

Studio del Decadimento

$K_{S,L} \rightarrow \pi \mu \nu_{\mu}$ nell'Esperimento *NA48/I*

Simone Bifani

Università degli Studi di Perugia

INFN – Sezione di Perugia

XC Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica

Brescia – 24/09/2004

I Decadimenti Semi-Leptonici /I

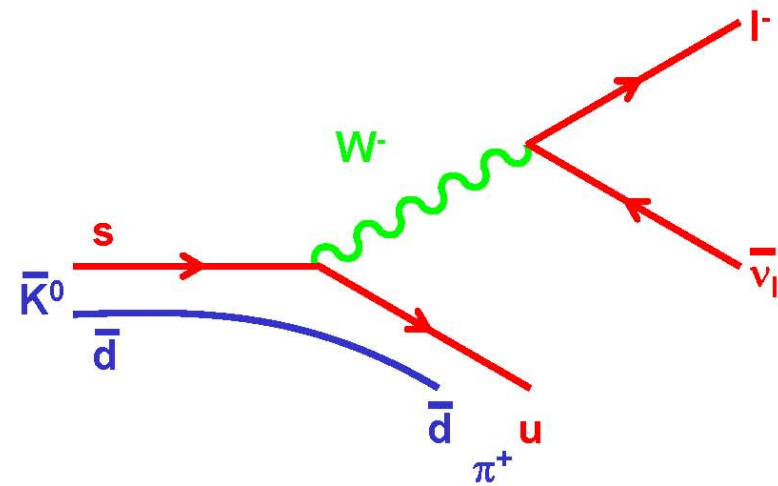
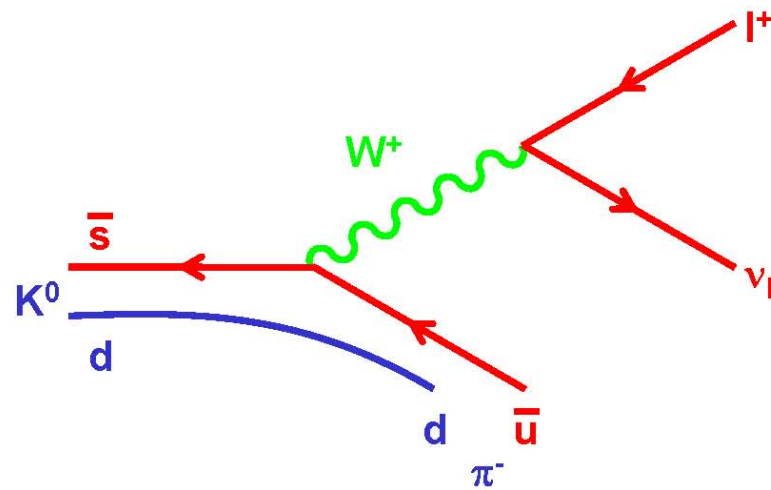
Gli autostati di Stranezza:

$$K^0, \bar{K}^0$$

Gli autostati di Massa ($\varepsilon=0$):

$$K_S = \frac{1}{\sqrt{2}} [K^0 + \bar{K}^0], \quad K_L = \frac{1}{\sqrt{2}} [K^0 - \bar{K}^0]$$

Diagrammi ad albero per transizioni al primo livello con $\Delta S = \Delta Q$:



Transizioni a livelli superiori con $\Delta S = -\Delta Q$ sono soppresse di un fattore $\sim 10^6 \div 10^7$.

I Decadimenti Semi-Leptonici /II

Assumendo la validità della Regola di Selezione $\Delta S = \Delta Q$ e l'invarianza *CPT*:

$$BR(K_S \rightarrow \pi^{\mp} e^{\pm} \nu_e) = (6.70 \pm 0.07) \times 10^{-4}$$

$$BR(K_S \rightarrow \pi^{\mp} \mu^{\pm} \nu_{\mu}) = (4.70 \pm 0.06) \times 10^{-4}$$

Una misura di precisione dei rapporti di decadimenti semi-leptonici permette la verifica della validità della regola di selezione $\Delta S = \Delta Q$.

E' stato misurato soltanto il rapporto di decadimento del canale $K_S \rightarrow \pi e \nu_e$ (*KLOE*):

$$BR(K_S \rightarrow \pi^{\mp} e^{\pm} \nu_e) = (6.91 \pm 0.34_{stat} \pm 0.15_{sist}) \times 10^{-4}$$

L'Esperimento NA48/I

Calorimetro Adronico

$$\frac{\sigma_E}{E} (\%) = \frac{65}{\sqrt{E}}$$

(E misurato in GeV)

Rivelatore di Muoni

$$\sigma_t \leq 350 ps$$

Calorimetro Elettromagnetico

$$\frac{\sigma_E}{E} (\%) = \frac{3.2}{\sqrt{E}} \oplus \frac{9}{E} \oplus 0.42$$

(E misurata in GeV)

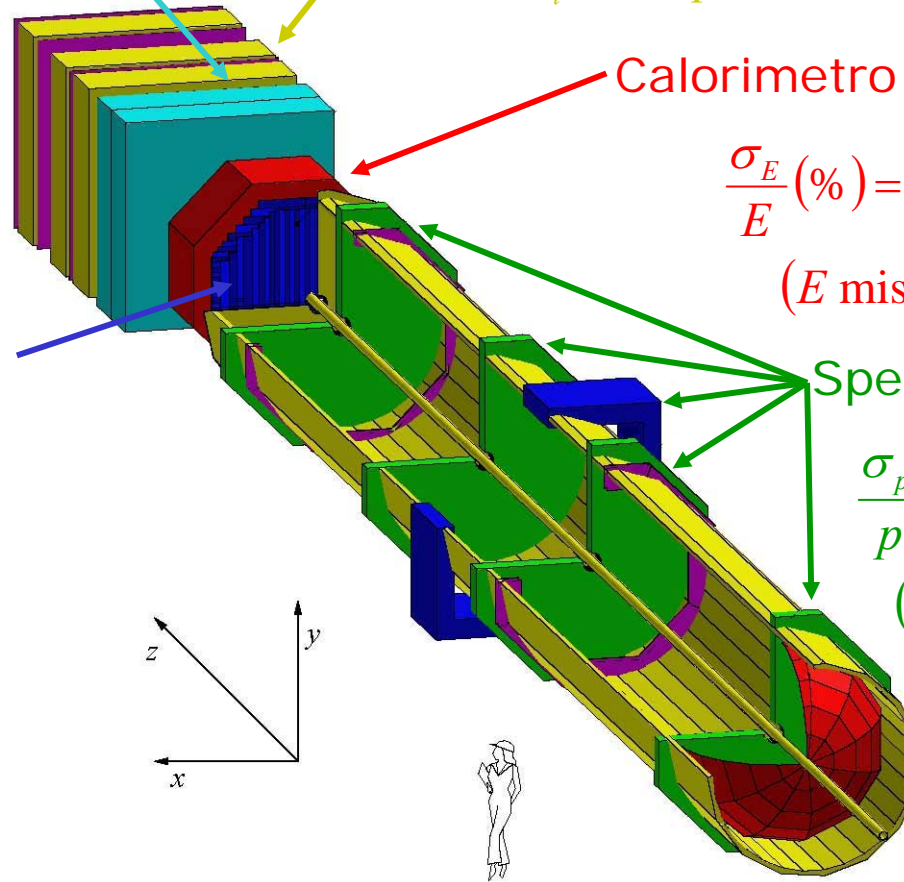
Odoscopio Carico

$$\sigma_t \leq 300 ps$$

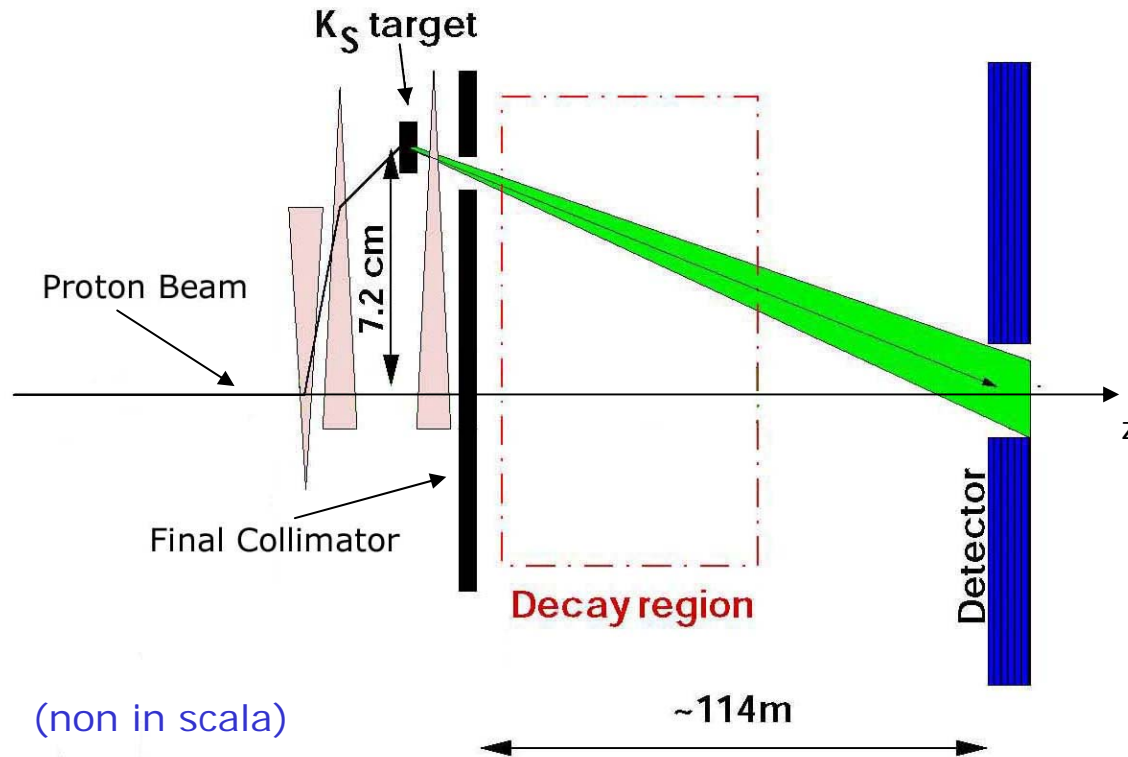
Spettrometro Magnetico

$$\frac{\sigma_p}{p} (\%) = 0.48 \oplus 0.009 \times p$$

(p misurato in GeV/c)



Il Fascio di *NA48/I*



Energia Media dei Protoni: 400 GeV

Ciclo: 4.8 s / 16.8 s

Energia Media dei *K*: 110 GeV

La Strategia d'Analisi /I

Il numero di decadimenti semileptonici nel sistema di riferimento del laboratorio è dato da:

$$\frac{dN(\pi^\mp \mu^\pm \nu_l)}{dz}(z, p_K) \propto \left[|\eta|^2 \cdot \underbrace{e^{-\Gamma_S \frac{z}{\gamma(p_K)\beta(p_K)c}}}_{K_S} + \underbrace{e^{-\Gamma_L \frac{z}{\gamma(p_K)\beta(p_K)c}}}_{K_L} \pm |\eta| \cdot \underbrace{D(p_K) \cdot 2e^{-\frac{(\Gamma_S + \Gamma_L)z}{2\gamma(p_K)\beta(p_K)c}} \cos\left(\Delta M \frac{z}{\gamma(p_K)\beta(p_K)c} - \varphi_\eta\right)}_{\text{Interferenza } K_S - K_L} \right]$$

$$|\eta|^2 = \frac{\Gamma(K_S \rightarrow \pi^\mp l^\pm \nu_l)}{\Gamma(K_L \rightarrow \pi^\mp l^\pm \nu_l)}, \quad D(p_K) = \frac{N(K^0) - N(\bar{K}^0)}{N(K^0) + N(\bar{K}^0)} = \text{Fattore di Diluizione}$$

Il termine di **interferenza** può essere eliminato sommando la distribuzione $\frac{dN}{dz}$ del muone positivo con quella del muone negativo.

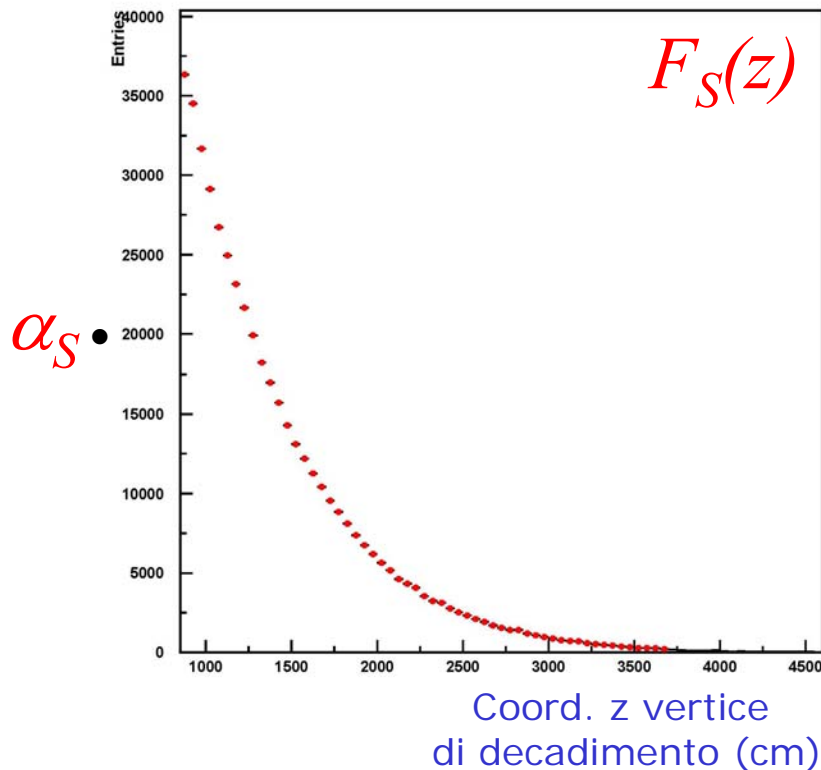
Se le due distribuzioni sono analizzate separatamente è necessario conoscere $D(p_K)$.

La Strategia d'Analisi /II

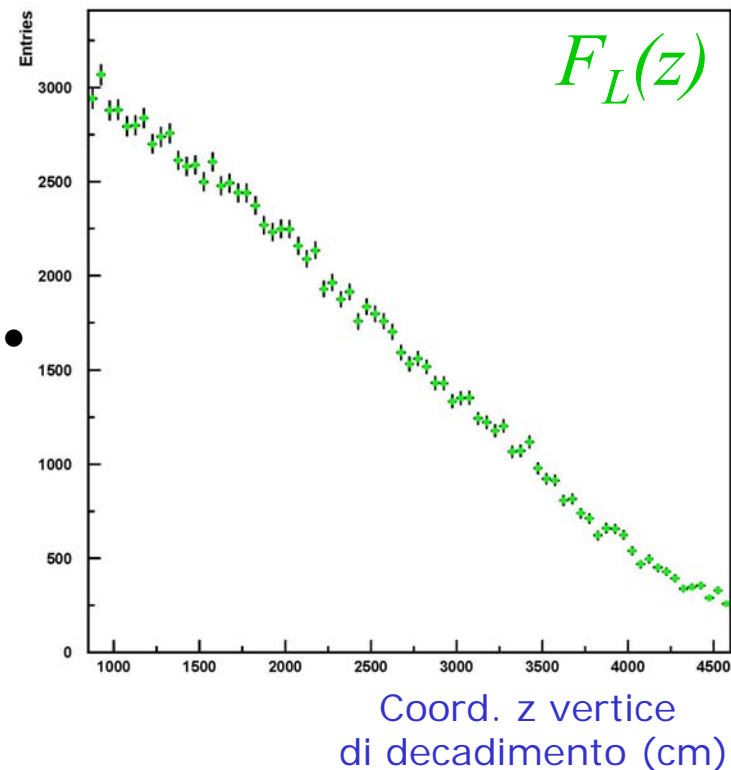
Considerando l'efficienza di trigger, le accettanza e che nei decadimenti semi-leptonici non è possibile ricostruire l'energia totale dell'evento:

$$\frac{dN^{\text{exp}}(z)}{dz} \propto \varepsilon(z) \cdot \left[|\eta|^2 \cdot F_S(z) + F_L(z) \right]$$

Le funzioni $F_S(z)$ e $F_L(z)$ possono essere calcolate con il Monte-Carlo e si cerca la loro combinazione lineare che meglio si adatta ai dati:



+ α_L

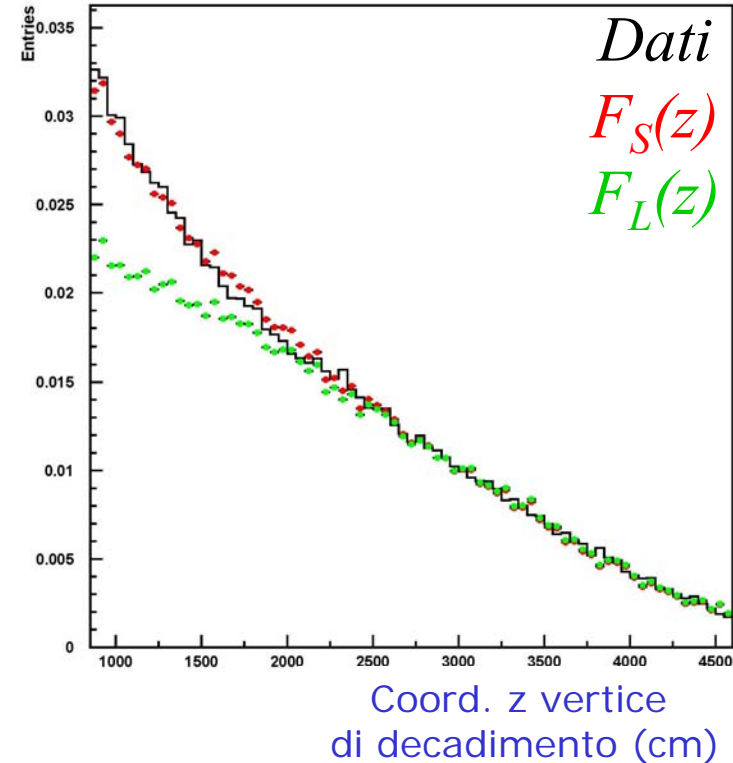


La Strategia d'Analisi /III

Con un fit si ricavano i coefficienti α_S e α_L ,
utili per la determinazione del rapporto di
decadimento voluto.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N_{bin}} \frac{\left[\frac{dN^{\text{exp}}}{dz}(z_i) - \varepsilon(z_i) \cdot [\alpha_S \cdot F_S(z_i) + \alpha_L \cdot F_L(z_i)] \right]^2}{\sigma_i^2}$$

dove l'errore σ_i tiene conto della statistica
dei dati, di quella del
Monte-Carlo e dell'efficienza di trigger.

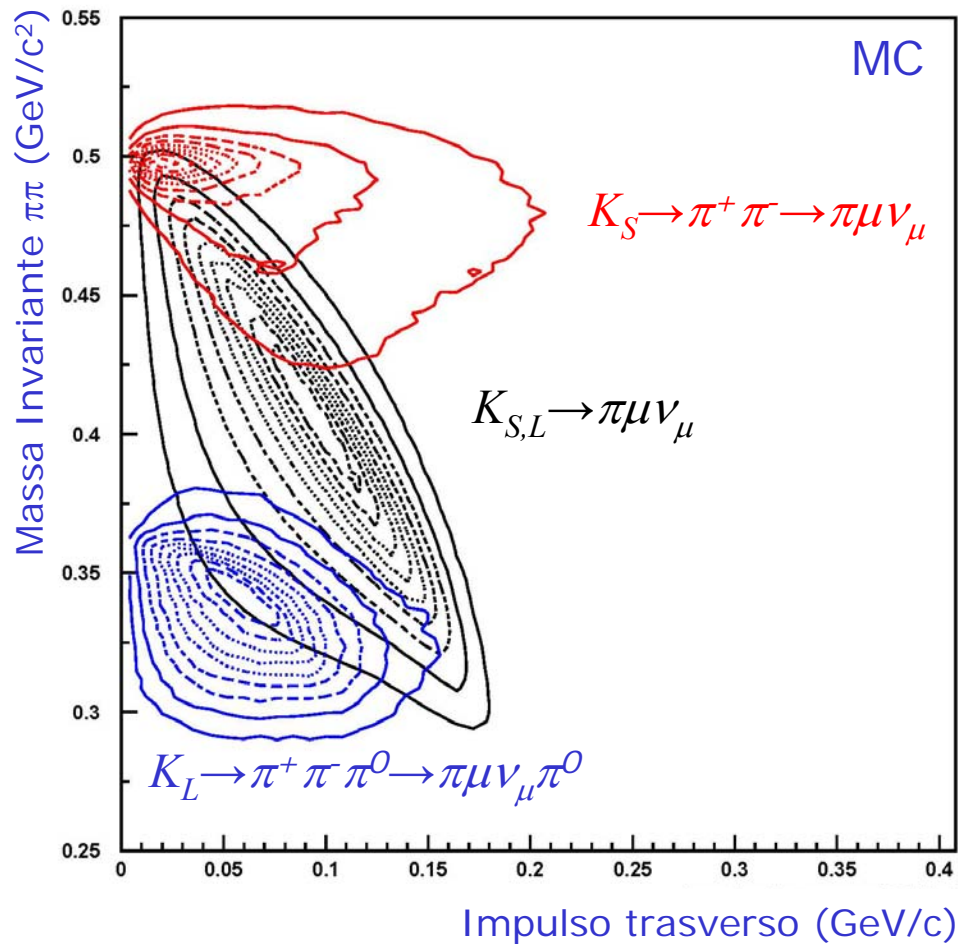


$$BR(K_S \rightarrow \pi^\mp \mu^\pm \nu_\mu) = |\eta|^2 \cdot \frac{\tau_S}{\tau_L} \cdot BR(K_L \rightarrow \pi^\mp l^\pm \nu_l) = \frac{\alpha_S}{\alpha_L} \cdot BR(K_L \rightarrow \pi^\mp \mu^\pm \nu_\mu)$$

La Selezione degli Eventi $K_{S,L} \rightarrow \pi \mu \nu_\mu$ / I

Topologia dell'evento:

1 vertice, 2 tracce cariche ed 1 segnale nel rivelatore di muoni



Fondi:

Canale di Decadimento	Rapporto di Decadimento	Probabilità di Decadimento in Volò di un Pione
$\Lambda \rightarrow p\pi^-, \bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p}\pi^+$	$(63.9 \pm 0.5) \%$	13.6%
$K_S \rightarrow \pi^+\pi^-$	$(68.95 \pm 0.14) \%$	9.9%
$K_L \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$	$(12.59 \pm 0.19) \%$	11.8%
$K_S \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$	$(1.79 \pm 0.05) \times 10^{-3}$	11.2%
$\Lambda \rightarrow p\mu^-\bar{\nu}_\mu, \bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p}\mu^+\nu_\mu$	$(1.57 \pm 0.35) \times 10^{-4}$	—

Massa Invariante:

$$M_{\pi^+\pi^-}^2 = (E_{\pi^+} + E_{\pi^-})^2 - (\vec{p}_{\pi^+} + \vec{p}_{\pi^-})^2$$

Impulso Trasverso:

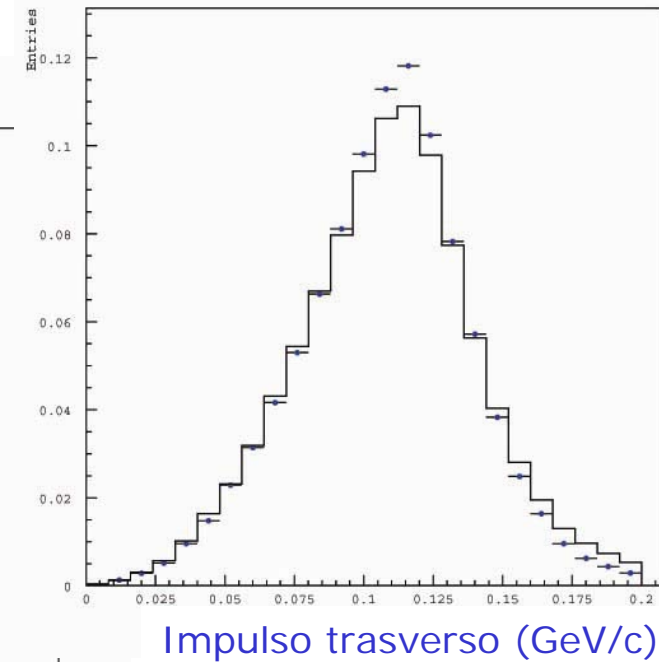
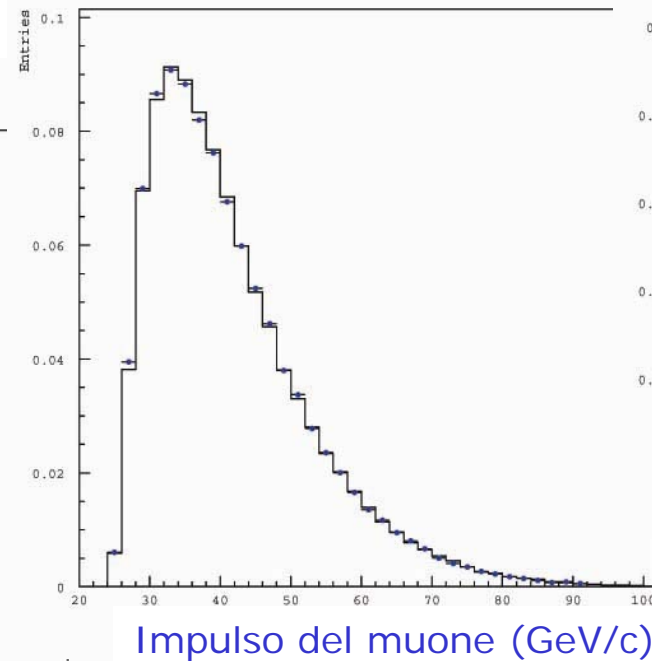
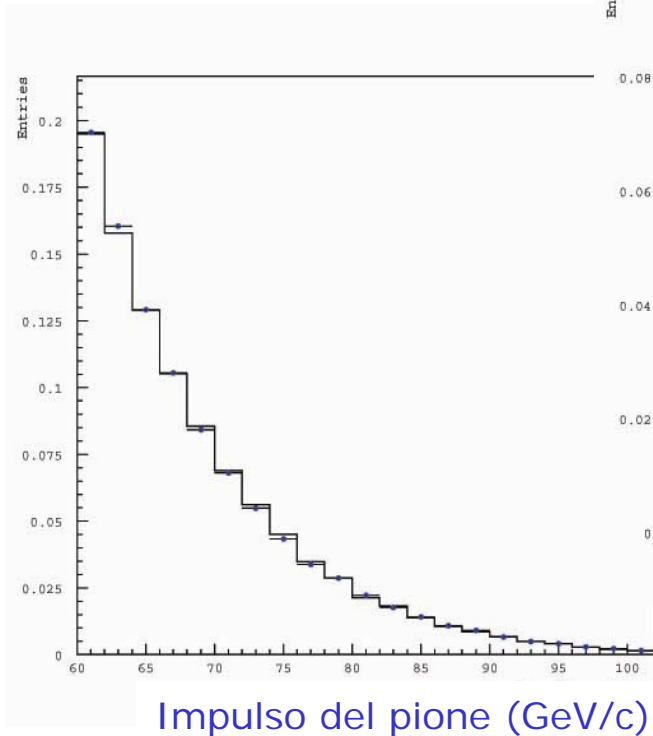
$$p_t = \sqrt{\vec{p}_{\pi\pi}^2 - (\hat{k} \cdot \vec{p}_{\pi\pi})^2}$$

$\vec{p}_{\pi\pi}$ = impulso del sistema $\pi\pi$

\hat{k} = direzione di volo del K

La Selezione degli Eventi $K_{S,L} \rightarrow \pi \mu \nu_{\mu}$ / II

- La statistica utilizzata equivale a $\sim 1/3$ di quella totale
- Sono stati ricostruiti ~ 200000 eventi $K_{S,L} \rightarrow \pi \mu \nu_{\mu}$
- La contaminazione residua dovuta ai fondi considerati è stata stimata con il Monte-Carlo ed è $< 3\%$



— *Dati*
● *MC*

(normalizzati al numero degli eventi)

Conclusioni e Sviluppi Futuri

- L'errore statistico può essere ridotto analizzando tutto il campione di dati acquisito nel 2002 ad un valore di $\sim 3\%$
- E' in corso lo studio degli errori sistematici, in particolare quelli legati alla dipendenza dell'accettanza dalla coordinata longitudinale del vertice di decadimento
- Per verificare gli effetti introdotti dalla selezione di trigger si sta analizzando un differente campione di eventi
- Per avere una migliore comprensione di tutti questi effetti è iniziata l'analisi dei dati separando il canale con il muone positivo da quello con il muone negativo