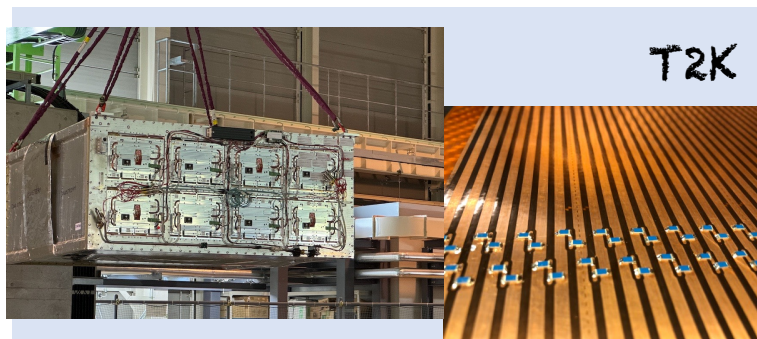


Hyper_K (T2K/SK) in CSN1

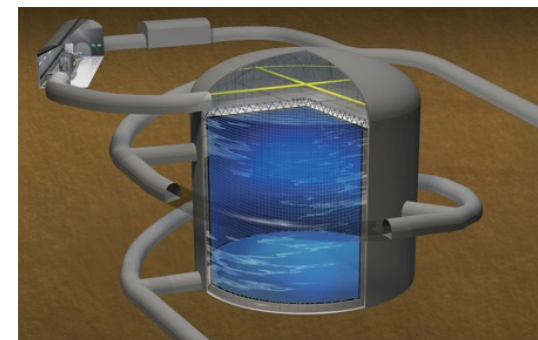
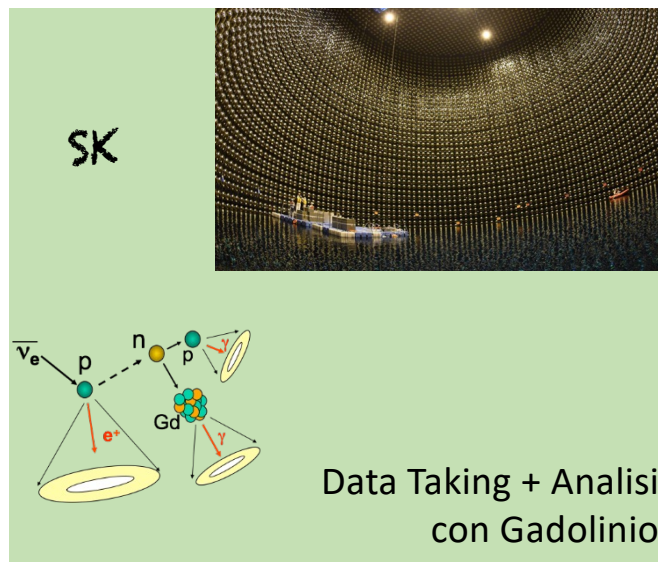
V. Berardi

"Hyper_K" include le attività di fisica del neutrino in Giappone è subentrata alla sigla T2K in CSN2 (2007-2024)



T2K

- Realizzate 2 nuove TPC (Test al CERN, Installate in Giappone, Commissioning 2024/2025) e realizzazione spare
- Upgrade and maintenance del nuovo Gas System a JPARC
- Data Taking + Analisi



Hyper-K : Approvato
Settembre 2022

Construction phase

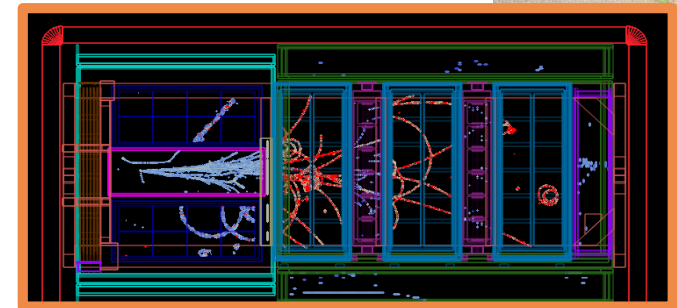
Hyper_K BARI/FTE

	Qualifica	FTE (%)	note
Amoroso Nicola	Prof. Associato	70	Associato 08/24
Bellotti Roberto	Prof. Ordinario	20	
Berardi Vincenzo	Prof. Associato	90	
Cafagna Francesco Saverio	Primo Ricercatore	10	
Calabria Fulvio Nicola	RTDA	20	80 PNRR
Catanesi Maria Gabriella	Ass. Senior	*	
Magaletti Lorenzo	Prof. Associato	80	
Alfonso Monaco	Prof. Associato	20	
Nataly Ospina	Assegnista senior	100	
Radicioni Emilio	Primo Ricercatore	70	
Spina Roberto	Prof. Ordinario	70	
Tangaro Sabina	Prof. Associato	20	
Totale		5.7	

T2K Upgrade - TPC

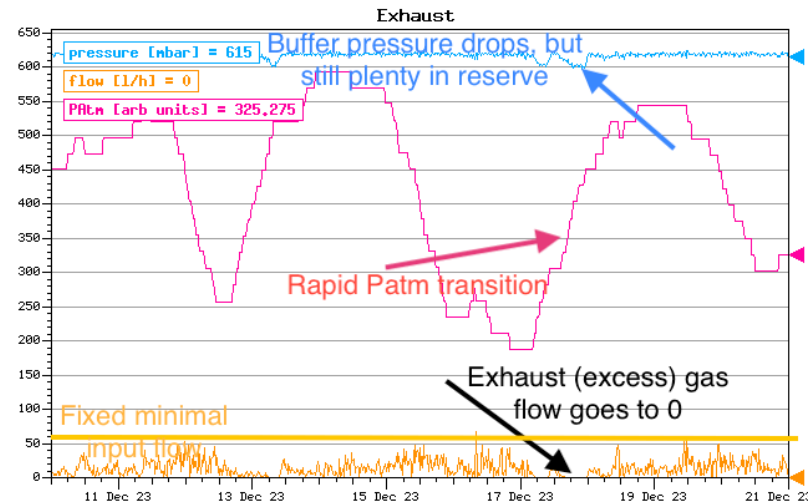
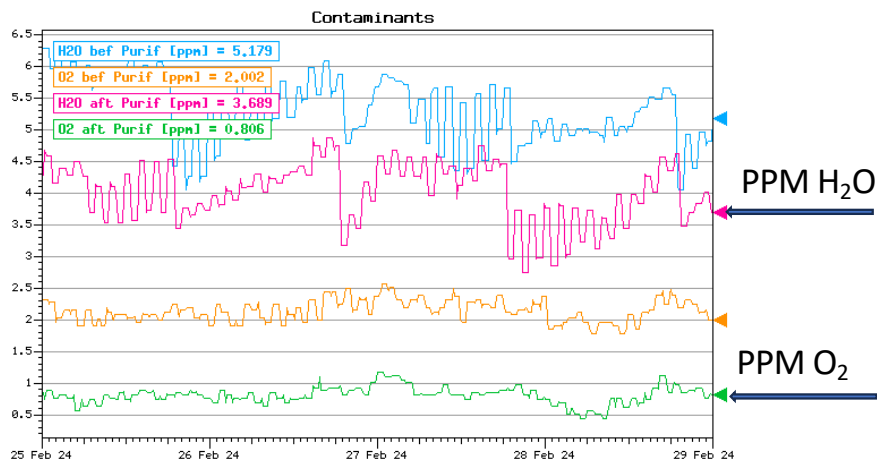
L'INFN di Bari ha contribuito in modo rilevante al disegno e alla realizzazione delle 2 nuove grandi TPC con lettura a MicroMegas.

- In particolare sono di responsabilità di Bari:
 - La realizzazione delle Field Cages (sottili di tipo innovativo) e l'integrazione delle TPC
 - L'installazione, messa in funzione e commissioning del nuovo sistema del gas realizzato al CERN che servirà le vecchie e le nuove TPC (5 in totale): **(E.Radicioni)**
 - Il nuovo programma di ricostruzione dello ND280 (Close Detector di T2K) **(L. Magaletti)**
 - Attività al 182 (CERN)
- Contributi del gruppo di Bari negli ultimi anni
 - Il disegno e realizzazione dei piani di strips della Field Cage
 - Il disegno e la realizzazione del MOLD della field Cage
 - Il disegno e la realizzazione dei tavoli di allineamento per l'assemblaggio di precisione
- Nel 2026:
 - Manutenzione e aggiornamenti GAS System ,presa dati ND280 (JPARC)
 - Completamento camera Spare e Test Beam (CERN)
 - Smontaggio area 182



T2K Upgrade: Gas System (2024 - 2025)

- Second commissioning run in February 2024, achieving record gas purity ($< 1\text{ppm}$ O_2 in gas distributed to TPCs)
- 5/2024-> commissioning with the second new TPC
- Gas consumption (and rejection in the atmosphere) reduced by 2/3, still subject to further optimization
- Reduced gas consumption Optimisation studies :
 - Way open to fully optimize the gas consumption (and minimize manual work for changing gas cylinders) and reduce CF_4 use (and release in the air)
 - Modify the analysis modules to return the analysis flow to the buffer (instead of to exhaust)
 - **Add RGA to monitor N_2 poisoning $\rightarrow$ towards (close to) 100% recirculation**



Status & Prospect of the HTPC with optical readout project at INFN-Bari (AIDAIInnova, DRD1/WP8/WP4)

(richieste finanziarie - RDMucol)

Basic idea of the project (AIDAIInnova)

Development of an experimental setup similar in size to the UK one, enabling complementary measurements.

- Vessel modified at the flanges to allow flexibility in inputs and tightness in the range from 100–200 mbar up to 10 bar.
- Flexible gas system that allows the use of various gases (including light ones such as Helium) and the creation of ternary mixtures, as well as gas and impurity analysis.
- Image intensifier also sensitive to infrared photons.



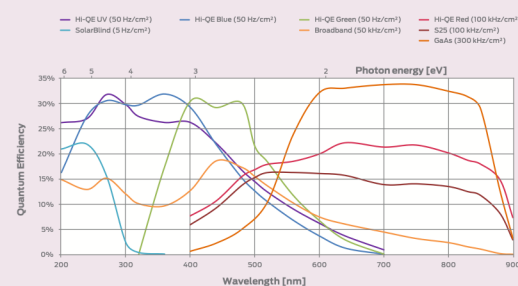
Status of the project

- Vessel, tables and support: realized & installed
- HV, LV electronics: procured
- Gas system:
 - procurement completed, items tested
 - in construction (ready summer 2025)
- Image intensifier: procured
- Thick gems: in procurement
- FieldCage: Design started
- TimePIX3: borrowed

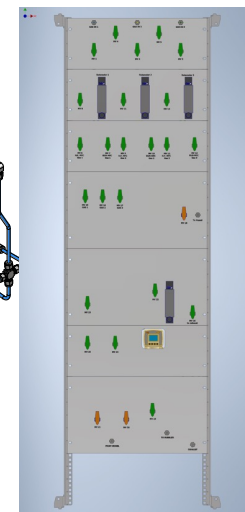
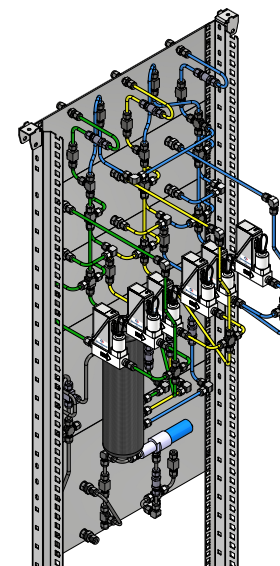


Quantum Efficiency of Photocathode

HI-QE Photocathode
Based on conventional S-20 processes, a series of high quantum can be specifically tuned for use in the ultraviolet, blue, green or red at maximum response, and the dark count rate is found to be as low as 100 kHz/cm². The fast temporal response makes these photocathodes ideal for use in detectors and image intensifiers.



Typical performance at 20°C. Cooling the photocathode reduces the dark count rate by about a factor of 2, every 5°C.



Attività relative all'analisi e allo sviluppo del software di Hyper-K a Bari

La strategia attuale dell'esperimento prevede di sviluppare 2 catene di ricostruzione che devono essere "ready" per la presa dati:

- Evoluzione di **FitQun** (usato in SK).
- Nuovo programma di ricostruzione basato su Machine Learning.

I nostri contributi riguardano:

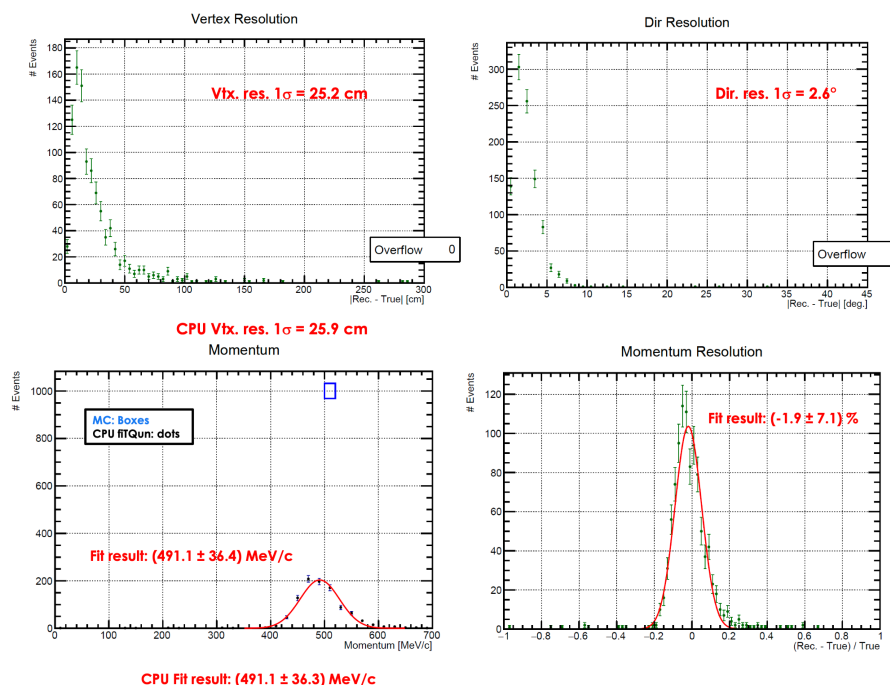
- Porting di **fitQun** su **GPUs** : **92% di riduzione rispetto a CPU** (N. F. Calabria).
- **Separazione Elettrone/Gamma** in fitQun (N.Ospina).
- **Sviluppo algoritmi di Machine Learning** (E. Amato, N. Amoroso, N.F. Calabria, A. Monaco).

Oltre a questo partecipiamo nei gruppi di Analisi riguardanti:

- Proton Decay (N.F. Calabria).
- Supernova Monitor (SNCast); TriggerApp/SNTrigger App; AstroWG (N. Ospina).

Contributo alla preparazione dell'articolo sulla sensitività ai parametri di oscillazione di Hyper-K recentemente sottomesso a EPJC (Gabriella Catanesi e' il chair sia del comitato editoriale che del Publication board di Hyper-K).

GPU reconstruction check



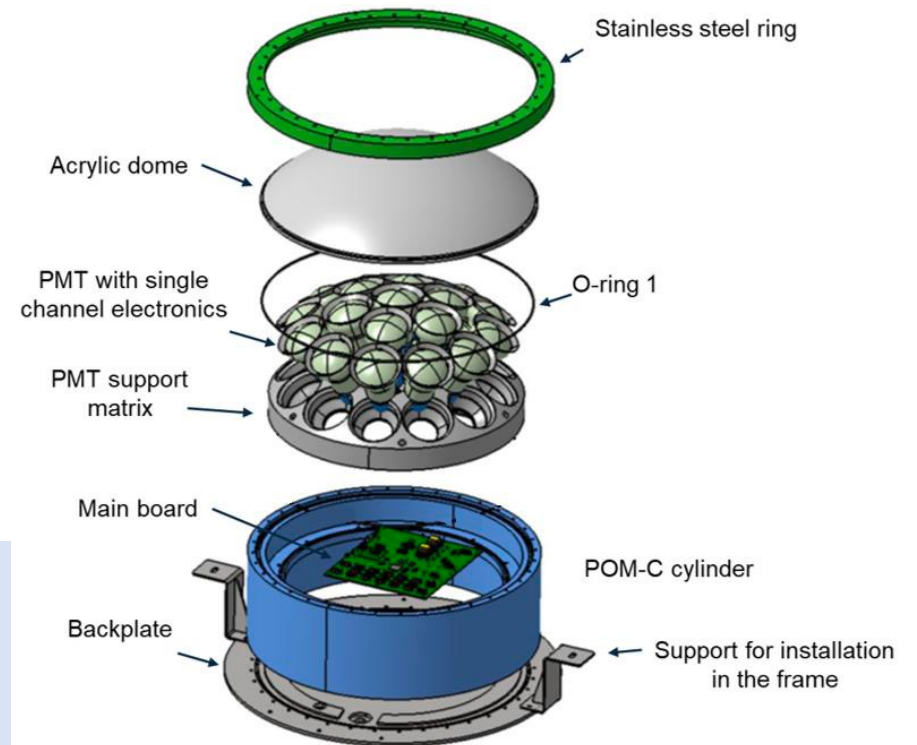
Means for 1000 events. CPU/GPU execution time comparison

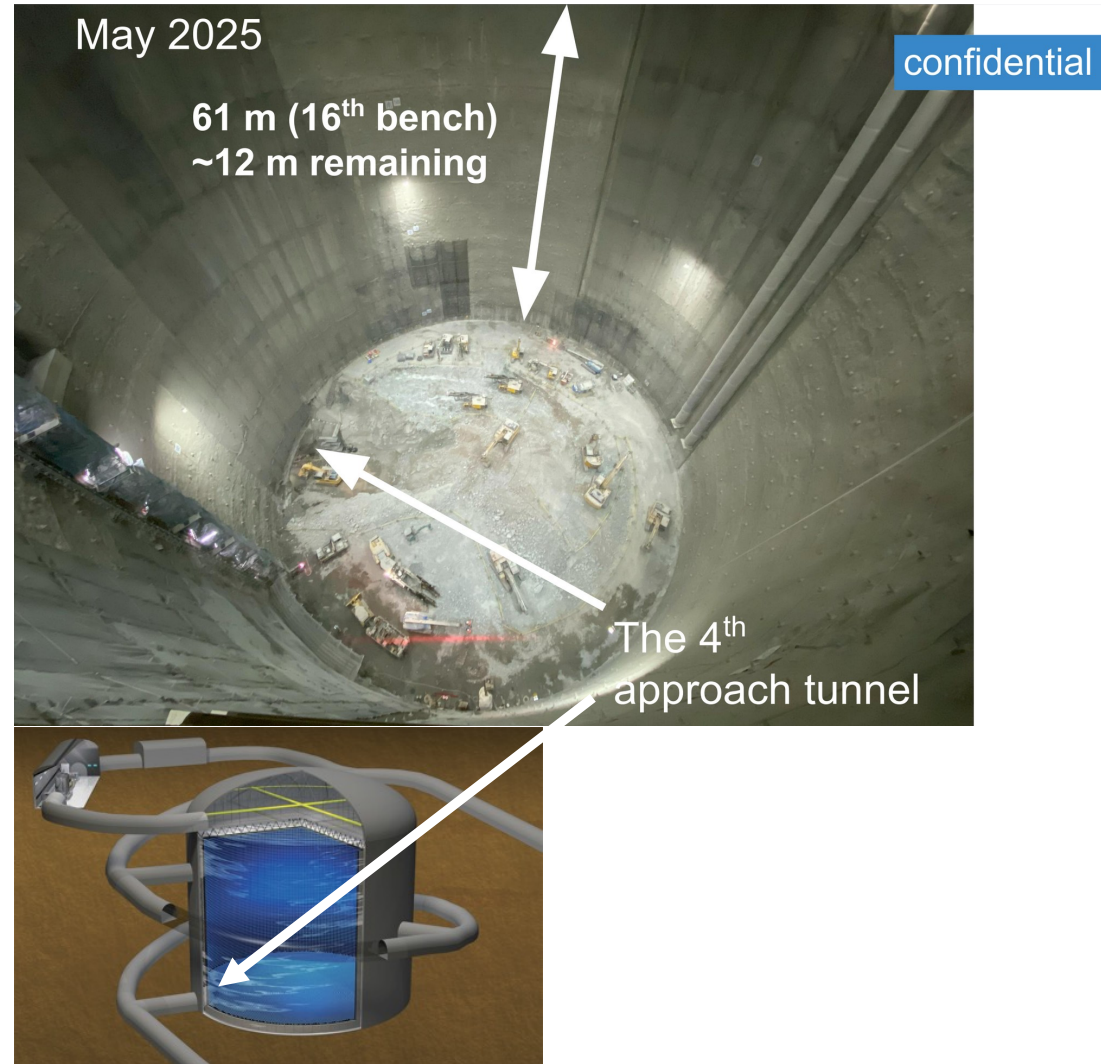
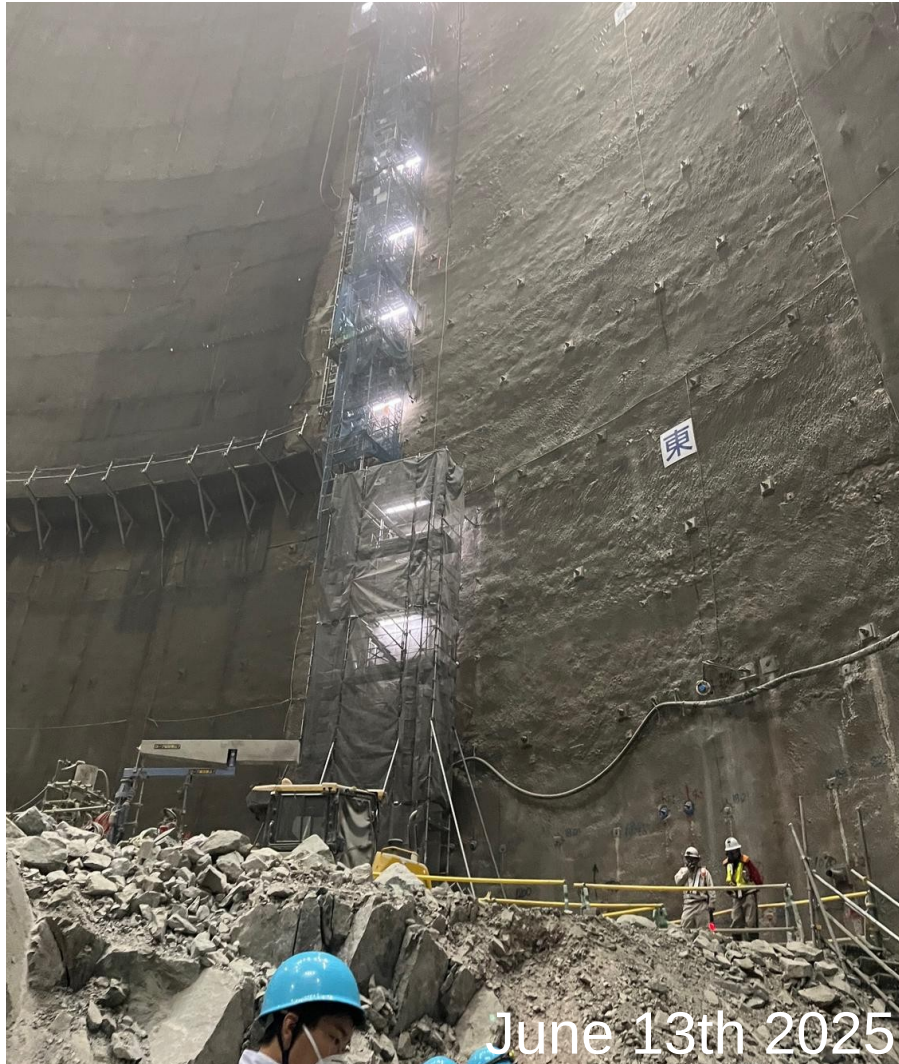
	$\mu_{dir} \text{ (ms)}$	NLL (ms)	full event (ms)
CPU	19257.3 ± 4012.5	2308.1 ± 481.9	24431.7 ± 4865.9
GPU	57.0 ± 9.6	111.8 ± 17.0	1951.0 ± 446.7
	$-99.7\% \pm 0.1\%$	$-95.2\% \pm 1.3\%$	$-92.0\% \pm 2.4\%$

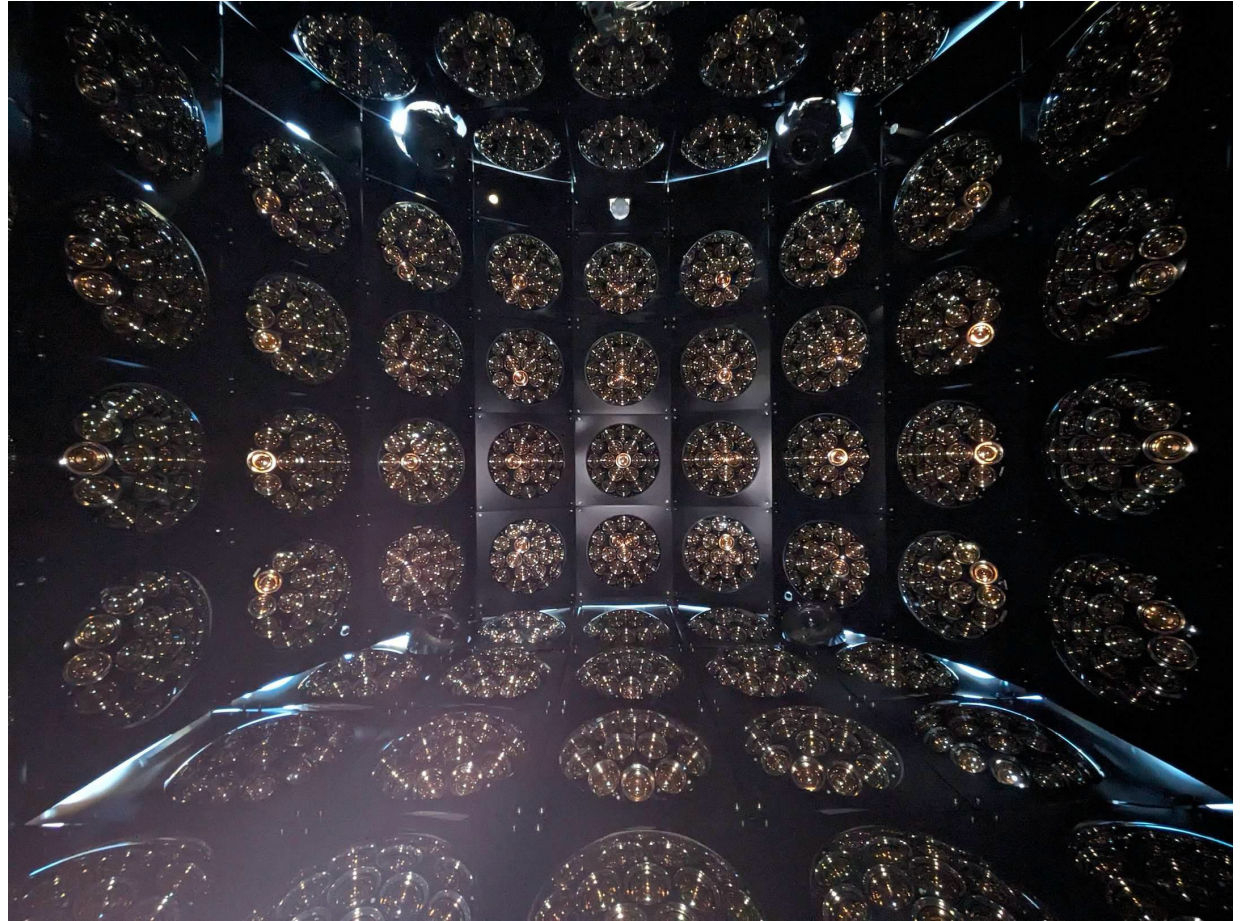
mPMT

(V. Berardi, M. Mongelli, R. Spina)

- Il disegno e il test di buona parte della meccanica è stato fatto a Bari, stiamo attualmente nella fase finale di ottimizzazione
- Bari è responsabile di questa parte verso la collaborazione (R. Spina)



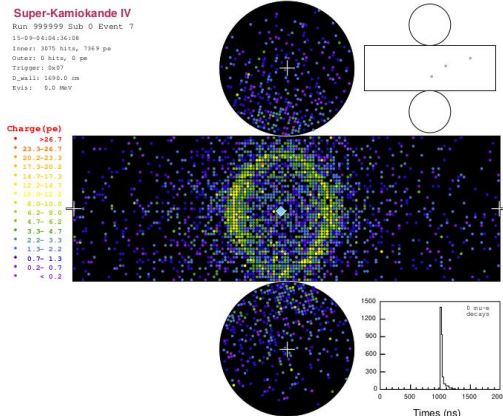




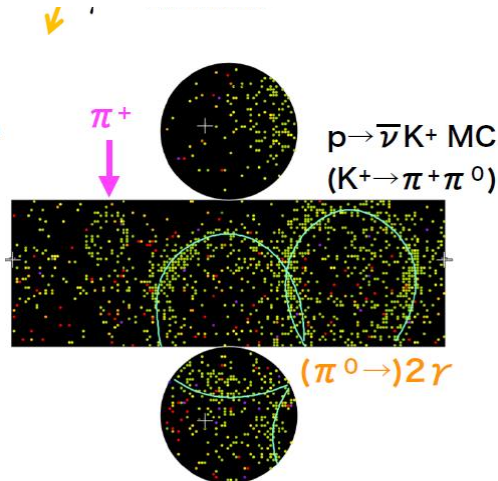
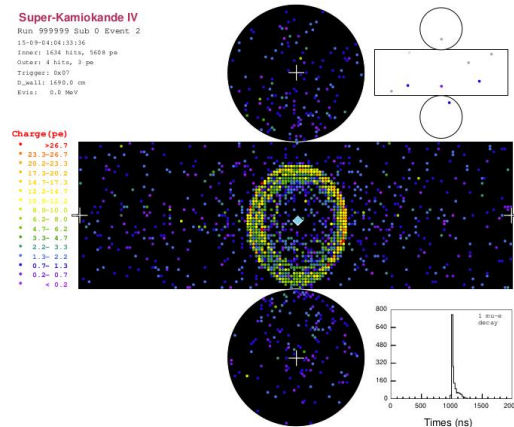
Calcolo : Tecniche di "machine learning" applicate alla ricostruzione di eventi in Water Cherenkov detectors



Showering (e-like)



Non showering (muon-like)

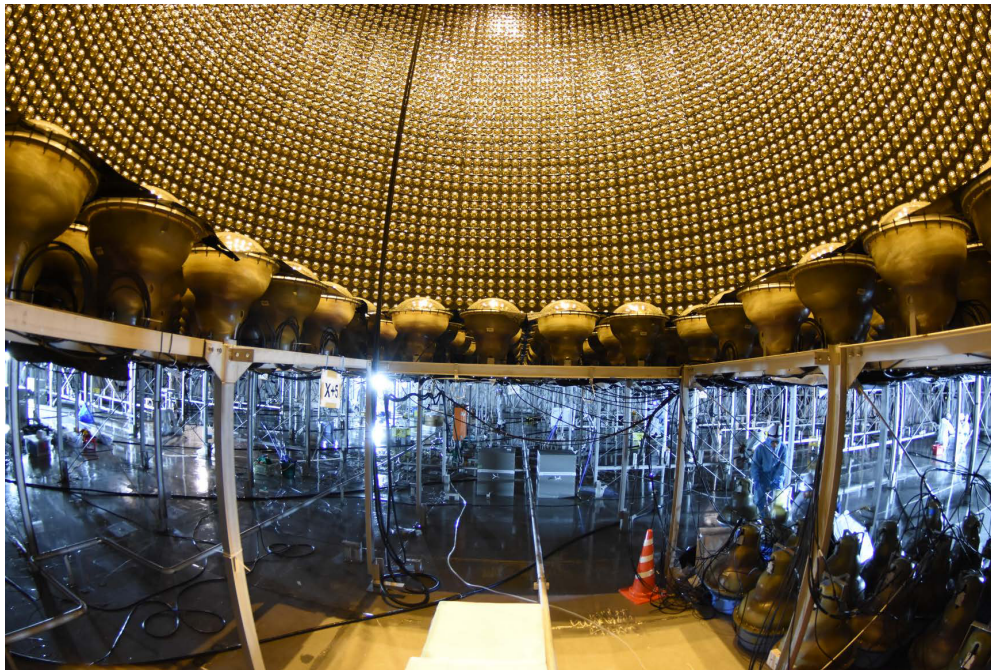


N. F Calabria, E. Amato, N. Amoroso, R. Bellotti, A. Monaco

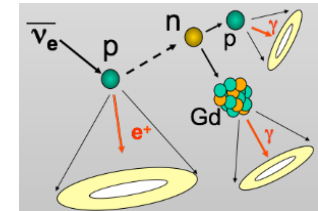
In Collaborazione con iLance (Univ. Tokyo e Ecole Polytechnique)

Super-kamiokande

- Oltre ad essere utilizzato come Far detector di T2K, Super-kamiokande e' il piu' grande osservatorio al mondo di neutrini atmosferici e solari.
- Negli ultimi due anni anche grazie alla diluizione del Gadolinio sono stati pubblicati più di 30 nuovi articoli su PRD/PRL



V. Berardi , contatto Gruppo italiano



- Search for proton decay via $p \rightarrow e + \gamma$ and $p \rightarrow \mu + \gamma$ with a 0.37 Mton-year exposure of Super-Kamiokande;
- First Joint Oscillation Analysis of Super-Kamiokande Atmospheric and T2K Accelerator Neutrino Data;
- Combined Pre-supernova Alert System with KamLAND and Super-Kamiokande;
- Development of a Data Overflow Protection System for Super-Kamiokande to Maximize Data from Nearby Supernovae;
- Measurements of the charge ratio and polarization of cosmic-ray muons with the Super-Kamiokande detector;
- Second gadolinium loading to Super-Kamiokande;
- Performance of SK-Gd's Upgraded Real-time Supernova Monitoring System;
- Solar neutrino measurements using the full data period of Super-Kamiokande-IV;
- Atmospheric neutrino oscillation analysis with neutron tagging and an expanded fiducial volume in Super-Kamiokande I-V;
- Measurement of the neutrino-oxygen neutral-current quasielastic cross section using atmospheric neutrinos in the SK-Gd experiment;
- Search for Periodic Time Variations of the Solar B8 Neutrino Flux between 1996 and 2018 in Super-Kamiokande;
- Search for Astrophysical Electron Antineutrinos in Super-Kamiokande with 0.01% Gadolinium-loaded Water;
- Measurement of the cosmogenic neutron yield in Super-Kamiokande with gadolinium loaded water;
- Search for Cosmic-Ray Boosted Sub-GeV Dark Matter Using Recoil Protons at Super-Kamiokande;
- Neutron tagging following atmospheric neutrino events in a water Cherenkov detector;
- Search for proton decay via $p \rightarrow \mu^+ K^0$ in 0.37 megaton-years exposure of Super-Kamiokande;
- Searching for Supernova Bursts in Super-Kamiokande IV;
- Pre-supernova Alert System for Super-Kamiokande

Sommario attivita' svolte

- **Super-Kamiokande (SK-GD)**
 - data taking+ Analisi
- **T2K/Upgrade ND280**
 - Completamento costruzione Field-cage “spare” e test beam al CERN (NP07) – RITARDO alla fine del 2025
 - Parziale smontaggio area sperimentale al 182 del CERN – (vedi sopra)
 - Presa dati e completamento commissioning a JPARC (Japan) (TPC+Gas system)
 - Attivita' di Analisi e sviluppo nuovi programmi di ricostruzione del N280.
- **Hyper-K: (lavori caverna in corso)**
 - Inizio costruzione mPMT
 - test prototipi mPMT (CERN WCTE +Napoli)
 - Sviluppo algoritmi basati su tecniche di machine learning
 - Test fotosensori a Kamioka (Japan)
- **DRD1/WP8 (AidaInnova)**
 - Realizzazione di un prototipo di grandi dimensioni di TPC ad alta pressione e readout ottico (=>sinergico con RD_MUCOL)

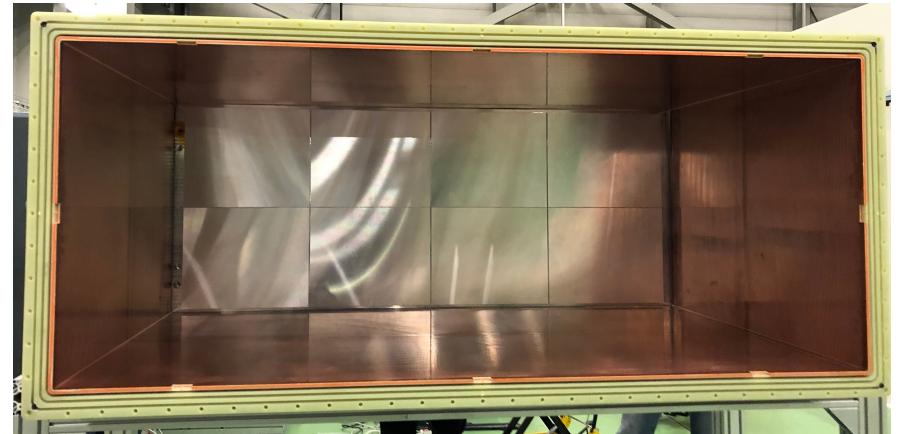


Responsabilita' istituzionali

Hyper-K IB Chairman (E. Radicioni), Hyper-K Pub-board Chairman (M.G. Catanesi),
Contatto Italiano Super-Kamiokande (V. Berardi)

Attività che richiedono servizi di sezione:

- Assemblaggi , montaggi e test TPC spare al CERN (NP07)
- Realizzazione prototipo TPC con lettura ottica ed alta pressione (laboratorio Bari):
(AIDAINNOVA, DRD1 WP4,WP8 sinergiche con Hyper-K e RD_MUCOL)
- Supporto attività di progettazione meccanica per ottimizzazione mPMT per HyperK



Richieste Servizi (inviare ai coordinatori)

- Progettazione Meccanica => 3.0 m.p.
 - Completamento progettazione e realizzazione di una Field Cage da inserire nel vessel e piccole modifiche alle flange del vessel nel lab di AIDAInnova/DRD1 W8 (1.0 m.p.);
 - Progettazione Tavoli thickGEMS (0.5 m.p.);
 - Progettazione tavolo e supporti per il sistema di readout ottico della TPC (obiettivo+intensificatore+timePix) (0.5 m.p.);
 - Ottimizzazione design meccanica mPMT (Hyper-K) (1.0 m.p.)
- Officina meccanica => 3.0 m.p. + 15 giorni di missione
 - Aiuto per la meccanica di supporto e movimentazione per testbeam della TPC “spare” su fascio al CERN (15 giorni al CERN, entro primavera 2026, rinviato dal 2025 causa incidente alla neutrino platform);
 - Realizzazione Field Cage e supporti thickGEM (vedi richiesta CAD) (1.5 m.p.);
 - Realizzazione tavolo e supporti per il sistema di readout ottico della TPC (obiettivo+intensificatore+timePix) (0.5 m.p.);
 - Completamento canaline supporti distribuzione gas in laboratorio (1.0 m.p.)
- Servizio Alte Tecnologie => 0.5 m.p.
 - Attività assemblaggio thickGEM in camera pulita (no supporto tecnico)