

Il sistema di veti nell' esperimento NA62

- Motivazioni teoriche
- L'esperimento NA62 al CERN
- Il sistema di veti in NA62
- Conclusioni

Stefano Gallorini - SNS & INFN Pisa
per la collaborazione NA62
IFAE 2011 - Perugia

$K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$: Motivazioni

Decadimenti ultra-rari del K:

- Il contributo Standard Model è fortemente soppresso ($BR < 10^{-10}$, no tree level, meccanismo GIM)
- Calcolabili con precisione nello SM (incertezza trascurabile sull'elemento di matrice adronico)
- Sensibili a possibili contributi di Nuova Fisica
- Forniscono tests per l'unitarietà della matrice CKM attraverso la misura di $|V_{td}|$

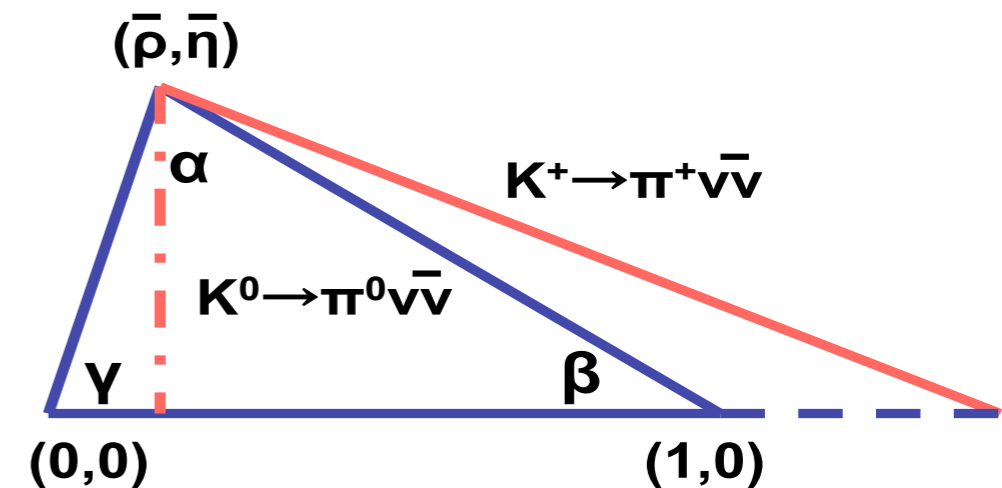
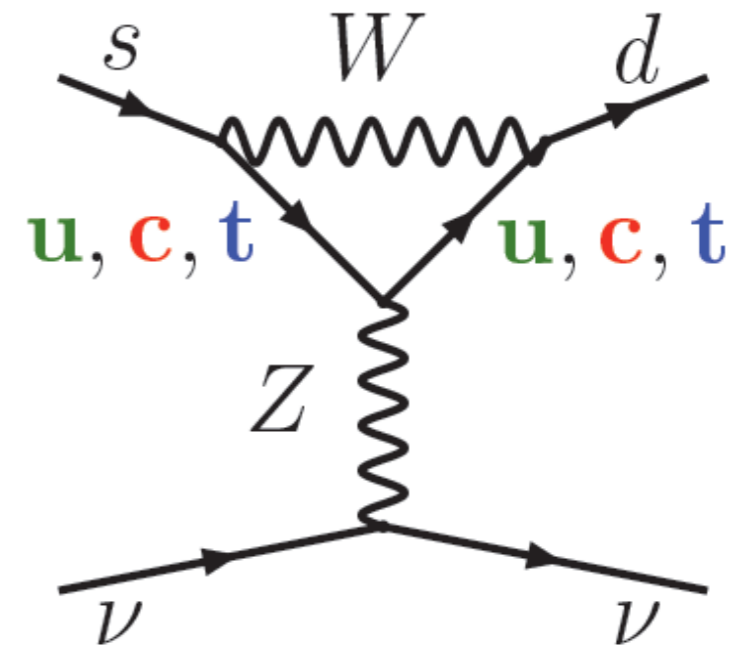
[Phys. Rev. D 83 (2011) 034030]

$$BR^{\text{theo.}}(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = (7.81 \pm 0.75 \pm 0.29) \cdot 10^{-11}$$

Err. sui parametri (V_{cb}, m_t, \dots)

Err. teorico rimanente

$$K \rightarrow \pi \nu \bar{\nu}$$

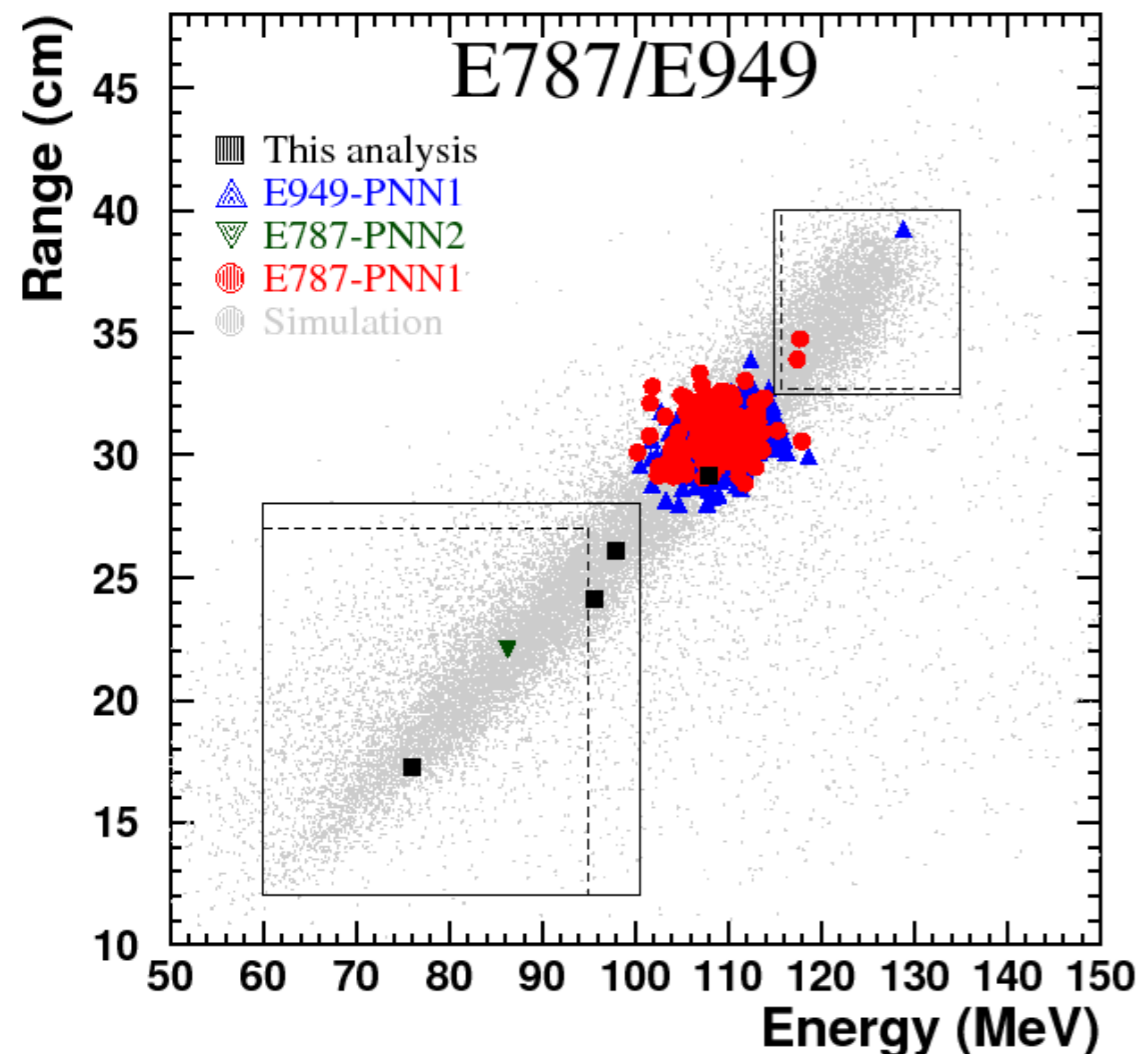


$K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$: Misure sperimentali

Prima evidenza sperimentale: E787+E949 @ BNL [PRD79:092004 (2009)]

$$BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = (1.73^{+1.15}_{-1.05}) \cdot 10^{-11}$$

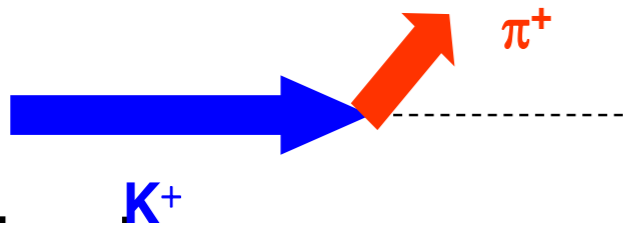
7 eventi



Exp.	Year	Machine	Measured	Technique
	1973	Argonne	$< 5.7 \cdot 10^{-5}$	at rest
	1973	Bevatron	$< 5.6 \cdot 10^{-7}$	at rest
	1981	KEK	$< 1.4 \cdot 10^{-7}$	at rest
E787	2002	AGS	$(1.57^{+1.75}_{-0.82}) \cdot 10^{-10}$	at rest
E949	2009	AGS	$(1.73^{+1.15}_{-1.05}) \cdot 10^{-10}$	at rest
NA62		SPS		in flight
Proposals		FNAL, JPARC		at rest

L'esperimento NA62 @ CERN

Segnatura del segnale:



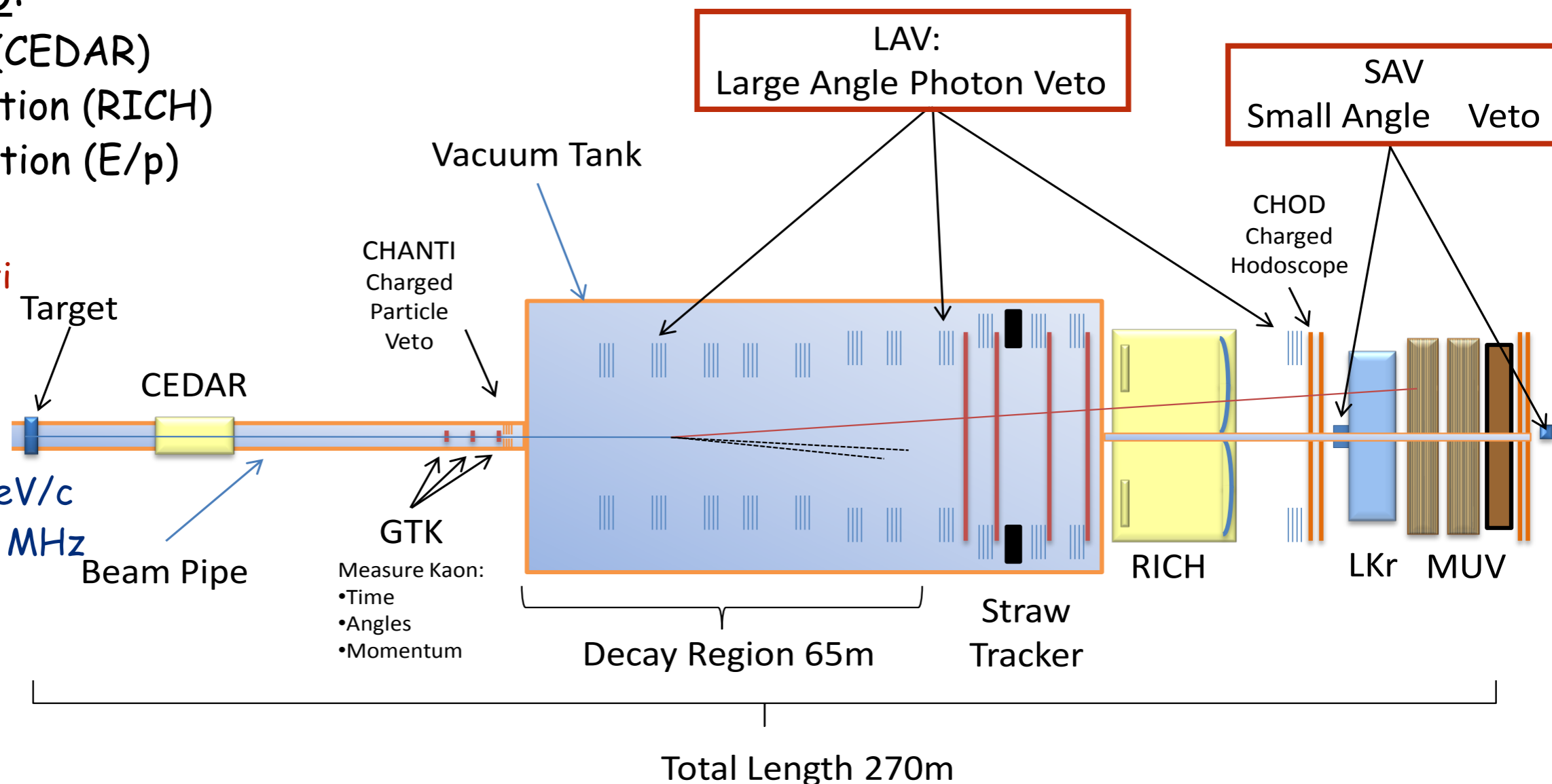
Particle ID:

- K^+ tagging (CEDAR)
- π/μ separation (RICH)
- π/e separation (E/p)

Goal di NA62:
 $O(100)$ eventi $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ in 2 anni di presa dati
 (S/B~10, Acc~10%)

Protoni estratti
 dall'SPS
 ($p=400 \text{ GeV}/c$)

Fascio da $75 \text{ GeV}/c$
 ($K/\pi/p$) @ 750 MHz



Il sistema di veti in NA62

Decay	BR
$K^+ \rightarrow \mu^+ \nu$	64%
$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$	21%
$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \pi^0$ $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^-$	7%

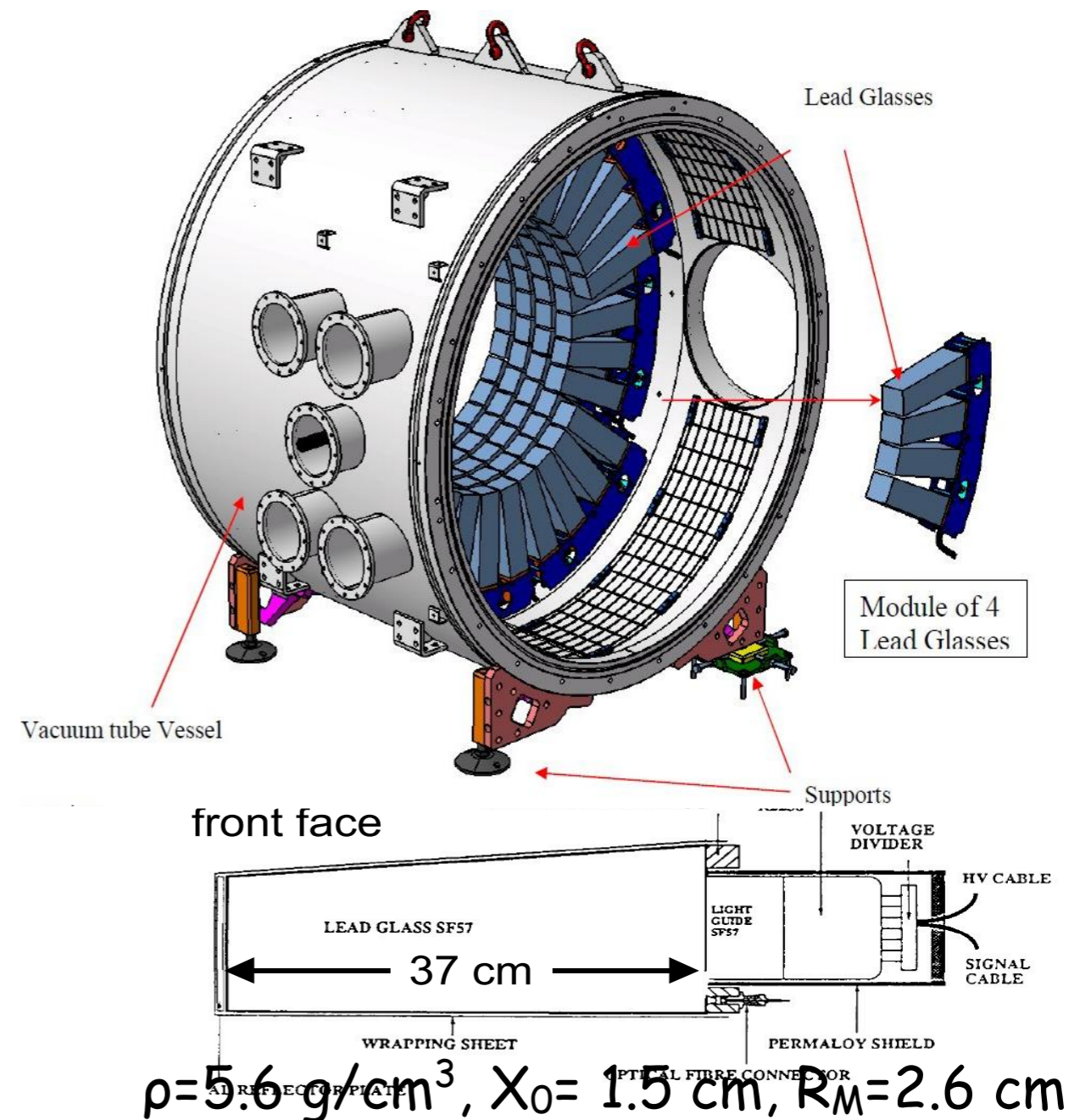
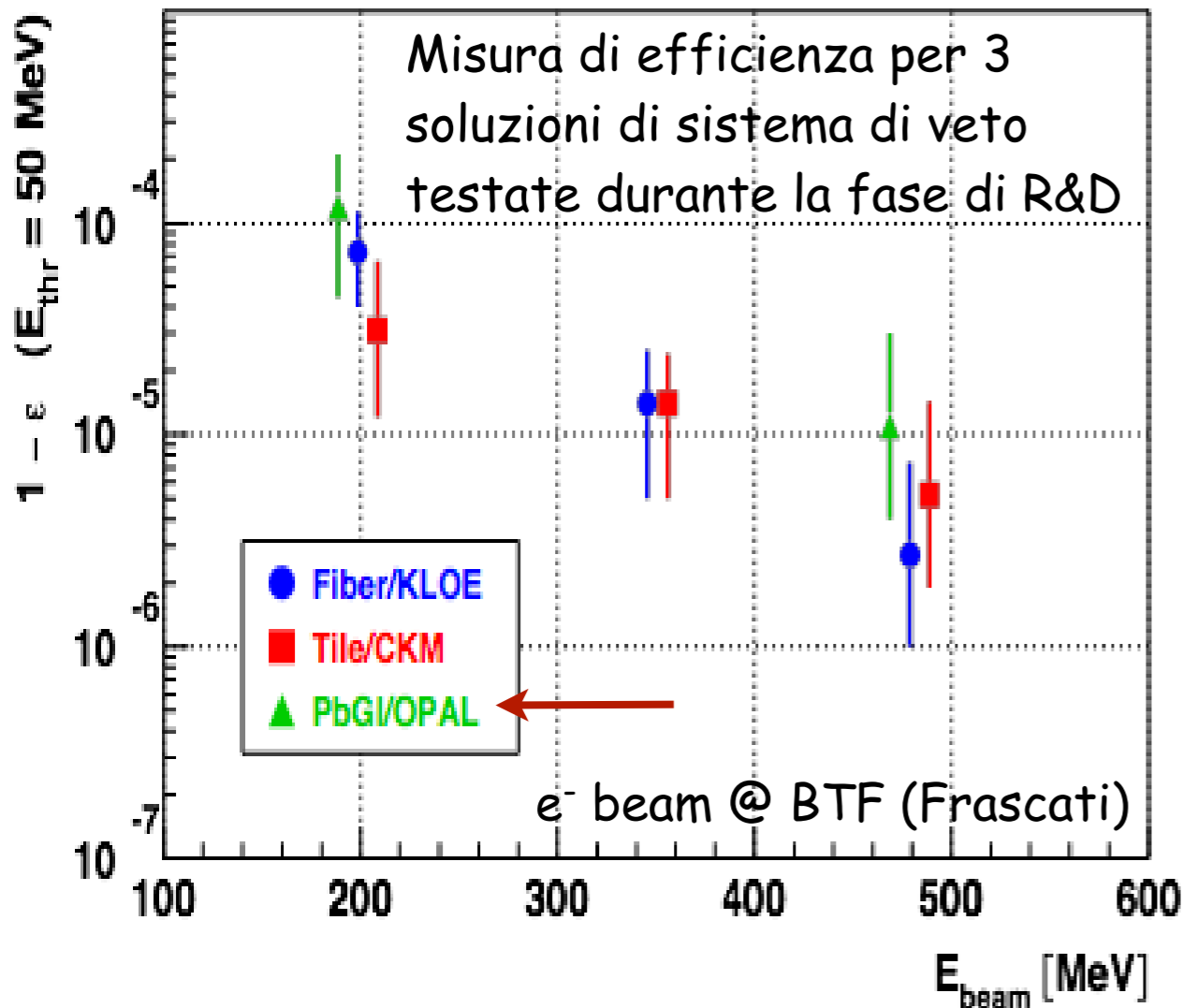
- La soppressione del background $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ determina la progettazione del sistema di veto
- Requisiti:
 1. Inefficienza media $(1-\epsilon) \sim 10^{-8}$ per eventi $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$
 2. Copertura angolare 0.-50. mrad rispetto alla linea di fascio

3 tipologie di detectors per 3 differenti regioni angolari:

1. **Large Angle Vetoes (LAV):** 12 detectors lungo la linea di fascio per coprire la regione 8.5-50. mrad
 2. **Liquid Krypton Calorimeter (LKr):** veto nella regione angolare 1.-8.5 mrad
 3. **Small Angle Vetoes (SAV):** 2 sub-detectors (IRC & SAC) dedicati a coprire la regione < 1 mrad.
- Richiedendo $P_{\pi^+} < 35 \text{ GeV}/c \Rightarrow P_{\pi^0} > 40 \text{ GeV}/c$ & fotoni energetici \Rightarrow migliore efficienza di rivelazione sul LKr ($1-\epsilon < 10^{-5}$ per $E > 10 \text{ GeV}$)

Large Angle Vetoes (LAV) (I)

- 3800 blocchi di lead glass già utilizzati per il calorimetro di OPAL
- 12 stazioni situate tra 120-240 m lungo la linea di fascio
- Ogni stazione contiene 4/5 anelli sfasati in angolo per ottenere una completa ermeticità
- 5 stazioni LAV già completate



Large Angle Vetoes (LAV) (II)

- Caratteristiche richieste:

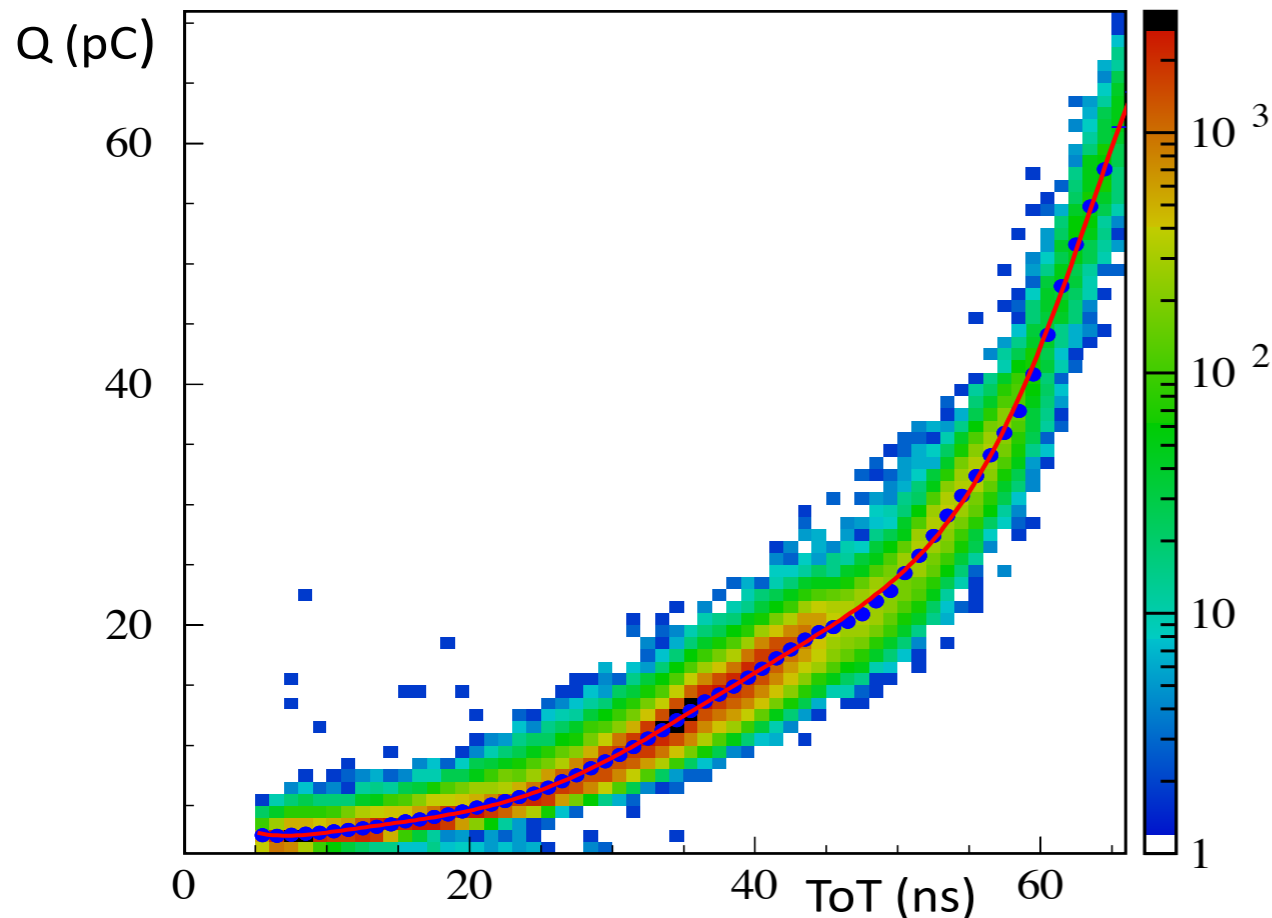
- (a) Inefficienza per fotoni a livello di 10^{-4} per $E_\gamma \geq 200 \text{ MeV}$
- (b) Risoluzione temporale migliore $\Delta t \leq 1 \text{ ns}$
- (c) Risoluzione in energia $\Delta E/E \sim 10\%$ per $E_\gamma = 1 \text{ GeV}$

Risultati preliminari del test beam di Agosto 2010 @ CERN T9 area:



- Beam di elettroni
- Energia compresa tra 0.3-2. GeV

Large Angle Vetoes (LAV) (III)

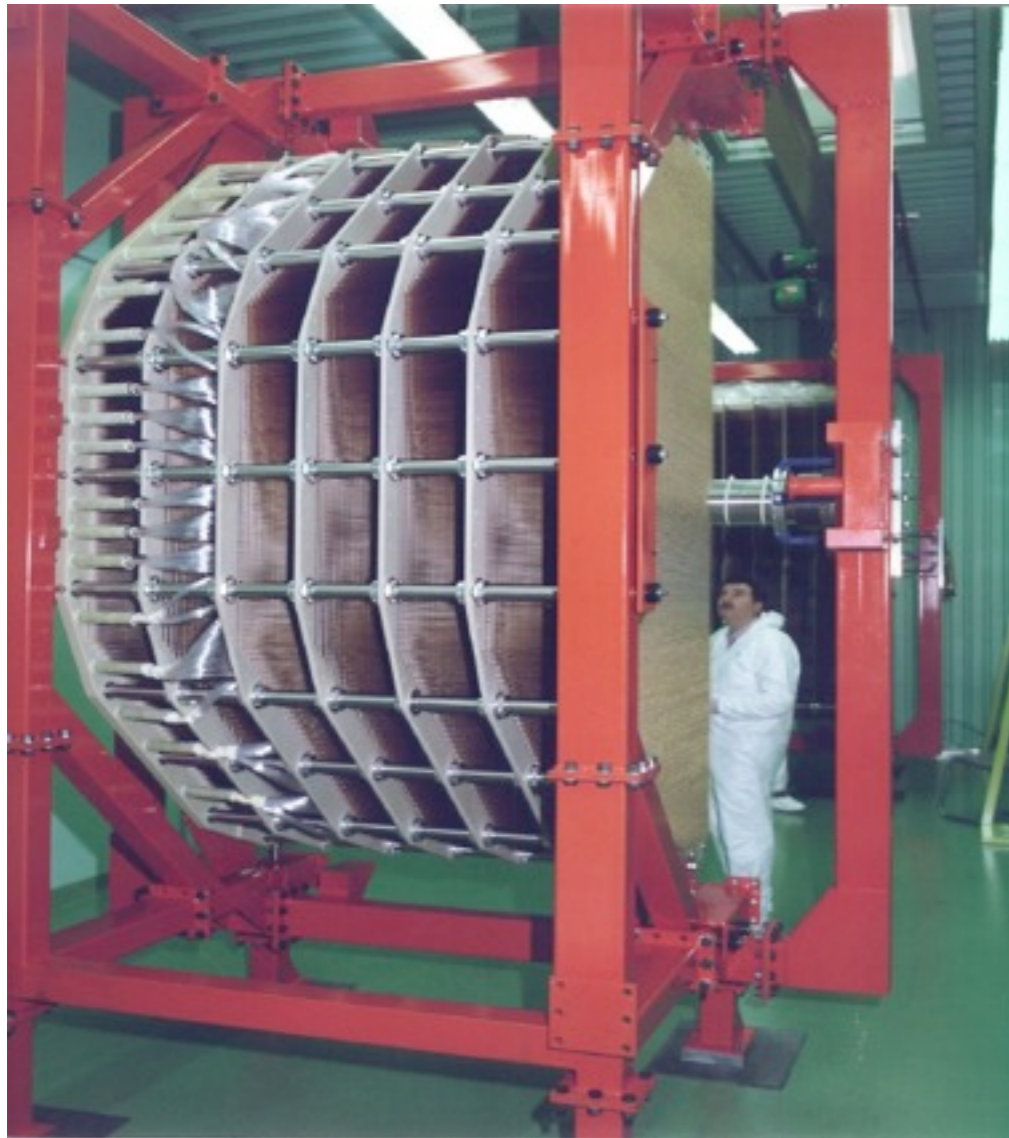


- La ricostruzione della carica di un singolo hit è basata sulla correlazione tra la carica ed il Time-over-Threshold del segnale

Risultati preliminari del test beam:

1. Buona risoluzione in energia: $\sigma(E)/E \leq 10\%/\sqrt{E(\text{GeV})}$
2. Ottima risoluzione temporale: $\sigma(t) \leq 300. \text{ ps}/\sqrt{E(\text{GeV})}$

Liquid Krypton Calorimeter (LKr)



- Uso del calorimetro di NA48
- Inefficienza di rivelazione al livello di 10^{-5}

Principali upgrades:

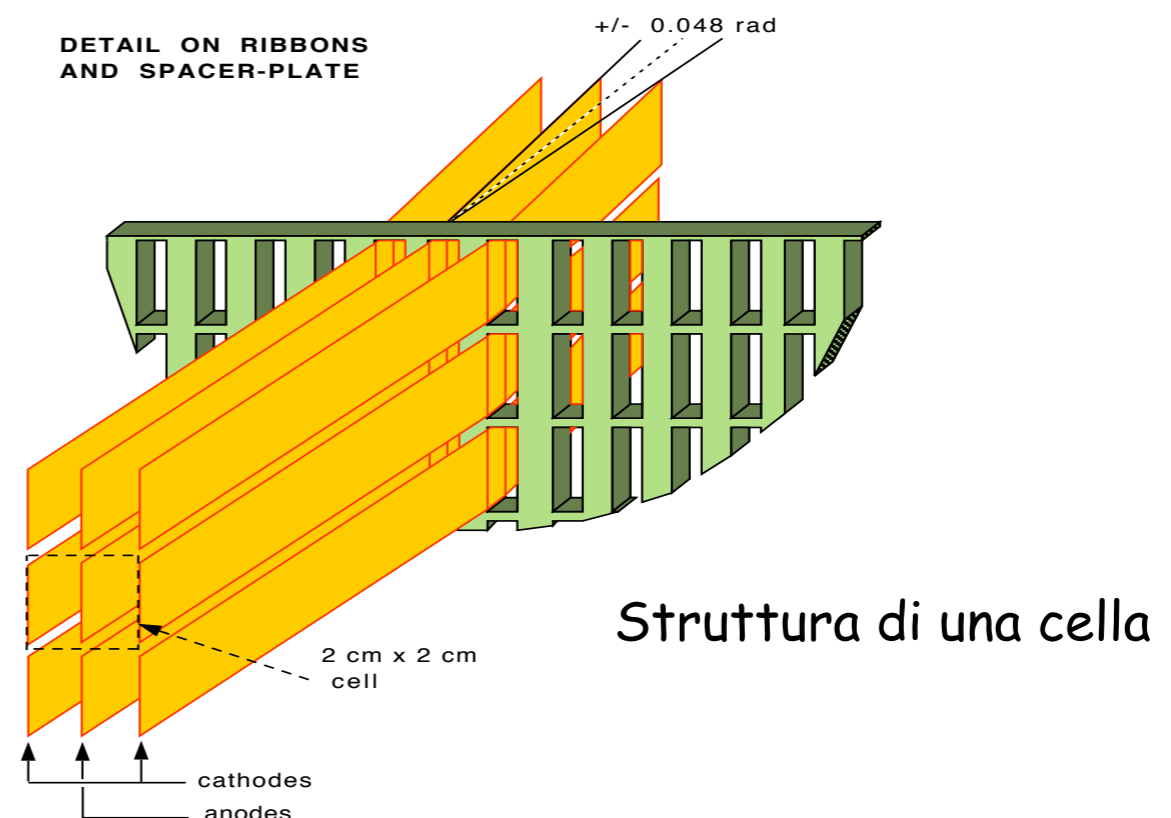
1. Modifiche al sistema criogenico
2. Nuova elettronica di readout per sostenere un rate di trigger più elevato (~100 kHz)
3. Nuovo sistema di calibrazione e nuovo algoritmo di ricostruzione

- Camera ad ionizzazione quasi omogenea a Krypton liquido

- Ottima risoluzione in energia:

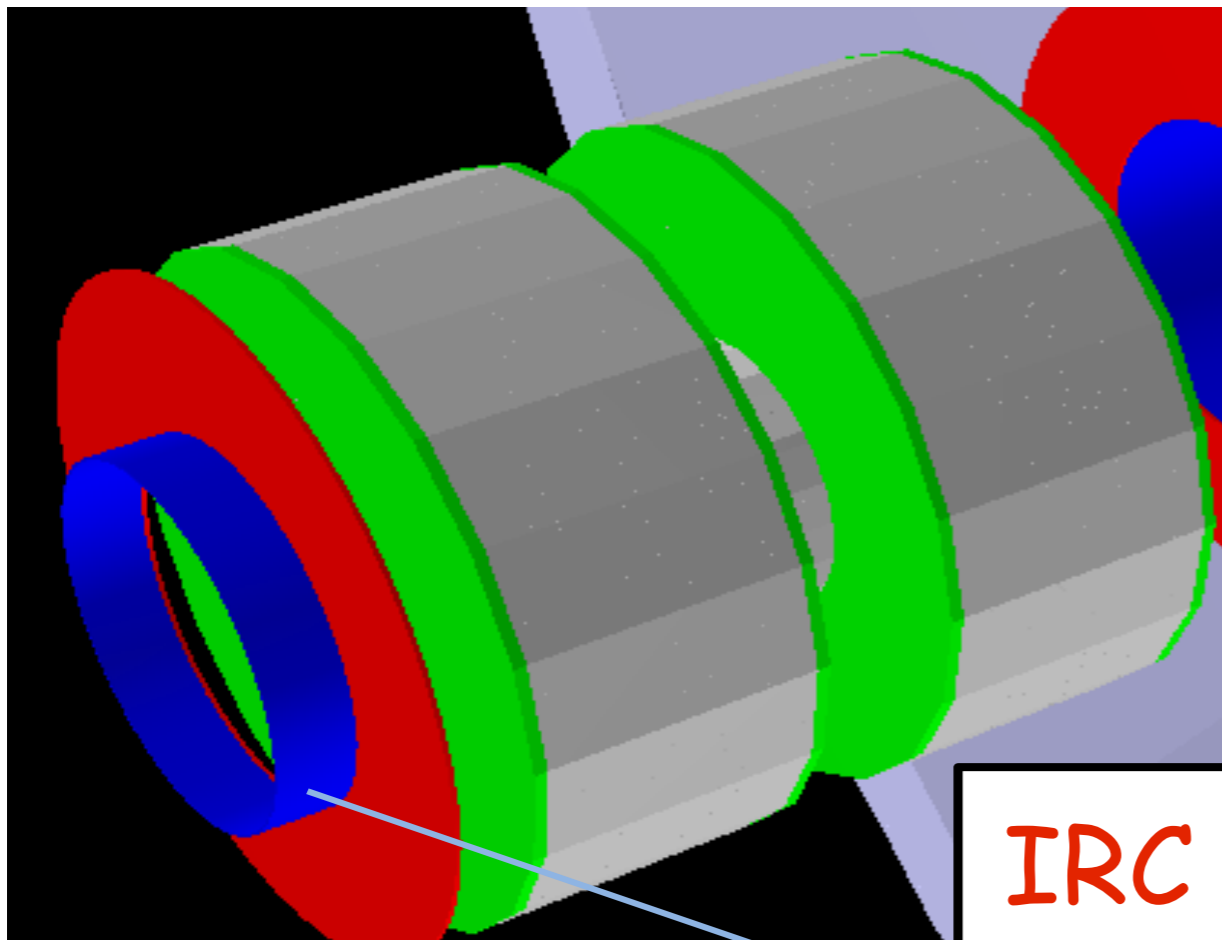
$$\sigma(E)/E = 3.2\%/\sqrt{E} \oplus 9\%/E \oplus 0.42\%$$

(da NA48)



Small Angle Vetoes (SAV): IRC & SAC

- Per garantire ermeticità anche a piccoli angoli (≤ 1 mrad) sono necessari 2 detectors: **IRC** (Intermediate Ring Calorimeter) & **SAC** (Small Angle Calorimeter)
- L' IRC & SAC devono garantire un' inefficienza di rivelazione $\leq 10^{-4}$



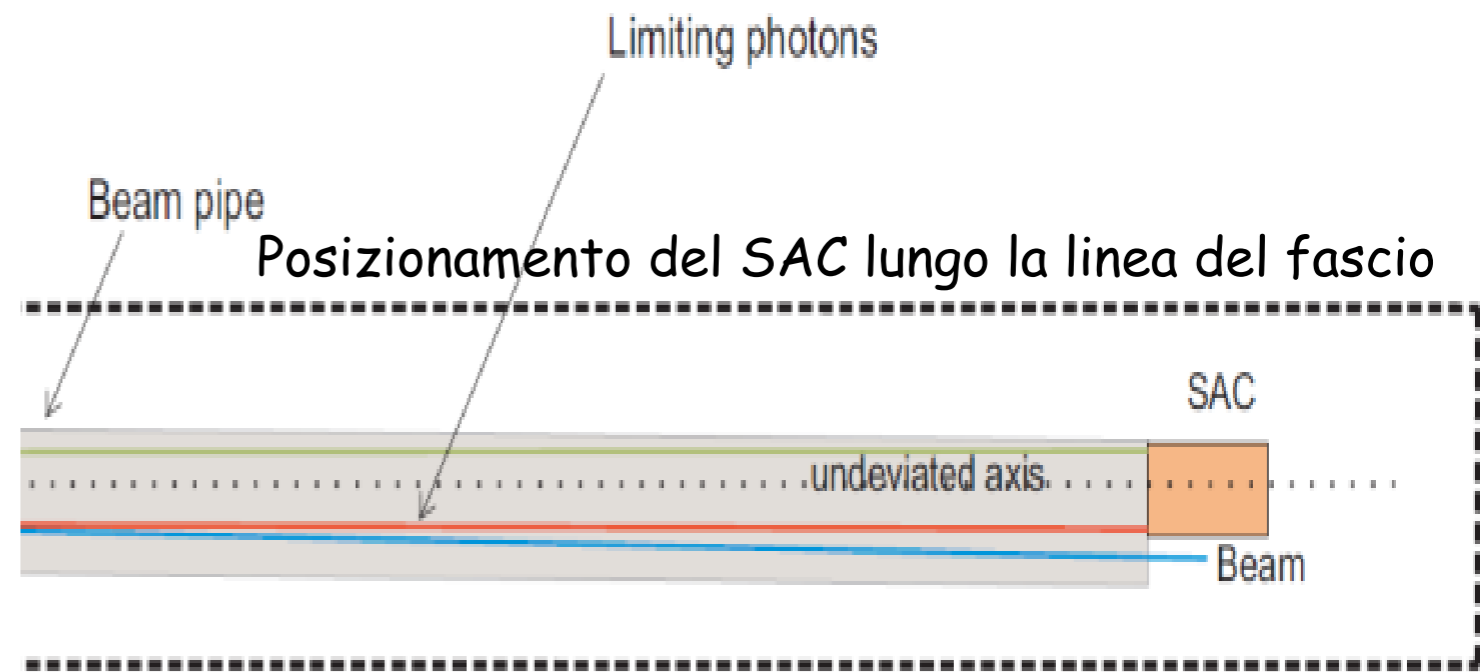
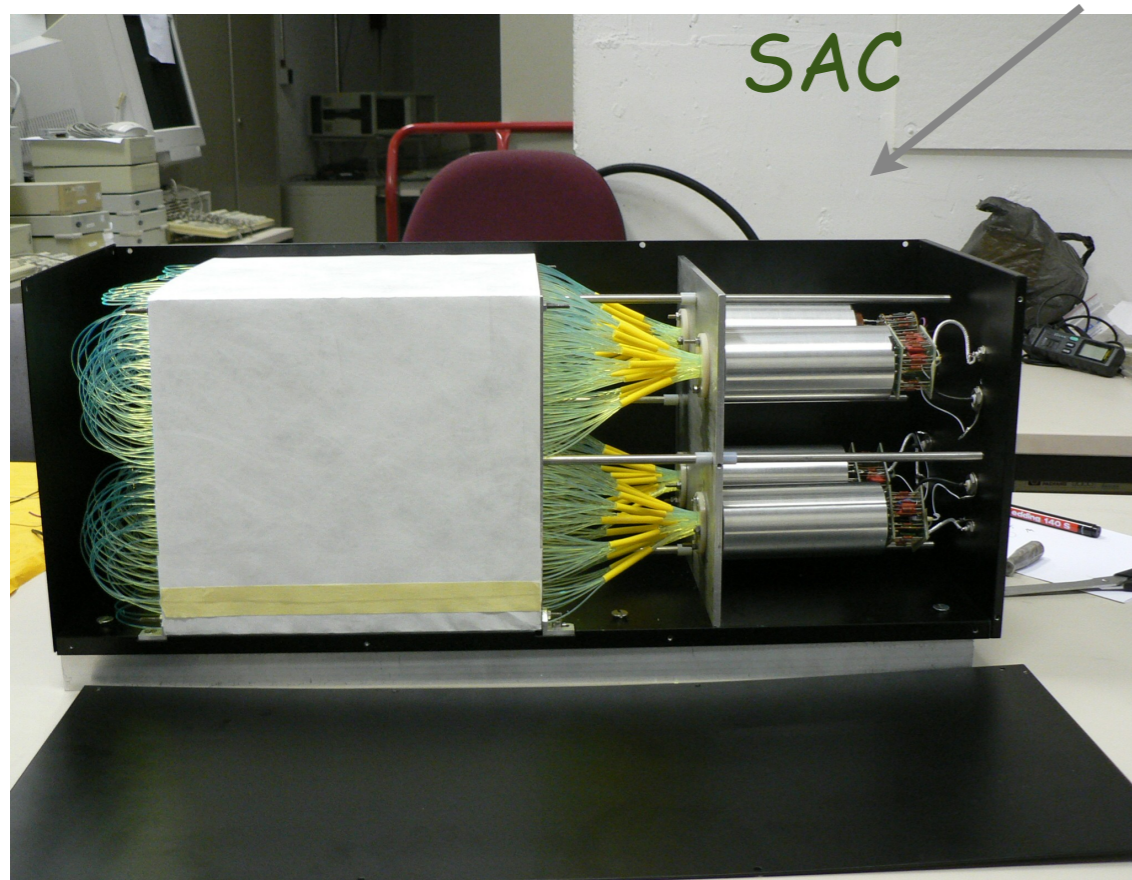
Technical design terminato.
In fase di realizzazione

- L' IRC verrà situato davanti all' LKr attorno alla beam pipe
- Detector "Shashlyk": 70 layers piombo/scintillatore. Luce di scintillazione raccolta da fibre che attraversano il detector
- Dimensioni: $R_{in} = 70$ mm, $R_{out} = 145$ mm
- Rate dominato da muoni che originano prima della regione di decadimento

Small Angle Vetoes (SAV): IRC & SAC

- Il SAC verrà situato alla fine dell'esperimento con le richieste di coprire la regione fuori dall'accettanza LKr + IRC e di non interagire con il fascio

Prototipo "Shashlyk" (20.5 cm x 20.5 cm)



Risultati del test beam 2006:

$(1-\epsilon) \sim 2.9 \cdot 10^{-5}$ (Elettroni da 25 GeV)

Conclusioni

- I decadimenti rari del K forniscono un laboratorio unico per lo studio della fisica del flavour e per l'esplorazione di Nuova Fisica
- In questo ambito si colloca l'esperimento NA62 @ CERN che si propone di misurare $O(100)$ eventi $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ con $S/B \sim 10$
- Parte essenziale dell'esperimento è il sistema di veto dei fotoni (LAV, LKr & SAC) in grado di fornire un'ottima ermeticità angolare e garantire un'inefficienza media $\leq 10^{-8}$
- Lo sviluppo e la costruzione del sistema di veto sono in fase avanzata (5 stazioni LAV già costruite)