolution Highly Granular Dual-Readout Demonstrator)

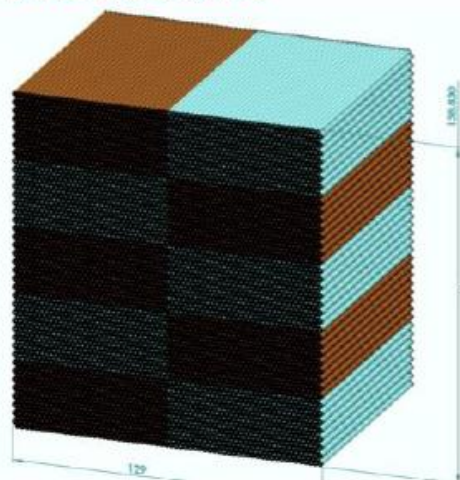
- R&D tecnologico per il rivelatore **IDEA**; finanziamento richiesto ~858 K€
- Obiettivi: produrre un prototipo «scalabile» di calorimetro a Dual Redout con un'innovativa architettura di **readout** basata sui **SiPMs** e schede **FERS**

$$\sigma_E \approx 30\%/\sqrt{E}, \quad \sigma_{elett.} \approx 10\%/\sqrt{E}$$

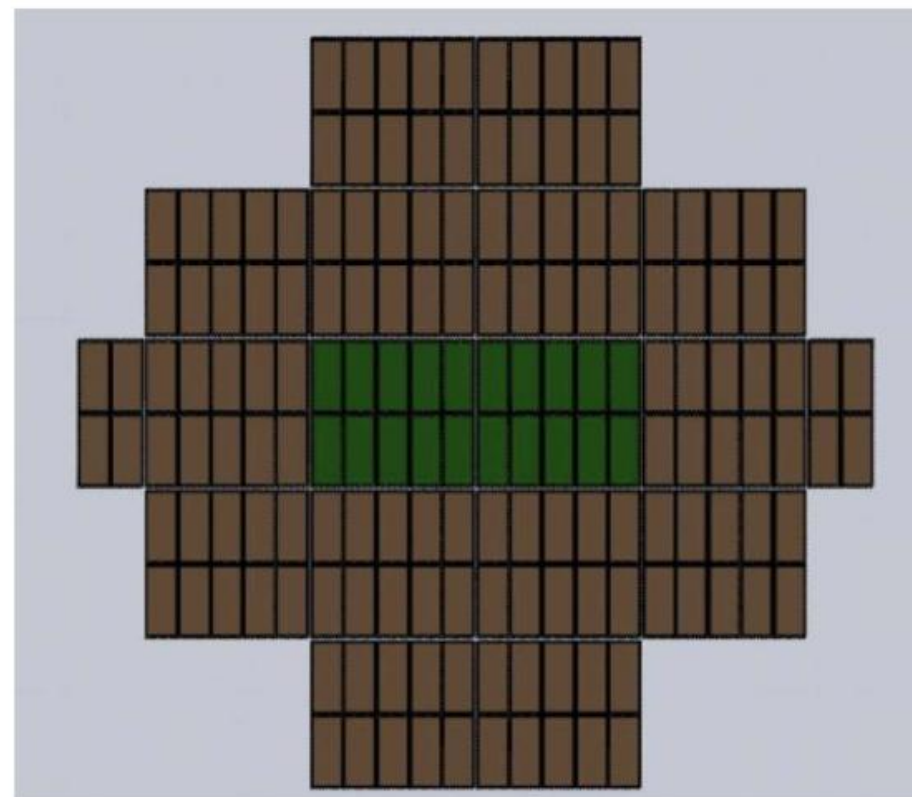
$$\sigma_T \approx O(1\text{mrad})/\sqrt{E}, \quad \sigma_L \sim 5 \text{ cm}$$

Compito di Catania: test e qualifica dei SiPM, contribuire allo sviluppo del readout

The Module

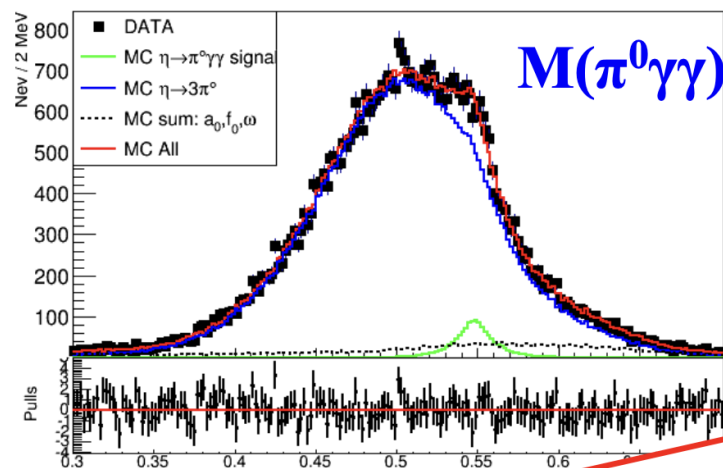


10 Mini-modules
~ 13 x 13 x 200 cm³
5120 fibre



Realizzazione di un prototipo costituito da 16 Moduli 13×13×200 cm³, i due Moduli centrali Letti con Matrici a SiPM integrati su 10 FERS. I restanti moduli sono letti da 150 PMTs.

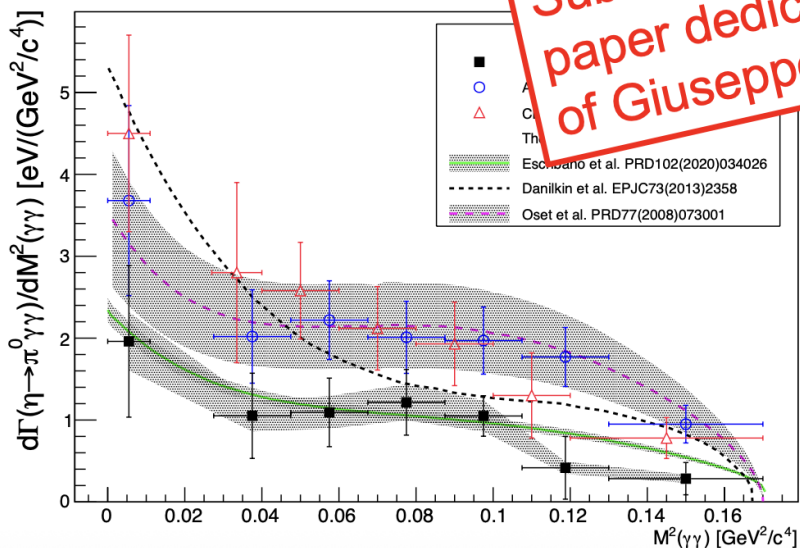
$\eta \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma$ decay



- Integrated luminosity of 1.7 fb^{-1} ($\sim 7 \cdot 10^7 \eta$'s)
- 5 prompt photons selection, no charged tracks
 ~ 1200 signal events
- Data distribution fit with MC components:
 $\eta \rightarrow 3\pi^0$, $\eta \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma$ signal, sum of non- $3\pi^0$
- Fit $\chi^2/\text{ndf} = 215/200$ (fit prob=22%)
- Normalized with $3\pi^0$ sample with 7 photons

Submitted to JHEP
paper dedicated to the memory
of Giuseppe Fabio Fortugno

systematic uncertainty come from 5
n, analysis cuts and normalization



$$\text{BR}(\eta \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma) = (0.98 \pm 0.11_{\text{stat}} \pm 0.14_{\text{syst}}) \cdot 10^{-4}$$

- Separate fits in bins of $M^2(\gamma\gamma)$
- Second bin missing due to the veto for $\pi^0\pi^0$ events
(from $\phi \rightarrow f_0(980)\gamma$, with $f_0(980) \rightarrow \pi^0\pi^0$ and
 $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^0$ with $\omega \rightarrow \pi^0\gamma$)

Neutrino production at LHC

An old Idea: A. De Rujula, R. R  kl, 1984, Neutrino And Muon physics in the collider mode of future accelerator, CERN-TH-3892-84

Which has become reality

IOP Publishing

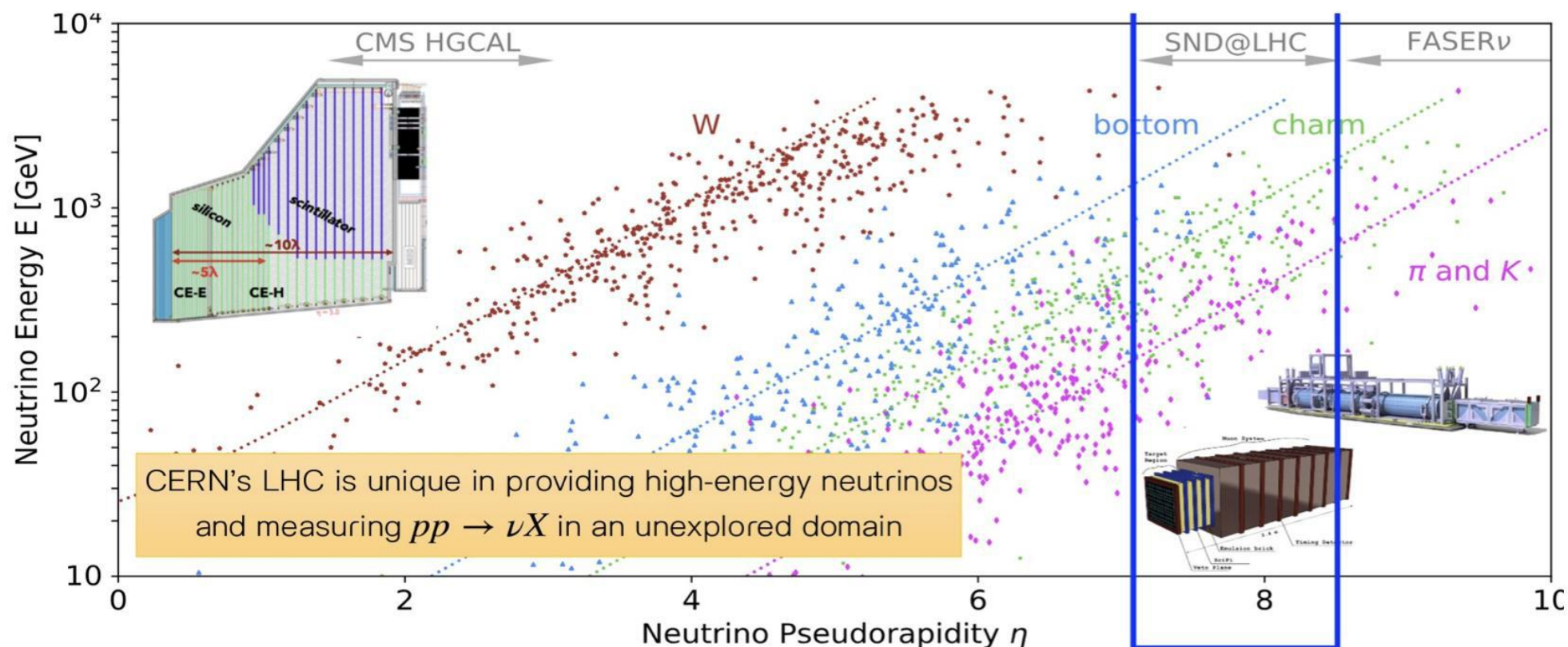
Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics

J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **46** (2019) 115008 (19pp)

<https://doi.org/10.1088/1361-6471/ab3f7c>

Physics potential of an experiment using LHC neutrinos

N Beni¹, M Brucoli², S Buontempo⁵, V Cafaro⁴,
G M Dallavalle^{4,8}, S Danzeca², G De Lellis^{2,3,5},
A Di Crescenzo^{3,5}, V Giordano⁴, C Guandalini⁴, D Lazic⁶,
S Lo Meo⁷, F L Navarra⁴ and Z Szillasi^{1,2}



Veto system

Two 1 cm thick scintillator planes.

Target, vertex detector and ECal

830 kg tungsten target.

Five walls x 59 emulsion layers

+ five scintillating fibre stations.

$84 X_0$, $3 \lambda_{\text{int}}$

HCal and muon system

Eight 20 cm Fe blocks

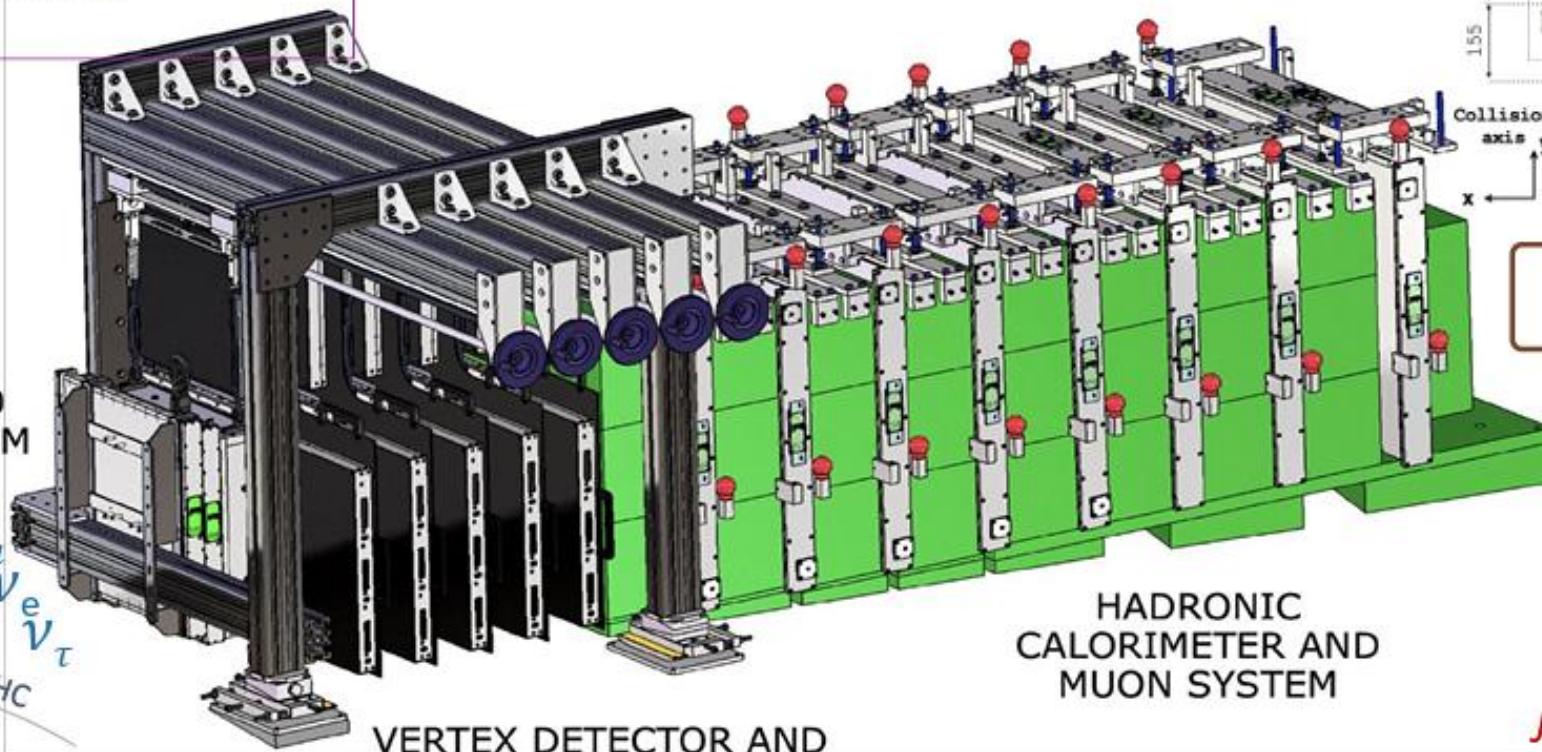
+ scintillator planes.

Last 3 planes have finer
granularity to track muons.

$9.5 \lambda_{\text{int}}$

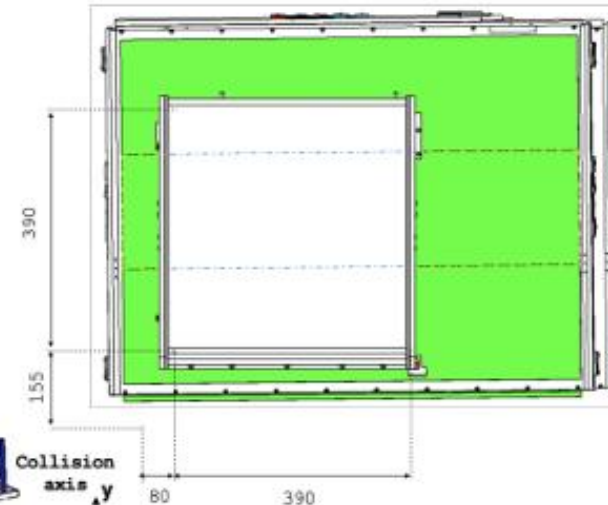
Length: 2.6 m

VETO
SYSTEM



VERTEX DETECTOR AND
ELECTROMAGNETIC
CALORIMETER

HADRONIC
CALORIMETER AND
MUON SYSTEM



Off axis location

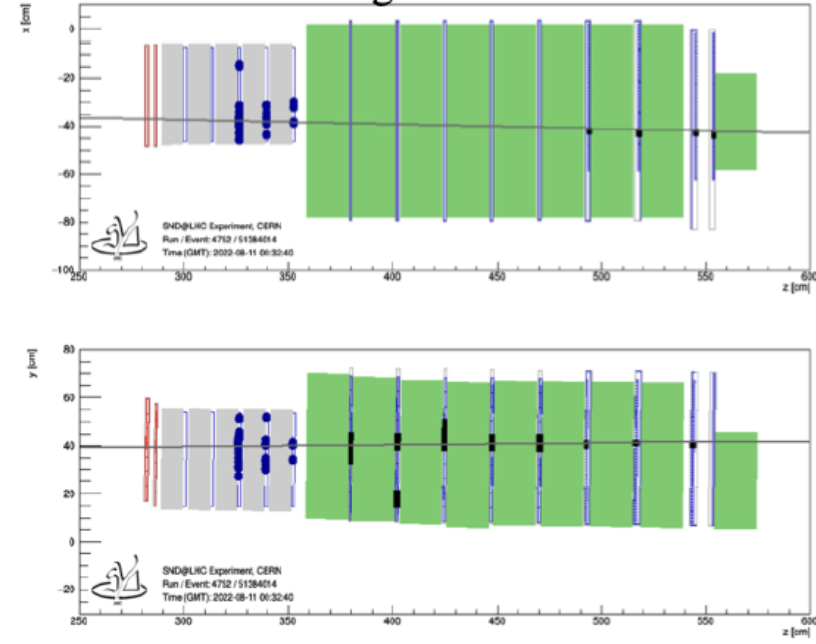
$7.2 < \eta < 8.4$



SND : Osservazione neutrini ai collider

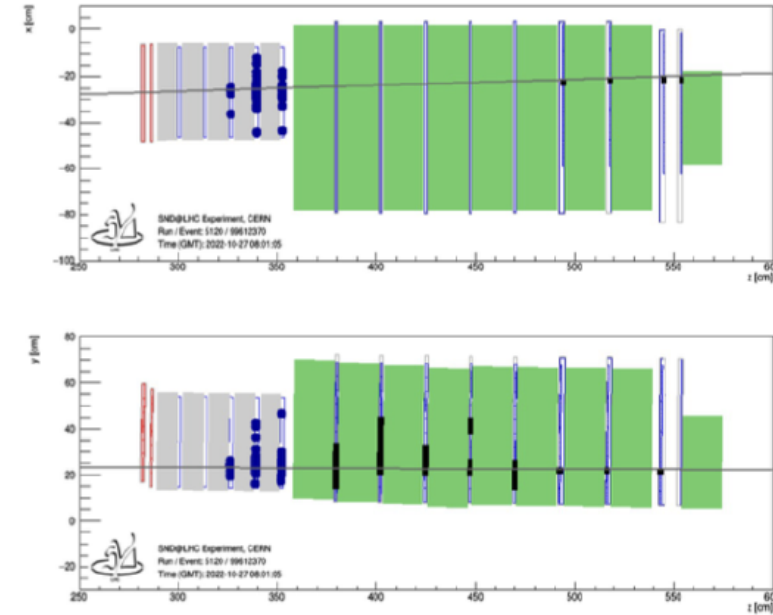
33

Aug 11th 2022



Distribution of SciFi hits for ν_μ candidates with the MC expectation for ν events and background (augmented to the 5 sigma level)

Oct 27th 2022



8 observed events and an expected background

$$(8.6 \pm 3.8) \times 10^{-2}$$

Background only hypothesis probability:

$$P = 7.15 \times 10^{-12}$$

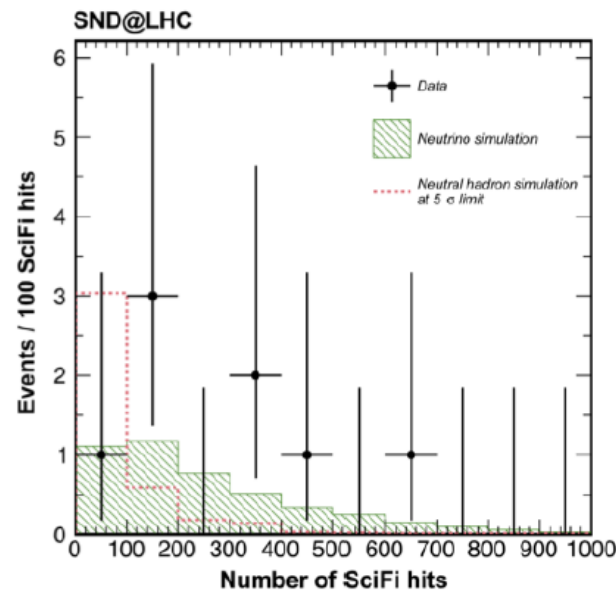
6.8 σ observation

Editors' Suggestion

Observation of Collider Muon Neutrinos with the SND@LHC Experiment

R. Albanese *et al.* (SND@LHC Collaboration)

Phys. Rev. Lett. **131**, 031802 (2023) – Published 19 July 2023



<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.131.031802>

Neutral hadron background

- Define background-dominated control region to normalise the simulation
- Events **expected in signal region: 0.01**

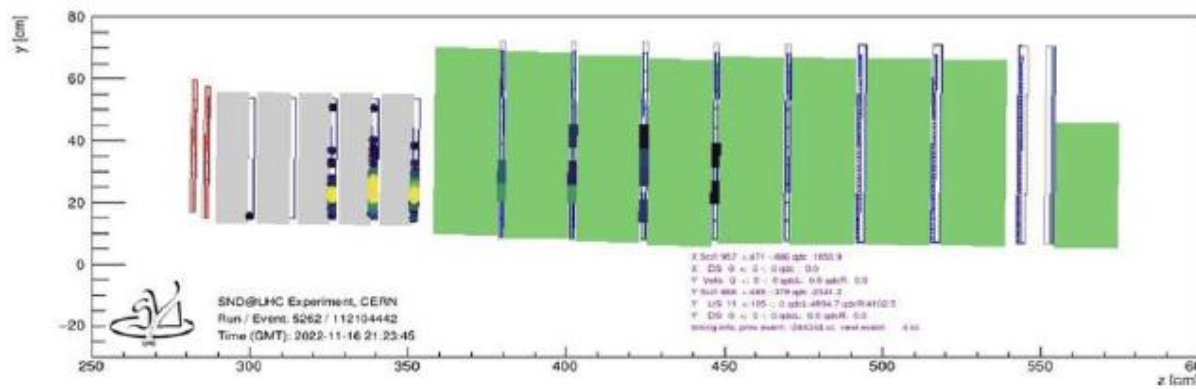
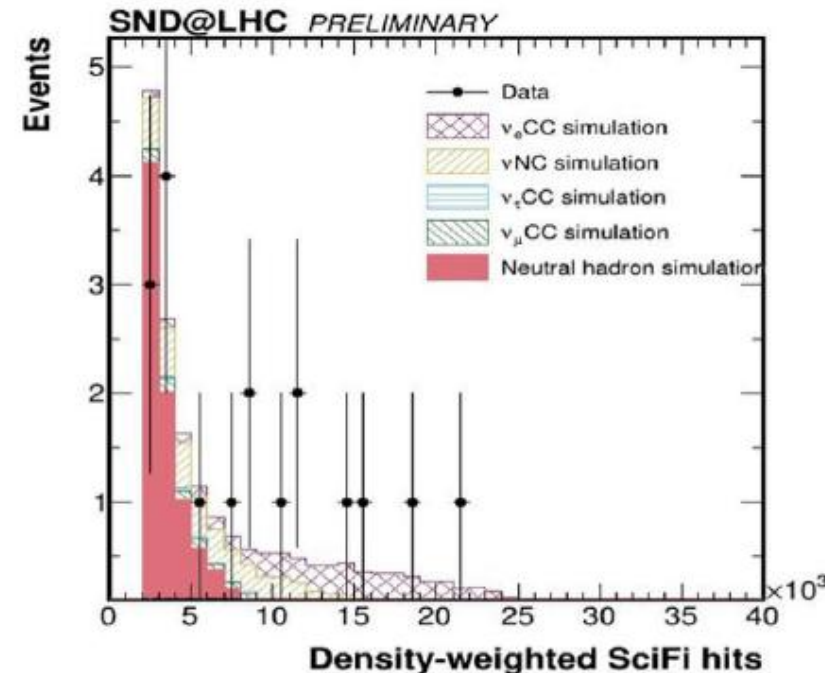
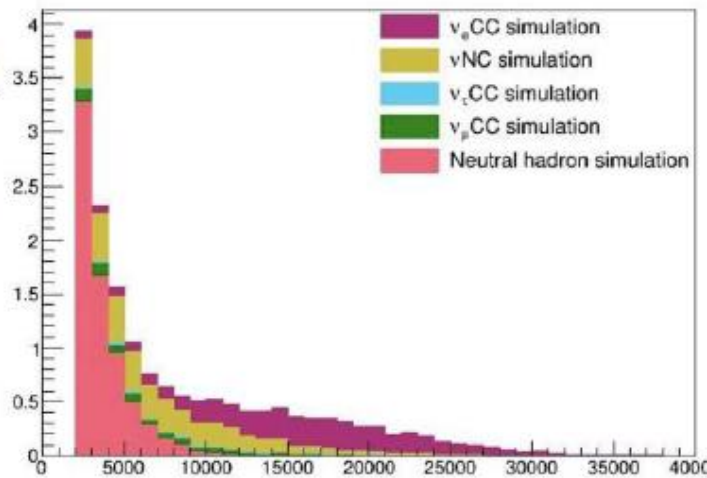
Neutrino background

- Muon neutrino CC interactions are the dominant background, with **0.12** expected events.
- Tau neutrino CC interactions expected: **0.002**

0μ observation significance

- Total expected background: **0.13 ± 0.07 events**
- Expected signal: **4.7 events**

Number of events observed: 6
Observation significance 5.8σ



The Dawn of Collider Neutrino Physics

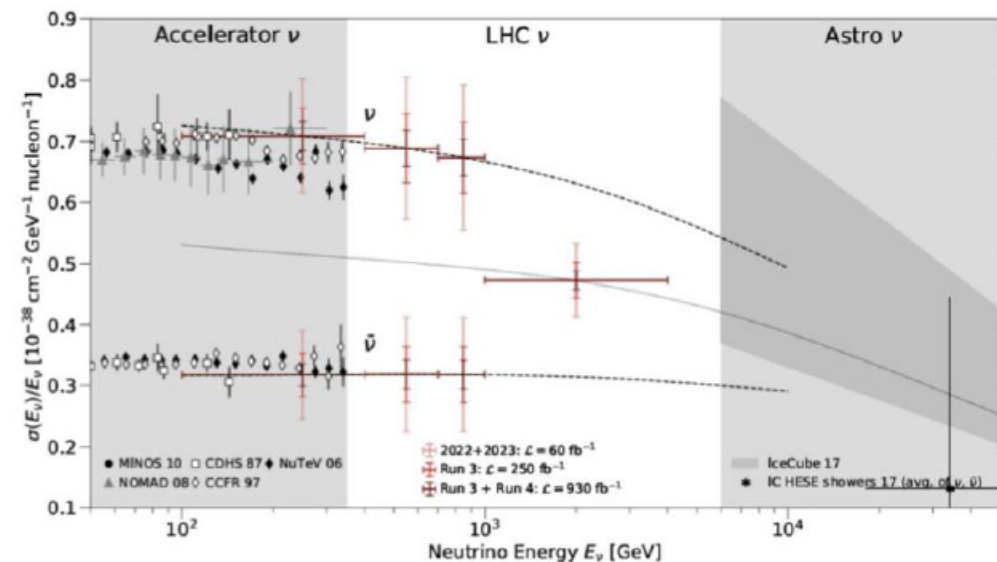
[Elizabeth Worcester](#) Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, US

July 19, 2023 • *Physics* 16, 113

Regime energetico inesplorato: 0(1 TeV)

- $\nu_\tau, \bar{\nu}_\tau$: test dell' universalità del sapore leptonico, sistematica per la ricerca dell'apparizione dei ν_τ negli esperimenti di oscillazione;

- La stranezza in avanti, quantità collegata al «muon-puzzle» nella fisica dei raggi cosmici ad alta energia, può essere misurata



- QCD, regione con un contributo significativo degli adroni charmati. La sezione d'urto di produzione del charm in avanti è collegata alle PDFs a basso-x (rilevanti per la fisica dell'Higgs, per la saturazione QCD) e alla produzione dei neutrini atmosferici