

Attività di Gruppo 1 della Sezione di Bologna

B. Giacobbe

Per il Gruppo 1 della Sezione di Bologna

Assemblea di Sezione – 4 Luglio 2024

Group-1 activities in Bologna

- Nonostante la crisi (spesso discussa e condivisa in CSN1) sull'afflusso di giovani, in particolare per la decrescita delle tesi, il GR1 a Bologna ha numeri costanti, un coinvolgimento stabile/in-aumento nei più importanti esperimenti HEP @CERN, FNAL, DESY + R&D in molte aree (rivelatori, elettronica, computing, analisi)
- Ruoli importanti/apicali nelle maggiori collaborazioni internazionali
- Preoccupazione per il future per quello che riguarda la riforma post-doc. Largamente discussa in Sezione e nell'INFN in generale

LHC experiments:

ATLAS
CMS
LHCb
MOEDAL
SND@LHC

HL-LHC Upgrades:

ATLAS
CMS
LHCb

Non-LHC experiments:

MUONE (CERN SPS)
LUXE (Hamburg)
AMBER (CERN SPS)
DUNE (FNAL)

Sigle sinergiche

IGNITE
AIDAINNOVA
ENUBET

Future Colliders

RD_FCC
RD_MUCOLL

Some statistics

- Numeri del **2025** (presto per il 2026 ..)
- Numeri rilevanti di PhD e post-doc
- Coinvolgimento importante di tutti I servizi tecnici
 - 25 tecnici lavorano per attività di GR1
 - **GRAZIE !**
- Ancora molte tesi triennali e magistrali: il miglior investimento per il futuro (e molto lavoro per chi le segue, ma lavoro ben speso)

experiment	researchers(FTE)	Tecnologi	PhD	post-doc
ATLAS/FASE2	41/25 (23.6/10.3)	2/4 (0.1/1.0)	5	5
CMS/FASE2	28/11 (17.9/3.3)	3/0 (1.1/0.0)	5	2
LHCb	19 (12.7)	1 (1.0)	3	3
MOEDAL	4 (1.5)	1 (0.2)		
SND@LHC	21 (4.9)		2	
MUONE	5 (1.6)		1	
LUXE	3 (0.6)			
AMBER	3 (0.2)	1 (0.2)		
IGNITE		1 (0.3)		
RD_FCC	20 (4.3)	2 (0.1)	2	2
RD_MUCOLL	9 (1.4)		1	
AIDAINNOVA	3 (0.2)	3 (1.1)		1
DUNE	26 (12.7)	5 (1.3)	4	5
ENUBET	2 (0.3)			
TOT	133 (95.0)	16 (6.4)	23	18

tecnici

25

Crucial years for particle physics: *la strategy*

- Un enorme sforzo sia sperimentale che di analisi
 - Per gli esperimenti che sono in presa dati e che contemporaneamente stanno costruendo gli upgrades
 - Per i nuovi esperimenti all'inizio delle prese dati, impegnati in test-beam o in R&D e/o costruzione
 - ***per i rivelatori finalizzati ai futuri acceleratori***
- Tutto ciò grazie all'altissimo livello di qualificazione e al support qualificato ed efficiente dei nostri servizi tecnici e amministrativi
- Le attività trasversali tra gruppi INFN e sigle sinergiche è fondamentale per lo scambio di esperienze e conoscenze su rivelatori e fisica
- 2025/26 sono anni fondamentali per definire la strategia futura per la fisica delle particelle
 - Grazie al coinvolgimento di Bologna in FCC, MuCol e nei DRD siamo coinvolti nel fornire input scientifici per la strategy e soprattutto lavoro attivo sulle tecnologie e analisi necessarie

RD_FCC

Status of the FCC program

Final Words

Over the past years very significant progress has been made towards the realisation of the next flagship project at CERN

- FCC: Successful completion of the Feasibility Study; No technical showstoppers identified
- Overwhelming support for the integrated FCC-ee/hh programme by the HEP communities in the CERN Member and Associate Member states and beyond;

The strong support is largely based on the superb physics potential and the long-term prospects (FCC-ee /hh)

- Discussions on the financial feasibility are ongoing (CERN management and Council)

FCC week 2025 in Wien

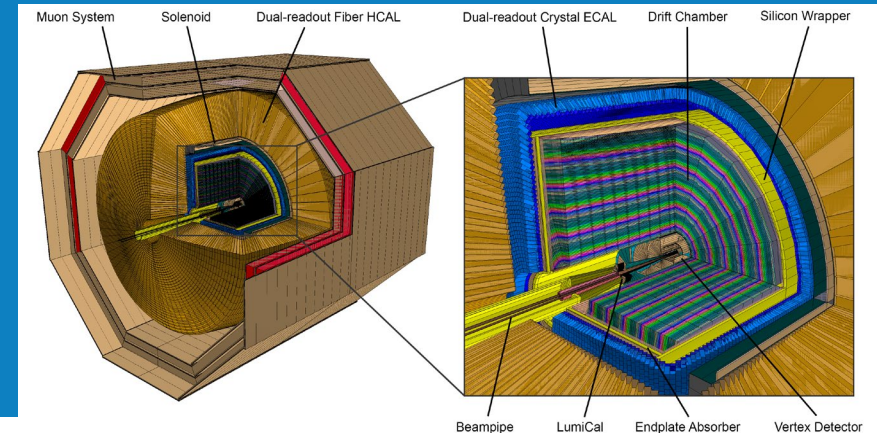
614 participants (58 remote), 56 public sessions, 230 oral presentations, 33 posters
PED: 3 plenary talks, 2+2 summary talks, 55 parallel talks

2026 FCC week: 8-12 June @ Helsinki

RD_FCC@Bologna

- Bologna è una delle principali sezioni italiane impegnato nella sviluppo di IDEA.
- Responsabile nazionale RD_FCC (Paolo Giacomelli)
- Attività organizzata attorno a tre assi

- Sviluppo simulazione IDEA (prototipo di rivelatore per FCC-ee)



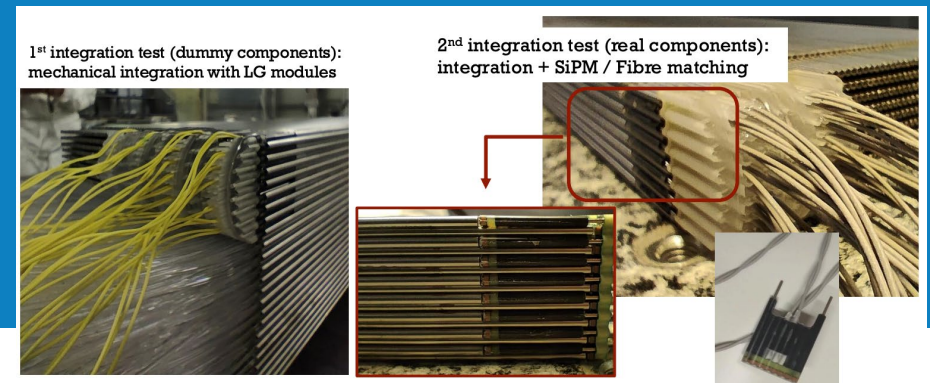
Sviluppo proposta rivelatore muoni con μ RWELL:



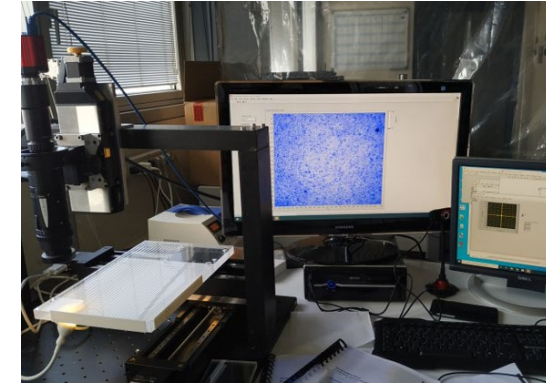
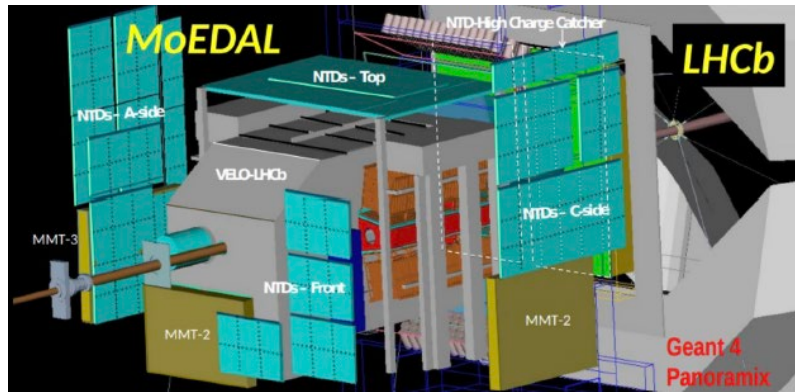
- Rivelatore robusto, di alta precisione - R&D “sistemico” con obiettivo produzione su larga scala
- caratterizzazione rivelatori con cosmici in B. Pichat e con test su fascio
- simulazione parametrica μ RWELL ed elettronica
- sviluppo e test del readout chain per chip TORA

Costruzione prototipo calorimetro dual readout

- **Meccanica/ottica + elettronica** (equipaggiamento fibre su modulo + disegno e produzione componenti passivi per somma analogica segnale SiPM)
- HIDRA prende forma



MOEDAL



2025-2026

- Run 3 - Three batches of Nuclear Track Detector (NTD) stacks ($\sim 30 \text{ m}^2$) exposed in MoEDAL (around LHCb VELO region at IP8) and after exposure etched in Bologna.
- Another batch currently taking data
- No more etching at the Bologna etching Lab (will be dismantled)
- In 2026 focus will shift entirely to data analysis



too bad ...

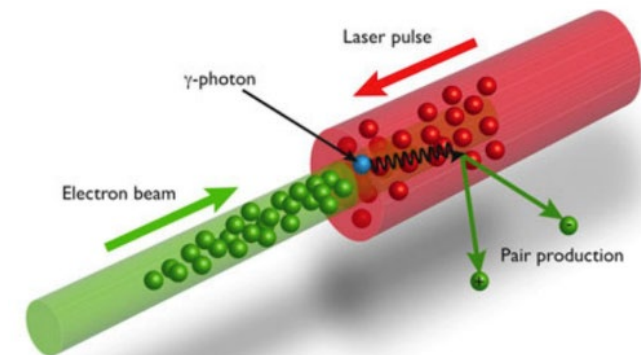
Recent Publications

- Calibration of Solid State Nuclear Track Detectors for rare event searches
JINST 20, P03014 (2025) (Maulik-Sahnoun Contact Authors)
- Search for Highly Ionizing Particles in pp Collisions during LHC Run
Phys. Rev. Lett. 134, 071802 (2025) (LP Contact Author)

LUXE

LUXE (Laser Und XFEL) a DESY

- studi di SFQED con intensita' di campo elettrico $\sim 10E^{18}$ V/m (creazione spontanea di coppie e^+e^- nel vuoto) facendo collidere un intenso fascio di elettroni da 16 GeV di XFEL con un laser ad alta potenza (centinaia di TW)
- L'INFN (BO, PD) hanno proposto un misuratore del profilo del fascio per monitorare l'intensita' del laser con la precisione necessaria del 2.5%
- Intensa R&D a LNF e CLEAR (CERN) su un innovativo rivelatore di strip di Zaffiro (elevata resistenza alla radiazione)
- I risultati principali ottenuti nei proceedings [del XVI Pisa Meeting](#)
- STATO dell'approvazione dell'esperimento
 - A seguito della guerra RUSSIA/UCRAINA:
 - shutdown di X-FEL, necessario per installare la linea di fascio per LUXE posticipato a fine 2025
 - EU-XFEL ha messo in seconda priorit  la realizzazione della linea di fascio che doveva essere usata inizialmente da LUXE
 - La collaborazione ha sottomesso due progetti a call Europee di cui uno andato a buon fine
 - ELBEX, 4.3 M  da CE su 5 anni, per la nuova linea di fascio per LUXE
 - Questo successo ha riaperto concretamente la possibilit  di avere l'approvazione finale del DESY, anche se i programmi di XFEL non permetteranno un inizio di presa dati prima del 2030
- Richieste per il 2026
 - In assenza al momento di statements ufficiali del DESY, BO e PD faranno richiesta di R&D su zaffiro in CSN5 (coordinato da Federico Lasagni Manghi)



Possibile applicazione anche per luminometro aggiuntivo ad ATLAS ?

Development of a sapphire microstrip detector for gamma beam monitoring

G. Avoni^c, M. Benettoni^d, M. Bruschi^c, A. Cian^e, F. Dal Corso^d, U. Dosselli^d, K. Fleck^a, E. Gerstmayr^a, M. Giorato^b, P. Grutta^{b,d,*}, F. Lasagni Manghi^c, B. Margesin^e, M. Morandin^d, G. Sarri^a, S. Vasiukov^d, M. Zuffa^c

^aCentre for Light-Matter Interactions, School of Mathematics and Physics, Queen's University Belfast, BT7 1NN, Belfast, United Kingdom

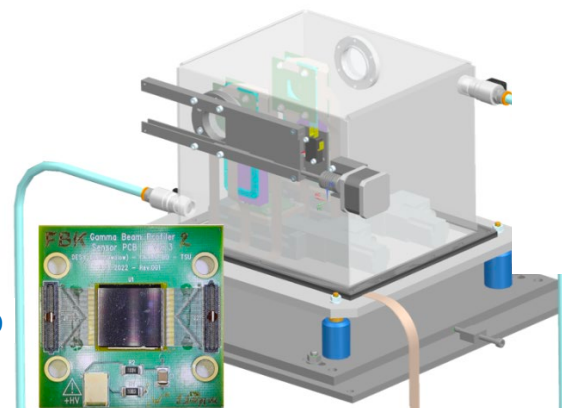
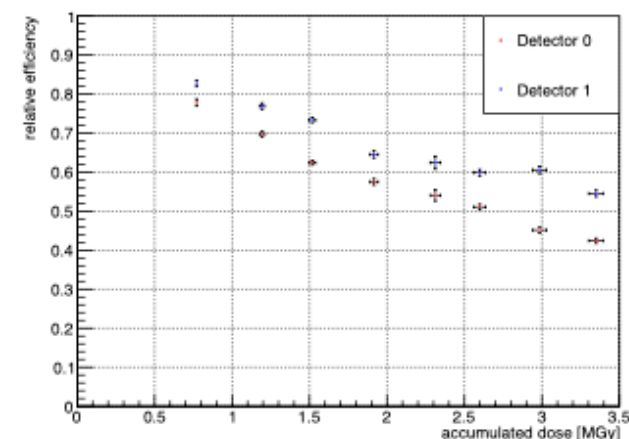
^bDepartment of Physics and Astronomy, University of Padova, Via Marzolo, 8, 35131, Padova, Italy

^cINFN Bologna, Viale Carlo Berti Pichat, 6/2, 40127, Bologna, Italy

^dINFN Padova, Via Francesco Marzolo, 8, 35131, Padova, Italy

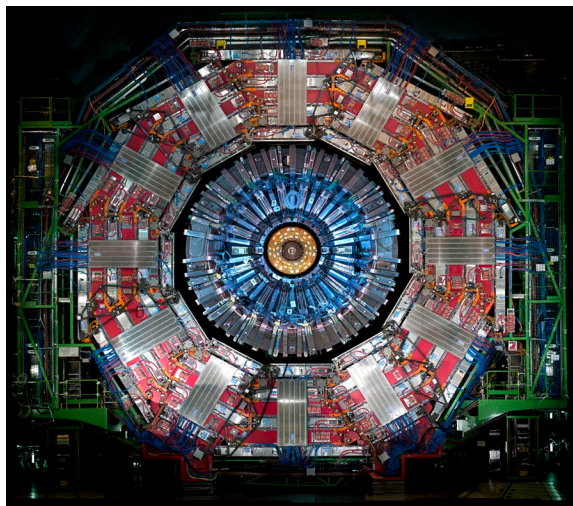
^eFondazione Bruno Kessler, Trento, Italy

Normalized efficiency with dose

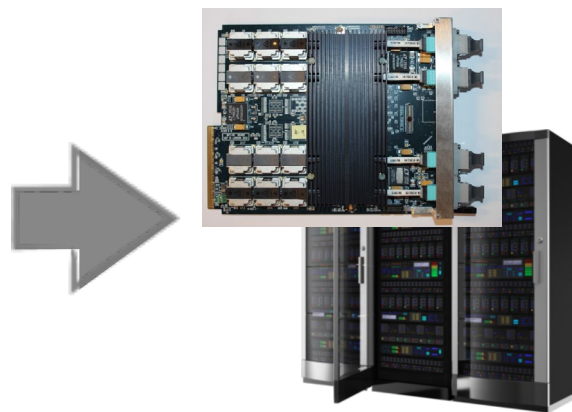


CMS

CMS



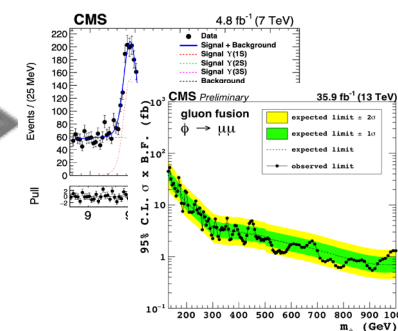
Rivelatori: camere per muoni,
operazioni, upgrade



Trigger (muoni e Fase2)
hardware / software



Software e Computing (at large),
tracciamento ed identificazione di
muoni



Analisi: B-physics, Higgs
(incl. BSM), QCD

Trigger di muoni e upgrade per Fase 2

Machine Learning - Deep Learning

Higgs (BSM)

Drift Tubes: Project Management, Run-3 (operazioni, technical coordination), Fase-2, SW e Performance

B-physics

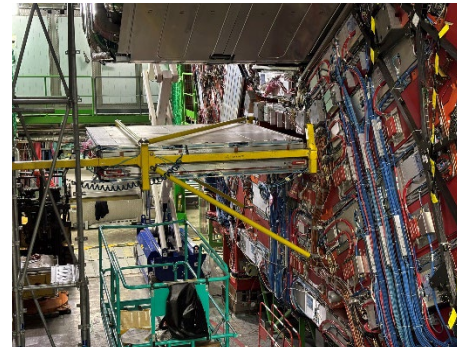
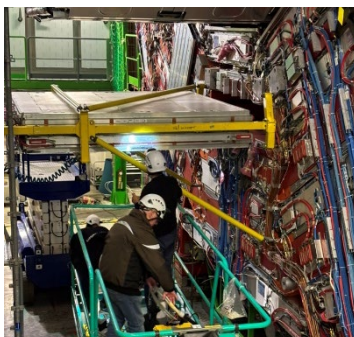
Performance e monitoring dei rivelatori di muoni

Physics Objects e ricostruzione dei Muoni

CMS Offline Software (security, geometry, reconstruction) & Computing

Alignment, Calibration and DB

Barrel Muon Detector: Run 3 e preparazione LS3



Responsabilità nelle DT

Project Manager :	D. Fasanella
Deputy PM :	C. Battilana
Technical Coord :	L. Borgonovi *
DPG Coord :	F.R. Cavallo
Dep. DPG Coord :	C. Battilana
Power Supplies :	L. Borgonovi *
WinCC :	D. Fasanella
Longevity :	F. Primavera **
Trigger Perf:	F. Primavera **
Phase 2 Mechanics :	C. Guandalini
Phase 2 Trigger :	L. Guiducci
Test System Coord:	L. Lunerti
Conf. Pub. Board:	S. Marcellini

Muon TC Office Coord.: L. Borgonovi *

* Attualmente CERN Fellow

** Attualmente RTA a Padova

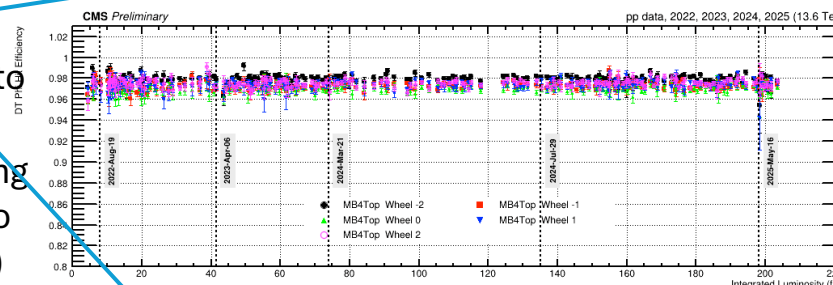
Forte contributo dal Servizio STG su diversi fronti

A. Crupano (V. Cafaro e V. Giordano) sono i principali esperti di cablaggio e meccanica del rivelatore, attività continuata da R. Farinelli

2024

2025

Hit Efficiency Run3



Cosmic HV Scan

Corrente vs Inst. Luminosity

• YETS 2024/2025

- Recuperata una camera disconnessa
- Estrazione di 3 camere per riparare le perdite di gas
- Verificati i percorsi per i cavi da installare in LS3

• Inizio della presa dati nel 2025

- Numero di canali attivi >99%
- Verifica standard delle performance del rivelatore
 - Efficienza di hits e di ricostruzione stabile
 - Scan di HV per verificare il possibile invecchiamento del rivelatore → tutto ok
 - Studiato l'effetto sul background del nuovo shielding installato da CMS sul lato positivo dell'esperimento (nello YETS precedente installato solo sul negativo)
 - Riduzione del 60% del background

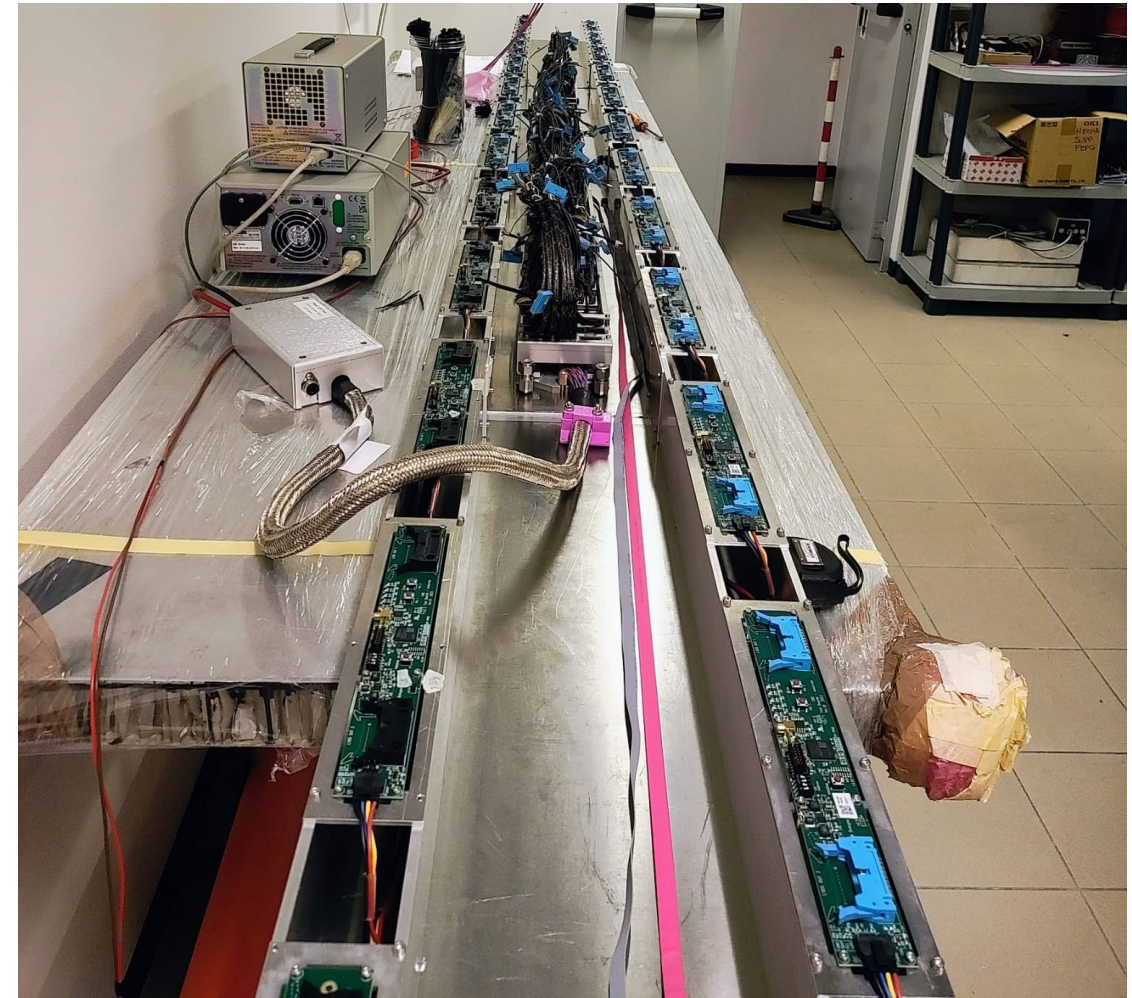
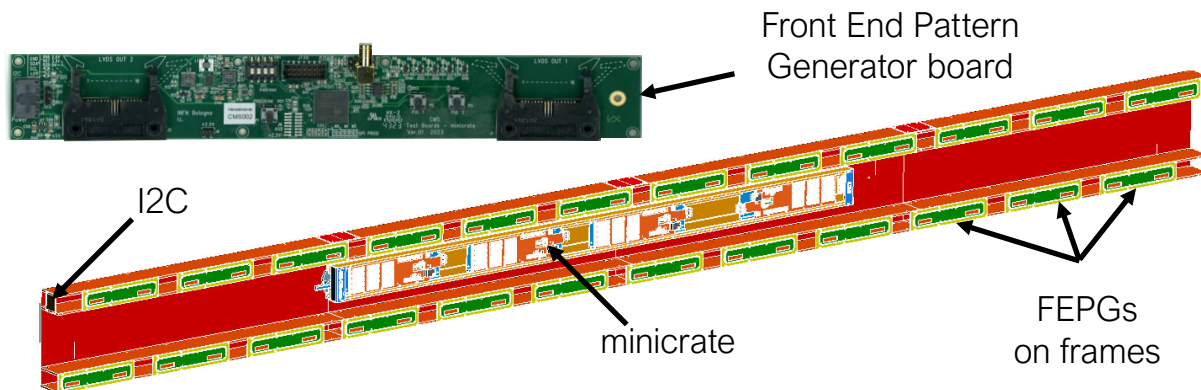
• Preparazione per LS3:

- Numerose attività in sezione nel 2025 (vedi prossima slide)
- Installazione dei minicrate prevista seconda metà 2026
- Partecipazione del gruppo di Bologna a
 - Verifica dei minicrate al CERN (2026)
 - Tecnici e fisici per l'installazione
 - Bologna ha tradizionalmente un forte contributo nella parte di meccanica
 - Fisici e tecnologi per supervisione e commissioning.

FASE-2: laboratorio CMS al piano -1 di BP, elettronica, meccanica

(cosmic stand, sviluppo DT Upgrade, costruzione minicrates di Fase2)

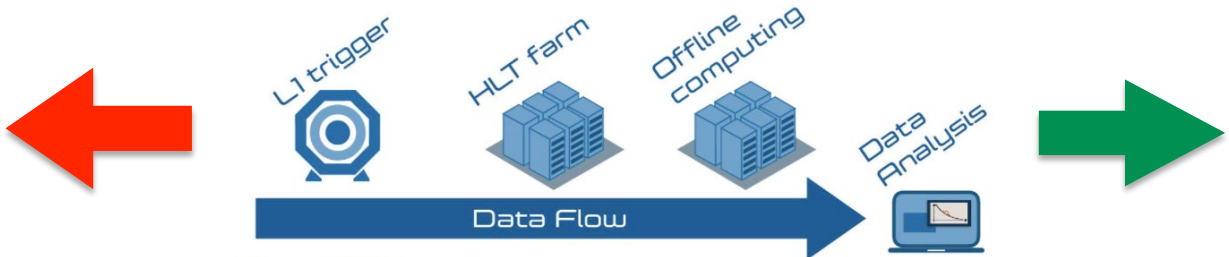
- Laboratorio al piano -1 di BP → **costruzione e test di 40 minicrate di tipo MB4 + spares. Ora minicrate pilota. Produzione nella seconda metà del 2025**
- **Sistema test minicrate**: hardware sviluppato da Bologna per 4 su 5 siti di produzione (Bologna, Aachen, Madrid, Torino). Meccanica (**Guandalini, Crupano, Cafaro**), elettronica (**Lax**), firmware (Guiducci), software (Lunerti).
- **Integrazione nel framework SW di QAQC** di DT-CMS (Lunerti). Definizione delle **procedure di assemblaggio dei minicrate e training** (Farinelli)
- Coda di **produzione della meccanica** (Guandalini e il servizio Meccanico della Sezione in generale) per la costruzione dei minicrate; alcune lavorazioni ancora in corso



Elettronica e meccanica test minicrate: dal progetto al sistema

Calcolo scientifico, R&D e progetti PNRR

Focus:
low-latency
performances



Focus:
efficiency for
offline analysis

“DSC” = Data Science
and Computation PhD

Optimization of ML-based BSM triggering optimization with KD for **FPGA** implementation in the CMS L1T ([M. Lorusso, PhD Physics](#)). **Sinergia AI_INFN**.

Libreria per Reinforcement Learning in HEP e oltre ([L. Anzalone, PhD DSC](#))

Strumenti di Quantum Computing e Quantum Machine Learning con IBM Qiskit ([S. Gasperini, PhD-cand DSC](#))

Algorithms for parameter tuning for offline reconstruction ([S. Rossi Tisbeni, PhD-cand DSC](#))

Automation framework for CMS DT analysis and for the AICa/DB group overall ([S. Rossi Tisbeni, PhD-cand DSC](#))

«**Next Generation Trigger**» project:

- Investigate & develop approaches for RAW data size reduction ([S. Rossi Tisbeni, PhD-cand DSC](#))
- Development of HLT algorithms with heterogeneous resources ([L. Ferragina, PhD-cand DSC](#))

Utilizzo di Neural Networks generative per la ricerca di nuova fisica ([L. Anzalone, PhD DSC](#))



Libreria «Qunfold» per approcci di Unfolding statistico con computazione quantistica. ([S. Gasperini, PhD-cand DSC](#); [M. Lorusso, PhD Physics](#))

Coinvolgimento CMS-Bologna in attività **PNRR - Centro Nazionale HPC - Spoke 2** (Fundamental research & space economy):

Attività su «Quasi interactive analysis of big data with high throughput» ([T. Diotallevi, A. Fanfani, C. Batilana, D. Bonacorsi](#))

PI della flagship «interactive analysis» (UC2.2.2) in WP2 ([T. Diotallevi](#))

➤ Organizzati a Bologna: Workshop on Analysis Facility (Jan 25, [agenda](#)), Adv. course on GPU programming (Jun25, [agenda](#))

Green computing su centri di calcolo tradizionali e di nuova generazione, in applicazioni HEP@LHC ([F. Minarini, PhD Physics – PON](#))

Responsabilità ufficiali nel PPD (Physics Performance and Dataset) e nell'Offline & Computing di CMS:

Alignment, Calibration and DB (L2)	A. Perrotta
AICa/DB software coordinator	S. Rossi-Tisbeni
CMS Cybersecurity Coordinator	G.P. Siroli
MC and Geometry	S. Lo Meo

Analisi dati a Bologna

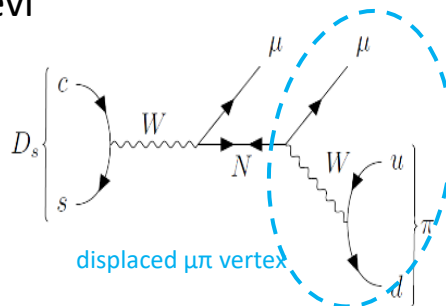
B-physics / Exotica / SUSY

Search for BSM neutral Higgs $\rightarrow 2\mu$

G. Masetti, D. Fasanella, S. Marcellini, F. Primavera, T. Diotalevi

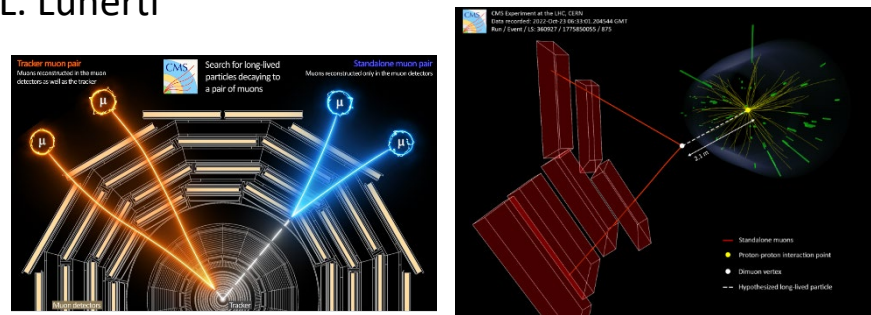
Heavy Neutral Lepton search in D_s decays

L. Lunerti, A. Fanfani, L. Guiducci, G. Abbiendi, C. Battilana, T. Diotalevi



Search for displaced dimuons in Run3

M. Cruciani (PhD Physics), C. Battilana, A. Fanfani, L. Lunerti



Attività nel Physics Coordination Office:

- Cross POG Coordination (L2)
C. Battilana

Attività editoriali:

- **Standard Model publication Committee:** M. Dallavalle
- **Higgs publication Committee:** P. Giacomelli
- **Referaggio interno articoli per pubblicazione:** F.L. Navarria (resp) + resto del gruppo

Muons

Le analisi di performance degli oggetti "muoni" si svolgono nell'ambito del Muon POG (L2 convener **F. Primavera****)

- Muon reconstruction (L3): **L. Lunerti**
- Data certification and Validation (L3): **M. Cruciani** (PhD Physics)
- MC contact: **A. Fanfani**

Development of the Muon HLT for HL-LHC

L. Ferragina (PhD DataScience&Computation), C. Battilana

Longevity studies for the CMS Muon System towards HL-LHC

L. Borgonovi*, F. Cavallo, D. Fasanella, F. Primavera**

LHC-b

Composizione e attività del gruppo

• **INFN**: M. Barnyakov, F. Cindolo, M. Fontana, D. Manuzzi, U. Marconi, S. Perazzini, E. Shmanin, G. Valenti, V. Vagnoni

• **UNIBO**: A. Bellavista, M. Caporale, A. Carbone, F. Ferrari, D. Galli, C. Patrignani, E. Spedicato, A. Villa, F. Zenesini

Ringraziamento a tutti i servizi,
amministrazione e direzione per il
supporto!

Analisi dati

- **Responsabilità** primaria in diverse analisi storicamente portate avanti dal gruppo
 - Misure di **CPV nei decadimenti di adroni con quark b e c**
 - Ricerca di **dcharm rare decays**
- **D. Manuzzi**: convener Physics WG decadimenti B to charmless e B to charmonia

Terza missione

- Cargese summer school
- PCTO, international masterclass, notte dei ricercatori

LHCb Run3

- Luminometro PLUME**
- **F. Ferrari**: responsabile sviluppo firmware e mantenimento DAQ
- **A. Carbone**: Project Leader
- Real Time Analysis (Trigger & Data calibration)**
- **M. Fontana**: Project Leader
- Calorimetri**
- Caratterizzazione PMTs per primo upgrade PicoCal durante LS3
- **D. Manuzzi**: Coordinamento attività di beamtest
- Operations**
- **S. Perazzini**: Deputy Operation Coordinator

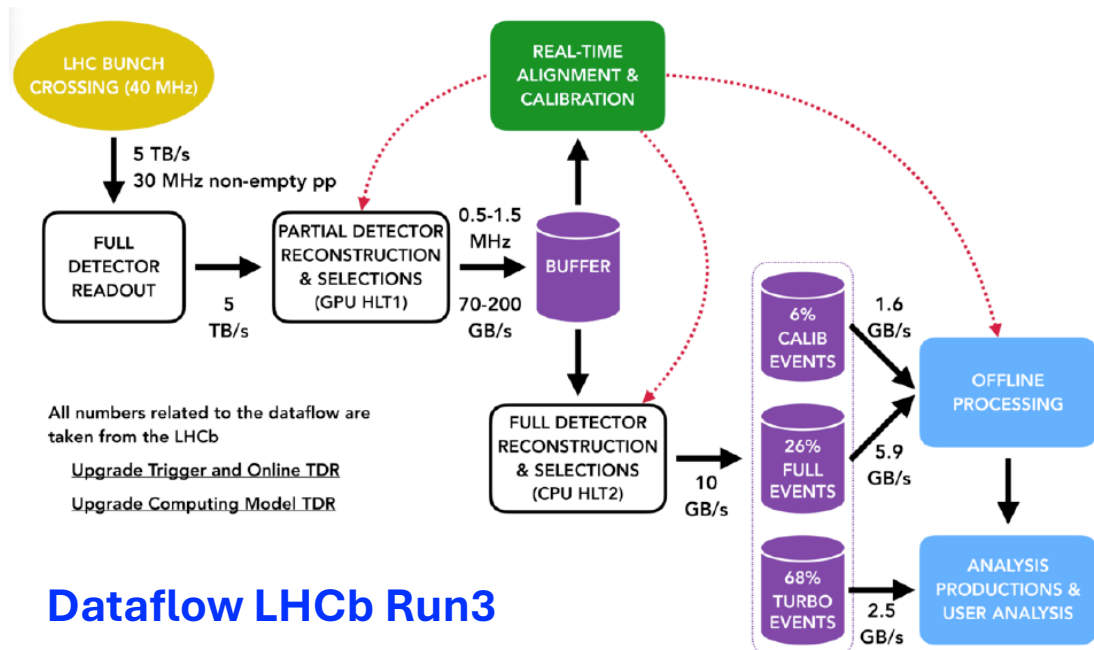
R&D

- Calorimetro EM per LHCb Upgrade2**
- Timing layer basato su MCP con precisione temporale di O(10) ps
- Sviluppo MCP-PMT con fotocatodo resistente
- Sviluppo plastiche scintillanti rad-hard in collaborazione con ISMA (UKA)
- Attività sinergica a **PRIN 2022**
 - P.I. S. Perazzini (INFN)
 - R.L. F. Ferrari (UNIBO)

V. Vagnoni spokesperson di LHCb fino a Luglio 2026

Real Time Analysis

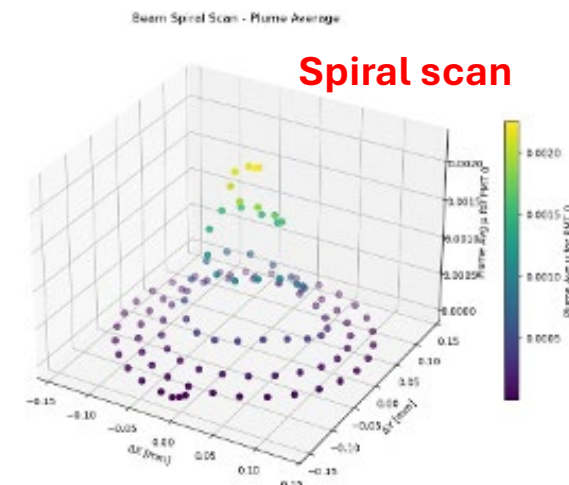
- Progetto fondamentale per LHCb Upgrade
 - Integrazione di calibrazione & allineamento, ricostruzione e preselezione degli eventi all'interno del trigger software
 - Eliminazione livello hardware di trigger
 - x2 efficienza di trigger** su canali hadronici di beauty e charm rispetto a Run2



Dataflow LHCb Run3

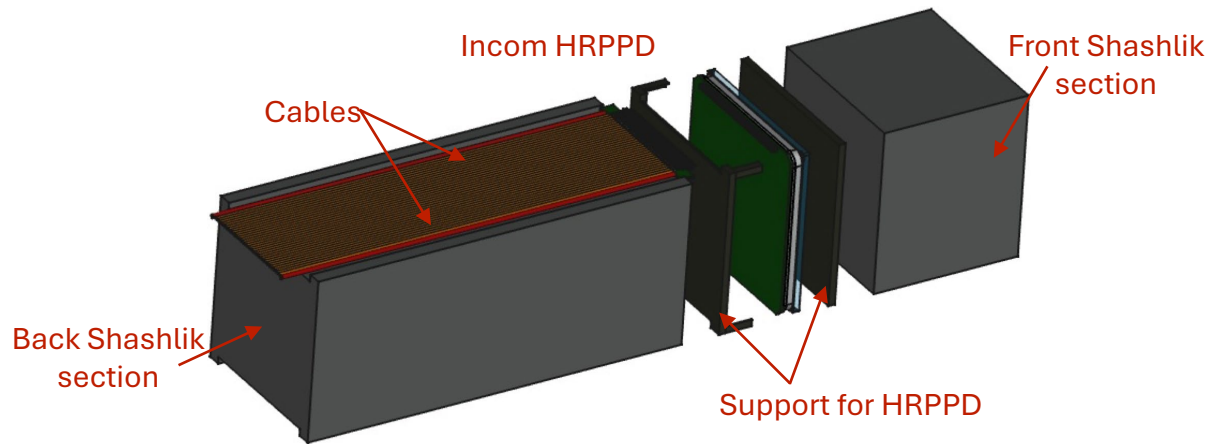
Rivelatore PLUME

- Odoscopio posizionato upstream del VELO
 - 44 PMTs in posizione proiettiva rispetto alle collisioni
- Realizzazione e mantenimento firmware a Bologna**
- Smooth operation 2025
 - Prima analisi di uno **“spiral scan”** mai effettuata
 - miglior tecnica per valutare overlap dei fasci
 - Misura della **fase del fascio di LHC** implementata nel firmware con alta precisione temporale
 - **~20 ps** ogni 2^{15} eventi

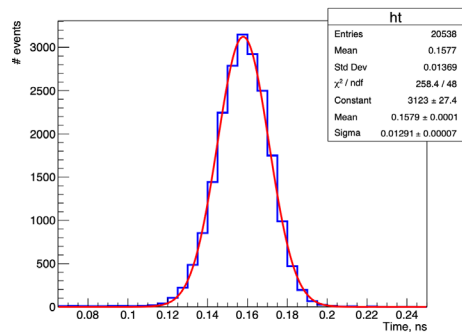


R&D su MCP-PMT

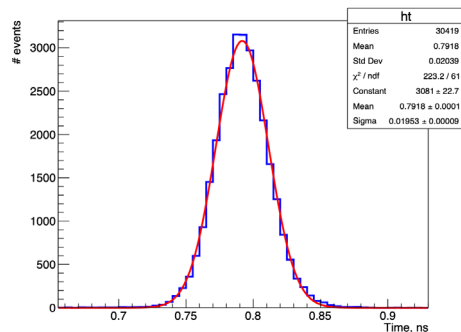
- Integrazione MCP timing layer in moduli di calorimetro shashlik
 - Obiettivo $O(20)$ ps di risoluzione temporale** sull'arrivo dello sciame e.m.



- Sviluppo di MCP-PMT con fotocatodo molto resistente
 - Limite di operabilità previsto a **$O(100)$ C/cm²** contro $O(10)$ C/cm² attuali
 - Primi prototipi con fotocatodo opaco in CsI e radiatore in MgF₂ testati su fascio a BTF
 - Deposito di CsI fatto a Bologna con evaporatore di Sezione



Miglior risoluzione ottenuta **10 ps*** per fotocatodi semitrasparenti

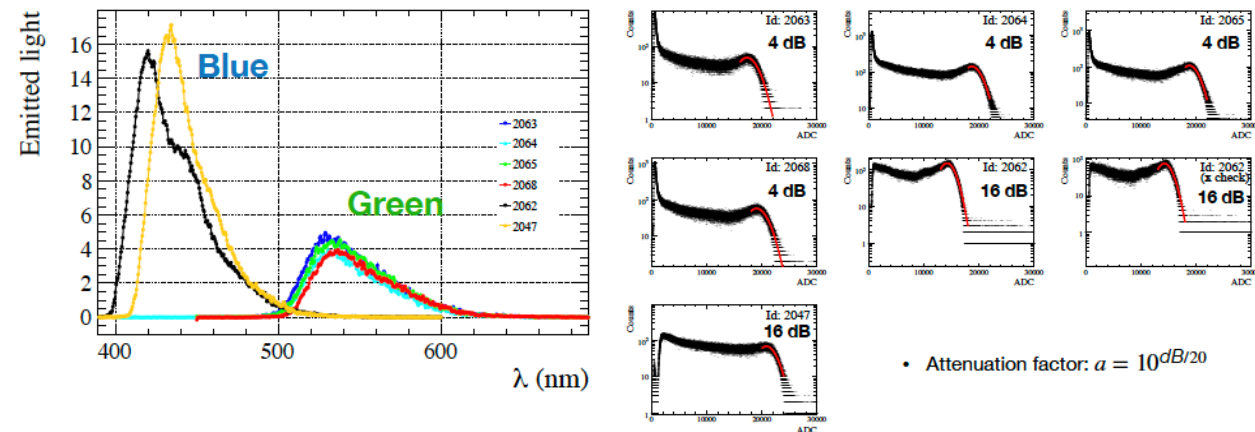


Risoluzione temporale di **17 ps*** per prototipo sviluppato a Bologna

* Corrected for the time resolution of the reference timing detectors

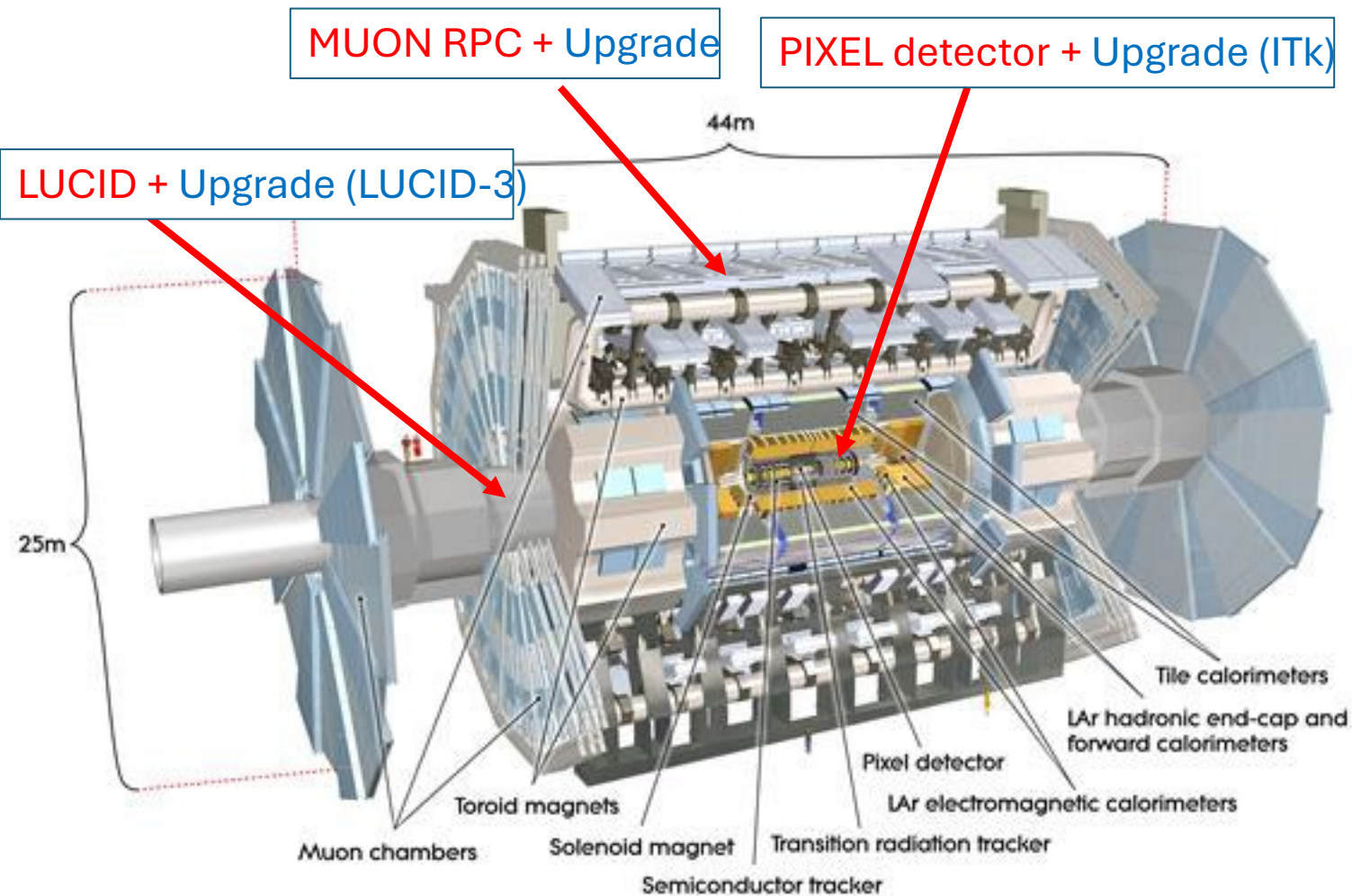
R&D plastiche rad-hard

- Collaborazione con ISMA (Ukraine) per lo sviluppo di scintillatori plastici rad-hard per PicoCal (Upgrade II)**
 - Polystyrene (95%) con diversi dopanti flavone-based
- Studi di caratterizzazione
 - Profili di trasmissione e assorbimento della luce, spettro di emissione, quantità di luce prodotta, rise time e decay time.
- Primi risultati promettenti:
 - Studi di irraggiamento programmati a IRRAD@CERN in Settembre
- Prossimi step:
 - Produzione di ~500 m di fibre da utilizzare in un prototipo di SPACAL (Spaghetti Calorimeter)
 - Produzione verrà affidata a Luxium e Kuraray



ATLAS

ATLAS a Bologna

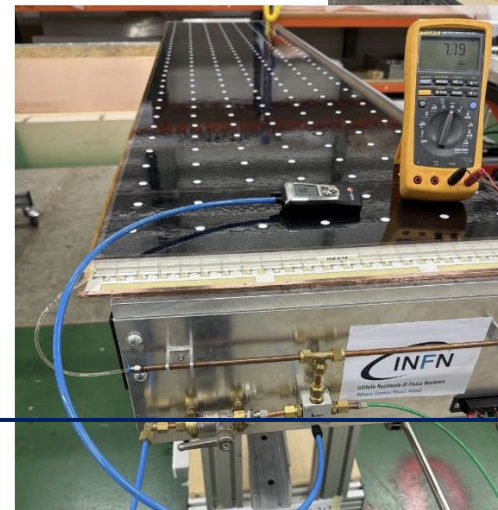


+ TDAQ; CALCOLO; Attività Analisi dati e Performance

Nome	Responsabilità principali
RUN-3	
D. Boscherini	RPC Coordinator
A. Bruni	Muon Speakers Comm.
A. Polini	Muon Speakers Comm.
A. Sidoti	MET Trigger Coordinator
HL-HLC (Phase-2)	
A. Polini	Muon Upgrade Project Leader
A. Bruni	Muon Upgrade Risk Manager
B. Giacobbe	LUCID-3 Project Leader
ATLAS ITALIA	
A. Bruni	Muon Activity Coordinator
G. Carratta	Outreach Coordinator
F. Lasagni M.	LUCID Activity Coordinator
L. Rinaldi	Computing Coordinator
C. Sbarra	QC Coordinator for ITk modules

Upgrade per FASE-2 (Responsabile A. Polini)

- inserimento di ~300 tripletti RPC, al 50% costruiti da gruppi italiani (BO,CS,RM1,RM2)
- Assemblaggio al CERN di singoletti composti da un volume di gas accoppiato a pannelli di strips di readout.
- Una volta inserita l'elettronica, i singoletti saranno testati alla stazione per raggi cosmici
- Alle attività della linea di produzione, assemblaggio e test partecipano **Furini, Chiarini, Gessi, Marzolla, Cappello, Avoni.**
- Nel 2026 inizieranno attività di installazione dei servizi (gas, HV, LV) in caverna.



Rivelatore attuale RPC (6785 m², 375x10³ canali)

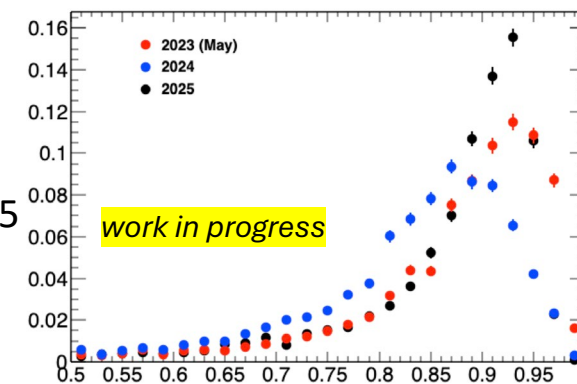
- Costruito interamente da INFN e mantenuto da BO, RM2, RM1
- **Responsabilità Bologna: sistema RPC, Detector Control System (DCS)**

Run 3 - Progetto pilota di upgrade

- **BIS78: tripletti RPC di nuova generazione (gap 1mm)**
- Integrati stabilmente in **DAQ**, in corso di integrazione nel trigger
- **Simulazione MC** del rivelatore

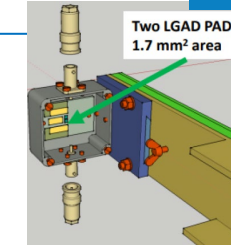
Attività di presa dati, mantenimento e sviluppo

- Turni di shifter esperto
- Mantenimento e sviluppo DCS
- Interventi periodici riparazioni HV, LV, servizi gas
- Nuovo cambio di miscela di gas (Feb 2025)
ulteriore riduzione impatto ambientale:
efficienze di gap simili al 2023 (miscela standard Run1-Run2)

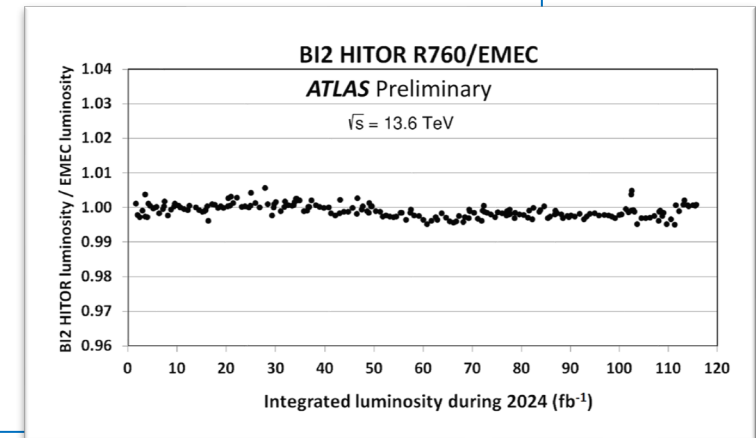


LUCID

- In corso misura della Luminosità in Run 3, stabile in 2024
- BMA promettente nel 2023, instabile nel 2024
 - Nuova procedura per stabilizzazione con HV nel 2025
- Studio avanzato dei prototipi per HL-LHC (analisi e test in laboratorio)
 - PMT R1635 : accettazione come attesa, Instabilità dimostrata intrinseca nel PMT
 - Rivelatore a fibre con filtro UV mostra buona stabilità.
- Lab. Elettronica (G.Avoni) cruciale per LUCID e tutti i FWD di ATLAS
- Elettronica in fase di sviluppo: **Lab. Elettronica (S.Meneghini) + F. Alfonsi**
 - In sviluppo prototipo completo → anche per ZDC (USA)
 - Inizio test di comunicazione tra demo board e sistema FELIX



BMA!



TDAQ

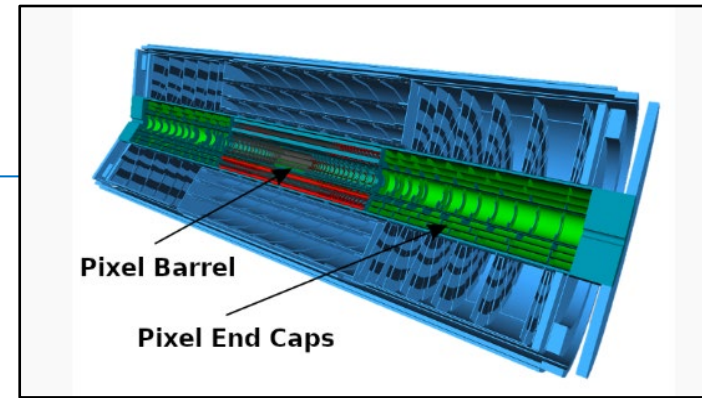
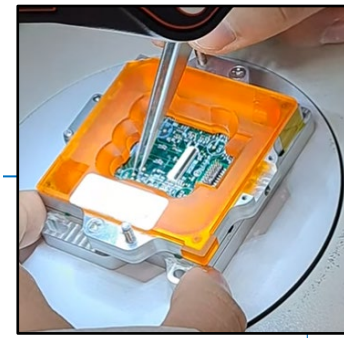
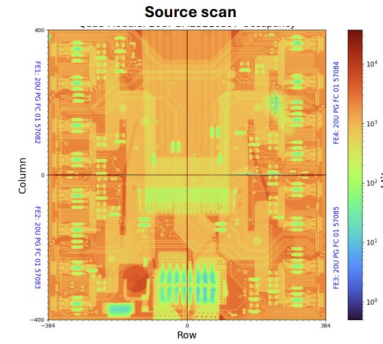
- Integrazione FELIX per vari ATLAS detectors
- FELIX firmware & software per LUCID-3 upgrade (implementazione algoritmi luminosità)
- Proposte firmware FPGA per implementazione Hough Transform in Event Filter
 - Include generazione test-vectors per Hough Transform (**F. Alfonsi**)
- TDAQ networking (D. Cesini, G. Levrini, L. Rinaldi)
 - ATLAS & Cloud Networking under study

ITk for HL-LHC

- One of the two ITk pixel end-caps will be built completely in Italy (module assembly and testing, loading and integration)
- All modules produced in Italy (~1K) will pass through Bologna

Activities in Bologna:

- Quad Modules test definition (now reduced), performing QC Modules tests (thermal cycles between -55 °C and 40 °C with humidity control (dew point lower than -65 °C), Functionality test with x-ray irradiation) → Bologna Lab qualified for **all** QC steps needed
- Implementation of DCS and Interlock (used also out of Bologna, Trento, Munich, RAL)
- Implementation of quad module reporting tool (10k modules!)
- Development of ITk DAQ with Felix integrated with ATLAS TDAQ
- Production is starting **NOW!**



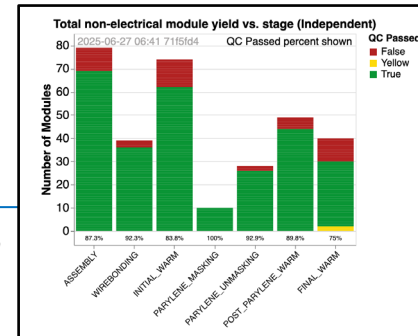
Reponsabilities:

- G. Carratta:** Module data reporting coordinator (former Italy Cluster Module former coordinator)
- C. Sbarra:** Current Italy Cluster Module coordinator, contact person for module QC in Italy
- A. Sidoti:** DAQ ATLAS-Italy contact person

Collaboration with **STG** and **STA** (**A. Paladino**) fundamental for a succesful production (**M. Cappello, R. Marzolla, T. Marinelli**)

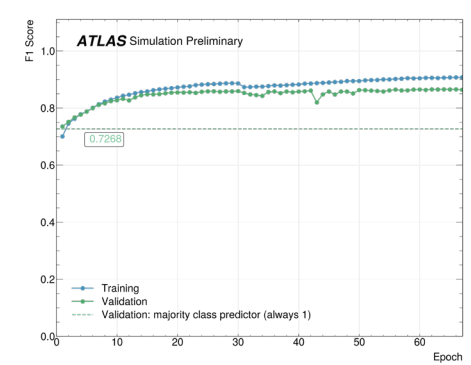
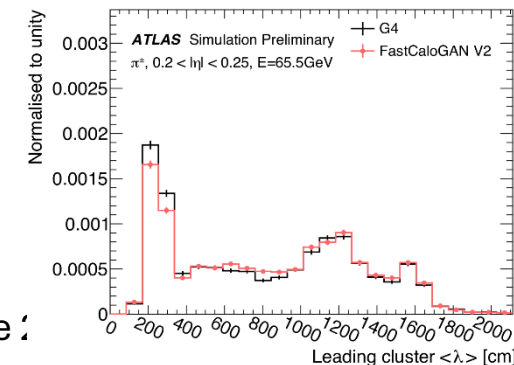
Computing

On going production



- Supporto alle attività di calcolo distribuito di ATLAS + Coordinamento Atlas-Italia-Calcolo (**Lorenzo Rinaldi**)
- Fast Simulation of Calorimeter showers con GANs e deployment su HPC (**F. Corchia**) (*)
- Point Cloud Deep Learning per particle flow reconstruction + ML liaison per il gruppo di JetEtMiss (**L. Clissa**)

(*) Parte delle suddette attività rendicontate da **Lorenzo Rinaldi** in CN-HPC spoke :



- **Modello Standard:**

- **Published:** σ di $Z+b(b)$ and $Z+c(c)$ full run2
- **Editorial Board evaluation** for luminosity measurement for pp cross section ([Elisa Sanzani editor del paper](#))

- **Top:**

- **Published:** Same-sign top pair search in EFT approach ([A. Van Der Graaf PhD thesis, M. Negrini contact editor](#))
- **Published:** Lund Plane in $t\bar{t}$ events ([F. Fabbri contact editor](#))
- **Published:** Top mass boosted $l+jets$ channel
- **Submitted:** $\sigma(WbWb)$ (interferenza $t\bar{t}Wb$) ([G. Bianco PhD thesis, M. Romano contact editor](#))
- **Ongoing:** Spin correlations - lepton+jets boosted ([F. Fabbri contact](#))
- **Ongoing:** $t\bar{t}$ differential x-sec - parton level

- **Esotici:**

- **Ongoing:** Heavy Neutrino (Seesaw, LRSM model). Lepton Number Violation search ([E. Sanzani analysis contact](#))
- **Ongoing:** Axion Like Particle searches in Heavy Ion collisions

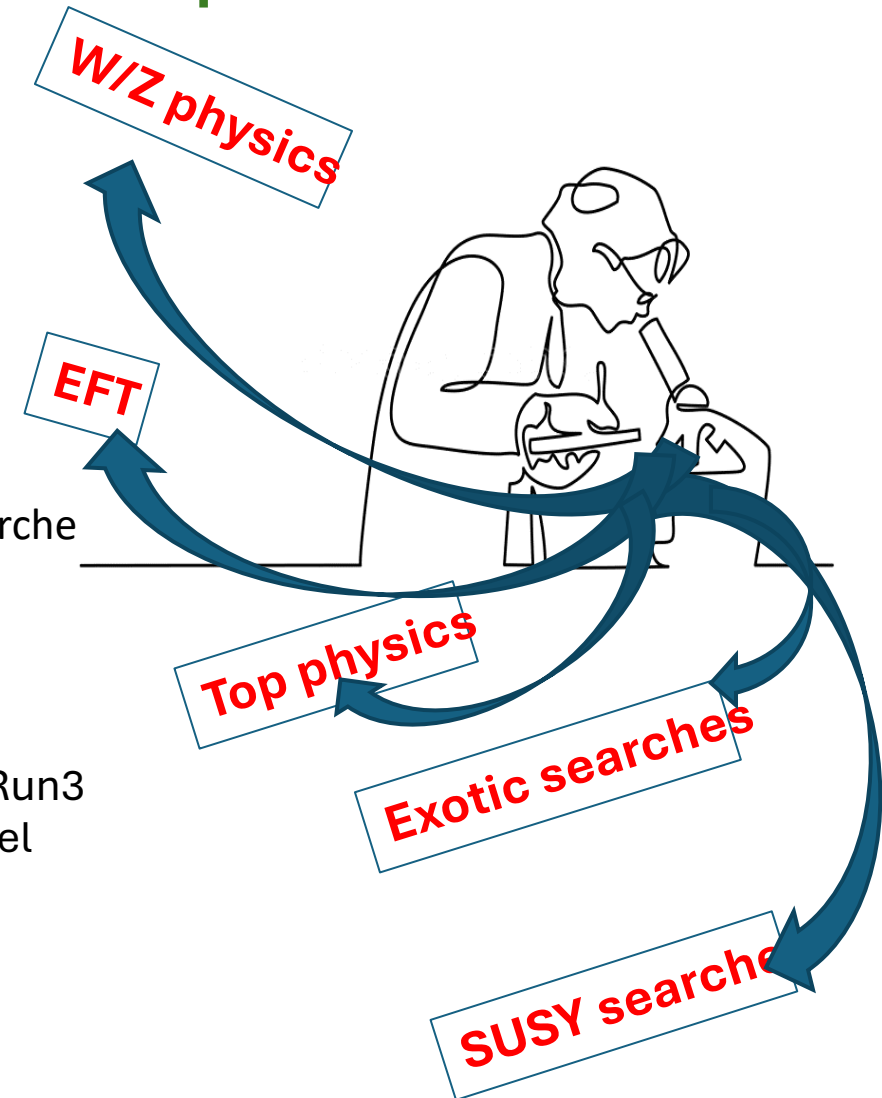
- **SUSY:**

- **Published:** Run 2 SUSY physics report paper ([I. Vivarelli contact editor](#))
- **Ongoing:** Coppie chargino e neutralino in stati finali a 1 e 2 leptoni Run2 + Run3
- **Ongoing:** Particelle long lived cariche usando ionizzazione anomala nei pixel e MDT e ToF a calorimetro e MDT.

- **HIGGS:**

- **Ongoing:** $H \rightarrow WW$ Quantum information measurements

Attività di analisi & performance



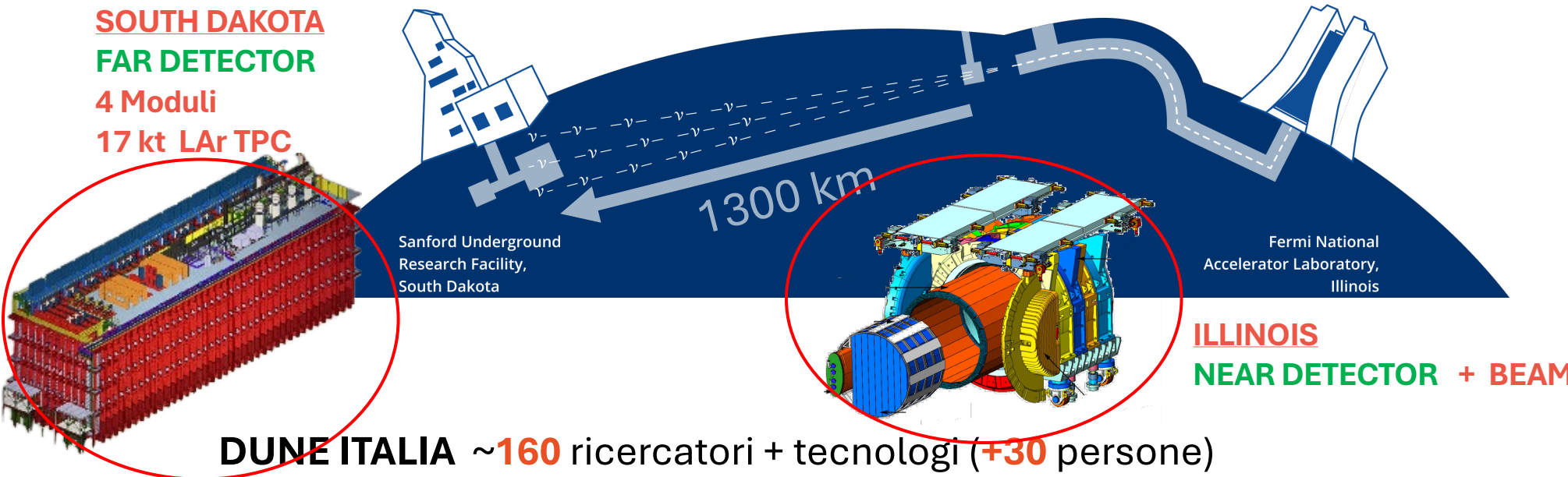
DUNE

DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment)

Violazione CP, ordinamento masse, ottante θ_{23} , neutrini supernova, solari, fisica BSM,...

- Wide Band Neutrino Beam: 1.2 MW (> 2 MW fase 2)
- Near Detector a Fermilab
- Far Detector a SURF 1300 km - 1500 m di profondità

SOUTH DAKOTA
FAR DETECTOR
4 Moduli
17 kt LAr TPC



CERN
ProtoDUNE



ILLINOIS
NEAR DETECTOR + BEAM

DUNE ITALIA ~160 ricercatori + tecnologi (+30 persone)

Sezioni : Bo, Ct, Fe, Ge, Le, LNF, LNL, LNS, Mi, MiB, Na, Pd, Pi, Pv, Rm1, Rm2, To

Bologna @ Near: **SAND** 2025/2026

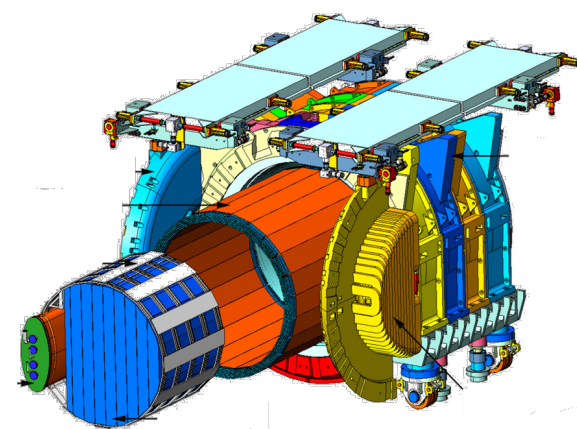
GRAIN – 1 t Liquid Argon Active Target

- Progetto del Vessel Interno completato
- Facility di test a LNL e progetto sistema criogenico
- Requisiti nuovo ASIC (1024 ch) e sviluppo (INFN To)
- Progettazione scheda DAQ
- Imaging interazioni di neutrino

GRAIN (1 t LAr)

Target Tracker

Magnete & ECAL (da KLOE)



Tracciatore - Camere a drift

- Progettazione e costruzione di **prototipi** di media (2025) e grande scala (2026) e test con cosmici e su fascio
- Sviluppo Elettronica di Readout

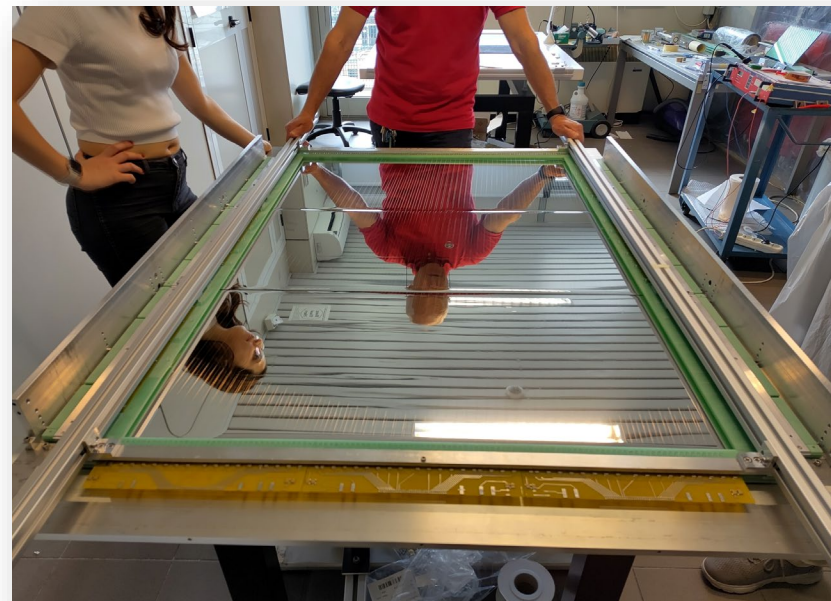
DAQ

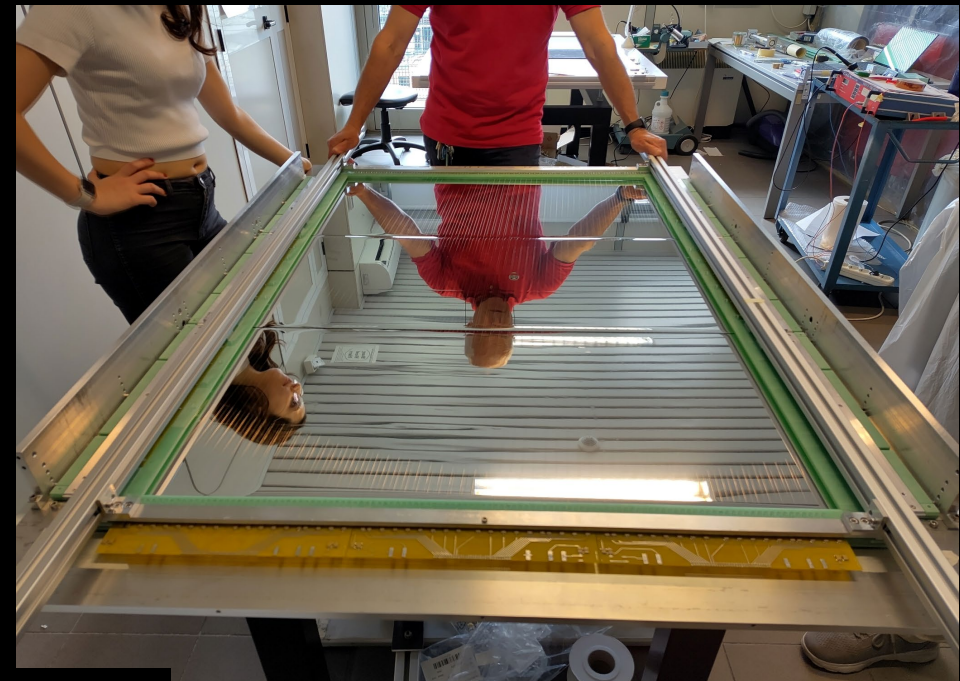
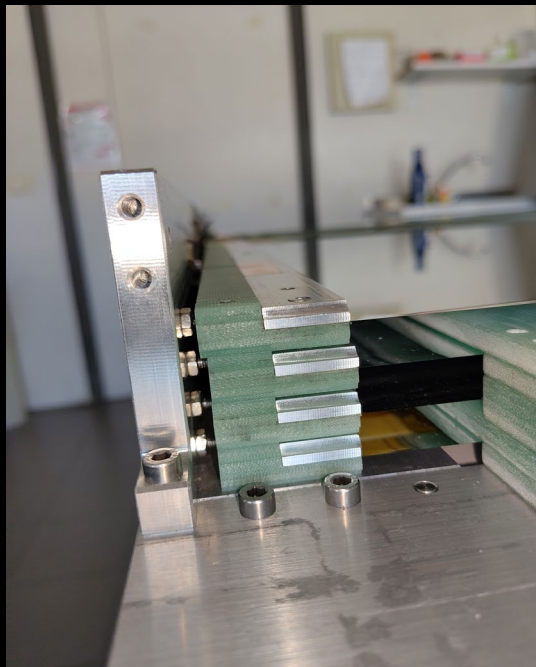
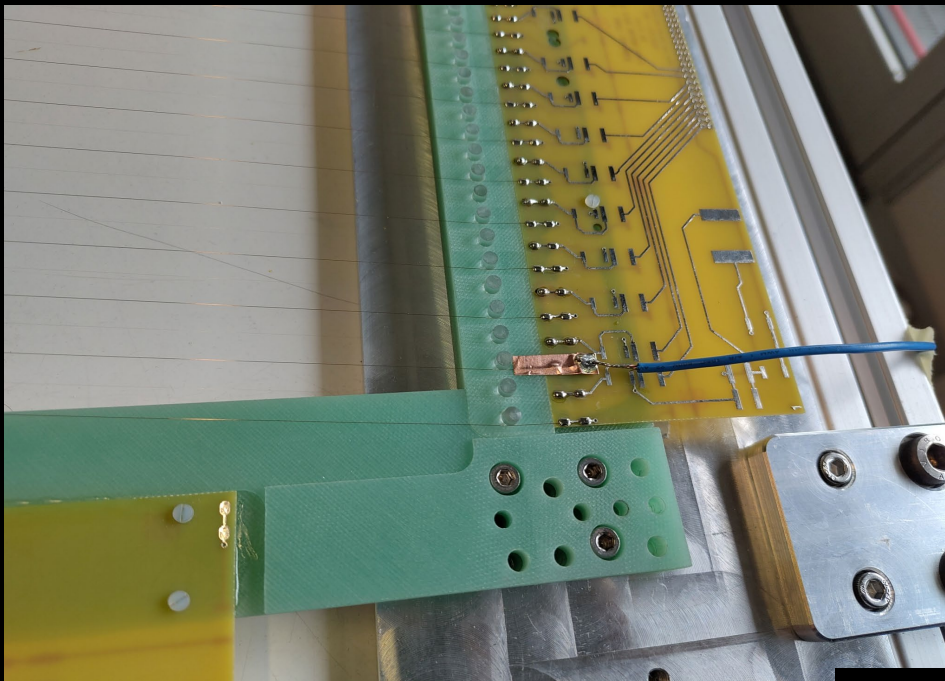
- Studio integrazione DUNE DAQ e DUNE timing system

Simulazione e Analisi

- Studio prestazioni GRAIN
- Sviluppo Kalman Filter per la ricostruzione nel tracciatore
- Sviluppo software per la ricostruzione completa degli eventi in SAND
- Analisi di fisica con SAND, Beam Monitor, «solid» Hydrogen, Hidden Sector

Risorse computazionali @CNAF : 5 kHS; 1.1 PB (Disk); 1 PB (Tape)



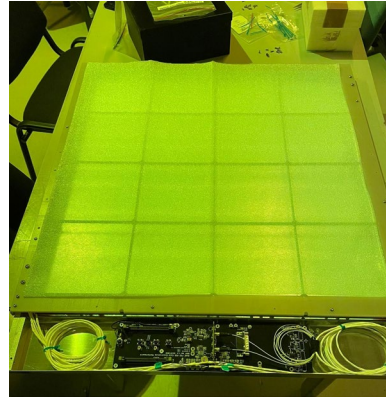
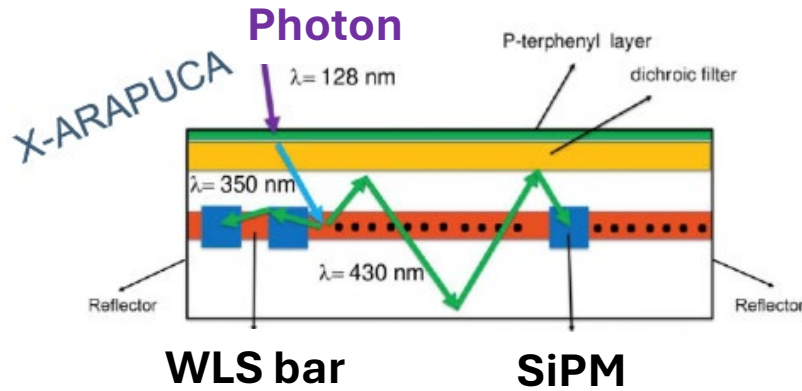


prototipo Drift Chamber 80 cm x 120 cm



Bologna @ Far: Photon Detection 2025/2026

Modulo 1: Raccolta luce con 1500 «trappole» X-Arapuca equipaggiate con ~300'000 SiPM TUTTI DA VALIDARE



Test di massa SiPM (@ Lab Criogenia Bologna)

- Cicli termici e misure (IV + DCR) di 120 SiPM in parallelo
- Testati HAMAMATSU 19200 SiPM (ad oggi)
- Testati FBK: 9600 SiPM (ad oggi)
- **SiPM da testare:** ~**35000** SiPM (entro la metà 2026)

2400 SiPM/mese
(da portare a 4800 nel 2026)

Mass Test System @ BOLOGNA



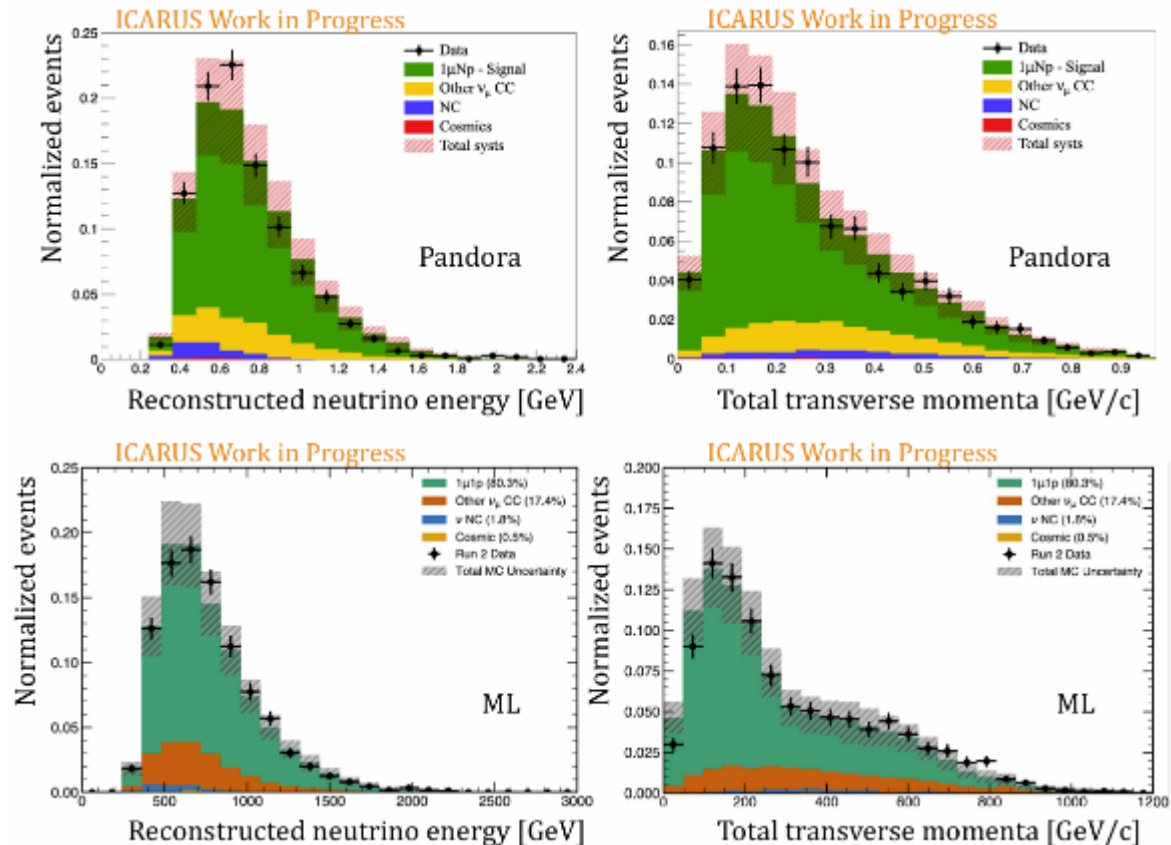
Problema: durante l'estate, il sistema di ventilazione introduce nel laboratorio calore e umidità, compromettendo significativamente le prestazioni del sistema.

Attività 2025/2026

- Shift da remoto (>10% del totale);
- Supporto esperto CRT da remoto
- Run coordinator at FNAL
- Sviluppo procedure cosmic background rejection e event selection
- Articolo sul Cosmic Ray Tagger pubblicato su JINST:
[A. Aduszkiewicz et al 2025 JINST 20 T04002 \(Apr 2025\)](#)
- Calibrazione della TPC
- Contributo analisi del canale di scomparsa del ν_μ :
 - Studio e valutazione dell'impatto delle sistematiche su flusso, detector e cross section
 - Stesura di technical note e validazione della procedura di fit per l'analisi di oscillazione

Responsabilità di BOLOGNA in ICARUS

- Convener CRT Working Group
- Convener Production Working Group
- Convener Event Selection Working Group



Eventi ricostruiti ν_μ CC completamente contenuti con 1 muone e N protoni (10% dei dati di BNB)

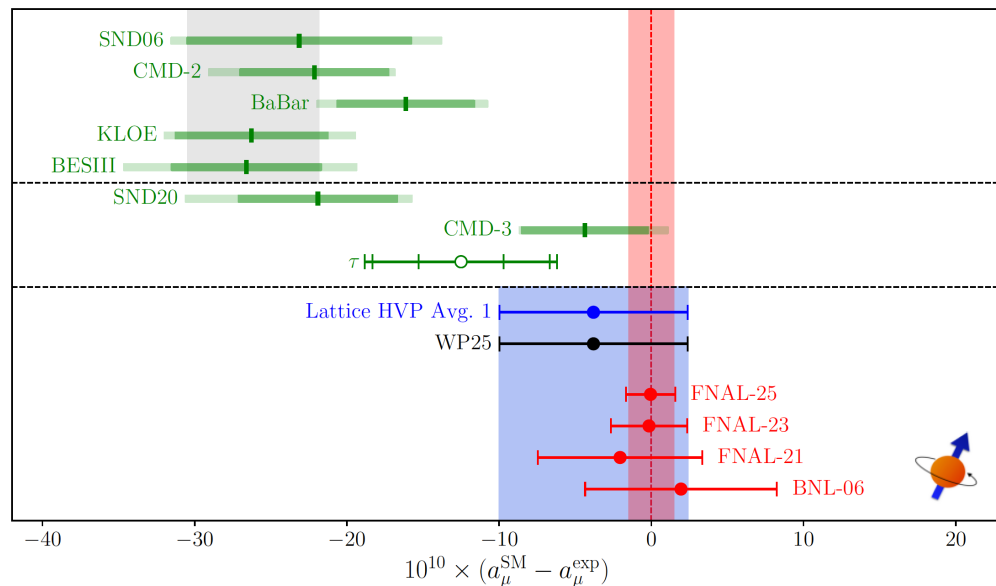
MUONe

MUonE's alternative determination of the HVP contribution to muon g-2

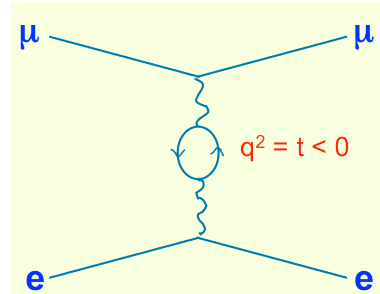
From the running of the QED coupling measured in μe elastic scattering with the muon beam at CERN SPS 160 GeV muons onto light fixed target

Updated Muon g-2 scenario:
final EXP measurement from FNAL
New Theory White Paper

e+e- incompatible data: CMD-3 vs previous ones
new Lattice QCD results replacing e+e-



→ Muon g-2 WP25: Data-Theory Agreement



$$a_{\mu}^{HLO} = \frac{\alpha}{\pi} \int_0^1 dx (1-x) \Delta\alpha_{had}[t(x)]$$

IMPORTANT to understand the tensions between the Data-Driven results (e+e-, timelike)

MUonE alternative data-driven approach (spacelike)

MUonE

International Collaboration

(Italy, UK, Poland, USA, Switzerland, China)

Letter-of-Intent, CERN SPSC-I-252 (June 2019)

Phase-1 Proposal, CERN SPSC-P-370 (Apr 2024) → **Accepted: Test Run ongoing NOW**

More documents on the [MUonE web site](#)

INFN - Bologna:

U.Marconi (*Spokesperson, RN*)

G.Abbiendi (*coord.analisi, responsabile locale*)

UniBO: D.Bonacorsi, D.Galli, C.Patrignani

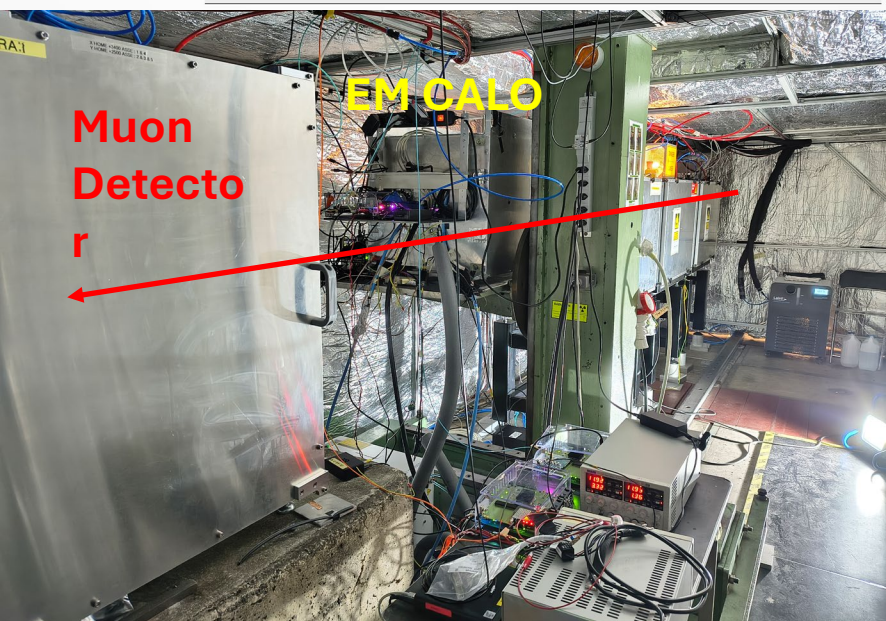
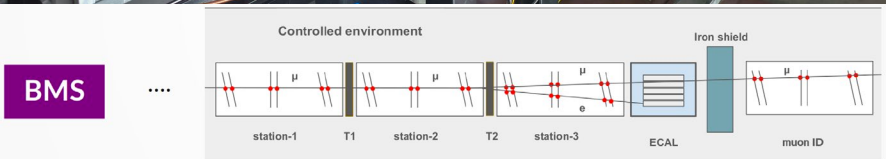
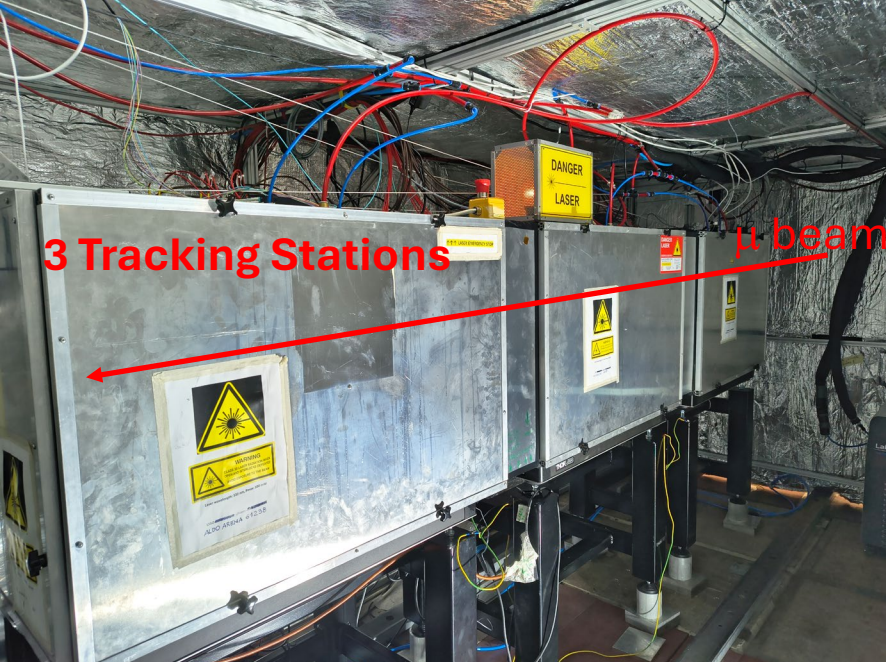
PostDoc (PRIN/PNRR): E.Spedicato

Local Computing Support:

thanks! G.Peco, A.Paolucci, P.Veronesi

CNAF (C.Pellegrino...)

Small but very active group, unique opportunities for students to experience a developing project and learn a lot on many different activities (detectors, software, physics analysis, new technologies)



MUonE 2025 Test Run - ONGOING -
 at CERN North Area, M2 beam μ 160 GeV
 max asynchronous rate of 50 MHz
 (2×10^8 muons per spill)

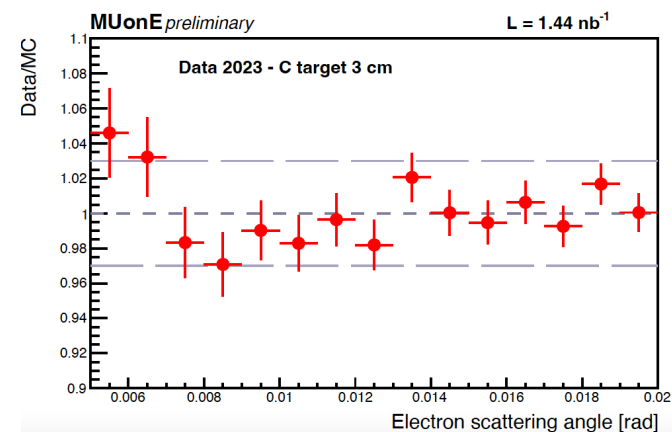
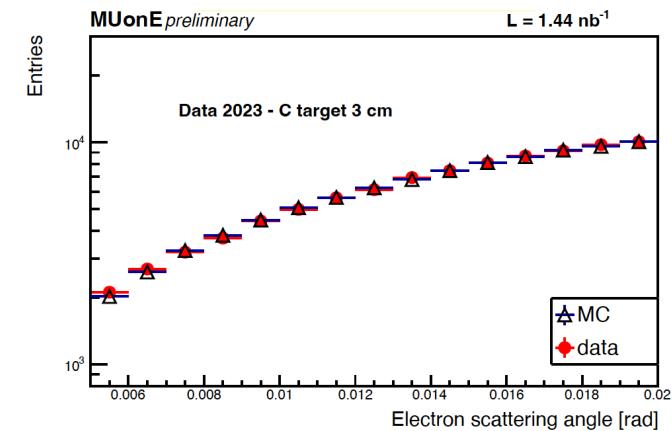
Modular concept: 2 cm graphite target in 2nd, 3rd station as two independent elements, with TRIGGER based on detected hit patterns in the two pairs of adjacent stations

Prototype version of the full experiment

TRIGGER algorithm developed in Bologna from 2023 triggerless data, implemented online on FPGA for 2025 Test Run (average rate ~ 300 KHz)



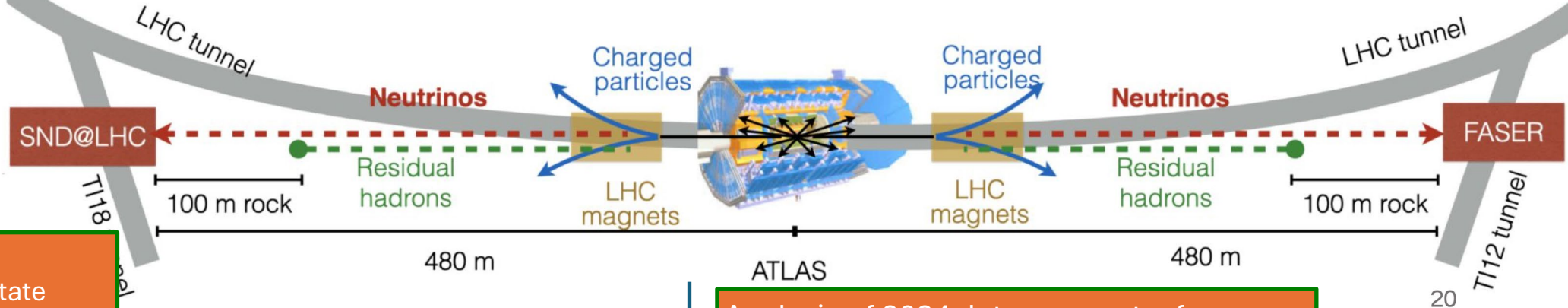
First 2023 Data-MC comparisons from E.Spedicato's PhD thesis (Mar 2025)



PLANS for 2026

- Software and Data Analysis
- Development/test of a custom 1S Tracker module from the current CMS
- Dedicated test beams
- Preparation of the TDR

SND@LHC



New paper (June 2025!) on observation in 0-muon final state (ν_e CC + NC interactions - 2023 data)

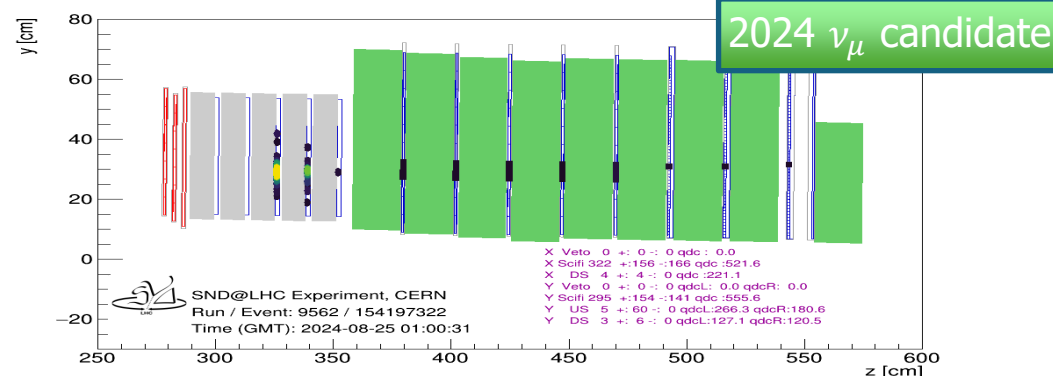
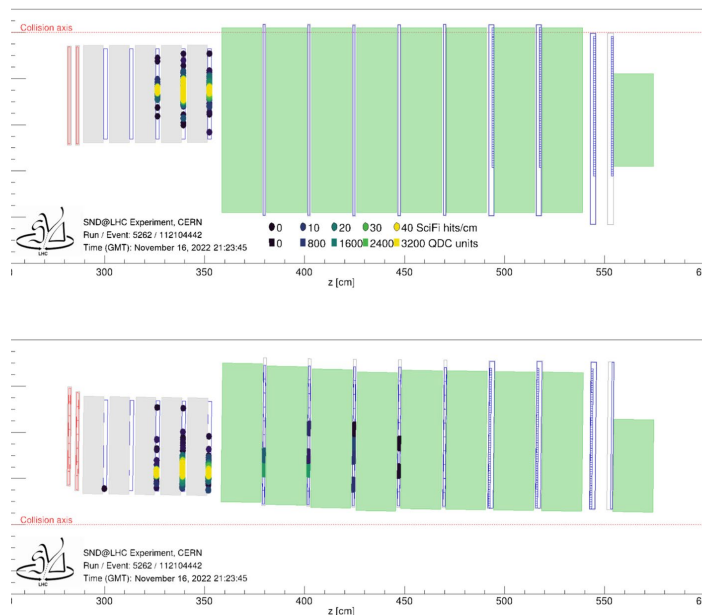
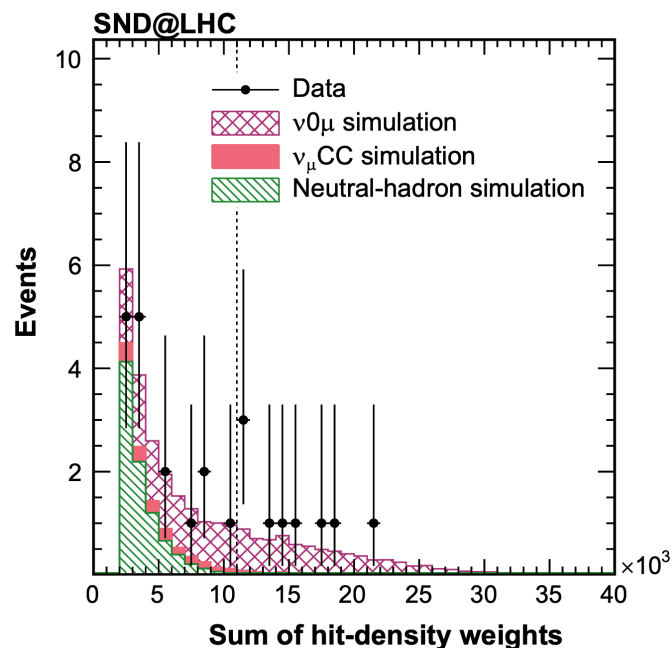
PHYSICAL REVIEW LETTERS 134, 231802 (2025)

Observation of Collider Neutrinos without Final State Muons with the SND@LHC Experiment

22/23, 68.6 fb⁻¹
9 candidates
0.36 background
6.4 σ significance

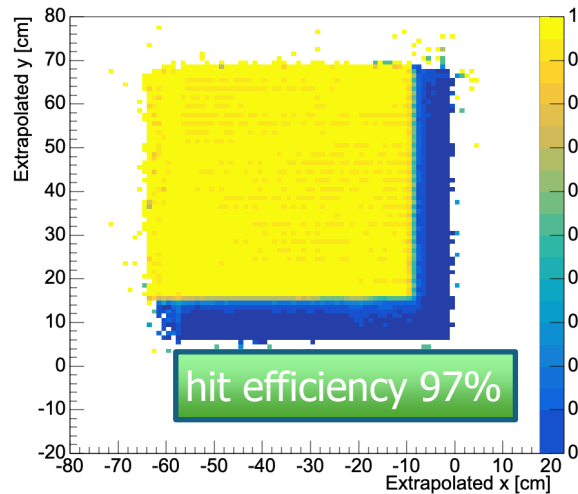
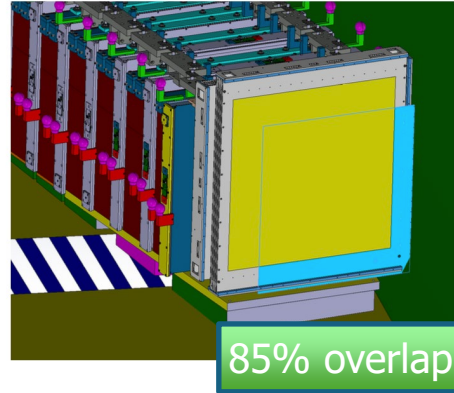
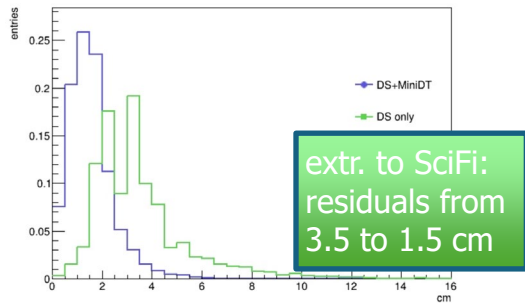
Analysis of 2024 data: new veto, from <20% to ~100 % target mass

- New veto plane: paper for JINST <https://arxiv.org/pdf/2502.10188>
- Calibration of hadronic showers: paper for JINST <https://arxiv.org/abs/2504.01716>
- Leading the ν_μ analysis with 2024 data
 - signal selection cuts
 - background studies
 - software tools for the collaboration



SND@LHC 2025-2026

Feb 2025: installation of two Mini Drift Tubes (CMS-like) for improved muon tracking
 Online integration, offline event matching done
 Track reconstruction development ongoing



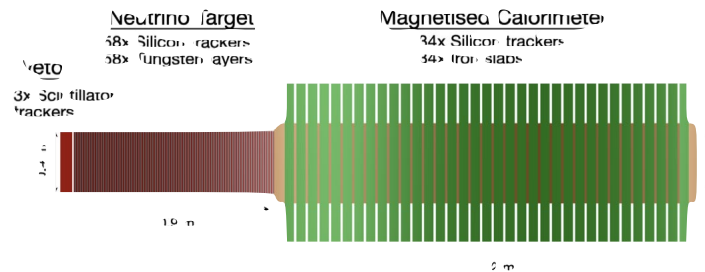
SND@HL-LHC

Opportunities for newcomers!
 Join SND@HL-LHC!

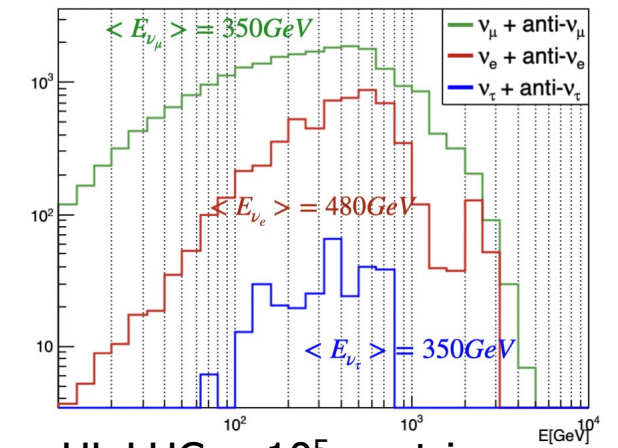
TECHNICAL PROPOSAL

SND@HL-LHC

Scattering and Neutrino Detector in Run 4 of the LHC



Neutrino interactions in SND@HL-LHC
 DPMJET+FLUKA+GENIE total 3000 fb⁻¹



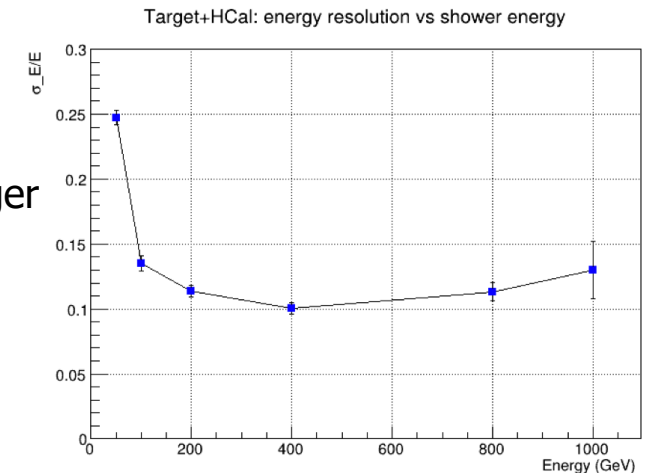
HL-LHC: $\sim 10^5$ neutrinos
 recorded in SND@HL-LHC

New detector: all-silicon target and 1.5 T magnetised calorimeter:
 Si strips from CMS tracker + Alice pixel modules

Veto and TTD (Timing and Trigger
 Detector) planes: scintillators w SiPMs

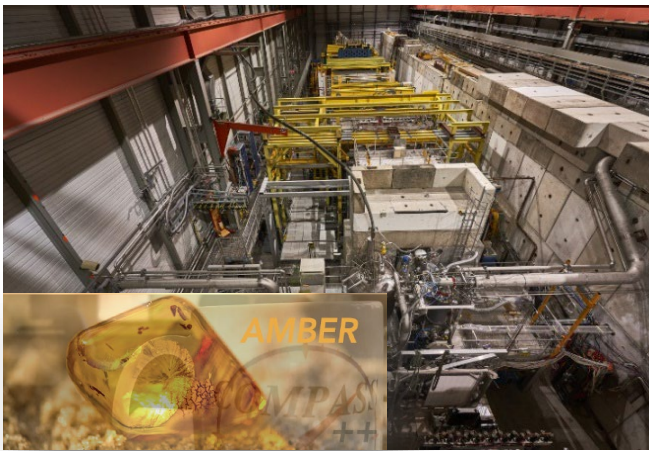
New, fast electronics to generate a trigger
 for Atlas based on neutrino candidates
 from TTD and Veto signals

2025@BO: hadronic energy calibration
 in SND@HL-LHC simulations

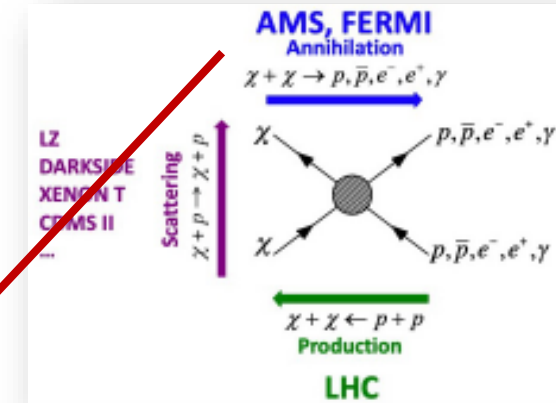


AMBER

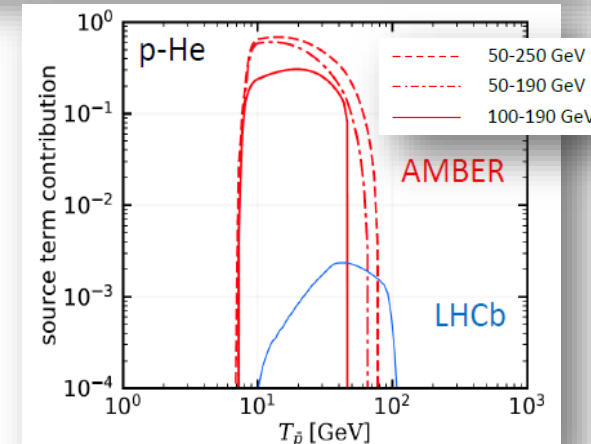
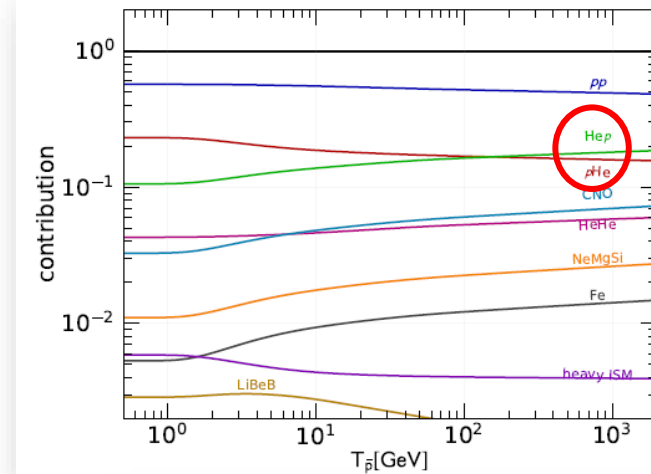
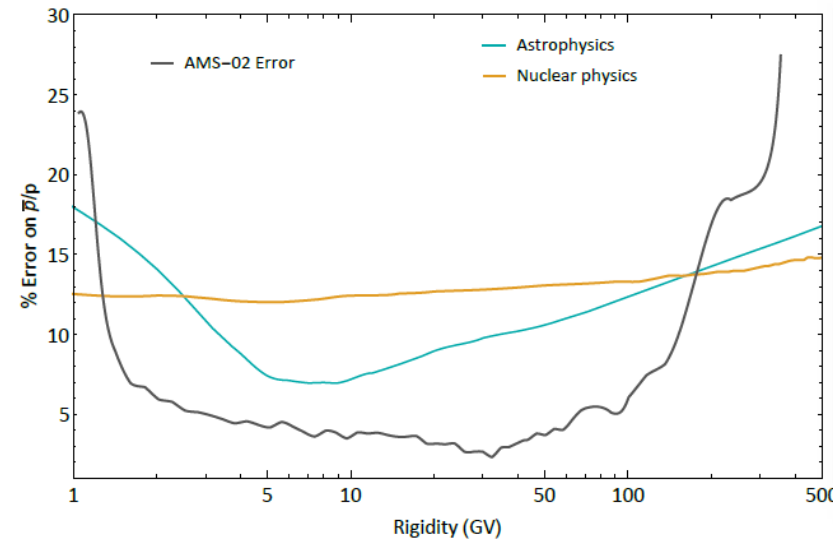
AMBER



AMBER is a fixed-target experiment located in the M2 beam-line of the SPS. It is a multipurpose detector for: muon-proton elastic scattering, hard exclusive reactions, proton radius and **antiproton production cross section measurements as input for indirect dark matter search with AMS-02**



- AMS-02 Bologna group is involved in the analysis of the **nuclear uncertainties which afflict secondary antiprotons production** in the interstellar medium. Thanks to the AMS02 plus GALPROP/HeMod approach, propagation uncertainties are lower than nuclear ones.
- Bologna group collaborates with AMBER experiment in order to provide precise and up-to-date pHe and pp cross section measurements for DM search in the antiproton channel, **to understand the production of cosmic antiprotons up to 50 GeV energy: Helium channels are responsible for almost 40% of the antiproton production.**



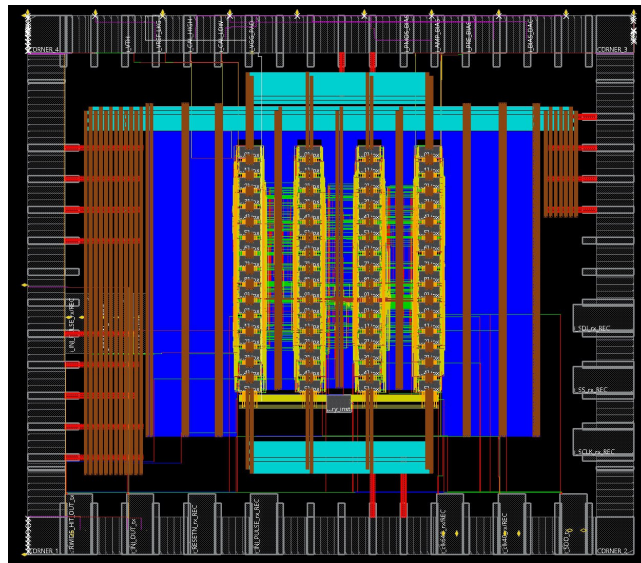
AMBER proton beam: from a 60 GeV/c up to 250 GeV/c. The goal is to measure the double differential (momentum and pseudo-rapidity) antip cross production at different proton momenta (60, 100, 150, 190, 250 GeV/c) on fixed liquid targets. The first physics run occurred on November 2022, detectors and beam commissioning took place in April-May 2023, **the antip p-He cross section data taking took place in 2023, the p-p run in 2024. The plan for future measurements is ongoing.**

Contribution from Bologna in collaboration with Trento: shifts during the detectors commissioning phase and the data taking; study of the impact of the cross section uncertainties on astrophysics observables for dark matter indirect searches, using GALPROP and HelMod for CRs simulations; MC simulations for antip production.

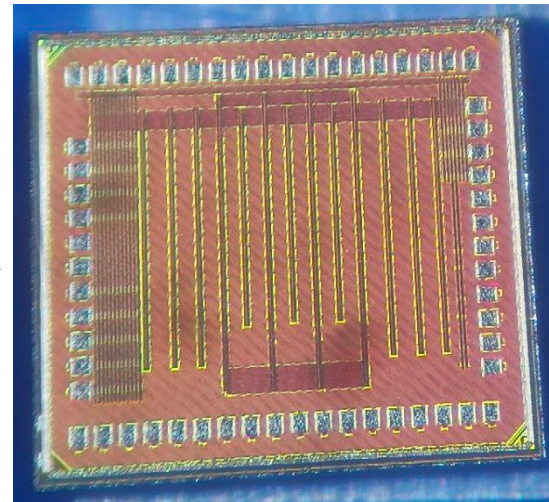
IGNITE

The IGNITE project aims at developing readout and processing solutions for high intensity 4D-tracking using the CMOS 28 nm technology. To achieve this goal, IGNITE aims at designing a 3D (vertical) device: analog layer + digital layer

INFN BO has been working on the chip Falaphel3



chip layout

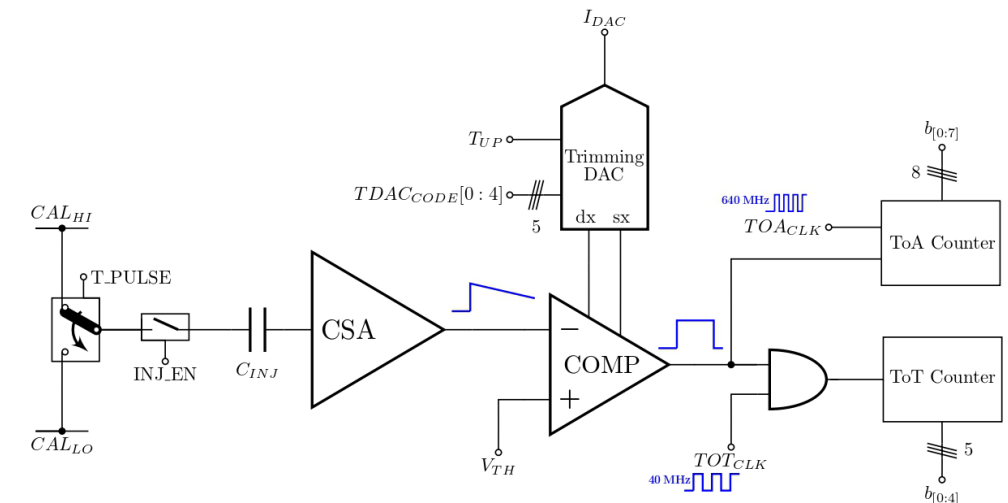


die picture

Mini@SIC with TSMC 28 nm HPC+
(High Performance Computing +)

received 100 samples
in January 2025

pixel structure (16x8 pixels in total)



INFN BO has collaborated to the design & simulation of the digital part of this ASIC and now is also involved in the DAQ preparation for chip test

conclusioni

- Grazie a tutti i RL che mi hanno fornito il materiale per questa presentazione
- Grazie soprattutto ai **servizi Amministrativi e Tecnici** senza i quali le tante attività illustrate non sarebbero possibili
- Grazie a tutti voi per l'attenzione e la pazienza. Sono sicuro che mi perdonerete per eventuali mancanze o imprecisioni
- Spero che il messaggio fondamentale di questa review sia passato:

il Gruppo 1 della Sezione di Bologna è estremamente attivo e le responsabilità e riconoscimenti a livello nazionale e internazionale di tanti colleghi ne sono la riprova

backup

Richieste per la Sezione per il 2026

Servizio	Attività/competenze	M.U.	Intervallo temporale
Elettronica	Supporto per elettronica dei DT minicrate	1	Durante l'anno
Progettazione Meccanica	Meccanica dei DT miniCrate di Fase 2	2	Durante l'anno
STG	Attività per le DT durante YETS al CERN	1	Inizio anno
	Preparazione installazione rivelatori in LS3	1	Seconda metà dell'anno
	Installazione dei rivelatori in LS3	10	Seconda metà dell'anno
	Assemblaggio minicrate in sezione	2	Durante l'anno
Calcolo e Reti	Supporto gestione TIER 3	1	Durante l'anno
Officina Meccanica	Supporto per DT Minicrates	0.5	Durante l'anno

SPAZI:
Utilizzo del laboratorio al piano -1 di BP per produzione dei DT minicrate e test coi cosmici

CMS

Richieste Servizi

ATLAS

Servizio	Attività	M.P.
Elettronica	- LUCID: Sviluppo scheda LUCROD 2 per HL-LHC - LUCID & Forward Detectors: Supporto Elettronica - Muoni: test schede elettroniche progetto BI - Muoni: supporto attività di produzione RPC per upgrade BI TOT	8 7 4 3 22
Officina	MUONI: Maintenance + produzione BI TOT	5 5
STG/STA	- STG Muoni: Maintenance + costruzione RPC progetto BI - STG Muoni: consulenza test RPC progetto BI - STG ITk: produzione moduli ITk a Bologna - STA ITk: produzione moduli ITk a Bologna - STA ITk: produzione moduli ITk a Bologna TOT	15->12.5 1 9->6.5 4->1 5 34->26
Calcolo	- Supporto allo sviluppot per la TDAQ di LUCID in fase 2 - Supporto Tier-3 TOT	3 1 4



DUNE @ Bologna 2026

Gruppo Locale: G. Balbi, F. Battisti, S. Bertolucci (**co-spokesperson**), A. Cervelli, F. Chiapponi, V. Cicero, L. Degli Esposti, D. Di Ferdinando, A. Gabrielli, C. Guandalini, M. Guerzoni, G. Laurenti, I. Lax, S. Lanzi, M. Lucente, G. Lupi, A. Margotti, N. Mauri, F. Mei, A. Mengarelli, E. Montagna, A. Montanari, S. Pascoli, L. Pasqualini, L. Patrizii, V. Pia, G. Piazza, F. Poppi, M. Pozzato, L. Rignanese, E. Rovati, A. Ruggeri, E. Sabin, G. Santoni, G. Sirri, M. Tenti, V. Togo, N. Tosi, S. Zucchelli

22 Ricercatori + Tecnologi (staff)

~20 FTE (inclusendo sinergie con IBIS, PRIN,...)

6 PostDoc + RTDA

4 Dottorandi (+ **2** borse a novembre)

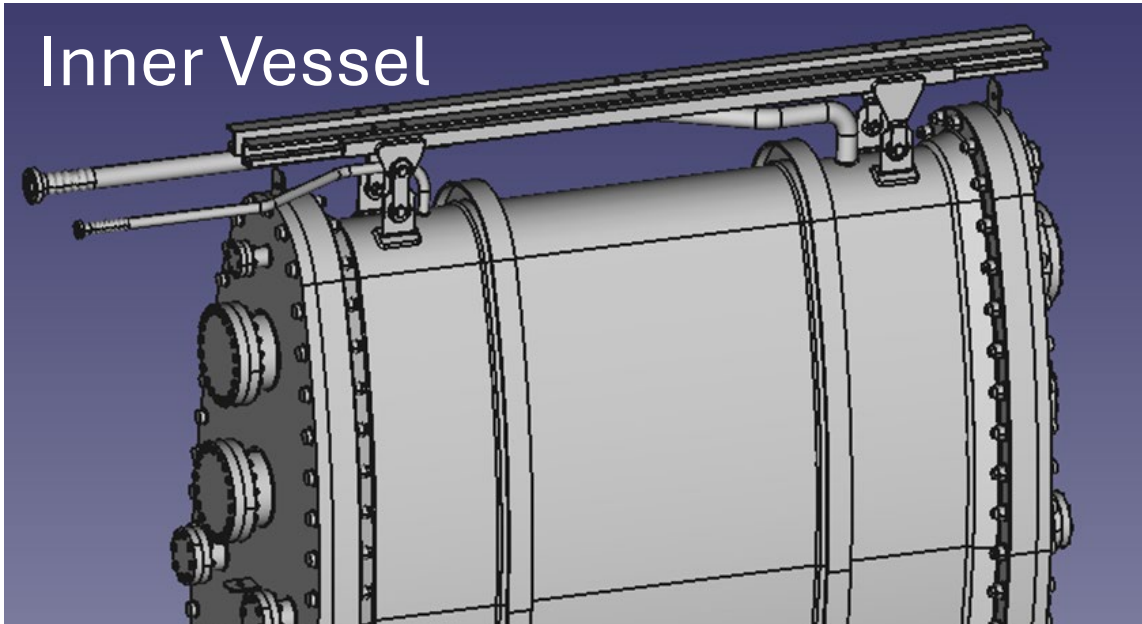
Responsabilità: i) DUNE Near Detector Sim/Reco (M. Tenti), ii) SAND DAQ (N. Tosi), iii) SAND Tracker (G. Sirri), iv) SAND GRAIN LAr (A. Montanari), v) SAND Sim/Analysis (M. Tenti)

Supporto Tecnico (~80 mesi-persona): Lab elettronica, Servizio Tecnico Generale, Tecnologie Avanzate, Progettazione Meccanica, Officina Meccanica

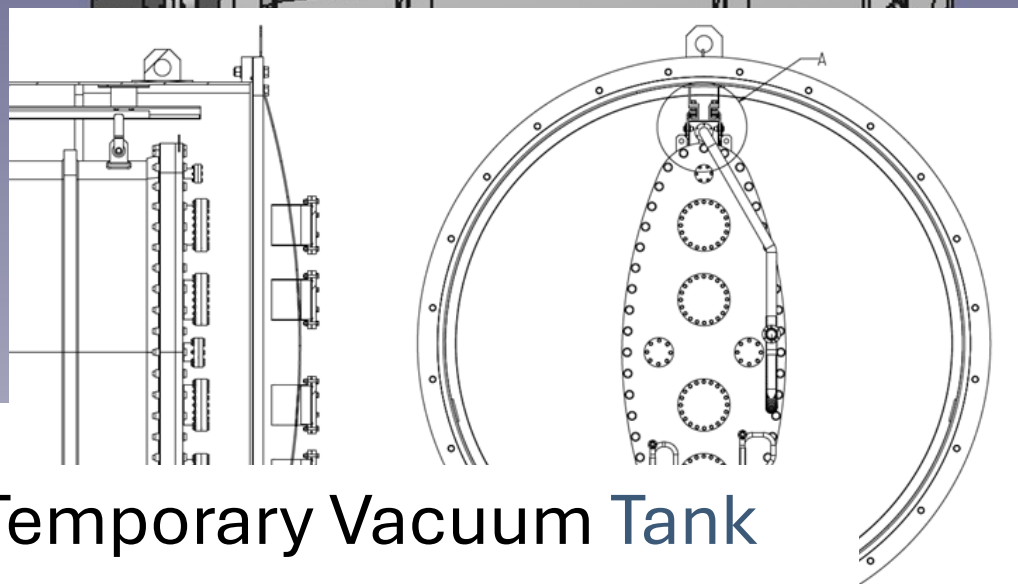
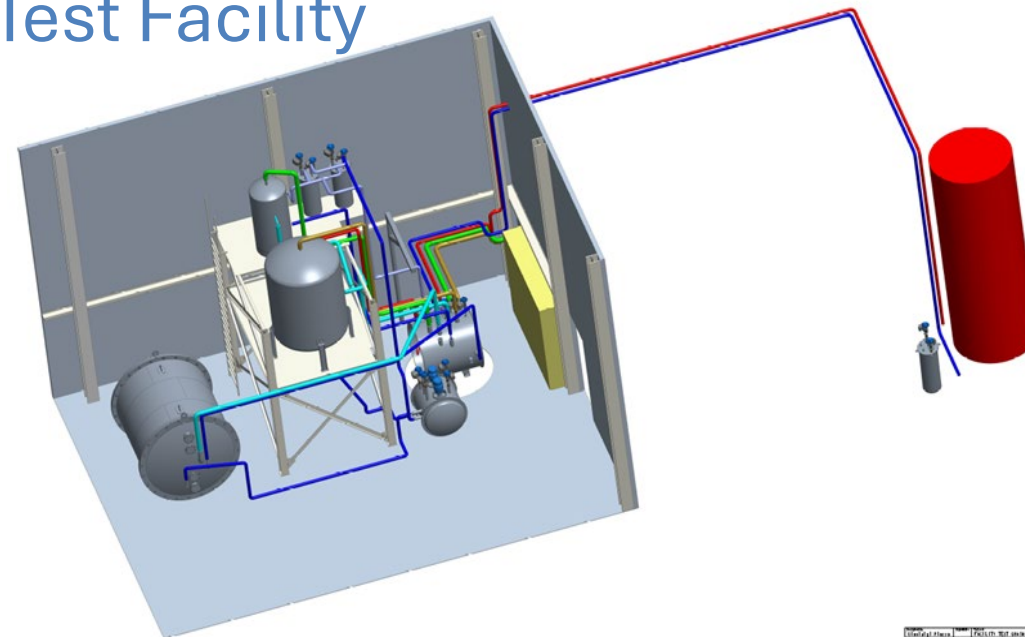
Supporto Gestionale: Amministrazione, Direzione, Fondi Esterni

Laureandi 2025: (4 Magistrali, 2 Triennali)

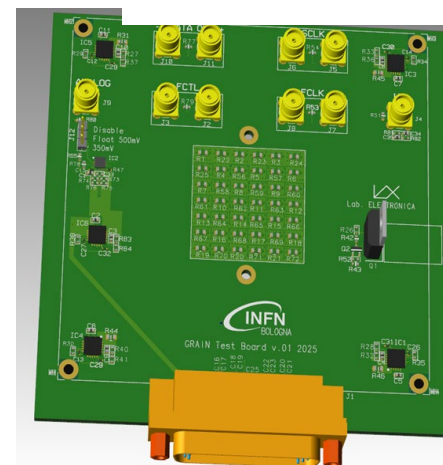
Inner Vessel



LNL Test Facility



Temporary Vacuum Tank



Mockup Camera Board

Feedthrough

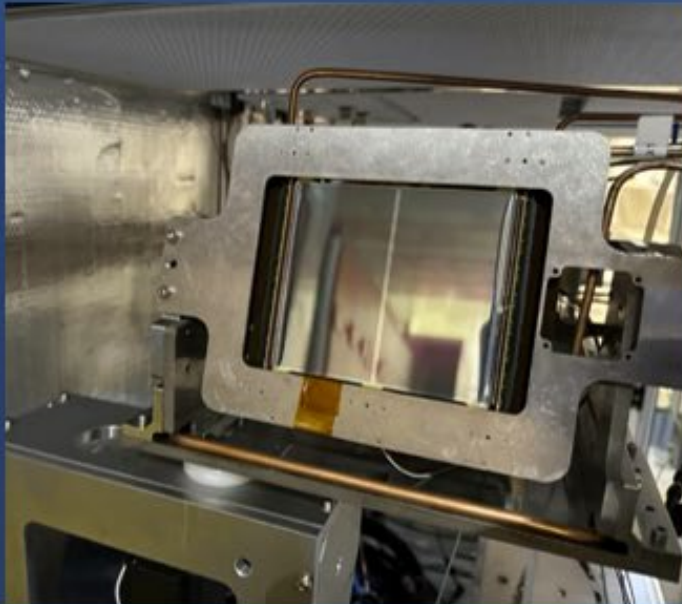


DUNE

Anno	Nome e Cognome	Tipo	Titolo	Link	Esperimento	data	Relatore	Correlatori
In corso	Giovanni Perozzi	Triennale	Drift, hardware		DUNE		Sergio Bertolucci	
In corso	Camilla Roselli	Magistrale	SAND, analisi		DUNE		Gabriele Sirri	
In corso	Giulia Fadini	Magistrale	IBIS, SIPM back side illuminated		IBIS		Nicolò Tosi	
In corso	Francesco Chiapponi	Dottorato	SAND, prototipo camera a DRIFT		DUNE		Nicoletta Mauri	
In corso	Alessandro Ruggeri	Dottorato	SAND, simulazione e ricostruzione DARK Sector		DUNE		Alessandro Montanar	
In corso	Filippo Mei	Dottorato	SAND, data science and computation		DUNE		Gabriele Sirri	
In corso	Giulia Lupi	Dottorato	SAND		DUNE		Gabriele Sirri	
In corso	Giacomo Santoni	Dottorato	SAND		DUNE		Gabriele Sirri	
in corso	Samuele Lanzi	Dottorato	SAND Grain ricostruzione con lenti, in collabor. con CNAF		DUNE		Francesco Giacomini	
In corso	Paolo Forni	Triennale	SAND Reco in collabor. con CNAF		DUNE		Francesco Giacomini	
in corso	Giulia Cicogna	Magistrale	ICARUS @ FNAL		ICARUS		Nicoletta Mauri	
2025	Francesco Barilari	Magistrale	Neutrino beam monitoring with the SAND detector at the DUNE near site	https://amslaurea	DUNE	27 marzo 2025	Gabriele Sirri	Federico Battisti, Matteo Tenti
2025	Gianfranco Ingratta	Dottorato	Study of (Anti)neutrino interactions on Hydrogen in the SAND detector of DUNE		DUNE	28 marzo 2025	Laura Patrizii	Matteo Tenti, Nicoletta Mauri
2024	Elisabetta Montagna	Dottorato	Validation of SiPMs for the DUNE Far detector photon detection system through the development and commissioning of a cryogenic facility	https://amsdottor	DUNE	17 giugno 2024	Alessandro Gabrielli	Michele Pozzato
2024	Giacomo Santoni	Magistrale	Reconstruction of neutrino events with scintillation light in the SAND detector	https://amslaurea	DUNE	27 marzo 2024	Gabriele Sirri	Nicolò Tosi, Cicero Valentina
2024	Giulia Lupi	Magistrale	Particle tracking in the DUNE-SAND detector: an extended Kalman filter approach	https://amslaurea	DUNE	19 luglio 2024	Gabriele Sirri	Michele Pozzato, Valerio Pia, Matteo
2024	Marco Scarnera	Magistrale	Improving track reconstruction in the ICARUS detector	https://amslaurea	ICARUS	19 luglio 2024	Gabriele Sirri	Laura Pasqualini, Francesco Poppi
2024	Ricardo Campos	Magistrale	Cosmic ray tagging in Icarus: a combined analysis	https://amslaurea	ICARUS	19 luglio 2024	Gabriele Sirri	Francesco Poppi
2024	Ilaria Antonellini	Triennale	Analisi dati di un prototipo di camera a deriva per l'esperimento DUNE	https://amslaurea	DUNE	26 luglio 2024	Nicoletta Mauri	Michele Pozzato
2023	Valentina Cicero	Dottorato	Study of the tracking performance of a liquid Argon detector based on a novel optical imaging concept	https://amsdottor	DUNE	15 giugno 2023	Tiziano Rovelli	Alessandro Montanati, Nicolò Tosi
2023	Valerio Pia	Dottorato	Study of the calorimetric performance of a liquid Argon detector based on a novel optical imaging concept	https://amsdottor	DUNE	15 giugno 2023	Nicoletta Mauri	
2023	Francesco Poppi	Dottorato	The cosmic ray tagger of the ICARUS detector: construction, commissioning and performances in the first physics run	https://amsdottor	ICARUS	15 giugno 2023	Laura Patrizii	

DUNE

Richieste ai Servizi di Sezione



- **4 M.U. per Calcolo e Reti**
 - **Supporto calcolo dedicato per simulazioni e analisi**
 - **Sviluppo sito di storage locale dei dati (CNAF) e supporto per Tier-3**
- **1 M.U. per Lab.ELETTRONICA**
 - **sviluppo e test su fascio di un modulo di Tracker 1S (single-layer of strips), partendo dal modulo 2S di CMS in uso, come soluzione ottimale in vista della preparazione del TDR**

