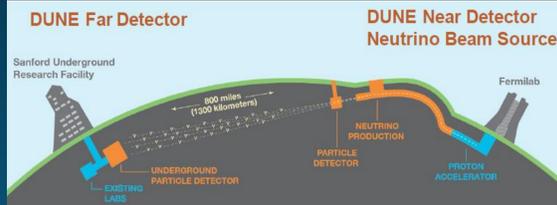


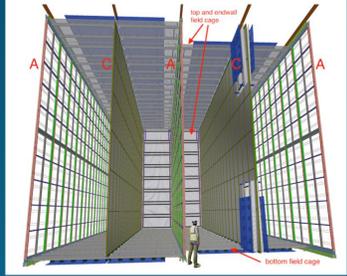
## Il Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE)

DUNE sarà un esperimento di nuova generazione volto allo studio dell'oscillazione di neutrini.



Il suo design di tipo longbaseline prevede due complessi sperimentali di **Near Detector** e **Far Detector** posti ad una distanza di ~1300 km.

Il **Far Detector** prevede quattro moduli di rivelatore a camera a proiezione temporale ad argon liquido (LAr TPC) [1].

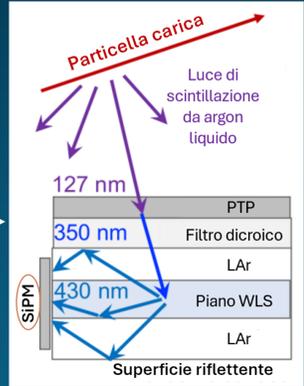


## Il sistema di fotorivelazione di DUNE

La luce di scintillazione prodotta all'interno del **Far Detector** sarà rivelata da un sistema di fotorivelazione immerso in Argon Liquido (LAr).

La luce viene intrappolata all'interno di un dispositivo con superfici riflettenti e indirizzata su **fotomoltiplicatori al silicio (SiPM)** [2].

Gruppi di 48 SiPMs sono elettricamente connessi in parallelo sommando i loro segnali, per diminuire il numero totale di canali di readout dell'esperimento.



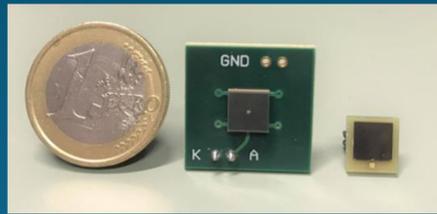
## Selezione dei SiPMs

Caratterizzazione completa di campioni con diverse tecnologie prodotte da: **Hamamatsu Photonics K.K. (HPK)** e **Fondazione Bruno Kessler (FBK)**.

Modelli valutati:

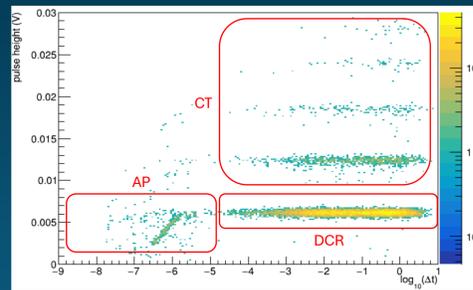
- **HPK Hole Wire Bond** technology (dimensione cella 50 e 75  $\mu\text{m}$ );
- **FBK Near Ultra Violet-High Density-Cryo** (dimensione cella 30 e 50  $\mu\text{m}$ )

Requisiti verificati in  $\text{LN}_2$ :



recovery time $\tau_{rec}$	200 - 1000 ns
spread massimo globale per $V_{bd}$	<2 V
Dark Count Rate (DCR)	<200 mHz/mm <sup>2</sup>
probabilità di Crosstalk (CT)	<35%
probabilità di Aterpulsing (AP)	<5%
cicli stress termici	>20

## Risultati della selezione



cella ( $\mu\text{m}$ )	$R_q$ ( $\Omega$ )	$V_{bd}(\text{max-min})$ (V)	DCR (mHz/mm <sup>2</sup> )	AP (%)	CT (%)
HPK 50	98.5 $\pm$ 0.7	0.2 $\pm$ 0.4	34 $\pm$ 0.7	4.3 $\pm$ 0.2	7.2 $\pm$ 0.3
HPK 75	93.9 $\pm$ 0.4	0.4 $\pm$ 0.4	38 $\pm$ 0.4	4.6 $\pm$ 0.1	14.3 $\pm$ 0.2

cella ( $\mu\text{m}$ )	$R_q$ ( $\Omega$ )	$V_{bd}(\text{max-min})$ (V)	DCR (mHz/mm <sup>2</sup> )	AP (%)	CT (%)
FBK 30	112 $\pm$ 0.7	0.1 $\pm$ 0.4	40.8 $\pm$ 0.7	2.8 $\pm$ 0.1	16.9 $\pm$ 1.1
FBK 50	334.6 $\pm$ 0.4	0.1 $\pm$ 0.4	53.4 $\pm$ 0.4	4.1 $\pm$ 0.1	14.2 $\pm$ 0.2

Modelli selezionati:

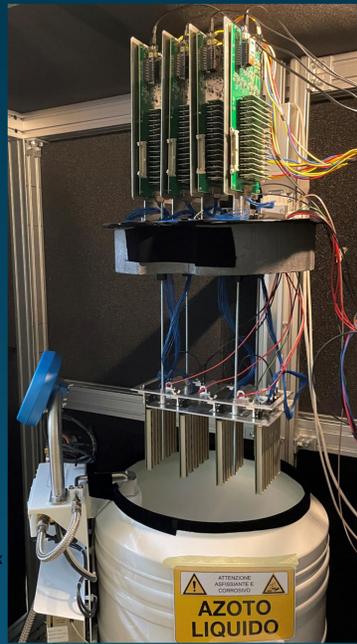
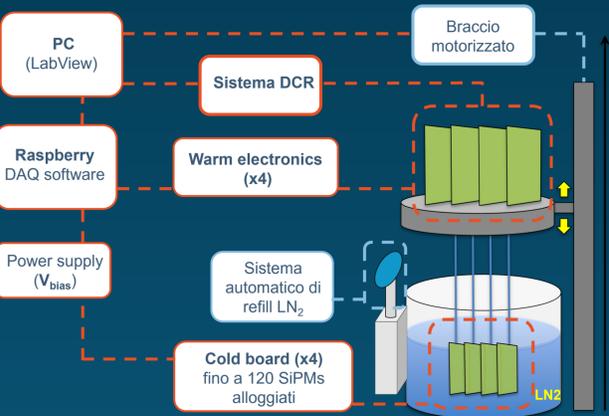
- HPK con cella da 75  $\mu\text{m}$  [2]
- FBK con cella da 30  $\mu\text{m}$ .

Produzione su larga scala dei ~300000 SiPMs per il primo modulo di Far Detector



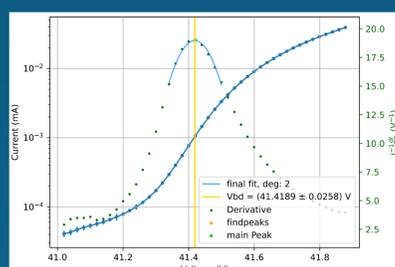
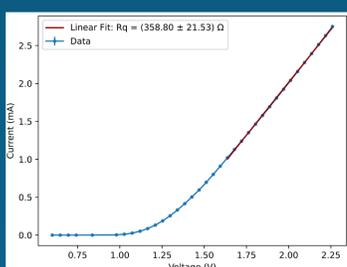
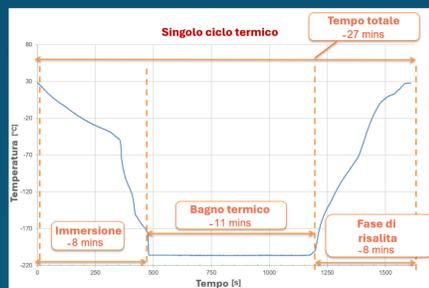
## Sistema criogenico per validazione SiPMs

Sistema semi automatico per test di validazione in criogenia di SiPMs per il sistema di fotorivelazione del primo modulo di FD.

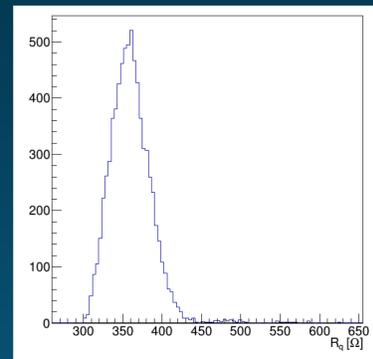


Procedura di validazione:

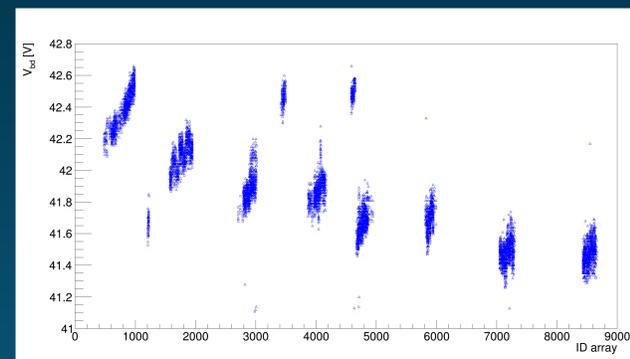
- caratteristiche I-V a  $T_{amb}$  e  $T_{LN2}$  (77 K);
- stress termici di resistenza meccanica packaging;
- studio del Dark Count Rate (DCR).



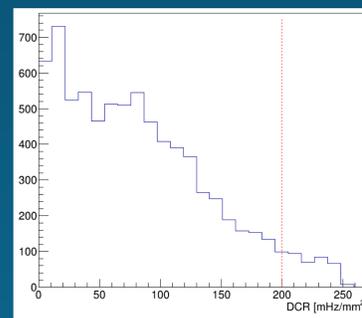
## Risultati ottenuti



Distribuzione resistenza di quenching ( $R_q$ ) misurata a 77 K



Tensione di breakdown ( $V_{bd}$ ) misurata a 77 K dopo stress termici, in funzione dell' ID dell'array (6 SiPMs su stesso PCB)  $\rightarrow$  spread tensioni <2 V



Studio della corrente di buio (DCR) come sorgente di rumore nei SiPMs testati

$\rightarrow$  i campioni con DCR > 200 mHz/mm<sup>2</sup> sono spediti ad altri siti sperimentali per una caratterizzazione completa

## Conclusioni e prospettive future

Tramite la valutazione di diversi campioni proposti è stato individuato il modello di SiPM che meglio soddisfa i requisiti dell'esperimento per ciascun produttore.

Sulla base di questi risultati è stata avviata la produzione e validazione dei ~300000 SiPMs per il FD di DUNE.

**Referenze** [1] B. Abi et al. Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), Far Detector Technical Design Report, Volume IV: Far Detector Single-phase Technology. 2020

[2] E. Segreto et al. "Liquid argon test of the ARAPUCA device". In: Journal of Instrumentation 13.08 (Aug. 2018),

[2] M. Andreotti et al. "Cryogenic characterization of Hamamatsu HWB MPPCs for the DUNE photon detection system". In: Journal of Instrumentation 19.01 (Jan. 2024)