

Una nuova tecnica di segmentazione longitudinale per calorimetri shashlik

Claudia Brizzolari

103° Congresso SIF - Trento

15 Settembre 2017



This project has received funding from the European Research Council (ERC) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (grant agreement No 681647).



Il progetto SCENTT-ENUBET

Shashlik Calorimeters for Electron Neutrino Tagging and Tracing, part of Enhanced Neutrino BEams from kaon Tagging project - ERC-Consolidator Grant-2015, no.681647 (PE2)

Scopo scientifico

Predominanza materia su antimateria \rightarrow ruolo dei neutrini?

$(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) \neq (\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e)$? Trovare evidenza sperimentale di violazione di CP nel settore leptonico



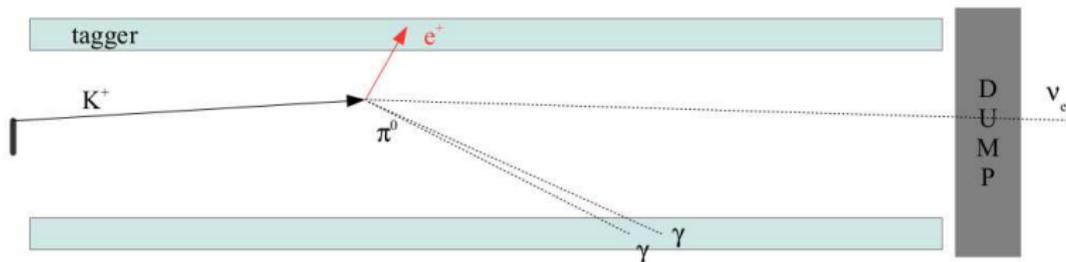
Effetti piccoli \rightarrow Conoscenza dell'interazione di ν_e con la materia

Obiettivo

Sorgente pura di ν_e , conoscenza σ_ν a \sim GeV con precisione 1%
al momento 10-20% perché flusso iniziale ν sconosciuto

Il progetto SCENTT-ENUBET

- Flusso di neutrini misurato direttamente all'interno del tunnel di decadimento $K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e$ (K_{e3})
- e^+ emessi a grande angolo (88 mrad)
- Flusso neutrini ν_e da conteggio e^+
- Se tunnel ~ 50 m a 8 GeV, K_{e3} è l'unica sorgente di ν
- Segmentazione longitudinale \rightarrow separazione e^+/π



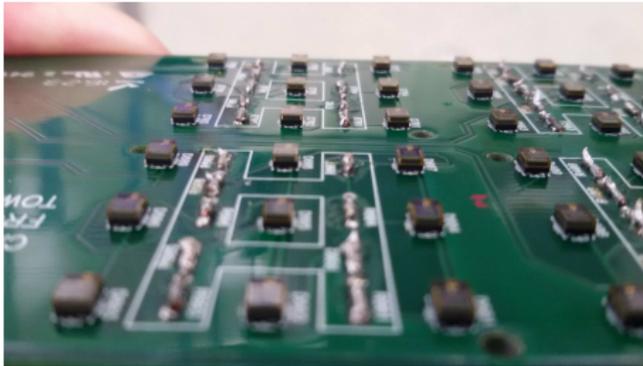
Il detector: calorimetro

Calorimetro "Shashlik":

- costo limitato
- buona risoluzione energetica
- tecnologia consolidata



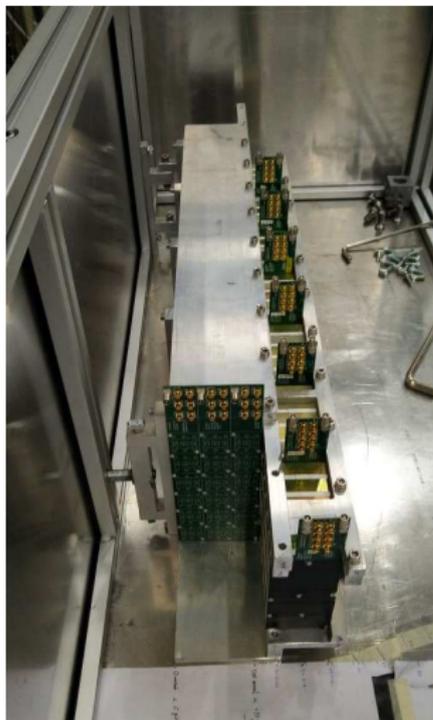
Il detector: sistema di lettura



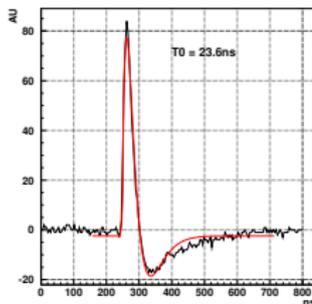
Sistema di lettura compatto basato su SiPM:

- accoppiamento diretto fibra-SiPM
- sistema di lettura incorporato nella struttura del calorimetro → segmentazione longitudinale
- rate $< 500 \text{ kHz/cm}^2$

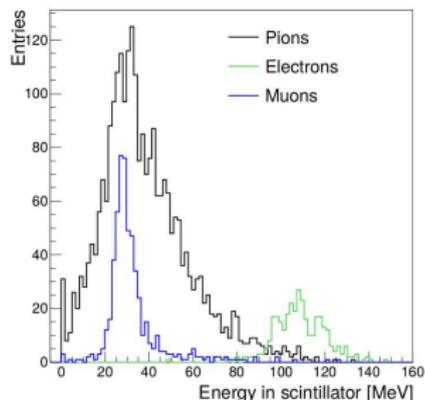
Test Beam Novembre 2016 @ CERN PS-T9 beamline: prototipo



- Calorimetro elettromagnetico (EM) + adronico (H) in Fe + EJ-200
- EM 70 cm, letto ogni 10 cm ($4.3 X_0$)
- H 60 cm
- SiPM accoppiati in AC, tempo di risposta ~ 25 ns (parte decrescente del segnale)

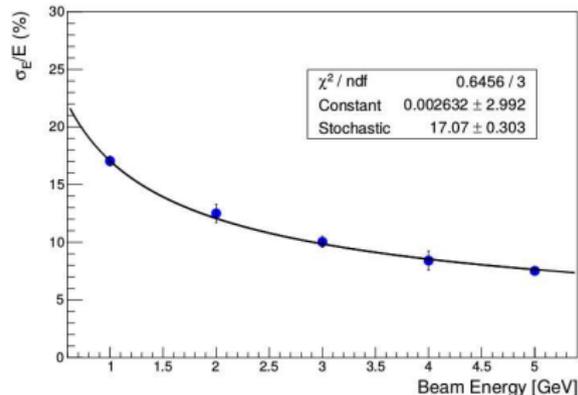
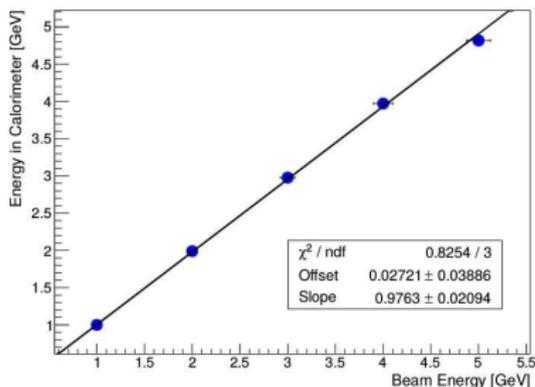


Test Beam Novembre 2016 @ CERN PS-T9 beamline: test effettuati



- Fascio misto di e^- , μ^- e π^-
- Scan in energia 1-5 GeV + run a 7 GeV utilizzando il picco delle m.i.p. per l'intercalibrazione dei moduli
- Calorimetro inclinato a 100 e 200 mrad per riprodurre la distribuzione angolare dei positroni all'interno del tunnel di decadimento

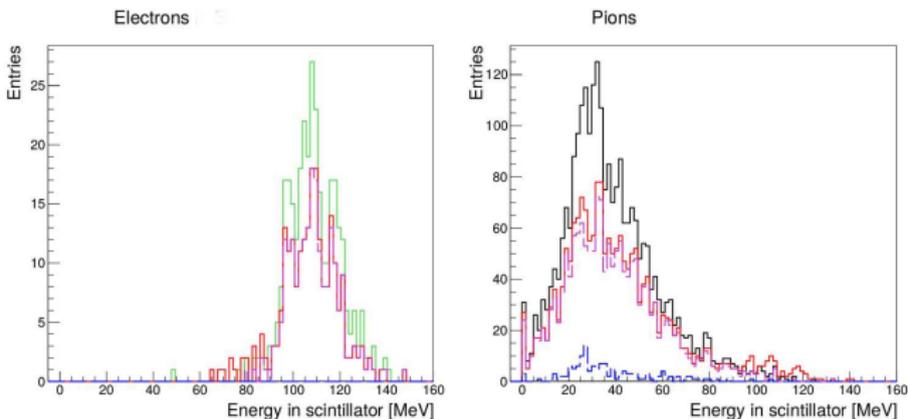
Test Beam Novembre 2016 @ CERN PS-T9 beamline: linearità e risoluzione



Calorimetro EM + H, 3 GeV, 100 mrad
Over-Voltage (OV) = 36(8) V Y11 (fibre
WaveLengthShifting)
OV = 37(9) V BCF92 (fibre
WaveLengthShifting)

$$\frac{\sigma_E}{E} = \sqrt{\left(\frac{S}{\sqrt{E(\text{GeV})}}\right)^2 + C^2}$$

Test Beam Novembre 2016 @ CERN PS-T9 beamline: separazione e^-/π^- , Work In Progress



e^- -like from cherenkov counters
 π^- -like from cherenkov counters
 e^- , π^- -like from calo. segm.
 e^- , π^- -like from segm. + cher.
 μ^- -like mistagged in segm.

Energia fascio = 3 GeV, tilt = 100 mrad

	Da Cher.	Da segmentazione	Segm. + Cher.	Efficienza	Purezza
e^- -like	332	234	214	70 %	91 %
π^- -like	2547	1832	1624	72 %	89 %

Conclusioni e studi futuri

Conclusioni:

- questo schema di readout non degrada linearità e risoluzione energetica
- la risoluzione energetica = $17\%/\sqrt{E} \rightarrow \text{OK!}$
- è possibile lavorare su separazione e^-/π^- tramite segmentazione longitudinale

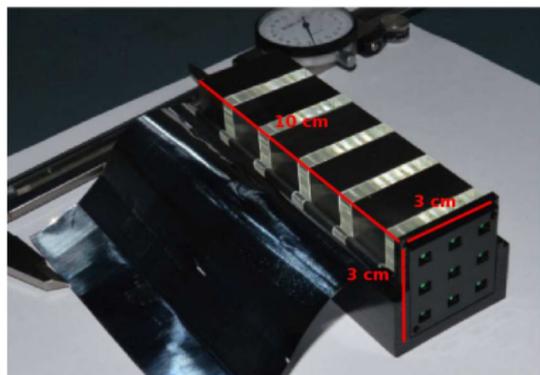
Studi futuri:

- migliorare i tagli per separazione e^-/π^-
- confronto dati - simulazione

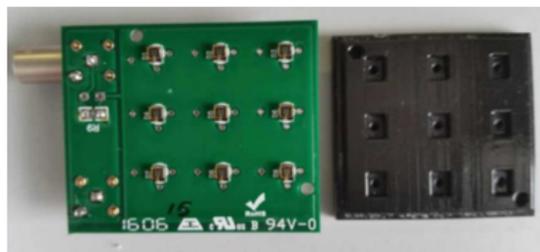
Appendix: publications

- A. Berra et al., “*Silicon photomultipliers as readout system for a scintillator-lead Shashlik calorimeter*”, IEEE Trans. Nucl. Sci. 58 1297, 2011.
- A. Berra et al., “*Characterization of a DAQ system for the readout of a SiPM based shashlik calorimeter*”, Nucl. Instrum. Meth. A 735 422, 2014.
- A. Longhin, L. Ludovici, F. Terranova, “*A novel technique for the measurement of the electron neutrino cross section*”, Eur. Phys. J. C 75 155, 2015.
- A. Berra et al., “*A non-conventional neutrino beamline for the measurement of the electron neutrino cross section*”, Proceedings, 17th International Workshop on Neutrino Factories and Future Neutrino Facilities (NuFact15): Rio de Janeiro, Brazil, August 10-15, 2015. SLAC-econf-C1508102, arXiv:1512.08202 [hep-ex]
- A. Berra et al., “*A compact light readout system for longitudinally segmented shashlik calorimeters*”, Nucl. Instrum. Meth. A 830 345, 2016.
- A. Berra et al., “*Enabling precise measurements of flux in accelerator neutrino beams: the ENUBET project*”, CERN-SPSC-2016-036; SPSC-EO I-014
- A. Berra et al., “*Shashlik calorimeters with embedded SiPMs for longitudinal segmentation*”, submitted to IEEE Trans. Nucl. Sci.

Appendix: Prototypes Ultra Compact Module (UCM)



- $4 X_0$
- tested with cosmic rays
- Fe + plastic scintillator
- 9 SiPM arranged in arrays on custom PCBs
- SiPM signal summed together



Silicon PhotoMultipliers

- FBK (Fondazione Bruno Kessler)
- SiPM RGB-HD (High Density)
- Sensitive area $1 \times 1 \text{ mm}^2$
- 2500 cells $20 \times 20 \mu\text{m}^2$
- Breakdown: 28 V

